

# Keysight Technologies

## 如何測試 USB Type-C™ Alt 模式和 在此模式下執行的標準

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。

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)

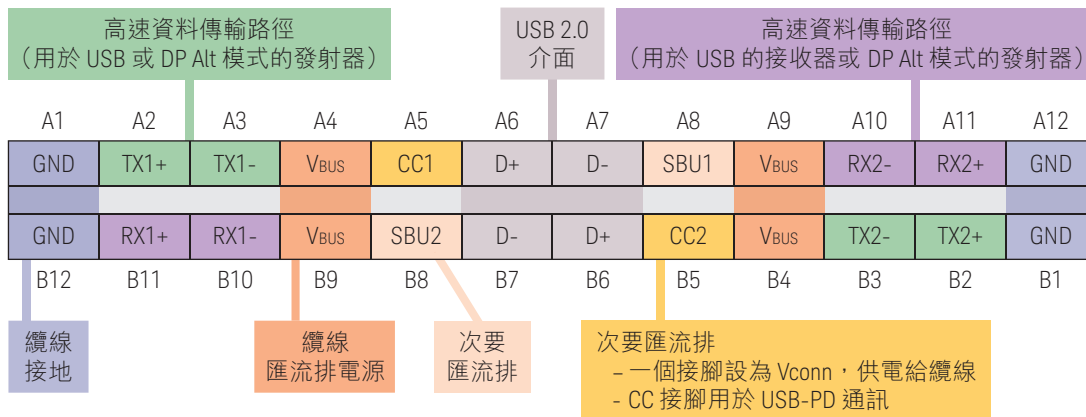


圖 1：USB Type-C 接腳圖。注意，此對稱介面為可正反插拔的結構。

## Type-C 交替 (Alt) 模式

創新的 USB Type-C 連接器及全新功能已吸引其他協定標準組織的注意力。Thunderbolt、DisplayPort (DP) 和行動高畫質連結 (MHL) 等組織，已將 USB Type-C 當作下一代介面連接標準。USB Type-C 藉由使用電力傳輸和交替 (Alt) 模式來支援交替協定。利用 Alt 模式，USB Type-C 可在收發 USB 資料時，還能收發其他協定，並同時提供 USB 2.0 資料傳輸，以及更高的雙向充電功能，以便支援更多種不同的裝置。Alt 模式可用於電力傳輸電路，以便收發獨有的資料信號和更多電力，因此 Type-C 連接也可用於許多非 USB 裝置連接和控制。本量測簡介主要將以 DisplayPort 作為 Alt 模式的範例應用，並集中探討相關的挑戰和解決方案。

## Alt 模式運作原理

建立了初始的端對端 USB Type-C 連接後，裝置會偵測纜線方向，並且確定供電端 / 耗電端的功用，接著 USB Type-C 電力傳輸電路便開始協商並管理所有連接裝置的電力。電力傳輸協商讓裝置能夠指定所需的電力，並且因應不同功能，提出調整電力的要求。在協商和發現過程中，裝置可請求使用 Alt 模式，以滿足協定的特殊需求。使用交替資料協定時，可藉由重新配置 USB Type-C 纜線的接腳來傳輸非 USB 資料。

Type-C 連接可將 8 個接腳配置為 4 個資料通道 (TX1±、RX1±、TX2±、RX2±)，這些通道可載送 USB 3.1、DisplayPort 信號、或任何交替資料協定。針對這四個高速 Tx/Rx 通道，兩個 sideband 接腳 (SBU1 和 SBU2)，以及 CC1 或 CC2，都可用於 Alt 模式傳輸。D± 接腳固定保留給 USB 2.0 資料傳輸使用，而未使用的 CC1/CC2 接腳則可對主動纜線供電。您可透過電力傳輸電路，使用電壓位準訊息並經由連接的配置通道 (CC1/CC2)，來配置交替協定模式。Alt 模式具絕佳的靈活性，可讓裝置藉由與電力傳輸 CC1/CC2 通道連通，來動態地重新指定 USB Type-C 接腳功能。舉例而言，裝置啟動時可以是 USB 3.1，然後切換到 DisplayPort 1.3。



圖 2：USB Type-C 功率特性。

在 Alt 模式下，SBU 線進入運作狀態。下表顯示用於不同 Alt 模式技術的 SBU 線功能。

USB 交替協定與 USB Type-C 連接的搭配運用，大幅簡化了消費者的裝置互連操作。然而，在設計、整合及驗證支援交替協定、USB 資料傳輸和動態電力傳輸的裝置時，工程師需要更完整的特性分析及更嚴格的相符性測試規畫。

Alt 模式技術	SBU 線功能
DisplayPort	AUX ±
MHL	e-CBUS-1、e-CBUS-2 (連結發現、管理、時脈)
Thunderbolt	低速 Rx 和 Tx 線 (LSRX、LSTX)

## USB Type-C Alt 模式測試挑戰

設計和驗證採用交替協定的 USB Type-C 裝置時，所需執行的測試項目，遠遠超過驗證 USB Type-C 相符性時所需執行的測試。

主要的 Alt 模式測試挑戰包含：

- **測試並驗證電力傳輸 CC1/CC2 線，以便發現並配置 Alt 模式協定**—以 DisplayPort 為例：  
將 DisplayPort AUX 線連接到 SBU1/2，並以封包形式將熱插拔偵測新增到電力傳輸 CC1/CC2 線，該封包將轉為指令。由於無法輕易變更熱插拔偵測封包的內容，因此我們很難藉由執行自動化指令來模擬並驗證典型的 DisplayPort 設定。這類測試必須控制傳遞到電力傳輸 CC1/CC2 線的資訊。
- **測試 Alt 模式規格：**  
除了 USB Type-C 規格之外，工程師還須驗證 DisplayPort、MHL 或 Thunderbolt 等特定交替協定之測試規格。就 Alt 模式而言，要測試其初始化和控制是極為困難的任務，因為必須在許多不同情境下全面地測試各種初始化狀態、傳輸、功率位準和其他動態參數。舉例而言，DisplayPort 規格便需針對碼型、測試點、位準和預加強（pre-emphasis）等各種不同配置進行測試。
- **測試 Alt 模式纜線組件**—以 DisplayPort 為例：  
在產品中同時整合 USB Type-C 和 DisplayPort，另一方面還需確保互通性並實現測試相符性，其挑戰性相當高。為了確保正確的量測，工程師必須管理阻抗值各不相同的 USB Type-C（85  $\Omega$ ）和 DisplayPort（100  $\Omega$ ）。另外，DisplayPort 1.3 規格還新增了信號發送率，將最大位元傳輸率提高到每通道 8.1 Gbps。隨著資料速率提升了 50%，量測時將出現更大的損耗、反射和交互干擾影響。為了確保量測不受測試環境（例如測試夾具）影響，必須以更嚴密的方法移除夾具效應。

為了在有限時間內成功測試 USB Type-C 和 Alt 模式，工程師需藉助專業儀器、軟體和解決方案來達成目標。

## 是德科技解決方案

Alt 模式與 USB Type-C 的結合，使得 USB 裝置的驗證和相符性測試需求倍增。如未使用 Type-C 裝置所需的測試儀器、測試夾具和軟體，則工程師很難進行測試開發工作，尤其隨著標準演進，其難度將更進一步升高。藉由使用專為這類艱鉅任務而設計的產品和解決方案，工程師可節省時間和經費，並獲得可靠的結果。

### 使用 USB Type-C 連接器來驗證並測試 DisplayPort 傳輸

是德科技的 DisplayPort 傳輸測試和驗證解決方案使用參考同步、N7015A 和 N7016A 測試夾具，以及電力傳輸控制器。這種配置先透過 DisplayPort 協定與裝置進行通訊，然後再切換成 Type-C，而待測裝置可藉由設定位元速率、位準預加強等等來加以控制。此測試包括針對所有 DisplayPort 模式和條件，設定 AUX 通道控制。



圖 3：是德科技 Alt 模式（DisplayPort）傳輸測試解決方案。

## 發射器測試解決方案

是德科技建議的 DisplayPort Tx 驗證測試解決方案內含 Keysight DSO V 系列 Infiniium 即時示波器、U7232D DisplayPort 相符性測試軟體，以及 N7015A/N7016A TPA 夾具（參見圖 3）。此解決方案可對裝置傳送的信號、解嵌入夾具，以及嵌入式纜線進行數學處理（參見圖 4）。它還可根據所需規格，以及適用最高位元速率的決策回饋等化器（DFE）來進行連續時間線性等化處理（CTLE）。此解決方案可擷取 DisplayPort 量測結果，以便用於各種不同的碼型、測試點、位準和預加強配置。這套靈活的軟體讓您在除錯模式下變更參數值。一旦定義了測試之後，便可自動輪流在各種情境下進行測試。

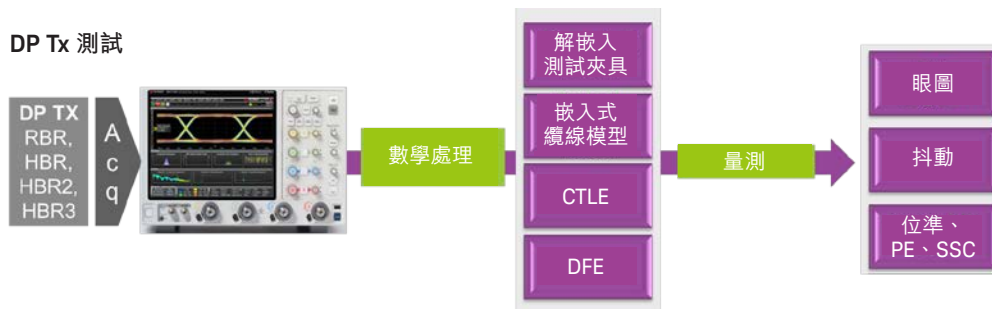


圖 4：是德科技的 DP 發射器測試解決方案可對裝置傳送的信號、解嵌入夾具，以及嵌入式纜線進行數學處理。

- Keysight DSA V 系列 Infiniium 示波器
  - 16 GHz，具等化功能
  - 用於眼圖與抖動量測的抖動和解嵌入軟體
- U7232D DisplayPort 1.3 相符性測試與驗證軟體
  - 這套軟體可在測試流程中逐步引導使用者，以便將測試配置錯誤降到最低，並完整執行 DisplayPort 1.3 相符性測試規格指定的各項測試。此外，透過這套方便易用的軟體，您可產生測試報告以傳遞相關訊息。相關測試還包含湧入電流與輔助通道實體層測試。
- Keysight N7015A 和 N7016A Type-C 測試夾具可用於測試點轉接器（參見圖 5）
  - Keysight N7015A Type-C 高速測試夾具（與 Infiniium 示波器搭配使用）提供最佳的信號完整性、20 GHz 頻寬（-3dB），並提供高達 30 GHz 的解嵌入頻寬，可進行 USB 3.1 10 Gbps、DisplayPort 1.3 和 Thunderbolt 3 的信號驗證和除錯，以便支援 Type-C 連接器。此測試夾具還可對裝置和主機（上游和下游）埠進行信號存取及採量，如此有助於存取所有四對 Tx/Rx 以及 Alt 模式的 SBU 信號。
  - Keysight N7016A Type-C 低速信號存取和控制夾具可管理 N7015A Type-C 高速測試夾具的電源線和控制線，以符合端接要求、支援測試配置，並連接至電力傳輸控制器。此測試夾具是實現電力傳輸協定除錯、信號存取及特性分析的實用工具。
  - Keysight N7016A 可連接至 N7015A Type-C 高速測試夾具，以便存取 CC1、CC2、VBUS、SBU1、SBU2 和接地等 USB 3.1 信號，以便進行系統控制和診斷。它可同時反轉電子連接（改變主動式 USB 3.1 高速連接埠），並分接 VBUS 信號，以便驅動功率控制器或外部供應器。另外還可以載入 VConn 信號以便模擬系統環境。

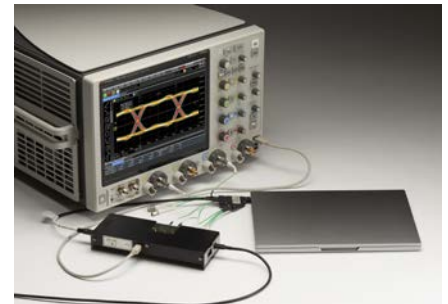


圖 5：Keysight N7015A/N7016A Type-C 測試夾具。



## 接收器測試解決方案

是德科技 DisplayPort 接收器測試解決方案包括：

- Keysight M8020A 高效能串列 J-BERT，用於控制位準、添加抖動、加入交互干擾，並進行校驗
- Keysight N5990A 自動化相符性測試和裝置特性分析軟體，可用於串列和多通道 gigabit 測試
  - 包含測試定序器和必要的儀器控制功能
  - 是德科技合作夥伴 BitfEye Digital Test Solutions 專精於測試自動化技術，並提供基於 N5990A Rx 相符性測試軟體和是德科技儀器產品組合的客製化和整合式解決方案

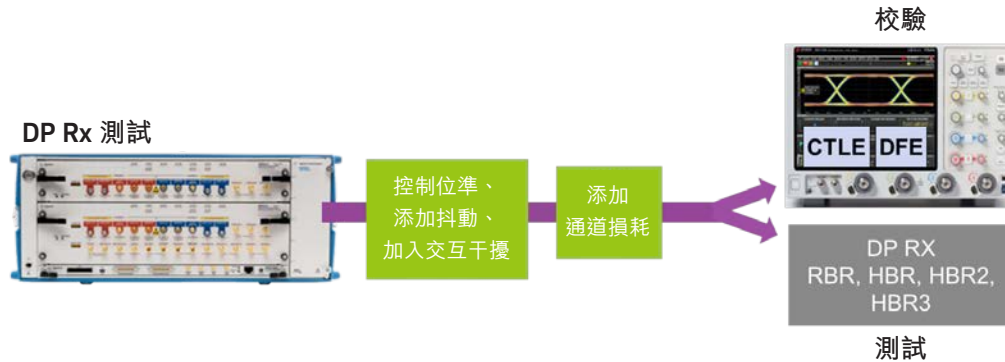


圖 6：整合了 DisplayPort 的 Type-CTx 和 Rx 測試解決方案。

## 是德科技解決方案適用於 ALT 模式（DisplayPort）纜線組件量測管理不同的阻抗環境

首要挑戰在於管理 USB Type-C 的 85  $\Omega$  和 DisplayPort 的 100  $\Omega$  等不同阻抗環境。在非 50  $\Omega$  環境中進行量測和校驗可能十分困難或難以掌控。因此，應在 50  $\Omega$  環境中完成量測和校驗（使用傳統的校驗套件和技術），而且結果需重新進行正規化，以得到想要的阻抗值。Keysight E5071C ENA 選項 TDR 的連接埠參考阻抗轉換功能，可用來將 USB Type-C 連接埠重新正規化至 85  $\Omega$ 。

## 移除量測中的測試夾具效應

測試夾具需用來將測試設備連接到纜線組件。在 8.1 Gbps 資料速率下，移除夾具效應頗為重要，如此方能確保充足的良率。建議採用「2x thru 解嵌入」法。執行 2x thru 解嵌入時，可利用電子校驗（Ecal）模組進行完整校驗，以便在測試纜線末端建立校驗參考平面。接著，請解嵌入夾具導線的 S 參數，使參考平面延伸到 USB 連接器的邊緣，以便有效移除量測中的測試夾具效應。此解嵌入法的關鍵在於夾具導線的 S 參數品質。建議採用自動測試夾具移除（AFR）功能來獲得這些 S 參數。Keysight N1930B 實體層測試系統（PLTS）軟體提供這項 AFR 功能。您可透過簡易的三步驟程序來獲得極為準確的 S 參數。

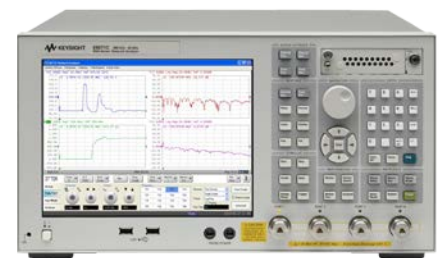


圖 7：Keysight E5071C ENA 選項 TDR。

## 結語

進行 USB Type-C 交替模式的相符性測試時，工程師需對每一個裝置進行各式各樣的測試。藉由使用最佳的儀器、測試夾具和軟體，您便可從容地因應大量的測試，同時還可簡化測試配置、讓信號產生和量測結果更為準確，並且在可能的情況下，將測試自動化，以得到穩定可靠的結果並縮短整體測試時間。Keysight Type C 相符性測試解決方案提供支援完整測試的通用平台 — 包含軟體、儀器與測試夾具。無論您是從事設計或驗證，我們的方案將加速從除錯、特性分析、相符性測試，一直到完成的整個過程。



## 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得。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](http://www.keysight.com/find/software)

立即獲得 30 天免費試用版：

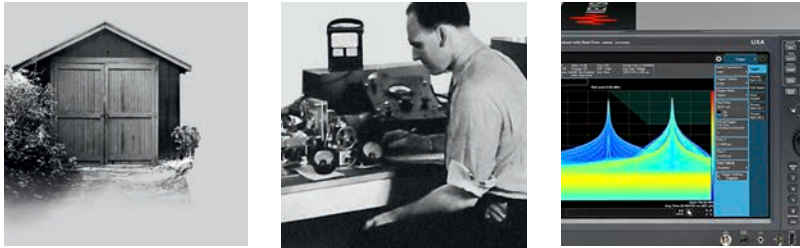
[www.keysight.com/find/free\\_trials](http://www.keysight.com/find/free_trials)



## 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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://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](http://www.keysight.com.tw/find/contactus)

台灣是德科技網站：

[www.keysight.com.tw](http://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](http://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：5992-1393ZHA

[www.keysight.com.tw](http://www.keysight.com.tw)



Unlocking Measurement Insights