

# 浮動量測和隔離輸入示波器 基礎知識

## 應用摘要

本應用摘要將介紹電源量測術語，闡述為進行浮動量測提供的不同選項，重點介紹每種選項的優點和缺點。

最嚴苛的浮動量測需求源自電源控制電路，如馬達控制器、不斷電系統和工業控制設備。在這些應用領域中，電壓和電流可能會很大，足以為使用者和 (或) 測試裝置帶來危險。在量測浮動高壓訊號時，有許多選項可以考慮。每個選項都有自己的優點和缺點。

### 差動量測與浮動量測比較

所有電壓量測都是差動量測。差動量測定義為兩點之間的電壓差。電壓量測分成兩類：

1. 接地參考量測
2. 非接地參考量測 (也稱為浮動量測)

### 傳統示波器

大多數傳統示波器將「訊號參考」端子連接到保護接地系統上，通常稱為「接地」。透過這種方式，所有應用到示波器的訊號或示波器提供的訊號都會有一個共同連接點。

這個共同連接點通常是示波器機箱，透過 AC 供電裝置電源線中的第三條線接地，來保持在 (或接近) 零伏。這意味著每個輸入通道參考點都連結在一個接地參考源上。

不應該使用傳統被動式探棒，直接在接地參考的示波器上進行浮動量測。根據流經參考引線的電流量，傳統被動式探棒會開始變熱；在電流足夠高時，它會類似保險絲那樣熔化斷開。

### 浮動量測技術

為進行高壓浮動量測提供的不同選項包括：

- 隔離輸入示波器
- 差動式探棒
- 電壓隔離裝置
- 「A – B」量測技術
- 示波器「浮動」技術

### 術語表

#### 共模訊號

兩個輸入上共同的輸入訊號成分 (振幅和相位完全相同)。

#### 共模範圍

差動放大器可以抑制的共模訊號的最大電壓 (從接地)。

#### 共模抑制比

衡量差動放大器抑制共模訊號能力的一個效能指標。由於共模抑制一般會隨著頻率提高而下降，因此通常會指定特定頻率的 CMRR。

#### 差動模式或差模

差動放大器兩個輸入之間的不同訊號。差模訊號 (VDM) 可以表達為：

$$VDM = (V+input) - (V-input)$$

#### 差模訊號

兩個輸入之間不同的訊號。

#### 差動量測

兩點之間的電壓差。

#### 差動式探棒

為差動應用專門設計的探棒。主動式差動探棒在探棒頭包含一個差動放大器。被動式差動式探棒與差動放大器一起使用，可以進行校驗，準確匹配兩條訊號路徑中 (包括參考引線) 的 DC 和 AC 衰減。

#### 浮動量測

任何一點都沒有接地參考 (地電位) 的差動量測。

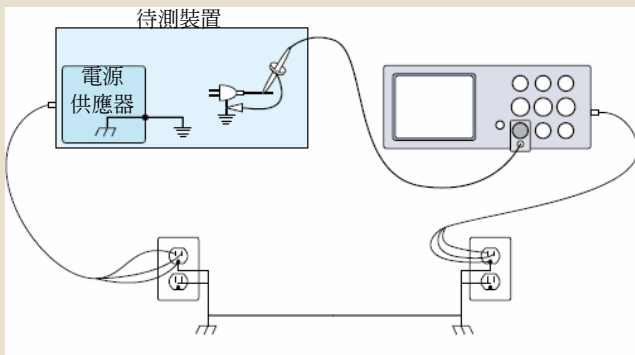
#### 接地迴路

當兩個或兩個以上的單獨接地路徑連結到兩個或兩個以上的點時，會出現接地迴路。結果是一個導體迴路。在存在變化的磁場時，這個迴路會變成變壓器的次級電路，作為短路線圈操作。附近承載非 DC 電流的任何導體都會產生磁場，激發變壓器。許多導線、甚至數位 IC 輸出引線中的 AC 線路電壓都會產生這種激發作用。迴路中迴圈的電流會在迴路內部任何阻抗中積聚電壓。這樣，在任何給定時點上，接地迴路中的各個點都不會位於相同的 AC 電位。

## 術語表 (續)

將示波器探棒地線連接到待測電路上，如果電路「接地到」接地裝置，那麼會產生接地迴路。作用在路徑內部阻抗上的迴圈電流會導致電壓電位積聚在探棒接地路徑中。

這樣，示波器輸入 BNC 連接器上的「接地」電位與待測電路中的接地不同 (即「此接地非彼接地」)。這種電位差可以是幾微伏，也可以高達幾百毫伏。由於示波器從輸入 BNC 連接器的外殼上參考量測，因此顯示的波形可能並不表示探棒輸入上的實際訊號。隨著待測訊號的振幅下降，誤差變得更加明顯。



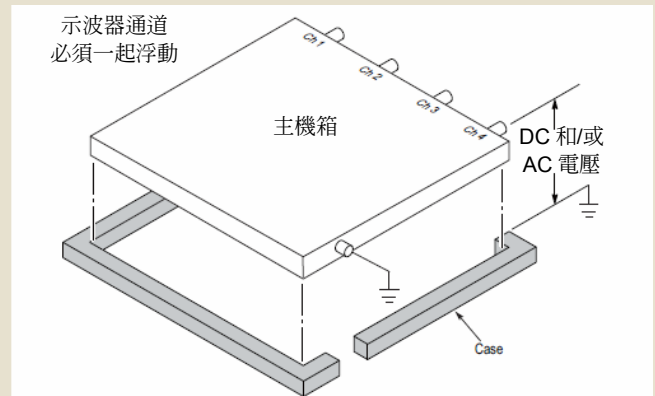
將示波器探棒地線連接到待測電路上，如果電路「接地到」接地裝置，那麼會產生接地迴路。

### 「單一量測」

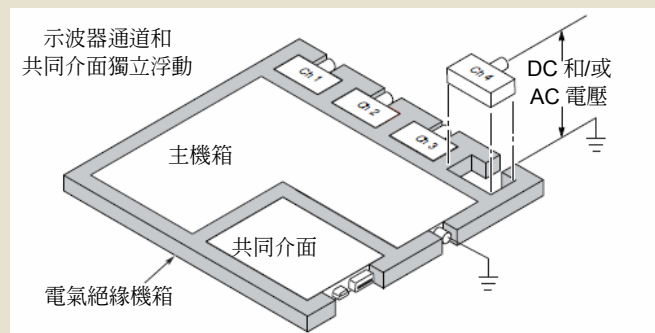
在使用 AC 電源線及使用標準三線電源線操作時，具有接地輸入通道、電池供電的示波器表現出來的局限性與傳統示波器一樣。然而，在使用電池操作時，這些示波器可以一次進行高達 30 V<sub>RMS</sub> 的單一安全浮動量測。記住，所有輸入共同源都捆在一起。

## 共用參考點和隔離通道架構比較

大多數桌上型示波器共用下面所示的架構。在這種架構中，在進行多通道量測時，所有輸入訊號必須有相同的電壓參考，共用的預設參考是「接地」參考。如果沒有差動前置放大器或外部訊號隔離器，這些桌上型示波器則不適合進行浮動量測。



與傳統桌上型示波器架構相較，這種隔離通道架構中的電壓參考沒有在儀器內部連接在一起。因此，使用的輸入的每個參考點必須連接到參考電壓上。獨立浮動隔離輸入仍由寄生電容耦合。這可能會發生在輸入參考和環境之間，及手動發生在輸入參考點之間。基於這一原因，建議將參考點連接到系統接地或另一個穩定電壓上。如果輸入的參考點連接到高速和 (或) 高壓訊號上，那麼您應該瞭解寄生電容。



說明

隔離輸入示波器量測

採用 IsolatedChannel™ 輸入架構的示波器，如 TPS2000B 或 THS3000 系列，提供真正的、完整的通道到通道和通道到電源線隔離能力。每個通道相互單獨隔離，同時與其他非隔離裝置隔離。在使用 IsolatedChannel™ 示

波器進行浮動量測時，必須使用專門設計的被動式探棒（如 TPP0201），進行高達 30 VRMS 的浮動量測；或使用 THP0301，進行高達 300 VRMS 的浮動量測；或使用 P5122/P5150 探棒，進行高達 600 VRMS 的浮動量

測。與大多數傳統示波器使用的被動式探棒不同，這些類型的探棒在 BNC 連接上絕緣，防止發生觸電；參考引線是為耐受額定浮動電壓而設計的。（如需更多資訊，請參閱本應用摘要「注意類別和電壓」一節中的討論）

差動式探棒量測

透過使用差動式探棒系統，可以使 Tektronix TDS/DPO/MSO 和大多數其他接地示波器進行浮動量測。某些差動式探棒（如 P6246、P6247、P6248 和

P6330）是為振幅較低的快速訊號優化的。其他探棒（如 P5200A、P5205A 和 P5210A）則處理速度較慢、電壓振幅較高的訊號。ADA400A 差動前置放

大器即使在高雜訊環境中，仍能顯示低頻率、超低振幅的差動訊號。

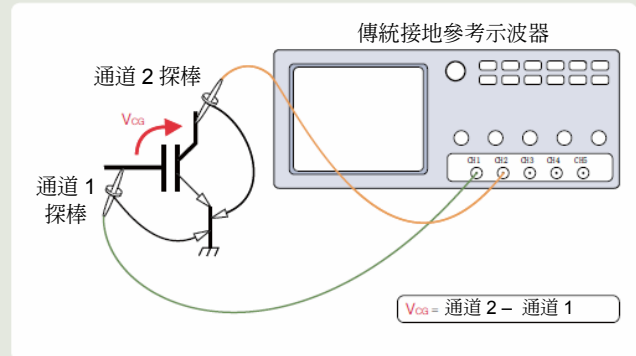
電壓隔離器量測

顧名思義，隔離器在浮動輸入與接地參考輸出之間沒有直接的電

氣連接。訊號透過光分配器/變壓器手段耦合。

「A-B」量測  
(也叫虛差動量測)

「A-B」量測技術可以使用傳統示波器及被動式電壓探棒，間接進行浮動量測。一個通道量測「正」測試點，另一個通道量測「負」測試點。從第一個量測值中減去第二個量測值，去掉兩個測試點的共同電壓，以便觀察不能直接量測的浮動電壓。示波器通道必須設定成相同的伏特/格；探棒應與示波器配套，使共模抑制比 (CMRR) 達到最大。

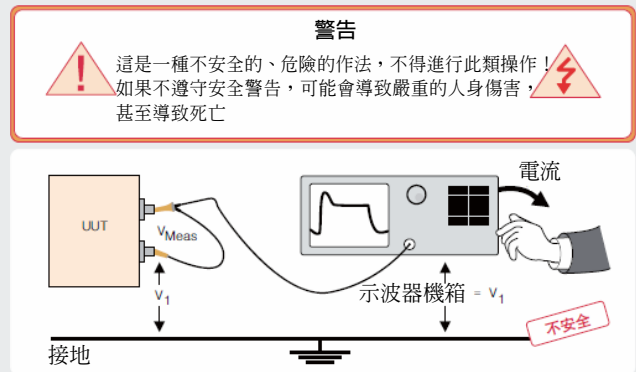


▶ 量測接地參考電壓的兩支探棒實例

「浮動」傳統接地示波器

使用不會將接地傳送到次級電路的隔離變壓器，或透過將示波器的 AC 主電源線接地連接器，是一種常用的有風險的示波器浮動量測方式。

「浮動」接地參考示波器將所有可以接觸的相同電壓的金屬（包括機箱、機殼和連接器）作為探棒參考引線連接的測試點。



▶ 浮動量測，危險電壓發生在示波器機箱上。V1 可能有幾百伏！

## 優點和缺點

### 優點

隔離輸入通道示波器為進行浮動量測提供一種安全可靠的方式。通道到通道隔離和通道到接地隔離的明顯好處是能夠同時觀察參考到不同電壓的多個訊號。

另一個優點是能夠在不增加專用探棒成本或昂貴笨重的電壓隔離器的情況下實現這一點。通道到電源線隔離消除信號源接地與示波器之間的路徑。

### 缺點

與差動式探棒不同，隔離輸入通道沒有提供均衡浮動量測。到接地的阻抗在探棒頭 (+) 輸入和參考 (-) 輸入之間是不同的。由於隔離通道的參考 (-) 輸入不像接地示波器那樣有預設的參考位準，因此必須將探棒的參考引線連接到待測裝置的參考點上。

由於沒有到接地的分流，因此螢光燈和大樓佈線放射的工頻場可能會在示波器讀數上導致更多的基線雜訊。使用平均擷取模式會減輕這種基線雜訊提高。

### 優點

差動式探棒為調整接地示波器進行浮動量測提供一種安全的方法。除安全性優勢外，使用這些探棒可以改善量測品質。差動式探棒提供均衡量測輸入電容，因此可以使用任意一條引線安全地探測電路中任何點。在比電壓隔離器更高的頻率上，差動式探棒一般比 CMRR 效能更好。

另一種優點是全面利用示波器的多個通道，同時觀察多個訊號，參考不同的電壓。

### 缺點

探棒仍有一條到接地的電阻路徑，因此如果電路對洩漏電流靈敏，那麼差動式探棒可能並不是最佳的解決方案。

其他缺點包括增加一層成本 (視示波器功能而定)，可能需要獨立的電源，這增加成本和體積。在出廠時，必須手動確定每種量測的增益和偏壓特性。

### 優點

電壓隔離器為安全量測浮動電壓提供一種手段，由於隔離器沒有接

地的電阻路徑，因此對洩漏電流異常靈敏的應用來說，它們是一個很好的選擇。

### 缺點

電壓隔離器增加一層成本。必須使用單獨的電源和隔離放大器箱。

在出廠時必須為每項量測手動確定增益和偏壓特性。

### 優點

使用「A - B」量測技術的優勢在於，幾乎任何示波器和標準配備探棒都可以簡便地完成這一點。記住，兩個測試點必須接地參考。

因此，如果任意一個測試點都是浮動的，或如果整個系統都是浮動的，那麼不適用這種方法。

### 缺點

在進行「A - B」量測時，要使用兩個示波器通道。這種技術的主要限制是共模範圍相當小，這源於示波器的垂直通道動態範圍。一般來說，其不到來自接地的伏/格設定的 10 倍。在共模電壓大於差模電壓時，「A - B」量測技術可能會被認

為是從兩個大電壓中提取小的差異。這種技術適合共模訊號的振幅與差模訊號相同或低於差模訊號，且共模成分是 DC 或低頻，如 50 Hz 或 60 Hz 電源線的應用。在量測振幅適中的訊號時，它從量測中有效消除接地迴路電壓。

### 優點

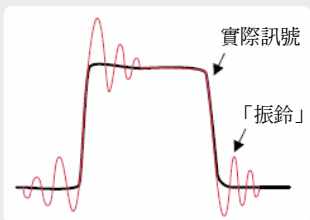
儘管浮動裝置是一種利用現有裝置進行浮動量測，消除頻率較低的訊號上接地迴路的方法，但它是一種不安全的、危險的作法，不應採用這種方法。

即使示波器恢復到正確接地操作，將來仍可能會導致發生危險故障 (電擊和危險)。

在較高的頻率上，切斷接地可能不會中斷接地迴路，因為電源線供電的儀器在接地以上浮動時會表現出大的寄生電容。振鈴可能會破壞浮動量測。浮動示波器沒有均衡輸入。參考一側 (探棒上的「接地」夾) 有一個明顯的接地電容。參考點連接的任何來源阻抗將在快速共模跳變中載入，使訊號發生衰減。更糟糕的是，

高電容可能會損壞某些電路。連接逆電器上方開極共用的示波器可能會使開極驅動訊號速度下降，防止待測裝置關閉，防止破壞輸入橋接器。這種故障通常伴隨著工作台上出現小的火花。

另一個缺點是其一次只能進行一項量測。記住，所有輸入參考都連結在一起，一旦浮動一個輸入參考，所有輸入參考都會在同一位準上浮動。



▶ 寄生電感和電容導致的振鈴使訊號失真，使量測無效

### 缺點

不管是從示波器上的升壓角度 (對操作人員可能會發生電擊)，還是由於濾波器變壓器絕緣裝置上累積的應力，這種技術都是危險的。這種應力可能不會立即導致故障，但

## Tektronix TPS2000B 和 THS3000 系列 IsolatedChannel™ 示波器

TPS2000B 系列將 Tektronix 經過驗證的桌上型示波器效能與專為量測使用電池供電產品設計的 4 個隔離通道架構結合在一起。這種儀器與選購的電源套件 (TPS2PBD2) 搭配使用，能確保符合同級產品中的進階浮動量測標準。電源套件包括 4 支被動式高壓探棒 (P5122) 及電源量測和分析套裝軟體 (TPS2PWR1)。電源量測和分析套裝軟體提供電源分析量測 (真實功率、虛功率、真實功率因數、相位角)、波形分析量測 (RMS、波峰因數、頻率)、諧波量測及切換損耗量測。

THS3000 系列是為使用示波器時需要更高流動性、而又不降低桌上型儀器效能，或執行浮動量測能力的工程師所設計的。這種手持式儀器堅固耐用、重量型，一個電池可連續工作 7 個小時，支援自動量測功能，在實驗室操作和現場操作中提供很大的通用性。該儀器的隔離通道、高壓擷取 (高達 1000 V<sub>RMS</sub> CAT II) 及進階波形記錄功能可以安全進行浮動量測，特別適合經常需要將實驗室中的量測與現場中的量測關聯起來的使用者。

### 注意 CAT 和電壓

#### 為進行浮動量測選擇適當的電壓探棒

怎樣選擇探棒和示波器組合：

#### 1. 確定量測 (或過壓) 類別

IEC 61010-1 國際標準為電壓量測儀器規定四種過壓類別。第一類到第四類過壓都是依據暫態訊號期間可能存在的電氣能量多少確定的。

在 IEC 61010-1 中，電壓量測儀器根據耐受電壓暫態訊號的能力來劃分等級。

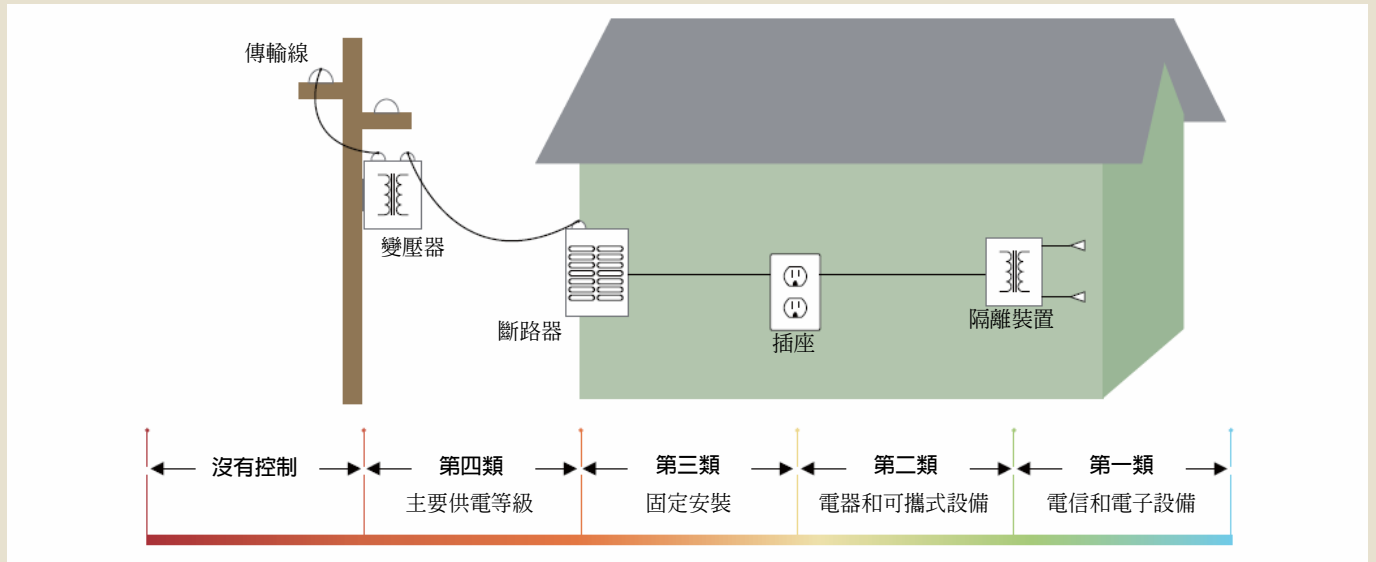
#### 2. 確定最大浮動電壓

類別說明摘要	
第四類	用於對低壓專案中的電壓執行量測 (<1,000 V)。
第三類	用於在建築物系統中執行量測。
第二類	用於在直接連接低壓系統的電路上執行量測。
第一類	用於在沒有直接連接主電路上執行量測。

#### 3. 確定探棒頭到接地最大電壓。

#### 4. 確定從探棒頭到參考引線的最大電壓。

#### 5. 確定螢幕上希望的最大峰對峰值讀數。



IEC 安裝類別

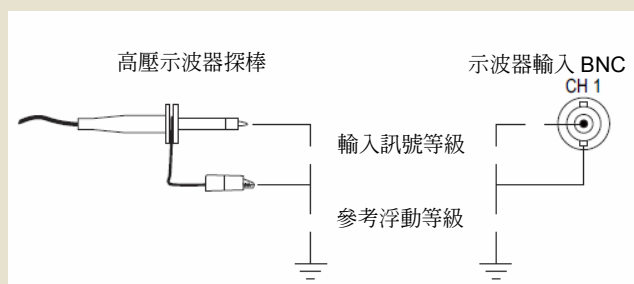
## 注意 CAT 和電壓 (續)

### 為 TPS2000B 和 THS3000 系列示波器選擇適當的電壓探棒

	探棒名稱			
	TPP0201	THP0301	P5150	P5122* <sup>1</sup>
最大探棒頭到接地電壓	300 V <sub>RMS</sub> CAT II	300 V <sub>RMS</sub> CAT III	1000 V <sub>RMS</sub> CAT II	DC 耦合時 1000 V <sub>RMS</sub> CAT II
最大接地參考(浮動)電壓	30 V <sub>RMS</sub>	300 V <sub>RMS</sub> CAT III	600 V <sub>RMS</sub> CAT II	600 V <sub>RMS</sub> CAT II
衰減設定	10x	10x	50x	100x
頻寬	200 Mhz	300 Mhz	500 Mhz	200 Mhz
探棒類型	被動式	被動式	被動式	被動式
螢幕上峰對峰值電壓 <sup>2</sup>	TPS	400 V <sub>P-P</sub>	400 V <sub>P-P</sub>	2000 V <sub>P-P</sub>
	THS	849 V <sub>P-P</sub>	849 V <sub>P-P</sub>	2828 V <sub>P-P</sub>
螢幕上 RMS 電壓 <sup>2</sup>	TPS	141 V <sub>RMS</sub>	141 V <sub>RMS</sub>	707 V <sub>RMS</sub>
	THS	300 V <sub>RMS</sub>	300 V <sub>RMS</sub>	1000 V <sub>RMS</sub>

<sup>1</sup> P5122 探棒不應該用來在 TPS2000 上對 DC > 300 V 的訊號進行 AC 耦合量測。

<sup>2</sup> 受到儀器垂直解析度限制 (TPS = 5 V/div, THS = 100 V/div)。



#### 實例：

需要量測線路到線路 240 V<sub>RMS</sub> 三相 Y 型主動式諧波濾波器上的峰對峰值電壓。

#### 1. 確定所需安裝類別的最大額定輸入電壓：第三類

- 某種類別等級允許的最大輸入電壓一般也適用於較低類別的環境。例如，如果儀器等級為 300 V<sub>RMS</sub> CAT III，那麼在第二類環境中在 300 V<sub>RMS</sub> 的儀器上工作也是安全的。
- 對更高的電壓位準，儀器通常會額外確定較低類別的等級值，如同時確定 300 V<sub>RMS</sub> CAT III 和 600 V<sub>RMS</sub> CAT II。這種情況並不是通用的，因此使用者必須在儀器文件中明確測試透過多個類別的等級。

#### 2. 確定需要的最大浮動電壓 (接地到參考電壓)

- 這一實例的量測需求為 240 V<sub>RMS</sub>。
- 因此，只有 THP0301、P5150 和 P5122 探棒適合。

#### 3. 確定最大探棒頭到接地電壓需求

- 在本例中，工程師確定其大約為 140 V<sub>RMS</sub>。
- 全部四支探棒都滿足這一需求。

#### 4. 確定從探棒頭到參考引線的最大電壓

- 預計待測訊號的最大電壓是 240 V<sub>RMS</sub>。
- 這使探棒僅能從 THP0301、P5150 和 P5122 探棒中選取。

#### 5. 確定需要的衰減

- 計算與 240 V<sub>RMS</sub> 對應的最大峰對峰值電壓
- 因此，所需的可以觀察的電壓範圍是：  
 $240 V_{RMS} \times \sqrt{2} \times 2 = 679 V_{P-P}$
- TPS2000B 系列在螢幕上最大垂直設定為 5V/div，共 8 格。
- THS3000 在螢幕上最大垂直設定為 100V/div，共 8 格。
- 需要的探棒衰減 = 目測電壓 / 最大垂直設定 / 格數。
- TPS2000B:  $679 V_{P-P} / 5 / 8 = 17x$ ，僅 P5150 和 P5122 提供足夠的衰減。
- THS3000:  $679 V_{P-P} / 100 / 8 = 1x$ ，所有探棒都提供足夠的衰減。

#### 6. 選擇滿足最低需求的探棒

- 對 TPS2000B，P5150 和 P5122 探棒適合這一測試場景。
- 對 THS3000，THP0301、P5150 和 P5122 探棒適合這一測試場景。

**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) 26567559  
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**

最後更新日 2011 年 2 月 10 日

**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。請造訪 [www.tektronix.com.tw](http://www.tektronix.com.tw)



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。

11/11 EA/FCA-POD

3AT-19134-2

**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.tw](http://www.tektronix.com.tw)

**Tektronix®**

