

# 使用R&S示波器和频率响应分析选件执行电源控制环路响应测量(波特图)



## 任务

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

## 海洋仪器解决方案

使用 R&S®RTx-K36 频率响应分析(波特图)选件，在示波器上轻松快速地分析低频响应：表征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(PSRR)。R&S®RTx-K36 频率响应分析(波特图)选件使用示波器内置信号源来生成10Hz~25MHz的激励信号；通过测量每个测试频率下被测设备的激励信号与输出信号之比，示波器屏幕上的波特图会以对数方式显示增益和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度，这些测量有助于确定控制环路的稳定性。

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下的系统响应，例如：电源电压变动或负载电流变化。

## 测试装置

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到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电阻。如下图所示，与R1和R2串联阻抗相比，5  $\Omega$  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 ( $R_{injection}$ ) 进行测试。注入变压器(如J 2100A)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，示波器内置发生器可生成失真信号，这样示波器可测量环路的传递函数。

为确保控制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过。
- 确保环路方向的阻抗远大于此位置点的反向阻抗。反向阻抗与变换器的输出阻抗相等，仅为几m $\Omega$ 。环路方向的阻抗源自补偿器和分压器，为几k $\Omega$ 。

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 $V_{out}$ 的峰值幅度会非常小。这些数值会被掩盖在示波器的底噪和/或被测设备的开关噪声中。因此，提高测量信噪比(SNR)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无源电压探头。使用低噪声1:1无源电压探头将降低测量噪声，并提高信噪比。在此应用中，海洋仪器推荐使用具有38MHz带宽的R&S®RT-ZP1X 1:1无源电压探头、或经济型40MHz带宽的OI1040 1:1无源电压探头。

减少探头的接地长度可以最大程度地减少感应接地环路。探头标配接地线有时会起到天线作用，放大无用的开关噪声。





Bode Plot: Input = C1, Output = C2

Index	Frequency	Gain	Phase	Amplitude
9 1 7	6 . 7 9 k H z	0 . 3 2 4 B	3 6 . 4 6 °	1 0 0 m V p p
9 1 8	6 . 8 2 k H z	0 . 2 2 4 B	3 6 . 4 4 °	1 0 0 m V p p
9 1 9	6 . 8 5 k H z	0 . 1 6 4 B	3 6 . 3 6 °	1 0 0 m V p p
9 2 0	6 . 8 9 k H z	0 . 0 9 4 B	3 6 . 3 0 °	1 0 0 m V p p
9 2 1	6 . 9 2 k H z	0 . 0 2 4 B	3 6 . 2 9 °	1 0 0 m V p p
9 2 2	6 . 9 5 k H z	- 0 . 0 5 4 B	3 6 . 3 3 °	1 0 0 m V p p
9 2 3	6 . 9 8 k H z	- 0 . 1 3 4 B	3 6 . 2 8 °	1 0 0 m V p p
9 2 4	7 . 0 1 k H z	- 0 . 2 0 4 B	3 6 . 2 1 °	1 0 0 m V p p
9 2 5	7 . 0 5 k H z	- 0 . 2 8 4 B	3 6 . 1 6 °	1 0 0 m V p p
9 2 6	7 . 0 8 k H z	- 0 . 3 4 4 B	3 6 . 1 4 °	1 0 0 m V p p
9 2 7	7 . 1 1 k H z	- 0 . 4 2 4 B	3 6 . 0 9 °	1 0 0 m V p p
9 2 8	7 . 1 4 k H z	- 0 . 4 9 4 B	3 6 . 0 0 °	1 0 0 m V p p
9 2 9	7 . 1 6 k H z	- 0 . 5 6 4 B	3 6 . 9 3 °	1 0 0 m V p p
9 3 0	7 . 2 1 k H z	- 0 . 6 7 4 B	3 6 . 9 8 °	1 0 0 m V p p
9 3 1	7 . 2 4 k H z	- 0 . 7 4 4 B	3 6 . 8 9 °	1 0 0 m V p p

Samples: 917-931 / 2390

Marker	Frequency	Gain	Phase
1	6.92 kHz	0.02 dB	36.29°
2	2.12 MHz	-52.68 dB	-2.54°
Δ (1→2)	2.11 MHz	-52.71 dB	-38.84°

Gain 13 dB / Phase 35° / Ampl. 0.2 v

### DC/DC电源转换器的稳定性测量

蓝色轨迹：增益；  
 黄色轨迹：相位；  
 绿色轨迹：激励信号的幅度分布

### 测量列表

### 总结

如今工程师主要使用示波器来测试与表征电源设计。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响分析仪。

### 订货信息

示波器基本单元	型号	订单号	频响分析功能选件	订单号
70MHz带宽示波器，2通道	R&S®RTB2002	1333.1005.02		
70MHz带宽示波器，4通道	R&S®RTB2004	1333.1005.04	R&S®RTB-K36	1335.8007.02/03
100MHz带宽示波器，2通道	R&S®RTM3002	1335.8794.02		
100MHz带宽示波器，4通道	R&S®RTM3004	1335.8794.04	R&S®RTM-K36	1335.9178.02/03
200MHz带宽示波器，4通道	R&S®RTA4004	1335.7700.04	R&S®RTA-K36	1335.7975.02/03



北京海洋兴业科技股份有限公司 (证券代码: 839145)

北京市西三旗东黄平路19号龙旗广场4号楼 (E座) 906室

电话: 010-62176775 62178811 62176785

企业QQ: 800057747 维修QQ: 508005118

企业官网: www.hyxyyq.com

邮编: 100096

传真: 010-62176619

邮箱: market@oitek.com.cn

购线网: www.gooxian.com



扫描二维码关注我们

查找微信公众号: 海洋仪器