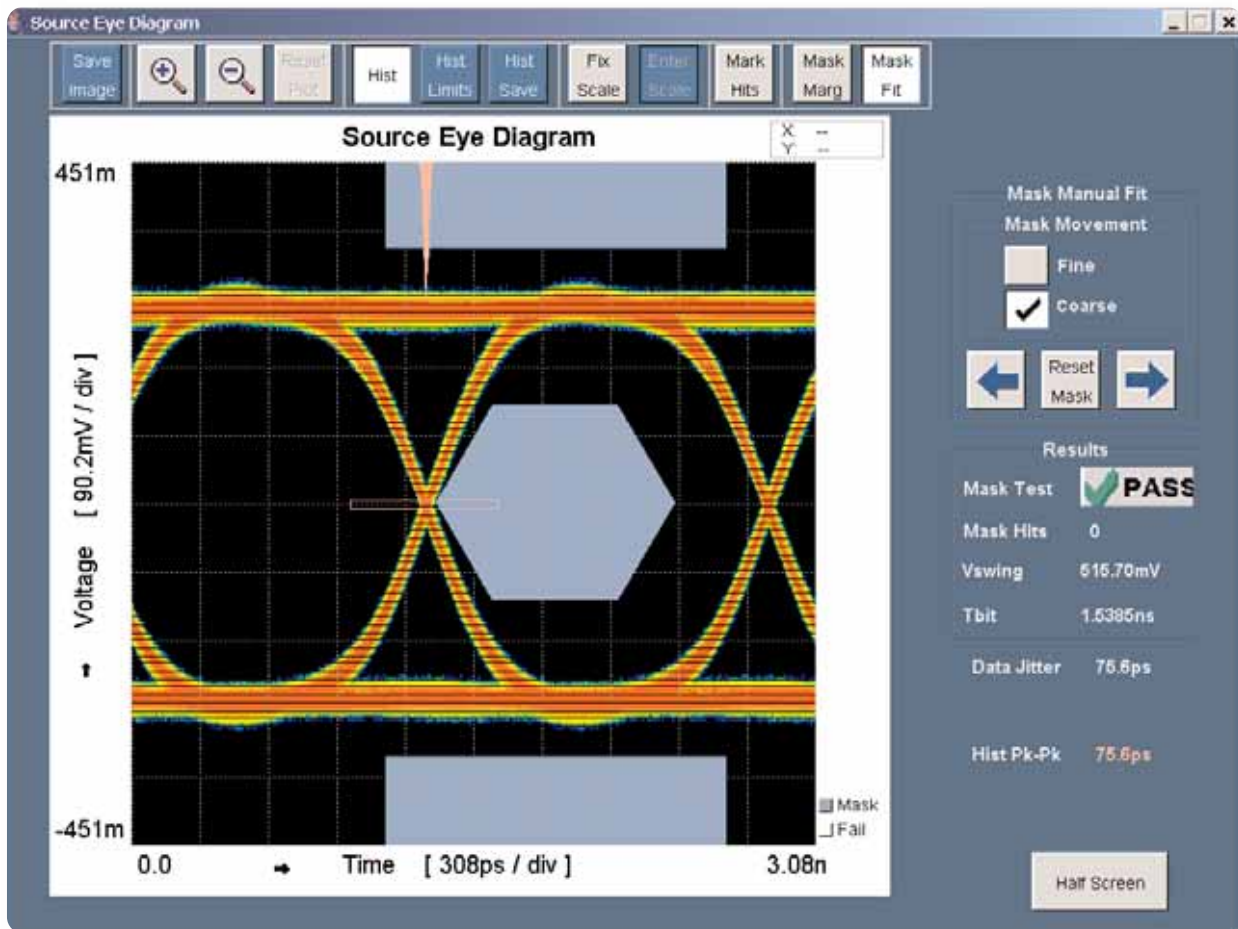


使用 TDSHT3 HDMI 相容測試軟體 進行 HDMI 實體層相容測試



簡介

被視為 DTV 革命催化劑的高畫質多媒體介面 (HDMI) 技術，目前正處於大量採用的臨界點上。內容供應商、系統操作者和消費性電子產品 (CE) 製造商即將支援此一標準。因此，現在的重點在於證明 HDMI 標準所定義的測試相容性。設計與驗證工程師為了改善效率，需要能迅速可靠地進行各種標準要求的測試工具。

本應用摘要會說明各種能確保驗證的測試、測試複雜 HDMI 訊號時所面臨的挑戰，以及示波器的常駐測試軟體是如何以可靠的結果帶來空前的效率改善，以及前所未有的多種測試之自動化執行作業（包括終端裝置測試）。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

概論

HDMI 充分利用了最小轉換差動訊號 (TMDS) 技術，差動訊號為 +3.3 Volt，終端至 50 Ω，額定振幅轉換則為 500 mV (+2.8 V 至 +3.3 V)，電壓振幅的差異範圍為 150 mV 至 800 mV，而此訊號的上升時間約為 100 ps。

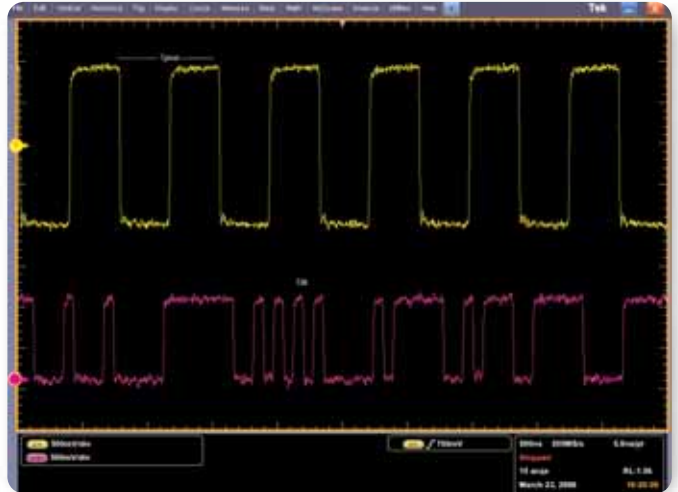
單一鏈結上的資料率範圍為 25 Mpps 至 165 Mpps (Mpps 代表每秒百萬像素)。由於各像素均由 10 位元的資料表示，因此位元時序 (一般稱為 T_{BIT}) 可降低為 606 ps。典型的 HDMI 資料訊號如圖 1 所示。大多數的邊際均利用 T_{BIT} ，亦即資料訊號的位元時序來定義。

TMDS 傳輸鏈結由三個資料通道和一個時脈通道所組成，您可使用兩個 TMDS 鏈結以達到高達 330 Mpps 的較高資料率。圖 2 說明 TMDS 訊號的邏輯鏈結。

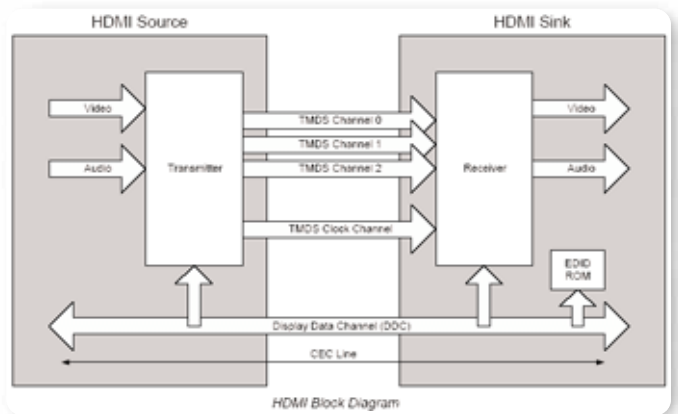
實體層 HDMI 相容性標準

為確保可靠的資訊傳輸和互通性，業界標準中指定了網路的實體層要求。HDMI 技術規格 [1] (更具體地說就是 HDMI 相容測試技術規格，或稱 CTS) [2] 中，定義了多項 HDMI 實體層的相容性測試。

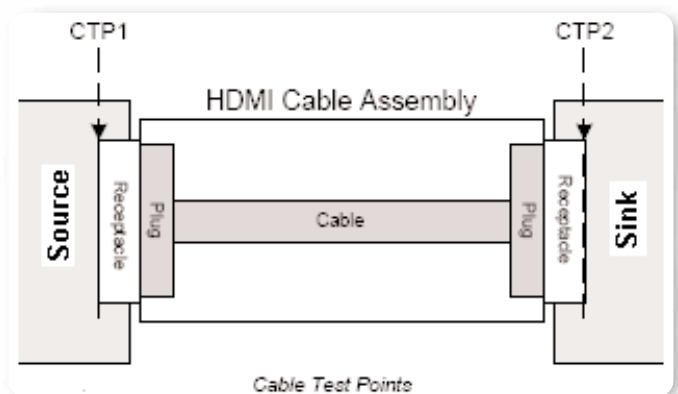
圖 3 說明 HDMI 傳輸系統的主要元件 — 訊號源、纜線和接收端裝置。訊號源的訊號在 TP1 上進行特性分析，而接收端裝置則在 TP2 上進行測試，以確保它們都位於標準邊際內。進行纜線測試時，必須同時在 TP1 和 TP2 上進行量測，在 TP1 上進行量測，可以確保 TP2 上的量測是在已知的環境下執行。



► 圖 1.



► 圖 2.



► 圖 3.

電子裝置	訊號	測試功能	CTS 測試 ID	測試點
訊號源	時脈和 (或) 資料	資料眼狀圖	7-10	TP1
		時脈抖動	7-9	TP1
		時脈工作週期	7-8	TP1
		Overshoot/Undershoot	7-5	TP1
		上升/下降時間	7-4	TP1
		成對通道間的偏移	7-6	TP1
	資料對資料	成對通道間的偏移	7-6	TP1
	單端	成對通道內的偏移	7-7	TP1
		低位準輸出電壓 (VL)	7-2	TP1
終端裝置		抖動容差	8-7	TP2
		最小/最大差動振幅容差	8-5	TP2
		成對通道內的偏移	8-6	TP2
		差動阻抗	8-8	TP2
纜線		資料眼狀圖	5-3	TP1, TP2

► 表 1.

雖然我們建議您盡量多執行各種測試，但核心測試對於相容性極為重要，表 1 摘要說明了部分核心測試：

訊號源電氣測試

這些測試在 TP1 上的時脈和 (或) 資料訊號執行，若考慮測試設定，還可進一步細分為時脈對資料、資料對資料，和單端測試。下列各節會更詳細地探討這些測試。

1. 時脈對資料測試

a. 資料眼狀圖測試

本測試的目標為確保差動資料擁有足夠的「眼狀圖開口」，以便傳輸後能夠在終端裝置上有效地還原。資料的時脈是比照還原時脈，並以 +1.0 TBIT 的視窗大小表示。波罩的比較會決定測試為通過或失敗，而資料抖動分析則為訊號完整性提供了實用的資訊。

$$H(j\omega) = 1 / (1 + j\omega/\omega_0)$$

Where $\omega_0 = 2\pi F_0$, $F_0 = 4.0\text{MHz}$

► 圖 4.

標準中清晰地闡述了時脈還原的方法，時脈可使用圖 4 所示的 PLL 函數還原。

為確保訊號特性能夠適當地表示出來，CTS 指定了擷取資料訊號的最小示波器紀錄長度，這樣就可確保至少能累積 400,000 個單位間隔 (或稱 T_{BIT})，以建立眼狀圖。在 16M/20M 記錄長度下，較低解析度的訊號至少可擷取到 400,000 個單位間隔，而較高解析度的裝置則可擷取到超過 2.6M UI。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

圖 5 顯示在示波器上進行之眼狀圖測試的螢幕擷取畫面。波罩向左偏移，直到發生違反為止。請注意，緊密的邊際代表在違反偵測中使用嚴格的規則。一般而言，示波器畫面方格圖的解析度為 500 x 400 像素或更高，測試的通過或失敗則是依據從螢幕影像中解析出的波罩撞擊數而定。這在較低的 HDMI 解析度以及較高的速度下或許可以接受，但其結果常會造成誤導。若發生這種情形，建議您將解析度降低至資料取樣解析度，再執行波罩違反測試，若使用影像解析度執行此測試，那麼結果可能不正確。

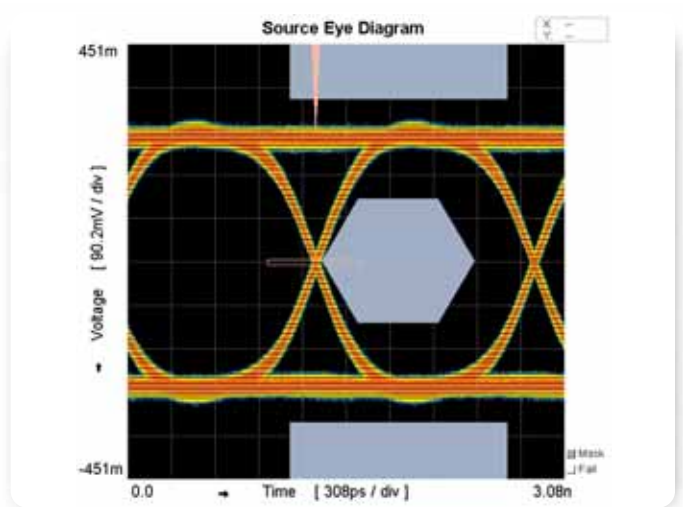
b. 時脈抖動

任何傳輸系統的關鍵都是時脈訊號。抖動測試可以檢查並確保時脈訊號並未載送過多的抖動，為執行此項測試，時脈會參考已還原的時脈，標準定義的時脈還原函數與之前圖 5 中所示者相同。

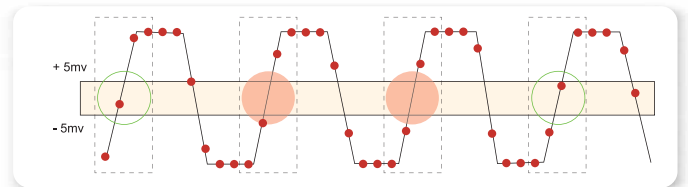
時脈訊號會依照還原時脈繪製。長條圖方塊位於邊緣的中央，而訊號頻展區則決定了訊號上出現的抖動。量測到的抖動應低於 $0.25 \cdot T_{\text{BIT}}$ 才可視為相容。

傳統上，在使用長條圖方塊量測抖動時，會將方塊置於上升邊緣的中央，而高度則保持為最小值，為求方便，此技巧常稱為最小值方塊法。

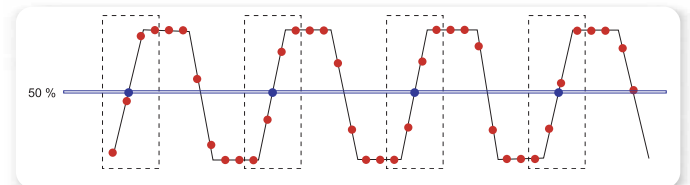
請務必了解到在 165 MHz 左右的時脈速率上，邊緣上的樣本數目可能不會很高。為了克服樣本較少的挑戰，長條圖方塊必須在垂直方向上增大，這在實質上這已經不是最小值方塊法了，因為這樣會導致較高的抖動值，如圖 6 所示。



► 圖 5.



► 圖 6.



► 圖 7.

在此有一個較好的策略，就是將樣本內插，然後使用最小值方塊法來執行量測。圖 7 顯示以最小值方塊法使用內插樣本所進行的抖動量測。比較這些值與圖 6 中的值，就可以說明內插最小值方塊法的效用。

另一個重要的抖動評估技巧是時間間隔錯誤 (TIE) 法。使用此方法時，邊緣位移可由各週期取得，最小值和最大值之間的差異則表示為峰對峰抖動。同樣地，內插法可提供高解析度，以進行精確的分析和測試。

c. 時脈工作週期

工作週期抖動是評估決定性抖動的絕佳方式。CTS 定義實際為額定 50% 工作週期的 +10%，因此，測得的 T_{DUTY} 應落在 40% 和 60% 之間。

很重要的一點是，工作週期中的變異是量測大量擷取訊號而得到的。以 CTS 而言，為了進行測試，至少需要 10,000 個觸發的波形，因此示波器的觸發重新設定速率就成了受矚目的目標。名義上，示波器觸發的重新設定速率約為每秒 100 個波形 (wfms)，這意味著可能產生長到無法接受的擷取和測試時間。

幸運的是，還有更為精巧的技巧，如數位螢光示波器 (DPO) 上的 FastAcq，可以強化和提供超過 250,000 wfms/s 的觸發重新設定速率。圖 8 顯示利用 FastAcq™ 技術所進行的時脈工作週期測試。請注意，其豐富的資訊量可確保量測結果令人信服。

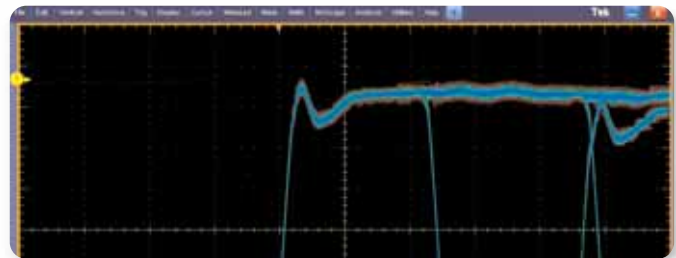
d. Overshoot 和 Undershoot

Overshoot 和 undershoot 測試可確保訊號維持在規定的限制內。這些測試可確保發射器不會過驅動通道，或驅使 ESD 架構轉為非線性或開始干擾。這也藉由測試訊號的還原能力而確保了互通性。

CTS 標準將 overshoot 的限制定義為整個穩定狀態電壓振幅的 15%，而 undershoot 的限制則為 25%。這項測試可在時脈以及資料通道配對上執行，本測試需要量測數種參數，包括精確量測電壓振幅 (V_H 和 V_L)，和上升及下降



► 圖 8.



► 圖 9.

邊緣的 overshoot 與 undershoot。整體而言，這一項測試需要超過六種參數才能宣布結果。

除了需量測大量參數以外，還務必確保量測能確實有效地執行。請務必將顯示畫面上的訊號大小調至最大，以便盡量使用 A/D 範圍，而不會造成過載。圖 9 是精確的 overshoot 量測技巧之優良範例，緊密的邊際需要這樣仔細的量測，才能產生可靠的結果。

e. 上升和下降時間

上升和下降時間測試已成為多數實體層測試的最重要部分。此限制可確保訊號能提供必要的訊號速度，且其中已包含 EMI。CTS 中指定上升或下降時間應高於 75 ps，且低於 $0.4 * T_{BIT}$ 值。

本項測試如同時脈工作週期測試一樣，也需要大量的擷取，因此觸發重新設定速率同樣十分重要。在數位螢光示波器上，可使用 FastAcq 模式輕鬆地進行本項測試。

f. 時脈對資料成對通道間的偏移

為了確保互通性，成對通道間的偏移是極為重要的測試。本測試可確認時脈和任何其他資料通道配對之間的偏移未超出限制，標準中規定的偏移限制為不超過像素時間 (T_{PIXEL}) 的 20%。這項測試也可在資料通道之間執行。下一節的資料對資料測試中，將會更詳細地說明這項測試。

2. 資料對資料測試 (成對通道間的偏移)

成對通道間的偏移測試可從幾個重要的層面來思考。首先，只有在兩個成對通道均傳輸特定碼型時，才能有效地量測偏移。其次，量測路徑 (探棒和示波器擷取系統) 可能會導入本身造成的偏移。再者，示波器可能必須在特定串列碼型上進行觸發，這也稱為串列觸發功能。最後，邊際是依像素時間指定，因此，精確判斷時脈速率同樣十分重要。

消除擷取路徑中的偏移非常重要，此程序稱為「偏移校正」程序。若想得到準確的結果，最好在進行本項測試前先執行偏移校正。

3. 單端測試

本測試會在每一對使用單端探棒的通道上執行。

a. 成對通道內的偏移

在訊號為差動訊號，且出現數種訊號人為干擾時，成對通道內的偏移測試會變得更重要。其中會測試成對差動通道內的偏移，且標準指定的限制為位元時間 (T_{BIT}) 的 15%。如同成對通道間的偏移測試一樣，在進行本測試前請務必先執行偏移校正，這樣可確保因探棒和擷取系統之偏移而造成的錯誤降到最低。

b. 低位準輸出電壓 (V_L)

執行 V_L 測試，可確保訊號電壓位準未超出規定的限制。本測試會檢查各 TMDS 訊號之 HDMI 鏈結上的直流電壓位準，CTS 規定低位準的電壓必須在 2.7 V 和 2.9 V 之間。

為了確保相容性，測試中會分析大量的波形，標準中規定至少需分析 10,000 個波形。FastAcq 有助於加快執行這項測試。欲判斷電壓位準，可使用長條圖法，長條圖的統計極大值 (長條圖峰值) 表示為 V_L ，且會與標準中規定的限制相比較。

測試功能	數位示波器	差動探棒	單端探棒	TPA-P 測試轉接器組	直流電源供應器	EDID 模擬器
眼狀圖	•	•		•	•	•
時脈抖動	•	•		•	•	•
工作週期	•	•		•	•	•
Over/Undershoot	•	•		•	•	•
上升/下降時間	•	•		•	•	•
成對通道間的偏移	•	•		•	•	•
成對通道內的偏移	•		•	•	•	•
輸出低電壓位準 V_L	•		•	•	•	•
附註	16 M RL, ST	> 2 nos.	2 nos.	1 組	3.3 V	來自於 SI

▶ 表 2.

準備訊號源測試

a. 測試套件

表 2 摘要說明了執行前述各種測試所需的設備。

除此之外，執行 CTS 標準中規定的某些其他測試時，需要數位萬用電錶、協定分析儀、LCR 錶和 I²C 分析儀。

b. 測試設備 – 重要考量

在為測試設定選擇正確的設備時，請務必瞭解必須處理的各個層面，這些層面包括：

數位儲存與數位螢光示波器

系統效能可以帶來量測的準確度。請務必在選擇所需頻寬時，考量您 HDMI 訊號的上升時間。以支援的解析度、更新速率和遮沒期進行快速計算，就可提供 T_{BIT} 值的優良指標， T_{BIT} 值可用來模擬 HDMI 訊號的上升時間（約為 0.2 至 $0.3 \cdot T_{BIT}$ ）。

在 165 MHz 時脈速率下，上升時間可介於 75 ps 至 250 ps 之間。例如 Tektronix 的 TDS7704B 可提供約為 60 ps 的上升時間，並可有效用於上升時間大於 180 ps 的訊號上；而 DPO70804 提供了約為 33 ps 的上升時間，也可有效用於 HDMI 測試。

眼狀圖和時脈抖動測試至少需要 16 M 的記錄長度。眼狀圖測試利用兩個通道（資料和時脈）進行，且兩個通道都必須具有 16 M 的記錄長度。

數種測試均需要大量的擷取（超過 10,000 個波形），因此急需快速的觸發重新設定速率，以便迅速執行測試。許多 Tektronix 示波器上均可使用 FastAcq™ 技術，可讓測試更為快速。

成對通道間的偏移測試需要在特定串列碼型上進行觸發。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

差動探棒

例如，您可用 TPA-P-TDR 轉接器連結兩根 Tektronix P73XXSMA 探棒，而轉接器可讓探棒透過 SMA 連結，以得到可靠的結果。HDMI TMDs 訊號使用差動傳輸系統。差動探棒具有高共模互斥、高靈敏度、回應準確度，以及低雜訊底線，因此非常適合這項用途。若考慮高訊號速率和緊密的邊際，則您務必瞭解探測的各個層面和選項。入門手冊《高速差動訊號與量測》⁽³⁾可讓您深入理解這些層面的資訊。

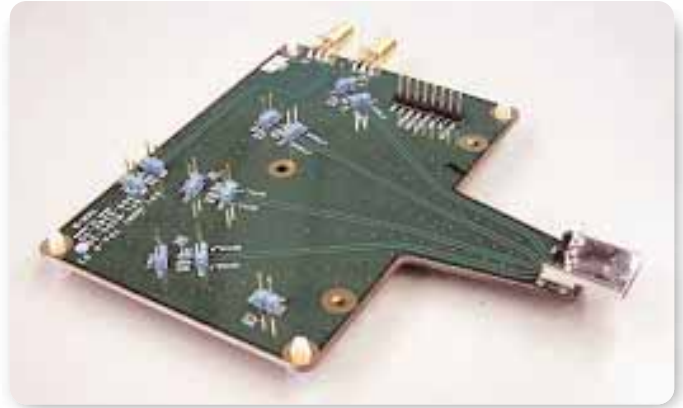
由於差動探棒擁有兩個相同的輸入接腳，因此通常更難可靠地進行連線。請務必仔細規劃測試方形接腳轉接器的連線。雖然探棒頭轉接器的種類眾多，但各選項都必須在使用任何技術之前考慮透徹。

Tektronix 入門手冊 (3) 詳細說明了這些選項的細節。例如可變間隔轉接器可能會導致過度的 overshoot。焊接測試點雖然不方便，但可提供最佳的結果。Tektronix P7380 和 P7360 探棒提供各種探棒頭，可允許焊接，或利用探棒定位器固定探棒，或是提供允許點對點探測的掌上型探棒外罩。

探棒頻寬是另一項應考量的重要因素。同樣地，依照訊號上升時間，您選擇的探棒上升時間必須夠快，以確保量測儀器時的訊號完整性。Tektronix 示波器和探棒可直接為探棒頭提供系統頻寬。

測試轉接器

可靠的連線是維持精確度和訊號完整性的關鍵。可用的測試轉接器組有兩種類型，對於大多數的訊號源裝置而言，插入型轉接器 (TPA-P) 就非常適合作為待測裝置 (DUT) 的主要連線。圖 10 顯示 TPA-P 插入型測試轉接器。



► 圖 10.

自動化工具

符合訊號源測試的意思是能夠可靠地執行各種測試，然而緊密的邊際和複雜的測試程序，使得這些測試十分耗時。大多數的測試都必須在最佳條件下執行，且使用者必須精通 HDMI 技術和測試設備的使用，從任何標準來看，這都是一項艱鉅的任務。

本文中稍後會討論到的 TDSHT3，可讓您快速可靠地進行測試。此值得信賴的量測技術能夠確保結果真實可靠，而自動化則可讓使用者免除勞累繁瑣的測試程序。

c. 訊號源測試的測試設定

若需進行時脈對資料和資料對資料測試，請參閱圖 11。

若需進行單端測試，請參閱圖 12。

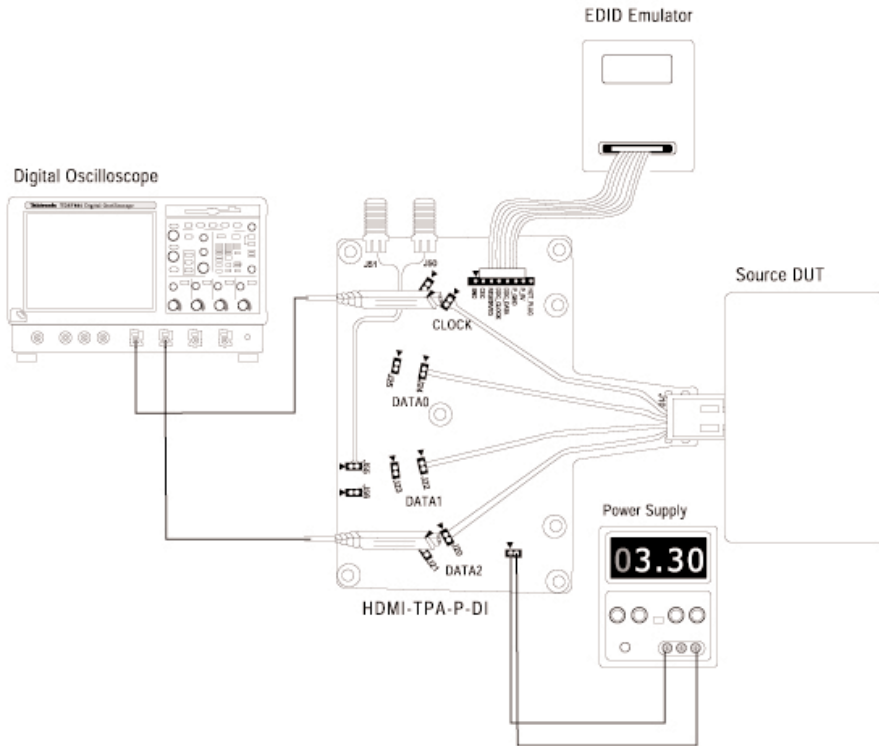
d. 從 DUT 取得測試訊號

– 配置 EDID 模擬器：這樣可模擬終端裝置，讓訊號得以交換。使用電腦軟體將 EDID 模擬器設定為屬意的解析度設定值。

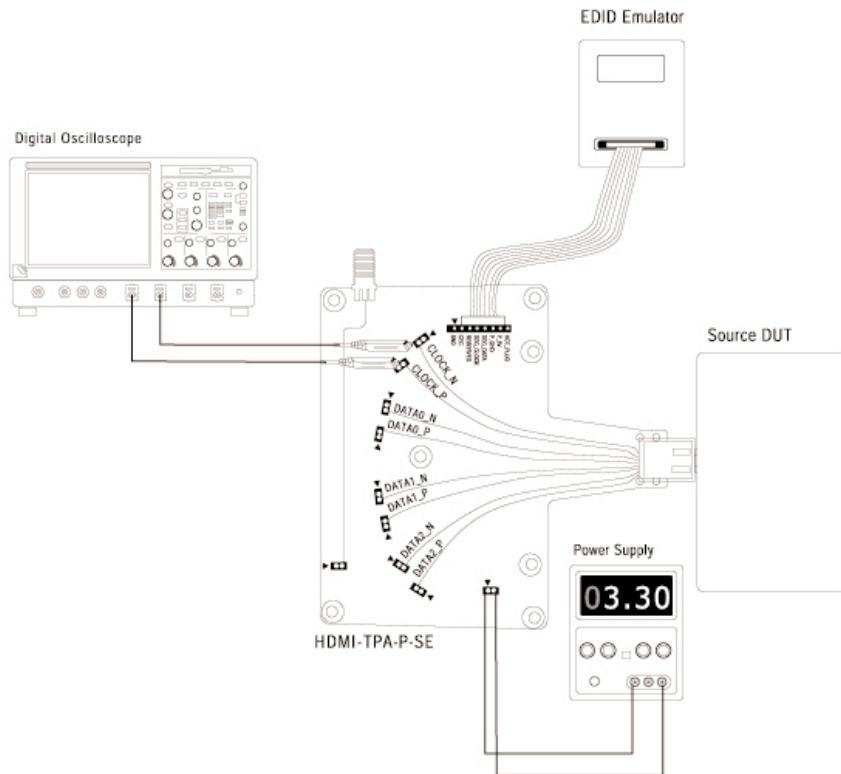
– 提供外部電源供應器：在上拉電阻器兩端施加電壓。

– 此處並無要求特定的測試碼型，因此訊號源 DUT 產生的任何 HDMI 碼型都已足夠。例如任何 DVD 播放器放映的 DVD 都能產生所需的測試訊號。

若需連線的詳細資訊，請參閱上文中所述的測試設定。



► 圖 11.



► 圖 12.

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

終端裝置電氣測試

這些測試會在 TP2 終端裝置的 HDMI 接頭上執行。下列各節將會更詳細地探討這些測試。

1. 抖動容差測試

終端裝置最重要的特性之一，就是對訊號中特定抖動位準的容差，標準中將限制定義為 $0.3 \cdot T_{BIT}$ 。

特定的抖動量會逐步 (由低至高抖動) 注入傳輸的 TMDS 訊號中，直到終端裝置無法還原訊號為止。終端裝置能夠容忍的抖動量，將用來和相容性的限制作比較。

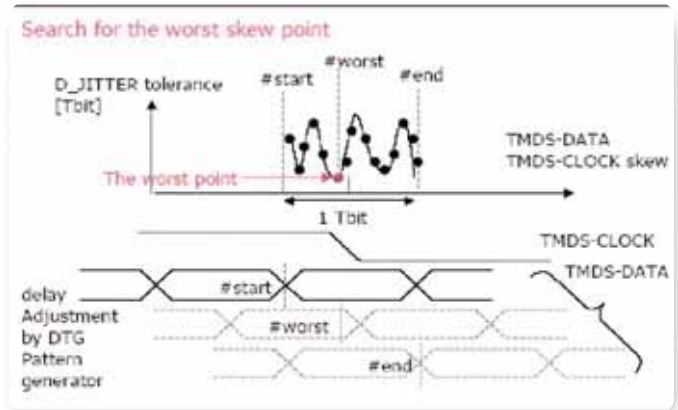
抖動容差測試依下列主要步驟執行：

- 判斷最嚴重的時脈對資料偏移：在決定最嚴重的點之前，資料中的偏移都會變化。本測試會重複執行數次，如圖 13 所示，然後 TMDS 訊號產生器就會設定為產生此最嚴重的偏移。
- 量測抖動邊際：注入指定的抖動量可進行數種量測。這些量測會在兩個量測案例中執行 - (a) 500 KHz 下資料抖動頻率和 10 MHz 下的時脈抖動頻率，以及(b) 1 MHz 下資料抖動頻率和 7 MHz 下的時脈抖動頻率，這三種量測為：

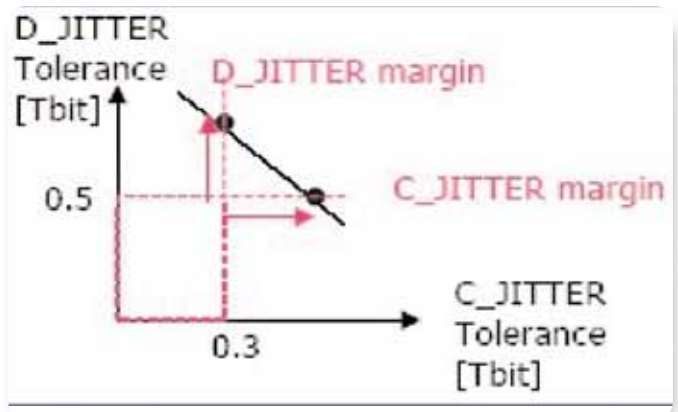
1. 資料抖動振幅 (D_{jw})
2. 最嚴重的資料抖動振幅 (D_JITTER 邊際)
3. 最嚴重的時脈抖動振幅 (C_JITTER 邊際)

圖 14 有助於瞭解 D_JITTER 和 C_JITTER 邊際的量測準則。

由於有各種不同的參數需要調整，又有緊密的邊際，因此測試常會極為複雜，且需花費很長的時間。



► 圖 13.



► 圖 14.

2. 最小/最大差動振幅容差

此測試對大多數的串列標準來說已十分常見，即使終端裝置的最小位準 (150 mV) 上出現差動電壓振幅，本測試仍可確認該裝置能夠正確地支援互通性。

本測試中使用了能夠改變振幅的 TMDS 訊號產生器，它所產生之任何終端裝置支援的 27 MHz 視訊格式，都會在各視訊期間重複出現 0 至 255 的 RGB 灰色斜率訊號。

在所有成對通道上，測試都從 170 mV V_{DIFF} 開始，然後差動振幅逐次減少 20 mV，直到終端裝置回報錯誤為止。若終端裝置回應無誤的 V_{DIFF} 最小值小於 150 mV，則表示此裝置通過測試。在 V_{DIFF} 最小值達到 70 mV 時請停止測試。

此測試的另一個重要元件，就是在兩個不同的 V_{ICM} (共模電壓) 設定值下執行，這兩個值分別為 3.0 V 和 3.3 V。CTS1.2a 要求訊號也另外在差動振幅 1.2 V 下進行測試。

3. 成對通道內的偏移

終端裝置還必須容許成對通道內的偏移。本測試可確保終端裝置允許各 TMDS 成對通道內的時序偏移。CTS 標準中定義的成對通道內偏移容差限制為 $0.4 \cdot T_{BIT}$ 。

測試以設定無偏移的成對時脈與資料通道開始，接下來在成對通道中 (每次一對)，以每次 $0.1 \cdot T_{BIT}$ 的幅度逐漸增加其內部的偏移，直到終端裝置輸出錯誤為止。終端裝置作業無錯誤下的最大偏移，就定義為成對通道內的偏移，而此值會和限制值作比較，若超過 $0.4 \cdot T_{BIT}$ ，則此裝置可視為符合標準。

4. 差動阻抗

為達成高資料率而使用的差動傳輸線，對阻抗是否相符非常敏感，因此，阻抗特性分析是 HDMI 的相容性測試中非常重要的一環。透過連結造成的阻抗限制為 100 Ω 技術規格之 15% 的變異量。終端的阻抗範圍必須要更緊密，因為邊際只有特性值 100 Ω 的 10%。

本測試在終端裝置電源關閉時執行。首先量測與 DUT 輸入接頭的量測距離。在阻抗曲線急遽上升至超過 200 Ω ，表示與接頭的距離時，則使用 TDR 方式判斷最佳。

接下來，由輸入接頭決定每對通道的差動阻抗值 Z_{DIFF} ，直到阻抗曲線穩定達終端阻抗為止。另一個未測試的配對終端為 50 Ω ，裝置的 Z_{DIFF} 值應介於 85 Ω 至 115 Ω 之間，才可通過本測試。

若想對控制阻抗的 TDR 測試與量測有更深入的瞭解，Tektronix 提供了一些敘述性的應用摘要 (4) 和 (5)。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

	抖動容差	最小差動靈敏度	成對通道內的偏移	差動阻抗	備註
數位儲存示波器	•	•	•		16M RL
差動探棒	•	•	•		> 2 nos.
資料時序產生器	•	•	•		DTG5274 搭配三個 DTGM30
任意波形產生器	•				AWG710/B
TDR 取樣示波器				•	TDS8200 搭配 80E04 + 80E03
TPA-R 測試轉接器組	•	•	•		013-A012-50
TPA-P 測試轉接器組	•	•	•	•	013-A013-50
終端為 50 Ω (6 nos.)				•	015-1022-01
SMA-BNC 轉接器	•				015-1018-00
從 DTG DC O/P Pin 至 SMA 的纜線，以 Bias Tee 連接 (2 nos.)	•				012-1506-00 + 015-0671-00 + 015-1018-00
SMA 纜線 (12 nos.)	•	•	•		174-1428-00
SMA(m) - SMA(f) 纜線 (2)	•				*1 下方
迷你電路 Bias Tee (2 nos.)	•				ZFBT-4R2GW *1
JAE 纜線模擬器 (各 1)	•				74.25, 27 MHz
直流電源供應器	•	•	•	•	+5V
GPIB USB 控制器	•	•	•	•	NI GPIB-USB-B
GPIB 纜線	•	•	•	•	

► 表 3.

*1: 在 RF_{in} 為 SMA (m)，且在 RF+DC 輸出端為 SMA (f) 者較為合適。

準備終端裝置測試

a. 測試套件

表 3 摘要說明了執行前述終端裝置測試所需的設備。

除此之外，執行 CTS 標準中規定的某些其他測試時，需要數位萬用電錶、協定分析儀和 LCR 錶。

b. 測試設備 — 重要考量

在為測試設定選擇正確的設備時，請務必瞭解本設備必須處理的重要層面，這些層面包括：

數位儲存示波器

抖動容差測試要求示波器至少具備 16 M 的紀錄長度。

資料時序產生器

TMDS 訊號產生器在終端裝置測試中扮演關鍵的角色。TMDS 訊號產生器的主要挑戰，是在於完整強化高度準確的訊號，以及提供精確控制其參數的能力。

為了執行最小差動靈敏度測試，需要 20 mV 的解析度。成對通道內的偏移測試需要小至亞皮秒 (sub-picosecond) 解析度的精確延遲設定。Tektronix 提供的 DTG5274 (搭配 DTGM30 模組)，能夠結合資料產生器和脈衝產生器的功能，讓您可利用高度精確的測試訊號進行終端裝置測試。

任意波形產生器

抖動容差測試在時脈和資料抖動都必須變化時，會面臨更大的挑戰。產生頻率約為 10 MHz 的抖動，需要一台以上訊號產生器的組合。由於邊際十分緊密，因此需對抖動振幅進行精確的控制，而 Tektronix AWG710B 是產生此類效能等級的首選平台。

TDR 取樣示波器

時域反射 (TDR) 是功能強大且準確的工具，可用來量測內部連結通道中的阻抗和長度。雖然 TDR 的基本概念比較簡單，但仍需要考量到許多問題才能進行準確的量測，首先就是執行真實差動 TDR 的能力，這項考量讓可搭配 80E04 模組的 TDS8200 成為進行差動阻抗測試的首選工具，若 TDR 連線要在電路板上進行探測，則 80A02 模組可與 P8018 搭配使用。

若要測試纜線 (例如在製造時)，則不需要 P8018，只要 80A02 搭配腳踏板致動器即可，這樣就可避免操作人員不小心接線錯誤。

測試轉接器

如同訊號源測試一般，在終端裝置測試中，可靠的連線是維持精確度和訊號完整性的關鍵。可用的測試轉接器組有兩種類型。



► 圖 15.

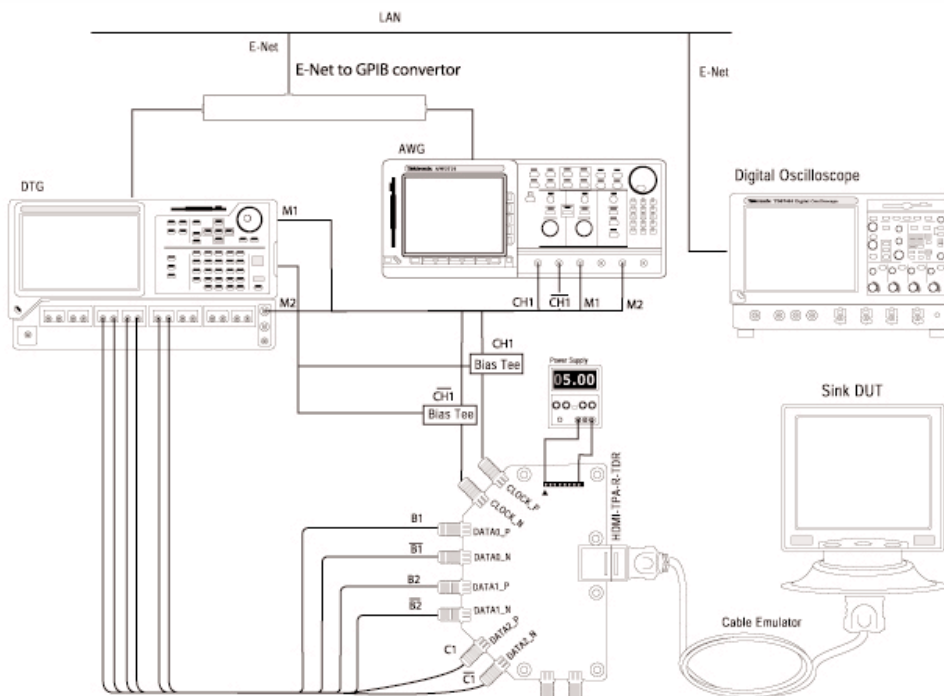
對於大多數的終端測試裝置而言，插入型轉接器 (TPA-P) 組和插座型轉接器 (TPA-R) 組非常適合作為待測裝置 (DUT) 的主要連線。圖 15 展示出 TPA-R 插入型測試轉接器。

c. 終端裝置測試的測試設定

抖動容差測試 (請參閱圖 16)

最小差動靈敏度 (請參閱圖 17)

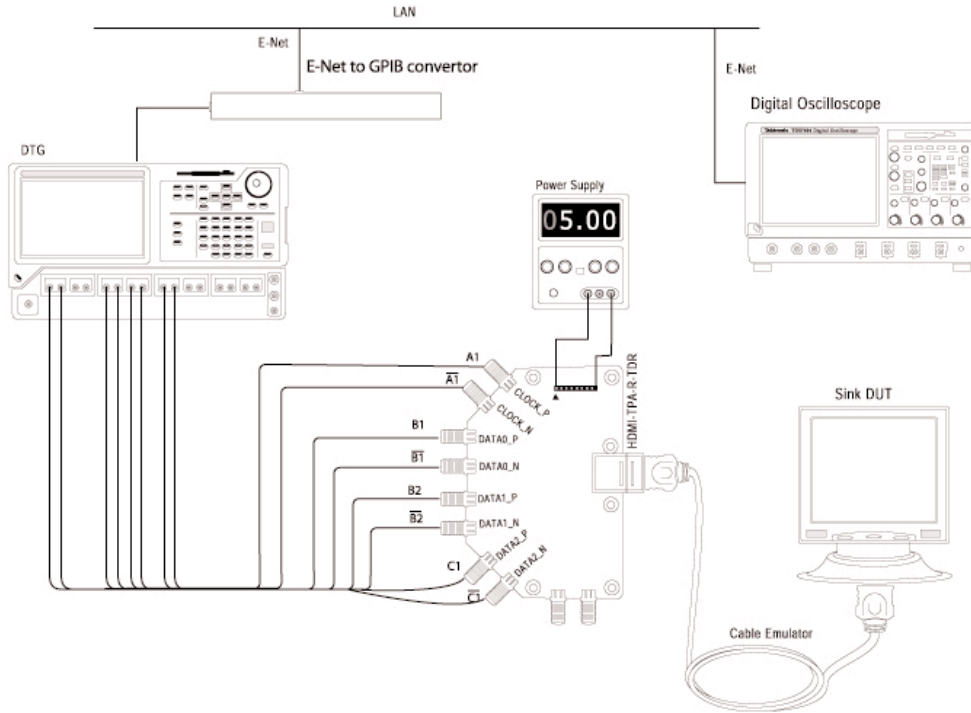
成對通道內的偏移測試 (請參閱圖 18)



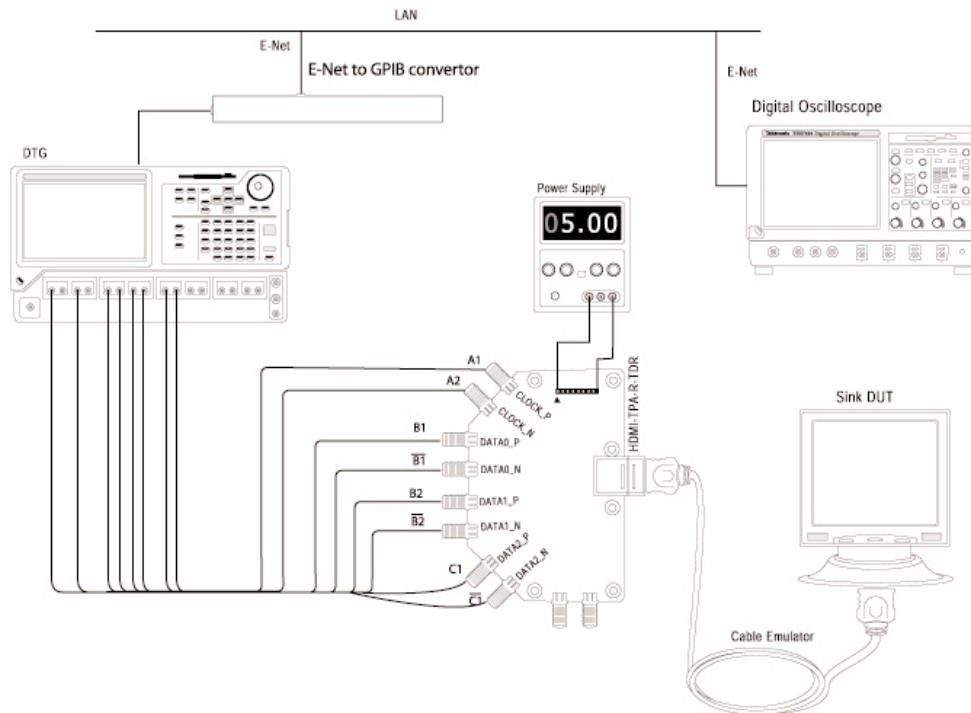
► 圖 16.

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要



► 17.



► 18.

自動化工具

終端裝置測試如同訊號源測試一樣，需要花費很多時間。而進行終端裝置測試時，由於需要控制數種工具才能得到量測結論，因此又更為複雜。另外還有精確設定抖動參數的難題，而這一切都讓自動化成為無庸置疑的需求。

本文中稍後會討論到的 TDSHT3，使得整個測試程序中不再需要特殊技巧，並且能使用 GPIB 遠端控制各種參數。數位螢光示波器使用 GPIB 纜線與 DTG5274 連接，並使用 GPIBUS-B 纜線與 AWG 連接（由 National Instruments 提供）。TDS7000B DPO 使用 GPIB 纜線與 DTG5274 連接，並使用 GPIB-USB-B 纜線與 AWG 連接，或以 E-Net 連接 GPIB 轉換器（由 National Instruments 提供）。

纜線電氣測試

這些測試會在 TP1 和 TP2 上的 HDMI 纜線執行。下列各節會更詳細地探討這些測試。

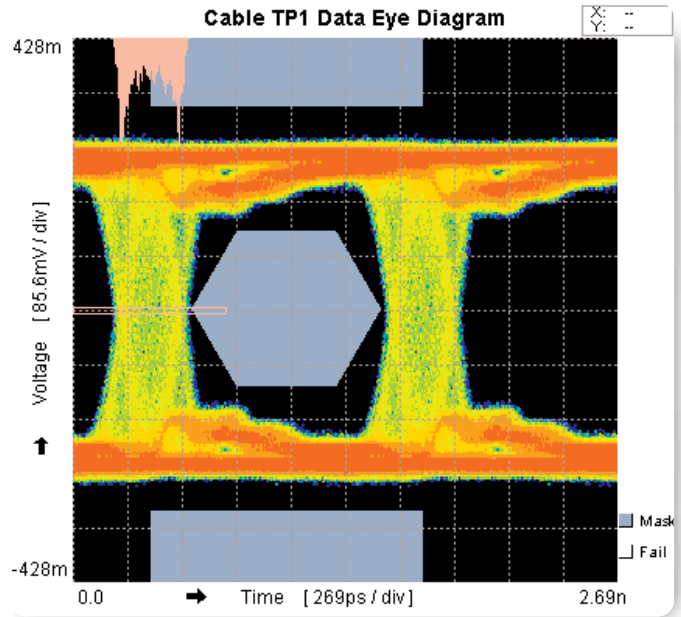
1. 資料眼狀圖測試

此測試的目標在於確保纜線精確地將訊號從訊號源傳送至終端裝置。纜線可以預料地會對訊號造成某種程度的劣化，本測試可確認劣化的程度夠低，足以保障裝置間的互通性。

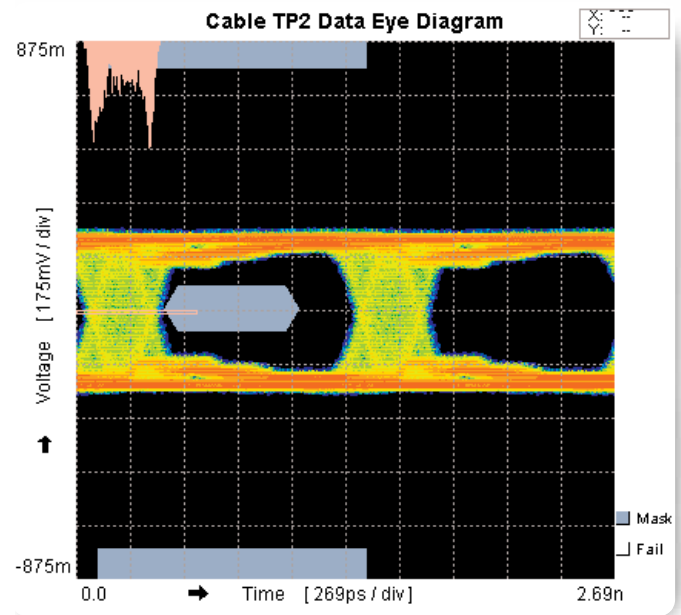
在將纜線加入傳輸系統前，請先在 TP1 上進行訊號的特性分析。利用 HDMI 訊號產生器產生 TMDS 訊號，調整 HDMI 訊號產生器的參數，以傳輸載送特定時脈與資料抖動量的訊號。眼狀圖和抖動測試可確保符合這些測試條件，且執行情況與訊號源測試類似。

接下來連接纜線，並在 TP2 再次驗證資料眼狀圖。標準中清楚闡述了在數種條件下測試時 TP2 上允許的劣化量：

- 波罩測試
- 資料抖動小於 0.67 ns (在 75 MHz 下相當於 $0.5 * T_{BIT}$)



► 圖 19.



► 圖 20.

資料抖動需使用長條圖方塊量測。如同在訊號源抖動測試中一樣，強烈建議您使用最小值方塊法。使用最小值方塊法量測到的資料抖動，能產生可靠的結果。圖 19 (TP1) 和圖 20 (TP2) 顯示出在示波器上執行的纜線眼狀圖測試。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

	資料 眼狀圖	成對通道內 的偏移	成對通道間 的偏移	遠端 串音	備註
數位儲存示波器	•	•			16 M RL
差動探棒	•				> 2 nos.
資料時序產生器	•	•			DTG5274 搭配三個 DTGM30
取樣示波器		•	•	•	TDS8200 搭配 80E03/80E04
TPA-R 測試轉接器組	•	•	•	•	013-A012-50
TPA-P 測試轉接器組	•				013-A013-50
終端為 50 Ω (14 nos.)				•	015-1022-01
SMA 纜線 (8 nos.)	•	•	•		174-1428-00
GPIB USB 控制器	•	•	•	•	National Instruments 公司 GPIB-USB-B
GPIB 纜線	•	•	•	•	

► 表 4.

2. 選用的 (參數) 測試

這些測試是纜線訊號完整性的絕佳指標，建議您可進行這些測試 (但並非強制)，這些測試為：

- 成對通道內的偏移
- 成對通道間的偏移
- 遠端串音

成對通道內和通道間的偏移測試需使用取樣示波器來執行。用於終端裝置差動阻抗測試上的 Tektronix TDS8200，可利用 TDT 插入式裝置來進行這些測試。用於 TDR 上的 Tektronix 80E04，也可進行這項測試，因為這不但是雙差動 TDR 步進產生器，還是雙通道的取樣器。雖然遠端串音測試通常使用網路分析儀來執行，但使用 TDR 進行串音量測已愈來愈廣為接受，因為以 TDR 所進行的量測能更快速、更經濟，且更能直覺化地執行。TDA 系統擁有一些資訊豐富的 TDR 量測串音應用摘要。

準備纜線測試

d. 測試套件

表 4 摘要說明了執行前述終端裝置測試所需的設備。

您可使用網路分析儀來執行遠端串音測試。

e. 測試設備 – 重要考量

在為測試設定選擇正確的設備時，請務必瞭解必須處理的重要層面，這些層面包括：

數位螢光示波器

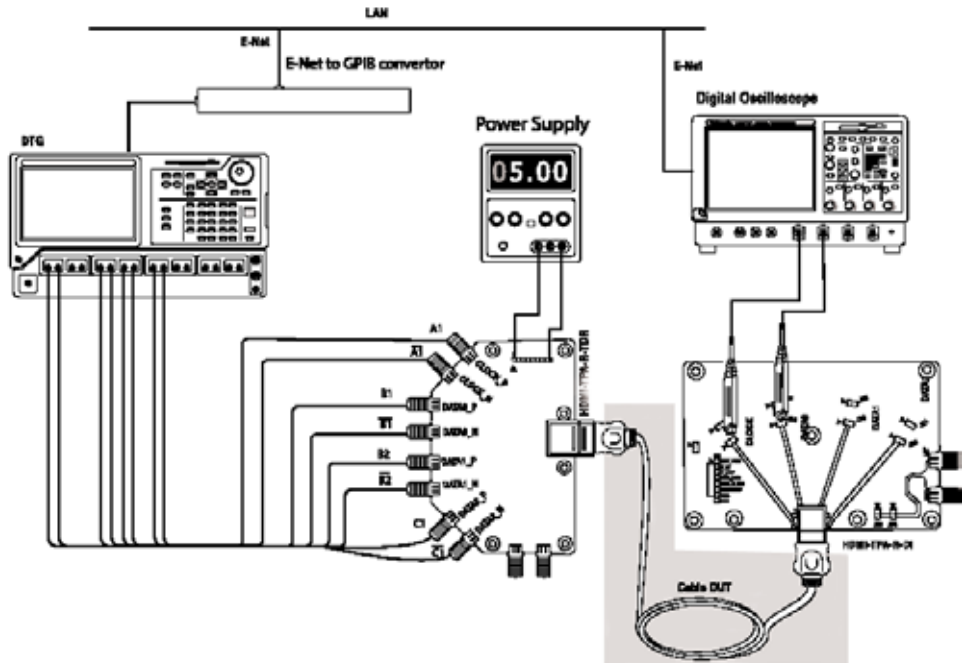
本測試至少需要 16 M 的紀錄長度，以確保符合標準。資料抖動必須予以量測，請務必瞭解到抖動如同訊號源測試中所述，是依照 PLL 還原時脈來進行量測。如前文中的建議，欲獲得可靠的資料抖動量測，則採用最小值方塊法最為適當。

資料時序產生器

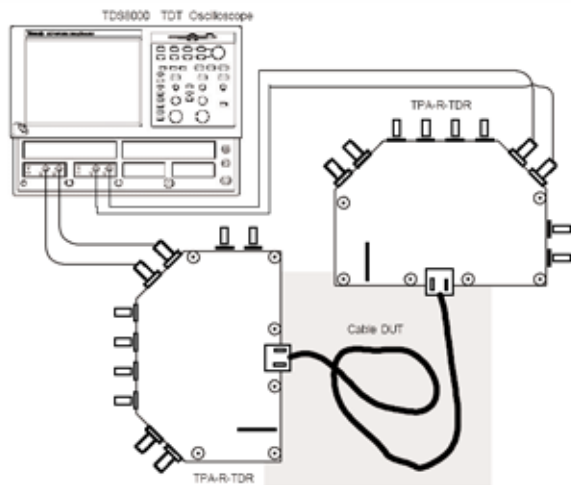
TMDS 訊號產生器在纜線測試中扮演關鍵的角色。Tektronix 提供的 DTG5274 (搭配 DTGM30 模組)，能夠結合資料產生器和脈衝產生器的功能，讓您可利用高度精確的測試訊號進行纜線測試。

取樣示波器

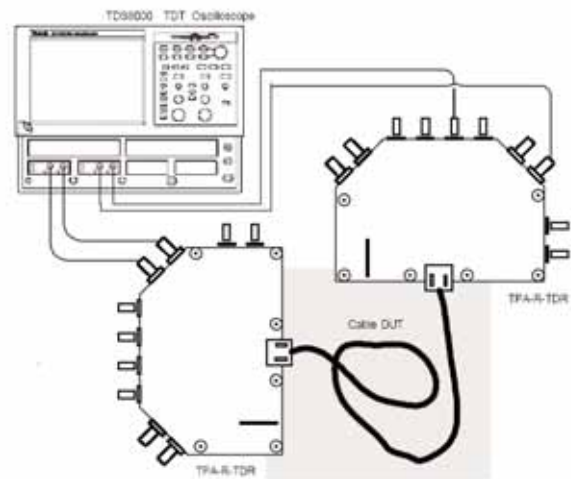
偏移測試的限制需要超精密的量測。搭配 80E04 或 80E03 模組的 TDS8200，可以提供進行這些測試所需的量測準確度和解析度。



▶ 圖 21.



▶ 圖 22.



▶ 圖 23.

自動化工具

纜線資料眼狀圖測試同時帶來了訊號源和終端裝置測試的複雜性。眼狀透視圖的複雜性、準確的資料抖動量測技巧，再加上控制數種工具的乏味過程，都使得這項測試非常複雜。本文件中稍後會討論到的 TDSHT3，可讓這項測試變得較為容易。數位螢光示波器使用 GPIB 纜線與 DTG5274 連接，並使用 GPIB-USB-B 纜線與 AWG 連接 (由 National Instruments 提供)。

台灣的 LiTek 可提供將幾項其他測試自動化的高速纜線測試解決方案 (LT-4165)。

f. 纜線測試的測試設定

若需資料眼狀圖測試的相關資訊，請參閱圖 21。

若需成對通道內的偏移測試之相關資訊，請參閱圖 22。

若需成對通道間的偏移測試之相關資訊，請參閱圖 23。

使用 TDSHT3 HDMI 進行 HDMI 實體層相容測試

► 應用摘要

TDSHT3 簡介

設計或驗證 HDMI 實體層的工程師，必須透過自製的驗證來執行這些作業，這必須進行相當多樣的測試。這些邊際緊密的測試，需要精確的量測技巧，並且複雜地控制各種測試儀器，標準中還要求許多測試在各種支援的像素解析度下執行，因此更增添了測試的複雜性。

TDSHT3 HDMI 相容測試軟體可將廣泛的測試自動化，包括訊號源、終端裝置和纜線測試，因此帶來了前所未有的效率以及可靠的結果。

可靠且值得信賴的結果

TDSHT3 嵌入了與 HDI CTS 相容的測試程序，包括軟體時脈還原 (SoftCRU)，以確保結果值得信賴。準確的眼狀透視圖和精確的違反測試，都可提供信譽優良的結果。終端裝置測試會由封閉迴圈量測準確地執行，消除了測試設定的非線性。值得信賴的量測技術和自動化讓錯誤減少，以提供令人信服的結果。

更快速的驗證週期

TDSHT3 提供無與倫比的自動化，讓驗證更為迅速。使用 TDSHT3 遠端控制 DTG 和 AWG，讓複雜的測試程序自動化，可將終端裝置的測試時間從數小時縮短為數分鐘。它的「Select All」(全部選取) 單鍵功能，可藉由執行多項訊號源測試來證明其效能，只要按下一個按鍵，TDSHT3 就會即時產生 csv 格式的摘要或詳細報告。

完整的驗證解決方案

TDSHT3 可提供廣泛的測試，讓您完整地驗證各項標準。TDSHT3 所提供的測試包括訊號源、終端裝置和纜線裝置，有了 TDSHT3 就能利用完整的解決方案，包括示波器、任意波形產生器、資料時序產生器、測試夾具和 TDR 等，來執行值得信賴的驗證作業。

使用 TDSHT3 進行測試

使用者只要按一下「Select All」(全部選取) 按鍵，就可以選取整個測試範圍，然後再按下一個按鍵即可執行這些測試。終端裝置測試會在按下「Sink」(終端裝置) 頁籤時啓用。

《TDSHT3 快速啟動使用者手冊》(6) 可提供執行 HDMI 終端裝置測試的範例。



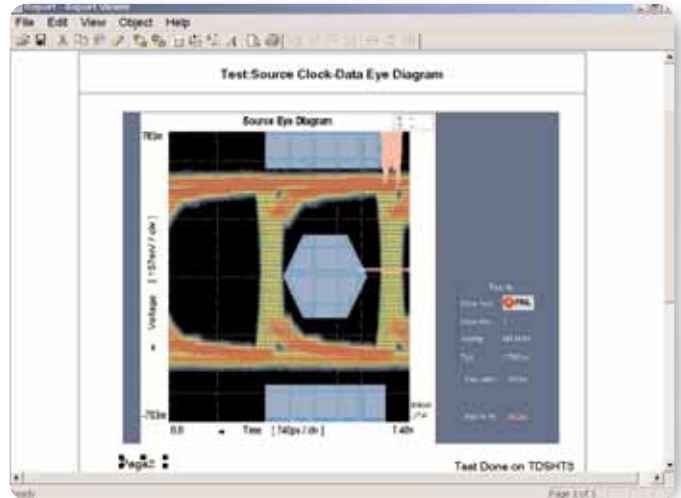
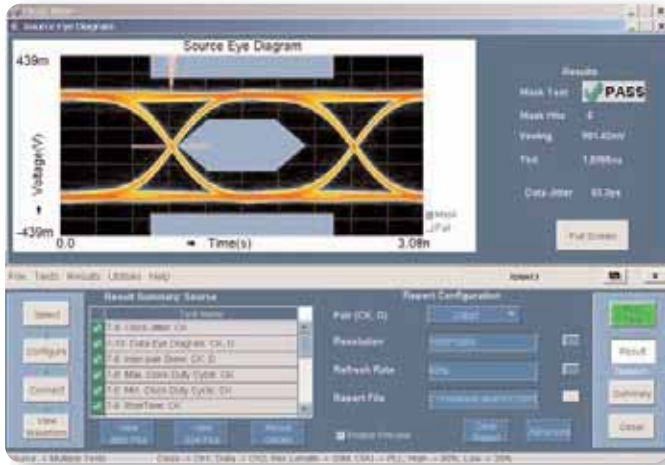
使用者介面可讓測試的設定更有彈性，並減少混淆。



終端裝置測試可輕易地配置為各種抖動參數，例如振幅或頻率，而軟體會為 DTG 和 AWG 適當地管理檔案轉換，以進行自動化測試。



按下「Run Test」(執行測試) 按鍵就可以開始測試程序，而在執行完所有測試之後，就會出現相關的圖形並提供結果摘要，如下圖所示。



按下「Result Details」(結果詳細資訊) 按鍵就可提供更多有關限制值和量測值的資訊。

只要按下一個按鍵就可即時產生報告。這些報告可以很容易地轉換為常用的格式，例如可攜式文件檔案 (PDF) 或其他格式。

《TDSHT3 快速啟動使用者手冊》(6) 可提供執行 HDMI 終端裝置測試的範例。

特色

TDSHT3 HDMI 相容測試軟體將驗證週期從數天減少為數個小時。其值得信賴的量測技術和封閉迴圈量測，可確保結果可靠且值得信賴。而其無與倫比的自動化縮短了測試時間，並將人為錯誤降至最低。本軟體搭配各種測試設備即為完整的 HDMI 測試解決方案。

若您按下「Summary」(摘要) 按鍵就可以將報告記錄成以逗點分隔變數 (CSV) 的格式，這在測試多個連接埠並將其記錄成摘要時非常有用。CSV 格式可在如 Excel 和許多其他軟體等常用的工具中，輕鬆地記錄文件。

摘要

高畫質多媒體介面 (HDMI) 技術確實正急速地成長中，因此目前的重點在於證明其符合標準，這樣才能使在產品上設計或驗證 HDMI 實體層的工程師，更迅速、可靠且有效率地執行各式各樣的測試。

大量的嚴格測試再加上前所未有的複雜性，使測試工程師面臨了數種挑戰，而緊密的邊際需要仔細的量測，並透徹瞭解錯誤的來源。

TDSHT3 能夠迅速可靠地執行廣泛的測試，因而使效率大為改善。

參考文獻

1. HDMI Specifications version 1.0
2. Compliance Test Specifications (CTS) version 1.0a
3. High Speed Differential Data Signaling and Measurements – Tektronix Primer (55W-16761-0)
4. Differential Impedance Measurements with the Tektronix 8000B Series Instruments – Tektronix Application Note (85W-16644-0)
5. Measuring Controlled Boards with TDR – Tektronix Application Note (85W-8531-0)
6. TDSHT3 Quick Start User Manual – Tektronix Manual (071-1565-00)

請聯絡 Tektronix :

東南亞國協/大洋洲 (65) 6356 3900
奧地利 +41 52 675 3777
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777
比利時 07 81 60166
巴西與南美洲 55 (11) 3741-8360
加拿大 1 (800) 661-5625
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
法國與北非 +33 (0) 1 69 86 81 81
德國 +49 (221) 94 77 400
香港 (852) 2585-6688
印度 (91) 80-22275577
義大利 +39 (02) 25086 1
日本 81 (3) 6714-3010
盧森堡 +44 (0) 1344 392400
墨西哥、中美洲與加勒比海諸國 52 (55) 56666-333
中東、亞洲及北非 +41 52 675 3777
荷蘭 090 02 021797
挪威 800 16098
中華人民共和國 86 (10) 6235 1230
波蘭 +41 52 675 3777
葡萄牙 80 08 12370
大韓民國 82 (2) 528-5299
俄羅斯及獨立國協 +7 (495) 7484900
南非 +27 11 254 8360
西班牙 (+34) 901 988 054
瑞典 020 08 80371
瑞士 +41 52 675 3777
台灣 886 (2) 2722-9622
英國與愛爾蘭共和國 +44 (0) 1344 392400
美國 1 (800) 426-2200
其他地區請以下列電話連絡 Tektronix 公司： 1 (503) 627-7111
2006 年 2 月 23 日最新修訂

請上網取得最新的產品資訊，我們的網址為：www.tektronix.com



Copyright © 2006, Tektronix. 版權所有。Tektronix 產品受美國和外國專利權的保護、聲明與審查。本出版品中的資訊可取代之前任何出版品中的資訊。本公司保留變更規格與價格的權利。TEKTRONIX 和 TEK 為 Tektronix, Inc 的註冊商標。其他商標名稱則是該相關公司的使用標記、商標或註冊商標。
05/06 FLG/WWW 61T-17974-2

Tektronix
Enabling Innovation