Keysight Technologies

如何對 Type-C™ 裝置執行 USB 電力傳輸（PD）測試

是德科技和 Type-C：快速邁向成功的路徑

應用說明

硬體 + 軟體 + 專家 = USB 洞察力

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

目錄

概述 02
Type-C 電力傳輸 03
電力傳輸的運作原理 03
測試挑戰 05
適用於 Type-C 電力傳輸測試的是德科技解決方案 07
結語 10
演進 12

概述

USB Type-C™ 是一項突破性標準，旨在支援全新的超輕薄電腦與裝置，並提供更快的資料速率、更強大的功能及靈活性。USB Type-C 的關鍵點在於裝置間的連接、電源管理，以及確保有效的資料傳輸。USB Type-C 連接可提供：

- 支援 USB 2.0 和其他協定的動態功率與傳輸
- 可作為各種嶄新及未來裝置的主要介面
- 向下相容性正反可插，
- 更為簡便易用

當設計和測試工程師需要將 USB Type-C 整合到產品中時，他們面臨了若干挑戰，同時還須確保互通性並執行相符性測試。為因應更快的資料傳輸速率、更高的功率及更多的附加功能，USB Type-C 相符性測試標準日益嚴格且複雜，而成功的測試，則有賴於具備高準確度並符合標準的測試儀器、軟體與測試夾具。

此量測說明探討 USB Type-C 設計和測試五項不同的挑戰及可用的解決方案，包括：

- 纜線與連接器
- 功率輸出
- 發射/接收
- 模擬與量測之間的關聯性
- 交替（ALT）模式（Display-Port、Thunderbolt、MHL）

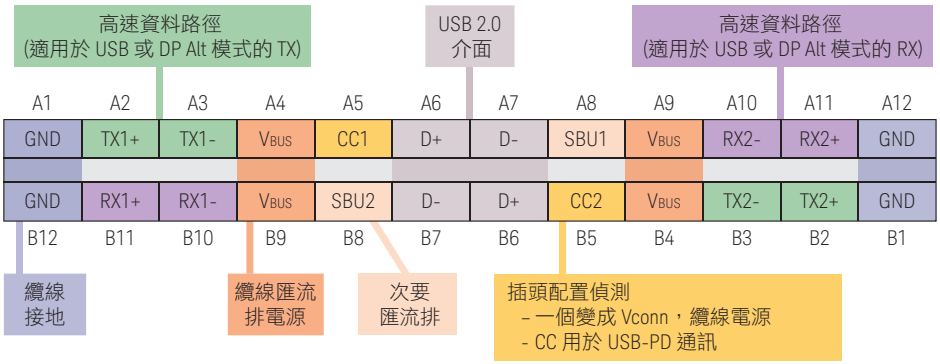


圖 1：USB Type-C 接腳輸出端。請注意其對稱與正反可插的結構。

Type-C 電力傳輸

藉由結合電力傳輸（PD）動態電源系統，USB Type-C 連結擴大了 USB 的可用範圍。除了擴充 USB 資料傳輸功能外，該系統可提供高達 20 V、5 A 及 100 W 的電力，讓更多不同類型的 USB 裝置能進行供電及充電，進一步增加 USB 功能。USB PD 靈活的智慧型系統級電源管理，支援雙向電力傳輸，可切換所連接的供電（流出電源）及用電（汲入電源）裝置的方向。此動態電源傳輸使得 USB Type-C 能夠支援其他視訊與音頻信號標準，例如藉由使用 ALT 模式支援 DisplayPort 或 Thunderbolt。

電力傳輸的運作原理

首先，在裝置之間建立端對端 USB Type-C 連接，然後透過配置通道（CC）線來決定纜線連接方向。之後 PD 便開始驅動 USB 連接。PD 先透過 PD 電路與任何內含 e-mark 晶片之全功能 Type-C 纜線之間的電子連接，來學習已連接纜線的功能。e-mark 晶片可提供纜線配置資訊，並允許 PD 根據 USB 裝置的電流承載能力（3A 或 5A）、效能（USB 2.0 或 USB 3.1 Gen 1 或 Gen 2），以及廠商識別資訊（USB Type-C 纜線 ID 功能），來進行電子辨識及配置。

完成纜線辨識後，PD 電路及相連裝置使用專用的 CC1/CC2 線來發送並且接收雙相位標記編碼（BMC）訊息，然後開始進行電力傳輸協商。您可透過電力輸送的 6 個指定固定功率特性之一，來配置 USB Type-C 裝置（參見圖 2）。USB 裝置在指定時間與 PD 電路溝通所需的功率特性，然後請求提供特定位準之電力，最高可達 5 A 與 20 V。USB PD 可動態地分配電力、調整電壓與電流，並且為所有相連的裝置建立供電與耗電角色。

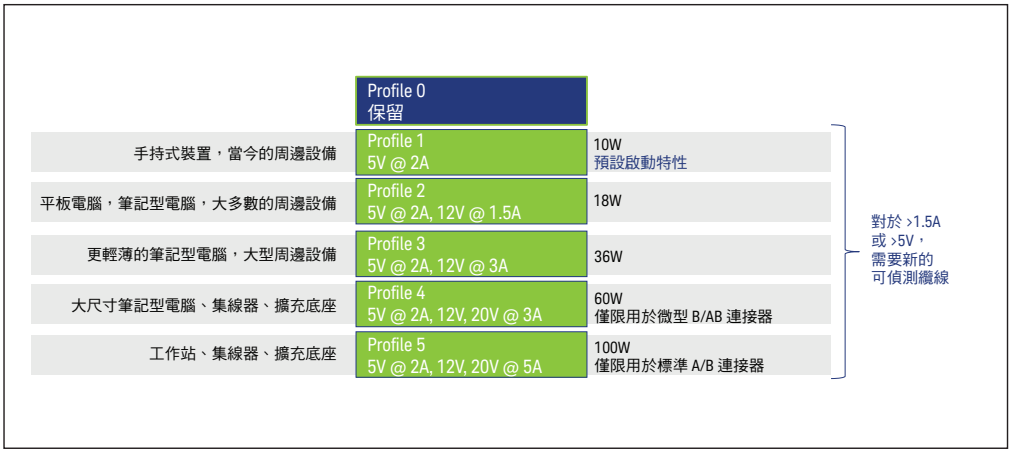


圖 2：USB Type-C 電源特性。

電力傳輸的運作原理（續）

藉由使用 PD 來動態地控制更高電壓與更大電流，USB 增加了靈活的雙向充電的新功能。PD 可使用充電轉接器將裝置電池快速充電，此充電轉接器可輸出 5 V 至高達 20 V 的更高電壓，以及 3 A 或 5 A 的電流，端視 Type-C 纜線及連接器類型而定。使用 CC1/CC2 線充電時，USB 裝置可請求更高的電壓。當某一 USB 裝置在充電時，所有其他相連的裝置必須協商所需的電力，如果有另一個裝置也需要額外的電力，則可重新協商電力。經最佳化設計的 PD，可提供更低的電池電壓和更高的充電電流，以大幅縮短充電時間。PD 的雙向電力傳輸特性使得 USB 裝置能夠進行充電並同時為其他裝置供電。除了管理連接裝置的電力之外，PD 也可管理用以支援 Type-C 交替模式的電力。

USB Type-C 可提供更高且動態可變的電力，因此設計工程師需更嚴格地驗證並測試 PD，以符合相符性要求。除了管理對裝置之雙向電力傳輸之外，CC1/CC2 線信號還必須驗證適當的協定傳輸，以改變電力並管理 ALT 模式，而其他 D± 及 ALT 模式信號則處於有效狀態。Type-C PD 可動態地進行各種不同的電力傳輸配置，加上 USB 2.0、USB 3.1 Gen 1 和 Gen 2，以及 PD 相符性測試規格持續演進，因而帶來更多的挑戰，使得 Type-C 裝置測試驗證比傳統 USB 測試更加具有挑戰性。

電力傳輸術語	
DFP	下游埠
UFP	上游埠
DRP	兩用連接埠
	可當作源極或汲極
DRD	二合一裝置
	可當作 DFP 或 UFP
供電端	PD 埠（通常為主機、集線器、或壁式 DFP）透過電源導體（負責供電）來傳送電力
耗電端	PD 埠（通常為裝置的 UFP）透過電源導體（負責供電）來汲入電力
SOP/EOP	封包開始/封包結束
VDM/VDO	廠商定義訊息/廠商資料物件
BIST	內建自我測試功能
	用於 PHY 層的電力傳輸測試機制
CC	設定通道

測試挑戰

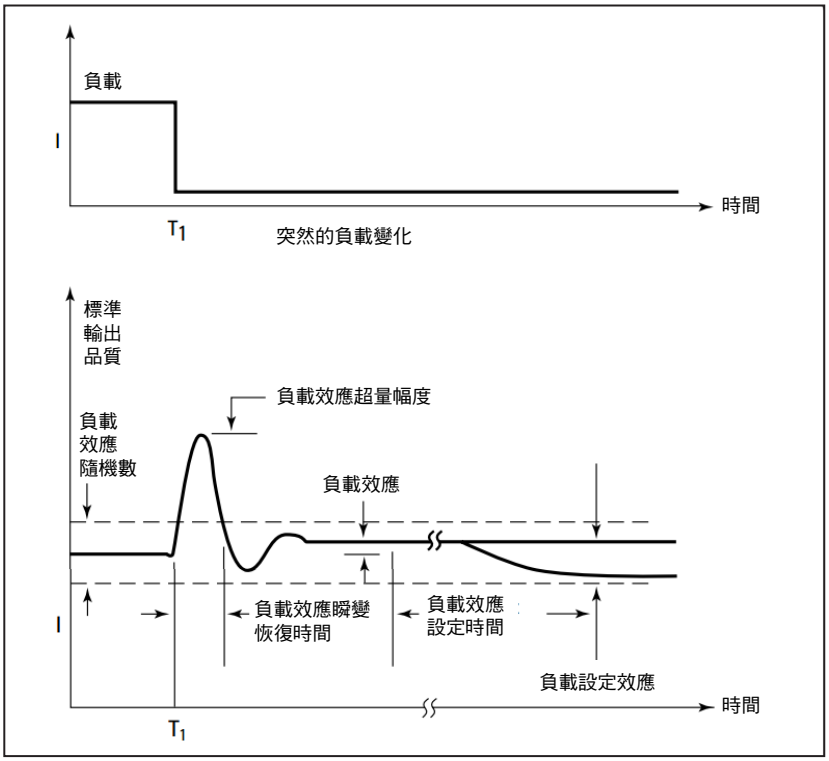
電力傳輸規格持續演進。電源、實體層、以及協定層仍然是相符性測試的主要測試類別。設計工程師必須考慮的重要測試參數包括各種不同的電壓位準、裝置充電、纜線功能，以及裝置供電與耗電狀態的判斷。確切掌握 Type-C 裝置相符性測試需求，並使用可實現可靠且準確的量測的儀器與軟體，您便可用經濟有效的方式獲致最佳結果。

裝置供電與充電

如果 Type-C 裝置要求 “profile 2, 12 V” 等電力傳輸特性（參見圖 2），則工程師必須驗證所套用的電壓與電流（或瓦特數特性）是否正確。因此他們需監測 CC 線以確認是否傳輸合適的協定，同時還需量測所產生的電壓與電流。前述作業需監測 CC1/CC2 線（300 kHz 信號）並使用示波器加以測試，以便分析眼圖。由於纜線電壓會不斷改變，甚至可能出現串擾，要分析和調整 CC 線碼相當困難。

此外，工程師需進行全面的測試，以確保裝置電池可用 20 V/5 A/100 W 的電力快速充電，並確保安全可靠的可調適快速充電。PD 佈局驗證有一項重大的挑戰，就是雜訊、漣波及切換效應會影響直流電源完整性，傳送 10 G 到 20 G 信號，其干擾更嚴重。您可使用示波器來量測電力傳輸完整性，量測項目包括：

- 供電漂移
- PARD（週期與隨機擾動）— 電軌上的雜訊、漣波及切換暫態
- 靜態和動態負載響應
- 可程控的電軌響應
- 高頻暫態和雜訊
- 在各種不同溫度下進行產品電氣驗證



測試挑戰（續）

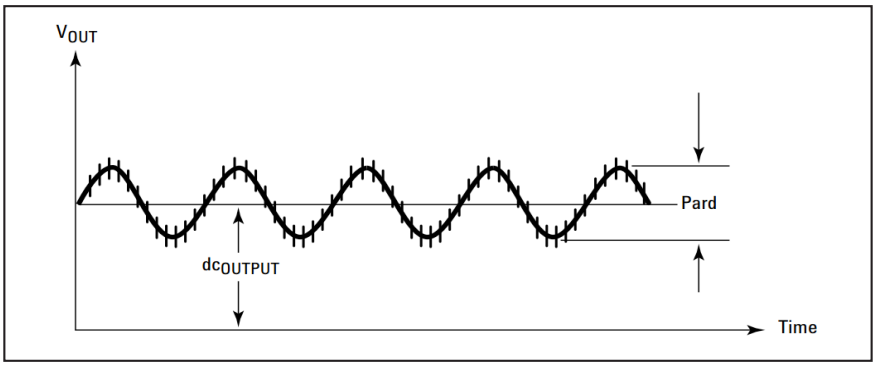


圖 3：USB 電力傳輸之典型電源完整性量測：負載響應 PARD。

含供電端與耗電端之纜線功能

由於 PD 可提供更多功能，工程師需對 USB Type-C 纜線進行更多的測試。此外，工程師需測試每一種纜線配置情境，包含變化、雙向電力傳輸、USB 資料傳輸、供電/耗電角色指派，以及使用的 ALT 模式。

第一個步驟是測試 e-mark 晶片接收與發射的電壓位準，以便驗證主動式 Type-C 纜線。接著需驗證兩用連接埠（DRP）裝置是當作供電端還是耗電端，以及目前是流出還是汲入電力。需搭配使用示波器、電流探棒、電源供應器及測試夾具，來量測上升時間、下降時間、電壓及高低位準。

執行 PD 相符性驗證時還需測試其他低速線，例如輔助匯流排（SB）、VBUS 及 GND。CC 線是一種成對的屏蔽線，如結合使用未屏蔽 D± 線及電位高達 100 W 之電源線時，可能會導致交互干擾。PD 會持續協商要傳輸給裝置的電力，當裝置嘗試將 CC 線解碼時，VBUS 和 D± 將隨之改變，使得建立運作配置變得非常困難。

適用於 Type-C 電力傳輸測試的是德科技解決方案

如需使用 SOP、SOP’ 和 SOP”，並透過即時協定觸發解碼工具對 PD 線進行除錯，是德科技提供適用於 Infiniium 系列示波器的 N8837A USB PD 軟體和適用於 InfiniiVision 3000T X、4000 X 及 6000 X 系列示波器 DSOXT3UPD、DSOX4UPD 及 DSOX6UPD 的協定選項。這些 USB PD 協定軟體選項提供簡單的方法對 Type-C CC BMC 編碼 300 kbps 信號進行除錯，包括先進的 USB 觸發、時間關聯解碼軌跡、協定清單/表格視窗檢視和 USB PD 協定搜尋功能。

典型的實體層裝置測試配置包括示波器、探棒、電流探棒、USB PD 協定軟體、試樣/測試夾具，以及 PD 控制器。

如果資料傳輸率達 300 kHz，我們建議使用 500 MHz 或頻率更高的 Keysight Infiniium 示波器，不僅記錄長度更長，同時還可擷取更完整的封包。雖然所傳送的信號主要是直流信號，但它們多半具有交流特性，因此確保示波器擁有充足頻寬至關重要，以滿足測試需求。分析 5 V 直流電源供應器信號時，最好使用探棒偏移來查看信號暫態。如果使用直流阻隔器可能會遺漏直流與低頻內容。

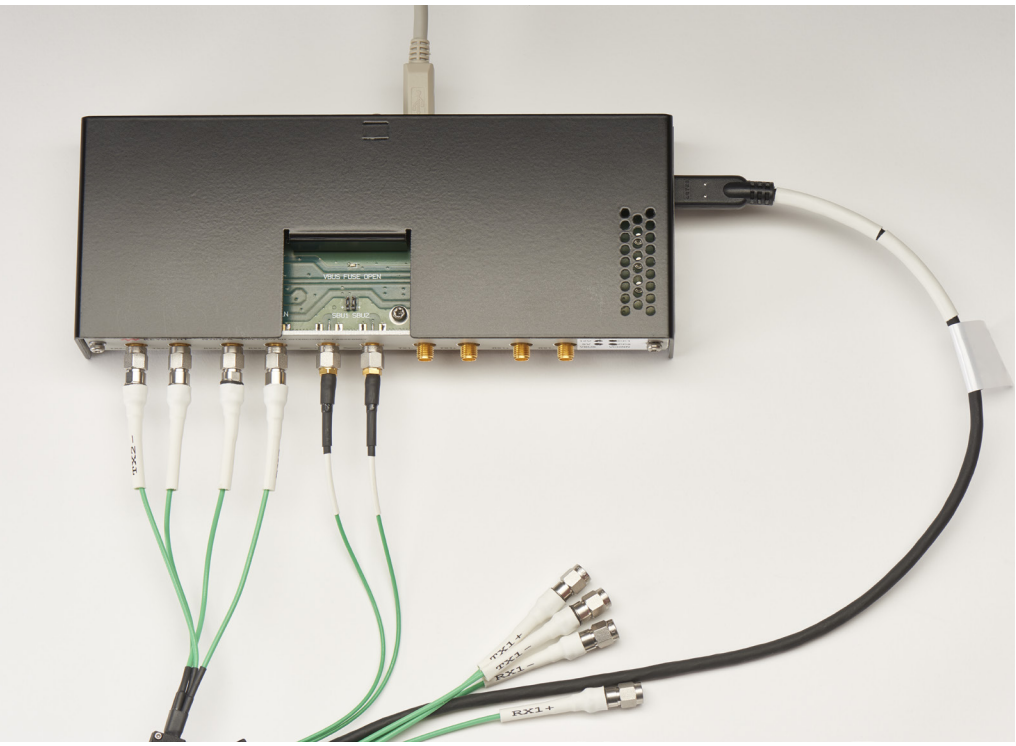
適用於 Type-C 電力傳輸測試的是德科技解決方案（續）

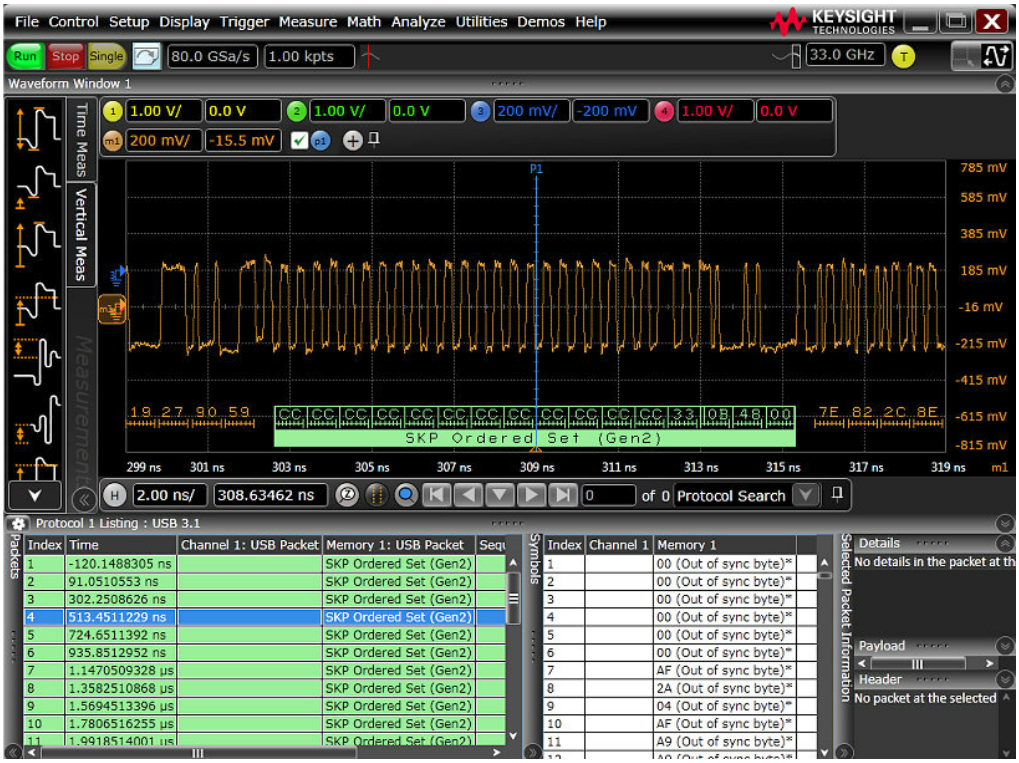
其他建議使用的測試元件包括：

- 兩支 N2873A 被動式探棒，可用來進行 CC1/2 和 VBUS 測試
- 一支用於負載電流探量的 1147B 電流探棒
- 電力傳輸控制器及相關聯的軟體與試樣（coupon）
- 是德科技電源供應器和負載。USB PD 驗證測試需使用信號源和負載解決方案，以因應嚴格的轉換率、暫態響應和電源測試之各種需求。是德科技建議使用 Keysight N6752A（100 W）或 N6786A（80 W）高效能直流信號源模組和 N3303A 直流電子負載模組。
- Keysight N7020A 電軌探棒是為了分析 PD 5 V、10 V 或 20 V 信號而特別設計，具有 2 GHz 頻寬，可用來擷取非直流信號干擾。Keysight N7020A 電軌探棒特性可因應電軌量測的一些首要條件：
  - 低雜訊的 1:1 衰減比
  - 涵蓋 PD 20 V 的 ± 24 V 功率偏移
  - 支援 50 kΩ 直流輸入阻抗可確保所量測的電軌具有低直流負載
  - 擷取高頻雜訊和暫態所需的 2 GHz 頻寬，以避免對時脈和資料抖動造成負面影響

適用於 Type-C 電力傳輸測試的是德科技解決方案（續）

如欲對 CC1、CC2、VBUS、SBU1、SBU2 和接地等低速信號進行測試及除錯，建議使用 Keysight N7016A Type-C 低速信號存取與控制夾具。此夾具透過強制性 Type-C 纜線來連接到高速測試夾具，方便工程師從下游 USB 裝置將 USB 3.1 信號分接出來，以進行系統診斷和控制。另外還可使用高阻抗被動式探棒來探量信號，以進行深入的信號分析。





結語

USB Type-C 電力傳輸支援更高的雙向電力傳輸，並可透過 ALT 模式對非 USB 裝置供電，為 USB 連接裝置帶來全新的契機。進行裝置驗證和相符性測試時，設計和測試工程師需同時考慮各種測試變數和情境。選擇最佳的儀器、測試夾具和軟體能夠有效地管理大量增加的測試項目，更輕鬆簡單地進行測試設定，並提供精確的信號源、負載以及快速準確的相符性測試結果量測。

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。

相關文件

文件標題	文件編號
Keysight Infiniium S 系列高解析度示波器 – 產品規格書	5991-3904EN
適用於 Infiniium 系列示波器的 N8837A USB-PD 協定觸發和解碼軟體 – 產品規格書	5992-1207EN
N8840A USB 電力傳輸電氣和協定相符性測試軟體 – 產品規格書	5992-1463EN
N7015A、N7016A 和 N7017A Type-C 測試夾具 – 產品規格書	5992-1073EN
Keysight InfiniiVision X 系列示波器適用的串列匯流排選項 – 產品規格書	5990-6677EN
InfiniiVision 3000T X 系列示波器 – 產品規格書	5992-0140EN
InfiniiVision 4000 X 系列示波器 – 產品規格書	5991-1103EN
InfiniiVision 6000 X 系列示波器 – 產品規格書	5991-4087EN
InfiniiVision 示波器探棒和配件 – 選購指南	5968-8153EN

www.axiestandard.org

AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是一種開放標準，將 AdvancedTCA 標準延伸到通用測試和半導體測試領域。是德科技之前身安捷倫是 AXIe 聯盟的創始成員。ATCA®、AdvancedTCA® 和 ATCA 標誌是 PCI 工業電腦製造商聯盟在美國的註冊商標。

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。是德科技之前身安捷倫 EMG 是 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 式高效能量測儀器與自動化系統。

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包羅萬象的量測工具，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 (EDA) 軟體
- 應用軟體
- 程式設計環境
- 生產力軟體

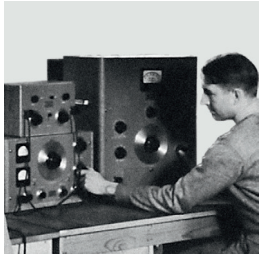
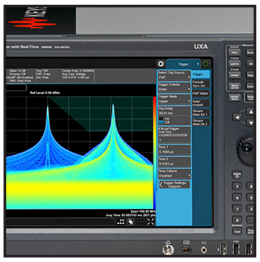
請至是德科技網站，以獲得更多資訊：
www.keysight.com/find/software

立即上網開始 30 天免費試用：
www.keysight.com/find/free_trials

演進

是德科技獨一無二的硬體、軟體，支援及專家組合，可協助您拓展全新的局面。

讓我們是帶動前瞻技術不斷演進的推手。

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

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。

KEYSIGHT SERVICES
Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

是德科技服務

www.keysight.com/find/service

是德科技擁有領先業界且陣容堅強的專業人員、量測程序和測試工具，可提供一應俱全的設計、測試和量測服務。如此一來，我們協助您部署新技術，並改善量測程序，以便降低成本。

STANDARD 3 YR WARRANTY

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。

CALIBRATION WARRANTY UP TO 10 YEARS ASSURANCE PLANS

是德科技保固保證方案

www.keysight.com/find/AssurancePlans

是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。

是德科技銷售夥伴

www.keysight.com/find/channelpartners

兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

KEYSIGHT TECHNOLOGIES

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

DEKRA Certified
ISO9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/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, 2006-2014, 2019
Published in USA, April 22, 2019
中文版：5992-1394ZHA
www.keysight.com.tw