

Keysight Technologies

如何確保 USB Type-C™ 傳輸線與連接器的
互通性和標準相符性

Keysight Type-C 解決方案：更快完成相符性測試的捷徑

應用說明



概述

USB Type-C™ 是一種突破性的連接標準，專為更小型、更輕薄的新一代電腦和裝置而設計，可因應高速資料傳輸、高電力傳輸的技術需求，並提供更高的靈活性。USB Type-C 的主要目標是在裝置之間建立高速連接、實現出色的電力管理，並確保有效的資料傳輸。USB Type-C 連接介面提供下列功能：

- 支援 USB 2.0 和其他協定的動態電力和資料傳輸
- 符合新一代和未來裝置的重要介面規格
- 具備向後相容性
- 正反可插，方便易用

隨著 USB Type-C 的問世，設計和測試工程師面臨了形形色色的挑戰，不僅要將 USB Type-C 與他們的產品整合，同時還要確保其互通性與測試相容性。近來，有越來越多的 USB Type-C 相符性測試標準相繼公布；不僅如此，使用者對資料傳輸速度和電力傳輸的需求也不斷攀升，加上其他功能的推陳出新，使得整體測試作業變得極端複雜，因此工程師需仰賴精準且符合標準的測試儀器、軟體和測試夾具，來確保成功的測試。

Type-C 傳輸線與連接器

用於裝置連接和供電的 USB 傳輸線種類繁多，例如 Type-A、Type-B、Micro 和 Mini 等。

相較於現有的 USB 傳輸線，Type-C 傳輸線具有對稱結構，而且正反可插，是其一大優點。電腦和周邊設備使用者都知道 USB 標準 A/B 連接器只能從一個固定方向插入，而且可能需要試好幾次才能找到正確的方向。USB Type-C 連接器的對稱結構，方便使用者正向或反向插入任何 USB Type-C 裝置的插槽，大幅提升使用便利性。

設計與測試工程師致力於將裝置介面從 4 個接腳的 USB 標準 A/B 連接器，升級成 24 個接腳的 USB Type-C 連接器，過程中面臨了許多難題。全新的 USB Type-C 插座和傳輸線（也稱為通道）針對標準 A/B 型連接器 / 傳輸線問題做了一些設計變更，並為新型 Type-C 產品添加更多特性與功能。您必須了解相關的測試挑戰和解決方案，才能順利進行 USB Type-C 裝置的整合與測試。

USB Type-C 傳輸線與連接器（通道）不僅具備 USB 向後相容性，而且可提供更多的電力管理和資料傳輸功能。USB Type-C 電力傳輸功能針對不同裝置提供高達 20 V、5 A 和 100 W 的動態電力傳輸和充電特性。成對的發射器和接收器 (Tx/Rx) 可用於 USB 協定，或是 DisplayPort、MHL、Thunderbolt 資料傳輸等「訪客協定」，以實現更高速的資料和影音信號傳輸。Type-C 資料傳輸速率最高可達 20 Gbps (Thunderbolt)，未來可望進一步提升到 40 Gbps。這些新功能為設計與測試工程師帶來了更艱難的挑戰，因此須確實進行 USB-IF 標準相符性測試，以確保 USB 通道和裝置的互通性。

是德科技針對 USB Type-C 設計與測試挑戰和解決方案提供五個系列的應用說明，本文為其中之一，主要探討以下主題：

- 傳輸線和連接器
- 電力傳輸
- 發射 / 接收
- 模擬和量測之間的關聯性
- 交替 (ALT) 模式 (DisplayPort、Thunderbolt、MHL)

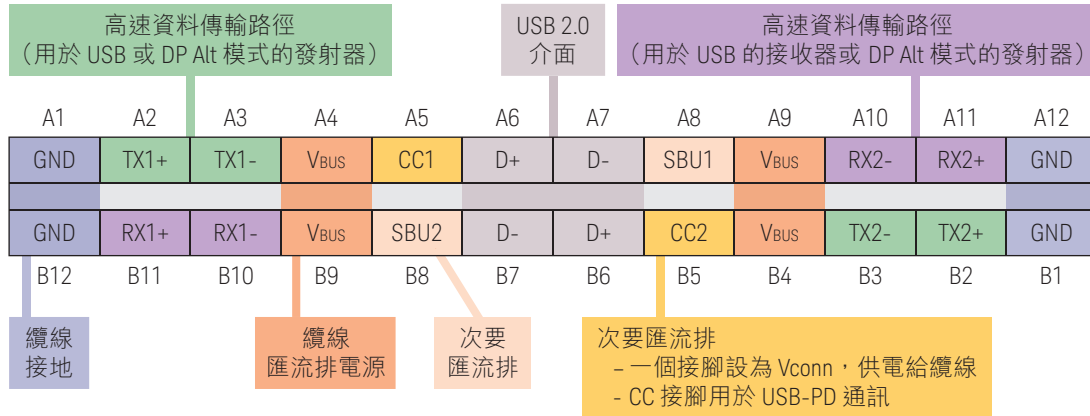


圖 1：USB Type-C 接腳圖。注意，此對稱介面為可正反插拔的結構。

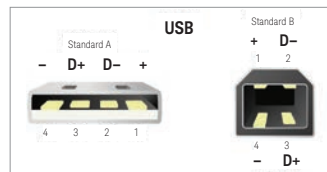
接腳功能概述

2 根接腳 (CC1、CC2)，其中 1 根接腳設為 Vconn 端子

這些接腳決定了傳輸線配置並可用於傳輸線方向偵測。雖然 USB Type-C 連接器正反方向皆可插拔，但仍需透過傳輸線方向偵測機制來進行主機 - 裝置連接。Type-C 纜線中只有一條 CC 信號線。將傳輸線插入插槽時，纜線會從插槽的配置通道連接至另一端的 CC1 或 CC2，後者可決定傳輸線的方向。另一個 CC 接腳則重新設定為 Vconn (5 V 電軌)，以便供電給主動式傳輸線的電路，減少消耗 Vbus 信號線的電力。

兩對差動接腳 (D+/D-)

這些專用的 USB 2.0 資料匯流排接腳可確保 USB 2.0 具備向後相容性。



四對供電 / 接地接腳 (VBUS)，(GND)

電力傳輸電路可管理多項周邊裝置並且為它們供電，讓裝置能夠在指定的電力位準下運作。裝置可要求該電路傳輸所需的電力，並可針對特定應用需求，要求更大量的電力傳輸。

四對發射器 / 接收器接腳 (TX1+/-、RX1+/-、TX2+/-、RX2+/-)

這些接腳可用於高速資料匯流排或交替 (ALT) 模式。4 對發射與接收 (Tx/Rx) 接腳可供 1 個、2 個或所有 4 個通道用於資料傳輸。Type-C 連接可讓兩種不同的協定，同時主動發射和接收資料，或在未來的 USB 部署上為單一協定提供雙倍的 Tx/Rx 傳輸速度。

兩個次要匯流排接腳 (SBU1、SBU2)

目前 Type-C 連接不支援次要匯流排或「旁波段 (sideband)」信號，但可用於交替模式資料傳輸或未來的擴充功能。

不同於早先包含電力傳輸線和兩條資料傳輸線的 USB 連接，USB Type-C 通道可動態調整電力位準和資料信號。完成初始的點對點 USB Type-C 連接後，CC1/CC2 接腳可決定傳輸線的方向，而裝置會接收到連接訊息並且建立主機與裝置的關係。接著，電力傳輸電路開始透過 Vbus 和 Gnd 連接控制各個連接裝置的電力傳輸。每個裝置可決定使用哪些 Tx/Rx 接腳 (SBU1/2 接腳用於交替協定)。Tx/Rx 接腳可用於 USB 或其他協定，其他接腳則可成對並聯以提供更快的資料傳輸速度。電力傳輸電路可控制通道電力和信號位準，可在連接裝置進行充電或資料傳輸時，隨時加以調整。

使用 USB Type-C 產品時，您會發現此介面的功能更強大，也更容易使用。然而，工程師面臨更多複雜的測試挑戰，尤其是進行通道測試時必須將各種不同的功能情境納入考量。

USB Type-C 傳輸線與連接器的測試挑戰

USB Type-C 傳輸線與連接器的測試挑戰來自於繁複的規格和向後相容性要求。儘管如此，這些嚴苛的規格扮演了重要的角色，以確保 USB 產品之間可以順利地交互操作。

根據 USB-IF 的規範，Type-C 必須支援舊版的 USB 規格信號（USB 2.0 和 USB 3.0）。除了這項強制的向後相容性要求之外，USB-IF 還定義了兩條 USB Type-C 傳輸線，兩端均為 Type-C 接頭：

- USB 3.1 Type-C 傳輸線的傳輸速度可以是 10 Gbps Gen2 或 5 Gbps Gen1（傳輸線較長，約 2 公尺）
- USB 2.0 Type-C 連接至舊型主機（通常用於行動裝置充電）

USB 3.1 和 Type-C 並未明確規定電氣相容通道的傳輸線長度，而是定義通道損耗，以確保 USB 主機和裝置之間的互通性。例如，兩公尺長的傳輸線，其插入損耗不可超過 7 dB。在 20 dB SuperSpeed Gen 1 的限制下，主機和裝置合計的插入損耗不得超過 13 dB。

USB Type-C 定義了各種通道規格，包含對稱式連接器、高速資料傳輸、高電力、多種資料傳輸類型和向後相容性等，因此工程師必須測試大量的配置，以驗證 USB 通道相符性。不同配置的通道效能也會受到前述之插入損耗，以及反射和串擾的影響。為了去除測試夾具效應，工程師必須採取比以往更為嚴格的方式來減少通道響應的額外效應，並且在相符性測試過程中控制 USB Type-C 通道內的 EMI 和 RFI 干擾。

消除測試夾具效應

在各種頻率下對 Type-C 互連執行準確的電氣特性分析，是成功設計高速匯流排的關鍵。隨著資料傳輸速率提高到 10 Gbps，特性分析工作變得更加困難。工程師通常使用向量網路分析儀（VNA）在頻域中進行高速互連電氣特性分析，過程中需使用測試夾具來連接待測裝置（DUT）和向量網路分析儀。測試完成後，必須完全移除測試夾具，以避免夾具信號干擾測試結果，在高頻狀況下這點尤為重要。您可藉由執行校驗或解嵌入來去除測試夾具效應，所使用的儀器品質越精良、操作越完善，量測準確度就越高。

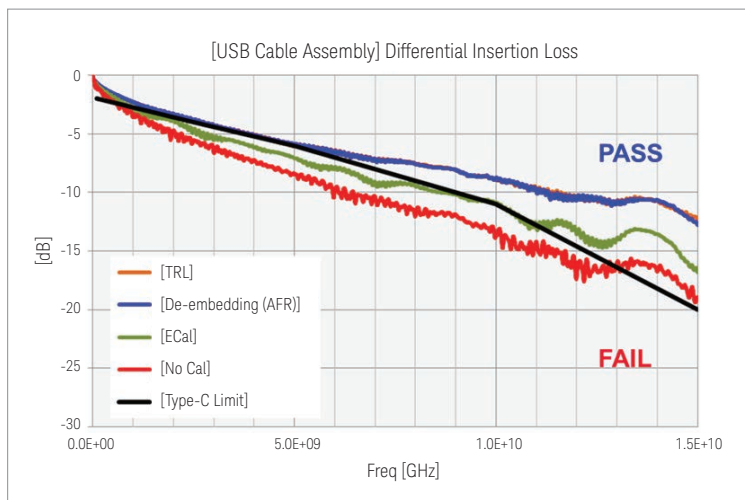


圖 3：在高頻率下會產生大量的損耗，因此需透過更嚴格的方式來消除測試夾具效應，如此才能量測到連接裝置的實際效能。

通道響應所受的影響

損耗、反射、串擾及模式轉換等，都會對通道響應造成影響。傳統上，工程師會量測參數特性，例如時域阻抗與時差、頻域插入損耗和回返損耗，並且測試特定的參數極限值，以便分析互連特性。參數規格設定了保守的極限值，因此傳輸線必須通過參數測試以確保其互通性。由於這種測試方法不允許工程師對參數效能加以取捨，因此現在已棄而不用。舉例而言，通道的損耗越少，就可以容忍較多的串擾或反射，反之亦然。對此，Type-C 通道的通過 / 不通過測試方法必須更新並加以改善。現今多半透過眼圖直接觀察鏈路末端的眼睛特性，以分析 Type-C 通道特性，這種量測方法又稱為「壓力眼圖」分析。

壓力眼圖分析方法將預期的發射器最差狀況 (worse case) 效能信號，作為互連的「壓力」信號，並使用眼圖來評估互連輸出。如果互連裝置能夠以等於或優於發射器輸入端指定的眼睛特性，正確地傳輸壓力信號，就能以任何符合標準發射器的信號運作。對眼圖進行分析時，工程師會運用各種形式的信號調節、加強及等化，並同時進行互連裝置的通過 / 不通過測試。

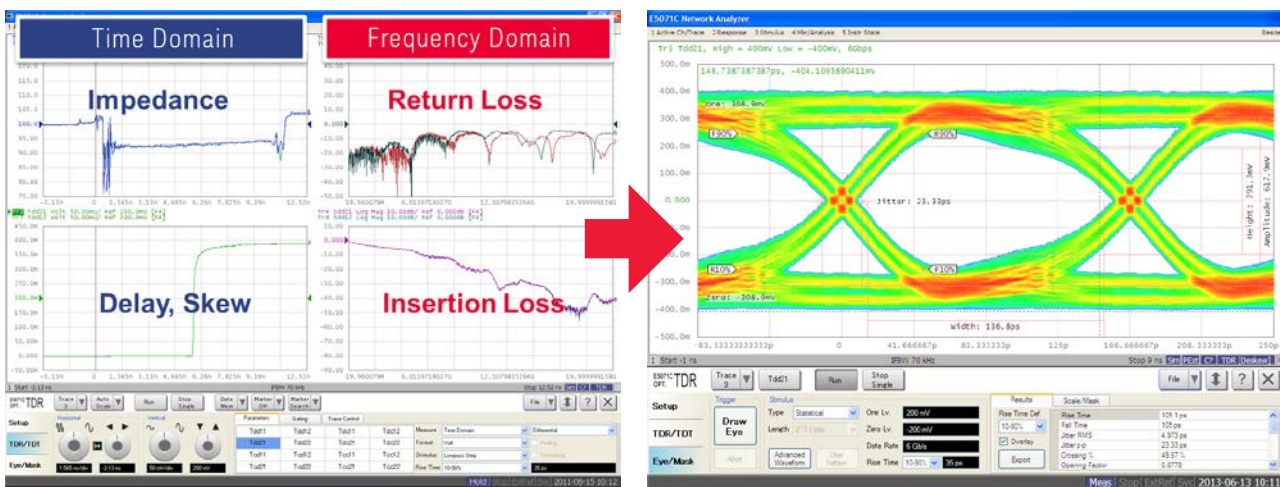


圖 4：通道響應會受到通道內許多特性（損耗、反射、串擾和模式轉換）的影響，因此傳統的參數分析方法已不再適用，工程師需要使用新的壓力眼圖測試（通道參數 / 邊限）來進行量測。

抑制纜線配件的 EMI 和 RFI 干擾

新型的 Type-C 插座設計提供更多接地和更好的整體屏蔽，以便防止射頻 (RF) 洩漏，並且減少了 USB 3.1 射頻干擾 (RFI) 問題。此外，Type-C 新增了規格標準，強制要求對傳輸線屏蔽有效性進行量測，以便控制傳輸線的輻射值。

傳輸線屏蔽效能測試旨在量測纜線組件的射頻干擾程度。進行量測時，須將纜線組件安裝在傳輸線屏蔽效能測試夾具 (USB-IF 尚在研發中) 上，該夾具包含五個 SMA 連接器：兩對用於成對的發射器和接收器，一個用於連接纜線屏蔽。工程師需針對成對的 Tx 和 Rx 信號，分別量測纜線屏蔽差模 (Ssd12) 和纜線屏蔽共模 (Ssc12) 的耦合因素。

傳輸線 / 連接器量測解決方案

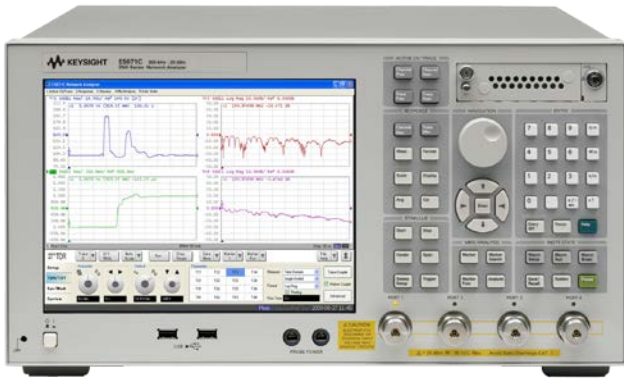
是德科技測試夾具效應解決方案

傳統的傳輸線 / 連接器相符性測試使用向量網路分析儀進行頻域分析，並使用和時域反射計 (TDR) 示波器進行時域分析。為此，是德科技推出具備進階時域分析功能 (選項 TDR) 的全新 Keysight ENA 系列網路分析儀。我們建議使用此多合一解決方案來量測所有的相符性參數。此外，受 ENA USB 介面所控制的 Keysight N4433A ENA 微波電子校驗 (ECal) 模組，可用於 ENA 校驗並可消除測試配置效應。

- 在 USB-IF 公佈相符性規範的同時，是德科技提供的「實作方法 (MOI)」讓工程師能依照各個步驟進行特定參數量測。請上網查看《USB Type-C 纜線連接器組件實作方法》：http://www.keysight.com/find/ena-tdr_usbtype-c-cabcon。

除了用於 USB 測試外，ENA 選項 TDR 也通過認證，可支援各種高速串列標準的量測。請至是德科技網站下載相關量測程序：www.keysight.com/find/ena-tdr_compliance。

典型配置



- ENA 主機
 - E5071C-4K5 : 4 埠，300 kHz 至 20 GHz 的頻率範圍。建議使用此選項，因為 Type-C 傳輸線 / 連接器需量測高達 15 GHz 的頻率。
- 增強型時域分析選項 (E5071C-TDR)
- 電子校驗模組 (N4433A)

注意：本清單包含必要的主要設備。請洽是德科技業務專員以獲得更多配置資訊。

Keysight E5071C ENA 系列網路分析儀為理想的解決方案，可協助製造與研發工程師評估頻率高達 20 GHz 的射頻元件和電路。

Keysight N4433A 微波電子校驗模組支援 300 kHz 到 20 GHz 的頻率，配備 3.5 mm 接頭和 4 個連接埠，可與向量網路分析儀共同進行快速又準確的完整 3 埠或 4 埠校驗。此外，許多高速串列相符性測試中心也開始採用 ENA 選項 TDR。

Keysight N1930B 實體層測試系統軟體 (PLTS 2016) 具備自動測試夾具效應移除 (AFR) 功能，可與 Keysight PNA 和 ENA 網路分析儀 (包含新型 PXI VNA 架構) 搭配使用，提供當今高速數位設計工程師亟需的強大信號整合工具。PLTS 為實體層裝置量測與分析必備的信號整合解決方案。精靈程式可協助使用者輕鬆校驗和量測多埠裝置。完成量測後，PLTS 提供各種顯示、分析、重新格式化和轉換工具，並可執行資料匯入與匯出。

結語

全新的 USB Type-C 規格為纜線組件測試帶來許多前所未有的挑戰。工程師需解決信號整合性問題，以避免不斷提高的資料傳輸速率導致系統效能下滑，而加速進行互連測試與特性分析變得越來越重要。單機式 ENA 選項 TDR 解決方案可執行阻抗、S 參數和眼圖等高速互連分析。

Keysight Type-C 解決方案內含軟體、儀器和測試夾具，是專為此通用介面之標準測試而量身打造的完備解決方案。無論您專精於設計或是驗證領域，我們的解決方案都可協助您加速完成除錯、特性分析，及最後的相符性測試。



下載軟體， 獲得前瞻洞察力

是德科技軟體讓專業技術觸手可及。從第一次模擬，到第一次出貨，我們在整個流程中提供一應俱全的量測工具，以加速您獲得量測資料、解析重要資訊，並制訂執行方案。

- 電子設計自動化軟體 (EDA)
- 應用軟體
- 程式設計環境
- 提昇效率的軟體

了解詳情：

www.keysight.com/find/software

立即獲得 30 天免費試用版：

www.keysight.com/find/free_trials

HARDWARE + SOFTWARE + PEOPLE = USB INSIGHTS

薪火相傳 - 惠普將火炬傳給安捷倫， 再由安捷倫交棒給是德科技

75 年來，我們始終如一地為您提供精湛的量測洞察力。我們獨一無二的硬體、軟體及專家組合，可協助您拓展全新的局面。

我們自 1939 年開始致力於解開量測世界的所有難題。



1939

未來

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊



www.axistandard.org

AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基於 AdvancedTCA 標準的開放標準，將 AdvancedTCA 標準延伸到通用測試和半導體測試領域。是德科技為 AXI 聯盟的創始會員。ATCA®、AdvancedTCA® 和 ATCA 商標為 PCI 工業電腦製造商協會在美國的註冊商標。



www.lxistandard.org

LXI 是繼 GPIB 之後推出的區域網路 (LAN) 標準，可提供更快速、更有效率的網路連結方式。是德科技為 LXI 聯盟的創始會員。



www.pxisa.org

PCI eXtensions for Instrumentation (PXI) 模組化儀器提供堅固耐用的 PC 式高能量測儀器與自動化系統。



三年保固

是德科技的卓越產品與長達 3 年保固服務的完美結合，助您一臂之力達成業務目標：增強操作便利性，降低持有成本，增強量測信心。

USB Type-C™ 和 USB-C™ 均為 USB 開發者論壇的註冊商標。

www.keysight.com/find/usb

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

聯絡窗口查詢：

www.keysight.com.tw/find/contactus

台灣是德科技網站：

www.keysight.com.tw

台灣是德科技股份有限公司

免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓

電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號

電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1

電話：(07) 535-5035



www.keysight.com/quality

是德科技 -

DEKRA Certified ISO 9001:2015

品質管理系統。

本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

© Keysight Technologies, 2017

Published in USA, December 1, 2017

中文版：5992-1390ZHA

www.keysight.com.tw



Unlocking Measurement Insights