

示波器分段式記憶體和脈衝分析軟體

# 線性調頻脈衝式射頻信號的 量測與評估變得輕而易舉

■ Brad Frieden/Keysight Technologies

對雷達 / 電子戰領域的設計人員來說，脈衝式射頻、微波和毫米波這一類的應用，其量測挑戰性相當高，因為量測時需使用寬廣的分析頻寬，同時還須評估較長一段時間內的系統活動。本文將介紹如何利用寬頻示波器中的分段式記憶體 (同時搭配脈衝分析軟體) 來因應這些挑戰。同時還會就脈衝振幅、頻率和相位量測，進一步探索雷達 / 電子戰的應用領域，並說明如何獲致最佳準確度。

進行脈衝式射頻量測，如果為了獲得振幅和相位平坦度而使用直接數位轉換技術的話，情況和使

用特定的高頻寬示波器一樣，高速取樣法很快就會耗盡擷取記憶體容量。因此「分段式記憶體」的概念便因運而生，運作方式是將欲觀測的信號放入記憶體區段中，如未出現欲觀測的信號，接收器會略過所收到的信號，如圖 1 所示。

## 示波器分段式記憶體可在脈衝式射頻應用中實現較長的目標時間擷取

讓我們探討以下的範例：一個脈衝式射頻信號具有 15 GHz 的載波頻率和 2 GHz 寬的調變。

示波器取樣速度必須夠快才能處理調變後的 15 GHz 射頻脈衝信號。這個範例需要至少約 2.5 x 16 GHz，也就是 40 Gsa/sec 的取樣率。為了讓載波上的 2 GHz 調變有一些餘裕，同時也為了避免示波器頻寬下降，下一個可以選擇的示波器最高取樣率為完整的 80 Gsa/sec，此取樣率可進行頻寬 33 GHz 的擷取。

若使用標準擷取法，也就是無論出現什麼信號，示波器都將所有取樣直接放入可用記憶體中，一台 33 GHz 頻寬的示波器具有完整 80 Gsa/sec 取樣率，並使用整個 2 Gpts 的可用記憶體深度，就會相當於 25 msec 的擷取時間：

$$(2 \text{ Gsa}) / (80 \text{ Gsa/sec}) = 25 \text{ msec}$$

現在若一個脈衝序列具有 100 usec 的脈衝重複間隔 (10 kHz 的脈衝重複率 [PRI]) 和 1 usec 寬的脈衝。根據下面算式的計算，相關的示波器擷取會包含大約 250 個脈衝：

$$(25 \text{ msec}) / (100 \text{ usec} / \text{pulse}) = 250 \text{ pulses}$$

若是使用示波器分段式記憶

圖 1：使用分段式記憶體進行擷取時，示波器會將想要觀測的信號儲存到記憶體區段中

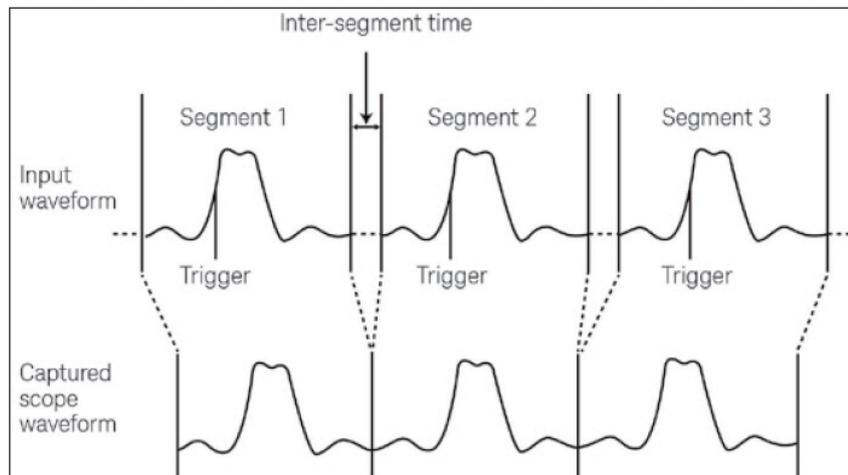


圖 2：為了要擷取 1 usec 寬的脈衝，設定分段式記憶體以達到 1.2 usec 寬的分段



圖 3：33 GHz 示波器的分段式記憶體擷取 32k 個脈衝並放入 32k 個分段，其中每個分段為 1.2 usec



體時，擷取到的脈衝數可以大幅提升。採用分段式記憶體模式時，記憶體分段可以定義成：比擷取到的最長脈衝長一點的時間。例如一個 1.2 usec 寬的分段大小可用來擷取 1

usec 寬的脈衝。

要設定分段式記憶體擷取以達到 1.2 usec 寬的分段時，可將記憶體深度設為 96 kpts 和 32,768 個分段，如圖 2 所示。

要計算所需的分段記憶體深度非常簡單，我們已知取樣率為 80 Gsa/sec，同時需要 1.2 usec 的分段長度：

$$(80 \text{ Gsa/sec}) \times (1.2 \text{ usec}) = 96,000 \text{ samples}$$

現在我們可以按下“Single”擷取按鈕，擷取到 32k 個脈衝並放入 32k 個分段，這相當於是 3.3 秒的目標活動時間。

分段式擷取如圖 3 所示，此脈衝式射頻信號具有 15 GHz 的載波和 2 GHz 寬的線性調頻脈衝 (FM chirp) 調變。請注意示波器上面有一個“Play”按鈕可讓您播放 32k 個分段。此外，示波器還會針對擷取到的 32k 個脈衝進行統計運算。

## 示波器分段式記憶體搭配脈衝分析軟體可增強脈衝 / 雷達的量測

向量信號分析軟體可控制分段式記憶體，並針對分段式記憶體中所擷取到的許多射頻脈衝進行脈衝的統計分析。這種分析可針對數位降頻的示波器取樣進行，此時格式變成了基頻 I/Q，而量測會調整至中心頻率，而且選擇的頻率分析頻距只比信號的頻譜寬度寬一點。如此可讓處理增益降低量測雜訊。

在雜訊降低之後，就可以對 I/Q 資料進行許多量測，包括在射頻脈衝上面，振幅、頻率和相位的變化情形。此種量測的範例可參見圖 4，此範例分析了記憶體分段 3、4 和 5，以及那些分段所包含的脈衝。在這個範例中，我們會量測射

頻脈衝上的線性調頻脈衝移頻，並與最適線性斜波進行比較 (參見中間右邊的窗格)。然後計算量測到的脈衝和最適直線斜波之間的差異，並顯示於圖中 (帶有雜訊的水平軌跡)。我們可以看到，量測到的斜波和參考斜波之間的差異很小。

誤差軌跡以 1 MHz/div 的刻度顯示，約有 500 kHz 的峰值偏差，而右下方表格中的均方根頻率

誤差 (Freq Error RMS) 顯示大約有 300 kHz 的頻率誤差。

接著透過類似的方式，將脈衝上的相位偏移與最適拋物線型相位偏移進行比較 (參見右上方的窗格)，以及雷達脈衝上的線性調頻脈衝調變特性。我們可以將量測和參考之間的差異放大，以觀察目標系統偏離理想系統多少，結果看到大約 +8 和 -5 度左右的峰值偏差，

以及 2 度的均方根相位誤差，如圖 4 右下方的表格所示。

射頻脈衝的頻譜內容可在左邊中間的窗格看到，射頻脈衝波封振幅圖則是在左上方的窗格中，而量測到的振幅波封和最適直線參考信號之間的差異圖在左下方的窗格中。

最後，根據擷取到分段中的脈衝數，我們可以對量測參數進行統計分析。根據擷取到的 1000 個記憶體分段，我們可以在圖 5 的脈衝表中看到統計分析的結果。

直接擷取寬頻脈衝式射頻信號需要用到高取樣率，此時大量擷取脈衝就會成為一大挑戰，因為可用的擷取記憶體會快速耗盡。而分段式記憶體是解決這個問題的一種方式，它可將射頻脈衝擷取到記憶體分段中，並且在信號「寂靜」的時候停止擷取，直到下一個射頻脈衝出現。脈衝分析軟體可以控制分段式記憶體的擷取，並將擷取到的信號數位降頻成基頻 IQ 資料。如此就能有效將量測調至特定載波頻率，

同時使用的量測頻距比待測信號略寬，從而降低雜訊並提升量測準確度。此種方式可針對振幅、頻率和相位，將真實量測到的脈衝特性與理想、相對、最適參考信號進行比較，進而找出信號產生或系統效能中的問題，並縮短系統驗證時間。

如需詳細資訊，請瀏覽是德科技網站：[www.keysight.com/find/oscilloscopes](http://www.keysight.com/find/oscilloscopes)。CTA

圖 4：脈衝分析軟體根據示波器分段式記憶體所進行的量測加以計算



圖 5：針對 1000 個記憶體分段進行統計分析

