

快速準確地測量 電源完整性的 5 種技術

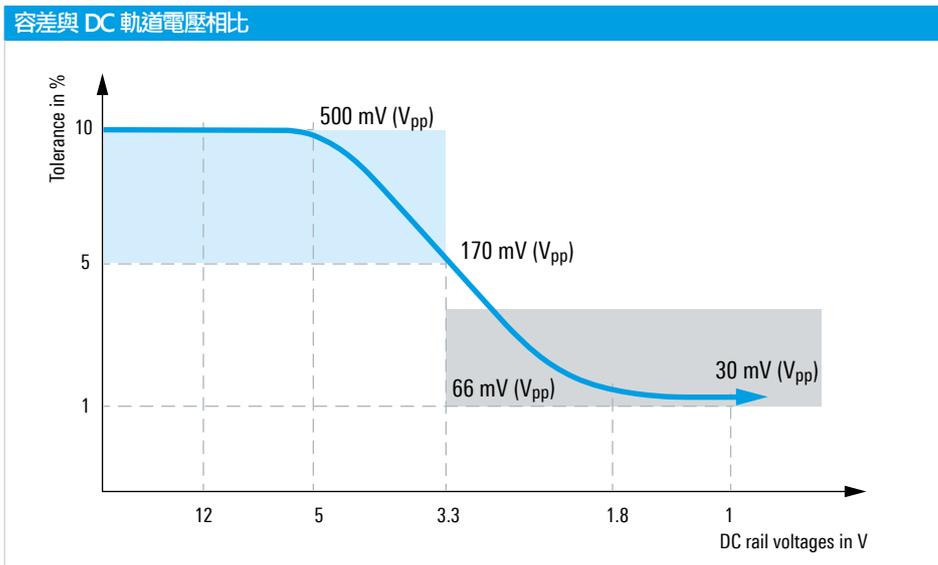


軌道電壓越變越小，容差也變得更低。因此，要正確測量電源軌變得更加困難。以前所有示波器均可在以往的 5V 電軌上測量波紋，容差為 10%，因為 500 mV 的規定遠遠高出示波器的雜訊等級。

產業的動態驅動軌道電壓值的降低，多種電軌的容差更緊密。例如對所有的示波器而言，在 1V 電軌上準確地測量波紋，並將容差控制在 2%，都是很困難的事。此指南將說明使用示波器準確地測量電源完整性的 5 個訣竅。

目錄

訣竅 1：調整檢視特性	3
訣竅 2：更低的雜訊	4
訣竅 3：達到充分的偏移	8
訣竅 4：評估切換與 EMI	10
訣竅 5：加快測量時間	11
結論	12



訣竅 1

調整檢視特性

波形緊密度

測量 DC 電軌容差時，需要找到最差的峰對峰電壓測量狀況 (Vpp)，測量時最好使用自動化測量工具。此外，有時目視確認也很有用。所有示波器均具備顯示器設定，使用者可變更波形緊密度，通常設定成大約 50%。調整到更高的層級，讓使用者能更輕易地查看示波器像素，波形交叉的頻率降低。增加波形緊密度的缺點是更難了解特定的像素是否已亮起。這一點對檢視已調變訊號很重要，但測量電源完整性時，這個不同點一般來講並不重要。

無限持續時間

啟動無限持續時間，在獲取序列時，將波形加大。無限持續時間檢視亦可用於記錄。示波器顯示長時間的 DC 電壓容差範圍。

調色

啟動調色能為電軌打造更多的 3D 畫面。調色與無限持續時間結合，為電軌訊號創造深刻的畫面。



藉由調色和無限持續時間，可快速檢視電軌活動。加上放大視窗後，能更仔細地檢視訊號特徵。

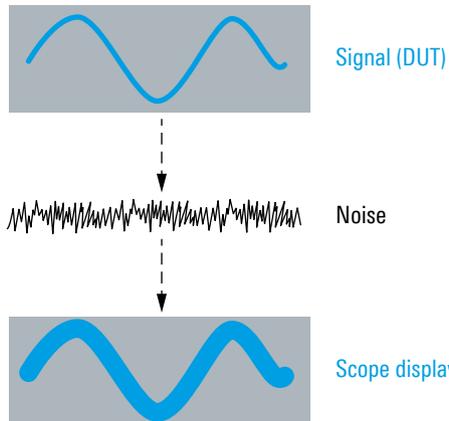
訣竅 2 更低的雜訊

選擇低雜訊的示波器

您絕對無法測量比示波器和探量 / 纜線系統更小的雜訊。訊號進入示波器時，使用類比數位轉換器 (ADC) 之前，會將前端雜訊加到訊號中。每個儲存的樣本現在包含原始信號的數值，但根據取得樣本時出現的雜訊量，會發生一些偏移。在示波器的顯示器上，會以厚重的波形來呈現，不會和快速更新率混淆。比真正的訊號值更高的峰對峰電壓值會顯示出來，並經過測量。

最好的方式是從使用雜訊比其他示波器更低的示波器開始。您如何判斷示波器有多少雜訊？大部分示波器製造商會準備資料表，上面會註明某特定示波器的一般 RMS 雜訊值，在大量示波器樣品中，會記述這些數值的特徵。雜訊是種特徵而不是規格。另外，製造商只會發布 RMS 雜訊一般的雜訊值，但要準確地測量波紋，峰對峰雜訊值才是真正的關鍵。

雜訊是導致 DC 電軌波紋測量失準的主要原因



Consequences

Large measurement deviation

Measured $V_{pp} \triangleright$ Actual V_{pp}

Anomalies might be masked/hidden



中斷輸入，選擇垂直敏感度和頻寬，為您的示波器快速描繪 Vpp 雜訊特徵。啟動無限持續時間，可更輕鬆地查看雜訊組。

自行檢查是個簡單的好辦法。只需花幾分鐘就能快速地描繪特徵，不需使用額外的設備。從示波器前端中斷全部的輸入，啟動 Vpp 測量方式，設定您測量時可能會使用的垂直率和採樣率，啟動示波器，直到取得穩定一致的 Vpp 雜訊值為止。雜訊等級取決於垂直敏感度設定、頻寬設定和路徑選擇 (50 Ω 或 1 M Ω)，在同一個示波器上，不同頻道之間，會稍微有所不同。

不同的示波器製造商的雜訊值差距甚至可以達到 100%。若您必須精確地測量波紋，請務必選擇低雜訊的示波器。

選擇雜訊最低的訊號路徑

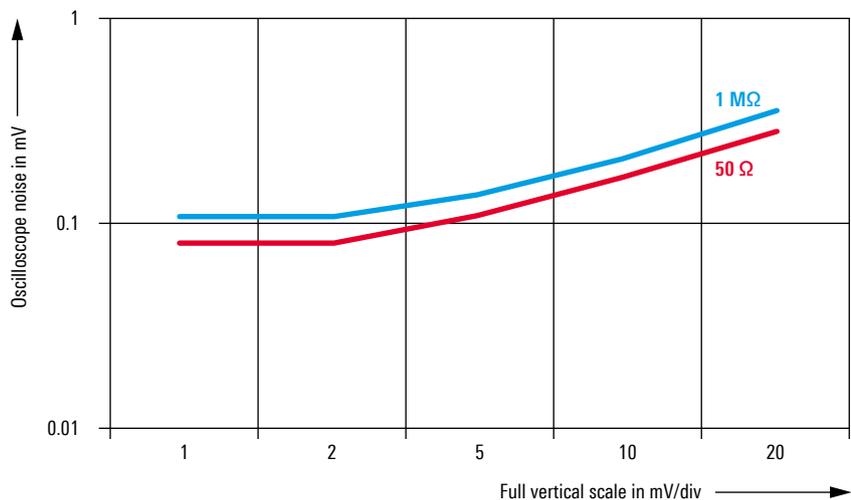
可用於測量電源完整性的示波器一般來說 50 Ω 和 1 MΩ 訊號路徑皆備。使用者可能會擁有一個需要其中一個路徑的探棒，或可能具備已接線的電軌測量工具。

對兩種路徑皆備並允許示波器全頻寬的示波器來說，50 Ω 路徑通常雜訊最低，而 1 MΩ 路徑上的雜訊可能比 50 Ω 路徑上的雜訊高出兩到三倍。一般來說，在 1 MΩ 路徑上，頻寬會限制在 500 MHz，因此 50 Ω 路徑更適合用於測量電源完整性。

一般來說電軌阻抗的測量範圍是 mΩ。對已接線但無任何探棒的測量工具來說，50 Ω 路徑具備 50 Ω DC 的輸入阻抗，因此會產生一些阻抗負載，降低電軌 DC 振幅值。使用特殊電軌探棒，例如 50 kΩ 輸入阻抗的 R&S®RTZPR20，可將這個問題的嚴重性減至最低。

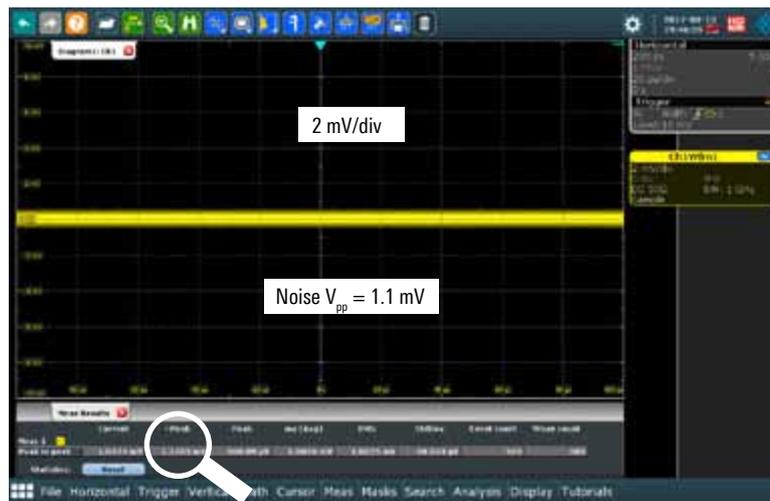
將 50 Ω 纜線（例如 50 Ω 尾纜軸）直接連接示波器的 1 MΩ 輸入不是個恰當的做法，因為 1 MΩ 和 50 Ω 傳輸線配對錯誤時會發生反射現象。

在垂直敏感度越來越高的情況下，比較R&S®RTO數位示波器上的 50 Ω 與 1 MΩ 路徑上的雜訊



使用最敏感的垂直刻度

雜訊是示波器上的全螢幕垂直值功能。因此，若使用更敏感的垂直解析度，可減少測量的總雜訊量。另外，當您調整訊號比例，填滿大部分的垂直空間時，示波器使用自身更大的 ADC 解析度，測量 Vpp 更加準確。

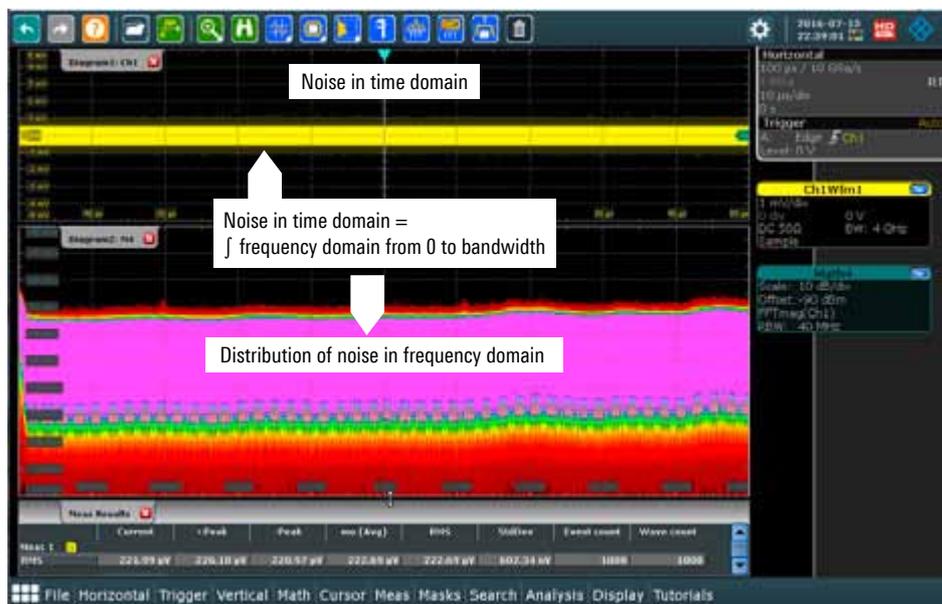


雜訊是垂直刻度的功能。選擇最敏感的垂直刻度將雜訊降低。在這個例子中，2 個 mV/div 刻度產生的雜訊幾乎比 20 mV/div 的雜訊小 3 ½ 倍

限制頻寬

寬頻是雜訊的特性。在沒有任何輸出連接示波器的情況下，啟動 FFT 您就能看到示波器完整頻寬上有多少雜訊。啟動頻寬限制過濾器會減少寬頻雜訊，測量電軌更準確，但若頻寬限制設定過低，將不會顯示更高頻率的異常狀況。

該使用哪個頻寬才適當？這點依您的訊號而定。切換速度可能在 kHz 範圍內，快速邊沿會產生進入 MHz 範圍的諧波。若您有頻率較高的耦合訊號，包括時脈諧波，您需要更大的頻寬才能擷取這些訊號。R&S®RTO 和 R&S®RTE 數位示波器均具備頻寬限制過濾器標準配備。另外，HD 模式選項會降低更多的頻寬雜訊，將垂直解析度提升至 16 位元。



分別在不連接任何輸入以及在訊號已連接的情況下，為示波器進行 FFT，並比較兩種情況的 FFT。您將能清楚地感受到訊號內容發生的位置，以及更高的頻率是否只是來自示波器和探測系統的寬頻雜訊。接下來您可適當地設定頻寬限制。



頻寬限制將寬頻雜訊降低，因此時域測量更準確。在沒有任何輸入連接至示波器頻道的情况下，此處比較了 20 MHz、200 MHz 和 4 GHz 的狀況下，在 1 mV/div 時的雜訊。20 MHz Vpp 的雜訊大約是 200 MHz 雜訊的 50%，是 4 GHz 全頻寬的雜訊量的 13%。

您可選擇適當的探棒（衰減、頻寬和連線）

使用 1:1 衰減率的探棒，可準確地測量電源完整性。衰減率較高的探棒會將雜訊放大。此外，更高的衰減率會限制可使用的垂直敏感度。例如，示波器上的 1:1 探棒的輸入降低至 1 mV/div，可讓使用者在 1 mV/div 的狀況下縮小，但 10:1 衰減率的探棒只能讓使用者將尺寸縮小至 10 mV/div。

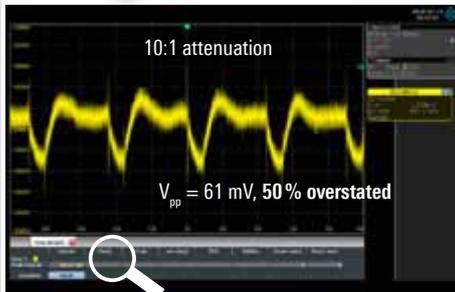
探量電軌的方式和我們談過的其他方法同樣重要。部分使用者會將電軌拉出來，連接 SMA 接頭，訊號品質和接近性極高。其他使用者選擇焊接連線。另外仍有一些使用者在旁路電容上夾個夾子，作為簡易的存取點。此外其他使用者會使用手持式探棒瀏覽器進行探測。每個技術在使用容易度上都會有所犧牲，需要事先規劃以及需要一定程度的訊號品質。

若要獲得高度精確的測量值，Rohde & Schwarz 推薦 R&S®RTZPR20 電軌探棒，配備直接 SMA 或焊接的 50 Ω SMA 尾纜軸（探棒隨附），在 2 GHz 全寬頻下，能將雜訊降至極低。在此具體指定探棒為 2.0 GHz 頻寬，探棒的頻率響應滾降速度慢，將擷取可能會在電軌上耦合的 2.4 GHz WiFi 訊號。2.4 GHz 振幅值以大約 3 dB 的單位衰減，尋找這些已耦合來源時，檢視這些耦合訊號的能力可能非常重要。

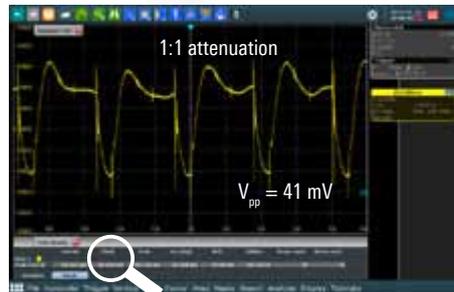
使用 R&S®RT-ZPR20 探棒時，R&S®RT-ZA25 頻寬降至 350 MHz。使用可將接地迴圈範圍縮到最小的接地，例如接地彈簧，能得到最準確的測量結果。

使用 1:1 衰減率的探棒，測量小訊號時，能獲得更準確的測量結果。

10:1



1:1



圖中顯示尾纜中的 2 GHz 焊接管連接通道 2，右圖為附旁路電容夾和接地彈簧的 350 MHz 被動探棒



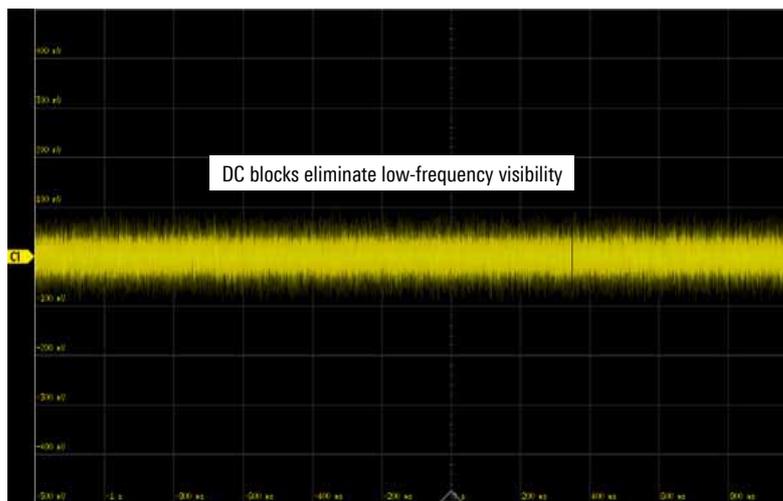
訣竅 3

達到充分的偏移

AC 耦合電容和隔直流電容

通常示波器的偏移不足以讓使用者將波形擺在螢幕中央並將波形放大，因此會導致產生兩個負面因子，示波器僅使用自身一部分的 ADC 垂直解析度，並使用更大的垂直刻度，引發額外的雜訊，降低測量品質。

阻隔直流電容或使用示波器上的 AC 耦合模式會導致選取的路徑和探棒的訊號和 DC 組件遭到移除，這樣一來解決了一部分的問題，但也因此無法看見真正的 DC 數值和漂移。

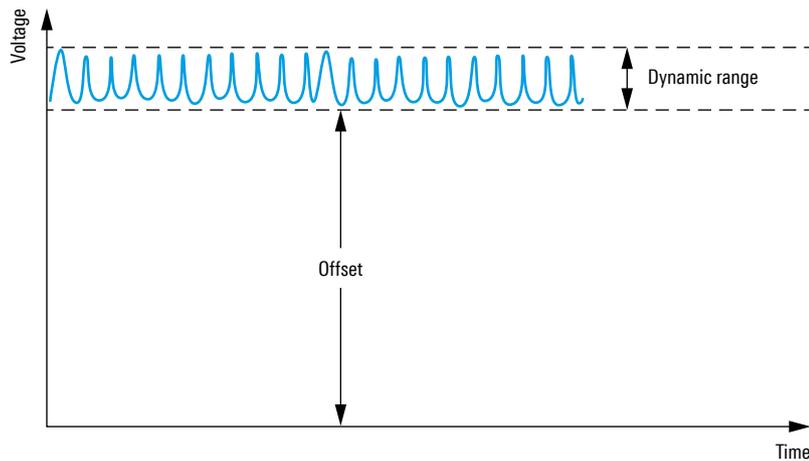


有了隔直流電容或 AC 耦合，示波器看不見 DC 數值或漂移。若內建偏移高達 ± 60 V，即使進行微小的垂直縮放，R&S®RTZPR20 電軌探棒可讓使用者看見 DC 絕對值，包含低頻率 DC 變更。

附內建偏移的探棒

有些探棒具備額外的內建偏移，因為具備足夠的偏移，使用者能看到真正的 DC 值與低頻率特徵，如漂移和驟降。以 R&S®RT-ZPR20 電軌探棒為例，其內建偏移為 $\pm 60\text{ V}$ 、動態範圍為 850 mV ，這表示在 -60 V 到 $+60\text{ V}$ 之間任一處，使用者在 DC 電軌上都能看到 AC 特徵，高度高達 850 mV 。

$\pm 60\text{ V}$ 內建偏移的 R&S®RT-ZPR20 電軌探棒可在多種 DC 電軌標準上進行放大



動態範圍具體指出探棒能正確測量的最大 AC 振幅。動態範圍僅僅只有 850 mV 。R&S®RT-ZPR20 探棒是專為測量 DC 電軌上的 AC 小問題所設計的工具。這種工具無法針對那種需要 850 mV 以上的 AC 振幅的其他應用來測量訊號。



R&S®RT-ZPR20 電軌探棒包含一個一體式 R&S®ProbeMeter，即使訊號並未出現在示波器顯示器上，亦能顯示 DC 電壓，可輕易地判斷需要的偏移度，或可用於提供準確的 DC 值。

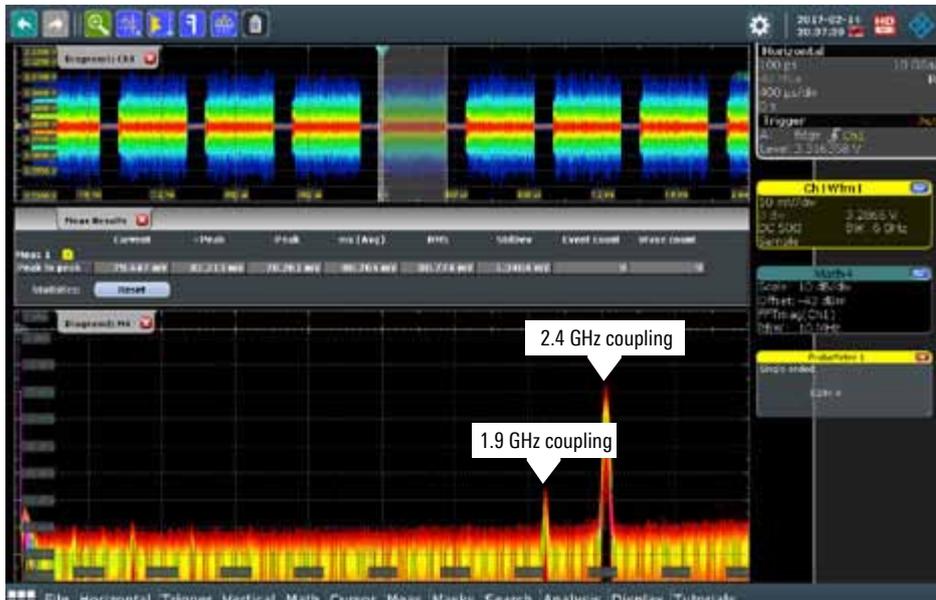
訣竅 4

評估切換與 EMI

頻域檢視畫面

描繪電軌特徵一般需要確保沒有任何不必要的訊號耦合在電軌上。此外，使用者有時需要查看切換諧波。看時域是無法判斷切換諧波的，但使用示波器的 FFT 即可輕鬆地在頻域中查看切換諧波。

頻域檢視畫面需要多少頻寬？這一點依據潛在訊號而定，包括可能會耦合在電軌上的時脈和快速邊緣諧波。



在時域中查看電軌，能深入地瞭解 V_{pp} 。不過，要找到電軌上的耦合訊號並加以隔離，像這個 2.4 GHz WiFi 訊號，就一定需要頻域檢視畫面。R&S®RTZPR20 電軌探棒具備 2 GHz 的特定頻寬，以及 2.4 GHz 的一般 -3 dB 頻寬，因此使用者在 2.4 GHz 的情況下仍舊能看到已耦合的訊號。

訣竅 5

加快測量時間

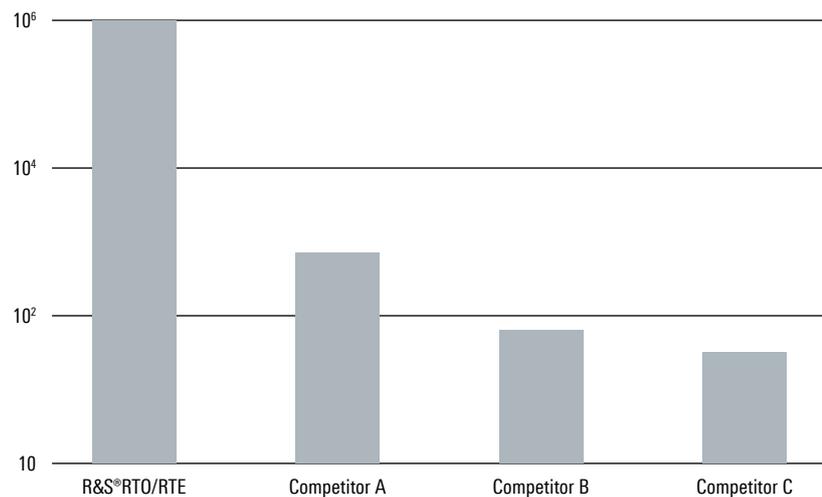
更新率對電源完整性測量速度的影響

電軌測量的過程包括尋找狀況最差的時候的振幅。要有高度的可信度，表示得在漫長的時間中，進行上百或上千次測量，這必須花上很多時間，過程也很乏味。電源完整性測量很獨特，因為通常很費時。為了維持較高的頻寬，示波器須維持較快的取樣率，因此得使用大量的記憶體。

例如在 10 Gsample/s 擷取 1 毫秒，就需要 10 Msample 的記憶體。擷取 10 毫秒就得使用 100 Msample 的記憶體。

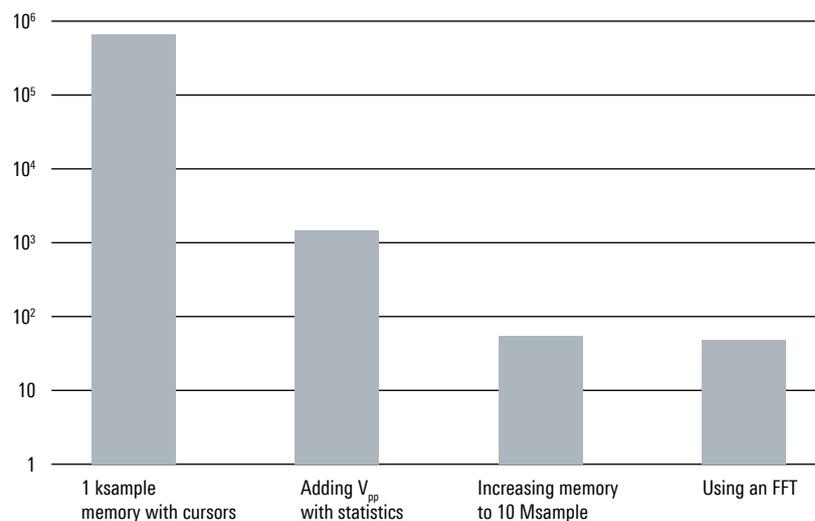
波形更新率說明示波器處理記憶體的速度有多快，在顯示器上顯示結果，並開始擷取新的時間段。例如 R&S®RTO 及 R&S®RTE 數位示波器的最大更新率，都是 1 百萬 waveform/s。更新率快表示能更快地完成 Vpp 與 FFT 這類測量。許多示波器對於每秒進行幾十次或幾百次的擷取時都有最大更新率，更新率快的示波器會讓使用者更有信心克服測量時可能發生的狀況。

比較 R&S®RTO 及 R&S®RTE 和業界其他示波器的更新率 (對數刻度)



使用對數刻度測量能呈現最好的結果，R&S®RTO 及 R&S®RTE 和其他產品不同，因此在一般模式下，更新率遠遠大於其他產品，高達 1 百萬 waveform/s，速度傲視業界。這兩項產品亦具備硬體加速 FFT，這個效能上的優勢能呈現更快速的電軌測試成果。

測量值、記憶體深度增加、以及 FFT 的使用，對 R&S®RTO 示波器更新率的影響 (對數刻度)



R&S®RTO 及 R&S®RTE 比業界其他示波器能保持更快的更新率，描繪電軌特徵的速度更快。

結論

此指南涵蓋使用示波器準確地測量電源完整性的 5 個訣竅：

- 選擇低雜訊的示波器對於準確地測量電源完整性很重要
- 將示波器和具備內建偏移、高頻寬、高DC 阻抗以及一個一體式R&S®ProbeMeter 的 1:1 探棒進行耦合，能產生優異的性能和優質的測量值
- 了解並正確地設定一些示波器屬性，例如垂直刻度和頻寬限制濾波器，能提升測量結果的準確度
- 新增頻域檢視畫面能讓使用者快速隔離已耦合訊號
- 快速更新率能讓使用者更快速地測試電軌

搭配R&S®RTZPR20 電軌探棒，R&S®RTO 與 R&S®RTE 數位示波器能呈現更快速、高準確度的電源完整性測量值。