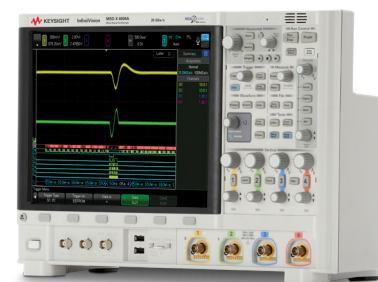


# 使用混合信號示波器 對混合信號設計進行除錯

## 簡介

現今基於微控制器（MCU）、FPGA 和數位信號處理器（DSP）的嵌入式設計，通常會含有類比與數位信號內容的組合。在過去，設計工程師會使用示波器和邏輯分析儀來進行混合信號嵌入式設計的測試與除錯。不過有一種稱為混合信號示波器（MSO）的量測工具，可為 MCU、FPGA 和 DSP 設計提供更好的除錯方式。

一起來了解混合信號示波器和其必要效能，以及它能夠為您的測試所提供的幫助吧。MSO 有幾個必須考量的重要規格：通道數量、頻寬和取樣率。符合這些要求非常重要，才能有效地在典型 MCU/FPGA/DSP 設計中監測各種類比和數位 I/O 信號。我們也會來了解 MSO 應具備哪一些混合信號觸發類型，才能對嵌入式設計進行有效的測試和除錯。



## 什麼是混合信號示波器（MSO）？

MSO 是一種混合式測試儀器，結合了數位存儲示波器（DSO）的所有量測功能（包含自動調整刻度、觸發遲滯、類比和數位通道無限持續時間及採樣/通道偏移校正）和邏輯分析儀的部分量測功能。利用 MSO，您可以在同一個顯示器上看到多個時序一致的類比和數位波形，如圖 1 的兩個示波器所示。雖然 MSO 缺乏許多進階數位量測功能和高階邏輯分析儀的大量數位擷取通道，但與傳統示波器和邏輯分析儀相比，在嵌入式設計的除錯應用上仍具備一些獨特優勢。

MSO 的主要優點之一，便是其操作方式。MSO 的操作和示波器大致相同。因為學習或重新學習使用邏輯分析儀需耗費大量時間，設計和測試工程師常會避免使用邏輯分析儀，即使是可能需要它來有效地為複雜設計除錯的時候也是如此。而就算工程師知道如何使用邏輯分析儀，在為特定量測進行設定需要的時間方面，設定邏輯分析儀常比設定示波器耗時太多。而且，邏輯分析儀的進階量測功能讓使用更加複雜，對目前許多 MCU、FPGA 和 DSP 設計而言也是太大才小用了。

示波器是研發環境中最常用的測試儀器。所有嵌入式硬體設計工程師都應對示波器的操作具備基本的知識，知道如何使用示波器進行混合信號嵌入式設計的基本信號品質和時序量測。但若是需要監測和測試多個類比與數位信號間的時序交互作用，2 通道和 4 通道示波器則通常不具備足夠的能力來進行量測。此時就是 MSO 派上用場的時候了。

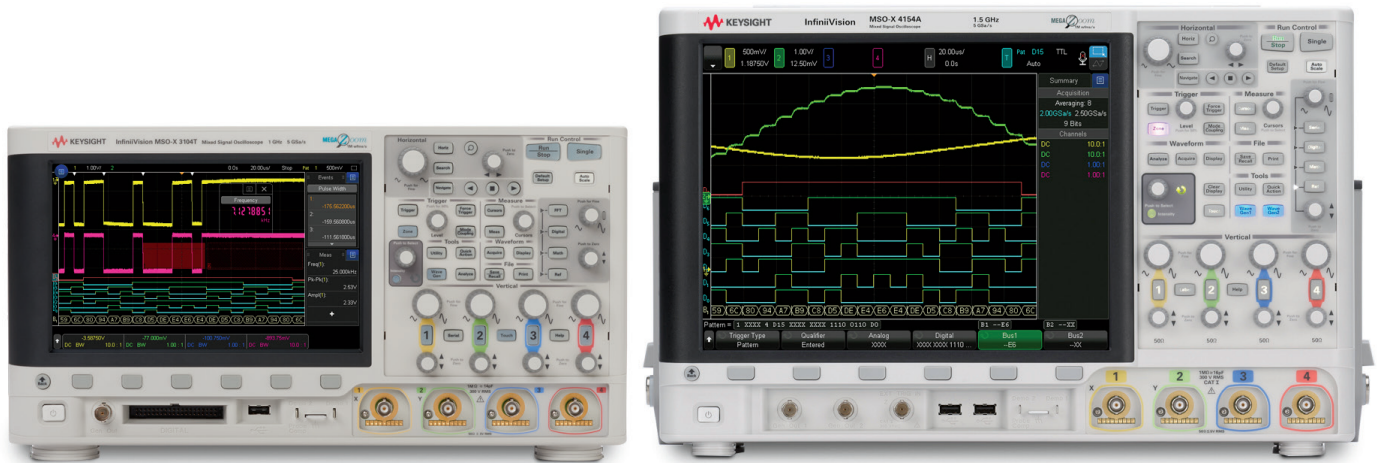


圖 1：Keysight InfiniiVision X 系列混合信號示波器（MSO）。



## 什麼是混合信號示波器（MSO）？（續）

由於 MSO 提供「剛好足夠」的邏輯分析儀量測功能，而且複雜度增加不多，因此常成為嵌入式設計除錯的適當工具。且如前所述，MSO 的操作方式與示波器相同。事實上，您可將 MSO 視為一種部分通道（類比）提供高垂直解析度（通常為 8 位元）的多通道示波器，並另有幾個通道（邏輯/數位）提供低解析度（1 位元）量測。與簡易連接而成的兩件式混合信號量測解決方案不同，真正高度整合的 MSO 應簡單易用，並提供高波形更新速率，且運作方式比較像示波器而不是邏輯分析儀。

波形更新速率是所有示波器的重要特性，可對儀器的好用與否造成直接影響。緩慢又遲鈍的示波器使用起來會讓人很崩潰，緩慢的響應也會限制其易用性。DSO 和 MSO 也是如此。這也代表著，當示波器廠商在 DSO 中加入邏輯擷取通道做成 MSO 時，不應犧牲波形更新速率，否則就會喪失傳統示波器的操作方式。以兩件式解決方案和/或外部邏輯分析儀為基礎，並透過外部通訊匯流排（例如 USB）連結的混合信號量測解決方案，通常反應很差且使用不易。使用高度整合硬體架構的 MSO 則一般反應較佳且容易使用。



如需與波形更新速率相關的詳細資訊，請下載是德科技應用說明《示波器波形更新速率決定擷取到飄忽信號的機率》（列於文件末）。

雖然在評估要購買哪一個 MSO 時的第一個步驟是比較各廠商實體和線上文件（產品規格書）中的功能和量測效能，但真正能評估儀器易用性和反應唯一的方法，仍是親自使用。

## 典型 MSO 量測應用與所需效能

雖然 MSO 是擷取類比數位轉換器（ADC）和數位類比轉換器（DAC）等混合信號裝置中類比與數位信號的好工具，但其用途也包含對含嵌入式位址和資料匯流排的 MCU/FPGA/DSP 混合信號設計進行驗證和除錯。圖 2 為典型混合信號嵌入式設計的方塊圖，其核心有一個微控制器。

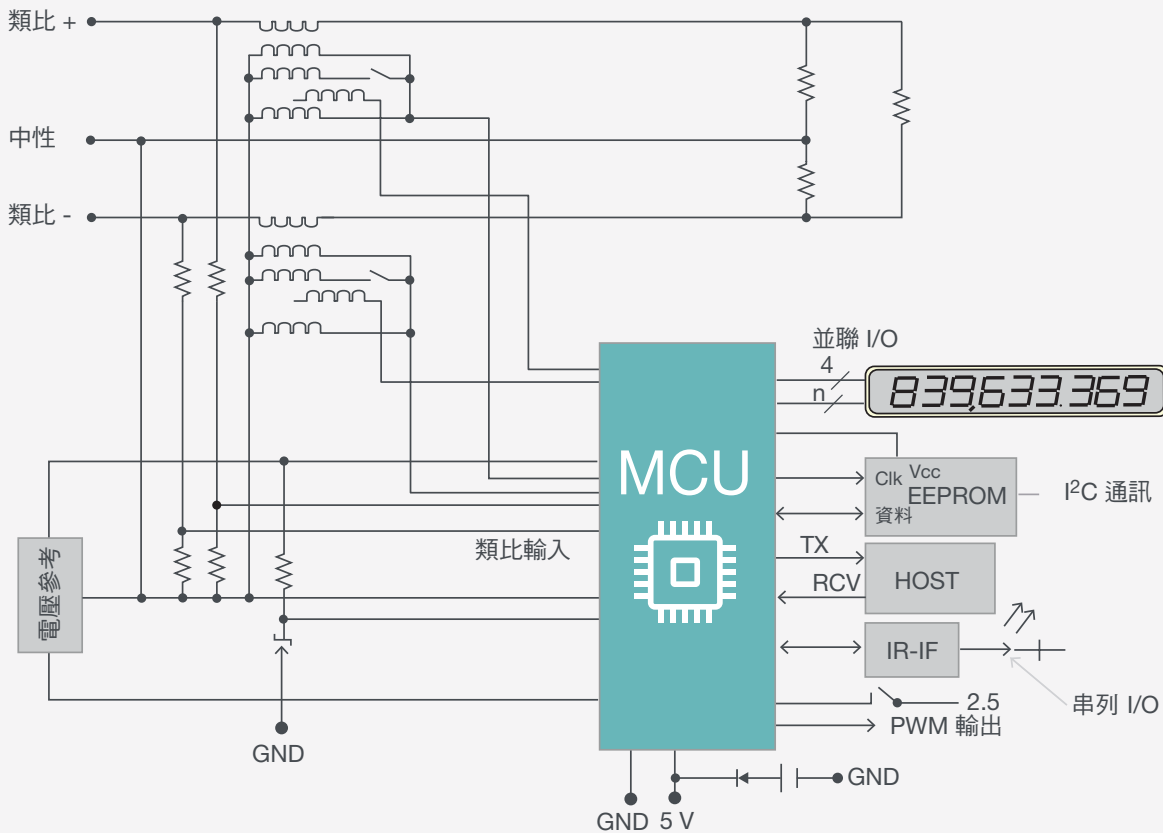


圖 2：典型 MCU 嵌入式設計。

## 典型 MSO 量測應用與所需效能（續）

雖然微控制器和 DSP 常被認為只是單純的數位控制與處理裝置，但目前多數的 MCU、FPGA 和 DSP 其實是常會包含嵌入式類比電路的混合信號裝置。這類系統中需要監測和驗證的信號包括類比 I/O、並聯 I/O 埠和數位串聯通訊匯流排，例如 I<sup>2</sup>C 與 SPI。

請注意圖 2 中的方塊圖並未顯示任何位址或資料匯流排信號，這是因為多數 MCU 與 DSP 的內部匯流排架構也包含了嵌入式記憶體（RAM 和 ROM）。

由於目前的 MSO 通常會有 16 個數位擷取通道，有些工程師會誤以為 MSO 僅限 8 位元處理應用（8 位元資料 + 8 位元位址 = 8 到 16 個通道）。但 MSO 的主要用途是監測類比與數位 I/O，而一般 MCU 和 DSP 設計中所有可用的信號種類，也就只有類比與數位 I/O 了。也請不要把 MSO 擷取數位通道數與內部匯流排 MCU 或 DSP 處理位元數混為一談，因為它們通常並不相關。16 個數位擷取通道加上 2 到 4 個類比擷取與觸發通道，對於監測和驗證 8 位元、16 位元甚至 32 位元 MCU/DSP 設計的特定/專屬功能來說，通常已十分足夠。

不過，監視外部匯流排設計（例如使用 32 位元微處理器的電腦）中的平行位址和資料串，並非 MSO 的主要用途。

如果需要擷取多個位址和資料匯流排信號，以驗證外部匯流排系統中的時序和原始碼內容，一台具備狀態分析與分解功能的邏輯分析儀會是更適合的量測工具。而且若您同時也需要對類比信號和/或數位信號的類比特性進行時間關聯分析，許多廠商皆有推出兩件式解決方案（示波器 + 邏輯分析儀），可將示波器波形匯入邏輯分析儀並提供時間關聯顯示。但如果採用了這種高效能兩件式測試解決方案，您就必須接受邏輯分析儀較複雜的操作方式，以及較緩慢或單次的波形更新速率。

## 典型 MSO 量測應用與所需效能（續）

但即使是有外部記憶體元件的 32 位元系統，若想量測其重要時序參數，一台具 16 個邏輯時序通道和 2 到 4 個類比通道的 MSO 通常便已足夠。圖 3 為如何在 32 位元系統（IBM PowerPC 405GP）中，使用 MSO 驗證高速記憶體裝置（SDRAM）設定時間的範例。只要四個 MSO 數位通道，便可利用 MSO 的碼型觸發功能，限定特定讀取與寫入指示（CS、RAS、CAS 和 WE）的量測結果。示波器的類比通道可進一步限定高速時脈信號緣的觸發，並執行 100 MHz 時脈信號（上方/黃色軌跡）相對於特定資料信號（中間/綠色軌跡）的重要時脈量測，最後在此外部記憶體裝置中得到設定時間 8 ns 的量測結果。這種量測是無法使用傳統 2 或 4 通道 DSO 來執行的，而對連接高速示波器的邏輯分析儀來說也是一項十分耗時的工作。

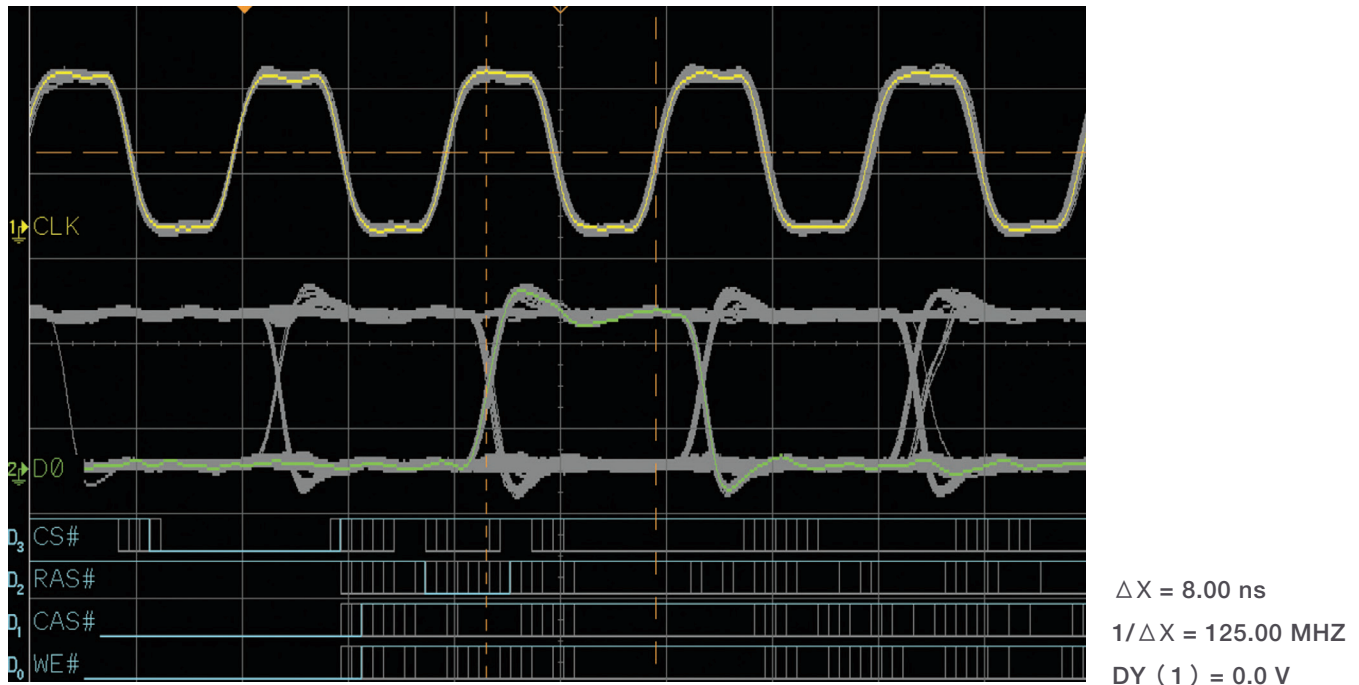


圖 3：以 MSO 在 32 位元系統中執行關鍵設定時間量測。

## 典型 MSO 量測應用與所需效能（續）

在混合信號嵌入式設計的這幾類信號完整性量測中，MSO 的類比和數位擷取效能通常比通道數來得重要。影響示波器類比擷取效能最重要的規格是頻寬和取樣率。若要取得準確度合理的類比量測，示波器頻寬至少需為待測系統最高時脈速率的五倍。舉例來說，如果要以示波器的類比通道監測最大計時/時脈頻率 200 MHz 的數位信號，類比頻寬必須達 1 GHz，示波器擷取五次諧波的準確度才足夠。若為即時/單次量測，則取樣率應比示波器頻寬高出四倍或更多。如需更多頻寬與取樣率間關聯的詳細資訊，請下載是德科技應用說明《您不可不知的取樣率規格》和《評估您的應用所需的示波器頻寬》。

很遺憾地，部分示波器和邏輯分析儀使用者並不完全了解 MSO 和邏輯分析儀應有什麼樣的數位擷取效能。MSO 的數位擷取效能必須與示波器的類比擷取效能相稱。將高效能示波器與低效能邏輯時序分析儀結合在一起，是很不合理的作法。是德科技建議 MSO 數位/邏輯擷取系統提供的取樣率，應至少為示波器類比擷取通道頻寬的兩倍。如我們先前提到的範例，擷取計時/時脈頻率 200 MHz 數位信號的類比特性需要 1 GHz 示波器，若要在 MSO 邏輯/數位通道上以合理的時序準確度擷取相同的信號，則需要 2 GSa/s 的取樣率。

當使用邏輯/數位擷取通道時，量測解析度的範圍會被限制在正負一個取樣週期間。舉例來說，如果您想以最大計時/時脈頻率 200 MHz（週期 = 5 ns）擷取數位信號，每個高或低脈衝最窄可達 2.5 ns（假設為 50% 信號週期）。也就是說，如果 MSO 的數位擷取系統最大取樣率為 2 GSa/s，一個脈衝的兩個信號緣可能會出現高達  $\pm 500$  ps 的時序量測誤差，在最差情況下，時間差量測的峰對峰誤差可達 1 ns，以 2.5 ns 脈衝來說即為 40% 誤差。我們認為對 MSO 或邏輯分析儀來說，超過 40% 的數位擷取通道時序誤差是無法接受的，這也是我們建議數位通道擷取取樣率必須至少為示波器頻寬兩倍或更高的原因。



除了頻寬和取樣率外，另一個要考慮的重要因素是探量頻寬，包含類比與數位系統探量。欲擷取主要頻率成分超出 500 MHz 的類比或數位信號，需要在類比通道上進行主動探量。同樣地，數位擷取系統的探棒必須能提供更高頻率的信號給數位系統取樣電路，才能在高頻率脈衝序列下穩定地擷取所有脈衝。

## 混合信號觸發

MSO 中的擷取通道越多（與 DSO 相比），代表觸發可以越靈活，可用不同方法定位特定類比與數位 I/O 信號交互作用。雖然 MSO 的觸發功能不及高效能邏輯分析儀的複雜與完備，但與標準的 2 或 4 通道示波器有限的觸發功能相比，仍遠遠超出許多。

## 下載嵌入式軟體套件免費試用版，體驗 MSO 的觸發和解碼功能。

市面上多數 MSO 和混合信號量測解決方案至少可對並聯碼型觸發條件進行單一位準觸發，有些則提供最多雙位準的碼型序列觸發，並可設定重設條件。但即便只是使用相對簡單的單一位準碼型觸發，各種 MSO/混合信號量測解決方案的觸發功能間也有很大的差異。首先，MSO 必須能對類比與數位輸入的組合觸發。因為在類比通道和邏輯通道間有顯著的信號偏移，有些簡易連接而成的混合信號量測解決方案只能在擷取系統的其中一側進行穩定的觸發。換句話說，您只能在傳統類比觸發條件下，或在並聯數位的情況下觸發示波器，不能兩者一起進行。MSO 提供混合信號觸發功能，應要可以在觸發的類比通道和數位通道間進行準確的時序校準。本文稍後會提供一個範例，範例中為了在 MCU 控制 DAC 之特定輸出相位上同步示波器的擷取，必須對混合信號條件進行觸發。

MSO 的碼型觸發是否包含任何時間限定功能，是另一個評估時需考慮的重要因素。除了進入和/或退出觸發限定之外，碼型觸發條件還須包括最小時間限定條件。我們可以用一個簡單的方式來說明：首先設定對一個不穩定的過渡狀態觸發，然後看看示波器提供的哪些工具可避免它發生。圖 4 為 Keysight 6000 X 系列 MSO 在碼型 CE (1100 1110) 下的觸發情形。觀察顯示畫面上方較完整的信號整體圖像，便可看到此狀態。



## 混合信號觸發（續）

CE 與 EE 是匯流排 DE 和 E4 間的不穩定過渡狀態。此觸發條件很可能不是使用者想要的。使用者可利用限定選單來設定時間臨界值，可以設定觸發狀態時間必須比指定時間長或短，或是在時間範圍之內或之外。

最小時間限定非常重要，可以避免觸發在過渡/不穩定條件下發生。當並聯數位信號改變狀態時，切換幾乎是同時發生，但並不是完美地在同一瞬間發生。除了信號在不高也不低情況下的上升與下降信號緣速度有限制之外，即使系統設計得再好，信號間仍會出現些微延遲。這代表當信號切換時，系統中一定會出現過渡/不穩定的信號條件。您會希望 DSO/MSO 或邏輯分析儀能避免在這種不穩定條件下觸發。

示波器（包含 MSO）可在類比觸發位準/臨界值交叉點準確地觸發，邏輯分析儀則通常採用取樣式觸發。取樣式觸發會產生正負一個取樣週期的峰對峰值觸發抖動/不確定性（最糟情況下的峰對峰值不確定性 = 2 個取樣週期）。「取樣式觸發」是指儀器先對輸入信號進行隨機取樣，接著依取樣資料建立觸發參考點。這類觸發會產生明顯的觸發抖動，對部分的典型邏輯分析儀量測來說或許已經足夠，但對傳統示波器或需要檢視重複信號的 MSO 量測而言，是不能接受的。

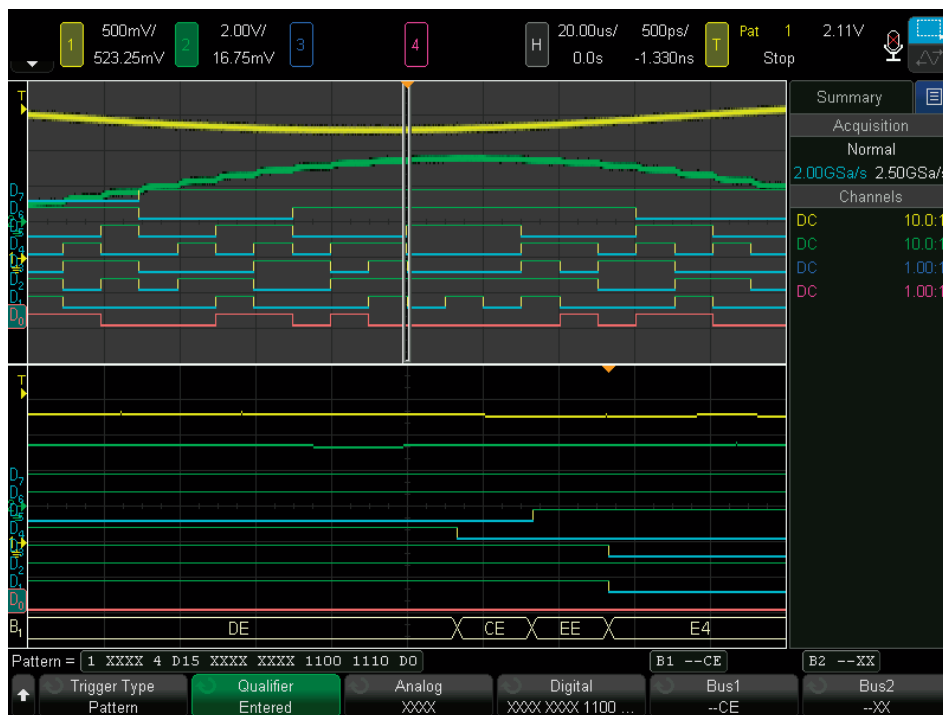


圖 4：在未設定最小時間限定的情況下，MSO 會在不穩定的過渡狀態進行觸發。

## 混合信號觸發（續）

圖 5 是混合信號選項的示波器範例，可依取樣資料產生觸發事件。圖 6 則是是德科技 MSO 示波器，對每一個類比與數位輸入信號皆運用類比硬體比較器觸發的範例。

在此混合信號量測範例中，每個示波器皆經過設定，在數位輸入通道 D4 (A4) 上升信號緣與 MCU 數位輸出埠的特定 8 位元碼型條件同步出現時觸發。為了量測 D4 (A4) 信號的信號完整性，示波器上的一個類比通道已被設定用來對這同一個數位信號進行「雙探棒採量」您可在圖 5 中看到，由於示波器最大數位/邏輯通道取樣率僅為 500 MSa/s ( $\pm 1$  取樣週期的不確定性)，依取樣資料以數位方式觸發會產生約 4 ns 峰對峰觸發抖動。您會發現，若使用此示波器的無限恆留顯示模式，4 ns 峰對峰值會在重複類比軌跡（中間/綠色軌跡）中出現「殘影」。

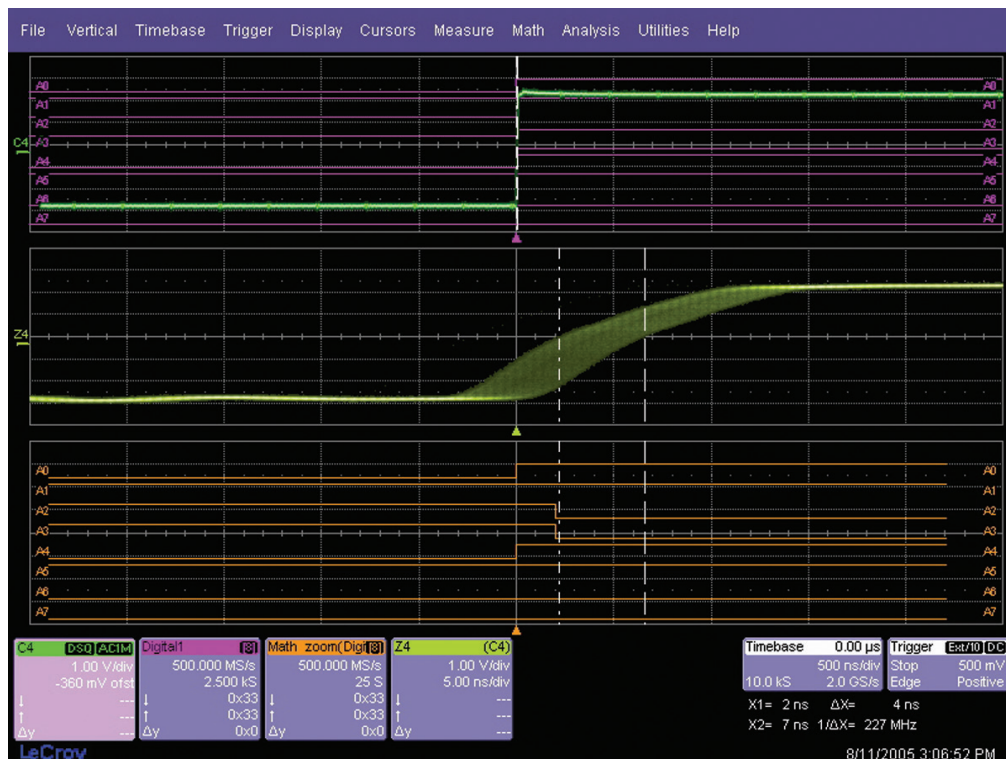


圖 5：取樣式碼型觸發產生 4 ns 觸發抖動（LeCroy WaveRunner MSO 選項）。

## 混合信號觸發（續）

圖 6 為使用 Keysight MSO 示波器進行相同重複觸發量測的結果，Keysight MSO 使用即時類比較器硬體技術產生觸發事件，而非取樣式觸發。若將示波器設為 5 ns/div，即便觸發僅建立在示波器的數位/邏輯通道輸入上，我們仍可透過此示波器的無限恆留顯示模式，觀察到非常穩定的類比軌跡。如此便可利用其中一個類比數位通道，對此重複的輸入信號進行更準確的信號完整性量測。

為混合信號嵌入式應用評估各種 MSO/混合信號量測解決方案時，最後一個需考量的重點，即示波器是否能對 I<sup>2</sup>C 與 SPI 等序列 I/O 資料的特定傳輸和位址進行觸發。序列 I/O 在現今的嵌入式設計中十分受到歡迎。我們會在本文最後一個章節介紹一個需使用序列觸發的範例，範例中為了對特定類比輸出「線性調頻」進行示波器擷取同步，需要依據混合信號嵌入式設計中的序列輸入指令使用序列觸發。

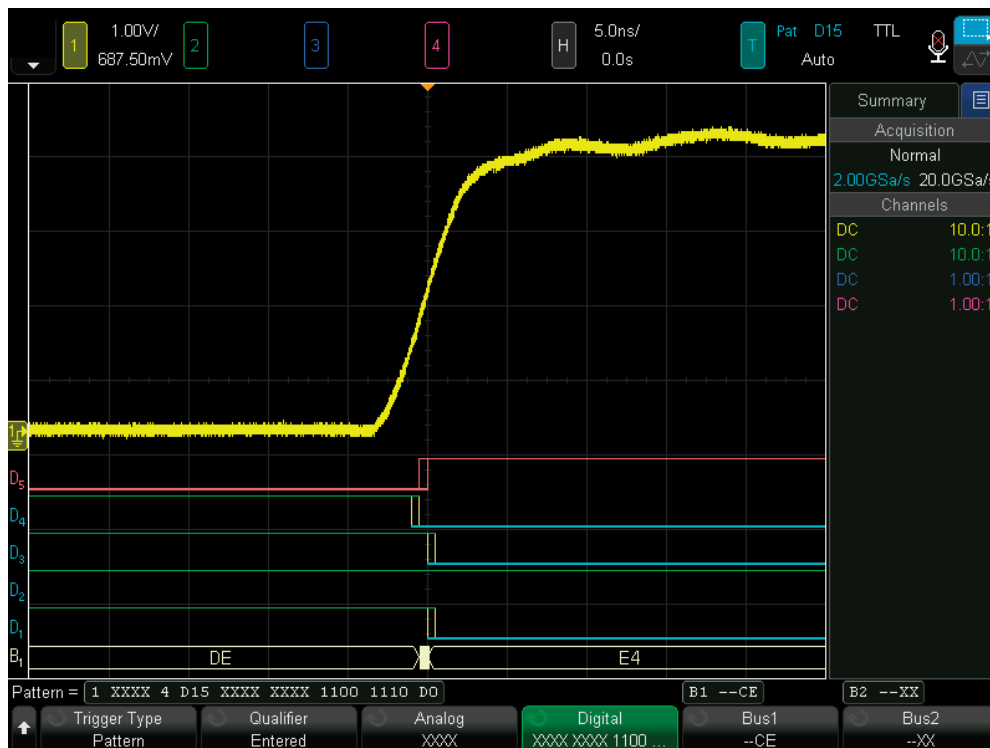


圖 6：是德科技 MSO 示波器中的即時比較器硬體碼型觸發產生的觸發抖動極低。

## 實際混合信號嵌入式設計的啟動和除錯

接著我們討論由總部於美國加州奇科市的 Solutions-Cubed 所設計的混合信號嵌入式產品啟動與除錯程序。圖 7 顯示此產品的方塊圖。

此混合式信號嵌入式產品的核心，是使用內部 16 位元指令集中運作的 Microchip PIC18F452/PT 微控制器。由於這款 MCU 具內部匯流排結構，並包含嵌入式類比數位轉換器（ADC），所以此混合信號裝置與相關外部電路，是一個可以使用 MSO 進行嵌入式混合信號設計啟動與除錯的完美案例。

此設計的最終目的是根據各種類比、數位和序列 I/O 輸入條件，產生具不同長度、形狀和振幅的類比「線性調頻」輸出信號。（「線性調頻」是一種射頻脈衝類比輸出信號，由特定週期數所組成，常運用在航太/國防與汽車應用中。）

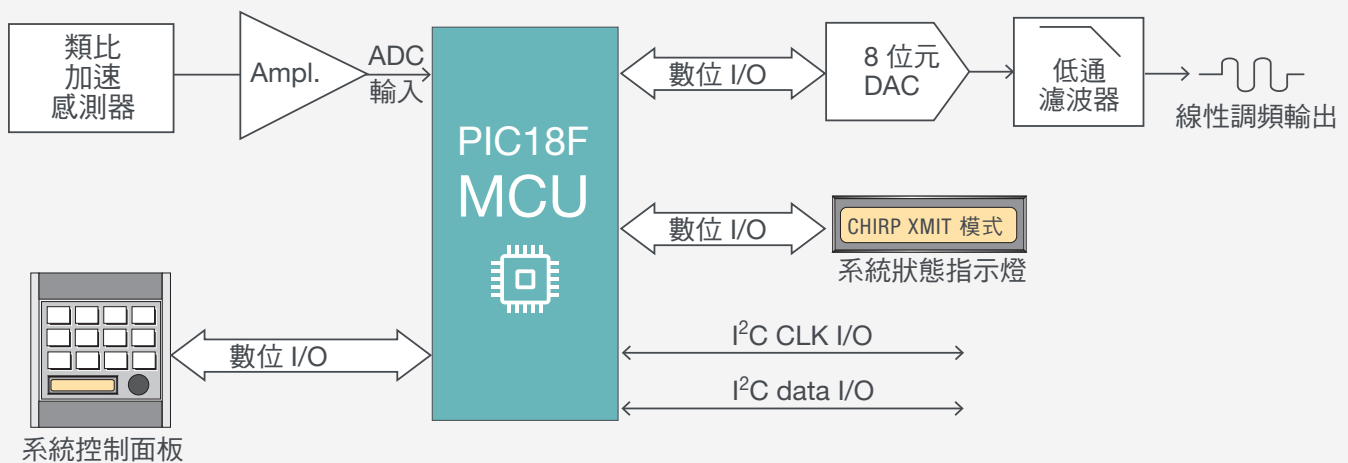


圖 7：依類比、數位和序列 I/O 產生類比「線性調頻」輸出的混合信號嵌入式設計。



## 實際混合信號嵌入式設計的啟動和除錯（續）

MCU 會同時監測以下三種輸入，以決定輸出線性調頻信號的特性：

1. 由 MCU 其中一個可用的並聯數位 I/O 埠監測系統控制面板狀態，以決定輸出產生的線性調頻信號形狀（正弦波、三角波或方波）。
2. 由 MCU 其中一個可用的 ADC 輸入監測類比加速度感測器的輸出位準，以決定輸出產生的線性調頻信號振幅。
3. 以 MCU 專用 I<sup>2</sup>C 序列 I/O 埠監測序列 I<sup>2</sup>C 通訊鏈路狀態，以判斷輸出線性調頻中應產生的脈衝數。I<sup>2</sup>C 通訊輸入信號則由此嵌入式設計中另一個智慧子系統元件產生。

依這三種類比、數位和序列輸出的狀態進行 MCU 編程，產生一系列並聯輸出信號，並送至一個外部 8 位元 DAC，以建立具不同振幅、形狀和長度的類比線性調頻信號。接著將 DAC 未濾波的階梯狀輸出送至類比低通濾波器，使輸出信號變得平滑並減少雜訊。此外，此類比濾波器會造成輸出與輸入信號之間存在預先相位偏移量。最後，MCU 會透過另一個可用數位 I/O 埠產生並聯數位輸出，以驅動 LCD 顯示器並提供使用者系統狀態資訊。

此設計中 MCU 設計/編程的第一個步驟，是為 MCU 的 I/O 配置適當數量的類比和數位 I/O 埠。另註在這款 MicroChip 微控制器中，嵌入式設計人員可將類比 I/O 埠換成數位 I/O 埠，反之亦可。

在嘗試對 MCU 進行編碼以監測各種輸入並產生最終的指定輸出信號之前，設計團隊決定先開發測試碼是最恰當的策略，一次啟動產品一個部分/功能，並在交互複雜度增加前，驗證產品能適當運作與其信號完整性。第一個進行啟動與除錯的部分/功能，是外部 DAC 輸入輸出及類比濾波器。為了驗證此電路與內部韌體運作正常，將會對 MCU 進行編碼，無視輸入信號條件，產生具固定振幅的連續/重複正弦波。

## 實際混合信號嵌入式設計的啟動和除錯（續）

圖 8 是 Keysight InfiniiVision 系列 MSO 擷取至外部 DAC 的連續數位輸入（MCU 數位 I/O 埠輸出），以及 DAC 階梯狀輸出與類比濾波輸出的畫面。由於此信號是相對低位準的輸出信號，只運用了 8 位元 DAC 的 16 個位準（最多 256 個位準），因此我們可在示波器顯示器上，輕鬆檢視此轉換器的階梯狀輸出特性（綠色軌跡）。

此擷取設定在 DAC 輸出達最高輸出位準（中間綠色）時進行觸發。由於需信號緣轉換辨識，因此無法以傳統示波器的觸發功能在此特定点進行觸發。在此輸出信號點/相位建立觸發的方法，是透過將一個簡單的單位準碼型觸發條件，建立在與外部 DAC 最高輸出類比位準相符的數位輸入信號上來達成。為了準確地在波形中此點進行觸發，設計人員輸入「1110 0110」並聯二進位碼型。由於此 MSO 採用時間限定碼型觸發，因此示波器會在指定碼型開始處觸發，而不會在不穩定/轉換條件下進行觸發。

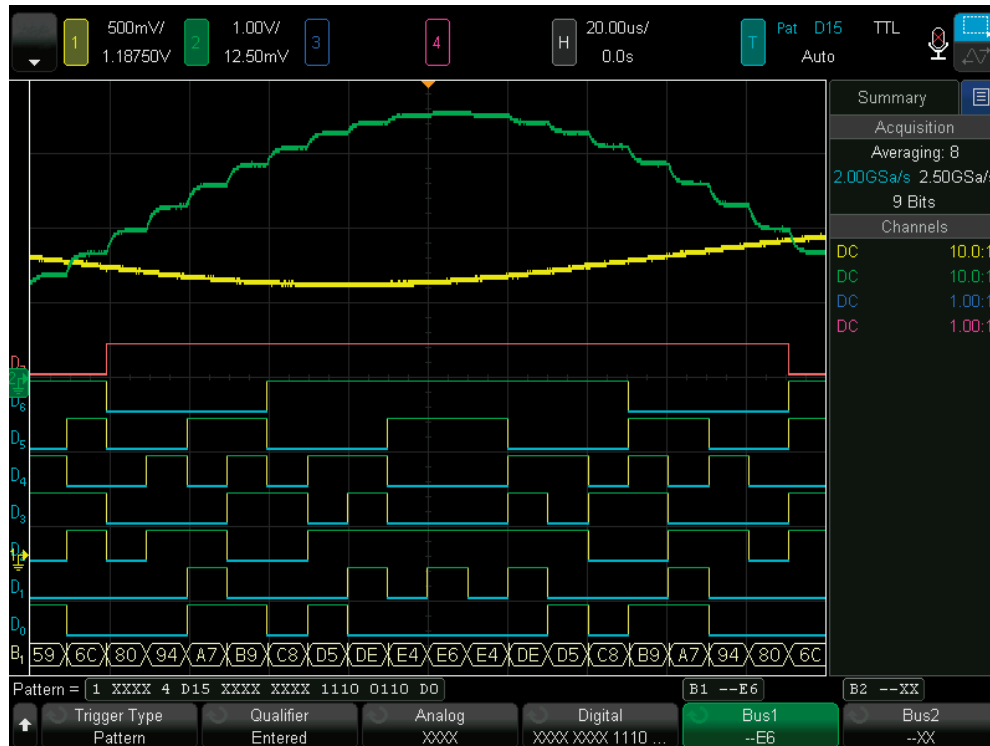


圖 8：Keysight InfiniiVision 系列 MSO 會擷取並聯數位輸入，以及由 MCU 控制的 DAC 類比輸入。

## 實際混合信號嵌入式設計的啟動和除錯（續）

圖 9 是對類比觸發條件外並聯的數位輸入信號上使用碼型觸發，將 MSO 的觸發條件準確地設定在 DAC 50% 輸出位準點上的情境。如前面提到，並非所有 MSO/混合信號量測解決方案都允許對類比和數位條件使用組合式混合信號觸發。但因為有兩個類比輸出條件在相同位準上（50% 上升位準和 50% 下降位準），對上升或下降點的觸發，需要的就不僅僅是 8 位元輸入碼型的碼型觸發了。若在類比通道 1（上方/黃色軌跡）增加「0」位準限定，示波器便可利用類比與數位碼型觸發的組合，在想要的相位觸發。在這裡類比信號超過類比觸發位準時將視為「1」，低於觸發位準則視為「0」。

圖 9 也顯示了濾波輸出信號的自動參數量測結果，包含相對於未濾波 DAC 輸出的振幅、頻率和相位偏移。

啟動外部 DAC 與類比濾波並驗證是否運作正常之後，設計/啟動程序的下一步是編寫程式，依序列 I<sup>2</sup>C 輸入產生特定數量的非重複正弦波脈衝（線性調頻）。圖 10 為使用標準示波器信號源觸發的情況下，各種長度之線性調頻的重疊（無限持續時間）。可惜的是，利用傳統示波器信號緣觸發功能，是無法對特定長度線性調頻限定觸發的。

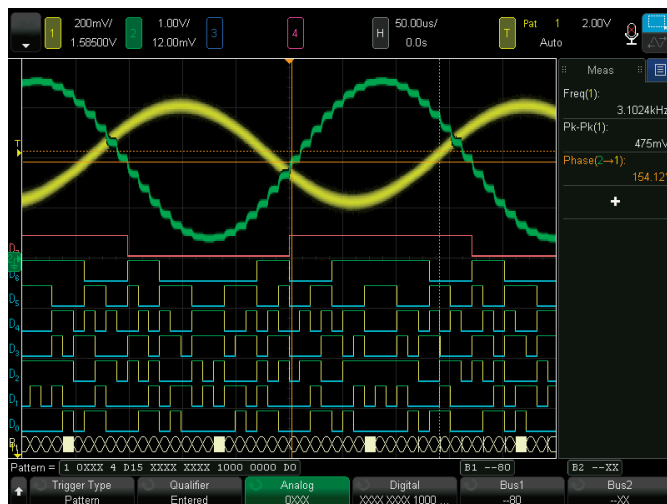


圖 9：是德科技 MSO 示波器可利用類比與數位碼型觸發組合，在 50% 交叉點進行觸發。

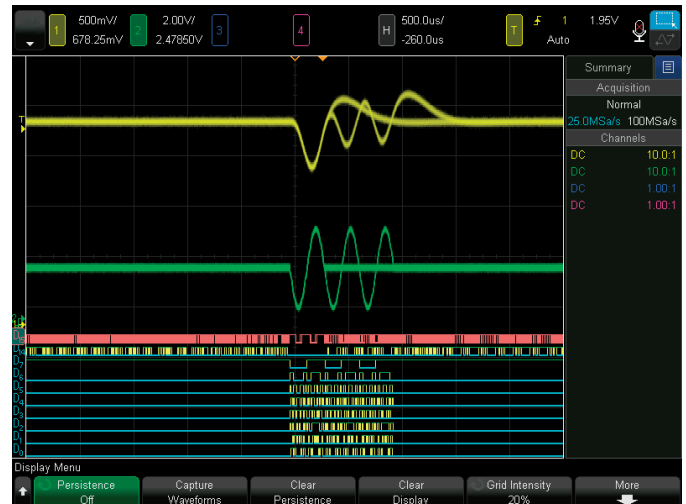


圖 10：傳統示波器信號緣觸發無法在特定長度線性調頻下同步。

## 實際混合信號嵌入式設計的啟動和除錯（續）

利用 I<sup>2</sup>C 觸發功能，是德科技 MSO 示波器可對指示 MCU 產生特定長度（脈衝數）輸出線性調頻的特定序列輸入條件進行擷取同步。

圖 11 說明示波器能以對位址和資料序列內容觸發的 I<sup>2</sup>C 觸發功能，對 3 週期線性調頻觸發。數位通道 D14 和 D15 已經分別定義為 I<sup>2</sup>C 的時脈與資料輸出觸發信號。事實上，我們可對示波器的 16 個數位通道或 2 到 4 個類比通道中的任一通道進行定義，對這兩個輸入信號中進行序列觸發。並在監測序列輸入和類比輸出信號時，對 D0 到 D7 進行設定，以監測「匯流排」重疊顯示中的外部 DAC 輸入（MCU 輸出）信號。

圖 12 畫面下方為時間關聯 I<sup>2</sup>C 序列解碼軌跡。我們也可以較熟悉的表格化格式檢視序列解碼，如畫面上半部所示。

雖然圖中未顯示，但也可以設定另一個示波器類比通道，對決定輸出信號振幅的加速度感測器之類比輸入信號，同時進行採量和擷取。此外，也可用閒置的 MSO 數位通道，監測和/或進一步限定數位控制面板輸入及/或 LCD 輸出驅動器信號的觸發。

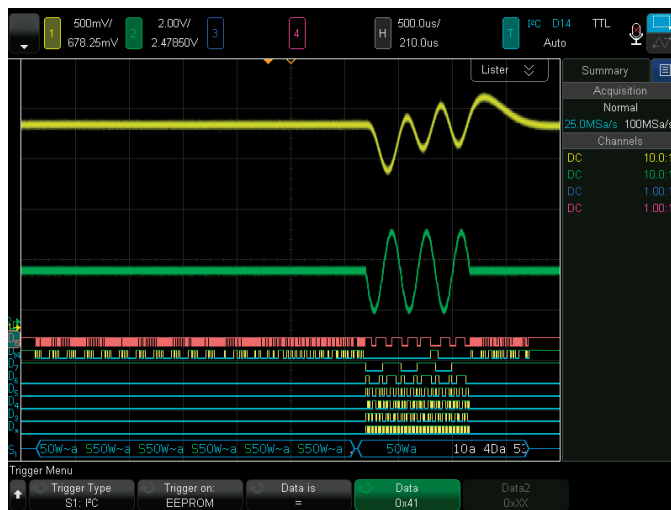


圖 11：以是德科技 MSO 示波器的中 I<sup>2</sup>C 觸發與解碼功能，進行 3 週期線性調頻觸發。

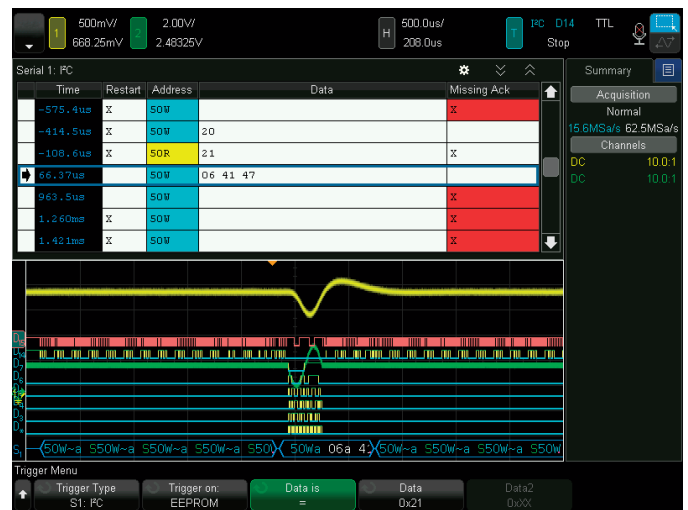


圖 12：I<sup>2</sup>C 信號可如本畫面上方所示，以時間關聯或表格化解碼格式檢視。



## 結論

混合信號示波器（MSO）是適合目前許多 MCU、FPGA 與 DSP 混合信號設計的除錯與正常運作驗證工具。利用單一整合式儀器的類比與數位波形時間關聯顯示功能、所有類比和數位通道間的強大混合信號觸發功能，加上基於示波器的使用者介面/操作方式，MSO 能加快設計人員進行混合信號嵌入式設計的除錯速度。

## 下載嵌入式軟體套件免費試用版，體驗 MSO 的觸發和解碼功能。

隨著市面上出現越來越多 MSO 與混合式混合信號量測工具，在進行購買決策前，仔細評估量測功能與儀器易用性，是很重要的工作。



請留意以下七種特性：

1. MSO 運作方式應像您熟悉使用的示波器，而非邏輯分析儀。
2. MSO 應具備示波器所有量測功能，並不應喪失自動調整刻度、觸發遲滯、無限持續時間（類比和數位通道）及探棒/通道偏移校正等功能。
3. MSO 應具備與示波器一樣的高波形更新速率，不應像邏輯分析儀一樣更新緩慢。
4. MSO 應具備與示波器類比擷取系統效能相稱的數位/邏輯通道擷取系統效能（取樣率和探量頻寬）。
5. MSO 應可在類比和數位通道間，以準確的時序校準進行觸發（混合信號觸發）。
6. MSO 應可於碼型觸發上設定最小限定時間，以避免在不穩定/過渡數位切換條件下觸發。
7. MSO 應具備使用即時類比較器技術的類比和數位觸發功能，而不是會在重複類比波形上產生明顯觸發抖動的取樣式觸發技術。

## Solutions Cubed, LLC

是德科技感謝來自加州奇科市的 Solutions Cubed, LLC，為本文中提及的混合信號 MCU「線性調頻」設計，提供方塊圖與量測範例。是德科技與 Solutions Cubed 密切合作，進行各種混合信號嵌入式設計專案。

Solutions Cubed 可依您的特定需求，提供混合信號硬體與軟體嵌入式設計服務/顧問。直接與 Solutions Cubed 聯繫：

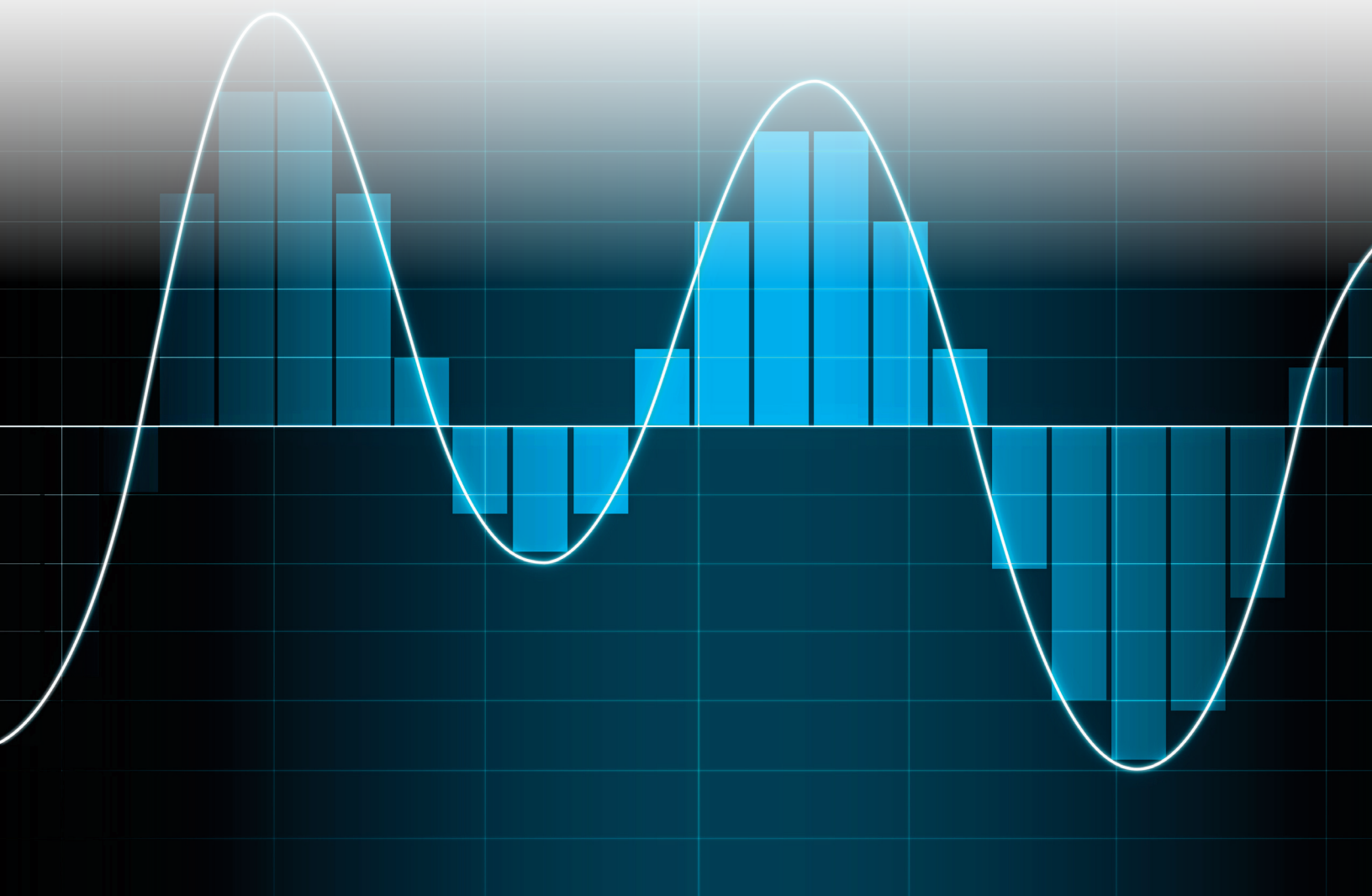
Solutions Cubed

256 East 1st Street

Chico, CA 95928 USA

+1 (530) 891-1643

[www.solutions-cubed.com](http://www.solutions-cubed.com)



## 相關文件

文件標題	文件編號
InfiniiVision 示波器探棒和配件 — 選購指南	5968-8153EN
《您不可不知的取樣率規格》白皮書	
《評估您的應用所需的示波器頻寬》應用說明	5989-5733ZHA
《示波器波形更新速率，決定其擷取到飄忽信號的機率》應用說明	5989-7885EN
InfiniiVision 2000 X 系列示波器 — 產品規格書	5990-6618ZHA
InfiniiVision 4000 X 系列示波器 — 產品規格書	5991-1103ZHA
InfiniiVision 6000 X 系列示波器 — 產品規格書	5991-4087EN
InfiniiVision 3000T X 系列示波器 — 產品規格書	5992-0140ZHA

## 產品網站

如欲瞭解最新、最全面的應用和產品資訊，請瀏覽是德科技產品網站：

<http://www.keysight.com/find/InfiniiVision>

詳細的資訊，請上網查詢：[www.keysight.com](http://www.keysight.com)

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。

是德科技聯絡窗口：[www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

