

电源控制环路响应测量 (波特图)

使用罗德与施瓦茨示波器



您的任务

为确保电压稳压器和开关电源的稳定性，必须测量和测定控制环路特性。进行适当补偿的电压控制器可实现稳定的输出电压，并降低负载变化和电源电压变动的的影响。控制电路的质量决定整个直流/直流变换器的稳定性和动态响应。

罗德与施瓦茨解决方案

使用R&S®RTx-K36频率响应分析 (波特图) 选件轻松快速地分析示波器的低频响应。测定多种电子设备的频率响应，包括无源滤波器和放大器电路。测量开关电源的控制环路响应和电源抑制比。R&S®RTx-K36频率响应分析 (波特图) 选件使用示波器的内置波形发生器生成10 Hz至25 MHz的激励信号。通过测量每个测试频率下被测设备信号输入和输出之比，示波器波特图会以对数方式显示增益，以线性方式显示相位。

R&S®RTx-K36频率响应分析 (波特图) 选件可快速确定开关电源或线性稳压器的增益和相位裕量。这些测量有助于确定控制环路稳定性。

R&S®RTx-K36频率响应分析 (波特图) 选件可显示针对操作条件变化的系统响应，例如电源电压变动或负载电流变化。

测量装置

电源控制环路对比参考电压 (V_{ref}) 和反馈电压 ($V_{feedback}$)，并生成负反馈以确保稳定的输出电压。

控制环路响应测试需要在频带中将误差信号注入控制环路的反馈路径。要注入误差信号，必须在反馈环路中插入一个小型电阻。如下图所示，与R1和R2串联阻抗相比，5 Ω 注入电阻微不足道。部分用户会选择始终采用这种低值注入电阻 (Rinjection) 进行测试。注入变压器 (如仪鼎J2100A) 可隔离交流失真信号，并消除任何直流偏置。

注入点和探测

为测量电压反馈环路的环路增益，需要在适当的位置点断开环路。在这个位置点注入失真信号。失真信号将分布在环路中。注入的失真信号将被放大或出现衰减和相移，具体取决于环路增益。对于R&S®RTx-K36选件，示波器的发生器可生成失真信号。示波器可测量环路的传递函数。

应用卡片 | 01.01版

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



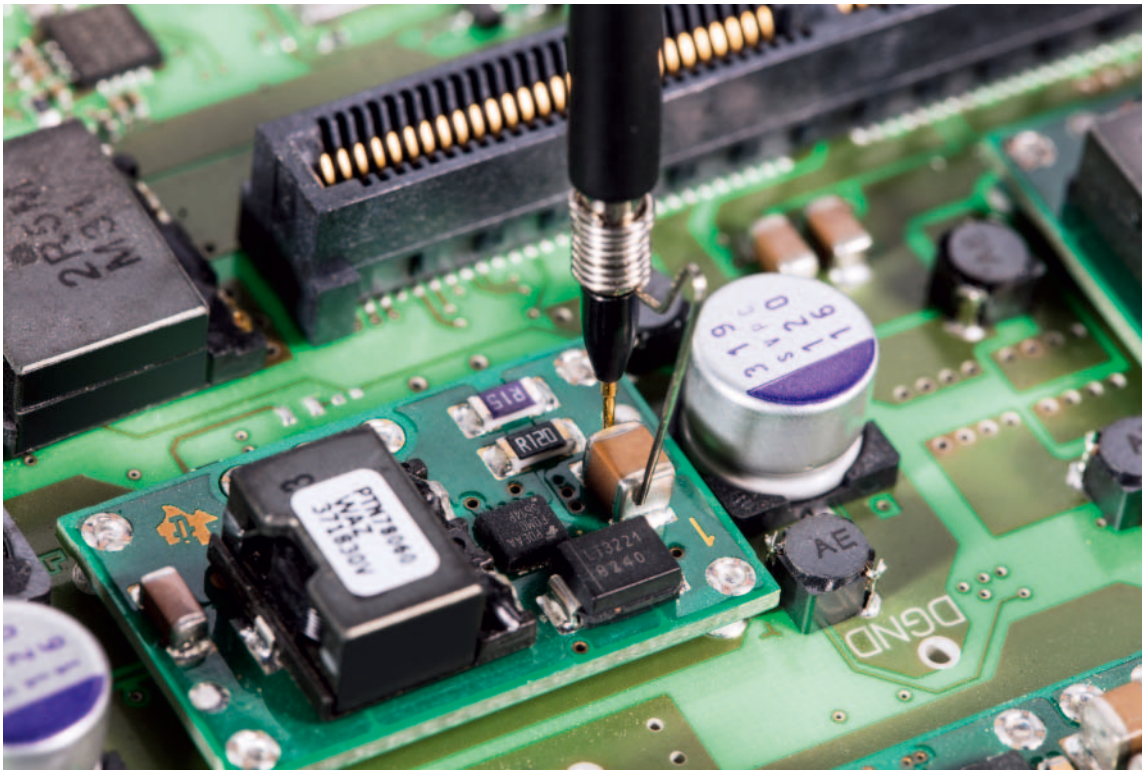
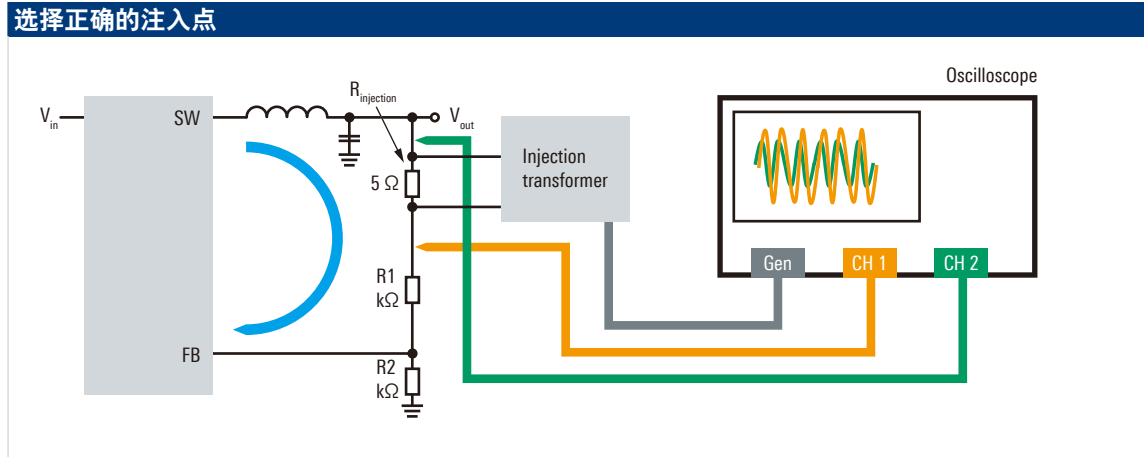
为确保环路增益测量值与实际值相等，需要选择合适的位置点：

- ▶ 寻找环路被限制到单一路径的位置点，确保没有并行信号流。
- ▶ 确保环路方向的阻抗远大于此位置点的向后阻抗。向后阻抗与变换器的输出阻抗相等，仅为几毫欧。环路方向的阻抗源自补偿器和分压器，为几千欧。

准确的控制环路响应特性测量取决于良好的探测操作。在部分测试频率下， V_{in} 和 V_{out} 的峰间幅度会非常小。这些数值会被掩盖在示波器的噪声基底和/或被测设备的开关噪声中。

因此，提高测量信噪比将极大改善频率响应测量的动态范围。大多数示波器通常会配备噪声较大的10:1无源探头。使用低噪声1:1无源探头将降低测量噪声，并提高信噪比。在此应用中，罗德与施瓦茨推荐使用具有38 MHz带宽的R&S®RT-ZP1X 1:1无源探头。

减少探头的接地长度可以最大程度地减少感应接地环路。探头的标配接地引线有时会起到天线作用，放大无用的开关噪声。确定 V_{in} 和 V_{out} 测试点周围的接地端子。使用R&S®RT-ZP1X探头的接地弹簧缩短接地。这将为测量提供理想的低噪声接地。



使用接地弹簧将为电源抑制比测量提供一流的信噪比。

设备设置

将示波器连接到被测电路后，开始测量：

- ▶ 将起始频率和终止频率设置为10 Hz至25 MHz，并确定发生器输出电平。
- ▶ 设置十倍程频率点以提高和调整采集分辨率。示波器每十倍程至多可采集500个频率点。
- ▶ 设置发生器输出的幅度分布（最高16步长），以抑制被测电路的噪声特性。
- ▶ 按“运行” (Run) 以开始测量。测量结果显示为相对于频率的增益/相位图。在感兴趣的频率点处设置标记。

测量结果

波特图中显示的曲线代表电路的传递函数，有助于验证系统稳定性。一张图显示频率范围内的幅度特性（以dB为单位），另一张图显示频率中的相位特性（以度为单位）。直接在图中迹线上将标记拖拽至所需位置。图例可显示标记坐标。为确定交叉频率，将一个标记设置为0 dB，将另一个标记设置为 -180° 相移。现在可以轻松确定相位和增益裕量。

在表格中查看结果。测量结果表格包含每个测量点的详细信息（频率、增益和相移）。使用标记时，结果表格中的相关行将高亮显示。可将屏幕截图和/或表格结果快速保存至USB设备以生成报告。



直流/直流变换器的稳定性测量（蓝色迹线，增益；橘色迹线，相位；绿色迹线，激励信号的幅度分布）。



测量表

摘要

目前，工程师主要使用示波器来测试与测量电源设计。R&S®RTx-K36频率响应分析(波特图)选件价格合理，可代替低频网络分析仪或专用的独立式频率分析仪。

Ordering information

Base unit	Type	Order No.	Option	Order No.
Oscilloscope, 70 MHz, 2 channels	R&S®RTB2002	1333.1005.02	R&S®RTB-K36	1335.8007.02/03
Oscilloscope, 70 MHz, 4 channels	R&S®RTB2004	1333.1005.04		
Oscilloscope, 100 MHz, 2 channels	R&S®RTM3002	1335.8794.02	R&S®RTM-K36	1335.9178.02/03
Oscilloscope, 100 MHz, 4 channels	R&S®RTM3004	1335.8794.04		
Oscilloscope, 200 MHz, 4 channels	R&S®RTA4004	1335.7700.04	R&S®RTA-K36	1335.7975.02/03
38 MHz passive voltage probe, 1:1, 55 V	R&S®RT-ZP1X	1333.1370.02		

罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.com.cn

环境承诺

- ▶ 能效产品
- ▶ 持续改进环境现状
- ▶ 有保证的ISO 14001环境管理体系

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 5216.4462.95 | 版本01.01 | 2019年12月
电源控制环路响应测量(波特图)
文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改