

選擇高頻寬探棒時 須考量的重要特性

作者：Jae-yong Chang/
Keysight Technologies

現代高速數位應用已將高頻寬和高效能探棒量測解決方案的極限向上推升。隨著系統頻寬增加，信號緣速度亦隨之加快，晶片組及元件尺寸也越來越小，使得 PCB 布局更形複雜。上述趨勢將對探棒量測構成挑戰。在選擇高效能探棒時，需要考量的部分也比選擇頻寬較低的通用型探棒時來得多。所以探棒效能越高，需要注意的事情也越多。

探棒產品規格書所列的效能規格都很優異，但這些可能是在非常理想的探量狀況下所測得的。然而，在真實世界中對探棒進行量測(包括連至探針的探棒配件)時，其實際效能可能比所公布的標稱規格低了許多。

為協助您選擇合適的高效能示波器探棒，本文將說明須考量的主要特性。

探棒負載

理想的示波器探棒應可確切重現正在量測的信號。但在真實世界中，由於連到 DUT 的探棒或探棒配件會將探棒負載導入電



路，因此探棒會成為測試電路的一部分。視不同的負載效應而定，不良的負載效應，會使得探棒頻寬及頻域中的頻率響應平坦度受限，並產生不必要的副作用，例如過擊、振鈴，以及時域中的 DC 偏移問題。

選擇高頻寬探棒時，有項重要因素必須謹記：其探棒負載特性與傳統探棒略有不同。傳統的探棒阻抗模式，看起來就像圖 1 輸入阻抗與頻率關係圖中的 K3 軌跡。此處使用 Keysight InfiniiMax

1169A 12 GHz 差動探棒。在約 10 MHz 的低頻中，輸入阻抗是以探棒輸入電阻(R)驅動的 50 kohms，然後與探棒的 210 fF 電容相交。對此，我們稱之為 RC 輸入阻抗曲線。此為非常傳統的示波器探棒，包括 Keysight InfiniiMax I 或 II 探棒，或您日常應用中會用到的任何其他探棒。

但高頻寬差動探棒(如 InfiniiMax III 或 III+ 等)則具有不同的輸入阻抗特性，其 DC 處的特低頻差動阻抗為 100 kohm。此差動阻抗之後會與探棒的 50 nF 電容相交、降到中頻段阻抗。接著，以 60 倍頻為單位，其會維持 1 kohm 的差動輸入阻抗，直到最終與 32 fF 電容相交為止。

其他廠商的高頻寬探棒輸入阻抗以 K2 表示。同樣地，在 DC 處的 100 Kohm 因其 110 pF 中電容而下降至 450 ohm 負載，然後與 65 fF 電容相交。此探棒的交叉頻率高上許多，並穩定在 ~100 MHz 的中頻段阻抗。文中稱之為 RCRC 曲線。此屬於非常典型的新型高頻探棒系統(例如 InfiniiMax

III或III+)。 試量測絕對電壓位準時會產生影響，尤其是在目標信號的來源阻抗非常高、或是用探棒量測的信號存

一般而言，RCRC探棒擅於重現具高速信號緣的波形，但在嘗試量測絕對電壓位準時會產生影響，尤其是在目標信號的來源阻抗非常高、或是用探棒量測的信號存

圖 1：常見的高效能探棒之輸入阻抗與頻率特性曲線圖

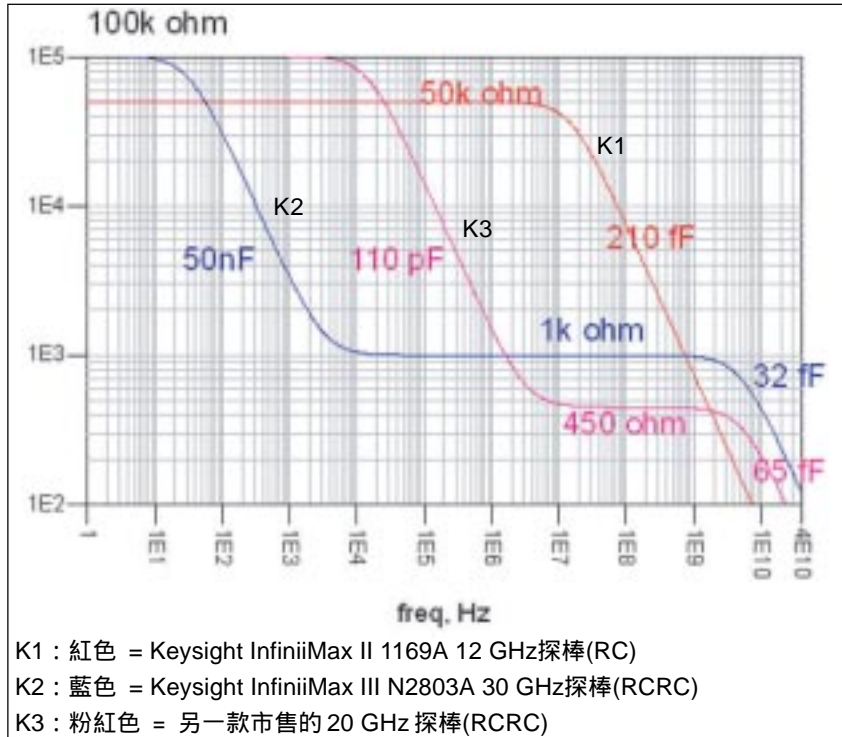
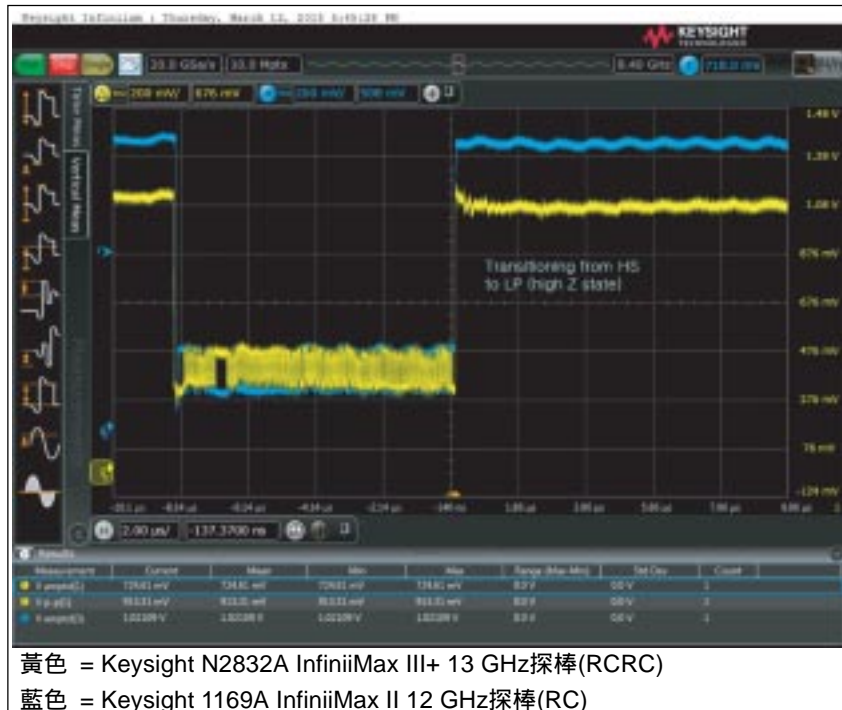


圖 2：RCRC 型探棒在量測轉移至「高阻抗」狀態(例如此 MIPI D-phy 信號)的匯流排時，不一定會產生預期的結果。



在長時間常數時。RCRC型探棒在量測轉移至「高阻抗」狀態的匯流排時不會產生預期的結果，例如MIPI D-phy信號從HS(高速)模式轉移至LP(低功率)之時(請見圖2)。驅動高阻抗匯流排的阻抗一般是以高數值電阻器下拉或上拉，且會相互影響RCRC輸入阻抗，造成時間常數變得很長。因此，此類型的匯流排通常不建議使用RCRC型探棒。建議使用高輸入阻抗(橫跨寬廣頻寬範圍)的RC型探棒(如InfiniiMax I、II探棒)。

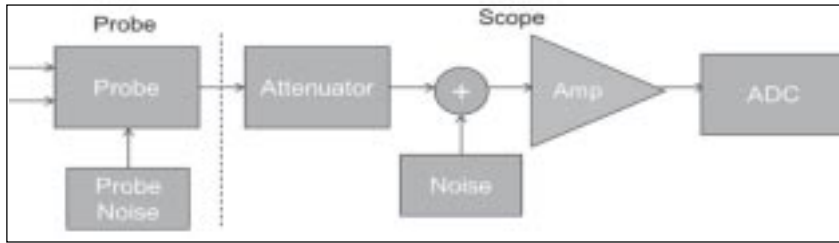
此處重點在於探棒使用者應考慮探棒負載效應，以確保探棒負載在容許範圍內。大多數探棒製造商都會提供輸入負載模型，以便客戶在選擇探棒前能夠試著去瞭解探棒的負載特性。

探棒雜訊

許多讀者會擔心探棒 / 示波器對量測所產生的固有雜訊。量測的雜訊指數起因於多項因素。其中一項最重要的特性考量就是信噪比。通常衰減比越低，信噪比就越高，雜訊也較少，但同時也會產生較低的輸入電阻、較低的動態範圍及較低的共模範圍等，需依不同情況加以取捨。查看探棒產品規格書或手冊列出的探棒衰減比及雜訊位準，是比較容易的一種方法。

圖 3 顯示信號與雜訊的相關情況。探棒 / 放大器系統的雜訊固定不變，因此若未最大化應用到總和點的信號位準，將會看到信噪比衰減。所有示波器皆使用

圖 3：示波器與探棒的信噪比示意圖



衰減器來改變垂直比例因數。示波器的雜訊會在此次衰減之後上升。因此，衰減器設為 1:1 (示波器最敏感的垂直比例範圍) 以外的任何信噪比時，雜訊將會比示波器輸入接頭處的信號還大。使用示波器最敏感的垂直範圍除了可避免不必要地放大示波器的雜訊，亦可避免量測的信噪比降級。另外，也建議使用衰減較低的探棒，以達到較高的信噪比。

一旦選定有興趣的探棒後，下一步您或許會思考降低探棒雜訊影響的方式，以將探棒頭 / 探針構成的接地 / 信號迴路縮減到最小。由於過多頻寬會產生系統的整體雜訊，因此請挑選剛好符合需要的示波器 / 探棒頻寬。您可運用示波器

的頻寬極限控制功能，嘗試使用恰好符合需求的頻寬。

留意探針效應

示波器或探棒的頻寬一直是主要的標稱規格，但量測系統並不是只有示波器和探棒這麼簡單。

事實上，在量測系統中，示波器通常「不是」最弱的環節。量測系統還包含探棒、纜線、接頭及夾具。各個元件都有可能導致高於示波器的頻寬損耗。儘管纜線及接頭的損耗通常極低，但探棒及探棒配件卻非如此。

若看到高頻寬探棒在探針的輸入導線明顯比相似探棒還長，即可合理懷疑頻率響應發生變異或衰減。一般而言，探針的輸入

電線或導線越長，頻寬就有可能會減少、負載增加，導致不平坦的頻率響應，並造成響應會隨著跨距及端頭電線環境改變而出現變化。隨著系統頻寬突破 1GHz，探針的影響在測定系統效能上扮演著重要的角色。探針的輸入導線應越短越好，連接的迴路區域同樣也要盡可能小。而且，若您使用單端探棒，低電感接地需越短越好，且厚度越厚為佳。

結語

隨著系統頻寬增加，信號緣速度亦隨之加快，晶片組及元件尺寸也越來越小，使得 PCB 佈局更形複雜。上述趨勢將對探棒量測構成挑戰。在選擇高效能探棒時，需要考量的部分，也比選擇頻寬較低的通用探棒時來得多。效能越高，需要注意的事情也越多。

本文探討選擇高效能探棒量測系統時須考量的重要特性。我們審視了示波器探棒兩種不同的輸入阻抗曲線，以及其如何不同。探棒使用者應考量探棒負載效應，以確保探棒負載在容許範圍之內。許多探棒製造商皆有提供輸入負載型號，因此客戶可在挑選探棒之前試著去瞭解探棒的負載特性。隨著系統頻寬突破 1GHz，探針的影響在測定系統效能上扮演著重要的角色。探針的輸入導線應越小越好，連接的迴路區域同樣也要盡可能小。此外，建議使用衰減較低的探棒，以達到較高的信噪比。 CTA

圖 4：探針導線是最容易導致誤差的環節，因此導線和迴路區域應越小越好。

N5425A ZIF head with:	Lead length	Separation between legs	Bandwidth
N5426A ZIF tip	2 mm	0 deg	12.3 GHz
N5451A Long-wired ZIF tip	7 mm	0 deg	9.9 GHz
	7 mm	60 deg	4.4 GHz
	11 mm	0 deg	5 GHz
	11 mm	60 deg	3.3 GHz