



選擇適合的電源供應器， 準確供電

如何解讀線性電源供應器規格

應用摘要

電源供應器規格簡介

乍看之下，可變直流電源供應器似乎是非常簡單的裝置。不過，這種裝置是精密、精確、電氣耐用的主力設備。不論負載電阻、

電感、電容、低阻抗、高阻抗、穩定狀態或可變，此種裝置都必須可靠地提供穩定、精確而乾淨的電壓與電流。這款電源供應器的規格書，載明了裝置達成上述任務的能力與極限。為應用選擇適合的電源供應器，需要仔細地瞭解裝置規格。

確保電源供應器符合規格

分析規格內涵前，潛在的使用者必須先問自己：「我相信規格嗎？」搜尋製造商的明確解釋，瞭解製造商所發表規格的認證程度。例如，製造生產線使用的測試站，是否符合國家認可主要標準實驗室的標準，例如國家標準與技術研究所 (NIST) 標準？尋找其中一家國際知名機構 (例如 CSA、UL 或 VDE) 發布的安全認證。這表示電源供應器的製造商，已投資時間與資源，請獨立機構確認產品符合國際安全標準。

定期效能驗證非常重要，可確保電源供應器的運作符合製造商規格。Tektronix 電源供應器建議的校驗週期為 1 年。各儀器的技術參考手冊中，詳細說明了效能規格與驗證 Tektronix 電源供應器效能的程序。即使未計畫自行進行校驗，技術參考手冊也會有所幫助，讓您瞭解規格的意義與預期的容許誤差範圍。

在電源供應器的製造過程，以及定期維護所進行的效能驗證中，對許多這些規格進行了測試。Tektronix 使用可追溯的標準測試每一部電源供應器，並將製造品質測試的測試資料提供為選項。

兩種電源供應器

常用的電源供應器有兩種基本類型：線性和交換式 (或「交換」)。這兩種都可做為桌上型直流電源與系統電源供應器，適用於設計、生產與維修。線性電源供應器的運作方式，是將交流線電力整流後產生直流電，然後再將電力濾波和調節後，產生使用者可選擇的電壓或電流位準。線性電源供應器的重量較重，因為 50 Hz 或 60 Hz 變壓器和對應的濾波器實際體積較大。交換式電源供應器剛開始的運作方式同線性電源供應器，會對交流線輸入電壓進行整流與濾波，但是將直流電削減 (或「交換」) 為高頻交流電。和線性電源供應器相較，交換式電源供應器體積更小、重量更輕也更具有效率，因此在許多應用中取代了線性電源供應器。

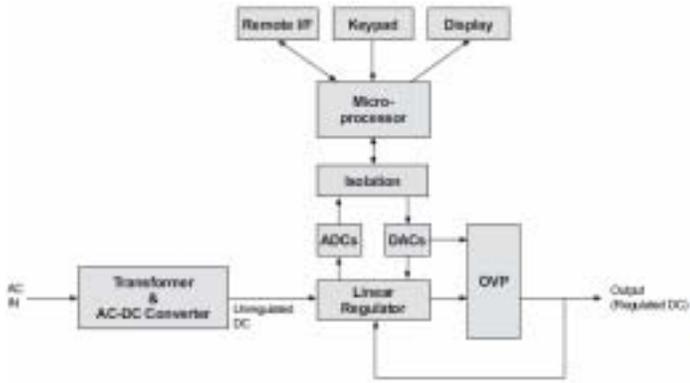


圖 1 可程式線性電源供應器的簡化方塊圖

不過，線性電源供應器仍是測試設備的熱門選擇，一般來說，不但耐用、精確，且可提供雜訊極少的電力。簡單、直接的饋電機制，提供出色的負載調節與整體穩定性。圖 1 顯示線性桌上型電源供應器的簡化方塊圖。對微小電力變化敏感的應用，非常適合使用線性電源供應器。例如，供電給原型電路板內敏感的 RF 放大器區塊、記錄電路故障時刻的輸入功率位準，或檢查個別元件的特性時，線性電源供應器是理想的選擇。聲稱線性電源供應器擁有絕佳穩定性與低雜訊是一回事，但對於線性電源供應器的規格，必須要有詳細的瞭解，才能量化這些規格品質。

線性電源供應器規格

線性電源供應器似乎有眾多規格，但這些規格在邏輯上可分為三個類別：準確度與解析度、穩定性，以及交流電特性。我們分別說明歸於這三個類別的重要規格。

大多數的直流桌上型電源供應器具備兩種運作模式。在恆定電壓 (CV) 模式中，電源供應器可根據使用者設定調節輸出電壓。在恆定電流模式中，輸出電流將與設定極為接近，電源供應器是否進入 CV 或 CC 模式，不僅取決於使用者設定，也要視負載電阻而定。處於 CV 模式或 CC 模式時，電源供應器將會應用不同的規格。

準確度與解析度

在任何時候，電源供應器都會調節電壓或電流，並讓電壓或電流符合儀器精確度範圍內的設定。

- 在恆定電壓模式中，輸出電壓將符合儀器精確度規格內的電壓設定，電流將由負載阻抗決定。
- 在恆定電流模式中，輸出電流將與設定極為接近，電壓將由負載阻抗決定。

過去，直流電源供應器使用者會調整電位計，以設定輸出電壓或電流。今日，微處理器會從使用者介面或遠端介面接收輸入。數位轉類比轉換器 (DAC) 會接受數位設定，並將此設定轉換為類比值，以做為類比調節器的參考。設定的解析度與準確度，由這項轉換步驟與調節程序的品質決定。

電壓與電流設定 (有時稱為限制或設定值) 各具備對應的解析度與準確度規格。這些設定的解析度，決定了調整輸出的最小增量；準確度則表示輸出值符合國際標準的程度。

為了顯示未調節參數的值，大部分的直流電源供應器提供內建電錶，以量測電壓和電流。這些電錶可量測電源供應器輸出提供的電壓與電流。由於電錶讀取傳回電源供應器的電壓與電流，因此所產生的量測值經常稱為「讀回」值。大多數的專業桌上型電源供應器，內建使用類比轉數位轉換器的數位電錶，這些儀器的規格類似於數位電錶的規格。電源供應器會在其顯示幕上顯示電錶值，若配備遠端介面，也會透過此種介面傳送數值。

設定與讀回規格應分開獨立考量。理想的讀回準確度，不一定代表理想的設定準確度。

設定準確度可判定經過調節的參數，與國際標準定義理論值的接近程度。電源供應器中的輸出不確定性，有很大程度是由 DAC 中的誤差項造成，包括量化誤差。測試設定準確度時，是使用可追溯的精密度量測系統，連接到電源供應器的輸出端，量測經過調節的變數。

設定準確度的表示方式為：

$$\pm(\text{設定值 \%} + \text{偏移值})$$

例如，Tektronix PWS4323 電源供應器具備 $\pm(0.03\% + 3 \text{ mV})$ 的電壓設定準確度規格，因此設定供應 5 伏特電力時，輸出值中的不確定性將為 $(5\text{V})((0.03\%) + 3 \text{ mV})$ ，或是 4.5 mV。電流設定準確度的設定與計算方式與此類似。

設定解析度是電源供應器上，可選擇的電壓或電流設定最小變動。這項參數有時稱為編程解析度。解析度規格限制了可設定的離散等級數。這常由可用的使用者介面位數加上 DAC 可用的位元數決定。具備更多位元的 DAC，可對其輸出進行更精確的控制，並能提供更獨特的控制迴路值做為參考。不過，偏移校正和增益錯誤，會使得解析度低於 DAC 中的位元數目。

以單次解析度步進變更設定，輸出值不一定都會產生對應的變化。但是，設定準確度規格決定了設定與輸出間的關係，經過校驗的儀器應在此容許誤差範圍內運作。

設定解析度可表示為絕對單位值或滿刻度的百分比。例如，Tektronix PWS4323 上的電壓設定解析度為 1 mV；電流設定解析度為 0.1 mA。

讀回準確度有時稱為儀錶準確度，可判定內部量測值與輸出電壓的理論值（套用設定準確度後）的接近程度。如同數位萬用電錶，這是使用可追溯的參考標準進行測試。讀回準確度的表示方式為：

$$\pm(\text{量測值 \%} + \text{偏移值})$$

產品規格表

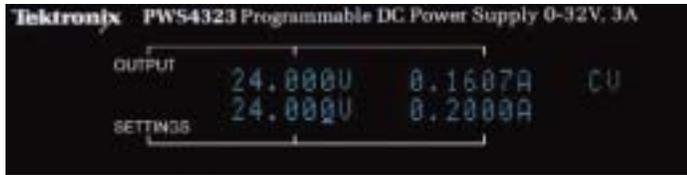


圖 2. 上方顯示畫面中的最低有效位數，符合 Tektronix PWS4000 系列儀器的 1 mV 與 0.1 mA 讀回解析度。下方顯示畫面中的最低有效位數符合設定解析度。

讀回解析度是儀器可檢視的內部量測輸出電壓或電流中，最微小的變動，通常以絕對值表示，但也可以滿刻度的百分比表示。

Tektronix PWS4323 上的電壓設定解析度為 1 mV；電流設定解析度為 0.1 mA。

利用遠端感應實現更理想的電壓準確度

在載送電源供應器與待測裝置 (DUT) 間電流的纜線上，電壓降表示待測裝置上的電壓，低於電源供應器輸出端子的電壓。只要使用更大線徑的電線，就會減少任何電源供應器上測試引線中的電壓降。盡可能讓纜線短一點也有幫助。但是電源供應器若配備遠端感應功能，使用 4 線連接有助於確保電源供應器上設定的電壓，和待測裝置上獲得的電壓相同。

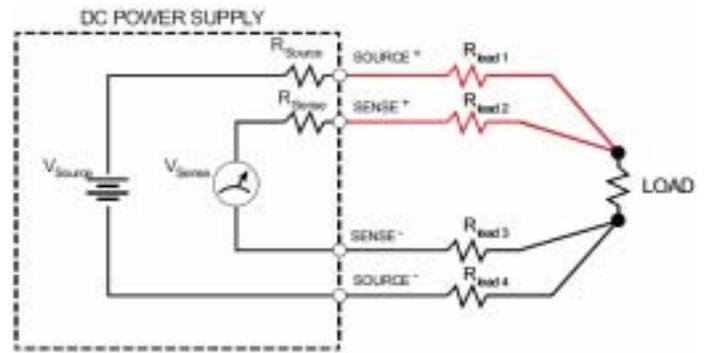


圖 3 遠端感應區分感應電流與感應電路，消除了引線電阻的效應。電源配合調整，維持整個負載的指定電壓。

從電源供應器連到待測裝置的 4 線連接中，1 組引線攜帶輸出電流，另 1 組引線則由電源供應器使用，直接量測待測裝置端子的電壓 (如圖 3 所示)。這些感應引線在電源供應器內連接至高阻抗電壓錶電路，代表感應引線中流動的電流接近 0，幾乎可消除這些引線中的電壓降。電源供應器會增加輸出端的電壓，補償源極引線 (提供電流至待測裝置) 中的電壓降，以維持感應引線所要的輸出電壓。

穩定性規格

穩定性規格說明儀器如何回應變動。經過長時間後，儀器的效能必定會因老化而有所改變。長期穩定性問題的處理方式，是要求儀器定期進行驗證與校驗。Tektronix 電源供應器的校驗週期為 1 年。有數項線性電源供應器的規格，與儀器短期提供穩定輸出有關。本節說明一些規格，這些規格表示在變動的負載、交流線電壓與溫度條件下，電力輸出的穩定性。

溫度穩定性

上述說明的準確度通常指定在 25°C 的特定溫度範圍內有效。典型溫度範圍介於 20°C 和 30°C (68°F 到 86°F) 間。若在實驗室環境中使用電源供應器，若環境溫度穩定，則溫度對輸出的影響應該不大。另一方面，若在工業環境中作業，或現場安裝的環境可能會經歷與室溫差距極大的溫度，在判定準確度時考量到溫度，就變得重要。輸出中的不穩定性，將隨著環境溫度偏離室溫而增加。

負載調整率 (電壓與電流)

負載調整率是輸出通道功能的一項方法，可在負載變化時維持恆定。待測裝置的阻抗若變動，經過調整的參數不應隨之大幅變動。當然，若負載變動過大，電壓與電流間的調整參數可能會變動 (取決於未調整參數的極限設定)。但假設電源供應器未到達此交越點，在做為電壓來源時將會維持低輸出阻抗；做為電流來源時將會維持高輸出阻抗。換言之，桌上型電源供應器的設計，模擬了理想的電源供應器。

負載調整可以數種方式指定。例如，電壓調整可表示為每安培的電壓變化。不過，包括 Tektronix 的大多數電源供應器製造商，將負載調整表示為未調整參數產生重大變動時的輸出準確度。這個熟悉的格式簡單易懂，也易於透過測試驗證：

$$\pm(\text{設定值 \%} + \text{偏移值})$$

Tektronix 負載調整規格在驗證時，將經過調整的變數設定為全面輸出。未調整變數的變化範圍從 0 到 98%，並根據相關規格檢查輸出。

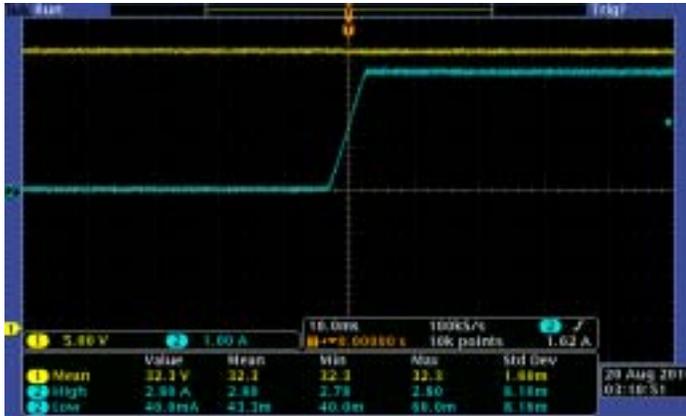


圖 4 這個示波器螢幕擷取畫面，顯示了負載從抽汲 0 A 到抽汲 2.8 A 的過渡期間，Tektronix PWS4323 上的輸出電壓調節。電壓在過渡期間會維持穩定。

以 Tektronix PWS4323 電源供應器為例，輸出電壓的負載調節規格，是選定輸出電壓 $\pm 2 \text{ mV}$ 的正或負 0.01%，因此即使負載從未抽汲電流，改變為抽汲低於 3 安培（儀器的最大額定電流）的電流，在 32V 的全額定輸出時，輸出仍會維持在 $\pm 5.2 \text{ mV}$ 範圍內。

恆定電流模式的負載調節定義方式，類似於恆定電壓模式線路調節的定義方式。電流負載調節表示電源供應器的輸出電流，如何隨負載阻抗的步進變動而變化。

線電壓調整率 (電壓與電流)

線電壓調整率衡量電源供應器的能力，判定儀器如何在其交流線路輸入電壓與頻率於完整允許範圍內變化時，維持其輸出電壓或輸出電流的能力。線路電壓和頻率對饋送至輸出的可用電力，有極大的影響，特別是從電源供應器抽汲最大電流時。

在具備穩定交流電線電壓的實驗室中，進行短期測試時，可以忽略線路調整。但如果作業環境的交流電線電壓不時增加，或是進行長時間測試，線路調整是重要的考量因素。

線電壓調整率的表示方式，可以使用直流輸出電壓變化對交流電線 (RMS) 電壓與頻率變化的比率。但是，為配合大多數測試設備規格，製造商通常將線路調整，表示為可接受交流電線參數完整範圍內輸出中的不確定性，這提供了「最糟」情況，可表示為：

$$\pm(\text{設定值} \% + \text{偏移值})$$

例如，Tektronix PWS4323 電源供應器具備 $\pm(0.01\% + 0.1 \text{ mV})$ 的線電壓調整率規格，因此設定為提供 32 VDC 時，即使交流電來源電壓於完整可允許範圍內變化時，輸出仍將維持在 $(32\text{V})(0.01\%) + 0.1 \text{ mV} = 3.3 \text{ mV}$ 的範圍內。

電流負載調整率是同等規格，此規格不陳述交流電來源變化時，輸出中可允許的電壓變化，而是陳述交流電來源變化時，可允許的電流變化量。再次說明，這項規格通常在整個交流電來源電壓與頻率的範圍內維持有效。

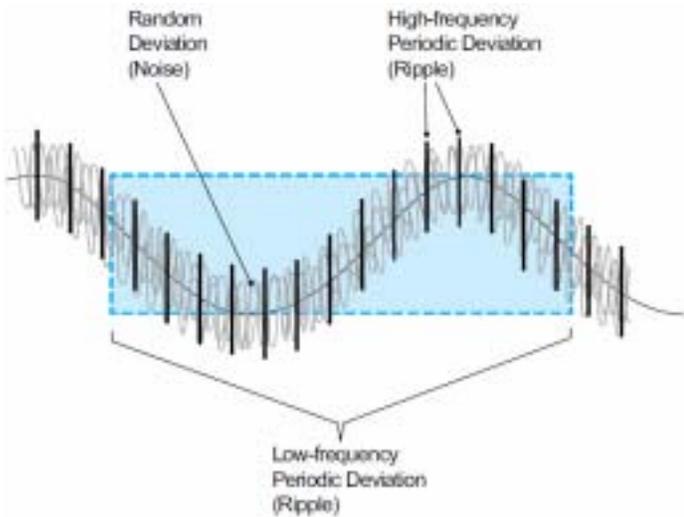


圖 5 這個簡圖顯示週期性（漣波）與隨機（雜訊）失真。

交流電特性

雖然我們討論的是直流電電源供應器，但這些電源供應器的輸出並非完美的直流電。輸出中預期將會有一些交流電。對於某些應用，輸出上過多的交流電可能會造成未預期的電路運作，這有助於瞭解殘餘交流電的振幅。特別是自動化測試，瞭解儀器對負載與設定變動的回應，可能會有幫助。

漣波與雜訊規格

直流電源供應器輸出上的寄生交流分量，稱為漣波與雜訊，或稱為週期性和隨機偏差（PARD）。這些詞彙經常交替使用。

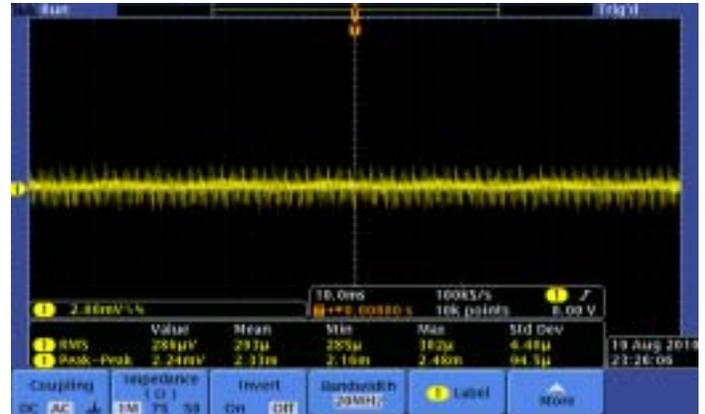


圖 6 Tektronix PWS4323 上的雜訊量測。這項量測是以 1X 探棒進行，頻寬約為 7 MHz，且電源供應器提供全額定電流。

「漣波」一詞是指輸出上的週期性交流電。以頻域檢視時，漣波會顯示為寄生響應。不像週期性的漣波，雜訊是隨機的。在頻域中檢視時，雜訊涵蓋廣泛的頻譜，顯示為基線中的增量。由於漣波與雜訊通常混為一談，無法輕易分開，在本應用摘要中，我們將使用 PARD 這個縮寫來代表其合併效應。

PARD 數字必須以頻寬表示，並應同時針對電流與電壓指定。

由於 PARD 的形狀未決定，電壓 PARD 通常表示為均方根電壓（可瞭解雜訊功率）或峰對峰電壓（驅動高阻抗負載時可能有所相關）。

產品規格表

基於頻寬的考量，PARD 規格有極大程度取決於用來測試的量測技術。製造商的效能驗證程序中，通常有檢查 PARD 的步驟。重要的是考慮整個用來驗證漣波與雜訊規格的訊號路徑。例如，使用高頻寬示波器搭配低頻寬探棒，可產生優於規格的效能。

例如，在 20 Hz 到 7 MHz 的頻寬範圍內，Tektronix PWS4323 具備 1 mV_{RMS} 和 $4\text{ mV}_{\text{p-p}}$ 的電壓 PARD 規格。針對從 20 Hz 到 20 MHz 的頻率，這款裝置也提供更寬的頻寬規格，此項規格為 3 mV_{RMS} 和 $20\text{ mV}_{\text{p-p}}$

在恆定電流模式中使用電源供應器時，會牽涉到電流 PARD，相對於電壓 PARD，電流 PARD 經常只以 rms 值表示。

暫態響應

另一組交流電特性表示電源供應器回應變動的的速度。暫態響應規格顯示，在負載或設定變更後，輸出回復至穩定直流電值的速度。大多數電源供應器的輸出有高電容並行，以協助提供乾淨而穩定的直流電。當此電容與負載電阻並行建置時，會產生時間常數，且時間常數的大小隨負載阻抗變化。

	穩定至 75 mV 終端值範圍內所需的時間
0.1 A 至 1 A 的負載變化	< 150 μs
從 1 V 至 11 V 進入 10 Ω 負載的設定變動	< 150 μs
從 11 V 至 1 V 進入 10 Ω 負載的設定變動	< 150 μs

表 1 Tektronix PWS4323 電源供應器的電壓暫態響應規格。

因為這極大程度取決於負載電阻，因此必須針對特定負載，指定對於設定變動的回應。我們常見到開路、短路或特定電阻值的規格。

測試暫態響應的方式，是對負載阻抗與設定進行重大的步進變更，然後量測穩定至最終值所需的時間。

所有 Tektronix PWS4000 系列電源供應器的電壓暫態響應，適合三種情況：增加負載、增加設定與減少設定。

準確的結果需要準確的電源供應器

若要對測試結果和結果的穩定一致性具有信心，必須擁有具備必要效能的電源供應器，以準確地供應裝置所需的電力。若電源供應器不具備夠高的準確度或穩定性，則量測結果不僅會受到裝置效能影響，也會受到電源供應器效能影響。溫度漂移、突然的負載變化，以及波動的交流電線電壓，都是一些可能會造成問題的因素。使用更為精確的電源供應器，能夠處理這些變化，並持續而精確地提供指定的電壓或電流，您就能對測試結果具有信心。

PWS4000 系列電源供應器提供準確的電源，讓量測備具信心

擁有 Tektronix PWS4000 系列可程式直流電源供應器，即可獲得保證的出色效能與品質。寬廣的電流與電壓範圍，加上大多數機型上的 0.1 mA 與 1 mV 解析度，PWS4000 系列電源供應器可產生您所需的電力，滿足各種應用。PWS4000 提供不到 5 mV_{p-p} 的雜訊和漣波、0.03% 基本電壓準確度和 0.05% 電流準確度，實際的輸出一定準確地符合設定，不會將干擾訊號傳入要測試的裝置。

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) 37597600
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/南美洲與加勒比海諸國 (52) 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 +41 52 675 3777
西班牙 00800 2255 4835*
瑞典 00800 2255 4835*
瑞士 00800 2255 4835*
台灣 886 (2) 2656 7559
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
2010 年 5 月 25 日更新

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。請上網到 www.tektronix.com



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。

08/10 EA/WWW

3GT-25248-0

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) 2656-7559 傳真：(02) 2799-1158



太克網站：www.tektronix.com

