



使用示波器 進行頻率響應分析

應用摘要



介紹

波德圖通常用於分析系統的頻率響應。波德圖提供了一系列頻率範圍內振幅和相位的圖形表示，可用於分析和理解電路的行為。整體而言，波德圖是電路分析的強大工具，因為其可清楚、直覺地表示電路的頻率響應特性，有助於電子系統的設計、最佳化和疑難排解。

使用者可以透過收集不同輸入訊號頻率下的振幅和相位值資料來手動產生波德圖；然後可以將這些值手動繪製在方格紙上以產生波德圖。如果收集了許多資料點，可以利用 Excel、MATLAB 或 Python 等軟體來繪製資料。

2 系列 MSO 具有 2-SOURCE 或 2-ULTIMATE 選項，提供內建函數產生器和波德圖功能。

在 4/5/6 系列 MSO 上，波德圖功能需要電源量測和分析選項 (PWR)。此功能位於控制迴路響應分析量測下。

部分 Tektronix 示波器提供內建函數產生器和波德圖功能，讓使用者能夠更輕鬆、更準確地分析和探索其電路設計。這項內建功能可讓使用者根據其選擇自動改變函數產生器的輸出頻率、擷取輸入和輸出訊號並產生波德圖。

瞭解波德圖

波德圖包含兩個圖：振幅響應 (增益) 圖和相位響應圖。波德圖會顯示系統如何響應不同頻率，並提供對系統增益和相位特性的深入瞭解。

以對數刻度顯示的增益圖顯示了系統的振幅響應與頻率的函數關係。透過使用對數刻度，頻率軸可以跨越幾個數量級，而不會犧牲解析度。對數標度將較高頻率壓縮到圖的右側，進而可以更均勻地表示整個頻率範圍。

相位圖以度數顯示，指示相移的量和方向。相位響應的變化範圍為 -180° 至 $+180^\circ$ 。相位圖顯示系統如何影響不同頻率下訊號的時序和同步。同時還補充了振幅圖，提供了系統頻率響應的全面視圖。



圖 1：2 系列 MSO 上的增益和相位圖。

從波德圖獲得深入見解

波德圖為電路分析提供了多種深入見解，包括：

1. 增益和衰減

波德圖顯示了電路在不同頻率下的增益或衰減。振幅圖顯示電路如何放大或衰減不同頻率的訊號。這些資訊對於瞭解電路的整體增益或損耗以及識別其頻率響應特性十分重要。

2. 頻寬

頻寬是指電路有效工作的頻率範圍。透過檢查振幅圖，您可確定增益在指定範圍 (例如 -3 dB) 內的頻率範圍，代表電路的可用頻寬。

3. 濾波分析

波德圖提供了濾波器電路 (例如低通、高通、帶通和帶阻濾波器) 的寶貴見解。波德圖會顯示截止頻率、滾降率 and 通帶/阻帶特性。波德圖有助於可視化電路如何選擇性地允許或拒絕某些頻率分量，有助於濾波器設計和分析。

4. 相位響應

波德圖也顯示電路的相位響應。相位圖表示電路在不同頻率下所引入的相移。在分析具有時間延遲的系統或音訊訊號處理和回饋控制系統等相位敏感的應用時，此資訊極為重要。

5. 穩定性分析

波德圖用於分析回饋控制系統的穩定性。打破穩定性分析中的迴路，通常稱為「開啟迴路」或「開啟回饋迴路」，是一種僅考慮開迴路傳遞函數來簡化複雜控制系統分析的技術。當使用波德圖分析穩定性時，這尤其有用。工程師可以透過檢查開迴路傳遞函數的振幅和相位圖來確定穩定性邊限，例如增益和相位邊限。這些邊限顯示系統的穩定性以及針對干擾和變化的穩健程度。

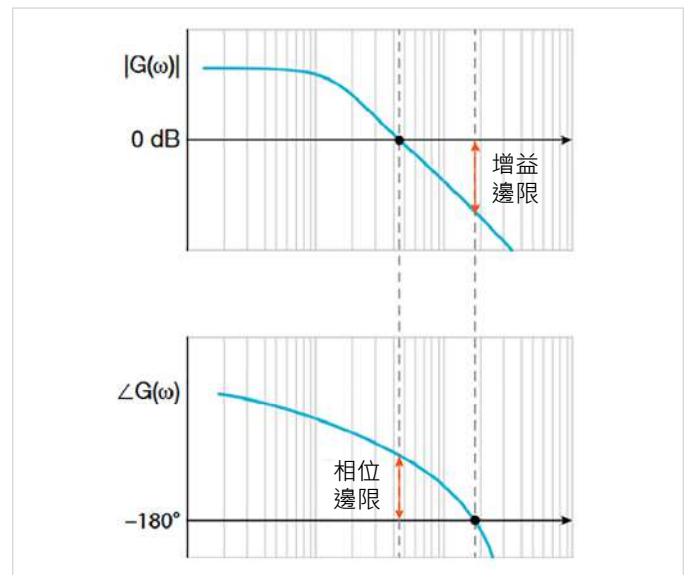


圖 2：增益和相位邊限。

6. 共振和頻率選擇性

波德圖有助於識別電路中的諧振頻率和頻率選擇性，特別是在涉及電容器和電感器等電抗元件的系統中。振幅圖顯示峰值或諧振頻率，而相位圖則表示這些頻率周圍的相移。

使用 2 系列 MSO 產生波德圖

為了示範如何在 2 系列 MSO 上產生波德圖，以下範例將使用簡單的一級低通濾波器。這是一種僅由電容器和電阻器串聯組成的被動濾波器。

RC 網路使用 10 歐姆電阻器和 1 μF 電容器。

使用下面的公式計算截止頻率。

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

截止頻率約為 16 kHz。

若要在 2 系列 MSO 中啟動波德圖，請按下 **Measure** (量測) 按鈕以新增量測。波德圖位於 **FRA** 索引標籤下。請參見圖 3。

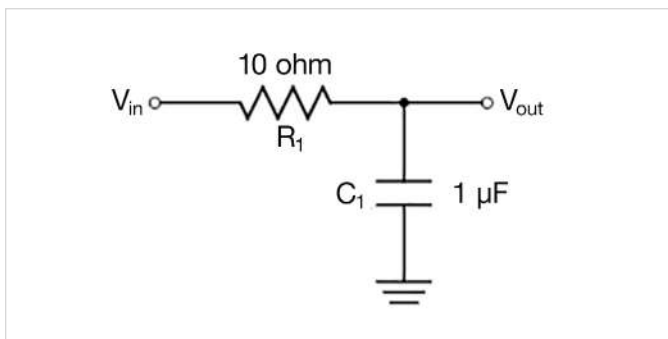


圖 3：具有 RC 網路的簡單被動低通濾波器。

若要設定波德圖，請使用內建 AFG 或外部 Tektronix AFG (AFG31000)。請參見圖 4。內建 AFG 支援高達 50 MHz 的訊號產生。

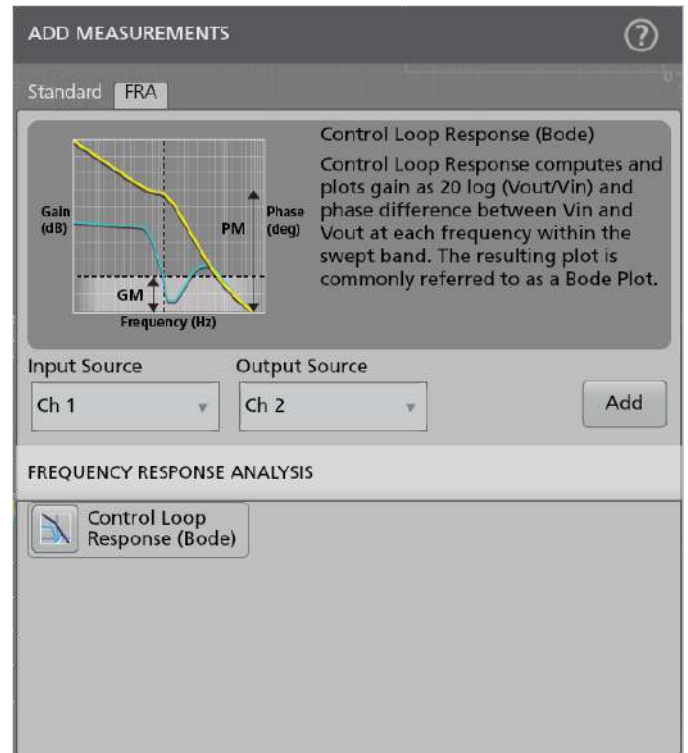


圖 4：透過新增量測來啟動波德圖。

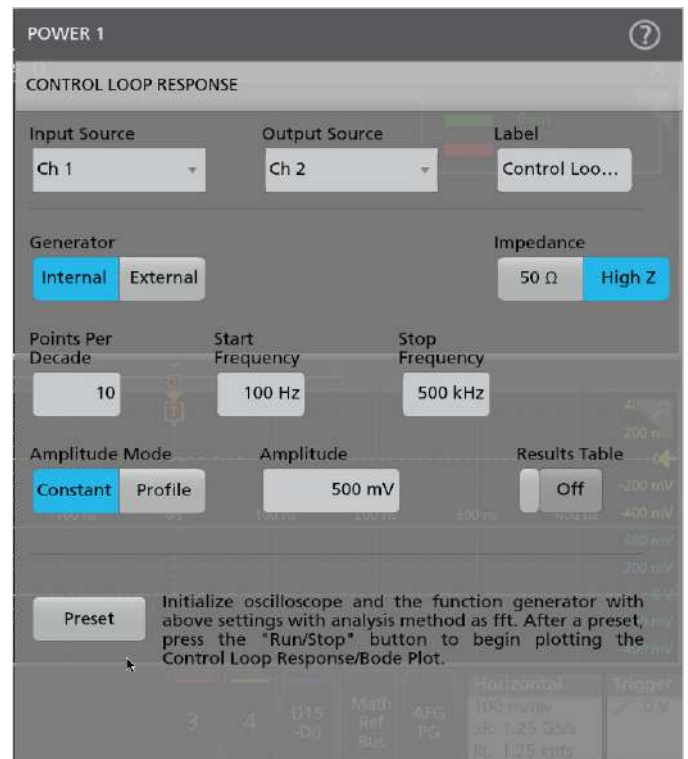


圖 5：使用內部 AFG 的波德圖組態。

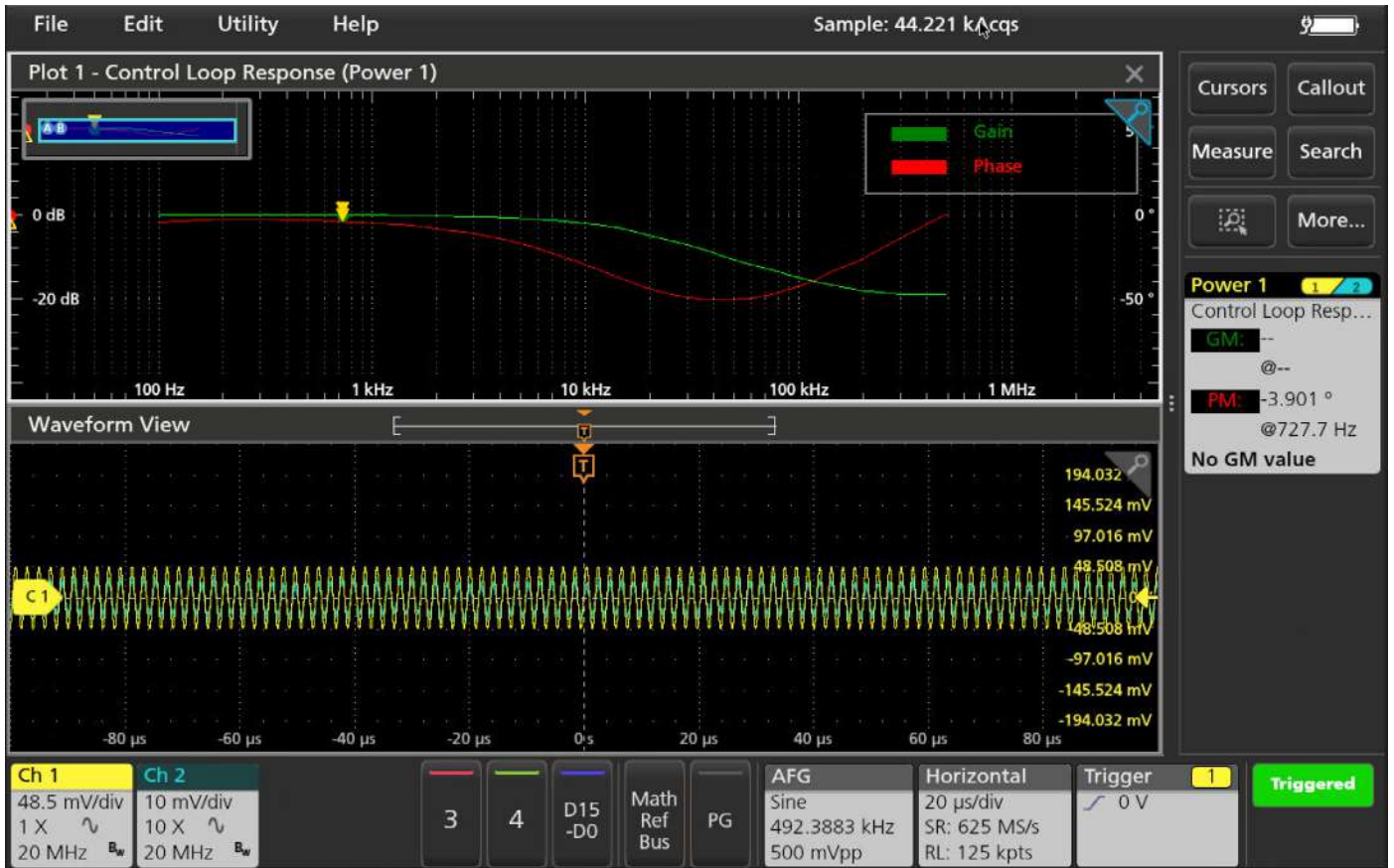


圖 6：低通濾波器在 16 kHz 截止頻率的波德圖結果。

設定起始頻率和終止頻率以配置掃描頻率範圍。每十倍頻率範圍的點數表示資料的間距或密度。每十倍頻率範圍的點數的合理範圍是 5 到 10 之間。預設值是每十倍頻率範圍 10 個點。

一切設定完畢後，按 **Preset** (預設) 按鈕套用 AFG 設定並初始化示波器。

若要開始擷取並繪製資料，請按前面板上的 **Run/ Stop** (執行/停止) 按鈕或點選右下角畫面上的 **Run/Stop Status** (執行/停止狀態) 按鈕。

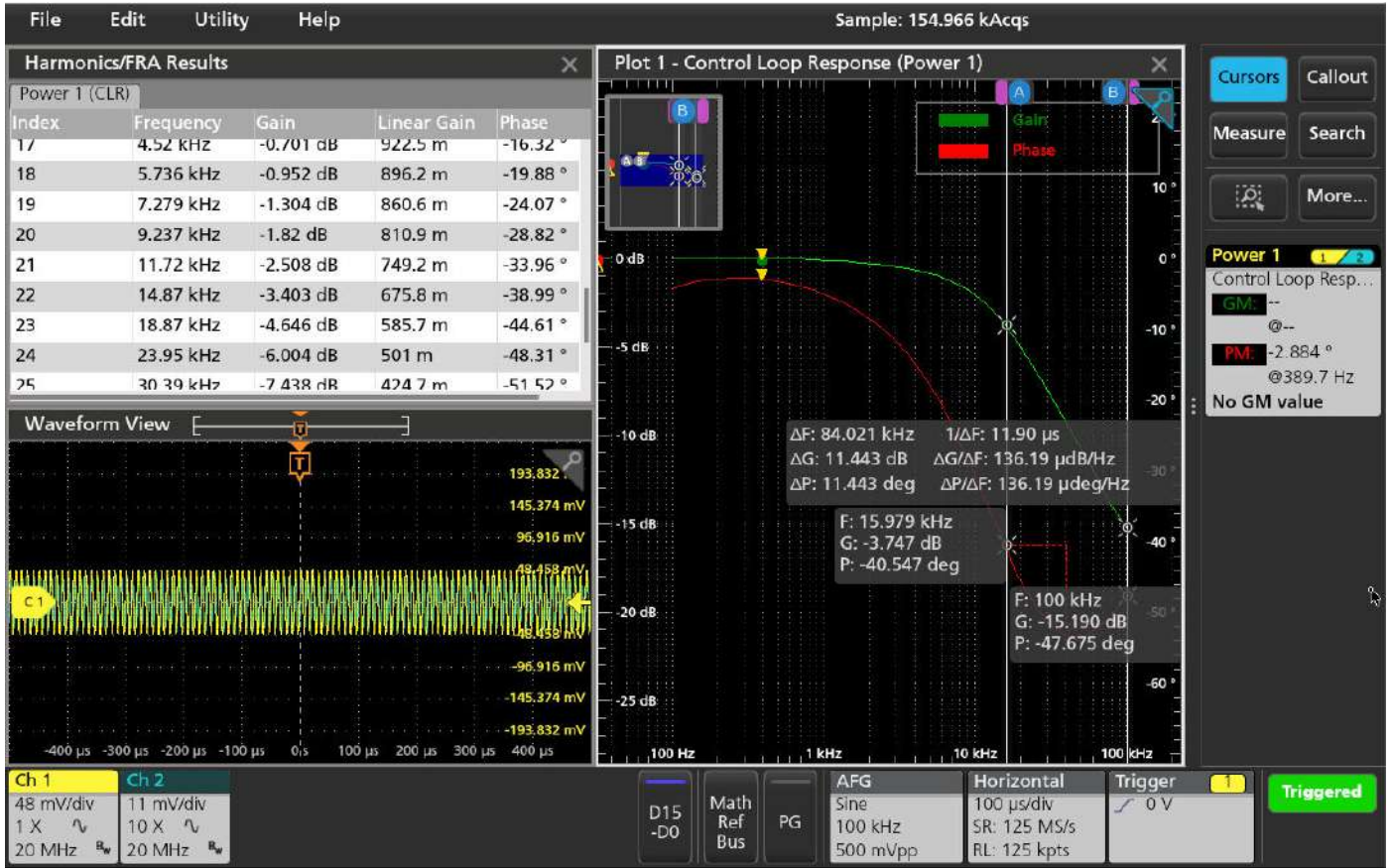


圖 7：使用游標和結果表查詢資料的更多詳細資訊。

您可使用游標和結果表從波德圖中查看更多詳細資訊。在圖 7 中，對於具有 10 歐姆電阻器和 1 μF 電容器 (前面討論過) 的簡易 RC 網路，截止頻率約為 16 kHz (與我們的計算相符)，相位圖顯示約為 -40°，這接近該截止頻率的理想相位角 -45°。您還可以從增益圖中偵測到截止頻率具有更高的滾降。

透過 2 系列 MSO 的靈活性，探索深入見解並最佳化您的電路。具備精巧、可攜的外形、選配的電池電源以及波德圖等內建功能，讓您隨時隨地進行量測和資料分析。



圖 8：使用 AFG31000 和 2 系列 MSO 產生波德圖。



圖 9：電池電源選項讓您能隨時隨地工作。

:

Tektronix[®]



(台北公司) 235新北市中和區中正路764號6樓 TEL : 886-2-32346000
(新竹公司) 300新竹市北區光華二街72巷79號 TEL : 886-3-5324199
官方網站: www.lockinc.com.tw 網路商店: www.pcstore.com.tw/lock