

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

## 案例 1: ST 微电子有限公司 STEVAL-ISA207V1 降压转换器

在第一个案例研究中，采用 STEVAL-ISA207V1 降压开关电源评估板作为 DUT。探头的连接如下图所示。

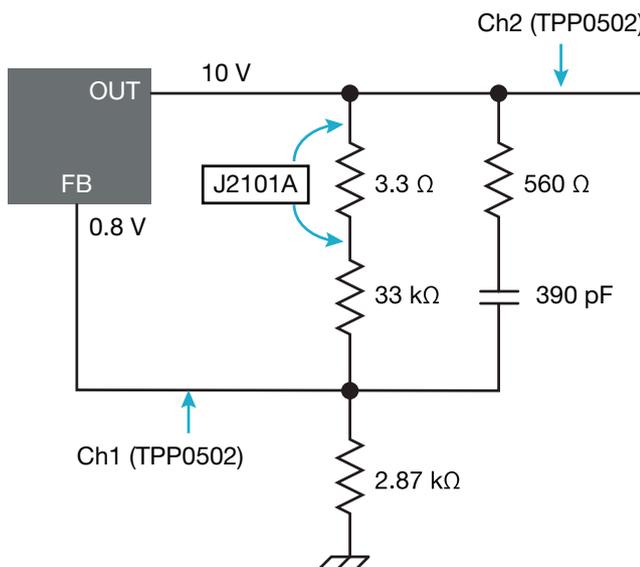
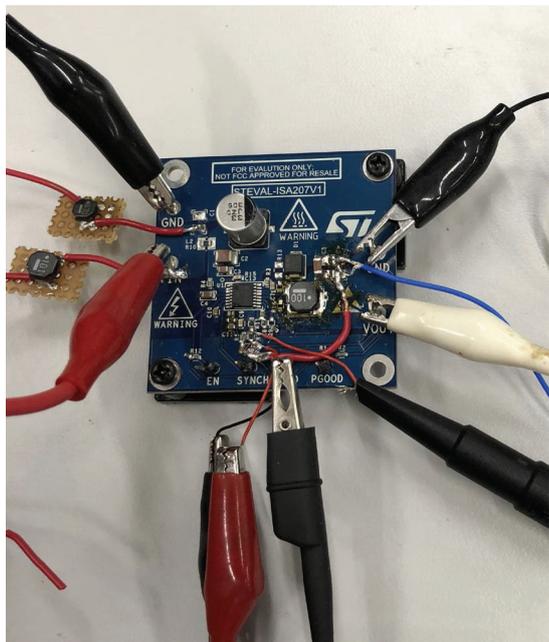


图 5. 用于测量 STEVAL-ISA207V1 降压转换器的控制环路响应的测试连接

### 使用传统 FFT 方法进行频率响应测量

一旦设置准备就绪，选择控制环路响应测量，并配置使用内部 AFG 产生刺激。关键设置是：

- 启动频率：10 赫兹
- 停止频率：1 MHz
- 每十年点数：20
- 刺激振幅。2.5 Vpp 时不变

点击 "电源预设" 按钮，清除之前的结果并配置示波器。测量运行后，在示波器显示屏上绘制了相位和增益曲线。测量结果如图 6 所示。当绿色轨迹越过 0dB 线时，显示相位裕度，当红色轨迹越过 0° 阈值时，显示增益裕度。需要注意的是，采用 FFT 的方法，相位图的轨迹有一些不规则的地方。这主要是由于对频率解析能力的限制。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

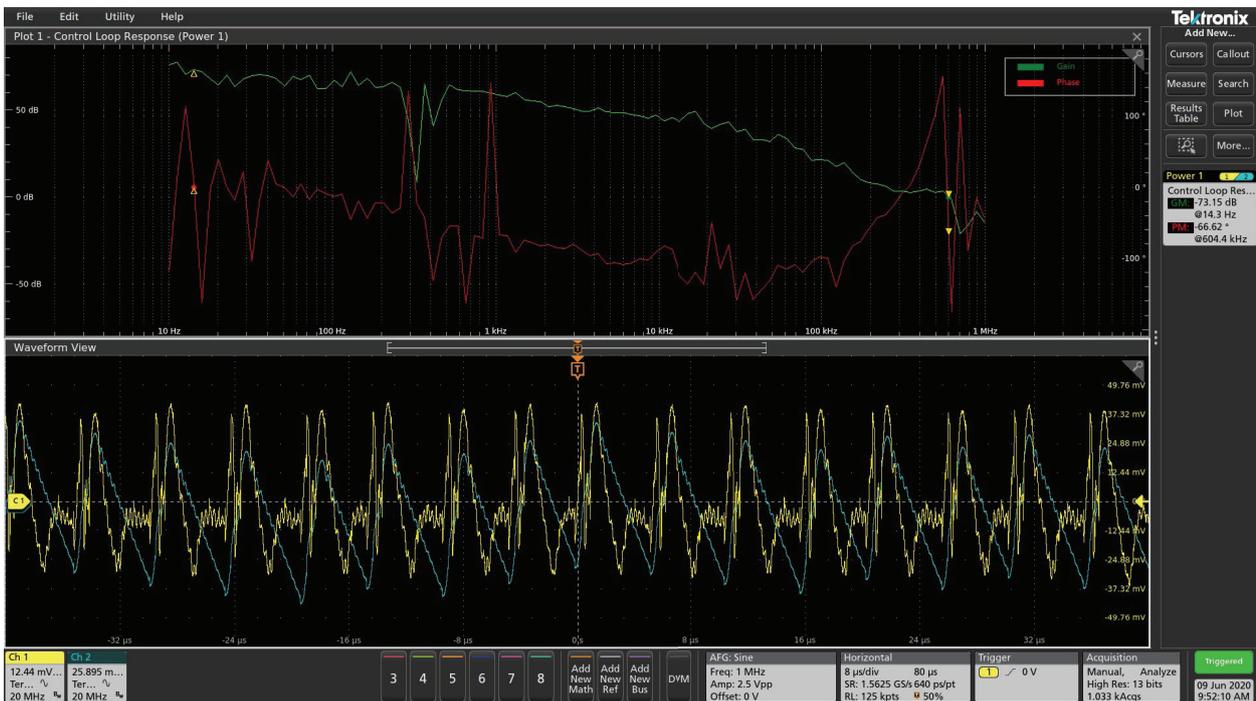


图 6. 采用 FFT 方法控制环路响应。相位跟踪的不规则性主要是由于对小频率差的解析能力的限制。

## 使用频谱视图进行频率响应测量

测试使用 Spectrum View 频谱分析重新运行，该分析使用示波器内置的数字下变频器。在控制环路响应配置中，分析方法被设置为频谱视图。所有其他设置都保留了 FFT 方法，并点击了电源预设。频谱视图分析设置如下：

- RBW：100 赫兹
- 跨度：10 MHz

## 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

按下前面板的 Run 按钮开始测试，绘制出相位和增益响应曲线，如图 7 所示。与传统的 FFT 相比，相位图的不规则性在很大程度上被降到了最低，从 100 kHz 到 10 MHz 的相位图比较平滑。这主要是由于频谱视图工具能够解析和测量毫赫兹频率。

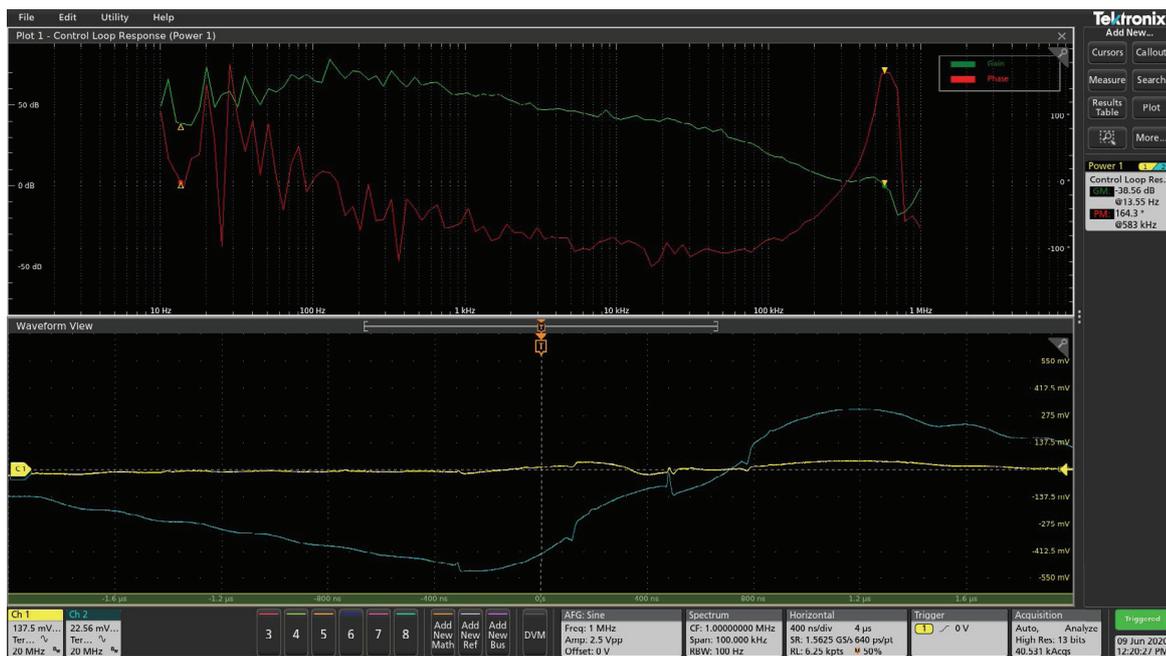


图 7. 在 RBW=100Hz 设置下，使用频谱视图法的控制回路响应。

通过进一步降低频谱视图 RBW 设置，可以进一步细化频率分辨率，平滑响应曲线。如图 8 所示，在 RBW 降低到 10Hz 的情况下，从 1kHz 到 100kHz 的响应曲线比较平滑。

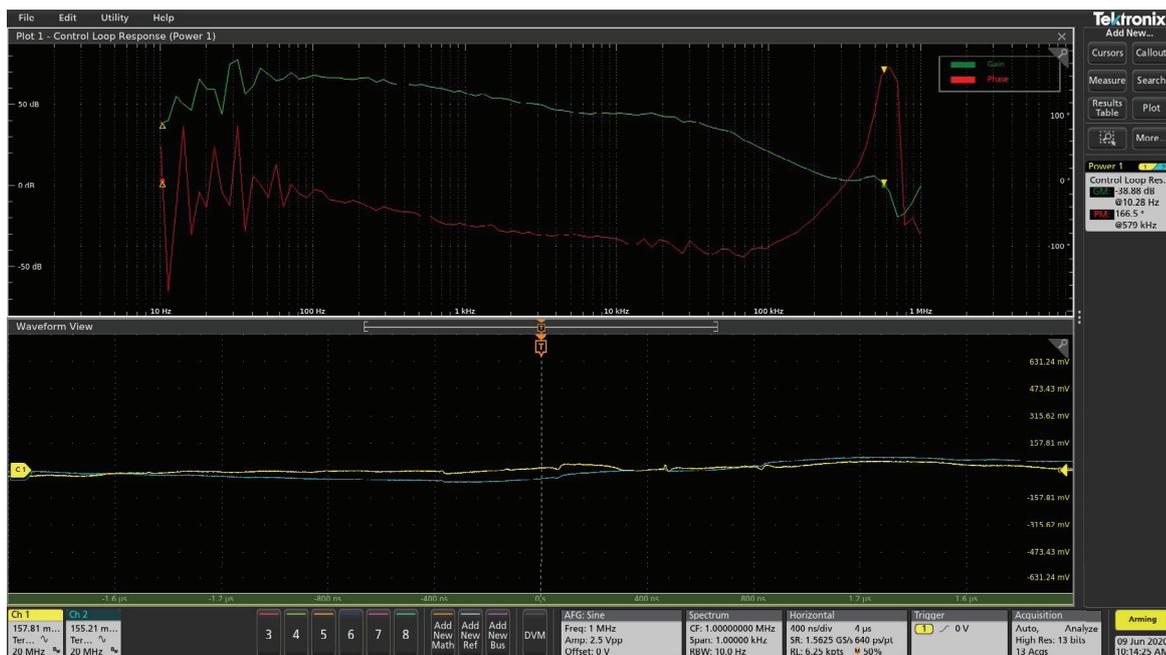


图 8. 在 RBW 设置为 10Hz 的情况下，使用 Spectrum View 方法的控制回路响应。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

## 案例 2：Picotest VRTS3 演示板

对于第二种情况，测量了 Picotest VRTS3 演示板上一个负载点电压调节器的环路响应。

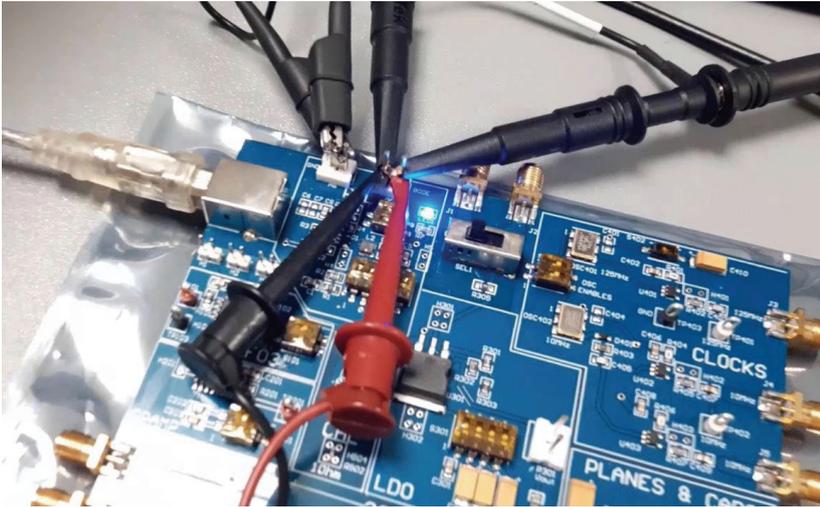


图 9. 在 Picotest VRTS3 演示板上探测控制环路响应测量

### 使用传统 FFT 方法进行频率响应测量

首先，控制环路响应测量使用传统的 FFT 方法运行，设置如下：

- 启动频率：100 赫兹
- 停止频率：1 MHz
- 每十年点数：20
- 刺激振幅。400 mVpp 时不变

与第一种情况一样，使用传统的 FFT 会导致 100kHz 以上的增益和相位图的变化（图 10）。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

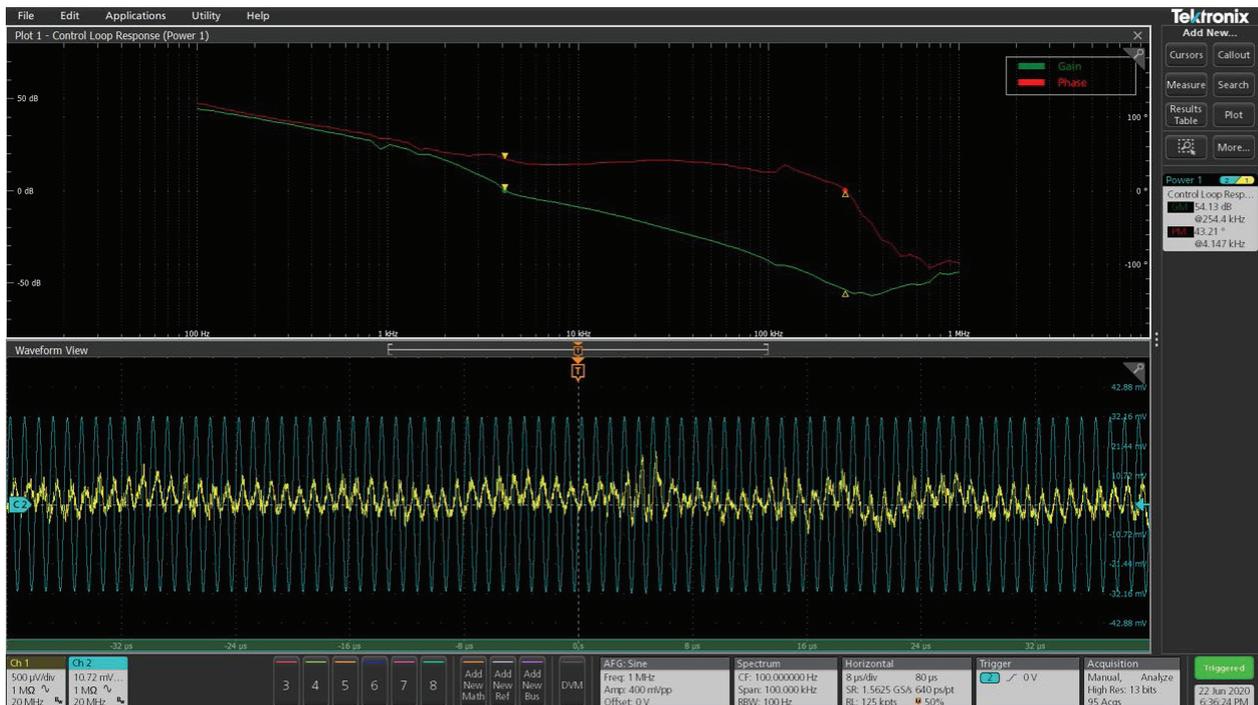


图 10. 控制环路响应测量使用 FFT 方法与 400 mVpp 的刺激幅度。请注意 100kHz 以上曲线的变化。

在 RBW 设置为 100Hz 的情况下，使用频谱观测法，100kHz 以上的高频变化更加平滑，由于噪声降低，使用频谱观测法，4.1kHz 处的报告相位裕度更加准确。

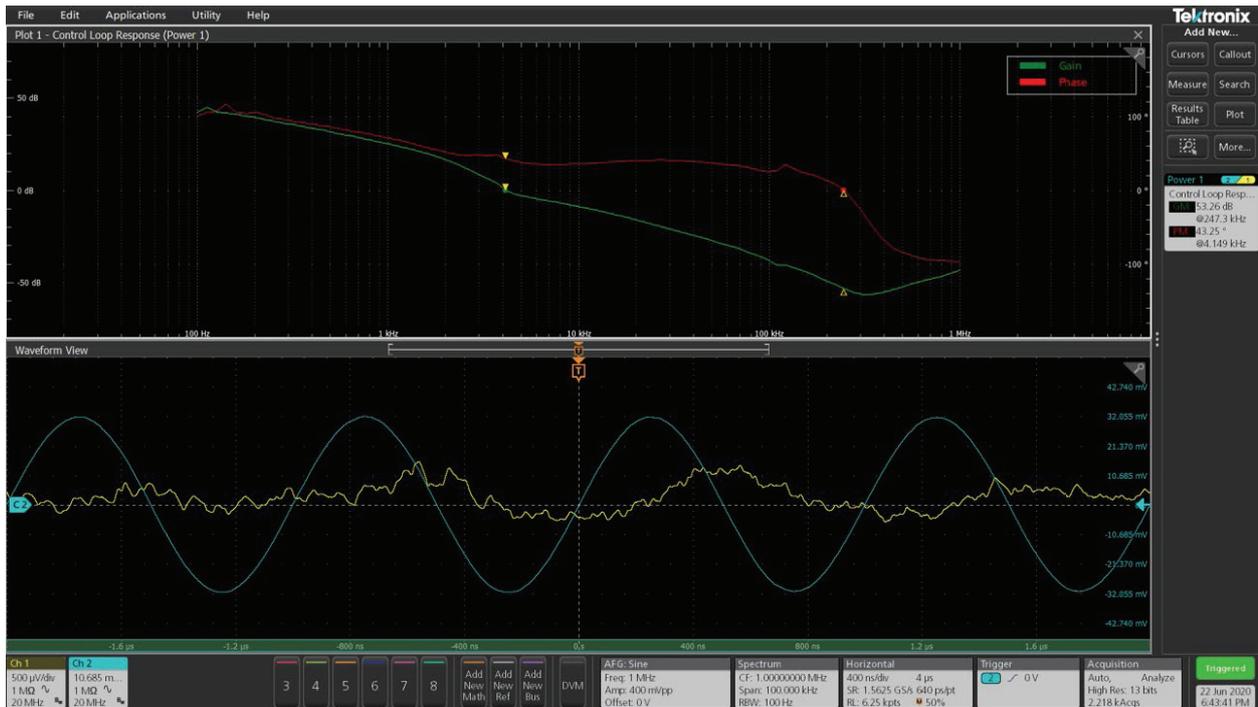


图 11. 在 RBW=100Hz 时，用频谱观测法运行控制环路响应测量。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

## 使用频谱视图进行频率响应测量

使用不同的设置运行测量，以确认使用 Spectrum View 的结果是持续改进的。信号电压水平降低到 100 mVpp:

- 启动频率: 100 Hz
- 停止频率: 1 MHz
- 每十年点数: 20
- 刺激振幅。100 mVpp 时不变

图 12 显示了使用传统 FFT 方法的结果。同样，结果显示增益和相位余量图在 100 kHz 以上的变化。图 13 显示了使用内置的仪器中的下变频器( 频谱视图 )。这次运行的结果显示，在频率扫描的高端，增益和相位图更加平滑。更高的刺激振幅通常提供更好的结果，但会导致 DUT 饱和，如果它是太高。实验与不同的振幅可以提供深入了解多少注入电压的 DUT 可以忍受而不饱和。

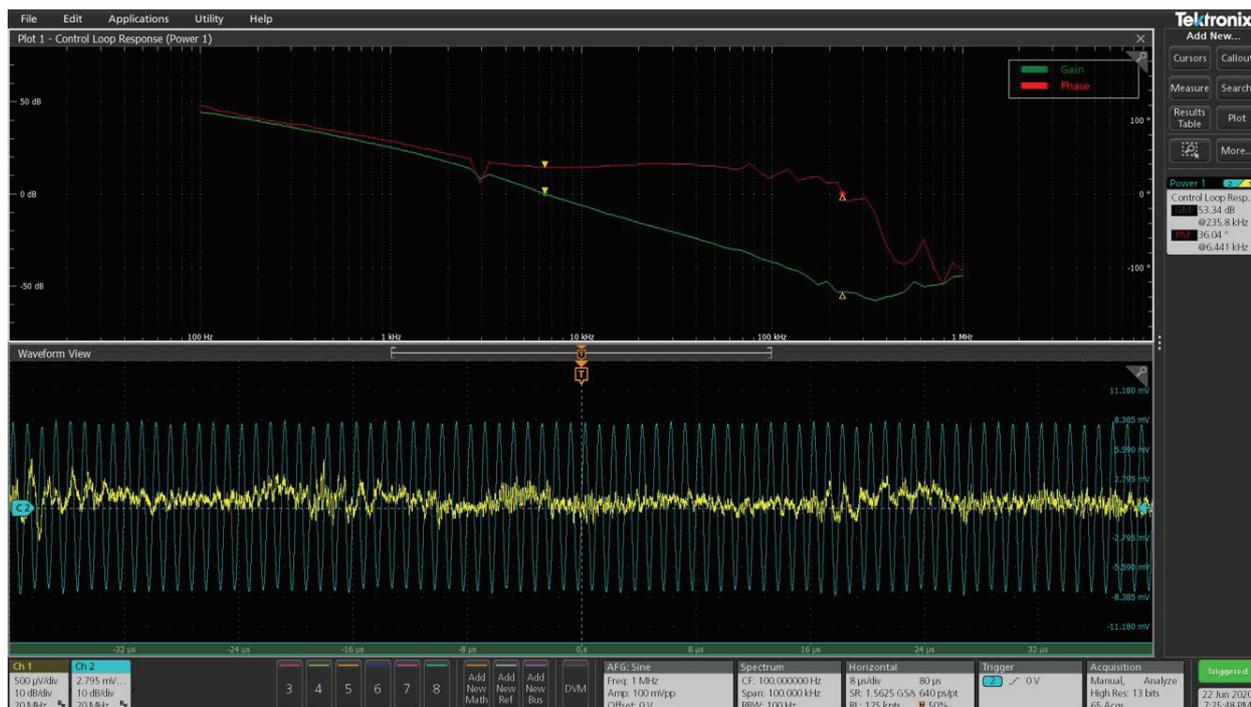


图 12. 控制回路响应测量与 FFT 方法和刺激幅度设置为 100mVpp。增益和相位图的变化发生在 100kHz 以上。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

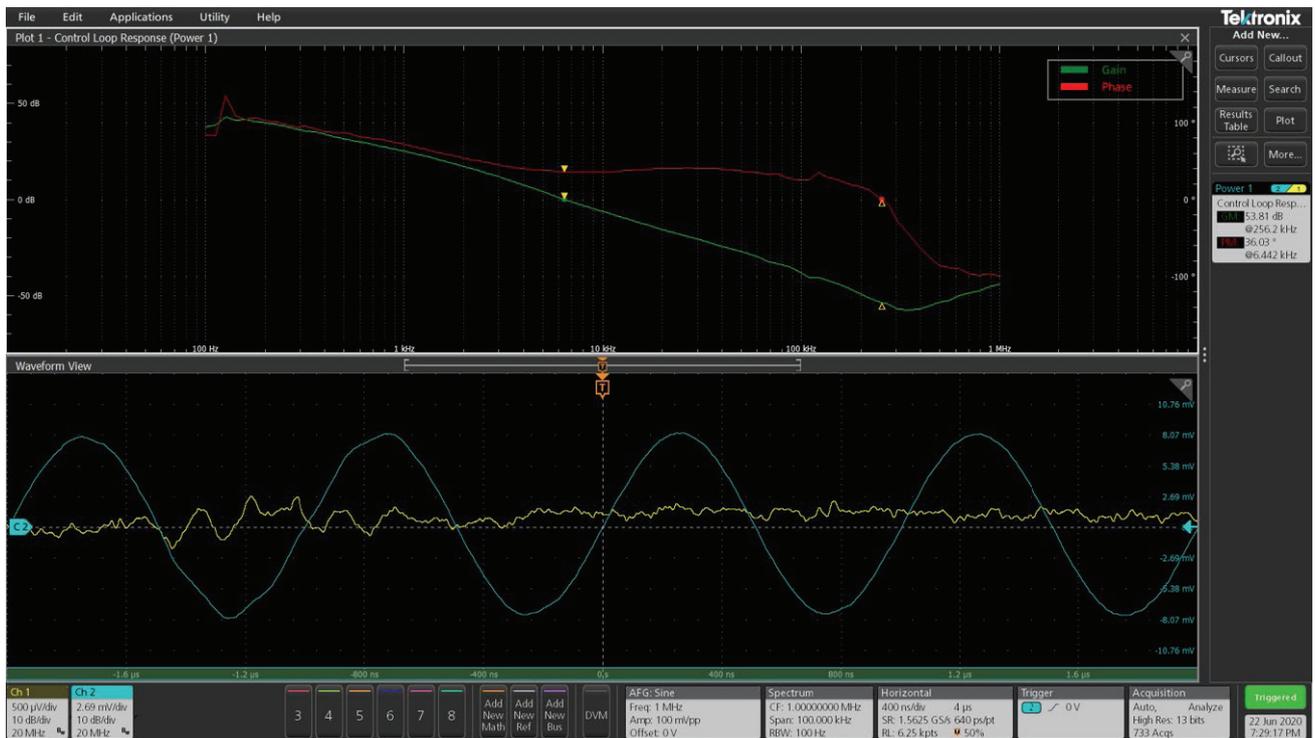


图 13. 在 RBW=100 Hz 和 RBW=100 Hz 时，用频谱观测法进行控制环路响应测量。

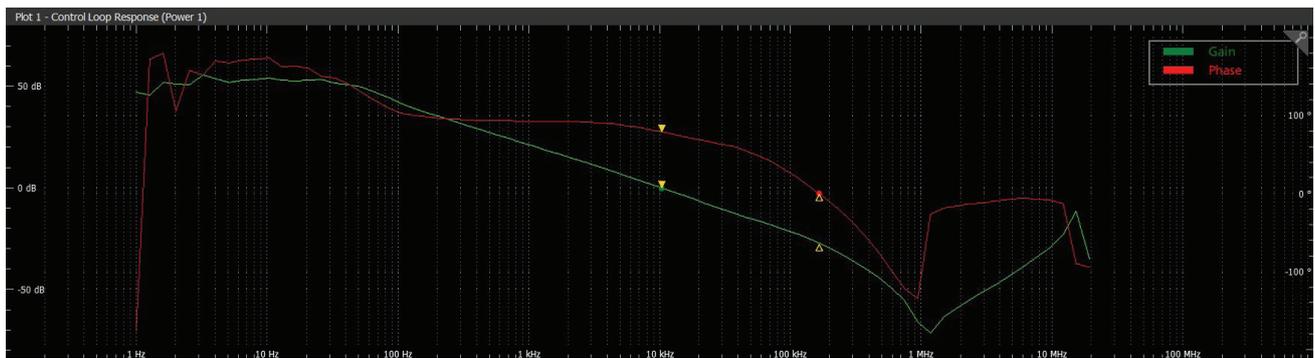


图 14. 从 1Hz 开始用频谱观测法测量控制环路响应。用频谱视图法从 1Hz 开始测量控制环路响应。注意 1 Hz 处的不连续性是由于  $180^\circ = 0^\circ$  的相位包络造成的。

除了提供更好的分辨率外，使用频谱视图方法，我们可以从低至 1Hz 的频率开始分析，如图 14 所示。这在传统的 FFT 中是不实用的。

# 示波器的传统 FFT 技术与 Spectrum View 在测量电源控制环路频率响应上的比较

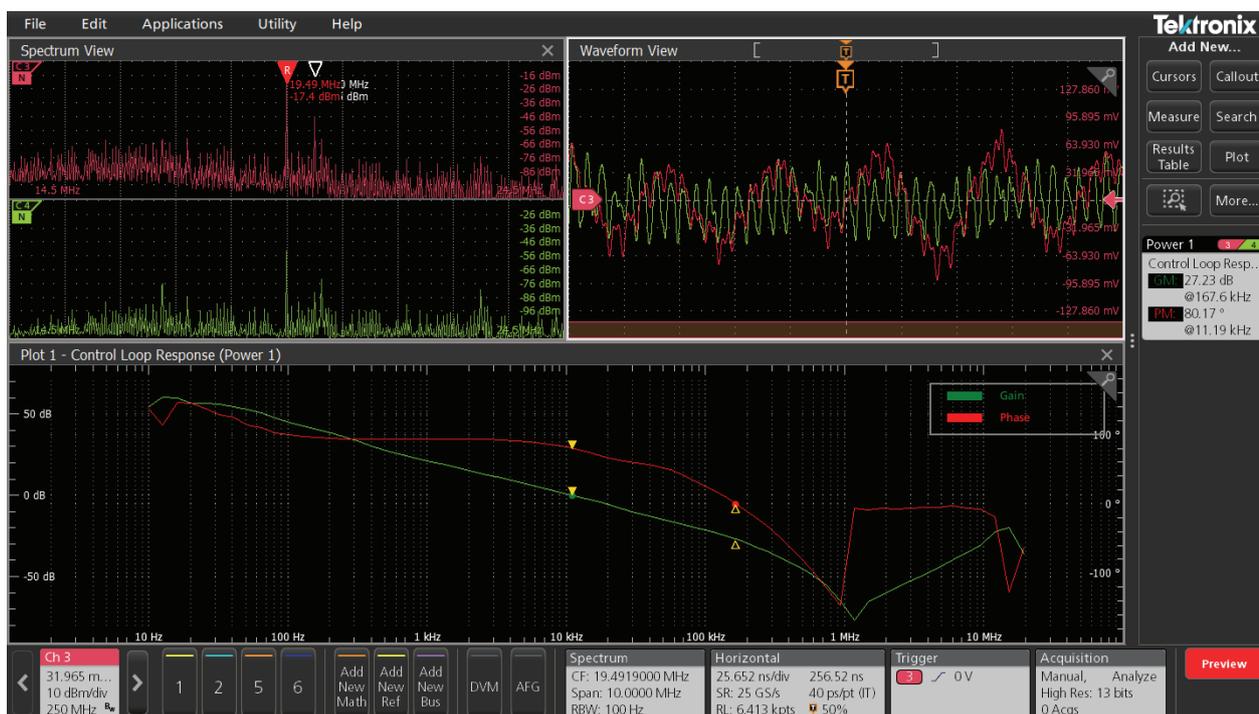


图 15. 用频谱视图法从 10 Hz 开始测量控制环路响应，并使用在执行过程中打开频谱视图窗口。

通过频谱视图工具支持的频谱窗口，可以深入了解输入和输出信号的主导扫频。这有助于观察扫频是稳定的还是有噪声的。

## 小结

两个不同的 DUT，在不同的信号下的例子。设置已经证明，使用传统的示波器 FFT 会产生增益和相位曲线的变化，由于制约因素非频率分辨率。使用 Spectrum View 频谱分析，我们看到较高和较低频率的变化要小得多。使用较低的 RBW 设置的能力，独立于时域采样，可以实现更精确的增益余量和相位余量值的更高频率分辨率。简而言之，Spectrum View 频谱分析独立于时域采集参数和专用下变频器，为控制环路分析和一般的频率响应分析提供了更稳定、可重复的结果。它可以使 4/5/6 系列 MSO 示波器达到效果。在电源控制环路分析中可与矢量网络分析仪（VNA）和频率响应分析仪相媲美。

## 参考文献。

频谱视图。示波器频域分析的新方法：<https://www.tek.com/document/application-note/spectrum-view-new-approach-frequency-domain-analysis-oscilloscopes>

