

# 歡迎來到示波器武道館——朝觸發功夫大師之路邁進

■ Keysight 是德科技供文

## 觸發到底有多重要？

按理說，示波器最重要的功能是其信號觸發能力。這項我們視為理所當然，或是有更新功能出現就被忽視的功能，其實是示波器顯示可用信號的基本功能。大部分人可能都曾有這樣的經驗：面前擺著一台類比示波器，看著綠色線條以一種無法理解的方式，在螢幕上閃閃爍爍。隨著觸發技術日益進化，現今的數位示波器已不太常看到這種現象。儘管如此，示波器還是會有像圖 1 所示的「鬼影」等效應，使得系統除錯變得十分棘手。本文首先探討觸發的運作原理，接著介紹未被善加利用的觸發功能。之後，您便可晉級為觸發功夫大師了。

## 觸發是什麼？如何運作？

簡言之，示波器的觸發邏輯會告知示波器何時開始進行觸發。以標準信號

緣觸發來說，觸發邏輯只是一種具備使用者指定臨界值位準的比

圖 1: 因信號雜訊及不當觸發設定所導致的波形「鬼影」

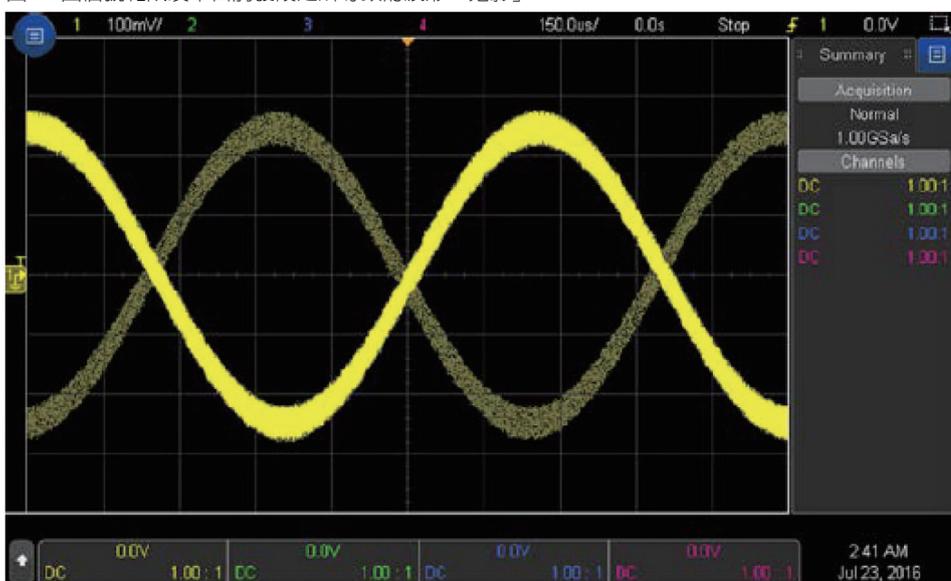
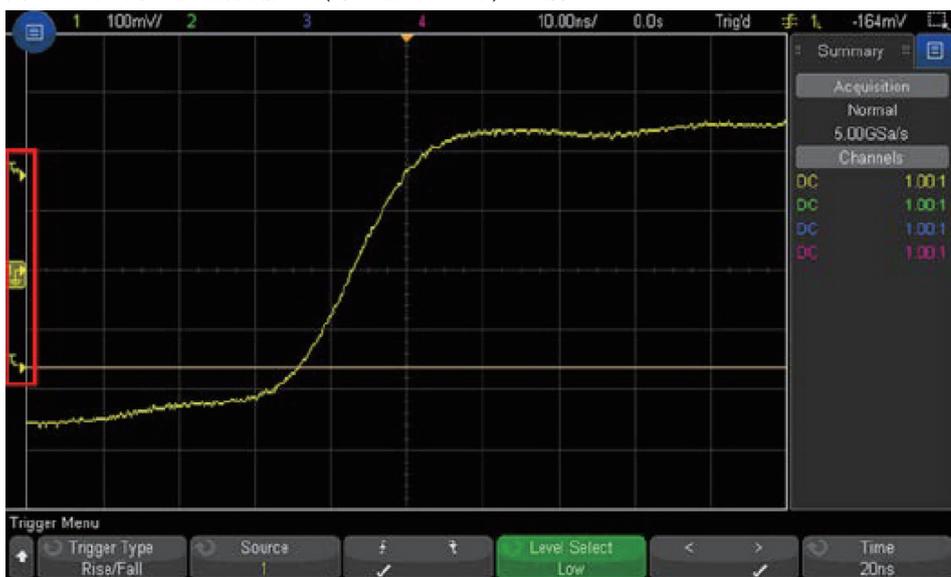


圖 2: 上升時間是透過兩個臨界值 (示波器螢幕左側) 予以觸發



較電路 (comparator)。輸入信號若由下往上 (或由上往下) 與指定臨界電壓交越, 則示波器會開始觸發並且顯示資料。在示波器圖形操作介面中, 此臨界值也常稱作「觸發位準」。如果是更複雜的信號, 可能會有或多個相關臨界值, 但其邏輯也會比單純的比較電路更加複雜。舉例而言, 「上升時間」觸發可能有一低一高的兩個臨界值, 您可指定上升時間計算起始點 (參見圖 2)。

了解這些臨界值如何運作, 只是成為示波器觸發大師的第一步。我們來看看一些有助於加速信號量測的其他示波器功能。

## 自動與正常觸發的比較

您嘗試觸發的信號是否不常出現? 如果是, 請考慮將將示波器從「自動」觸發模式切換到「正常」觸發模式。在自動模式中, 示波器會等到指定的時間才進行觸發, 即使找不到

有效觸發事件也會觸發。在第一次探量電路時, 或在電路板上到處點測時, 自動模式非常實用, 因為您可立即深入洞察信號, 並可依此調整示波器設定值。不過, 如果很久才出現一次觸發事件, 等待時間超出了示波器的「等待」期, 則示波器將混合執行有效觸發與自動觸發。為了避免這種現象, 請將示波器調到正常模式, 以告知示波器持續等待有效的觸發事件, 並且只在出現觸發事件時才顯示資料。您需正確設定示波器, 以便擷取並

檢視觸發的信號 (這是自動模式的便利之處! )。

## 觸發耦合

您可能知道可開啓交流耦合模式以進行信號擷取, 但您是否知道這項功能也可用來觸發電路? 您甚至可將示波器設成直流耦合模式, 並且在交流耦合模式下進行觸發, 如此可在觸發路徑中添加 10 Hz 高通濾波器, 以消除任何的直流偏移電壓 (此頻率適用於 Keysight InfiniiVision 示波器, 您的示波器可能適用不同的頻率)。請注意, 這只是用來進行觸發, 因此您仍然可以在示波器螢幕上查看直流電壓。是否跟您預期的結果截然不同? 請試著開啓「低頻拒斥」, 此設計旨在將低頻雜訊從觸發路徑濾除。它同時也是高通濾波器, 但其轉角頻率 (-3 dB) 為 50 kHz, 而不是 10 Hz。交流耦合只會濾除直流偏移與極低頻雜訊, 而「低頻拒斥」可濾除低頻雜訊部分, 例如電源線產生的低頻雜訊。

如果這與您需要的恰好相反, 而且您無法濾除高於 50 kHz 的雜訊, 請嘗試改用「高頻拒斥」, 以便開啓觸發路徑上的低通濾波器, 不僅可濾除高頻雜訊, 還可進行更穩定的觸發。

或許您想濾除的雜訊, 具有比示波器「頻率拒斥」功能更高或更低的頻率成分, 而且螢幕上還是會出現鬼影。此時, 您必須運用一點創意, 例如嘗試使用良好的「雜訊拒斥」。雜訊拒斥是令人驚訝的

實用工具, 可單純地增加觸發電路的滯後 (hysteresis) 現象。以下簡單介紹觸發滯後。

## 觸發滯後的效應

在查看滯後現象時, 為了簡化起見, 我們回頭探討信號緣觸發的範例。觸發電路中的比較電路, 具有可以讓觸發穩定的「磁滯寬度」。示波器會以擁有兩個臨界值的方式運作, 而非僅具備比較電路的一個特定臨界值。舉例而言, 若示波器以 1 V 的觸發位準來觸發上升信號緣, 則信號會從 0.9 V 上升到 1 V, 以利示波器觸發。但這樣不足以讓信號完全從 1.01 V 降到 0.99 V, 然後再回到 1.01 V。因此我們刻意產生一些滯後現象, 以濾掉不想要的觸發事件。

另一種檢視方式要求必須真的存在信號緣, 不可以只是小小的壓降。一般而言, 這種滯後現象與示波器的垂直刻度調整有關。Keysight InfiniiVision 示波器的滯後現象為 0.4 個垂直格。所以, 每格 1 V 的滯後寬度為 0.4 V 高。但每格 10 V 的滯後寬度為 4 V。如此可確保您能獲得有效的觸發, 而且螢幕中不再出現鬼影。

但是, 這樣還不夠, 您還需要一些其它工具。比方說, 您可能使用鉤鉗式電流探棒, 或處於雜訊極高的環境中。這時, 您會想要使用「雜訊拒斥」, 以增加觸發電路中的滯後現象, 進而消除不想要的觸發。不過, 這意味著, 您 (在螢幕上) 需要更大的信號, 才能任意

執行所有觸發。

得到的效益：若要在示波器上查看觸發滯後的效應，請將示波器調為「上升或下降信號緣」觸發模式，並且留意信號緣不會與螢幕極中心處完美對準。信號緣會稍微偏右，因為示波器必須調整上升與下降兩信號緣的磁滯寬度。若只是設定為觸發一個信號緣或另一個信號緣，則螢幕中心點上面或下面的滯後現象遭到吸收，而且您將看不到這種效應。

## 觸發延滯

只談到進階觸發模式而不論延滯並不公平。延滯現象在類比示波器時代便已存在，而且在合適的環境下會非常實用。觸發延滯在查看數位叢發時額外有幫助，但也可用於任何週期信號。實質上，觸發延滯修改示波器之觸發的重新預觸時間。一般而言，示波器會試著儘可能快速地擷取資料。示波器在擷取時，會在其電路容許範圍內儘快地重新預觸並預備新的觸發事件（如需這方面的更多資訊，請搜尋「波形更新速率」）。但是，設定延滯值會告訴示波器要刻意等待比其在對觸發進行重新預觸前所需更長的時間。實用性在哪裡？以數位叢發為例，示波器將有可能恰好在叢發中間處對其觸發進行重新預觸。這意味著，螢幕上的信號將隨著示波

圖 3：觸發設定不當時的數位叢發

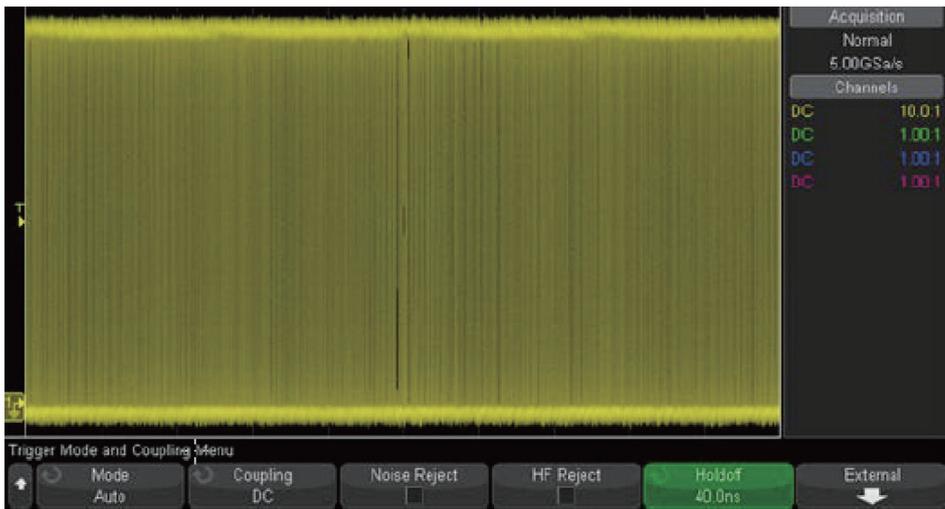
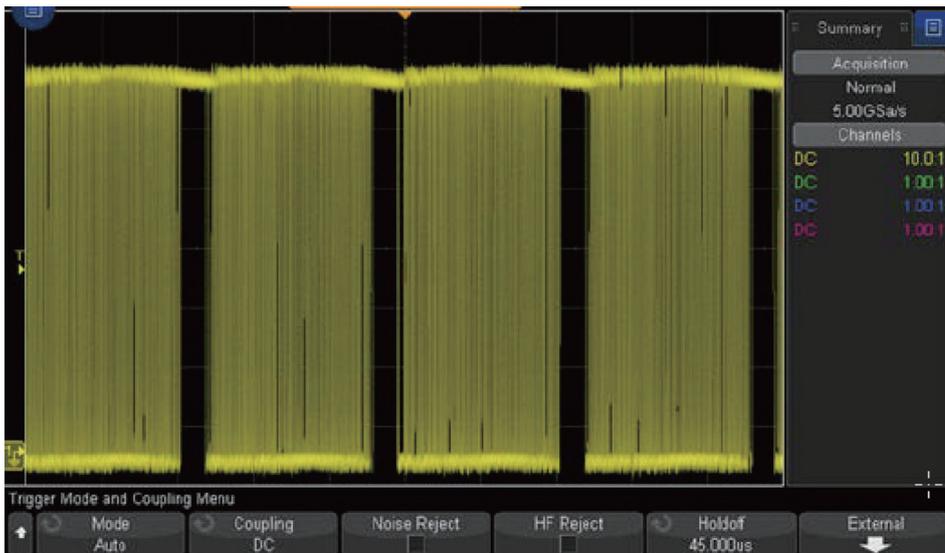


圖 4：如同圖 3 的信號，但觸發延滯設定正確



器觸發封包的不同部分而左右跳動（參見圖 3）。

然而，您如果要將觸發延滯設定為恰好低於封包的出現頻率，則始終會觸發封包中的第一個信號緣，而且波形將會穩定（參見圖 4）。延滯功能對於任何重複信號都會很實用，但大部分是用在數位匯流排與叢發。

## 外部觸發輸入

最後，如果以上都不符合您

的需求，您可使用來自另一信號源的外部觸發輸入來觸發示波器。這可能是另一個設備或來自裝置的另一個信號，請發揮創意！

## 您的觸發功夫進展到什麼程度了？

憑藉本文提供的資訊，您應該能夠克服造成觸發問題的可惱之事。將這些功能與示波器的進階觸發功能結合後，您應該能夠對任何信號上進行穩定、實用的觸發。CTA