

使用 FlexChannel[®] 輸入通道 進行多重匯流排系統 的疑難排解

技術簡介



您將瞭解：

如何利用配有 FlexChannel® 的混合訊號示波器的靈活性來除錯並驗證具有多種並列和串列匯流排組態的系統。

介紹

大多數嵌入式系統 (甚至是相對簡單的系統) 均納入了多重匯流排結構。若要能觀察這些系統，您需要能夠顯示多重匯流排活動的除錯和驗證工具，以及感應器、執行器、顯示器和介面訊號。您不僅在查看多重匯流排會面臨挑戰，而且每個匯流排都可能需要採用不同的方式來傳送訊號和進行探測。有些可以使用單端量測觀察，而其他則需要差動式量測。為了要查看多重匯流排，您可以利用數位邏輯通道來有效擴展您的通道數。

本應用摘要討論了嵌入式系統設計人員在評估多重匯流排系統時面臨的挑戰，以及如何克服，特別是使用 FlexChannel 輸入通道。

新的 FlexChannel 輸入通道可使用最廣泛的探棒，有助於解決量測許多不同訊號的需求。每個 FlexChannel 均可量測：

- 1 個單端類比訊號 (使用被動式探棒)
- 8 個數位邏輯訊號 (使用 TLP058 邏輯探棒存取 8 個數位通道)。
- 1 個差動式電壓 (使用 TekVPI® 差動式電壓探棒)
- 1 個光隔離差動式電壓 (使用 IsoVu™ 隔離量測系統)
- 1 個電流 (使用 TekVPI® 電流探棒)



連接類比和數位探棒的 8 FlexChannel MSO58

5 系列 MSO 是極適合用於除錯和驗證多重匯流排系統的工具。配備大型 15.6 吋高畫質顯示器，可提供 10.4 吋顯示器的顯示器面積的兩倍，且高畫質解析度支援多個訊號和匯流排。

5 系列 MSO 包括 4、6 和 8 個 FlexChannel® 型號，使其能獲得大多數示波器兩倍的類比訊號。每個 FlexChannel 還提供 8 個數位輸入，可連接 TLP058 邏輯探棒進行存取。



TLP058 邏輯探棒 5 系列 MSO 可以附加到任何 FlexChannel 以提供存取 8 個數位訊號

除了能夠在類比和數位訊號擷取之間變換外，FlexChannel 的獨特架構允許非常緊密整合類比和數位擷取。類比和數位訊號使用相同的觸發電路，並以相同的速率同時取樣，從量測過程中消除類比/數位時序的不確定性。

高完整性匯流排訊號擷取的考量

擷取單端匯流排訊號

許多普通的低速和中速匯流排都會使用單端發訊號，代表具有相對於系統地面的特定電壓的數位訊號。這些類比訊號通常使用示波器附帶的標準被動式電壓探棒或在混合訊號示波器上的數位探棒來擷取。FlexChannel 輸入支援這兩種探棒類型。這裡有一些重要的考量：

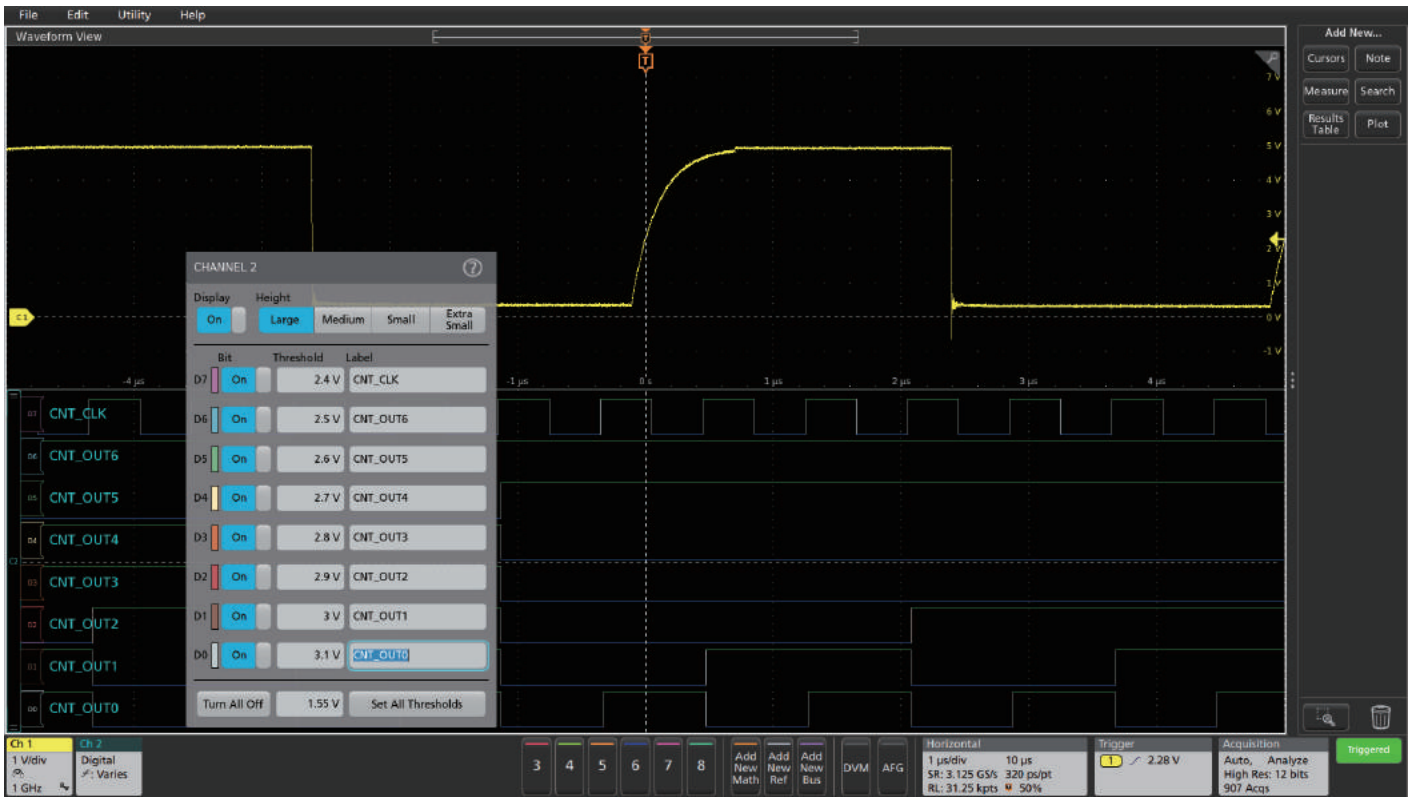
- 保持接地導線盡可能短。若要成功擷取類比訊號，必須先確保每個通道的參考電壓是透過低電感路徑連接到示波器。
- 確保量測系統的上升時間不到訊號上升時間的五分之一。示波器和探棒的效能必須足以忠實地表示訊號。共同的指導方針是確保量測系統的頻寬至少是訊號頻寬的五倍，且取樣率至少是訊號頻寬的 3-5 倍。
- 對於 MSO 上的數位邏輯通道，示波器和探棒組合的系統頻寬應足以擷取訊號，且數位通道的取樣率應至少為訊號頻率的十倍。效能通常以頻寬或最小可偵測脈衝寬度來指定。
- 若確保探棒阻抗相對大於訊號來源阻抗，可以有效地減少探棒負載對訊號所造成的影響。對於低功率電路，這可能由探棒的輸入電阻控制，而對於高速訊號，這主要是由探棒輸入電容控制。

擷取差動式匯流排訊號

為了提高匯流排訊號的雜訊免疫力，和提升高速匯流排訊號完整性，使用者經常會使用差動式傳送訊號功能。不同於單端傳送訊號，差動式訊號是由兩個訊號之間的電壓差表示。對於一些低頻率應用，差動式訊號的每一端均可用單端探棒取樣，而示波器可以計算出數學差異。實際上，由於探棒增益、傳播延遲和補償的差異，此技術非常容易出錯。

擷取差動式訊號最可靠的方法是使用主動差動式探棒，在探棒尖端使用差動式放大器來感測電壓差。

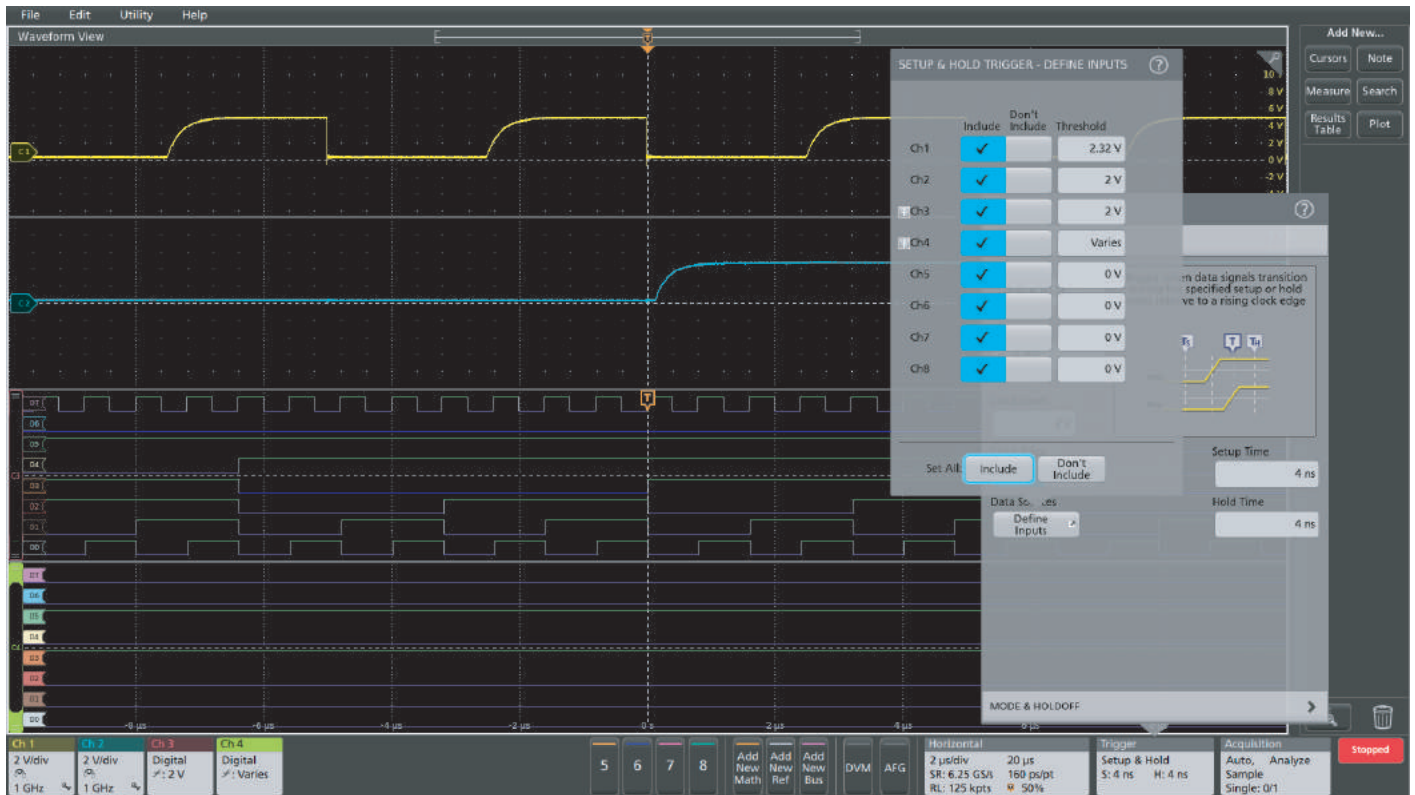
上述單端探棒的效能考量仍適用於數位探棒。但是，差動式探棒忽略或拒絕共模訊號的能力也必須考慮在內。這些探棒的關鍵規格是感興趣頻率下的共模抑制比 (CMRR)。Tektronix 提供不同效能等級的差動式探棒，包括用於最苛刻的量測環境的光學隔離 IsoVu™ 差動量測系統。



所有傳送訊號的形式 - 閾值是關鍵

無論採用哪種技術來擷取訊號，匯流排訊號的類比表示通常會連接到示波器。在匯流排訊號可以正確解讀之前，必須將類比訊號與閾值進行比較，若高於此值，訊號通常被解讀為高（「1」），而低於此值則將訊號解讀為低（「0」）（在某些情況下，將類比電壓與數位邏輯探棒內的閾值進行比較）。

許多嵌入式設計會以多個邏輯系列為基礎，需要使用各種數位閾值。允許每通道設定個別閾值的示波器能提供最大的除錯靈活性和擷取完整性。

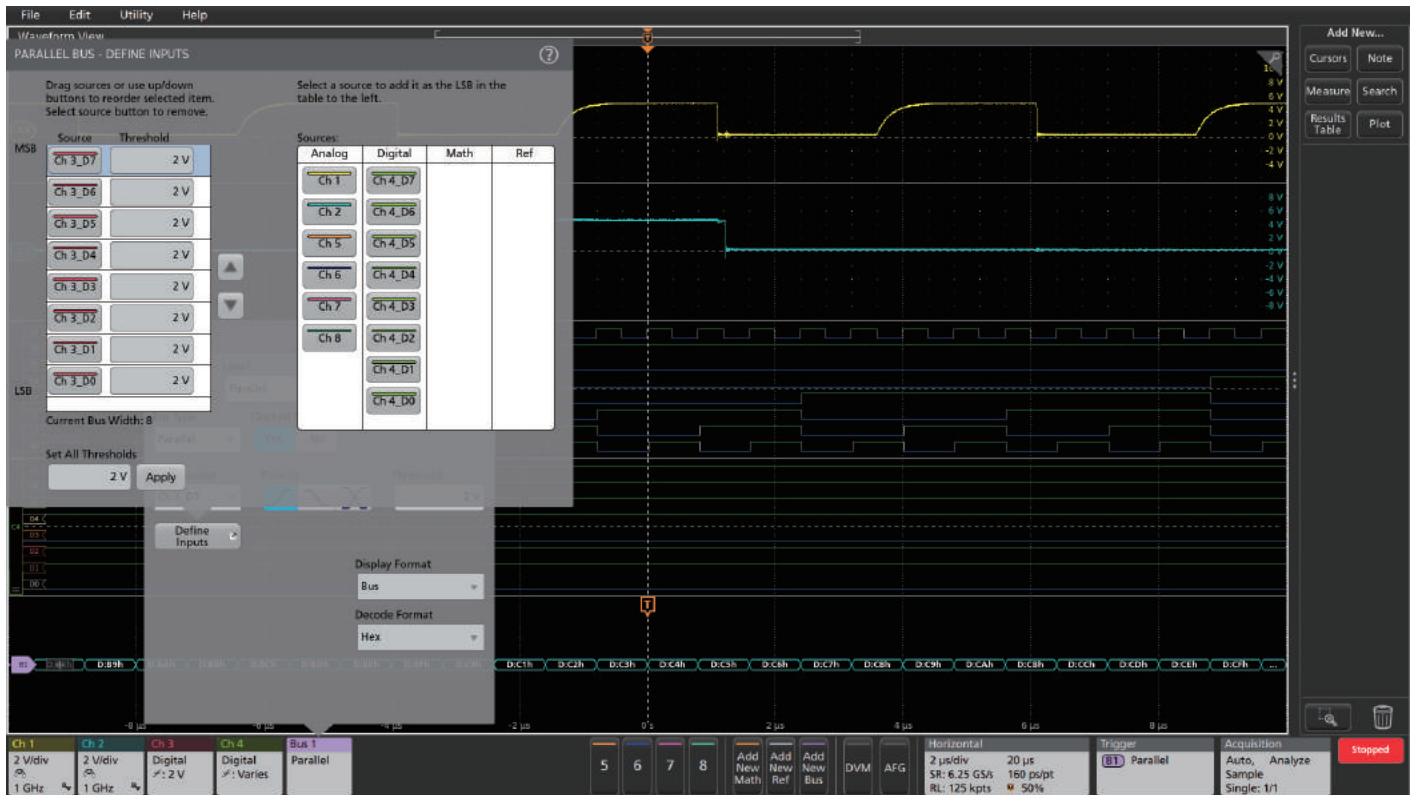


使用波形觸發模式隔離訊號完整性問題

當採用並列或串列匯流排來除錯訊號完整性問題時，請從先進的示波器中的標準觸發模式開始，以擷取違反設計規格的訊號：

- 脈衝寬度觸發可用於隔離時脈和資料列上的狹脈衝 (毛刺) 和最小脈衝寬度。
- 逾時觸發可用於隔離遺失的脈衝，如在時脈訊號中使用此功能。
- 上升時間和下降時間觸發可用於隔離設計中太快或太慢的訊號邊緣。
- 矮脈衝和時間範圍觸發可用於隔離具有不正確振幅 (太低或太高) 的數位訊號。
- 多通道設定和保留觸發將一或多個資料訊號的時間與時脈訊號進行比較，以偵測元件設定和保留時間的違規。

標準數位除錯觸發的示例顯示匯流排設定和保留觸發配置功能表和顯示器。類比通道 (通道 1、2 和 5-8) 和 16 個數位輸入 (通道 3 和 4) 可用，且示波器會設定為在時序違規上觸發。



自動匯流排分析

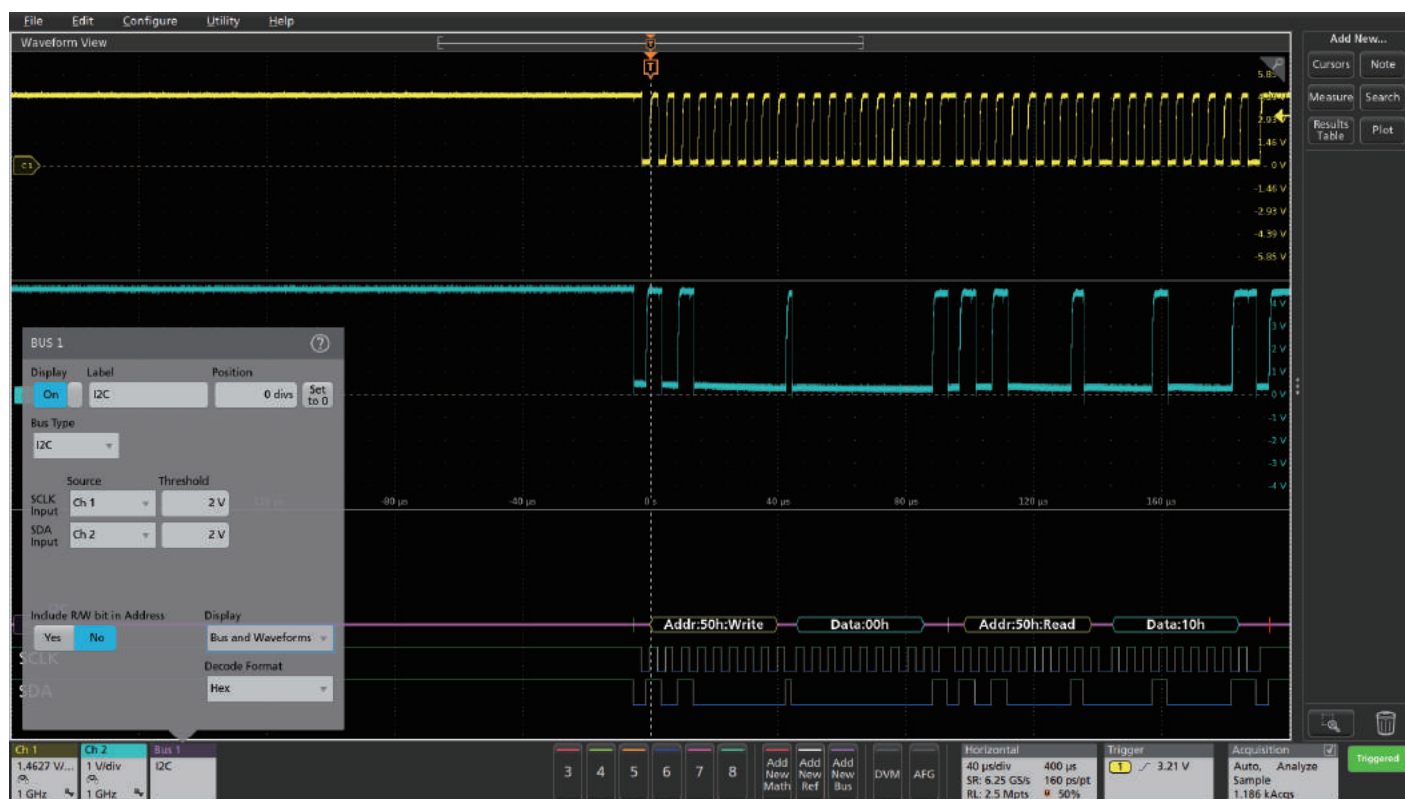
一旦任何訊號完整性問題已解決，下一步是驗證更廣泛的系統是否按預期工作。

解碼匯流排訊號

利用並列匯流排架構，匯流排的每個組成部分都有自己的訊號路徑。可能有位址列、資料列、時脈列及各種控制訊號。位址或資料值會同時在所有的並列列上透過匯流排傳送。這使得使用大多數示波器中發現的邏輯觸發來分離感興趣事件的程序變得相對容易。若要解碼並列匯流排上的活動，必須在適當的時間對每個位址、資料和控制列的邏輯狀態進行取樣，通常與時脈訊號一致。上述螢幕顯示並列匯流排設定組態功能表和顯示，其中顯示了類比（通道 1 和 2）和 16 個數位輸入（通道 3 和 4）可用，且可在特定的匯流排值上觸發。

在串列匯流排中，所有這些資訊都是在一或數個導體上依序傳送。這意味著單個訊號可能包括位址、資料、控制和時脈資訊。例如，若考慮 IC 間 (I²C) 串列匯流排，其中時脈在一個導體上傳輸，且資料訊號會在一秒鐘內完成傳輸。

掌握 I²C 通訊協定的知識，匯流排流量可透過擷取訊號、尋找訊息的起始（當時脈高時，資料低）、在時脈的每一個上升邊緣手動檢查和寫下資料值，然後將位元組織進入訊息結構等程序，進行手動解碼。但這是一個非常耗時且容易出錯的過程，並不是將高品質產品推向市場的有效途徑。



現在有一個更好的辦法。上面的例子顯示了一個用於自動解碼和觸發的 I²C 串列匯流排設定。其中顯示了組態功能表，包括類比輸入訊號的解碼顯示器和數位波形。匯流排上的解碼匯流排流量寫入位址 50 (十六進位)。

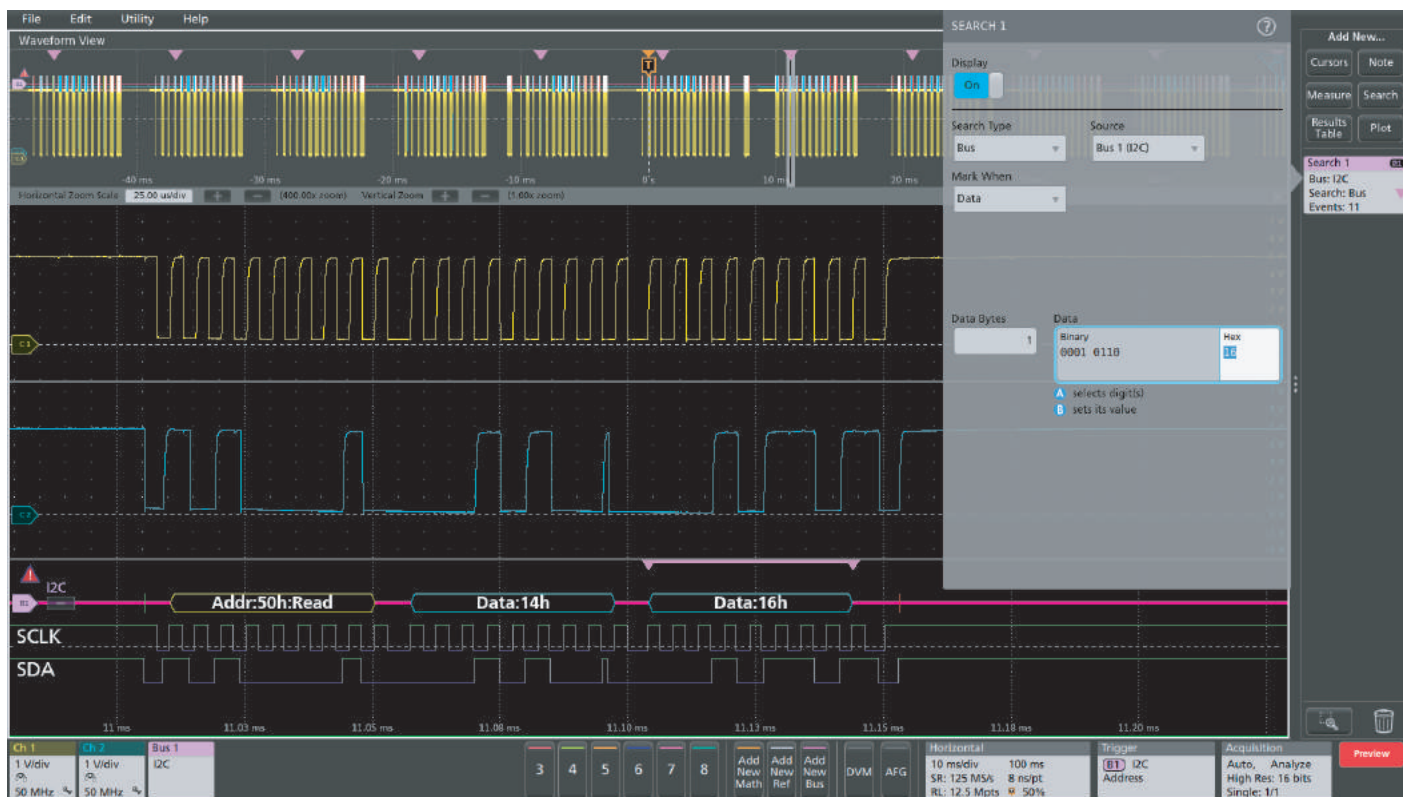
這些選擇匯流排分析工具可用於嵌入式系統設計中一些最常用的低速和中速串列標準。並列和串列匯流排標準的支援功能取決於示波器機型。附錄 A 顯示了 5 系列 MSO 上可用的匯流排支援。如需有關不同 Tektronix 示波器上匯流排支援情況的比較表，請參見附錄 B 或造訪 www.tektronix.com.tw。

請注意，在解碼匯流排下面顯示的數位波形顯示了輸入訊號與閾值的比較結果 -- 解碼串流匯流排的中間步驟。此顯示器可讓使用者目視比較類比和數位波形，以驗證閾值是否正確設定。

在觸發點之前和之後的設計中可視化關鍵訊號，您可以瞭解除錯問題的原因和影響，並驗證系統是否按照設計運行。例如，您可以快速發現在每個匯流排寫入特定裝置後不久就會發生系統錯誤的狀況。



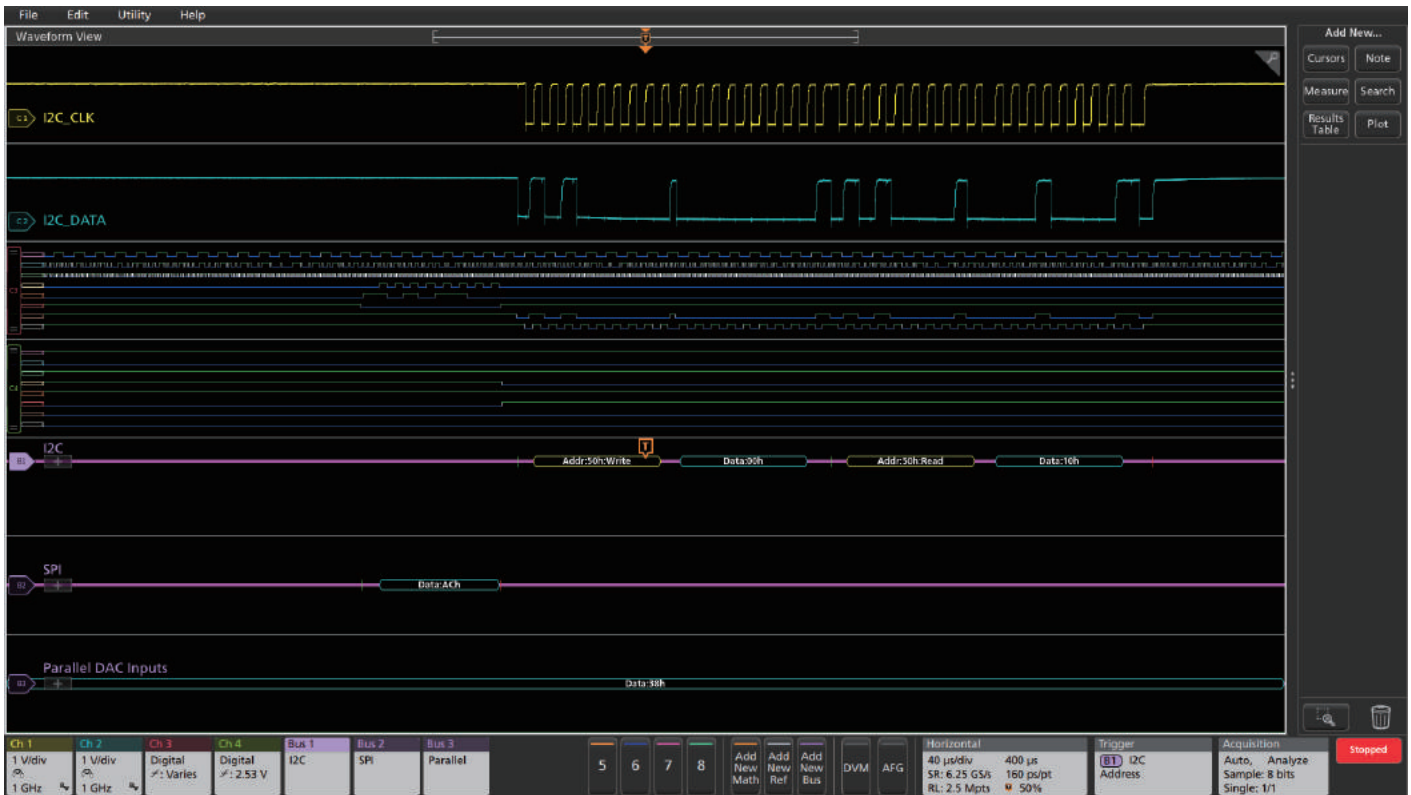
時間相關波形和匯流排解碼顯示器對於許多硬體工程師而言是熟悉和實用的格式。然而，對於韌體工程師而言，結果表格式可能更加實用。這個匯流排活動的時間戳記顯示可以輕鬆地與軟體清單進行比較，並提供執行速度的簡單計算。



自動搜尋特定的匯流排活動

當匯流排觸發正確設定時，示波器將擷取所有輸入訊號，一個指定的匯流排事件將位於觸發點。但是有多少事件發生？您可以手動捲動瀏覽所擷取的資料以尋找事件。但這極為耗時且容易出錯。

一種更有效和可靠的方法是使用自動化 Wave Inspector® 搜尋。此設定類似於匯流排觸發設定，使示波器能夠自動尋找並標記所有感興趣的匯流排事件。在此範例中，搜尋設定為在 I²C 匯流排上尋找資料值 16 (十六進位)。資料位元組 16 (十六進位) 在擷取的匯流排資料中出現 11 次，每次出現都由顯示器頂部的粉紅色三角形表示。相符的串列資料封包之一的詳細視圖在顯示器底部的縮放視窗中以粉色括號圖示顯示。



多重匯流排除錯和驗證

混合訊號示波器，配有自動匯流排解碼和觸發，非常適合於多重匯流排系統。一旦您對一或多個匯流排的效能有信心，即可使用豐富的數位通道來提供對匯流排活動的洞察力或提供觸發。這可讓您預留寶貴的類比通道，以便更深入地瞭解訊號品質。

這顯示了 8 通道 5 系列 MSO 上的多重匯流排顯示器。在同步視圖中會顯示 3 個匯流排：

- I²C 串列匯流排會以類比通道 1 和 2 為基礎，並使用兩個單端被動式探棒
- SPI 串列匯流排是以通道 3 上的數位輸入為基礎，並使用 TLP058 邏輯探棒
- 並列匯流排則以通道 4 數位輸入為基礎，使用 TLP058 邏輯探棒

5 系列 MSO 組合了數位和類比通道來支援多個匯流排 (只受限於通道的組合總數)。

附錄 A

5 系列 MSO 上提供匯流排觸發、搜尋和解碼功能：

	觸發 / 搜尋：	匯流排解碼顯示器：
並列 (標準)	資料值 (二進位/十六進位)	資料值
I ² C (選配 5-SREMBD)	開始、重複開始、停止、缺少確認、地址 (7 或 10 位元)、資料 (1-5 位元組)、地址及資料	開始、地址、資料、缺少確認、停止
SPI (選配 5-SREMBD)	SS 啟動 (3 線 SPI)、訊框起始 (2 線 SPI)、資料 (1-16 位元組)	開始、資料、停止
RS-232 / RS-422 / RS-485 / UART (選配 5-SRCOMP)	封包開始、結束、資料 (1 - 10 位元組)、同位誤差	開始、資料、同位、同位誤差
CAN (選配 5-SRAUTO)	訊框起始、訊框類型 (資料、遠端、錯誤、過載)、識別符號 (標準或擴展)、資料 (1-8 位元組)、識別符號和資料、EOF、缺少確認、位元資料錯誤	開始訊框、識別符號、資料長度控制、資料、CRC 訊框結束、錯誤
LIN (選配 5-SRAUTO)	同步、識別符號、資料 (1-8 位元組)、ID 和資料、喚醒訊框、睡眠訊框、錯誤 (同步、ID 同位誤差、檢查總和)	訊框起始、同步、識別符號、資料、CRC、錯誤
FlexRay (選配 5-SRAUTO)	起始訊框、指示器位元 (正常、有效負載、空、同步、啟動)、週期計數、標頭欄位 (指示器位元、識別符號、有效負載長度、標頭 CRC 和循環計數)、識別符號、資料、識別符號和資料、訊框結束 (靜態、動態)、錯誤 (標頭 CRC、資料段尾部 CRC、靜態的空訊框、動態的空訊框、動態的同步訊框、起始訊框無同步)	TTS、開始、訊框 ID、有效負載長度、標頭、週期數、資料、CRC、DTS、CID、停止
USB 2.0 (選配 5-SRUSB2)	訊標封包、資料封包、交握封包、特殊封包、錯誤	開始、PID、資料、CRC、停止
10/100BASE-T 乙太網路 (選配 5-SRENET)	起始訊框分隔符、來源和目標 MAC 地址、MAC Q-tag 控制資訊、MAC 長度/類型、MAC 客戶端資料 (1-16 位元組)、IPV4 標頭、TCP 標頭、TCP/IPV4 客戶端資料 (1-16 位元組)、封包結束、FCS (CRC) 錯誤、閒置	訊框起始、前綴、訊框起始、MAC 目的地和來源地址、MAC 長度/類型、資料、IPV4 標頭、TCP 標頭、訊框檢查序列/CRC、封包結束、錯誤
I ² S / LJ / RJ / TDM (選配 5-SRAUDIO)	字詞選擇 (僅限 I ² S、LJ、RJ)、訊框同步 (僅 TDM)、資料	左側通道資料 (I ² S、LJ、RJ)、右側通道資料 (I ² S、LJ、RJ)、通道 1 – N 資料 (TDM)

附錄 B

TEKTRONIX 提供一系列機型來滿足您的需求：

	MSO/DPO70000 系列	DPO7000C 系列	5 系列 MSO	MSO/DPO5000 系列	MDO4000C 系列	MDO3000 系列	MSO/DPO2000 系列
頻寬	33 GHz, 25 GHz, 23 GHz, 20 GHz, 16 GHz, 12.5 GHz, 8 GHz, 6 GHz, 4 GHz	3.5 GHz, 2.5 GHz, 1 GHz, 500 MHz	2 GHz, 1 GHz, 500 MHz, 350 MHz	2 GHz, 1 GHz, 500 MHz, 350 MHz	1 GHz, 500 MHz, 350 MHz, 200 MHz	1 GHz, 500 MHz, 350 MHz, 200 MHz, 100 MHz	200 MHz, 100 MHz, 70 MHz
類比通道	4	4	4, 6, 8	4	4	2 或 4	2 或 4
數位通道	16 (MSO)	--	8 至 64 (選配)	16 (MSO)	16 (選配)	16 (選配)	16 (MSO)
頻譜分析儀	--	--	--	--	1 (選配)	1	--
記錄長度 (所有通道)	高達 62.5 M(標配) 高達 250 M(選配)	25 M (標配) 高達 125 M(選配)	62.5 M (標配) 125 M (選配)	25 M (標配) 高達 125 M(選配)	20 M	10 M	1 M
取樣率 (類比)	高達 100 GS/s	高達 40 GS/s	高達 6.25 GS/s	高達 10 GS/s	高達 5 GS/s	高達 5 GS/s	1 GS/s
彩色顯示器	12.1 吋 XGA	12.1 吋 XGA	15.6 吋 HD	10.4 吋 XGA	10.4 吋 XGA	9 吋 WVGA	7 吋 WQVGA
並列匯流排 觸發和分析	標準	標準	標準	標準	選配	選配	MSO 機型中為 標準配備
串列匯流排 觸發和分析 應用	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 10/100BASE-T 乙太網路 MIL-STD-1553 8b/10b 解碼 D-PHY MIPI 解碼 PCI Express 解碼	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 10/100BASE-T 乙太網路 MIL-STD-1553 8b/10b 解碼 D-PHY MIPI 解碼 PCI Express 解碼	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 10/100BASE-T 乙太網路 PS/LJ/RJ/TDM	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN FlexRay USB 2.0 10/100BASE-T 乙太網路 MIL-STD-1553 8b/10b 解碼 D-PHY MIPI 解碼 PCI Express 解碼	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN CAN FD LIN FlexRay USB 2.0 PS/LJ/RJ/TDM MIL-STD-1553	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN CAN FD LIN FlexRay USB 2.0 PS/LJ/RJ/TDM MIL-STD-1553	PC SPI RS-232/422/485/ UART CAN LIN
同時顯示的 串列匯流排 數量	16	16	基本 無限制	16	3	2	2
輸入阻抗 (標準被動式 探棒)	--	10 MΩ / 9.5 pF	10 MΩ / 3.9 pF	10 MΩ / 3.9 pF	10 MΩ / 3.9 pF	10 MΩ / 3.9 pF	10 MΩ / < 12 pF
輸入阻抗 (數位探棒)	3.0 pF / 20 kΩ (P6716A) 0.5 – 2.0 pF / 20 kΩ(P6780)	--	< 3 pF / 100 kΩ	< 3 pF / 100 kΩ	< 3 pF / 100 kΩ	8 pF / 101 kΩ	8 pF / 101 kΩ
數位探棒 切換頻率 或頻寬	1 GHz (P6716A) 2.5 GHz (P6780)	--	500 MHz	500 MHz	500 MHz	5 ns	5 ns

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) 3759 7627
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/南美洲與加樂比海諸國 52 (55) 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 +27 11 206 8360
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 2013 年 6 月

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



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。

2017 年 5 月

55T-61100-0

Tektronix 台灣分公司

太克科技股份有限公司

114 台北市內湖堤頂大道二段 89 號 3 樓

電話：(02) 2656-6688 傳真：(02) 2799-8558

太克網站：www.tektronix.com.tw

Tektronix[®]