Tektronix[®] LOCK 洛克儀器

使用示波器 進行頻率響應分析





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)。此功能位於控制廻路響應分析量測下。

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°。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、滾降率和 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。

?

High Z

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。

ADD MEASUREMENTS	0
Standard FRA	
Gain (dB) GIM Frequency (Hz)	Control Loop Response (Bode) Control Loop Response computes and plots gain as 20 log (Vout/Vin) and phase difference between Vin and Vout at each frequency within the swept band. The resulting plot is commonly referred to as a Bode Plot.
Input Source Output Ch 1 Ch 2	Source Add
Control Loop Response (Bode)	3

POWER 1 CONTROL LOOP RESPONSE				
Ch 1 -	Ch 2	-	Control Loo	
Generator			Impedance	
Internal External			50 Ω	
Points Per Decade	Start Frequency	Stop Frequency		
10	100 Hz	500 kHz		
Amplitude Mode	Amplitude		Results Ta	
Constant Profile	500 m\	/	Off	

Initialize oscilloscope and the function generator with above settings with analysis method as fft. After a preset, press the "Run/Stop" button to begin plotting the Control Loop Response/Bode Plot.

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。

Preset



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。



圖 8:使用 AFG31000 和 2 系列 MSO 產生波德圖。

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 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