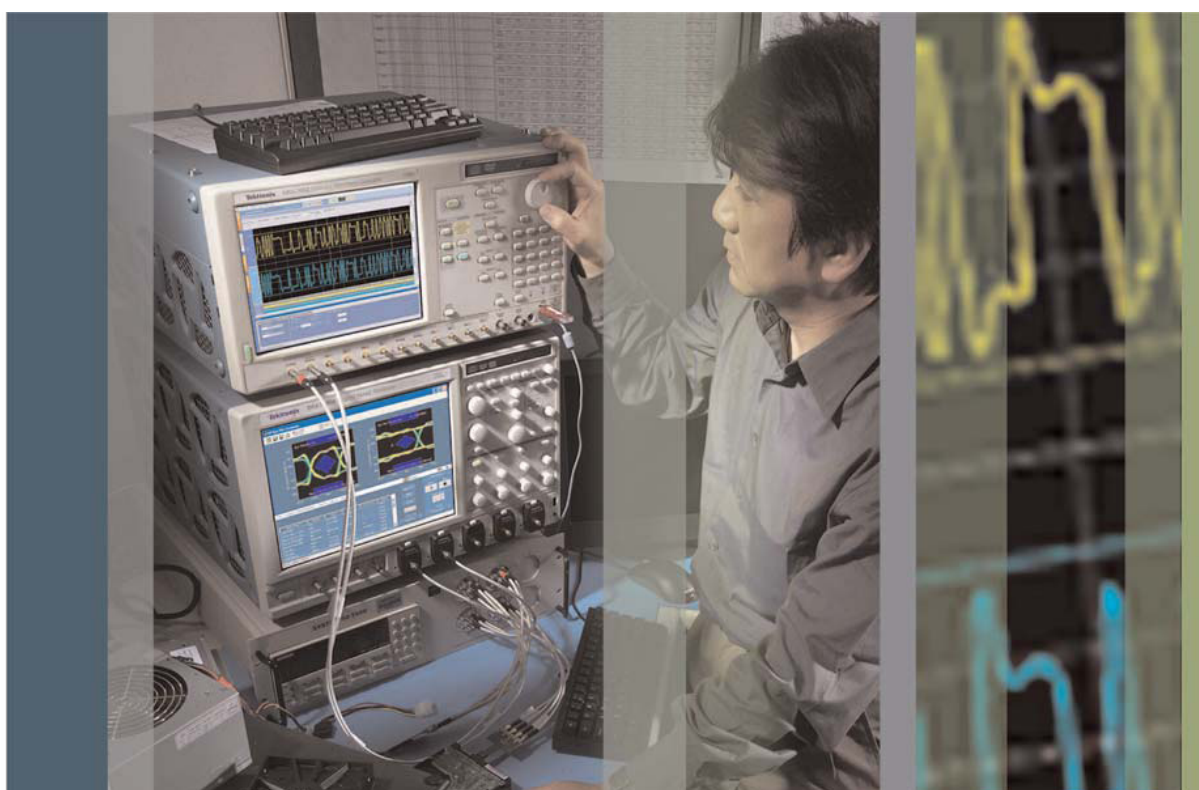


## 深入瞭解訊號產生器



# 深入瞭解訊號產生器

入門手冊

## 目錄

完整的量測系統 .....	5	複雜波 .....	15
訊號產生器 .....	6	訊號調變 .....	15
是類比訊號還是數位訊號? .....	7	類比調變 .....	15
基本訊號產生器應用 .....	8	數位調變 .....	15
檢驗 .....	8	掃頻 .....	16
測試數位調變器發射器和接收器 .....	8	正交調變 .....	16
檢定 .....	8	數位碼型和格式 .....	16
測試數模轉換器和模數轉換器 .....	8	碼流 .....	17
壓力/餘量測試 .....	9	訊號產生器的類型 .....	17
通訊接收器壓力測試 .....	9	類比和混合訊號產生器 .....	18
訊號產生技術 .....	9	類比和混合訊號產生器的類型 .....	18
瞭解波形 .....	10	任意波形產生器 .....	18
波形特點 .....	10	任意波形/函數產生器 (AFG) .....	18
振幅、頻率和相位 .....	10	任意波形產生器 (AWG) .....	20
上升時間和下降時間 .....	10	混合訊號產生器系統和控制功能 .....	22
脈寬 .....	11	效能指標和考慮因素 .....	24
偏置 .....	12	儲存深度 (記錄長度) .....	24
差分訊號與單端訊號 .....	12	取樣 (時脈) 速率 .....	24
基本波 .....	13	頻寬 .....	26
正弦波 .....	13	垂直 (振幅) 解析度 .....	26
方波和矩形波 .....	13	位準 (定時) 解析度 .....	27
鋸齒波和三角波 .....	14	區域位移 .....	27
階躍和脈衝波 .....	14	輸出通道 .....	28
		數位輸出 .....	28
		濾波 .....	29
		排序 .....	29
		整合編輯器 .....	31
		資料導入功能 .....	32

# 深入瞭解訊號產生器

## 入門手冊

使用混合訊號產生器建立波形 .....	33
使用ArbExpress® 建立波形 .....	34
使用SerialXpress™ 建立波形 .....	35
使用RFXpress建立波形 .....	36
產生預加重/去加重訊號 .....	35
產生多位準訊號 .....	35
產生寬頻RF訊號 .....	36
產生無線I/Q和IF訊號 .....	36
<b>邏輯訊號源 .....</b>	<b>37</b>
邏輯訊號源的類型 .....	37
脈衝碼型產生器 (PPG) .....	37
資料定時產生器 (DTG) .....	37
邏輯訊號源系統和控制功能 .....	42
效能指標和考慮因素 .....	43
資料速率 .....	43
碼型深度 .....	43
垂直 (振幅) 解析度 .....	43
位準 (定時) 解析度 .....	43
輸出通道 .....	44
排序 .....	44
整合編輯器 .....	44
資料導入功能 .....	44
使用邏輯訊號源建立波形 .....	45
<b>總結 .....</b>	<b>46</b>
<b>詞彙表 .....</b>	<b>47</b>

### 完整的量測系統

一提到電子量測，可能進入人們腦海的第一個東西是采集儀器，其通常是示波器或邏輯分析儀。但是，只有在能夠擷取某類訊號時，這些工具才能進行量測。在許多情況下，這些訊號是沒有的，除非在外部提供訊號。

例如，應力量測放大器不產生訊號，而只是提高其從傳感器中收到的訊號功率。類似的，數位位址匯流排上的複用器也不發起訊號，而是引導來自計數器、寄存器和 其他單元的訊號流量。但不可避免的是，必須在連接饋電的電路之前測試放大器或複用器。為使用擷取儀器量測這些裝置的行為，您必須在輸入上提供激勵訊號。

再舉一個例子，工程師必須檢定新出現的電路，保證新硬體在全系列操作範圍及之上的範圍內滿足設計規範，這稱為餘量測試或極限測試。這一量測任務要求完整的解決方案，這個解決方案要能夠產生訊號及進行量測。數位電路的檢定系列工具與類比/混合訊號電路不同，但這兩者都必須包括激勵儀器和擷取儀器。

訊號產生器或訊號源是與擷取儀器配套使用的激勵源，構成了完整量測解決方案的兩個單元。這兩個工具接在待測裝置 (DUT) 的輸入端子和輸出端子上，如圖1所示。在各種配置中，訊號產生器可以以類比波形、數位資料碼型、調變、故意失真、雜訊等形式提供激勵訊號。為進行有效的設計、檢定或疑難排解量測，應同時考慮解決方案中的這兩個單元。

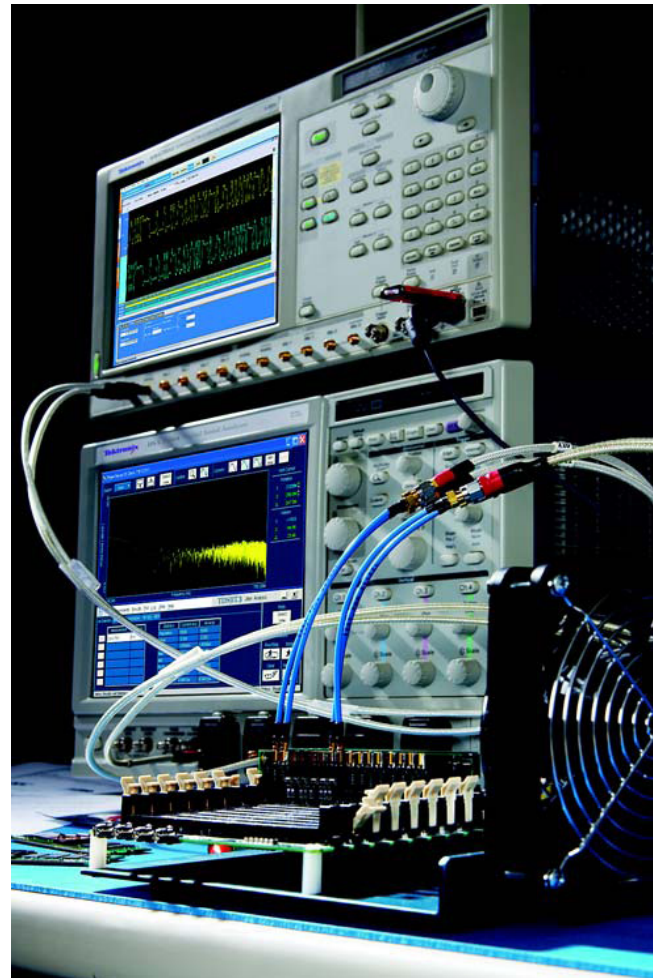


圖1. 大多數量測要求使用由訊號產生器及擷取儀器配套組成的解決方案。觸發連接簡化了DUT 輸出訊號的擷取工作。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

本文的目的是解釋訊號產生器、其對整體量測解決方案的作用以及其應用。瞭解各種類型的訊號產生器及其功能對研究人員、工程師或技術人員的工作至關重要。選擇適當的工具可以讓工作更簡便，幫助您產生快速可靠的結果。在看完本讀物後，您將能夠：

- 描述訊號產生器的工作方式
- 描述電子波形類型
- 描述混合訊號產生器和邏輯訊號源之間的區別
- 瞭解基本訊號產生器控制功能
- 產生簡單的波形

如果您需要其他協助或有與本文中的資料有關的任何意見或問題，請與Tektronix代表聯繫，或造訪網址：  
[www.tektronix.com/signal\\_sources](http://www.tektronix.com/signal_sources)。

### 訊號產生器

顧名思義，訊號產生器是作為電子量測激勵源的訊號來源。大多數電路要求某種振幅隨時間變化的輸入訊號。訊號可以是真實的雙極AC<sup>1</sup>訊號 (峰值在接地參考點上下振盪)，也可以在DC偏置 (可正或負) 範圍內變化。他可以是正弦波或其他類比函數、數位脈衝、二進位碼型或純任意波形。

訊號產生器可以提供「理想」的波形，他可以在其提供的訊號中增加已知的、數量和類型可重複的失真 (或誤差)。參見圖2。這一特點是訊號產生器最大的特點，因為通常不可能只使用電路本身在所需的時間和地點建立可以預測的失真。在存在這些失真的訊號時，DUT回應可以揭示其處理落在正常效能條件外的極限情況。

1 正常情況下，「AC」一詞是指訊號在0 V (接地) 參考周圍變正和變負，因此在每個週期中電流流動方向會顛倒一次。但是為進行這一討論，AC定義為任何變動的訊號，而不管其與接地的關係如何。例如，即使一直在同一方向吸收電流，但在+1 V 和+3 V 之間振盪的訊號仍構成AC 波形。大多數訊號產生器可以產生以接地為中心的 (真實的AC) 波形或偏置波形。



## 類比訊號還是數位訊號？

目前，大多數訊號產生器基於數位技術。許多訊號產生器可以同時滿足類比訊號和數位訊號要求，但最高效的解決方案通常是為手邊的應用（類比應用或數位應用）優化功能的訊號產生器。任意波形產生器（AWG）和函數產生器主要針對類比訊號應用和混合訊號應用。這些儀器採用取樣技術，構建和改變幾乎可以想到的任何形狀的波形。一般來說，這些產生器有1-4個輸出。在某些AWG中，還使用單獨的標記輸出（協助觸發外部儀器）及以數位形式表示每個樣點資料的同步數位輸出，以補充這些主要的取樣類比輸出。

數位波形產生器（邏輯源）包括兩類儀器。脈衝產生器驅動來自少量輸出的方波或脈衝流，其頻率通常非常高。這些工具最常用於對數位裝置執行測試。碼型產生器也稱為資料產生器或資料定時產生器，一般提供8條、16條或更多的同步數位脈衝流，作為電腦匯流排、數位電信單元等的激勵訊號。

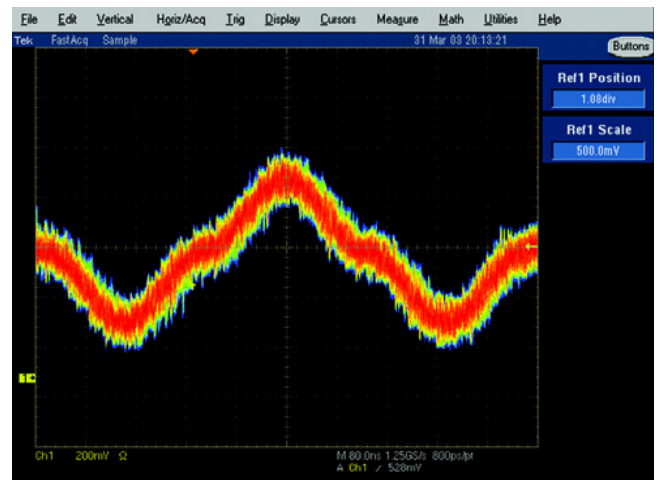
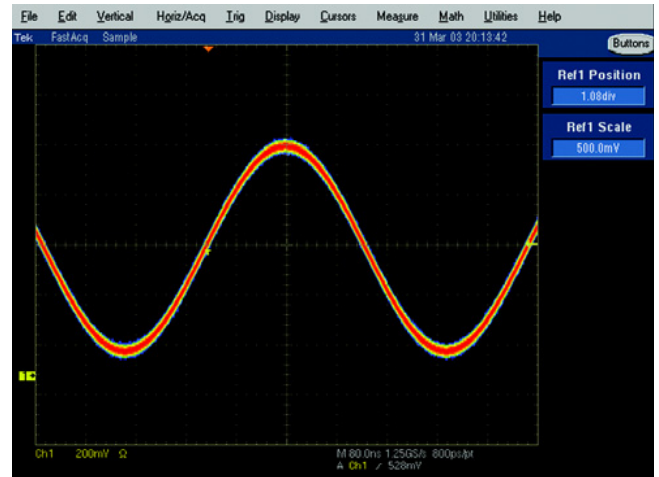


圖2. (上) 理想的波形; (下) 「實際環境」波形。通用訊號產生器可以為裝置極限測試和檢定提供受控的失真和偏差。

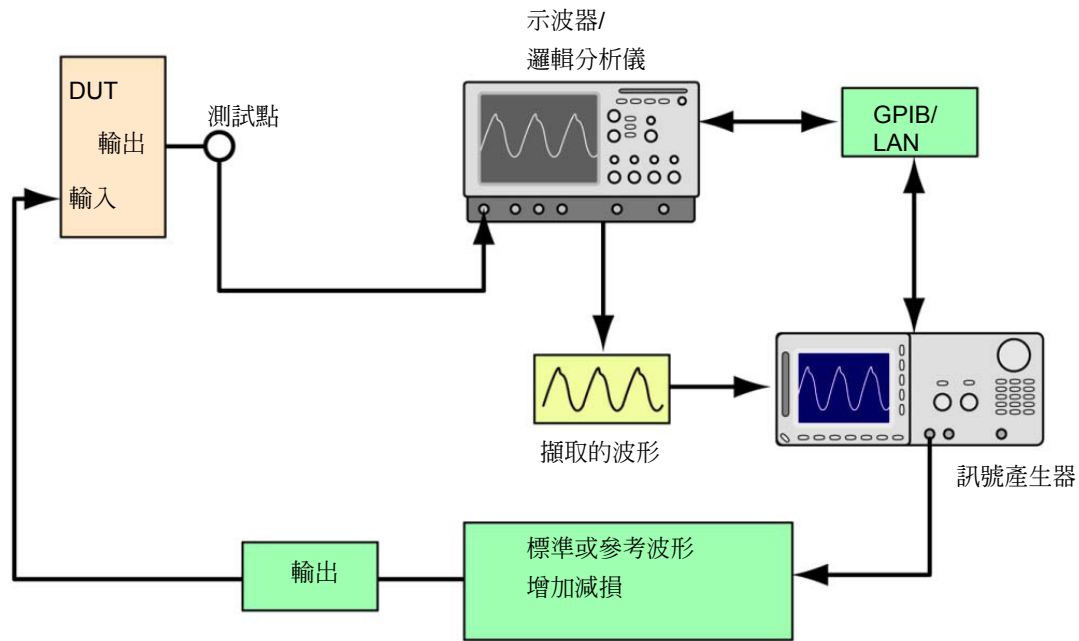


圖3. 訊號產生器可以使用標準波形、使用者創建的波形或擷取的波形，在需要的地方對專門測試應用增加減損。

### 基本訊號產生器應用

訊號產生器有數百種不同的應用，但在電子量測中，這些應用可以分成三種基本類型：檢驗、檢定和極限/餘量測試。有代表性的部分應用如下：

#### 檢驗

##### 測試數位模組化發射器和接收器

開發新型發射器和接收器硬體的無線裝置設計人員必須類比基帶I&Q訊號，訊號中可以帶減損或不帶減損，檢驗其是否滿足新興的和專有的無線標準。某些高效能任意波形產生器可以以高達1 Gbps的速率提供所需的低失真、高解析度訊號，並支援兩條獨立通道，一條用於「I」相位，另一條用於「Q」相位。

有時，需要使用實際RF 訊號測試接收器。在這種情況下，可以使用取樣速率高達200 MS/s的任意波形產生器，直接合成RF 訊號。

#### 檢定

##### 測試數模轉換器和模數轉換器

新開發的數模轉換器(DAC)和模數轉換器(ADC)必須進行窮盡測試，以確定其線性度、單調性和失真的極限。一流的AWG可以同時產生多個同相的類比訊號和數位訊號，以高達1 Gbps 的速度驅動這些裝置。



## 極限/餘量測試

### 測試通訊接收器極限

處理串列資料流程結構 (通常用於數位通訊匯流排和磁片驅動器放大器中) 的工程師必須使用減損測試裝置極限，特別是抖動和定時超限。透過提供高效的內置抖動編輯和發生工具，高級訊號產生器使工程師節約了數不清的時間。這些儀器可以使關鍵訊號邊緣位移最低200 fs (0.2 ps)。

## 訊號產生技術

可以透過多種方式，使用訊號產生器建立波形。選擇的方法取決於提供的與DUT有關的資訊及其輸入要求；是否需要增加失真或錯誤訊號及其他變數。現代高效能訊號產生器為產生波形至少提供了三種方式：

- 建立：全新的電路激勵和測試訊號
- 複製：合成沒有提供的實際環境訊號 (從示波器或邏輯分析儀中擷取)
- 產生：理想的或極限測試的參考訊號，適用於特定容限的行業標準

#### 瞭解波形

##### 波形特點

「波」可以定義為在某個時間間隔上重複的變化量值的模式。波具有共同的特點，如聲波、腦電波、海浪、光波、電壓波等等。所有這些都是定期重複的現象。訊號產生器通常產生以可控方式重複的電（一般是電壓）波。

每個完整重複的波形是一個「週期」。波形是以圖形方式表示波的活動，即隨時間變化情況。電壓波形是典型的Cartesian圖，橫軸是時間，豎軸是電壓。注意，某些儀器可以擷取或產生電流波形、功率波形或其他波形。在本文中，我們將主要介紹傳統電壓隨時間變化的波形。

##### 振幅、頻率和相位

波形有許多特點，但主要屬性與振幅、頻率和相位有關：

- **振幅**：衡量波形電壓「強度」的指標。振幅在AC訊號中一直變化。訊號產生器可以設定電壓範圍，如-3 V到+3 V。這將產生在兩個電壓值之間波動的訊號，變動速率取決於波形和頻率。
- **頻率**：整個波形週期發生的速率。頻率的單位是赫茲(Hz)，原來稱為每秒週期數。頻率與波形週期(或波長)成反比，後者是衡量相鄰波上兩個類似波峰之間距離的指標。頻率越高，週期越短。
- **相位**：在理論上，相位是波形週期相對於0度點的位置。在實踐中，相位是週期相對於參考波形或時點的位置。

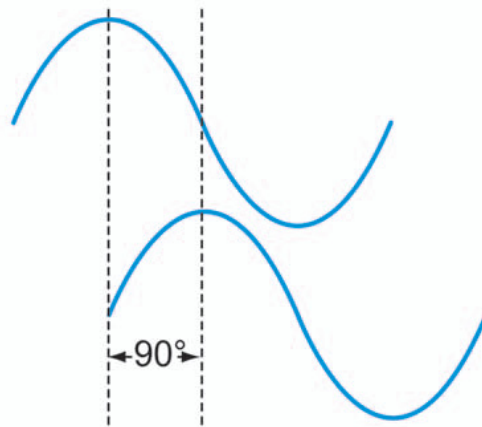


圖4. 相移(也稱為延遲)描述了兩個訊號之間的定時差。相位通常用度表示，如圖所示，但在某些情況下用時間值表示要更合適。

正弦波可以最好地解釋相位。正弦波的電壓位準在數學上與圓周移動有關。與整個圓一樣，正弦波的一個週期會經過360度。正弦波的相角描述了週期經過的時間。

兩個波形可以有完全相同的頻率和振幅，但相位不同。

相移也稱為延遲，描述了兩個類似的訊號之間的定時差，如圖4所示。相移在電子裝置中十分常見。波形的振幅、頻率和相位特點是訊號產生器用來優化幾乎任何應用的波形的構件。此外，還有其他參數進一步定義了訊號，在許多訊號產生器中，這些參數也作為受控變數實現。

##### 上升時間和下降時間

邊緣轉換時間也稱為上升時間和下降時間，其特點通常與脈衝和方波有關。他們用來衡量訊號邊緣從一種狀態轉換成另一種狀態所需的時間。在現代數位電路中，這些值通常很低，只有幾奈秒、甚至更低。

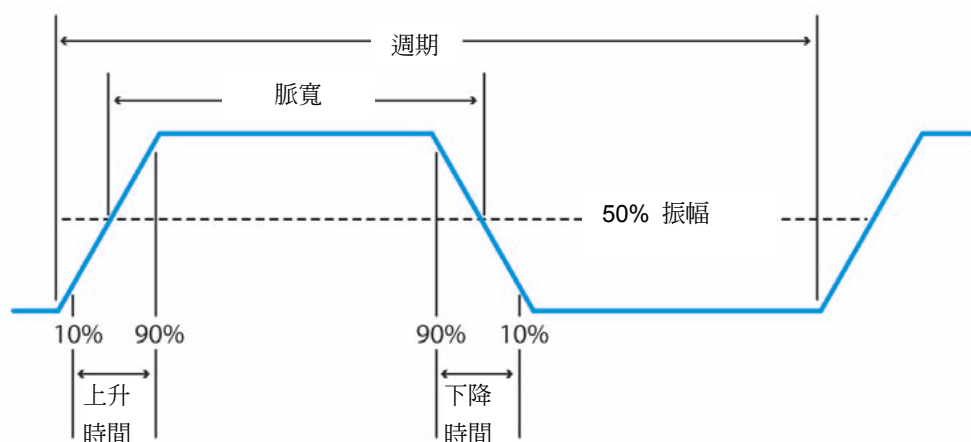


圖5. 基本脈衝特點

上升時間和下降時間都在轉換前和轉換後10%與90%的靜態電壓位準之間測得（有時也使用20%和80%這兩個點）。圖5說明了一個脈衝及與其相關的部分特點。這是在相對於進入訊號頻率取樣速率很高時，示波器上看到的脈衝。在取樣速率較低時，同一波形看上去要「方」得多。

在某些情況下，產生的脈衝的上升時間和下降時間必須獨立變化，如在使用產生的脈衝，量測轉換速率不對稱的放大器，或控制鐳射點焊槍的冷卻時間時。

### 脈寬

脈寬是脈衝前邊緣和後邊緣之間經過的時間。注意，「前邊緣」適用於正向邊緣或負向邊緣，「後邊緣」亦然。換句話說，這些術語說明了一定週期內事件發生的順序；脈衝的極性不影響其前邊緣或後邊緣狀態。在圖5中，正向邊緣是前邊緣。脈寬指標表示了前邊緣和後邊緣50% 振幅點之間的時間。

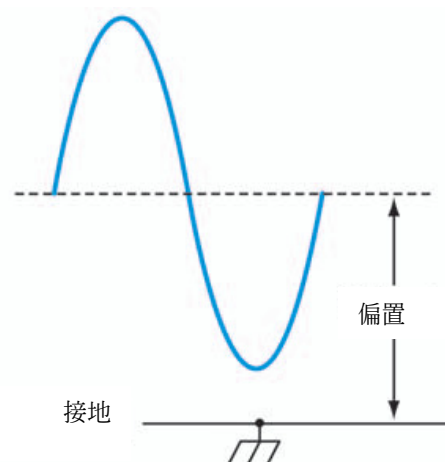


圖6. 偏置電壓描述了同時包含AC值和DC值的訊號中的DC成分。

另一個術語是「占空比」，用來描述脈衝的高低（開/關）時間間隔。圖5中的實例表示50%的占空比。相比之下，如果一個週期的週期是100 ns，其活動的高（開）位準持續60 ns，則其占空比為60%。

舉一個形象的占空比實例，想像一下有一個激勵器在每次一秒鐘的突發活動之後必須休息三秒鐘，以防止發動機過熱。激勵器每四秒休息三秒，則占空比為25%。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 偏置

並不是所有訊號的振幅變化都以接地 (0 V) 參考為中心。「偏置」電壓是電路接地和訊號振幅中心之間的電壓。事實上，偏置電壓表示同時包含AC值和DC值的訊號的DC成分，如圖6所示。

#### 差分訊號與單端訊號

差分訊號使用兩條互補路徑承載數量相等、但極性相反 (相對於接地) 的同一訊號副本。在訊號週期推進，一條路徑的正值提高時，另一條路徑的負值會以相同程度提高。例如，如果在某個時點上的訊號值在一條路徑上是 +1.5 V，則在另一條路徑上的值正好是 -1.5 V (假設兩個訊號完全同相)。差分結構特別適合抑制串擾和噪聲，而只傳送有效的訊號。

單端操作是一種更加常用的結構，其中只有一條路徑外加接地。圖7 說明了單端方法和差分方法。

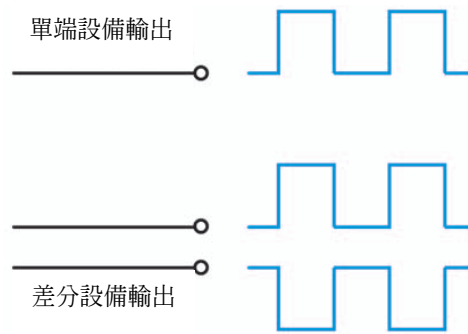


圖7. 單端和差分訊號

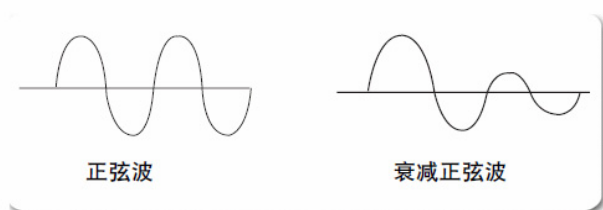


圖8. 正弦波和衰減正弦波

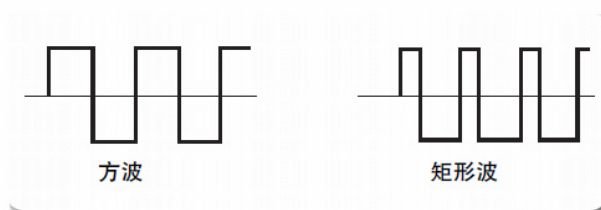


圖9. 方波和矩形波

## 基本波

波形分成多種形狀和形式。大多數電子量測使用一個或多個下述波形，通常會增加雜訊或失真：

- 正弦波
- 方波和矩形波
- 鋸齒波和三角波
- 階躍和脈衝形狀
- 複合波

### 正弦波

正弦波可能是最容易辨認的波形。大多數AC電源都產生正弦波。住宅中牆上插座以正弦波的形式傳送電源。正弦波幾乎一直用於初中教學的電氣和電子原理演示中。正弦波是基本數學函數的結果，直到360度畫一條正弦曲線，可以得到一個確定的正弦波圖像。

衰減正弦波是電路從一個脈衝振盪，然後隨著時間推移逐漸結束的一個特例。圖8是正弦波和衰減正弦波推導得出的訊號實例。

### 方波和矩形波

方波和矩形波是位於所有數位電子裝置核心的基本形式，另外他們還有別的使用。方波是以相等的時間間隔在兩個固定電壓位準之間開關的電壓。他通常用來測試放大器，應能夠快速複現兩個電壓位準之間的轉換（也就是前面所說的上升時間和下降時間）。方波為數位系統提供了理想的計時時脈，如電腦、無線電信裝置、HDTV系統等等。

矩形波的開關特點與方波類似，但正如前面「占空比」中所說，其高低時間間隔長度不等。圖9 說明了方波和矩形波實例。

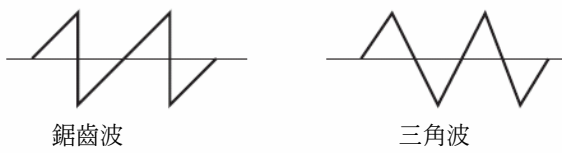


圖10. 鋸齒波和三角波

### 鋸齒波和三角波

鋸齒波和三角波的幾何形狀與他們的名字非常象。鋸齒波在每個週期中緩慢均勻地上升到峰值，然後迅速下降。三角波的上升時間和下降時間比較對稱。這些波形通常用來控制系統中的其他電壓，如類比示波器和電視。圖10 是鋸齒波和三角波實例。

### 階躍和脈衝形狀

「階躍」是電源開關已經打開、但電壓突然變化的波形。「脈衝」與矩形波有關。與矩形波一樣，他是由先開後關或先關後開在兩個固定電壓位準之間產生的。脈衝本身是二進位訊號，因此是在數位系統中傳送資訊 (資料) 的基本工具。脈衝可能

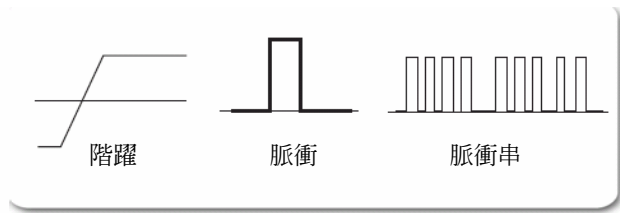


圖11. 階躍、脈衝和脈衝串形狀

表示穿過電腦的一個資訊位元。一起傳送的脈衝集合構成了一個脈衝串。同步的一組脈衝串 (可以以並行方式傳輸或以串列方式傳輸) 構成了一個數位碼型。圖11是階躍、脈衝形狀和脈衝串的實例。

注意，儘管數位資料名義上由脈衝、矩形波和方波組成，但實際環境中的數位波形表現出更圓的角和更斜的邊緣。

有時，電路異常事件會自然而然地產生脈衝。通常情況下，這些瞬態訊號會不定期地發生，必須使用「突波」進行描述。數位疑難排解的挑戰之一是把突波脈衝與有效但較窄的資料脈衝分開。某些類型的訊號產生器的優勢之一是能夠在脈衝串中任何地方增加突波。

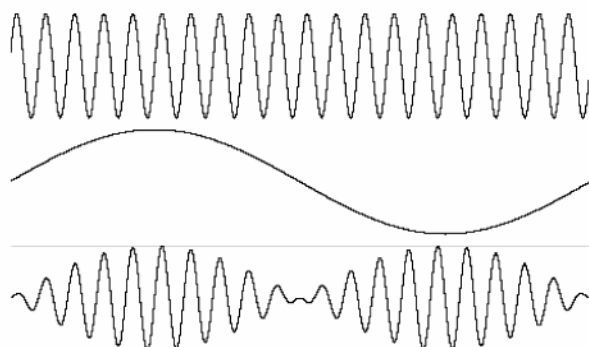


圖12. 振幅調變

### 複合波

在運行的電子系統中，波形很少會象上面介紹的課本中所示的實例那樣。某些時脈和載波訊號很純，但大多數其他波形會表現出某些不想要的失真（分散式電容、串擾等電路現象的產物）或故意調變。某些波形甚至可能會包括正弦波、方波、階躍和脈衝等要素。

複合波包括：

- 類比調變，數位調變，脈寬調變
- 正交調變訊號
- 數位碼型和格式
- 偽隨機碼流和字流

### 訊號調變

在被調變訊號中，振幅、相位和/或頻率變化把低頻信息嵌入到高頻的載波訊號中。得到的訊號可以傳送從語音、到資料、到視頻的任何訊號。複現波形可能是一個挑戰，除非有專門配備的訊號產生器。

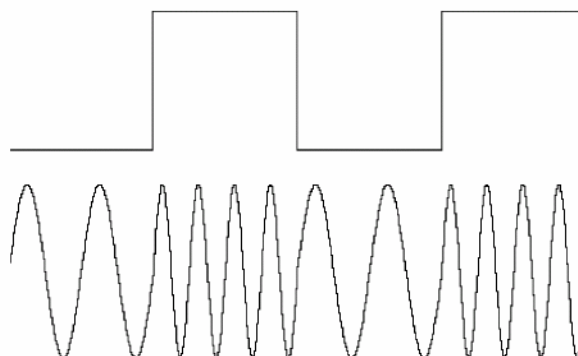


圖13. 頻移鍵控 (FSK) 調變

類比調變。振幅調變 (AM) 和頻率調變 (FM) 最常用於廣播通訊中。調變訊號隨載波振幅和/或頻率變化。在接收端，解調電路瞭解振幅和/或頻率變化，從載波中提取內容。相位調變 (PM) 調變載波波形的相位、而不是頻率，以嵌入內容。

圖12 說明了類比調變實例。

數位調變。與其他數位技術一樣，數位調變基於兩種狀態，允許訊號表示二進位資料。在幅移鍵控 (ASK) 中，數位調變訊號導致輸出頻率在兩個振幅之間開關；在頻移鍵控 (FSK) 中，載波在兩個頻率（中心頻率和偏置頻率）之間開關；在相移鍵控 (PSK) 中，載波在兩個相位設定之間開關。在PSK中，透過發送與以前訊號相位相同的訊號，來提供位元「0」，而位元「1」則透過發送相位相反的訊號進行表示。

脈寬調變 (PWM) 是另一種常用的數位格式；他通常用於數位音訊系統中。顧名思義，這只適用於脈衝波形。透過PWM，調變訊號導致脈衝的活動脈寬（前面介紹的占空比）變化。



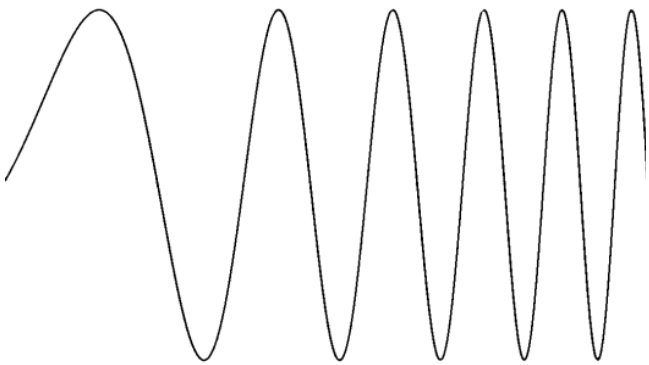


圖14. 正弦波頻率掃描。

#### 頻率掃描

量測電子裝置的頻率特點要求「掃描」正弦波，其會在一段時間內改變頻率。頻率變化以線性方式發生，單位為「每秒赫茲」，或以對數方式發生，單位為「每秒倍頻程」。高級掃描產生器支援掃描序列，並可以選擇開始頻率、保持頻率、停止頻率和相關時間。訊號產生器還提供與掃描同步的觸發訊號，控制示波器，量測裝置的輸出回應。

正交調變。當前數位無線通訊網路是在正交 (IQ) 調變技術基礎上構建的。兩個載波是同相 (I) 波形和正交相位 (Q) 波形，其中Q 波形相對於「I」波形整整延遲90 度，這兩個波形進行調變，產生四種資訊狀態。兩個載波組合在一起，透過一條通道傳輸，然後在接收端分開和解調。IQ 格式提供的資訊要遠遠高於其他類比和數位調變形式：他提高了系統的有效頻寬。圖15 說明了正交調變。

#### 數位碼型和格式

數位碼型由多條同步的脈衝流組成，脈衝流由寬8位、12位、16位或16位元以上的資料「字」組成。數位碼型產生器是一種訊號產生器，專門透過並行輸出為數位匯流排和處理器提供資料字。這些碼型中的字以穩定的週期步調傳輸，每個週期中每個位的活動取決於選擇的訊號格式。格式影響著構成資料流程的週期內部的脈衝寬度。

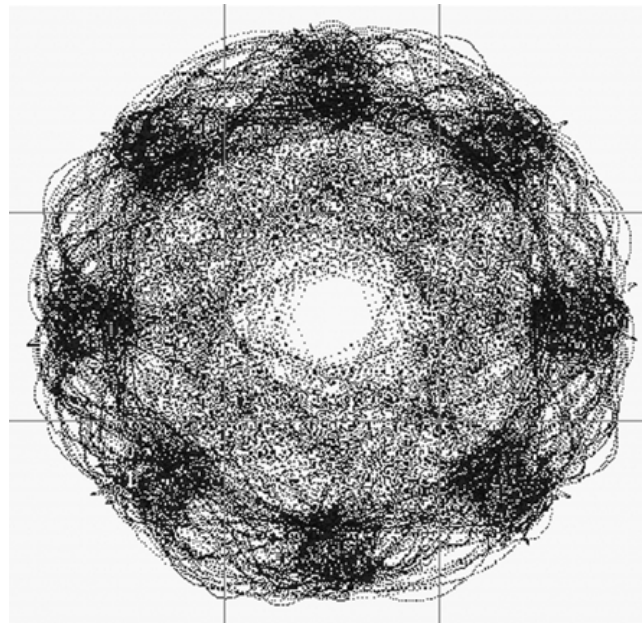


圖15. 正交調變。

下面的清單概括了最常用的格式。在前三種格式解釋中，我們假設週期從二進位「0」值開始，即低邏輯電壓位準。

- 非歸零 (NRZ)：在週期中發生有效位元時，波形開關到「1」，並保持這個值，直到下一個週期邊界。
- 延遲非歸零 (DNRZ)：與NRZ類似，但波形在指定延遲時間後開關到「1」。
- 歸零 (RZ)：在存在有效位元時，波形開關到「1」，然後在同一週期內開關回到「0」。
- 歸一 (R1)：事實上是RZ 的倒數。與這一清單中的其他格式不同，R1 假設週期從「1」開始，然後在位有效時開關到「0」，然後在週期結束前開關回到「1」。

## 碼流

偽隨機碼流 (PRBS) 和偽隨機字流 (PRWS) 的存在構成了數位電腦的天生局限：他們不能產生真正隨機的數位。但是，隨機事件在數位系統中可能也會帶來好處。例如，完全「乾淨的」數位視訊訊號在本應平滑的表面可能有討厭的鋸齒線和明顯的輪廓。增加控制數量的雜訊可以在不損害底層資訊的基礎上，隱藏這些人工訊號。

為建立隨機雜訊，數位系統會產生一條數位流，儘管這些數位遵循可以預測的數學模式，但其具有隨機效應。這些「偽隨機」數位實際上是一個以隨機速率重複的序列集，結果是PRBS。偽隨機字流定義了如何在訊號產生器並行輸出中表示多條PRBS串流。

在測試串列器或複用器時，通常使用PRWS。這些單元把PRWS 訊號重組成串列偽隨機碼流。

## 訊號產生器類型

訊號產生器在廣義上分成混合訊號產生器 (任意波形產生器和任意波形/函數產生器) 和邏輯訊號源 (脈衝或碼型產生器)，滿足了全系列訊號產生需求。每種訊號產生器都有獨特的優勢，或多或少地適合某種特定應用。

混合訊號產生器是為輸出具有類比特點的波形而設計的，包括正弦波和三角波等模擬波，以及表現出每個實際環境訊號都包括的圓形和不理想的「方」波。在通用混合訊號產生器中，您可以控制振幅、頻率和相位及DC偏置和上升時間和下降時間；您可以建立過激量等偏差；還可以增加邊緣抖動、調變等等。

真正的數位訊號產生器必須驅動數位系統。其輸出是二進制脈衝流-專用數位訊號產生器不能產生正弦波或三角波。數位訊號產生器的功能是為滿足電腦匯流排需求和類似應用而最佳化。這些功能包括加快碼型開發速度的軟體工具，也可能包括為匹配各種邏輯系列而設計的探棒之類的硬體工具。

如前所述，從函數產生器到任意訊號產生器到碼型產生器，當前幾乎所有高效能訊號產生器都基於數位結構，支援靈活的編程能力和傑出的準確度。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 類比訊號發動機和混合訊號產生器

#### 類比訊號發動機和混合訊號產生器的類型

##### 任意波形產生器

從歷史上看，產生各種波形的任務一直使用單獨的專用訊號產生器完成，從超純音訊正弦波產生器到幾GHz的RF 訊號產生器。儘管有許多商用解決方案，但使用者通常必須根據手邊的專案定制設計或改動訊號產生器。設計儀器品質的訊號產生器非常困難，當然設計輔助測試設備會佔用專案的寶貴時間。

幸運的是，數位取樣技術和訊號處理技術給我們帶來了一個解決方案，可以使用一台儀器-任意波形產生器滿足幾乎任何類型的訊號發生需求。任意波形產生器可以分成任意波形/函數產生器 (AFG) 和任意波形產生器 (AWG)。

##### 任意波形/函數產生器 (AFG)

任意波形/函數產生器 (AFG) 滿足了廣泛的激勵需求；事實上，他是當前業內流行的訊號產生器結構。一般來說，這一儀器提供的波形變化要少於AWG同等儀器，但具有傑出的穩定性及能夠快速回應頻率變化。如果DUT要求典型的正弦波和方波 (及其他)，並能夠在兩個頻率之間幾乎即時開關，則任意波形/函數產生器 (AFG) 提供了適當的工具。另一個特點是AFG的成本低，對不要求AWG通用性的應用極具吸引力。

AFG 的許多功能與AWG 相同，但AFG 設計成更加專用的儀器。AFG提供了許多獨特的優勢：他產生穩定的標準形狀的波形，特別是最重要的正弦波和方波，而且精確、捷變。捷變是指能夠迅速乾淨地從一個頻率轉到另一個頻率。

大多數AFG 提供了使用者熟悉的下述波形的某個子集：

- 正弦波
- 方波
- 三角波
- 掃描
- 脈衝
- 鋸齒波
- 調變
- 半正弦波

當然AWG也能提供這些波形，但當前AFG是為改善輸出訊號的相位、頻率和振幅控制而設計的。此外，許多AFG提供了從內部來源或外部來源調變訊號的方式，這對某些類型的標準一致性測試至關重要。

過去，AFG使用類比振盪器和訊號調節建立輸出訊號。最新的AFG依賴直接數位合成 (DDS) 技術確定樣點從記憶體中輸出時脈的速率。

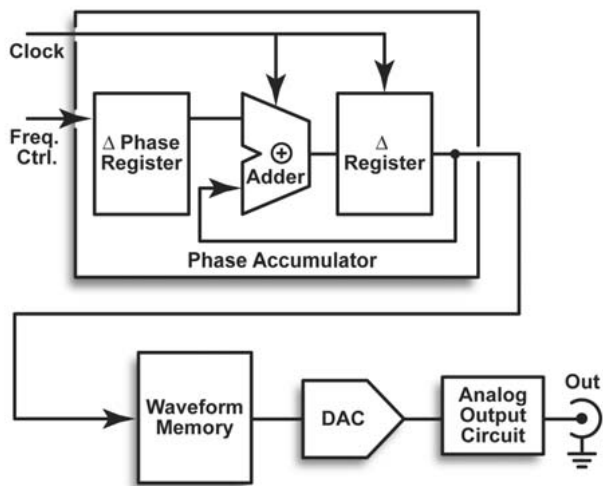


圖16. 任意波形/函數產生器的結構 (簡圖)。

DDS 技術使用一個時脈頻率產生儀器範圍內的任何頻率，來合成波形。圖16 以簡化形式概括了基於DDS的AFG結構。

在相位累加器電路中，Delta ( $\Delta$ )相位寄存器接收來自頻率控制器的指令，表示輸出訊號將在每個連續週期中前進的相位增量。在現代高效能AFG 中，相位解析度可能會低到1/230，即約為1/1,000,000,000。

相位累加器的輸出作為AFG 波形記憶體部分的時脈使用。儀器操作幾乎與AWG 相同，但有一個明顯例外是波形記憶體一般只包含部分基本訊號，如正弦波和方波。類比輸出電路基本上是一個固定頻率的低通濾波器，保證只有感興趣的編程頻率(沒有時脈人工訊號) 離開AFG輸出。

為瞭解相位累加器如何建立頻率，想像一下控制器把值1 發送到30 位 $\Delta$  相位寄存器。相位累加器 $\Delta$  輸出寄存器將在每個週期中前進 $360 \div 2^{30}$ ，因為360 度代表著儀器輸出波形的一個完整週期。因此， $\Delta$  相位寄存器值1在AFG範圍內產生頻率最低的波形，要求整整 $2\Delta$ 增量，建立一個週期。電路將保持在這一頻率，直到 $\Delta$ 相位寄存器載入一個新值。

大於1 的值將更迅速地前進透過360 度，產生更高的輸出頻率 (某些AFG採用不同的方法：他們跳過某些樣點，從而更快地閱讀記憶體，提高輸出頻率)。唯一的變化是相位值由頻率控制器提供，根本不需要改變主時脈頻率。此外，他允許波形從波形週期內的任何點開始。

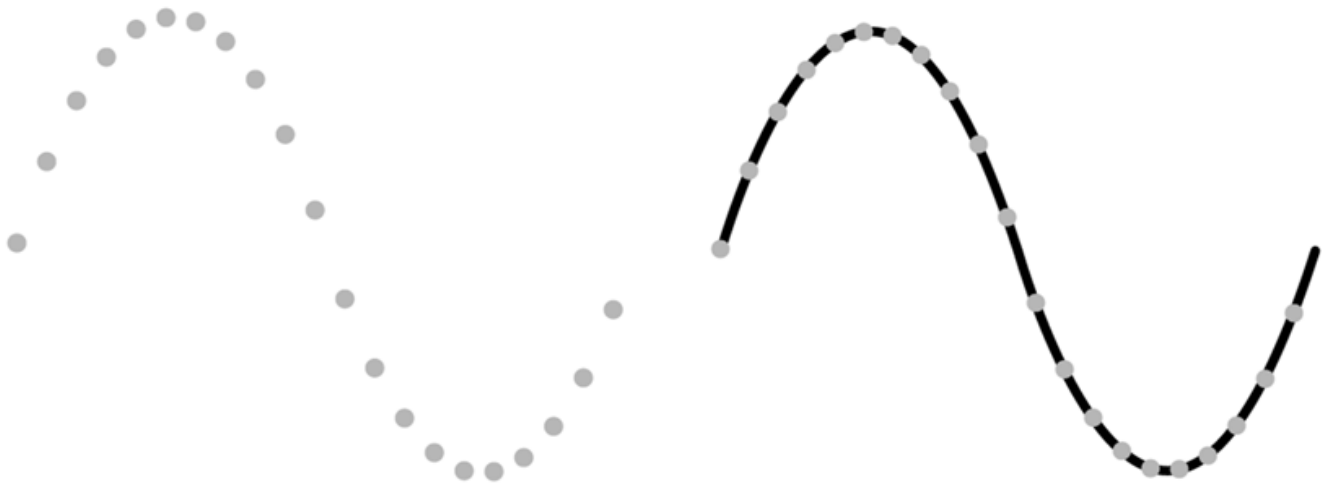


圖17. (左) 表示正弦波的一串樣點；(右) 重建的正弦波。

例如，假設必須產生一個從週期正向部分峰值開始的正弦波。基本數學運算告訴我們，這個峰值發生在90度。因此：

$$2^{30} \text{ 個增量} = 360^\circ ; \text{ 且}$$

$$90^\circ = 360^\circ \div 4 ; \text{ 則}$$

$$90^\circ = 230 \div 4$$

在相位累加器收到一個等於 (230 ÷ 4) 的值時，他會提示波形記憶體從包含正弦波正峰值電壓的位置啓動。

典型的AFG在記憶體預編程部分儲存多個標準波形。從整體上看，正弦波和方波是許多測試應用使用最廣泛的應用。任意波形保存在記憶體中使用者編程的部分。可以以與傳統AWG相同的靈活性定義波形。但是，DDS結構不支援記憶體分段和波形排序。這些高級功能留給了高效能AWG。

DDS結構提供了傑出的頻率捷變性，可以簡便地在空中對頻率變化和相位變化編程，這特別適合任何類型的FM DUT，如無線和衛星系統裝置。如果特定AFG的頻率範圍足夠大，則他為測試FSK 和跳頻電話技術 (如GSM) 提供了理想的訊號產生器。

AFG不能象AWG那樣建立想得到的幾乎任何波形，但AFG 能夠產生世界各地實驗室、維修設施和設計部門中最常用的測試訊號。此外，他提供了傑出的頻率捷變性。重要的是，AFG 通常是完成工作最經濟的方式。

### 任意波形產生器 (AWG)

不管您在磁碟機檢定中需要由精確的Lorentzian脈沖定形的資料流程，還是需要複調變RF 訊號測試基於

GSM或基於CDMA的手機，任意波形產生器 (AWG) 都可以產生您想得到的任何波形。您可以使用各種方法，從數學公式到「畫出」波形，建立所需的輸出。

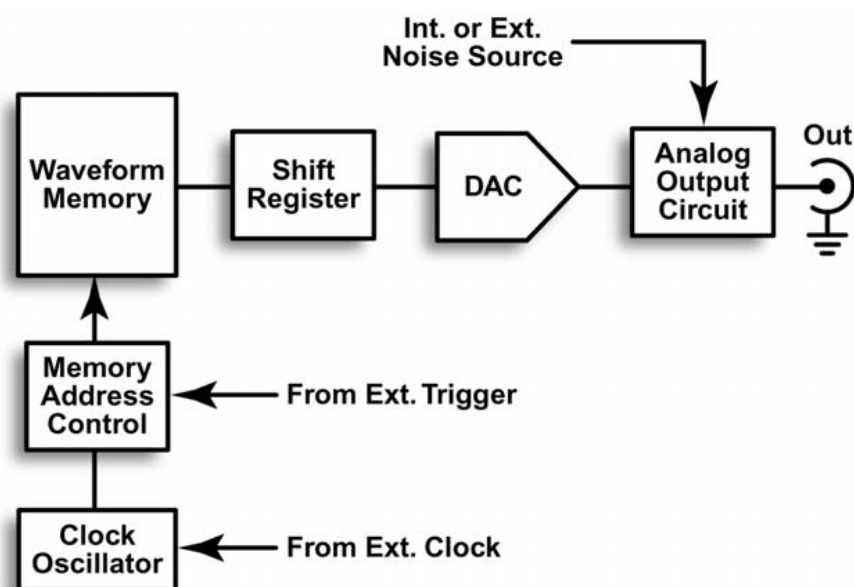


圖18. 任意波形產生器的結構 (簡圖)。

從本質上看，任意波形產生器 (AWG) 是一種完善的播放系統，他根據儲存的數位資料提供波形，這些數位資料描述了 AC 訊號不斷變化的電壓位準。他是一種方框圖看起來很簡單的工具。為解釋 AWG 概念，我們舉一個大家熟悉的例子，比如即時讀出儲存資料的唱片機 (在 AWG 中是自己的波形記憶體；在唱片機中是唱片本身)。他們都輸出一個類比訊號或波形。為瞭解 AWG，首先必須掌握數位取樣的廣義概念。顧名思義，數位取樣是使用樣點或資料點定義一個訊號，這些樣點或資料點邊緣著波形的斜率表示一串電壓量測。

透過使用示波器等儀器實際量測波形，或使用圖形或數學技術，可以確定這些樣點。圖17 (左) 說明了一串樣點。儘管曲線使其得間隔似乎發生變化，但所有這些點都以統一的時間間隔取樣。在 AWG 中，取樣的值以二進制形式儲存在快速隨機存取記憶體 (RAM) 中。

透過使用儲存的資訊，可以讀回記憶體位置，透過數模轉換器 (DAC) 輸入資料點，在任何時間重建訊號 (下圖)。圖17 (右) 說明了結果。注意 AWG 的輸出電路在樣點之間濾波，以連接各個點，建立乾淨的不間斷的波形形狀。DUT 不會把這些點「看作」離散的點，而是看作連續的模擬波形。

圖18 是實現這些操作的 AWG 簡化的方框圖。

AWG 提供了幾乎任何其他儀器都不能匹配的通用性。由於其能夠產生可以想到的任何波形，因此 AWG 支援從汽車防抱死制動系統類比到無線網路極限測試的各種應用。



## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

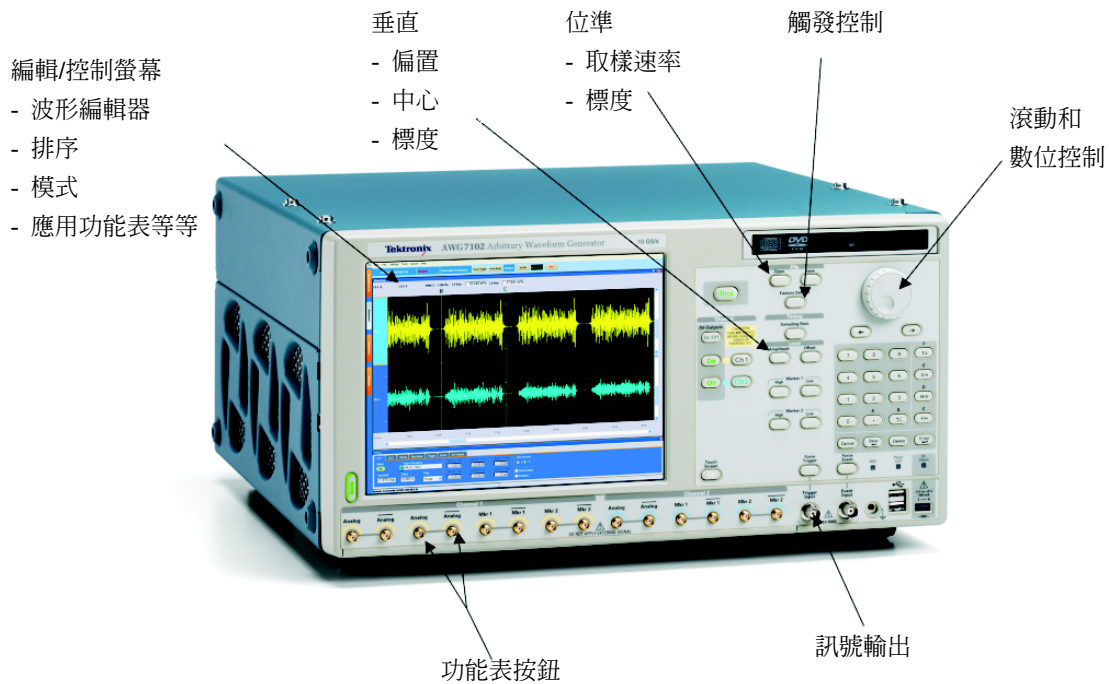


圖19. 高效能混合訊號產生器：TektronixAWG7000 系列任意波形產生器。

### 混合訊號產生器系統和控制功能

與作為完整量測解決方案激勵單元的角色一樣，混合訊號產生器的控制和子系統採用專門設計，加快了各種波形類型的開發速度，提供了擁有完整保真度的波形。

最基本的、經常處理的訊號參數都有自己專用的前面板控制功能。比較複雜的操作及需要頻次較低的操作則透過儀器顯示幕上的功能表進入。

**Level Control (位準控制)** 負責設定輸出訊號的振幅和偏置位準。在圖19 所示的訊號產生器中，前面板上的專用位準控制功能可以簡便地設定振幅和偏置值，而不必依賴多級功能表。



Timing Control (定時控制) 透過控制取樣速率，設定輸出訊號的頻率。這裡，基於硬體的專用控制功能也簡化了基本位準參數的設定。

注意，上面的任何參數都不控制儀器產生的實際波形。這一功能位於編輯/控制螢幕上的功能表中。觸摸面板或滑鼠選擇感興趣的視圖，其可能會提供控制功能，在圖形使用者介面中定義順序或數位輸出設定，如圖20所示。在啟動這樣一個頁面後，您只需使用數位鍵盤和/或通用滾動旋鈕填充即可。

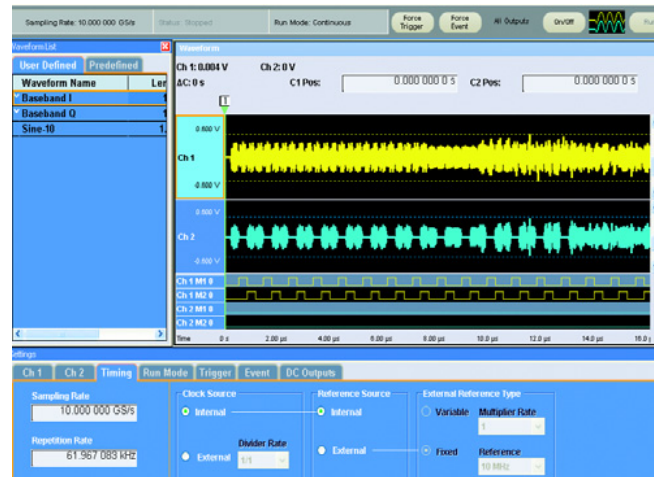


圖20. AWG使用者介面，其中顯示了用來選擇功能表的設定欄。

#### 效能指標和考慮因素

下面是部分參數定義，這些參數描述了混合訊號產生器的效能。您會看到各種手冊、參考書籍、教程及介紹訊號產生器或應用的任何地方都在使用這些術語。

##### 儲存深度（記錄長度）

儲存深度或記錄長度與時脈頻率一起使用。儲存深度決定著可以儲存的最大樣點數量。每個波形樣點佔用一個記憶體位置。每個位置等於當前時脈頻率下取樣間隔的時間。例如，如果時脈以100 MHz 運行，則儲存的樣點間隔是10 ns。

在許多頻率上，儲存深度在訊號保真度中發揮著重要作用，因為他決定著可以儲存多少個資料點來定義一個波形。特別是在複雜波形中，儲存深度對精確複現訊號細節至關重要。提高儲存深度的好處可以概括如下：

- 可以儲存更多週期的希望波形，儲存深度與訊號產生器的排序功能相結合，允許儀器靈活地把不同波形連接起來，建立無窮多個迴圈、碼型等等。
- 可以儲存更多的波形細節。複雜的波形在脈衝邊緣和瞬態訊號中可能有高頻資訊。很難內插這些快速瞬態訊號。為真實地複現複雜的訊號，可以使用提供的波形記憶體容量，儲存更多的瞬態訊號和波形，而不是更多的訊號週期。

高效能混合訊號產生器提供了深儲存深度和高取樣速率。這些儀器可以儲存和複現複雜的波形，如偽隨機碼流。類似的，具有深記憶體的這些快速訊號產生器可以產生非常簡單的數位脈衝和瞬態訊號。

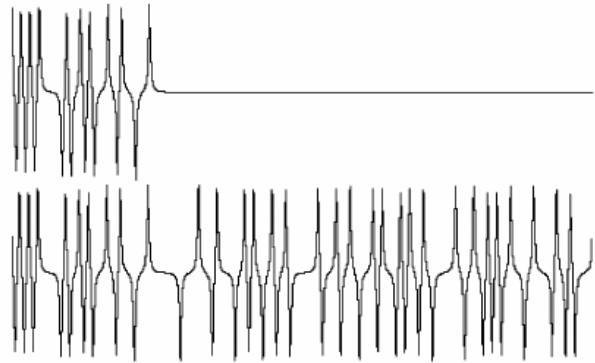


圖21. 透過充足的儲存深度，任意訊號產生器可以複現異常複雜的波形。

##### 取樣(時脈)速率

取樣速率通常用每秒兆樣點或千兆樣點表示，表明了儀器可以運行的最大時脈或取樣速率。取樣速率影響著主要輸出訊號的頻率和保真度。內奎斯特取樣定理規定，取樣頻率或時脈速率必須至少是產生的訊號中最高頻譜成分的兩倍，以保證精確地複現訊號。例如，為產生1 MHz的正弦波訊號，必須以2 M 樣點/秒(MS/s) 的頻率產生樣點。儘管這一定理通常只是作為擷取指導準則使用，但與示波器一樣，其與訊號產生器的相關性非常明確：儲存的波形必須有足夠的點數，以真實地重現希望的訊號細節。

訊號產生器可以獲得這些樣點，然後以規定極限範圍內任何頻率從記憶體中讀出這些樣點。如果儲存的樣點集符合內奎斯特定理，並描述了一個正弦波，則訊號產生器將相應地濾波波形，輸出一個正弦波。

計算訊號產生器可以產生的波形頻率需要對一些簡單的公式求解，以記憶體中儲存了一個波形週期的儀器為例：

假設100 MS/s 的時脈頻率和儲存深度或記錄長度，共4000 個樣點，則：

$$F_{\text{輸出}} = \text{時脈頻率} \div \text{儲存深度}$$

$$F_{\text{輸出}} = 100,000,000 \div 4000$$

$$F_{\text{輸出}} = 25,000 \text{ Hz (或25 kHz)}$$

圖22 說明了這一概念。

在規定的時脈頻率上，樣點距離約為10 ns。這是波形的時間解析度 (位準)。一定不要把這個概念與振幅分辨率 (垂直) 弄混了。

為進一步推進這一流程，我們假設樣點RAM 包含的不是一個波形週期，而是包含四個波形週期：

$$F_{\text{輸出}} = (\text{時脈頻率} \div \text{儲存深度}) \times (\text{記憶體中的週期數量})$$

$$F_{\text{輸出}} = (100,000,000 \div 4000) \times (4)$$

$$F_{\text{輸出}} = (25,000 \text{ Hz}) \times (4)$$

$$F_{\text{輸出}} = 100,000 \text{ Hz}$$

新的頻率是100 kHz。圖23 說明了這一概念。在本例中，每個波形週期的時間解析度低於單波形實例，事實上，他整整低了四倍。每個樣點現在代表40 ns的時間。這一數位的提高是以降低部分位準解析度為代價的。

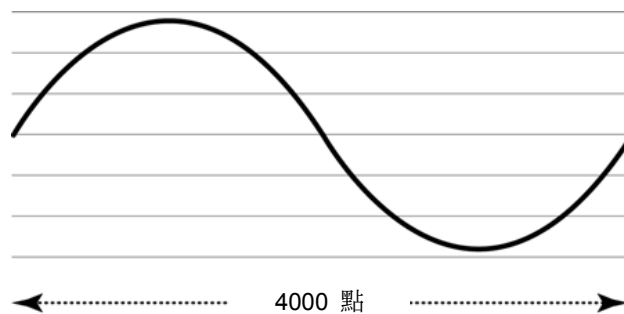


圖22. 在100 MHz的時脈頻率時，一個4000點的波形作為25kHz 的輸出訊號傳送。

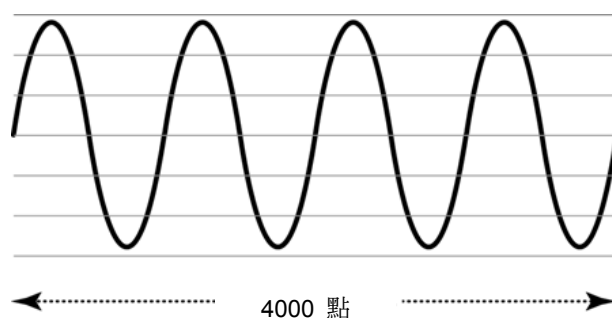


圖23. 透過使用四個儲存的波形和一個100 MHz 時脈，產生了一個100 kHz 訊號。

# 深入瞭解訊號產生器

## 入門手冊

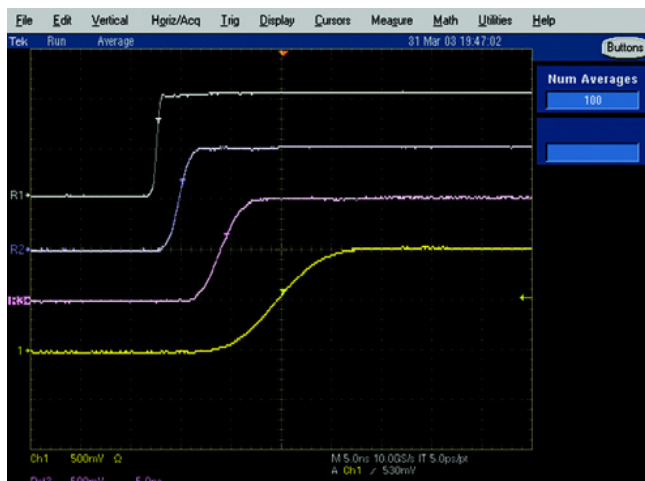


圖24. 充足的頻寬保證不會漏掉任何訊號細節。

### 頻寬

儀器的頻寬是一種類比術語，他與取樣速率無關。訊號產生器輸出電路的類比頻寬必須足以處理其取樣速率將支援的最大頻率。換句話說，必須有足夠的頻寬，能夠傳送從記憶體中輸出時脈的最高頻率和轉換時間，而不會劣化訊號特點。在圖24中，示波器顯示幕揭示了充足頻寬的重要性。最上面的軌跡顯示了高頻寬訊號產生器完善的上升時間，其他軌跡則顯示了由於輸出電路設計較差而導致的劣化效果。

### 垂直（振幅）解析度

在混合訊號產生器中，垂直解析度與儀器DAC的二進制字長度(單位為位元)有關，位越多，解析度越高。DAC的垂直解析度決定著複現的波形的振幅準確度和失真。分辨率不足的DAC會導致量化誤差，導致波形產生不理想。

儘管越高越好，但在AWG中，頻率較高的儀器的分辨率(8位或10位)通常要低於12位或14位元的通用儀器。

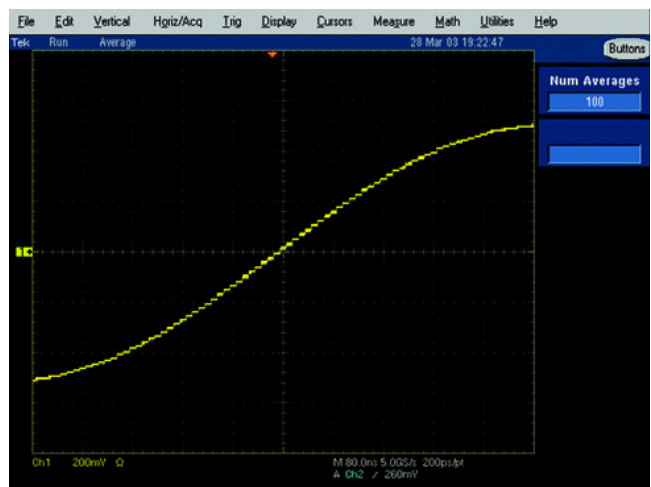
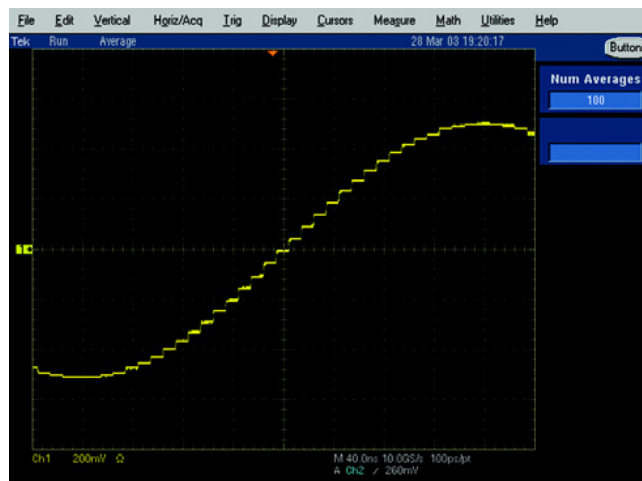


圖25. (上) 垂直解析度低；(下) 垂直解析度高。垂直分辨率決定著複現的波形的振幅準確度。

10位解析度的AWG提供了1024個樣點位準，分佈在儀器的整個電壓範圍內。例如，如果這個10位AWG的總電壓範圍為2Vp-p，則每個樣點表示大約2mV的步進，這是儀器在沒有額外衰減器的情況下可以提供的最小增量，其中假設他不受結構中其他因素的限制，如輸出放大器增益和偏置。

### 位準 (定時) 解析度

位準解析度表示建立波形可以使用的最小時間增量。一般來說，這個指標使用下面的公式計算得出的。

$$T = 1/F$$

其中T 是定時解析度，單位為秒；F 是取樣頻率。根據這一定義，最大時脈速率是100 MHz 的訊號產生器的定時解析度是10 ns。換句話說，這一混合訊號產生器輸出波形的特點是由一串相距10 ns 的步進確定的。某些儀器提供了工具，明顯擴展了輸出波形的有效定時解析度。儘管其沒有提高儀器的基本解析度，但這些工具對波形應用變化，複現以皮秒增量移動邊緣時的影響。

### 區域位移

區域位移功能朝著或背對編程中心值向右或向左位移指定的波形邊緣。如果指定的位移數量小於取樣間隔，則將使用資料內插對原始波形二次取樣，以推导出位移後的值。

區域位移可以建立超過儀器解析度的被類比的抖動條件和其他微小的邊緣位置變化。我們再看一下100 MHz時脈的訊號產生器實例，以10 ns 增量位移激勵邊緣，來模擬抖動效應是沒有意義的。實際環境抖動在很低的皮秒範圍內工作。區域位移可以以每步幾皮秒移動邊緣，這更接近實際抖動現象。

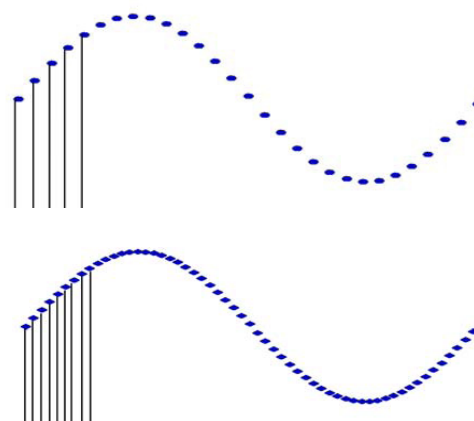


圖26. (上) 位準解析度低；(下) 位準解析度高。位準或定時分辨率是指邊緣、週期時間或脈寬可以變動的最小時間增量。

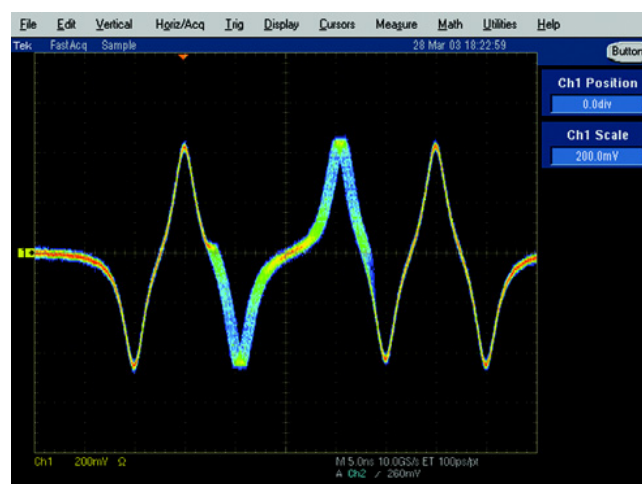


圖27. 區域位移。



# 深入瞭解訊號產生器

## 入門手冊

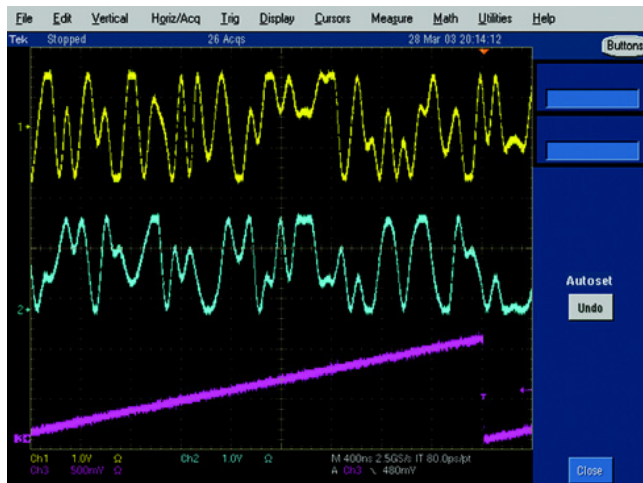


圖28. 多條輸出通道。

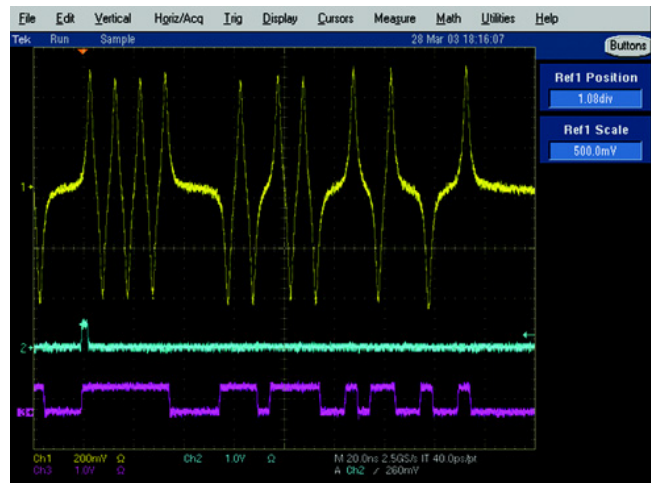


圖29. 標記輸出。

### 輸出通道數量

許多應用要求訊號產生器有一條以上的輸出通道。例如，測試汽車防抱死制動系統要求四個激勵訊號 (原因很明顯)。生物物理研究應用要求多個訊號產生器，模擬人體產生的各種電訊號。複雜的IQ 調變電信裝置在兩個相位中每個相位都要求一個單獨的訊號。

為滿足這些需求，已經出現了各種AWG 輸出通道配置。某些AWG 可以提供最多四條獨立的全頻寬模擬激勵訊號通道。其他AWG 則提供最多兩個模擬輸出，並輔以最多16 個高速數位輸出用於混合訊號測試。透過後一類工具，使用者可以只使用一台綜合儀器，同時測試裝置的類比、資料和位址匯流排。

### 數位輸出

某些AWG 包括單獨的數位輸出。這些輸出分成兩類：標記輸出和並行資料輸出。

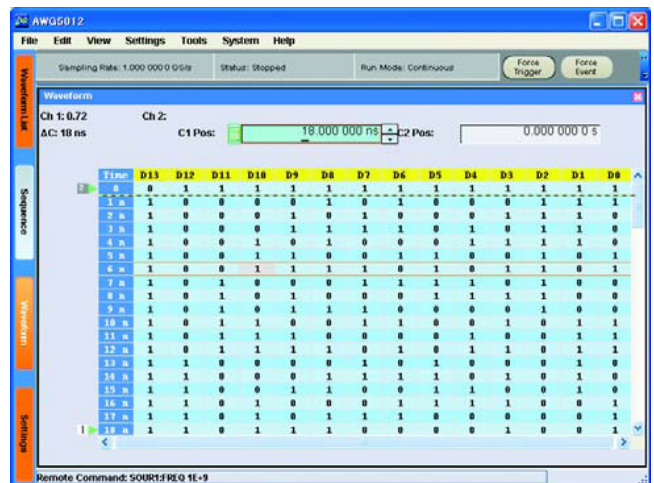


圖30. 並行數位輸出。

標記輸出提供了與訊號產生器主類比輸出訊號同步的二進位訊號。一般來說，標記可以輸出與特定波形儲存器位置 (樣點) 同步的一個脈衝 (或多個脈衝)。可以使用標記脈衝，對同時從混合訊號產生器接收類比激勵訊號的DUT，同步其數位部分。同樣重要的是，標記可以在DUT 的輸出側觸發擷取儀器。標記輸出一般從獨立於主波形記憶體的記憶體中驅動。

並行數位輸出從與訊號產生器主類比輸出相同的記憶體中獲得數位資料。在特定波形樣點值出現在模擬輸出上時，並行數位輸出上會提供同等的數位值。在測試數模轉換器時，這些數位資訊可以隨時作為比較資料使用。數位輸出也可以獨立於模擬輸出編程。

### 濾波

一旦確定了基本波形，則可以使用其他操作，如濾波和排序，分別改變或擴展波形。

濾波可以從訊號中去掉選擇的頻段成分。例如，在測試模數轉換器(ADC)時，必須保證來自訊號產生器的類比輸入訊號的頻率不會高於轉換器一半的時脈頻率。這可以防止DUT輸出中出現不想要的假訊號失真，否則會影響測試結果。假訊號是指在感興趣的頻率範圍內插入失真後的轉換產物。沒有假訊號的DUT是不能產生有意義的量測結果的。

消除這些頻率的一種可靠方式是對波形應用陡峭的低通濾波器，允許指定點之下的頻率透過，明顯衰減截止頻率之上的頻率。還可以使用濾波器，整形方波和三角波之類的波形。有時候透過這種方式改變現有波形要比建立新波形簡單。過去，工程師必須使用訊號產生器和外部濾波器，才能實現這些結果。幸運的是，當前許多高效能訊號產生器具有可以控制的內置濾波器。

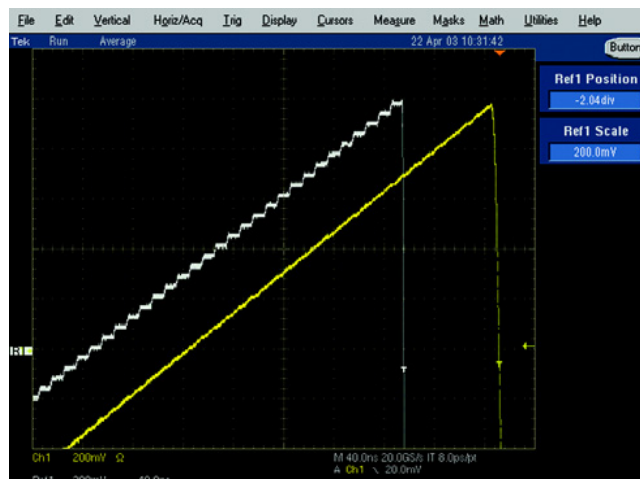


圖31. 濾波前和濾波後。參考1 (上)波形是沒有濾波的鋸齒波形，通道1 (下) 波形是濾波後的鋸齒波形。

### 排序

通常情況下，必須建立長波形檔，以全面對DUT執行測試。在重複波形部分時，波形排序功能可以節約大量繁瑣的、記憶體密集型波形編程工作。排序功能可以在儀器記憶體中儲存數量龐大的「虛擬」波形週期。波形排序器借用了電腦領域的命令，如迴圈、跳躍等等。這些指令位於與波形記憶體不同的序列記憶體中，可以重複指定的波形記憶體段。程式控制重複計數器、外部事件分支和其他控制機制決定著運行週期數量及其發生的順序。透過序列控制器，可以產生長度幾乎沒有限制的波形。



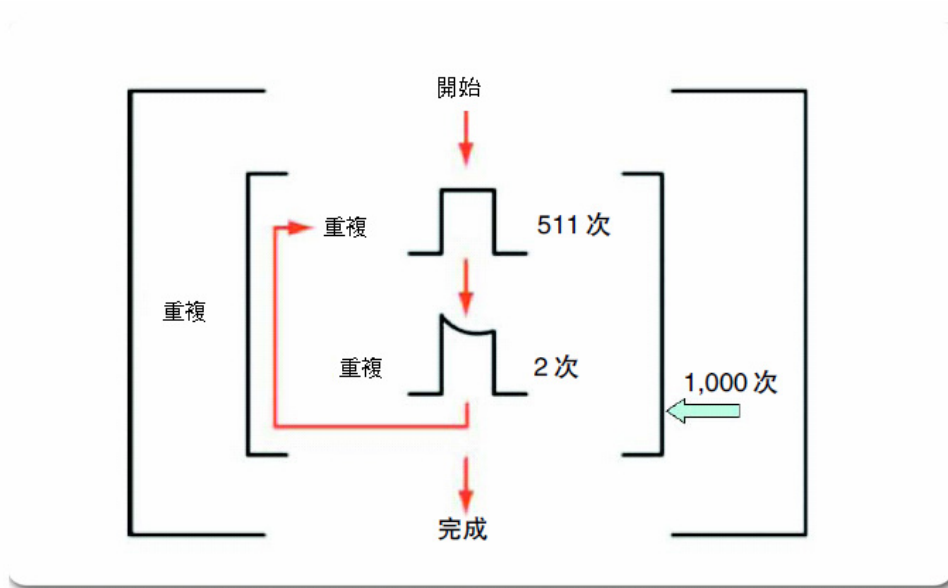


圖32. 可以使用迴圈和重複擴展AWG 的波形記憶體容量。

舉一個非常簡單的例子，想像下一個4000 點記憶體有一個乾淨的脈衝，這個脈衝占了一半的記憶體 (2000點)；另外一個失真的脈衝則占了另一半記憶體。如果我們僅限於基本重複記憶體內容，則訊號產生器會一直順序重複兩個脈衝，直到接到命令停止。而波形排序功能則改變了這一切。

假設您希望失真的脈衝在每隔511個週期後連續出現兩次。您可以編寫一個序列，重複乾淨的脈衝511 次，然後跳到失真的脈衝，重複兩次，然後再回到迴圈開頭，再次執行各個步驟。圖32 說明了這一概念。

迴圈重複可以設成無窮大、指定值、或透過事件輸入進行控制。我們已經討論過儲存的波形週期數與得到的定時解析度之間成反比，排序功能則可以大大改善靈活性，而不會損害各個波形的解析度。

這裡要注意，被排序的任何波形段繼續的振幅必須與之前的波形段相同。換句話說，如果正弦波形段最後的樣點值是1.2 V，則下一個波形段的開始值必須也是1.2 V。否則，在DAC試圖突然變成新值時會發生不想要的突波。

儘管這個例子是非常基本的例子，但他代表著檢測不規則的碼型相關誤差所需的一種功能。一個例子是通訊電路中的碼間干擾。在一個週期中的訊號狀態影響到後續週期中的訊號，使其失真、甚至會改變其值時，會發生碼間干擾。透過波形排序功能，可以使用訊號產生器作為激勵裝置運行長期極限測試，時間可以擴展到幾天、甚至幾周。

### 整合編輯器

假設您需要一串波形段，他們擁有相同的形狀，但在波形串推進時振幅不同。為建立這些振幅變化，您可能要使用離線波形編輯器，重新計算波形或重新畫出波形。但這兩種方法都不必要地耗費大量的時間。更好的方法是使用能夠同時在時間和振幅上改變波形的整合編輯工具。當前的混合訊號產生器提供了多種編輯工具，簡化了波形建立任務：

- 圖形編輯器－這個工具可以構建和查看波形表示；然後可以彙編及把得到的資料點儲存在波形記憶體中。
- 序列編輯器－這個編輯器包含電腦類編程指令（跳躍、迴圈等），這些指令在序列中指定的儲存波形上操作。

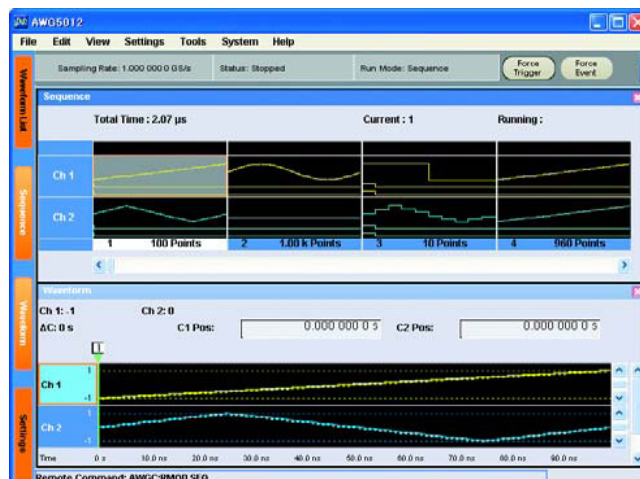


圖33. 圖形編輯器和序列編輯器相結合，靈活地建立波形。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 資料導入功能

資料導入功能可以使用在訊號產生器外面建立的波形文件。

例如，可以透過GPIB或乙太網把現代數位儲存示波器擷取的波形簡便地傳送到混合訊號產生器中。這一操作對使用「黃金標準裝置」的參考訊號測試該裝置所有後續產生副本的測試方法至關重要。可以使用儀器的編輯工具處理訊號，就象儲存的任何其他波形一樣。

模擬器和其他電子設計自動化(EDA)工具是另一種有用的波形來源。由於能夠引入、儲存和重建EDA資料，訊號產生器可以加快早期設計原型的開發速度。

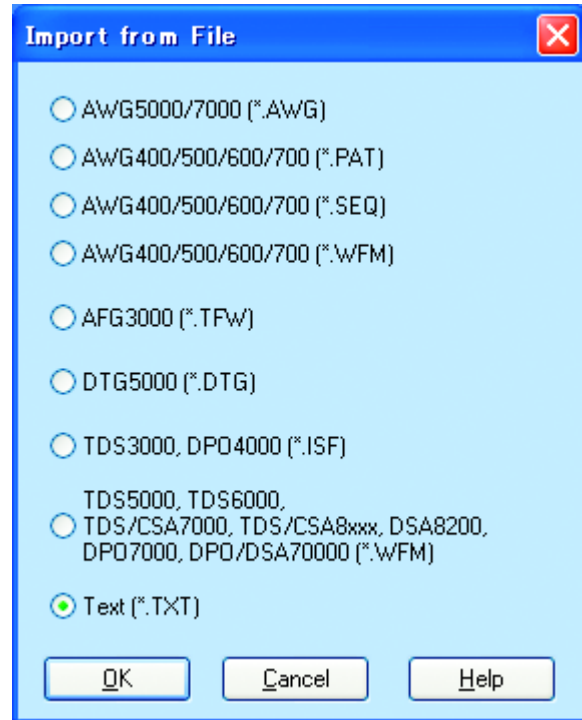


圖34. 資料導入功能。

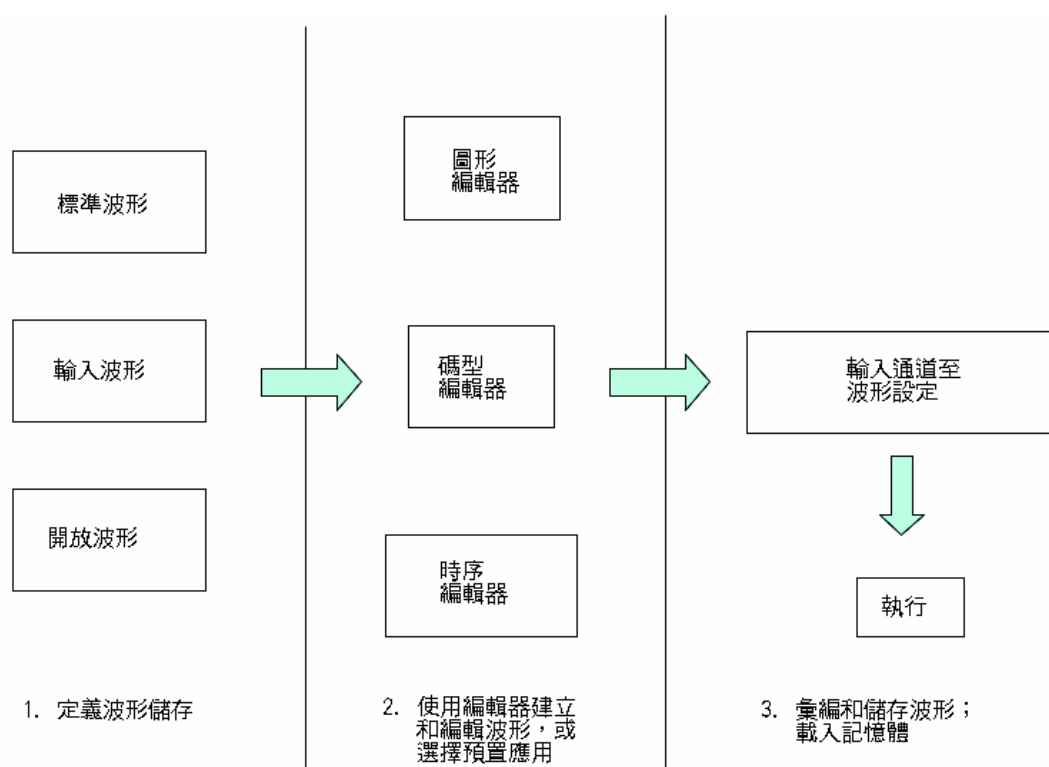


圖35. 使用AWG 建立波形的基本步驟。

### 使用混合訊號產生器建立波形

當前的高級混合訊號產生器，特別是AWG，為建立和編輯波形提供了多種方式。此外，某些儀器包括可以隨時使用的專用波形。圖35 說明了使用AWG 產生訊號所需的各個步驟。

波形檔一旦建立，通常會永久儲存。在原始應用工作完成很長時間之後，波形 (或波形段) 可能要再次使用。因此，面向工程設計工作研製的AWG 有一塊本地硬盤，永久儲存波形檔和序列。第一步是使用標準波形函數建立一個波形，或從其他儀器或模擬軟體中導入波形。

波形編輯或建立步驟由一系列使用簡便的編輯器協助完成。基本波形編輯器使用「原始」波形段，提供了多種工具，可以以各種方式改變波形段，包括數學運算、剪切和粘貼等等。

碼型編輯器是為處理數位資料波形優化的。數位工作中通常會使用真正的碼型產生器，而AWG 的碼型編輯器可以隔離單個位元，改變其定時或振幅參數，這是數位產生器所做不到的。

範例包括簡單的正弦公式到對數掃描函數等等。此外，剪切和粘貼編輯功能也簡化了開發複雜波形的工作。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

設定AWG的最後一步是在必要的地方彙編檔 (與來自公式編輯器的檔一樣), 把彙編後的檔儲存在硬碟上。「Load」(載入) 操作把波形放入AWG 的動態儲存裝置器中, 然後複用並發送到DAC, 然後以模擬形式輸出。

這些是在AWG 上產生波形的基本步驟。如前所述, 波形檔可以使用單獨的序列編輯器級聯到序列中, 產生長度幾乎沒有限制及任何複雜度的訊號流。

### 建立複雜的波形

當前工程設計生命週期的加快實現了更快的產品開發週期, 盡可能簡便高效地使用實際環境訊號和特點測試設計至關重要。為產生這些實際環境訊號, 必須先建立這些訊號。在歷史上, 建立這些波形一直是一個挑戰, 提高了被設計或待測試的產品的開發週期。透過通用軟體工具 (如ArbExpress) 或特定應用工具 (如SerialExpress<sup>®</sup> 和RFExpress<sup>™</sup>), 可以簡便地建立和編輯複雜的波形。

### ArbExpress<sup>™</sup>

ArbExpress是用於AWG和AFG儀器的一種波形建立和編輯工具。這種基於Windows(PC) 的應用軟體可以從Tektronix示波器中擷取波形, 或從標準波形庫中建立波形。

在示波器擷取嚮導的引導下, 您可以方便地建立到選定示波器的連接, 從提供的通道和記憶體位置中選擇資料來源。可以透過游標全面導入波形或提取波形段。還可以對波形二次取樣, 以匹配預計訊號產生器的定時分辨率。

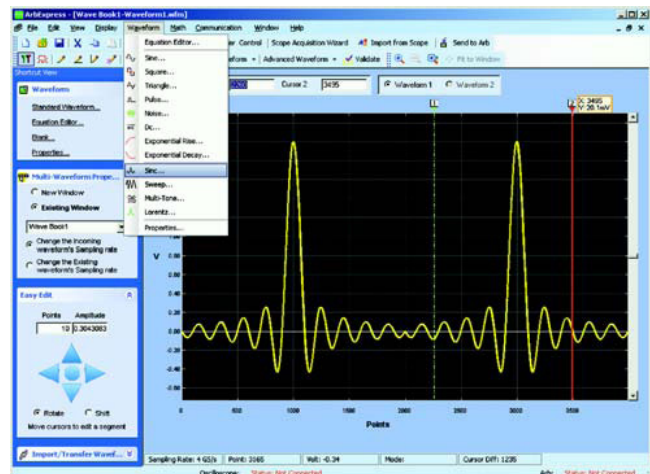


圖36. 使用ArbExpress<sup>™</sup> for PC方便地建立和編輯任意波形。

在ArbExpress中, 還可以透過單點畫圖工具或透過數位資料表輸入, 在標準波形基礎上自由定義波形。一旦已經建立了波形, 可以使用數學運算功能或編輯工具, 簡便地增加異常事件。還可以在時間或振幅軸中方便地移位波形段或整個波形, 從而可以輕鬆產生實際環境訊號。

## SerialXpress®

新一代高速串列標準支援3 - 6 Gb/s 的資料速率。在這些更高的速度下，新設計運行的定時餘量不斷縮小，要求實現接收器檢定，以完善傳統的發射器測試。SerialXpress應用軟體程式是專為SATA、HDMI、PCIExpress等高速串列資料應用設計的。為高效評估電路特點及是否滿足監管標準，工程師們必須能夠在測試過程中引入各種已知異常訊號。必須模擬週期性抖動、隨機抖動、預加重/去加重訊號及變化的邊緣速率等訊號特點，以保證接收器正常運行。

透過SerialXpress之類的應用軟體程式，工程師們可以在一致性測試過程中簡便地增加訊號減損。在許多情況下，這些程式提供了過去要求多台儀器才能實現的靈活性和訊號控制功能。圖 37 和圖 38 顯示了SerialXpress為典型SerialATA (SATA) 波形提供的設定介面。工程師們可以簡便地增加資料速率、訊號振幅、上升時間/下降時間和訊號減損。透過SerialXpress，使用者還可以控制減損的規模和振幅，並可以與其他異常訊號同時或獨立分析每種減損。

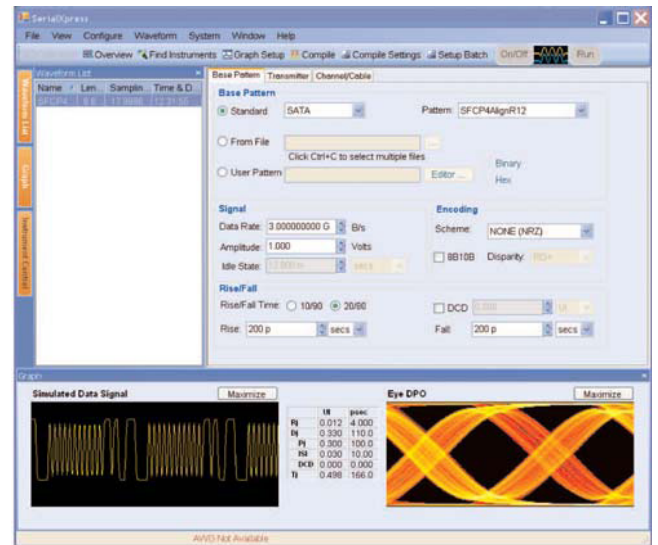


圖37. 預加重的標準SATA 波形。

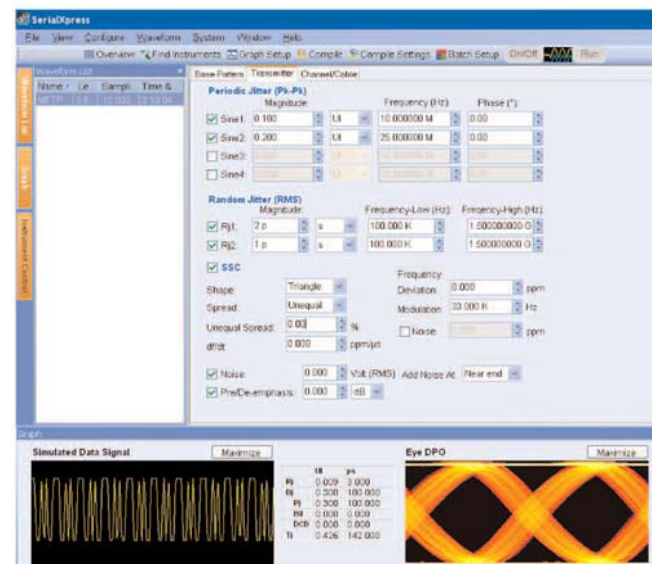


圖38. SerialXpress 可以輕鬆產生減損訊號。



## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### RFXpress™

RFXpress 是一種基於PC 的現代軟體工具，他提供了圖形化使用者介面，能夠以可視方式確認波形和設定。RFXpress 提供了拖放式波形編輯功能以及基於嚮導的校準程式，可以快捷簡便地合成波形。使用者可以建立所需的具體波形，全面、徹底、可重複地執行設計驗證，實現餘量測試和一致性測試。RFXpress 大大減少了建立和模擬訊號所需的時間，進而縮短了整體開發時間和測試時間。

為簡化通用波形和標準波形的波形建立過程，RFXpress 還可以自動包裹校正動作和歸一化波形振幅。自動包裹校正動作消除了頻譜突波，在波形連續重複、波形開頭和末尾之間訊號振幅差很大時，會發生這種頻譜突波。RFXpress 提供了專門的「外掛程式」選項，實現了完善的WiMedia 訊號特性。例如，儘管WiMedia 規定了RF 頻段組和中頻，但工程師可能要在中頻執行測試。RFXpress 允許使用者在WiMedia採用的中頻及標準RF 頻率上定義AWG 功能範圍內的訊號。

在WiMedia 一致性測試模式下，可以簡便合成複雜的MB-OFDM訊號。RFXpress 包含已經採用的WiMedia訊號標準，使用者可以選擇最高級的訊號特性。這簡化了標準規定的訊號特性的編程工作，同時降低了編寫訊號時因疏忽而出現的錯誤。

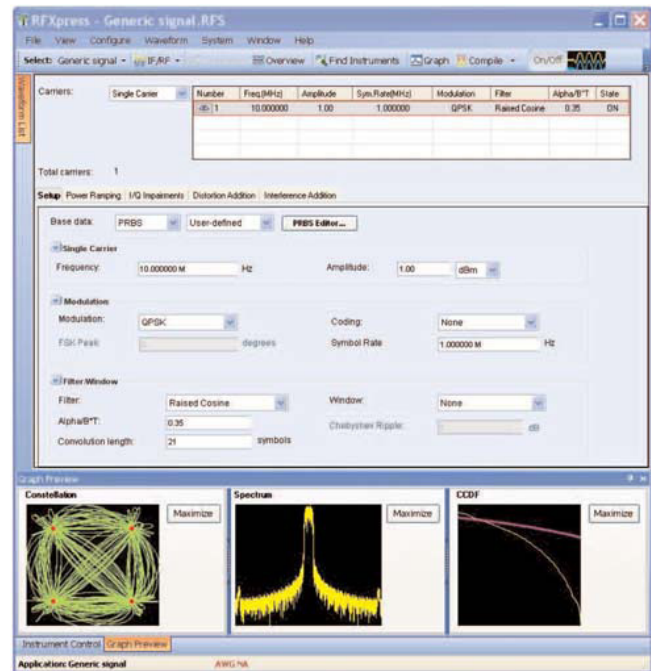


圖39. RFXpress 創建的單載波RF 波形。

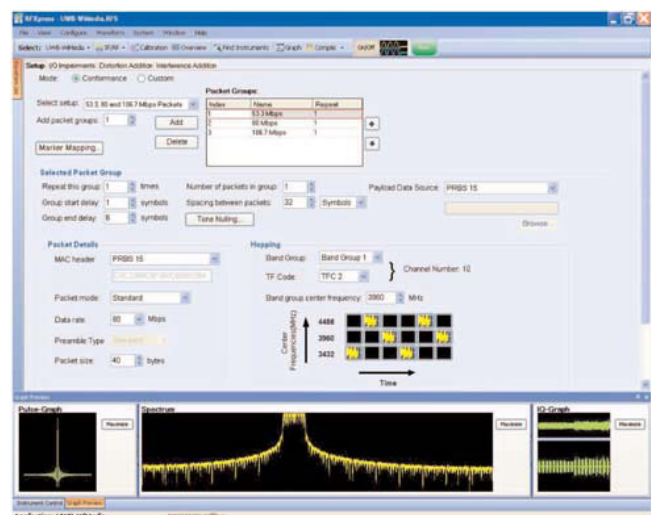


圖40. 使用RFXpress 建立的複雜的UWB 波形。



## 邏輯訊號源

### 邏輯訊號源的類型

邏輯訊號源是為具有特定數位測試要求的人員提供的更加專用的工具。他們滿足了要求連續的長二進位資料流、具有特定資訊內容和定時特點的數位裝置的特殊激勵需求。邏輯訊號源分成兩類儀器 □ 脈衝碼型產生器和資料定時產生器。

#### 脈衝碼型產生器 (PPG)

脈衝產生器驅動來自少量輸出的方波或脈衝流，其頻率通常非常高。除非調變脈衝流，否則脈衝中通常不表示任何資訊內容(資料)。但是，高級脈衝產生器擁有高頻率和快速上升時間功能，是測試高速數位裝置的理想工具。

#### 資料定時產生器 (DTG)

AWG和AFG主要是為產生具有模擬形狀和特點的波形設計的，資料定時產生器的任務則是產生大批量二進位信息。資料定時產生器也稱為碼型產生器或資料產生器，他產生測試電腦匯流排、微處理器IC 裝置和其他數位單元所需的1 和0 資訊流。

在設計部門中，資料定時產生器是幾乎每種數位裝置不可或缺的激勵源。在廣義上說，DTG可以用來進行功能測試、疑難排解新設計、分析現有設計的問題。這還是定時和振幅餘量檢定的一個有效工具。

DTG 可以用於產品開發週期早期，代替還沒有提供的系統裝置。例如，在正常情況下提供訊號的處理器還不存在時，他可以編程為把中斷和資料發送到新研製的總線電路。類似

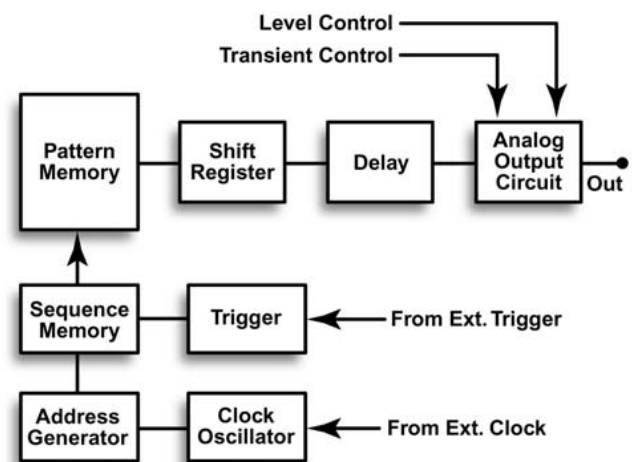


圖41. PPG 或DTG 的結構 (簡圖)。

的，DTG 可以為記憶體匯流排提供位址，甚至為待測的DAC提供正弦波的數位成分。由於其超長碼型及能夠在資料流程中輸入偶爾發生的錯誤，DTG可以支援長期可靠性測試，以保證滿足軍事或航空標準。此外，能夠對作為碼型序列一部分的DUT外部事件作出回應，在高要求的檢定應用中提供了更大的靈活性。

DTG同樣適合測試半導體裝置 (如ASIC和FPGA) 或旋轉介質 (如硬碟驅動器寫入電路和DVD)。同樣，他可以測試CCD圖像感測器和LCD顯示驅動器/控制器。在需要複雜的數位碼流類比DUT的幾乎任何地方，DTG都是一種高效的解決方案。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

與AWG和AFG一樣，DTG的結構包含位址產生器、波形 (或碼型) 記憶體、位移寄存器等。但是，碼型產生器的結構中沒有DAC。DAC 沒有必要，因為碼型產生器不需要跟蹤類比波形一直位移的位準。儘管DTG 有一條類比輸出電路，但這條電路用來應用到整個碼型的電壓和邊緣參數，大多數DTG 為編碼碼型的邏輯1和0電壓值提供了一種方式。

DTG擁有為支援抖動和定時測試設計的部分數位功能。專用延遲電路負責在這些應用要求的邊緣定位中實現小的變化。

延遲電路可以在邊緣位置上提供微小的變化 (大約幾皮秒)。某些一流的DTG提供了簡單的前面板控制功能，允許在5 ns 或更高範圍內以0.2 ps步長移動所有邊緣或選擇的邊緣。這些小的定時變化建立典型的抖動現象模型，其中脈衝邊緣的時間位置會圍繞著額定中心點不規律地移動。透過改變和觀察邊緣定時相對於時脈的效應，可以測試抖動容限。

在當前最優秀的DTG中，可以在整個碼型中應用這個抖動，或透過確定特定邊緣的範本功能在隔離脈衝上應用這一抖動。圖42是在增加抖動效應的情況下，數位螢光示波器 (DPO) 擷取的碼型產生器輸出訊號。插圖提供了同一事件簡化的放大圖。對關鍵抖動測試，其他功能為現代DTG提供了更高的靈活性。某些儀器有一個外部類比調變輸入，控制邊緣位移量 (單位為皮秒) 和發生的速率。

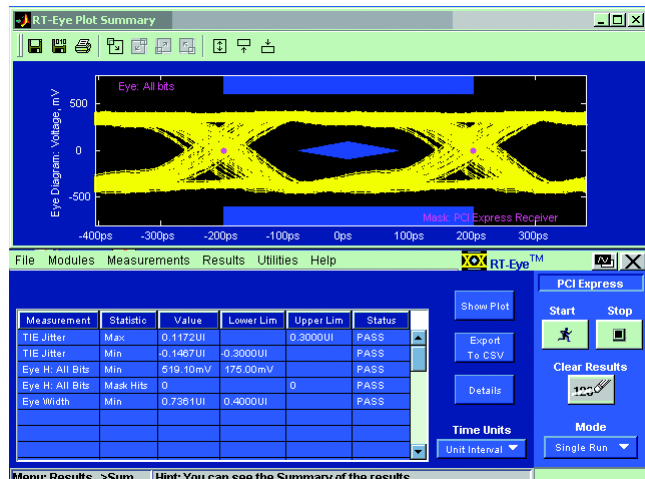


圖42. DTG 使用小的定時位移模擬抖動。

由於有則多抖動變數需要處理，DUT 會面臨著各種實際環境壓力。延遲電路在測試定時問題中發揮著第二個、但同樣重要的作用，即建立時間和保持時間超限。大多數時脈輸出設備要求在時脈脈衝出現前 (建立時間) 存在幾奈秒的資料訊號，並在時脈邊緣後保持幾奈秒的有效時間 (保持時間)。延遲電路可以簡便地實現這一套條件。就象可以在時間上移動訊號邊緣幾皮秒的時間一樣，他可以把該邊緣移動幾百皮秒或幾百奈秒。這正是評估建立時間和保持時間所需的操作。測試中需要在時間上分別移動輸入資料訊號的前邊緣和後邊緣幾分之一奈秒，同時保持時脈邊緣穩定。示波器或邏輯分析儀擷取得到的DUT 輸出訊號。DUT 開始關掉與輸入條件一致的有效資料，資料前邊緣的位置是建立時間。還可以使用這種方法，檢測不能預測DUT 輸出的亞穩定條件。

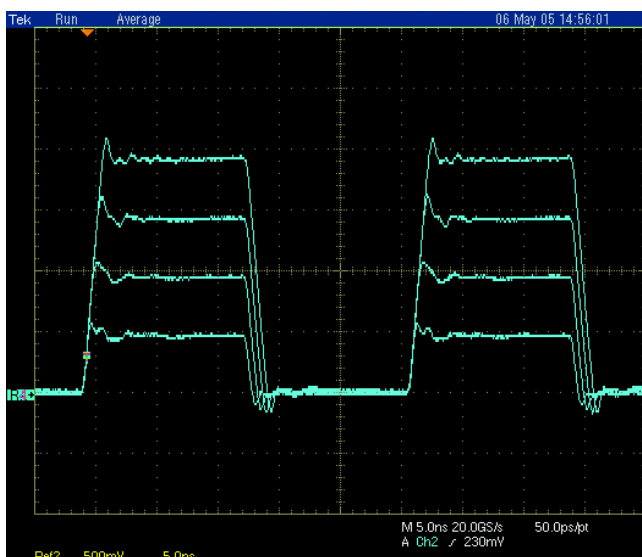


圖43. 碼型產生器輸出訊號上的程式控制電壓變化在整個碼型中應用單一電壓位準。

儘管DTG的指令系統不包括常用的訊號調節操作，如濾波，但為管理輸出訊號提供了某些工具。之所以需要這些功能，是因為數位電路問題並不限於純粹的數位問題，如抖動和定時超限。某些設計問題是模擬現象引起的，如電壓位準錯誤或邊緣上升時間緩慢。碼型產生器必須能夠模擬這兩者。

激勵訊號中的電壓變化是一個關鍵的極限測試工具。透過使用變化的電壓位準、特別是立即低於裝置邏輯門限的位準對數位DUT執行測試，可以預測裝置的整體效能和可靠性。在電壓下降時，具有間歇性（及難以跟蹤）故障的DUT幾乎必然會變成「硬」故障。

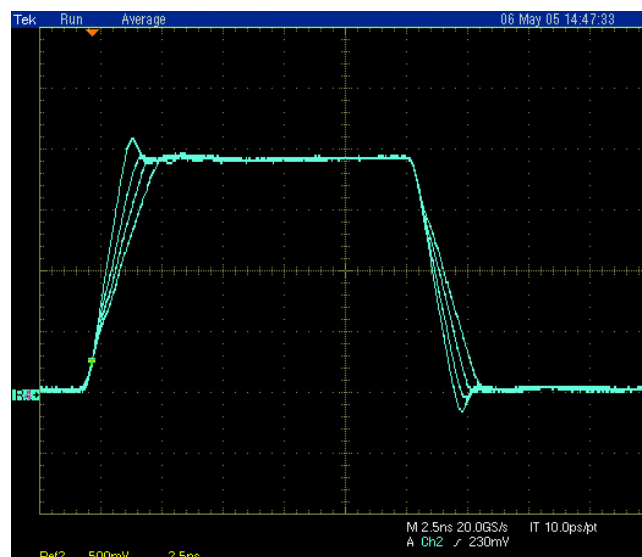


圖44. 碼型產生器輸出訊號上的程式控制上升時間變化。

圖43說明了把DTG編程為產生多個離散邏輯位準的影響。這裡累積顯示了多個指令的結果，但實際上，儀器在整個碼型中應用單一的電壓位準。邊緣轉換時間或上升時間是在數位電路中經常導致問題的另一個原因。邊緣轉換慢的脈衝可能不會與資料時脈一致的時間觸發下一個裝置。邊緣慢因為導致爭用條件而聲名狼藉，這是導致間歇性問題的另一個原因。許多累積設計因素，特別是分散式電容和電感，在脈衝從來源傳送到目的地時會劣化脈衝的上升時間。因此，工程師努力保證其電路能夠處理一系列上升時間。與電壓變化一樣，脈衝邊緣速率降慢是每個極限和餘量測試計畫的一部分。透過使用連接到DTB輸出上的瞬態訊號時間轉換器，可以實現邊緣速率變化。圖44說明了程式控制邊緣速率功能的影響。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

由於DTG專用於數位測試應用，因此其功能提供了AWG和AFG不能匹配的獨特優勢，如完善的排序器、多個輸出、各種碼型資料來源和獨具特色的顯示幕。

沒有任何內部記憶體會足夠深，可以儲存全面測試數位裝置要求的數百萬個碼型字（也稱為向量）。結果，碼型產生器會配備完善的排序器，這在資料和碼型產生領域絕對必不可少。碼型產生器必須支援超長的複雜碼型，必須對外部事件作出回應，通常是碼型產生器的排序器中提示分支執行的DUT輸出條件。儘管DTG的碼型記憶體容量一般約為最大每通道64 MB，但與AWG一樣，能迴圈短的碼型段，產生長得多的資料流程。他可以等待外部事件或觸發，然後執行一串重複計數或條件跳躍。此外，DTG的排序器提供了多級迴圈嵌套和分支條件。他是一個可以使用正常編程方法控制的工具，為幾乎任何想得到的數位裝置產生位址訊號、資料訊號、時脈訊號和控制訊號。DTG的排序器具有獨特的不確定地擴展碼型長度的能力。根據圖45中的流程，可以查看一些短的指令和碼型段可以如何展開成數百萬行激勵資料。

多個輸出還使得DTG特別適合數位電路應用。AWG或AFG可能有兩個或四個輸出，碼型產生器則可能有8條、32條、甚至數百條輸出通道，支援典型數位裝置的各種資料和/或位址輸入。由於太過繁瑣、太容易發生錯誤而不可能手動輸入複雜的數位碼型，因此現代DTG必須從邏輯分析儀、示波器、模擬器、甚至電子錶格中接收資料。此外，設計流程的各種類比和檢驗步驟通常會提供數位資料。

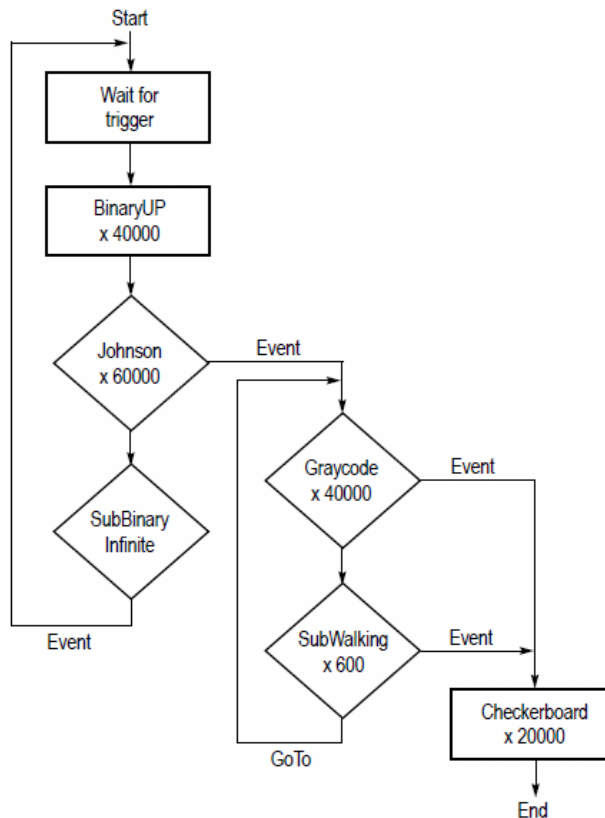


圖45. DTG 的序列流程，其中顯示了迴圈和條件事件。

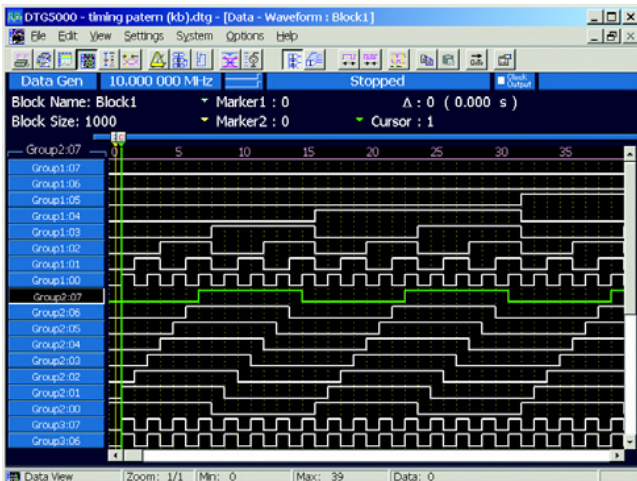


圖46. 多通道DTG 的匯流排定時顯示畫面。

DTG 顯示幕還必須同時突出顯示多條碼型資料通道的詳細資訊，而不是訊號振幅隨時間變化的詳細資訊 (AWG顯示畫面中顯示)。這應提供標記、滾動和其他節約時間的功能，幫助使用者把精力放在感興趣的資料上。圖46是多通道碼型產生器顯示畫面實例。

最後，DTG通常用於要求關鍵脈衝邊緣特點的測試中，包括電壓準確度、上升時間效能和邊緣位置。遺憾的是，簡單地在儀器前面板連接器上提供優質訊號是不夠的。



圖47. DG2020A 碼型產生器使用外部訊號介面「適配夾」。

通常情況下，訊號必須透過電纜和連接器傳送到距儀器一米以上的測試夾具上，這會嚴重劣化訊號的定時和邊緣細節。某些現代碼型產生器解決了這個問題，他們使用外部訊號介面，緩衝訊號，直到DUT提供儀器的效能。圖47是使用外部訊號介面的DG2020A碼型產生器。接口使電纜電容導致的上升時間劣化達到最小，為驅動DUT輸入提供了充足的局部電流，而不會「負荷下降」。



## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 邏輯訊號源系統和控制功能

圖48 是高級邏輯訊號源 - TektronixDTG5334資料定時產生器。

邏輯訊號源與混合訊號產生器一樣，提供了基於功能表的操作組合外加前面板直接進入按鈕，加快了定時和位準設定等常用功能的處理速度。一流的邏輯訊號源將採用使用簡便的專用功能，滿足數位需求，同時他還提供廣泛的與AWG 計數器部分略有不同的碼型開發工具。

圖48中所示的定時控制螢幕反映了所示儀器基於Windows的結構。其他型號則採用各種專有介面。Windows環境的優勢是可以簡便地連接行業標準網路、外設和I/O 匯流排，如USB。如前面AWG 部分所述，編輯/控制螢幕為建立碼型序列、設定位準和輸入一般資料提供了查看介質。某些邏輯訊號源提供了一個單獨的VGA輸出 (除整合顯示器外)，可以用來驅動大型外置監視器。

許多儀器為最經常調節的功能提供了前面板快速鍵按鈕：設定資料值，設定定時和振幅值。這些按鈕不需使用一系列功能表設定參數值，節約了時間。

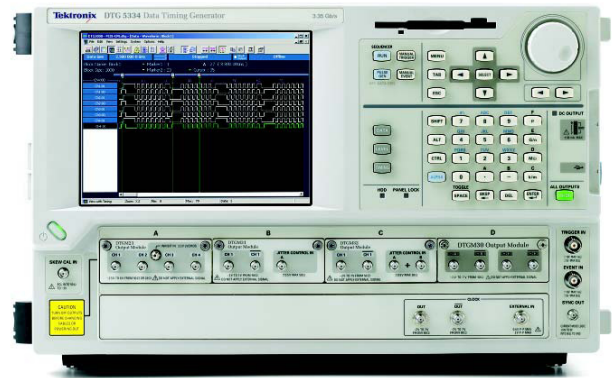


圖48. 高效能邏輯訊號源：TektronixDTG5334 資料定時產生器。

**Run/Stop Sequence**按鈕發起儲存的序列。假設特定條件已經生效，按這個按鈕可以導致碼型資料開始從主輸出連接器流出。正常情況下，假設的條件如下：存在一個觸發器 (由Manual Trigger按鈕或External Trigger輸入提供)；透過Output On/Off 按鈕啟動輸出。Output On/Off 按鈕一般用來在開發測試程式時關閉輸出訊號，防止資料發送到連接的DUT 上。

Menu/Navigation 鍵、滾動旋鈕和數位鍵盤用來開發程序。Menu/Navigation 鍵打開功能表，滾動旋鈕和數位鍵盤則可以方便地輸入數位資料，如定時值、二進位資料等等。

模組化輸出正變成滿足當前邏輯系列和匯流排結構各種 (不斷變化的) 電氣要求的首選解決方案。可以為某個邏輯系列的特定阻抗、電流和電壓參數優化各個模組，保證在感興趣的範圍內實現最高的準確度。此外，模組化輸出節約了不需要的模組的成本。儀器可以配備最少1個、最多32個輸出。

在前面板上看不到、但非常重要的一系列同步輸出。可以使用這些訊號，同步擷取儀器、DUT本身、甚至其他訊號產生器。注意，還為日常的同步任務提供了前面板Sync輸出。

### 效能指標和考慮因素

數位訊號產生器的許多效能參數與類比計數器部分的AWG和AFG相同。

#### 資料速率

資料速率是指數位訊號產生器可以輸出整個二進位資訊週期的速率。週期內的實際資料位元可能會、也可能不會改變狀態。週期邊界之間的時間決定著資料速率，其單位為每秒百萬位元或每秒十億位元。

#### 碼型深度

與AWG的儲存深度一樣，碼型深度決定著為支援碼型產生可以儲存的資料量。記憶體越深，可以儲存的碼型變化越多。數位訊號產生器依靠排序技術，建立幾乎無限個碼型字組合。

#### 上升時間/下降時間

上升時間或下降時間是指脈衝邊緣轉換到與其當前位準相反的狀態所需的時間。某些數位訊號產生器允許這一參數根據不同的邏輯系列需求變化。

#### 位準 (定時) 解析度

位準 (定時) 解析度是指邊緣、週期時間或脈寬可以改變的最小時間增量。



## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 輸出通道數量

數位碼型訊號產生器與類比計數器部分不同，一般會一次驅動多個DUT 輸入。一個數位裝置或匯流排可能會要求訊號產生器提供8個、16個或更多的輸出。儀器為把這些訊號彙聚到多個組中提供了一種方式，在這些組中，可以作為一個整體處理多個訊號。一個常見實例是把所有位址訊號分配到一組中，把所有資料訊號分配到另一組中，把Write Enable訊號分配到第三組中。透過這種方式，可以在極限測試中，一次降低所有位址線路上的電壓。

#### 排序

排序是產生數位碼型的基礎。透過使用電腦指令 (如跳躍和迴圈)，訊號產生器內置排序器可以在許多分散定義的碼型資料區塊中切換。一個資料區塊是可重用的某種指定長度的段，如512個週期。這產生了數量龐大的變化，可以用來對數位裝置全面執行測試。

#### 整合編輯器

為了能夠編輯數位碼型，要求使用編輯工具。某些高效能數位訊號產生器提供了整合編輯功能，而不需要使用外部電腦和編輯器。這些編輯器可以簡便地同時設定時脈流和資料流程，在儀器螢幕上提供波形視圖。另外，表格編輯器採用使用者熟悉的試算表格式，可以使用常用的剪切和粘貼編輯技術構建碼型。

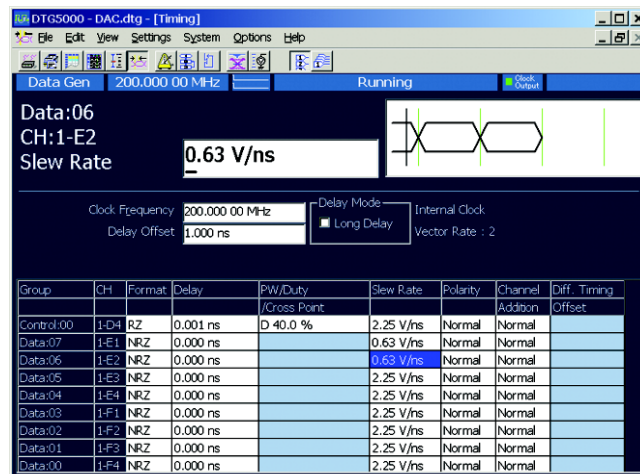


圖49. 編輯/控制螢幕。

#### 資料導入功能

當前的數位碼型訊號產生器可以從EDA 系統和其他儀器中導入數位碼型。這為設計檢驗提供了重要的輔助工具，因為使用者不需要為檢驗原型專門開發碼型，省去了耗時的步驟。

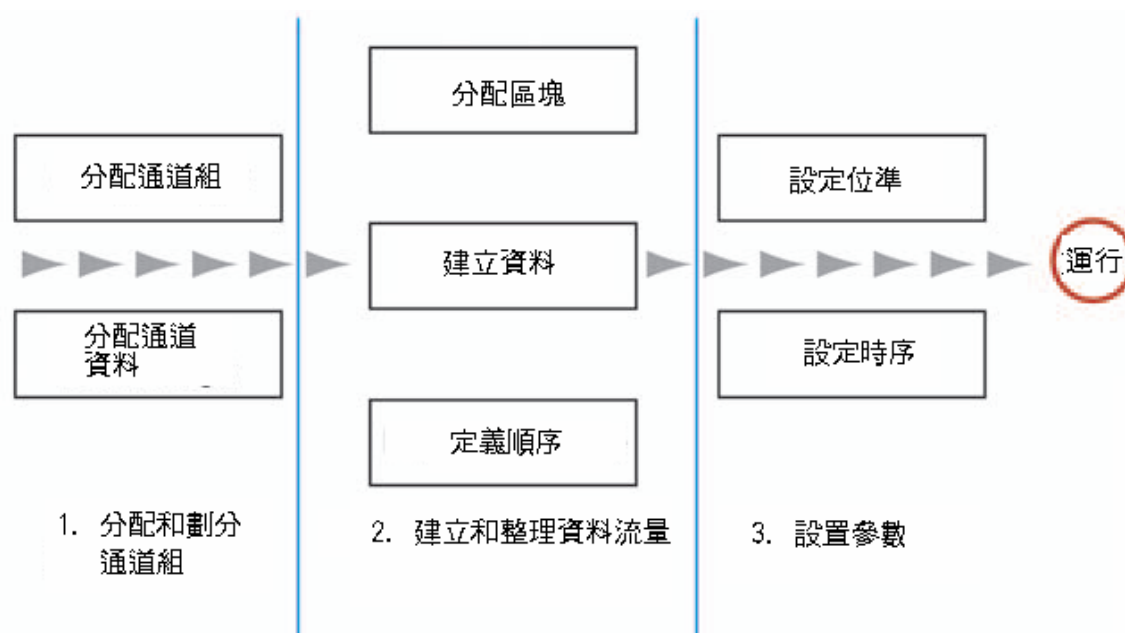


圖50. 使用邏輯訊號源建立數位訊號的步驟。

### 使用邏輯訊號源建立波形

開發用於數位激勵碼型的「波形」要求的程式不同於模擬領域。在高效能邏輯訊號源中，這一流程需要定義幾組類似的訊號，應用時脈和資料碼型，設定邏輯位準。

圖49 是DTG5000 系列的電壓編輯螢幕圖。圖50 是匯總了使用邏輯訊號源建立數位激勵訊號所需的各個步驟的簡化流程圖。

為滿足數位裝置不斷發展的需求，邏輯訊號源可以劃分資料通道組，與裝置的輸入和輸出針腳相匹配。透過這種方式，儀器記憶體中儲存的資訊可以分配到選擇的輸出通道中。大多數數位DUT 將有幾組時脈、位址和資料針腳，這些針腳可以映射到邏輯訊號源中同等的通道組。這一結構可以簡便地一次改變整組針腳值，如電壓或延遲，而不是一次改變一個針腳值。

下一步是建構成序列的碼型「塊」。一個塊是選擇長度的碼型突發，如1024位。正常方法是建立在測試序列推進時可以用於各種組合中的一批塊。

在定義相應數量的塊後，必須使用資料填充塊。某些邏輯訊號源提供了典型格式的預先定義的碼型庫，如「Walking Ones,」「Checkerboard,」「Grey Code」等等。透過交替包含不同碼型的塊，可以使用數量龐大的碼型變化測試DUT極限。內置序列編輯器有助於完成這一任務。序列編程只需使用塊順序、重複數量及跳躍和Go To 語句等條件相關指令填表即可。

建立訊號的最後一步是指定應用到DUT 的邏輯電壓和定時條件。當前世界上有許多不同的邏輯裝置系列，同時驅動位準有許多不同的要求。幸運的是，當前的高級數位訊號產生器提供了預先配置的設定，滿足了這些需求（使用者編程設定也成為可能）。其他變數包括端接阻抗和端接電壓、資料格式（RZ、NRZ等）、時脈頻率、邊緣延遲等等。簡單的表格再次為輸入這些資料提供了簡單的途徑。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### 總結

許多工程師把疑難排解和設計檢驗等任務看作純粹的「量測」挑戰，隨即會把示波器或邏輯分析儀看成解決問題的整個方案。但是，這些擷取儀器在工作中有一個重要的配套儀器：激勵儀器－訊號產生器。

激勵和擷取儀器相結合，構成了完整的解決方案，可以使用複雜的實際環境訊號驅動待測裝置，擷取得到的輸出結果。示波器是擷取使用的行業標準工具。但只有透過訊號產生器，工程師才能真正控制進入裝置的訊號。

此外，通常還必須有效控制裝置的輸出。類似的，訊號產生器使餘量測試和檢定成為可能。在處理訊號產生器和示波器或邏輯分析儀時，工程師可以探索設計效能的極限，使用訊號產生器引入故意的極限條件、使用示波器量測結果，或在發生數位錯誤時使用邏輯分析儀擷取資料。

訊號產生器和擷取儀器相結合，從磁碟機設計到電信一致性測試，提供了完整的量測解決方案。

## 詞彙表

**偏差**— 波形中的過激量或下沖。

**捷變性**— 迅速乾淨地從一個頻率轉變到另一個頻率的能力。

**假訊號**— 把失真轉換產物插入感興趣的頻率範圍內。振幅— 量級或訊號強度。在電子裝置中，振幅通常是指電壓或功率。

**振幅調變 (AM)**— 一種類比調變，其中振幅變化把低頻資訊嵌入到高頻載波訊號中；最常用於廣播通訊中。

**振幅解析度**— 參見垂直解析度。

**幅移鍵控 (ASK)**— 一種數位調變，其中數位調變訊號會導致輸出頻率在兩個振幅之間開關。

**類比訊號**— 電壓連續變化的訊號。

**模數轉換器 (ADC)**— 把連續的類比訊號轉換成成比例離散二進位(數位)值的一種數位電子裝置。

**任意波形**— 根據每個人的優先次序或方便情況、而不是根據訊號產生器固有特點定義的波形。

**任意波形/函數產生器 (AFG)**— 產生標準形狀的穩定波形的類比/混合訊號產生器。

**任意波形產生器 (AWG)**— 可以在記憶體中建立任意模擬訊號輸出的一種類比/混合訊號產生器；根據儲存的數位資料提供波形的完善的播放系統，這些數位資料描述了AC 訊號不斷變化的電壓位準。

**衰減**— 在從一個點傳送到另一個點期間，訊號振幅下降。

**頻寬**— 一個頻率範圍，通常限於-3 dB。

**資料區塊**— 選擇長度的碼型突發，如1024 位，其構成了邏輯訊號源輸出的數位序列。

**檢定**— 使用訊號產生器確定裝置、設備或系統工作極限的一種常見應用；活動中包括極限測試或餘量測試的一種應用。

**時脈產生器**— 只能輸出矩形波的一種訊號產生器；主要作為時脈源使用。

**時脈速率**— 參見取樣速率。

**互補輸出**— 使用兩條訊號路徑傳送相同振幅、其中一條訊號路徑相反的同訊號副本的輸出。

**連續模式**— 訊號產生器內部的一種工作模式，輸出立即開始，從波形或序列開頭起，一直重複到關閉。

**游標**— 螢幕上的標記，可以使用他與波形對準，進行更加精確的量測；在訊號產生器中，游標用來在可以改變波形的訊號之間選擇一個波形區域。

**衰減正弦波**— 一種正弦波，其中電路從一個脈衝振盪，然後隨著時間推移逐漸結束。

**資料碼型產生器**— 產生一條或多條數位碼型流的一種訊號產生器；也稱為碼型產生器或資料產生器。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

**資料速率**—資料速率是指數位訊號產生器可以輸出整個二進位資訊週期的速率，單位通常為每秒百萬位元或每秒千百萬位元。

**DC 準確度**—設定電壓和實際輸出電壓之差。

**延遲**—兩個類似的訊號之間的定時差；也稱為相移。

**延遲非歸零 (DNRZ)**—一種常用的數位碼型，其中在週期中發生有效位時在指定的時間延遲後波形會開關到「1」，仍然一直保持這一值，直到下一個週期邊界，其中假設週期從二進位「0」開始。

**待測裝置 (DUT)**—被量測的裝置；與待測單元 (UUT) 是同義詞。

**差分輸出**—使用兩條訊號路徑傳送相同振幅、其中一條訊號路徑相反 (相互量測振幅、且沒有接地) 的同一訊號副本的輸出。

**數位碼型**—構成寬8位、12位、16位元或更高位的資料「字」的多條同步脈衝流。

**數位訊號**—使用離散二進位數位字表示電壓樣點的訊號。

**數位波形產生器**—輸出數位碼型的一種訊號產生器；也稱為邏輯訊號源。

**數模轉換器 (DAC)**—把離散的二進位值轉換成電子訊號的數位電子裝置。

**直接數位合成 (DDS) 技術**—使用單一脈率頻率產生儀器範圍內任何頻率的一種波形合成技術；決定著樣點在訊號產生器記憶體中輸出時脈的速率。

**失真**—電路實際情況的產物，如分散式電容、串擾等。

**占空比**—高低時間間隔長度不等的波或脈衝變化；脈沖正值時長與負值時長或零值時長之比。

**公式編輯器**—訊號產生器內部的一個整合式數學工具，可以輸入變數和運算子。然後儀器會檢查語義，彙編和儲存得到的波形。

**事件輸入**—與訊號產生器排序功能一起使用。在收到事件輸入訊號 (TTL邏輯訊號) 時，訊號產生器將跳到序列中的下一行或下一個波形。

**下降時間**—脈衝邊緣轉換到與其當前位準相反的狀態所需的時間；在上升時間中是從低位準轉換到高位準，在下降時間時是從高位準轉換到低位準。

**濾波**—訊號產生器從訊號中去掉選擇的頻段的過程；可以用來防止DUT輸出中發生不想要的假訊號失真。

**平坦度**—輸出正弦波時位準隨著輸出頻率變化的程度。

**頻率**—訊號在一秒內重複的次數，用赫茲表示 (每秒週期數)。頻率等於1/週期。

**頻率調變 (FM)**—一種類比調變，其中頻率變化把低頻資訊嵌入到高頻載波訊號中；最常用於廣播通訊中。

**頻移鍵控 (FSK)**—一種數位調變，其中載波在兩個頻率之間開關，即中心頻率和偏置頻率。

**函數產生器 (FG)**—一種輸出基本波的訊號產生器，如正弦波或矩形波。

**千兆赫 (GHz)**— 1,000,000,000 赫茲；一種頻率單位。

**突波**—電路或波形中間歇性的高速誤差。

**圖形編輯器**—訊號產生器中的一個整合工具，可以構建和查看波形表示；然後可以彙編並把得到的資料點儲存在波形記憶體中。

**位準解析度**—建立波形可以使用的最小時間增量；可以改變邊緣、週期時間或脈寬的最小時間增量。

**位準系統**—在訊號產生器內部，透過控制取樣速率規定輸出訊號頻率的系統。

**整合編輯器**—訊號產生器內部的整合式編輯工具，可以在時間和振幅上簡便地編輯和修改波形。

**碼間干擾**—由於前一個週期中的訊號狀態影響而導致的一個週期內的訊號失真或改動。

**抖動**—一種減損，表明週期或頻率沒有穩定。

**千赫 (kHz)**— 1,000 赫茲；一種頻率單位。

**邏輯分析儀**—用來在量測期間查看多個數位訊號的邏輯狀態的儀器；分析數位資料，可以把資料表示為即時軟體執行、資料流程量值、狀態序列等的儀器。

**邏輯訊號源**—一種輸出數位碼型的訊號產生器，如脈衝或碼型產生器。

**餘量測試**—使用訊號產生器透過減損（如抖動和定時超限）測試裝置、設備或系統極限的應用，以確定其工作極限，也稱為極限測試。

**標記**—與主輸出分開的訊號產生器的輔助輸出；可以作為DUT觸發訊號的輔助數位通道；可以用來輸出串列數位碼型的輔助數位通道。

**標記輸出**—一種數位輸出，提供了與主類比輸出訊號同步的二進位訊號，其一般從獨立於主波形記憶體的儲存器中推導得出。

**兆赫 (MHz)**— 1,000,000 赫茲；一種頻率單位。

**每秒兆樣點 (MS/s)**—一種取樣速率單位，等於每秒100萬樣點。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

**儲存深度**— 建立訊號記錄使用的波形點數，決定著模擬/混合訊號產生器可以儲存的最高波形資料數量 (等於時間)。

**微秒 (μs)**— 一種時間單位，等於0.000001秒。

**毫秒 (ms)**— 一種時間單位，等於0.001秒。

**混合訊號產生器**— 一種訊號產生器，如任意波形產生器或任意波形/函數產生器，同時輸出類比波形和數位碼型。

**被調變訊號**— 振幅、相位和/或頻率變化把低頻資訊嵌入到高频載波訊號中的訊號。

**奈秒 (ns)**— 一種時間單位，等於0.000000001秒。

**雜訊**— 電路中不想要的電壓或電流。

**非歸零 (NRZ)**— 一種常用的數位碼型，在週期中發生有效位元時，波形開關到「1」，並保持這一值，直到下一個週期邊界，其中假設週期從二進位「0」開始。

**內奎斯特取樣定理**— 這一定理規定，取樣頻率或時脈速率必須至少是被取樣訊號中最高頻率成分的兩倍，以保證精確地複現訊號。

**偏置**— 同時包含AC值和DC值的訊號中的DC成分；電路接地和訊號振幅中心之間的電壓。

**偏置位準**— 波形從零或接地位準的垂直位移 (單位為伏特)。

**輸出訊號**— 已經載入到記憶體中、並分配運行命令的波形、碼型或序列檔；透過前面板輸出連接器傳送的訊號。

**並行數位輸出**— 一種數位輸出，從與訊號產生器主類比輸出相同的記憶體中獲得數位資料，儲存類比輸出上出現的波形樣點值的同等數位值。

**碼型**— 參見數位碼型。

**碼型深度**— 建立訊號記錄使用的波形點數量，決定著邏輯訊號源為支援碼型產生可以儲存的最高資料量 (等於時間)。

**碼型編輯器**— 訊號產生器內部的一種整合編輯工具，可以同時在時間和振幅上改變和編輯碼型。

**碼型產生器**— 產生多條通道數位碼型的一種邏輯訊號源；也稱為資料產生器。

**峰值 (V<sub>p</sub>)**— 從零參考點上測得的最大電壓位準。

**峰到峰值 (V<sub>p-p</sub>)**— 從訊號的最大值到最小點測得的電壓。

**週期**— 波結束一個週期所需的時間。週期等於1/頻率。

**相位**— 從一個週期開始到下一個週期開始經過的時間，單位為度。

**相位調變 (PM)**— 一種類比調變，其中相位變化把低頻資訊嵌入到高频載波訊號中；最常用於廣播通訊中。

**相移**— 兩個類似的訊號之間的定時差，也稱為延遲。

**相移鍵控 (PSK)**— 一種數位調變，其中數位調變訊號會輸出頻率在兩個相位設定之間開關。

**極性**— 相對於零或接地位準的電流流動方向；通常是指波形的開始方向，可以是正，也可以是負。



**偽隨機碼流 (PRBS)**—一個序列集合，由表現為隨機的、但後面跟著可以預測的數學碼型、以隨機速率重複的數位流組成；用來在數位系統中建立隨機雜訊。

**偽隨機字流 (PRWS)**—一條字流，定義了如何在訊號產生器的所有並行輸出中表示多條偽隨機碼流，通常用來測試串列器或複用器。

**脈衝**—一種常用的波形形狀，具有快速上升邊緣、寬度和快速下降邊緣。

**脈衝碼型產生器**—一種邏輯訊號源，可以驅動來自少量輸出的方波或脈衝流，頻率通常非常高。也稱為脈衝產生器。

**脈衝定時產生器**—與脈衝產生器類似，但增加了對脈衝定時的控制，如延遲和通道間偏移。可能還包括輸出訊號電壓和上升時間的參數控制。

**脈衝串**—一起傳送的脈衝集合。

**脈寬**—脈衝從低到高、再回到低所需的時間，傳統上在50% 的全部電壓上測得。

**脈寬調變 (PWM)**—一種數位調變，其中調變訊號導致脈衝和活動脈寬變化，僅適用於脈衝波形；通常用於數位音訊系統中。

**正交 (IQ) 調變技術**—一種調變類型，其中透過一條通道組合和傳輸兩個載波，即同相 (I) 波形和正交相位 (Q) 波形，然後在接收端分開和解調；常見於當前的無線通訊網路中。

**鋸齒波**—以恒定速率變化的正弦波電壓位準之間的轉換。

**記錄長度**—建立一條訊號記錄使用的波形點數量，在模擬/混合訊號產生器中稱為儲存深度，在邏輯訊號源中稱為碼型深度。

**矩形波**—開關特點與方波類似的一種波，但高低時間間隔長度不等。

**區域位移**—類比/混合訊號產生器內部的一種功能，向左或向右、朝向或背離編程的中心值位移指定的波形邊緣，從而可以建立超過儀器解析度的類比抖動條件及其他微小的邊緣位置變化。

**複現**—開發訊號產生器使用的波形的一種方法，其中需要在示波器上擷取已有的訊號，然後將其發送到訊號產生器進行複現。

**歸一 (R1)**—一種常見的數位碼型，在出現有效位後波形開關到「0」，然後在同一週期內開關回到「1」，其中假設週期從二進位「1」開始；RZ 的倒數。

**歸零 (RZ)**—一種常見的數位碼型，在出現有效位後波形開關到「1」，然後在同一週期內開關回到「0」，其中假設週期從二進位「0」開始。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

**上升時間**— 脈衝邊緣轉換到與其當前位準相反的狀態所需的時間；在上升時間中是從低位準轉換到高位準，在下降時間時是從高位準轉換到低位準。

**取樣**— 使用樣點或資料點定義訊號的流程，這些樣點或資料點沿著波形斜率表示一系列電壓量測。

**樣點**— 沿著波形斜率表示一系列電壓量測的資料點；計算波形點使用的ADC 提供的原始資料。

**取樣速率**— 類比訊號發動機/混合訊號產生器輸出整個波形週期的速率，通常用每秒兆樣點或千兆樣點表示；也稱為時脈速率或取樣頻率。

**鋸齒波**— 電壓在每個週期中緩慢均勻地上升到波峰，然後迅速下降的波。

**螢幕**— 產生可視碼型的顯示幕的表面- 顯示區域。

**序列編輯器**— 訊號產生器內部的整合工具，其中包含電腦類編程指令 (跳躍、迴圈等)，這些指令裝在與波形記憶體分開的序列記憶體中，會導致指定波形記憶體段重複。

**順序重複計數器**— 排序流程中使用的一種控制機制，用來確定操作週期數量及其出現的順序。

**排序**— 訊號產生器在儀器的記憶體中儲存大量的「虛擬」波形週期，並根據序列編輯器指令進行重複，從而建立幾乎長度不受限制的波形的過程。

**訊號保真度**— 精確地重建訊號，取決於激勵或擷取儀器的系統和效能因素。

**訊號調變**— 訊號振幅、相位和/或頻率變化把低頻資訊嵌入到高頻載波訊號中的過程。

**訊號源或訊號產生器**— 用來把訊號注入電路輸入中的測試設備；然後示波器或邏輯分析儀讀取電路的輸出；也稱為訊號產生器。

**模擬或仿真**— 訊號產生器輸出波形，模擬裝置輸出，以用來測試其他裝置的一種技術。

**正弦波**— 以數學方式定義的一種常見的曲線波形。

**單端輸出**— 使用一條路徑相對於接地傳送訊號的一個輸出。

**斜率**— 在圖表或儀器螢幕上，垂直距離與位準距離之比。正斜率會從左向右提高，負斜率則從左向右下降。

**無雜散訊號的動態範圍 (SFDR)**— 訊號產生器規定的最大訊號位準功能與雜訊之比。

**方波**—由重複的方形脈衝組成的一種常見波形；以固定間隔在兩個固定電壓位準之間開關的電壓。

**階躍**—電壓突然變化的波形。

**置入**—訊號產生器使用的一種波形建立方法，其中需要建立和/或修改定義的訊號，代替不可用的電路中提供的訊號。

**掃描產生器**—可以在指定時間週期內改變訊號頻率（一般是正弦波）的一種函數產生器。

**掃描正弦波**—在某段時間週期內提高頻率的一種正弦波。

**表格編輯器**—邏輯訊號源內的整合工具，使用類似電子表格的格式，採用常用的剪切和粘貼技術建立碼型。

**定時編輯器**—邏輯訊號源內的整合工具，允許設定時脈流和資料流程，在儀器螢幕上查看波形視圖。

**定時解析度**—參見位準解析度。

**變換器**—把特定物理量（如聲音、壓力、應力或光強度）轉換成電訊號的一種設備。

**三角波**—電壓的上升時間和下降時間對稱的波。

**觸發**—一個外部訊號或前面板按鈕，告訴訊號產生器什麼時候開始輸出指定的訊號。

**觸發位準**—外部觸發輸入訊號啟動儀器操作要求的最小輸入值，用+ 或- 伏特表示。

**觸發系統**— 在訊號產生器內部，規定儀器將開始驅動訊號直到輸出的條件的一種系統，其中假設其沒有採用連續模式運行。

**待測單元 (UUT)**—要量測的單元，是待測裝置 (DUT) 的同義詞。

**檢驗**—使用訊號產生器確定裝置、設備或系統是否以預測方式操作及是否滿足行業標準的常見應用。

**垂直系統**—在訊號產生器內部，定義了輸出訊號的振幅和偏置位準的系統。

**垂直解析度**—訊號產生器內可以編程的最小電壓變化增量；儀器DAC 的二進位字寬度（單位為位元），決定著複現波形的振幅準確度和失真。

**伏特**—電位差的單位。

**電壓**—兩點之間的電位差，用伏特表示。

**波**—隨著時間推移而重複的模式通用說法。常見類型包括：正弦波、方波、矩形波、鋸齒波、三角波、階躍、脈衝、週期波、非週期波、同步波、非同步波。

**波形**—以圖形方式表示波的行為及其隨時間變化情況。

**波形點**—一個數位值，表示特定時點上的訊號電壓，從樣點中計算得出，儲存在記憶體中。

## 深入瞭解訊號產生器

### 入門手冊

#### Tektronix提供的其他入門手冊：

使用任意波形產生器建立無線訊號  
串列發射器和接收器量測設計人員指南  
為任意波形產生器增加價值白皮書  
瞭解訊號產生器方法技術簡介  
即時頻譜分析基礎  
DVB-T和DVB-H 中的RF量測  
SDRAM記憶體基礎  
時間分析基礎  
訊號完整性基礎  
檢驗訊號完整性設計人員配套讀物  
簡化設計檢驗配套讀物  
數位串列分析：系統檢驗概述  
PCI Express量測介紹  
串列資料一致性測試和檢驗量測基礎知識  
高速差分資料信令和量測  
高速互連：檢定和建立基於量測的模型  
標清和高畫質數位視訊量測指南

[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

示波器  
邏輯分析儀  
訊號產生器  
通訊測試設備  
視頻測試設備  
探棒  
配件  
校準和其他服務方案  
其他測試和量測設備

**Tektronix 聯絡方式：**

東南亞國協/大洋洲 (65) 6356 3900  
奧地利 00800 2255 4835\*  
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777  
比利時 00800 2255 4835\*  
巴西 +55 (11) 37597600  
加拿大 1 800 833 9200  
中東歐、烏克蘭及波羅的海諸國 +41 52 675 3777  
中歐與希臘 +41 52 675 3777  
丹麥 +45 80 88 1401  
芬蘭 +41 52 675 3777  
法國 00800 2255 4835\*  
德國 00800 2255 4835\*  
香港 400 820 5835  
印度 000 800 650 1835  
義大利 00800 2255 4835\*  
日本 81 (3) 67143010  
盧森堡 +41 52 675 3777  
墨西哥、中/南美洲與加勒比海諸國 (52) 56 04 50 90  
中東、亞洲及北非 +41 52 675 3777  
荷蘭 00800 2255 4835\*  
挪威 800 16098  
中國 400 820 5835  
波蘭 +41 52 675 3777  
葡萄牙 80 08 12370  
南韓 001 800 8255 2835  
俄羅斯及獨立國協 +7 (495) 7484900  
南非 +41 52 675 3777  
西班牙 00800 2255 4835\*  
瑞典 00800 2255 4835\*  
瑞士 00800 2255 4835\*  
台灣 886 (2) 2656 6688  
英國與愛爾蘭 00800 2255 4835\*  
美國 1 800 833 9200

\* 歐洲免付費電話，若沒接通，請撥：+41 52 675 3777

最後更新日 2011 年 2 月 10 日

若需進一步資訊，Tektronix 維護完善的一套應用指南、技術簡介和其他資源，並不斷擴大，幫助工程師處理尖端技術。請造訪 [www.tektronix.com.tw](http://www.tektronix.com.tw)



Copyright © Tektronix, Inc. 版權所有。Tektronix 產品受到已經簽發及正在申請的美國和國外專利的保護。本文中的資訊代替以前出版的所有資料。技術規格和價格如有變更，恕不另行通知。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc 的註冊商標。本文提到的所有其他商標均為各自公司的服務標誌、商標或註冊商標。

2013 年 9 月 9 日

76T-16672-5

**Tektronix 台灣分公司**

**太克科技股份有限公司**

114 臺北市內湖堤頂大道二段 89 號 3 樓

電話：(02) 2656-6688 傳真：(02) 2799-1158

太克網站：[www.tektronix.com.tw](http://www.tektronix.com.tw)

**Tektronix®**