

Keysight Technologies

信號分析量測基礎原理

雜訊底線、解析頻寬最佳化

應用說明



簡介

對射頻工程師來說，頻譜分析儀或信號分析儀是基本又不可或缺的量測工具，可用於產品生命週期的所有階段。效能、準確度和速度等主要特性，可協助研發工程師提升設計品質，並有助於讓製造工程師提高測試效率和產品品質。本應用說明介紹各種技術，可幫助您輕鬆駕馭您的應用所需的主要信號分析。本文著重於協助您將各種屬性最佳化，例如量測雜訊底線、解析頻寬、動態範圍、靈敏度等等，並同時保持速度和生產力。

我們通常使用「信號分析儀」一詞來代表採用頻譜分析儀架構，並具備全數位中頻（IF）區段，可用複雜向量技術處理信號的儀器，以執行數位調變分析與時間擷取等多域操作。關於頻譜和信號分析儀及其操作的詳細討論，可參閱是德科技應用說明 150，[頻譜分析基礎原理](#)。

提升各個測試配置的量測準確度

為了將量測準確度最佳化，了解信號分析儀的固有準確度，並判別待測物（DUT）連接的錯誤來源，至關重要。有效的量測實作和實用分析儀功能的組合，可減少錯誤發生率並縮短測試時間。

數位中頻技術則可實現出色的基本準確度，特別是透過內部校驗和校準加以強化時。舉例而言，自身產生的修正和可高度重複的數位濾波器，讓您能在量測期間自由地變更設定，這些變更對可重複性的影響很低。典型的範例包括解析頻寬、範圍、參考位準，中心頻率和頻距。

當 DUT 與經過校驗的分析儀連接後，信號傳遞網路（參見圖 1）可能導致想觀測的信號惡化或改變。對這些影響進行修正或補償，可確保最佳準確度。您可利用分析儀的內建振幅修正功能，再搭配信號源和功率錶，便利又有效地執行操作。

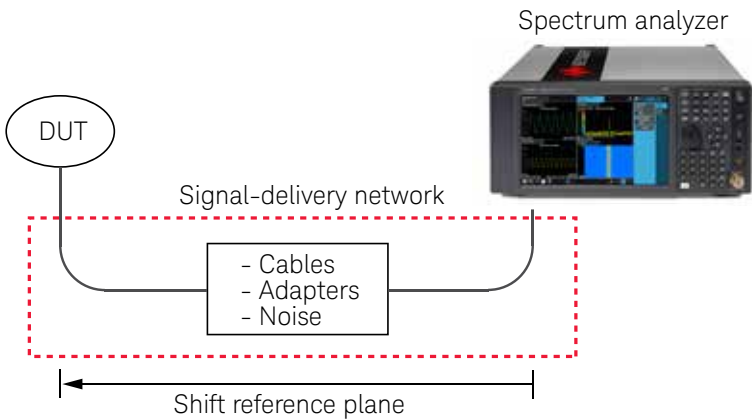


圖 1：DUT/分析儀的連線品質對量測準確度與可重複性有顯著的影響，而且影響會隨頻率而加大。

圖 2 說明造成 DUT 信號衰減的信號傳遞網路之量測頻率響應。為了去除負面效應，首先應在指定頻率範圍內，量測信號傳遞網路的頻率響應。在分析儀中，**振幅修正**功能採用一系列相對應的頻率/振幅並將它們進行線性連接，以產生對應於量測顯示點的修正係數。之後分析儀會依據修正來調整顯示的振幅。圖 3 顯示，在量測結果中，信號傳遞網路的不良衰減與增益皆已消除，可提供信號分析儀指定的完全準確度。

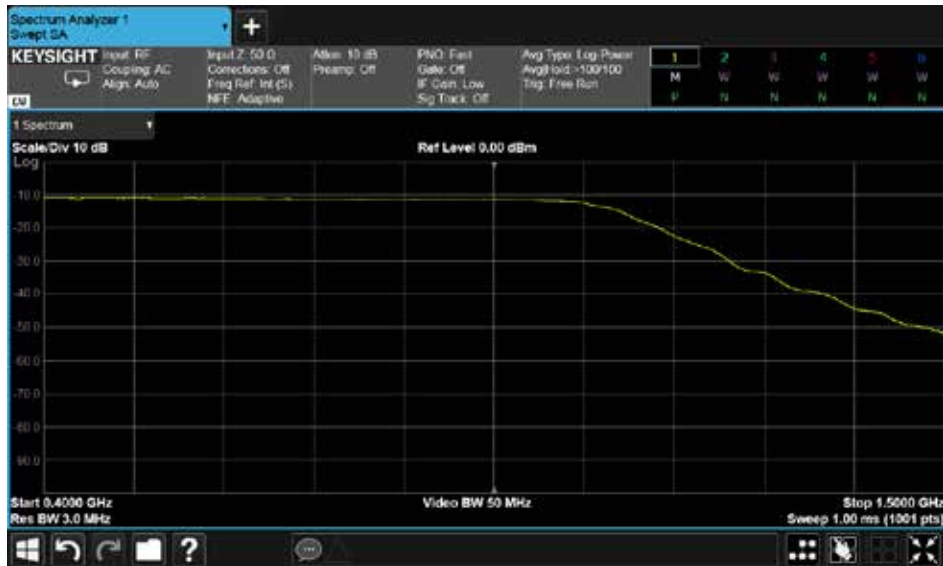


圖 2：軌跡圖顯示 DUT/分析儀連接的量測頻率響應。

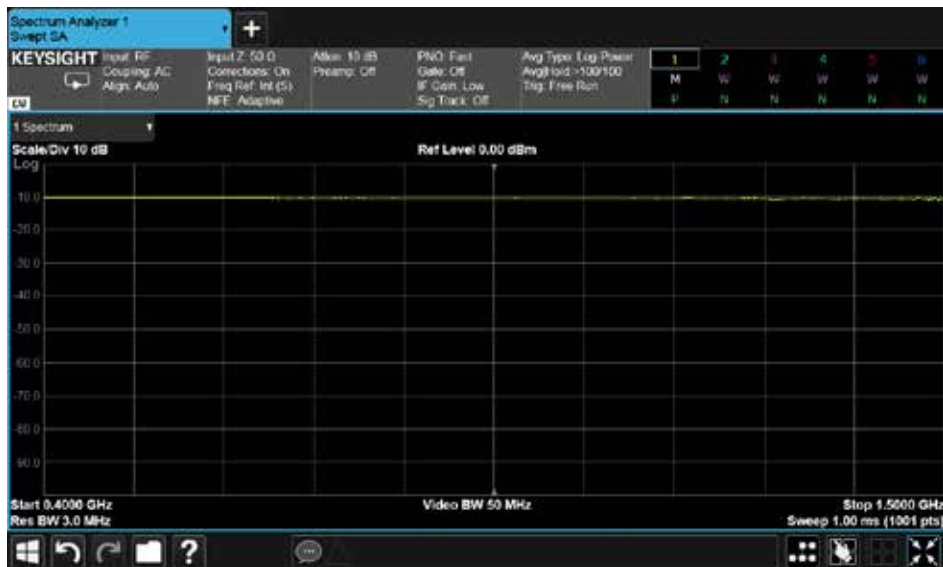


圖 3：使用分析儀的振幅修正功能，讓頻率響應變得平坦，以提高振幅準確度。

此程序會將量測參考平面從分析儀前面板移至 DUT。許多信號分析儀皆可儲存多種設備配置或分析儀設定的修正。

您也可以儲存不同纜線與轉接器組合的修正值。請特別留意 DUT/分析儀的連線，包括纜線與連接器的長度、類型與品質。連接器維護，包括適當的扭力，可確保最低的損耗、良好的阻抗匹配以及可重複性 — 特別是微波和毫米波頻率。

針對較富挑戰性的量測，您可將分析儀的有效輸入移至較接近 DUT 處，以提高性能。舉例而言，在量測非常小的信號時，您可將外部前置放大器連接至 DUT，以增加信號位準並解決信號衰減或雜訊增加等問題。現今的智慧型前置放大器可自動配置分析儀並上傳增益與頻率響應，以獲得精確的校正。

同樣的，智慧型混頻器可在非常高的頻率下強化量測。通常 DUT 輸出端為波導的直接連接處，您可以將其放置在此。混頻器會自動進行辨識並下載其轉換係數，以獲得準確的結果顯示。

設定解析頻寬時的取捨

解析頻寬設定為基本分析參數。當量測目標為分離重要頻譜成分並設定雜訊底線時，解析頻寬所扮演的角色便更加重要，讓您能夠更輕鬆地從分析儀或 DUT 所造成的雜訊中，辨識出所需的信號。

執行嚴格的量測時，頻譜分析儀必須夠準確，並且需要有適當的量測速度與高動態範圍。在大多數情況下，僅著重其一會對另一項造成負面影響。此時，應該採用窄或寬解析頻寬，便成為重要的取捨。

量測低位準信號時，較窄的設定較為有利：可降低頻譜分析儀的顯示平均雜訊底線（DANL），增加動態範圍並提高測量靈敏度。在圖 4 中可看到，將解析頻寬從 100 kHz 變更至 10 kHz，便能夠對明顯的 -103 dBm 信號進行更適當的量測：解析頻寬減少 10 倍可使 DANL 提升 10 dB。



圖 4：將解析頻寬從 100 kHz 降到 10 kHz 可提升 DANL，並可更輕鬆地查看所需觀測的信號。

當然，較窄的設定並非永遠是最理想的選擇。對調變信號來說，必須將解析頻寬設得夠寬，使其能夠包含旁波帶。否則，除非進行整合式頻段功率量測（例如結合多個量測點以涵蓋整個信號頻寬），不然一定會產生不準確的功率量測。對排列緊密的寬頻數位調變信號來說，整合窄解析頻寬量測之多個量測點功率的量測方式，是最實用的量測。

較窄的設置有一個很大的缺點：掃描速度非常緩慢。掃描率通常與解析頻寬的平方成正比，所以相較於較窄的設定，較寬的設定可使掃描整個頻距的速度加快許多。我們可透過圖 5 和圖 6，將使用 10 kHz 與 3 kHz 解析頻寬，量測 200 MHz 頻距的掃描時間加以比較。



圖 5：以 10 kHz 解析頻寬進行量測所需的掃描時間為 2.41 s。

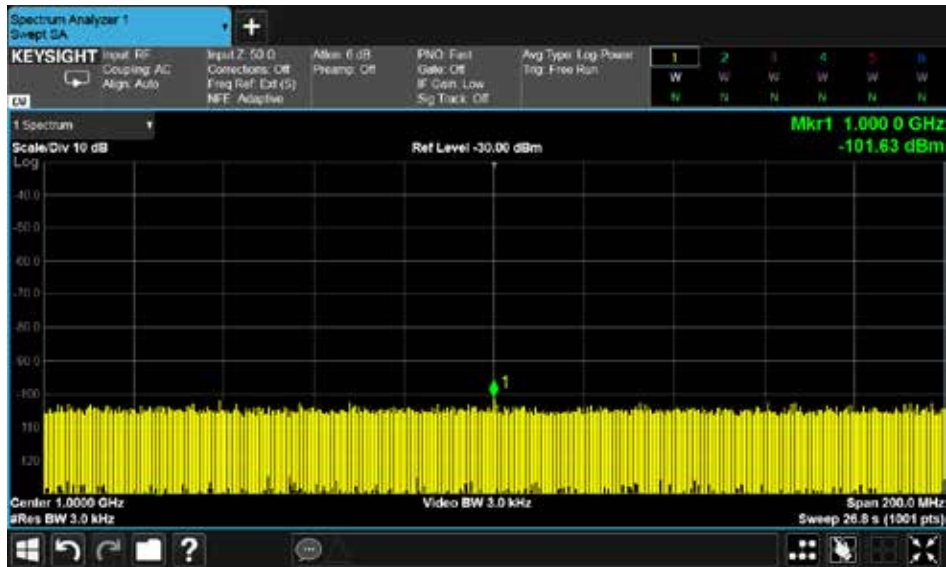


圖 6：將解析頻寬降到 3 kHz 時，掃描時間增為 26.8 s，比上述時間慢了約 10 倍。

了解選擇何種解析頻寬的基本優缺點，可幫助您調整相關設定，並著重於最重要的量測參數上。然而，我們無法完全避免缺點與負面影響，但現今的信號分析儀有助於減輕甚或消除此問題。

現今的分析儀可利用快速傅立葉轉換（FFT）及數位解析頻寬過濾等數位信號處理方法，並搭配掃描速度效應修正，來確保準確的量測結果（即便是使用窄解析頻寬）。例如「快速掃描」功能便可將掃描率提高至窄設定的 50 倍。信號分析儀可自動部署這些增強特性，使其成為中心頻率/頻距/RBW自動耦合的一部分，讓您能透過手動方式將速度和準確度等特定優先順序最佳化，藉以對相關設定進一步微調。

提升量測低位準信號的靈敏度

分析儀自行產生的雜訊，會使其量測低位準信號的能力受限，而且各種設定都會對雜訊程度造成影響。舉例而言，圖7說明了分析儀的雜訊底線如何掩蓋了50 MHz 信號。

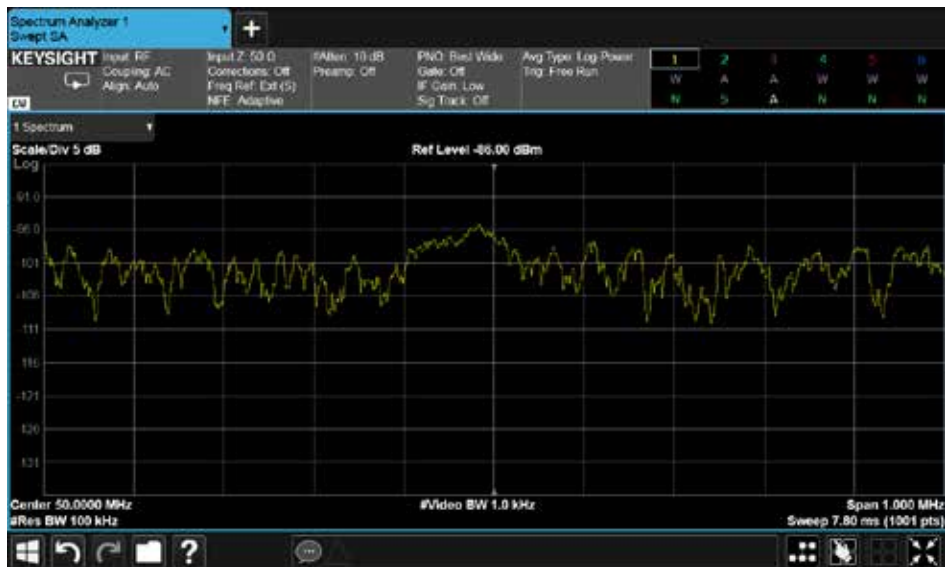


圖 7：在圖中顯示的配置，分析儀雜訊掩蓋了一個微小信號。

為了量測此低位準信號，您可結合以下方法，來提升分析儀的靈敏度：輸入衰減最小化、縮小解析頻寬（RBW）濾波器，並使用前置放大器。與早期技術相似，這些技術可降低 DANL，將微小信號與雜訊分離，並可進行準確的量測。

減少輸入衰減可提高進入分析儀輸入混頻器之信號的位準。分析儀本身的雜訊是在衰減器之後產生的，因此衰減設定會影響量測的信噪比（SNR）。如果將分析儀中的增益與輸入衰減器耦合，以便補償變更，則真正的信號在顯示器上會靜止不動。但 DANL 會隨IF增益而改變，以反應因任何衰減器設定變更而導致的 SNR 變化。因此，如欲改善 DANL，將輸入衰減降至最低極為重要。

通過混頻器和任何內部放大後，重新被放大的信號會進入包含解析頻寬濾波器的中頻區段。藉由縮小濾波器寬度，可將分析儀波封檢波器的雜訊能量減少，進而降低量測的 DANL。

圖 8 顯示 DANL 的連續縮減（請注意參考位準的縮減）。軌跡最上方顯示將解析頻寬降到最低後，高於雜訊底線的 CW 信號。中間的軌跡顯示大幅降低衰減後的改善效果。更下方的軌跡採用對數功率平均（使用對數單位的 dB 讀數）可將雜訊底線再減少 2.5 dB，但不會影響到 CW 信號的量測。如將其與峰值檢測（顯示檢波器設定）結合，便可有效量測雜訊底線附近的突波信號（常見的信號分析任務）。



圖 8：在信號量測中，在縮減解析頻寬（黃色）、降低輸入衰減（藍色）並切換至功率平均（紫色）後，DANL 逐漸降低。

若要達到最高靈敏度，則須使用具低雜訊與高增益的前置放大器。如果放大器增益夠高（例如顯示的雜訊增加至少 10 dB），則放大器的雜訊指數會影響前置放大器與分析儀的聯合雜訊底線。

從特定量測中去除分析儀的雜訊功率，是降低頻譜量測雜訊的有效方法。您可藉由量測雜訊底線來去除雜訊。此外，某些 Keysight X 系列信號分析儀也提供更加實用的方法，我們稱之為雜訊底線延伸（NFE）。分析儀可利用 NFE 技術精確地建模並分析各個量測點的雜訊功率，並且自動將其從量測結果中減去。如此便可將受影響的雜訊底線降低 10 dB 或更多，而不需變更掃描時間。除了前述步驟之外，您也可採用這項技術。

如前所述，在量測雜訊附近的突波信號時，結合使用對數功率平均與峰值檢測可提供 2.5 dB 的信噪比效益。另一方面，如果您的優先考量是將雜訊底線中的量測變異降到最低（例如較平滑的軌跡），那麼使用「平均」顯示檢波器來進行功率平均，可能是最佳選擇。將平均檢波器和較慢的掃描時間相結合，是最有效降低雜訊所造成之變異的方法（例如讓雜訊底線變得平滑）。

在時變信號一致地重複的特殊狀況下，也可以考慮使用被稱為同步或時間平均的技術。向量信號分析儀可提供這項功能，以便在計算頻譜之前，對輸入信號的時域樣本進行平均運算。觸發器可用於將時域樣本與重複信號同步。在時域、頻域和調變域中進行量測時，其淨效應（net effect）是有效雜訊底線的顯著降低。

量測失真時將動態範圍最佳化

頻譜分析的一個基本要素，就是儀器將信號的大基本音調與其較小的失真產物區分開來的能力。這是分析儀的動態範圍，亦即信號和失真、信號和雜訊，或信號與相位雜訊之間的最大差。

量測信號和失真的組合時，輸入混頻器的位準決定了動態範圍的大小。有三個規格可確定用於將動態範圍最佳化的混頻器位準：二次諧波失真（SHD）、三階交互調變（TOI）失真，以及顯示平均雜訊位準（DANL）。將這三個參數結合到一張圖表中，可產生混頻器位準與內部產生失真和雜訊的對比圖。

圖 9 標出當混頻器位準在 -40 dBm 時的 -75 dBc SHD 點，混頻器位準在 -30 dBm 時的 -85 dBc TOI 點，以及對應 10 kHz 解析頻寬的 -110 dBm 雜訊底線。混頻器基本位準每增加 1 dB，SHD 就會增加 2 dB，因此 SHD 線以斜率 1 繪製。然而，失真是由基本與失真產物間的差異來決定，其差異只有 1 dB。同樣的，TOI 是以斜率 2 所繪製：混頻器位準每改變 1 dB，三階產物就會改變 3 dB，或是以相對的方式來看，則為 2 dB。您可藉由設定衰減器，達到最大二階與三階動態範圍，讓混頻器的信號位準可對應到二階和三階失真與雜訊底線相等的點（圖中的註解說明了混頻器位準）。請注意，最小點位於因對數（dB）刻度上失真與雜訊增加，所導致的小曲線上。

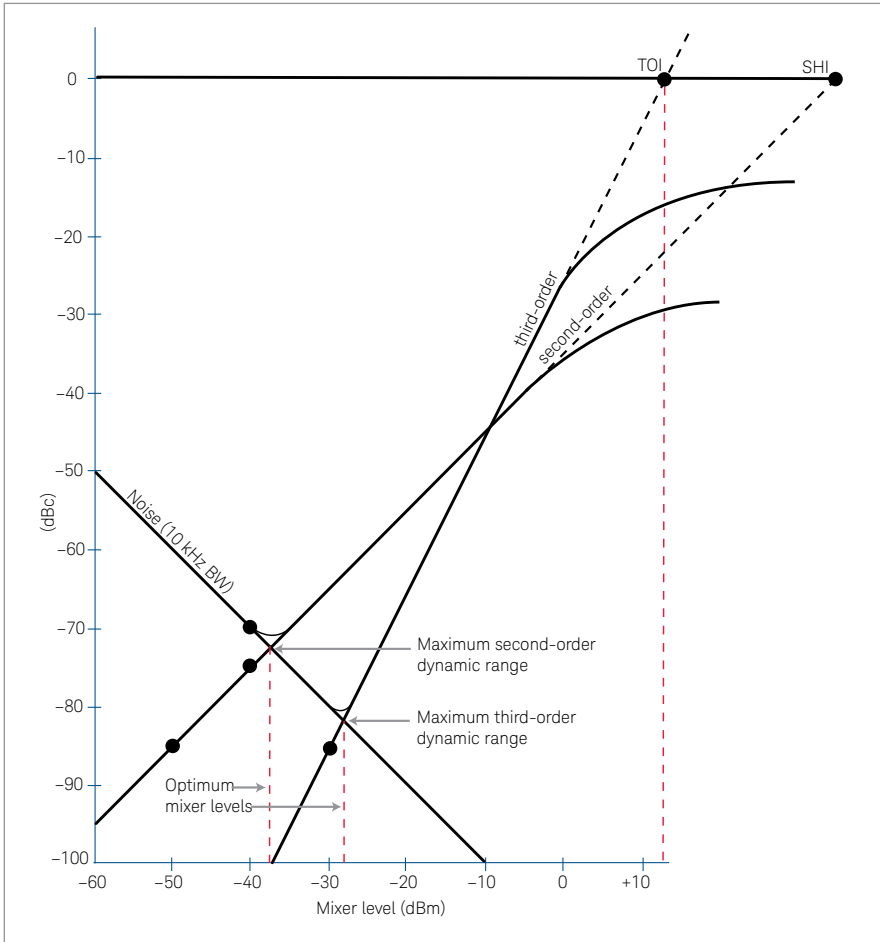


圖 9：圖中顯示的二階和三階動態範圍，由 DANL 與對應失真曲線相交處的最小失真區域而定。

要增加動態範圍，就必須採用窄解析頻寬。如圖 10 所示，當 RBW 設定從 10 kHz 降至 1 kHz，動態範圍會增加。請注意，二階增加為 5 dB，而三階失真則超過 6 dB。

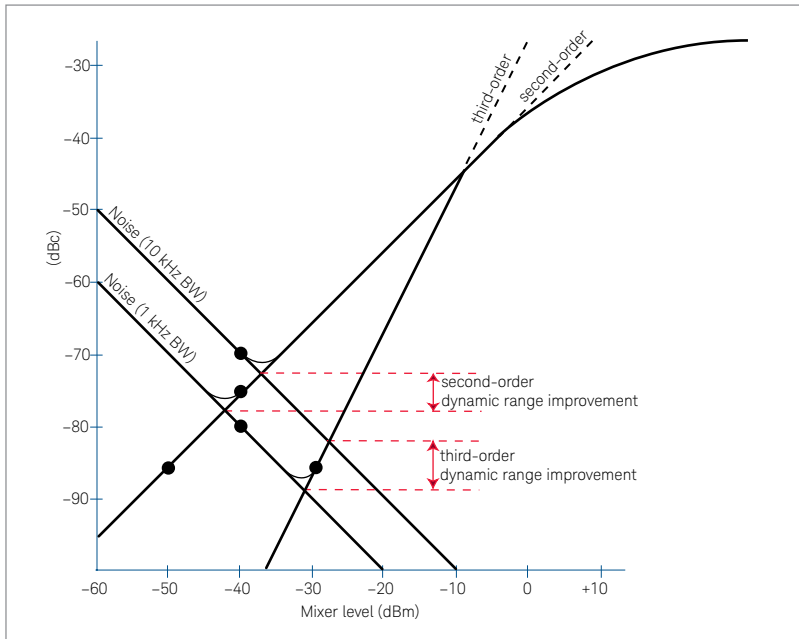


圖 10：減少 RBW 可降低分析儀的 DANL（從左下角開始的線），並改善二階與三階動態範圍的操作點。

最後一點，分析儀的相位雜訊也會影響互調失真（IMD）的動態範圍。原因：各種頻譜成分（例如測試音調和失真產物）之間的頻率間隔，與互調測試音調之間的時間隔相同。舉例來說，間隔 10 kHz，並以 1 kHz 解析頻寬進行量測的測試音調，會造成圖 11 所示的雜訊曲線。如果分析儀在 10 kHz 偏移時的相位雜訊僅為 -80 dBc，那麼此量測的最大動態範圍為 80 dB，而非 DANL 與三階失真交叉點所建議的 88 dB。

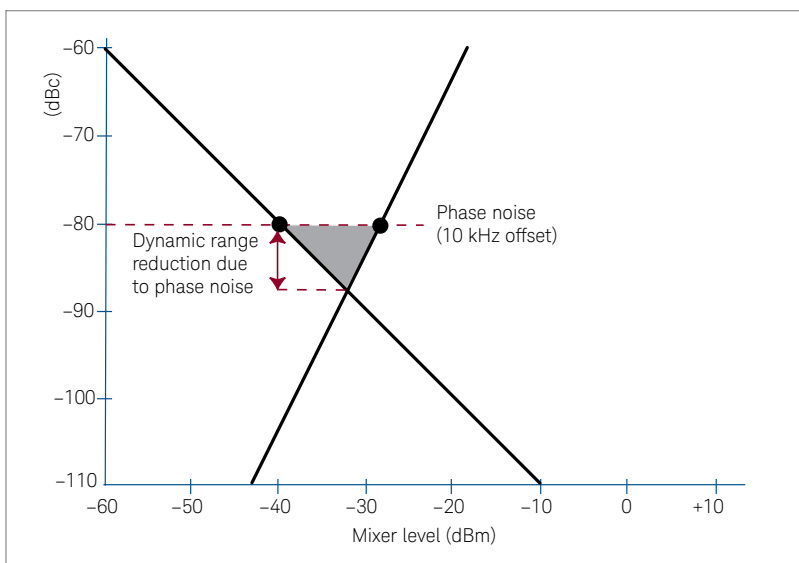


圖 11：對於像互調測試音調這樣間距很小的信號，相位雜訊可能會將量測動態範圍限制為低於圖中所示的值。

準確隔離並量測突波與暫態

使用掃描頻譜分析儀時，我們很難準確地量測叢發或脈衝信號，特別是承載調變的信號。分析儀會同時顯示脈衝傳送的資訊，以及脈衝形狀的頻率內容（例如脈衝波封）。急劇的上升與下降時間會在頻譜中產生不需要的頻率成分。這些負面干擾可能會掩蓋所需的信號，並降低量測準確度。

共有兩個量測技術可解決這些問題：時間頻譜分析儀及以向量信號分析儀（VSA）觸發的快速傅立葉轉換分析。二者都可在 Keysight X 系列等信號分析儀中使用。

掃描分析中最靈活（且常用）的技術為**閘控掃頻**或**閘控 LO**。這個方法將分析儀設為僅在所需的輸入信號部分，才進行掃描並擷取資料。外部觸發可用於進行同步量測；不過某些分析儀可自行從脈衝中產生觸發。請務必注意，執行這類時間選擇頻譜分析需要一個持續重複的信號。藉由累積成功的量測，分析儀可建立完整的頻譜結果，以提供穩定且準確的結果。

一般來說，預期的效果是，分析儀自行在脈衝或叢發期間量測信號的頻譜，並拒絕脈衝開啟或關閉的頻譜效應。如此便可使用具通道功率或鄰近通道功率（ACP）與頻譜放射遮罩（SEM）等自動功率量測功能的閘控。

其他技術包含信號的快速傅立葉轉換處理，又稱為閘控 FFT。此方法並不需要重複信號；但如果具有重複信號，信噪比可能因時間平均而改善（如前所述）。

閘控 FFT 分析需搭配使用信號分析儀和 VSA 軟體，以獲得最強大且靈活的成效。軟體負責執行觸發功能（例如精確調整觸發時間），以及閘控或 FFT 時間紀錄長度，以匹配待測信號的叢發。

VSA 軟體也允許使用者任意調整 FFT 點數，以及選擇所套用的視窗形狀（例如加權）。使用視窗形狀時，需在量測結果的振幅準確度、頻率解析度與動態範圍間加以取捨。如果能夠兼顧這些特性，將有助於從簡短的信號叢發中萃取大量資訊。

對**自我建立視窗**（*self-windowing*）的信號（即在特定時間間隔會定期執行的信號）進行時間選擇信號分析時，有一種處理方法特別有效。無線通訊系統常用的正交分頻多工技術（OFDM）信號即為其中一個範例。執行的方式為將時間紀錄長度或閘極長度設為與單一 OFDM 符號相符，或設成符號的整數倍，而後選取統一視窗。此視窗在時域中呈現平緩狀態，並倚賴待測信號週期與視窗或 FFT 時間紀錄間的互相配對。

圖 12 說明量測兩個 OFDM 訓練序列符號時，專為振幅準確度而設計的平頂視窗（例如在頻域中呈現平坦）與統一視窗的比較結果。在此情況下，統一視窗提供高準確度的最佳頻率解析度。

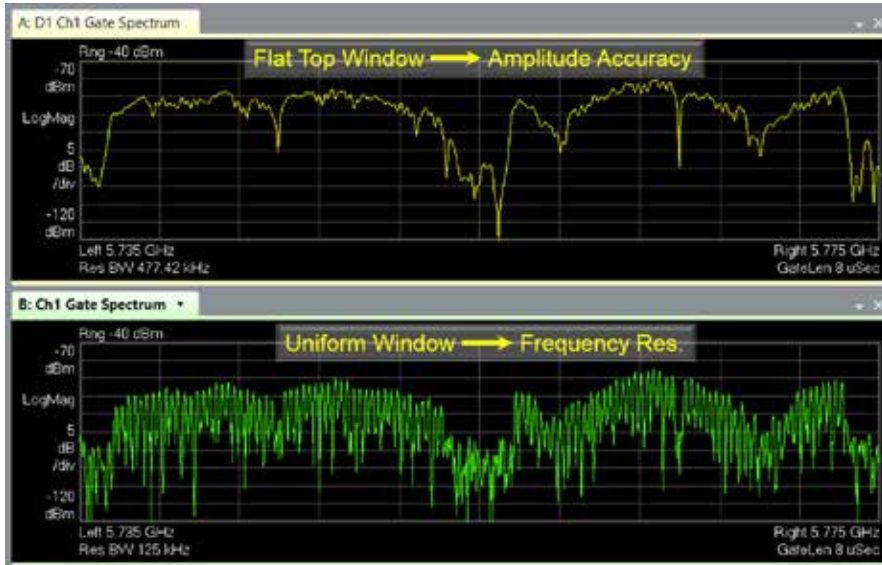


圖 12：兩個軌跡都顯示了在 5 GHz 頻段時，OFDM WLAN 波形的無連線擷取。在各個量測中，閘控皆與部分的自我視窗訓練序列相符。在下方軌跡中，統一視窗提供足夠的解析度，以呈現個別 OFDM 副載波。

以量測應用軟體提升速度、準確度與可靠度

無線及航太與國防應用的信號日益複雜，使得部分頻譜手動設定與調變品質量測的困難度提高，有時甚至難以執行。幸運的是，現今信號分析儀的處理能力不但讓複雜的量測變得簡單，也讓突波、諧波與相位雜訊等傳統量測變得更容易執行。

如欲結合處理功率與智慧量測，最便利的方式，就是透過信號分析儀和搭載的量測應用軟體來進行。應用軟體可分為兩大類：通用型和特定標準型。

通用型應用軟體主要著重於傳統分析任務，並加以延伸，使得安裝於儀器的自動化軟體可因應各種常見需求。這些應用軟體非常適合用於射頻、微波收發器與其相關元件的開發和製造。PowerSuite 為 Keysight X 系列信號分析儀的標配特性。這套多元的量測套件包含通道功率、ACP、佔用頻寬（OBW）、互補累積分佈函數（CCDF）、諧波失真、雜散放射、三階交互調變以及頻譜放射遮罩。

其他通用型應用軟體可處理相位雜訊、雜訊指數、電磁相容性（EMC）及複雜的脈衝分析（參見圖 13 與 14）。在所有情況下，量測應用軟體皆可大幅簡化量測設定（減少繁瑣程序及誤差），並提供可將大量量測結果解讀簡化的客製化顯示，或提供通過/不通過的指示（參見圖 13 與 14）。



圖 13：執行傳導發射與輻射雜訊的先期認證量測時，Keysight N6141C EMC 應用軟體可依據 CISPR 16-1-1 或 MIL-STD 標準來配置量測。

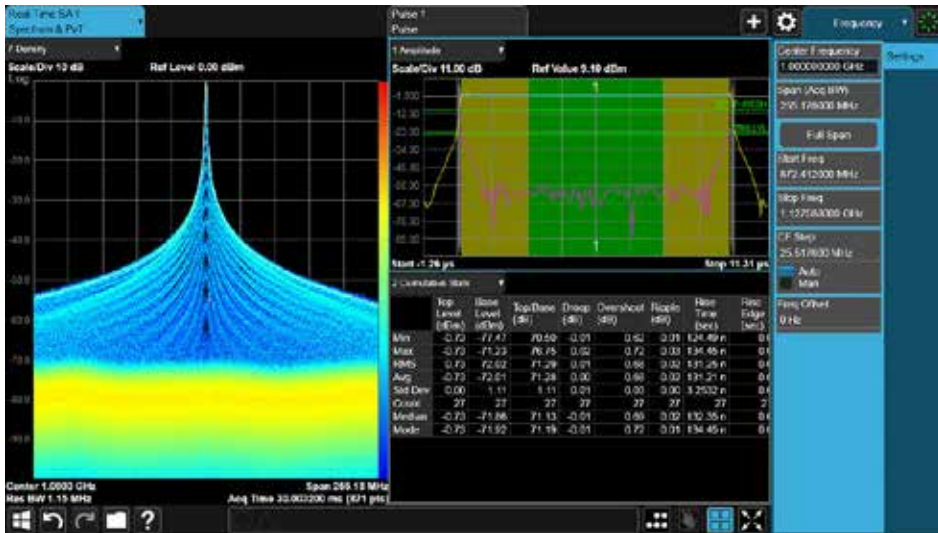


圖 14：Keysight N9067C 脈衝量測應用軟體可收集來自大量脈衝的資訊，並計算週期、寬度、脈衝重複間隔（PRI）上升與下降時間、過擊、平均功率與峰值功率等參數。

信號分析儀總共提供數十種特定標準型應用軟體，以符合既有和新興的 LTE/LTE-Advanced、GSM、W-CDMA、WLAN、Bluetooth 及數位視訊等無線標準。這些無線標準將基本的射頻工具（信號分析儀）轉換成標準的發射器測試儀，以提供射頻相符性測試及評估與除錯顯示畫面。在某些情況下，應用軟體是對複雜、具高度特定性的無線標準進行分析設定的唯一可行方式。

圖 15 和圖 16 說明了 Keysight N9080/9082C 量測應用軟體的典型 LTE 量測範例。顯示結果包含圖形化與表格式量測資料，並可進行通過/不通過測試配置。



圖 15：此 LTE 下行鏈路解調變結果包含不同信號層的星座圖（圖上方）以及檢測到的資源分配（圖右下方）。

手動配置先進數位調變機制的通道功率量測是十分複雜的任務，解讀起來也很繁雜。例如，LTE-Advanced 標準包含支援非連續載波聚合配置信號的鄰近通道洩漏比（累積相鄰通道洩漏比）累積量測。

辨識內部失真產物

當高位準信號送到頻譜分析儀輸出端時，可能會導致失真產物，使得輸入信號上的真實失真受到遮蔽。利用雙軌跡和分析儀的射頻衰減器，您可判斷分析儀內部產生的失真是否對量測造成任何影響。

這是一種實用的量測方式，可對特定設定（信號、分析儀與連線）的主要衰減進行最佳化設定。這種個別的最佳化方式，通常比透過保證儀器規格計算出的結果來得好。

請先將分析儀的輸入衰減器設定好，讓輸入信號位準減去衰減器設定後，約等於 0 dBm。若要辨識這些產物，請調至輸入信號的第二諧波，並將輸入衰減器設為 0 dBm。接下來，請儲存軌跡 B 的螢幕資料，將軌跡 A 選為主動軌跡，然後啟用標記 Δ 。現在頻譜分析儀顯示軌跡 B 的儲存資料與軌跡 A 的量測資料，標記 Δ 則顯示兩個軌跡間的振幅與頻率差異。最後，將射頻衰減增加約 15 dB，並將軌跡 A 的響應與軌跡 B 做比較。



圖 16：因信號分析儀已將輸入衰減與參考位準納入考量，故視在第二諧波振幅的差異，是因分析儀的失真所導致。

如果軌跡 A 和軌跡 B 的響應不同（如圖 16 所示），分析儀的混頻器便會因輸入信號的高位準，而產生內部失真產物。在這種情況下，便需要更多的衰減，進而導致圖 17 的結果。某些分析儀讓您在以最小 1 dB 步進，進行衰減值試驗。



圖 17：第二諧波量測出現在相同的振幅，代表分析儀本身的失真未在結果中造成誤差。

使用即時分析尋找並量測飄忽不定的信號

不管您是從事無線或是航太與國防相關工作，都會有許多脈衝或叢發信號，或是出現必須加以分析的複雜暫態特性。在某些情況下，不想要的信號或特性會被掩蓋，因此不容易進行偵測或隔離。了解這些信號或特性，對於除錯或系統最佳化非常重要。

許多信號分析儀所採用的數位化架構與高速 DSP，可透過兩種方式滿足這些需求：即時頻譜分析儀與向量信號分析儀的信號記錄/播放功能。之前這兩種功能是獨立、專用的產品。現在這兩種功能都已成為是 Keysight X 系列等主流信號分析儀的選配功能。

即時頻譜分析儀（RTSA）在中頻區段採用專門處理方式，從代表中頻輸入的樣本資料連續串流計算頻譜結果。這類分析儀以足夠處理所有信號樣本的速度執行頻譜計算，以產生無間隙的頻譜結果。您絕不會漏失任何信號或特性。

因為 RTSA 可以非常高的速率產生頻譜，每秒可達數千，人類的肉眼無法看到或解讀各別的頻譜。因此改以顯示畫面來呈現頻譜，通常以顏色來代表結果中發生的特定振幅/頻率組合。這些頻譜密度顯示的顏色與陰影可加以調整，以表示或強調非常頻繁、比較頻繁或非常不頻繁的事件（參見圖 18）。

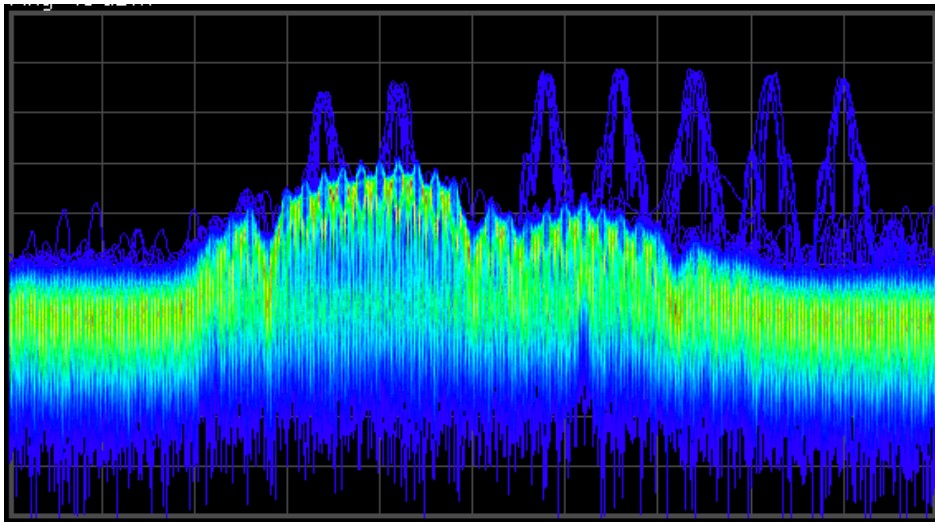


圖 18：2.4 GHz ISM 頻段的無線頻譜密度量測包含短暫的 Bluetooth hop 與較長的 WLAN 傳輸。較常發生的振幅與頻率值以紅色與黃色表示，頻率較低的值則以藍色表示（例如 Bluetooth hop）

在追蹤間歇性信號或特性時，即時頻譜密度顯示非常實用，之後的量測也可用來產生隔離特定信號或特性的觸發。可手動或自動產生頻率遮罩，違反遮罩的信號則會造成觸發事件（參見圖 19）。

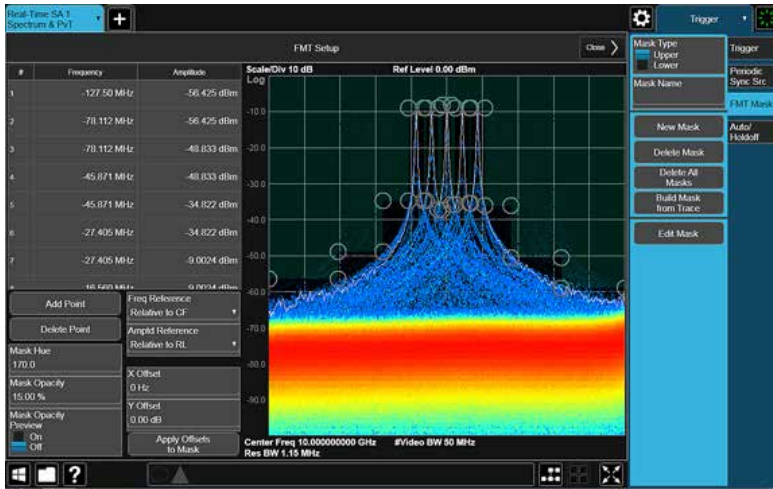


圖 19: 在 RTSA 選項中，頻率遮罩觸發以頻譜上方的深綠色陰影表示，而位準/頻率組合則以圓圈代表。發生在遮罩外的信號跳頻會產生觸發。

在尋找飄忽信號或特性時，最強大的分析技術是將頻率遮罩觸發與 VSA 的信號擷取/播放功能結合。頻率遮罩觸發所產生的 RTSA 量測僅有功率頻譜，而 VSA 信號擷取或時間擷取則會紀錄信號的完整時間紀錄，此紀錄為一種向量。透過對此完整記錄進行後續處理，VSA 可執行多種類型的分析，包含頻譜、時域與解調變（參見圖 20）。

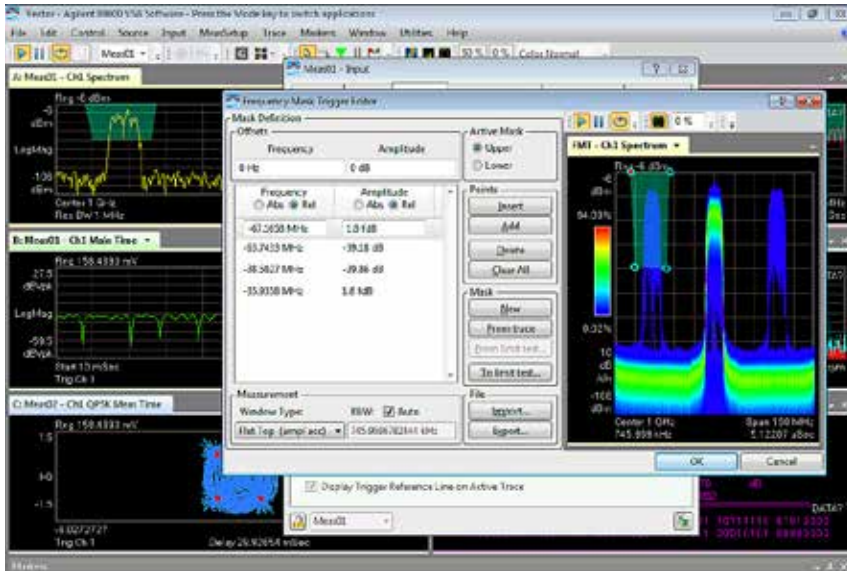


圖 20：此向量信號分析儀顯示器，顯示有一個頻率遮罩觸發，啟動了單一頻率跳頻的擷取與後續解調變。

為了呈現更多信號特性的相關資訊，可藉由調整由頻率遮罩觸發所啟動的擷取動作，使其在觸發事件前或後開始執行。在尋找發生在特定信號特性之前的原因，或是當原因與特性發生在不同時間，這樣的靈活時序對於故障排除很有幫助。

結語

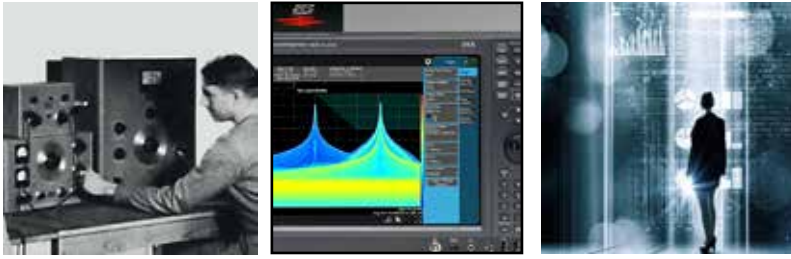
現代工程的宗旨是串連想法並解決問題。這種經驗推動了 Keysight X 系列信號分析儀持續進化。它們樹立了全新的效能標竿，讓您能輕鬆關聯因果關係，進而快速找到答案。從 CXA 到 UXA，您可在全系列頻譜產品中找到您需要的工具，以利設計、測試，並實現您的下一個突破。選擇 X 系列，獲得設計靈感。

欲瞭解詳情，請參閱頻譜分析儀基本原理，或上網至：www.keysight.com/find/X-Series

演進

是德科技獨一無二的硬體、軟體，支援及專家組合，可協助您拓展全新的局面。

讓我們是帶動前瞻技術不斷演進的推手。



薪火相傳 - 惠普將火炬傳給安捷倫，再由安捷倫交棒給是德科技

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢

聯絡窗口查詢：

www.keysight.com.tw/find/contactus

台灣是德科技網站：

www.keysight.com.tw

台灣是德科技股份有限公司

免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓
電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號
電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1
電話：(07) 535-5035

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊。

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

是德科技服務

www.keysight.com/find/service

是德科技擁有領先業界且陣容堅強的專業人員、量測程序和測試工具，可提供一應俱全的設計、測試和量測服務。如此一來，我們協助您部署新技術，並改善量測程序，以便降低成本。



三年保固

是德科技的卓越產品與長達 3 年保固服務的完美結合，助您一臂之力達成業務目標：增強操作便利性，降低持有成本，增強量測信心。



是德科技保固保證方案

www.keysight.com/find/AssurancePlans

是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。

是德科技銷售夥伴

www.keysight.com/find/channelpartners

兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

是德科技 -

DEKRA Certified ISO 9001:2015
品質管理系統。

本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

© Keysight Technologies, 2006-2014, 2018
Published in USA, April 11, 2018

中文版：5965-7009EZHA

www.keysight.com.tw