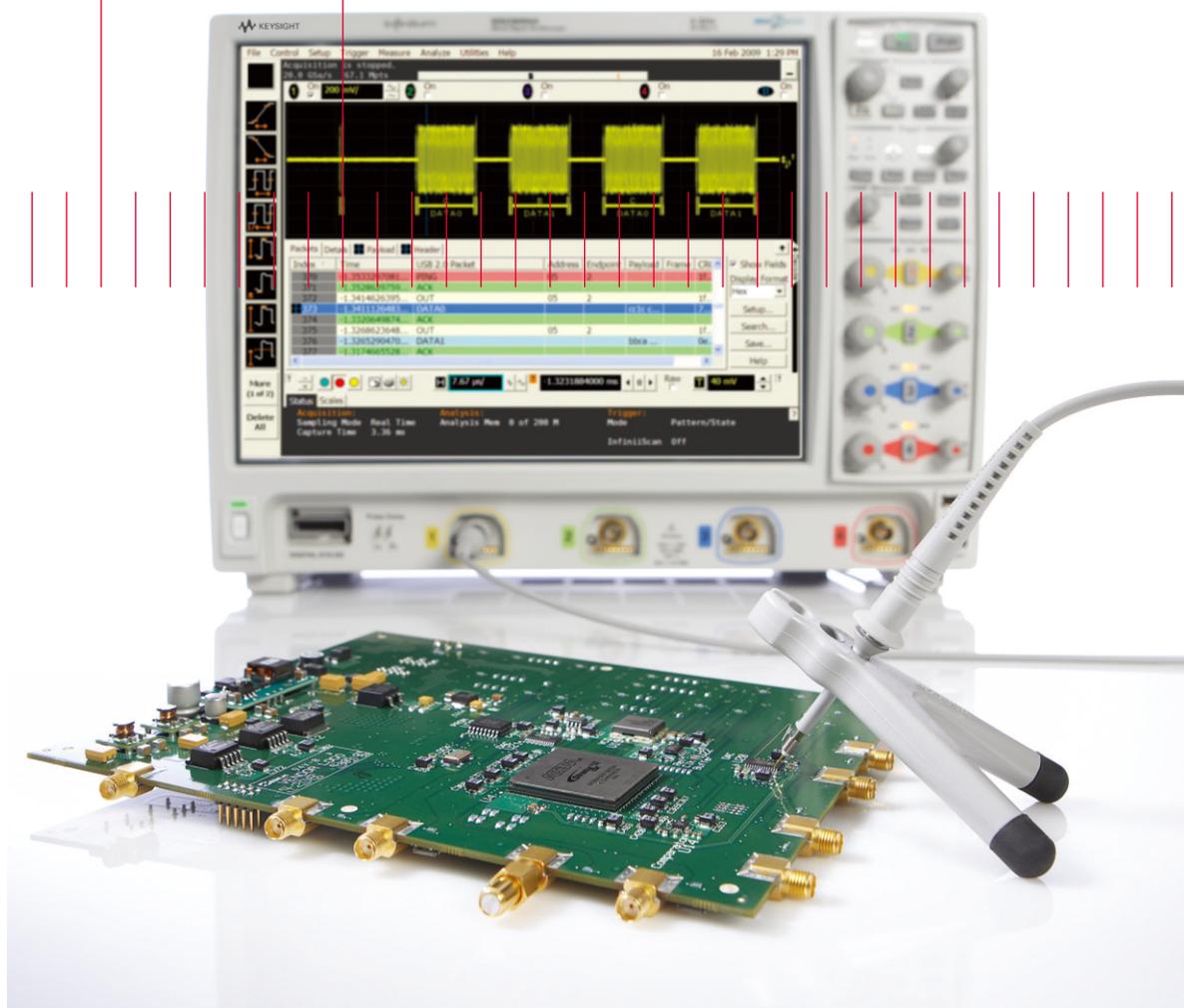


Keysight Technologies 是德科技 為您的測量需求選擇最佳的 被動和主動示波器探棒

應用指南



序言

被動電壓探棒是當今最常用的示波器探棒

要進行可靠的示波器測量，首先是為您的應用選擇適合的探棒。雖然有許多不同類型的示波器探棒可供選擇，但它們基本上可以分為兩大類：被動探棒和主動探棒。被動探棒不需要外接示波器電源。主動探棒需要外接示波器電源為探棒中的主動元件（例如電晶體和放大器）供電，並提供比被動探棒更高的頻寬性能。每一大類都包括許多不同類型的探棒，每種探棒都有其最適合的用途。

被動探棒

被動電壓探棒是目前最常用的示波器探棒類型。它可以再分為兩大類型：高阻抗輸入探棒和低阻抗電阻分壓器探棒。具有 10:1 分壓比的高阻抗輸入被動探棒可能是目前最常用的探棒。目前大部分中低階示波器在裝運時都附帶該探棒。探針電阻通常為 9 MΩ，當探棒與示波器的 1 MΩ 輸入端相連時，探針與示波器輸入端的分壓比（或衰減比）為 10:1。觀察到的探針處的淨輸入電阻為 10 MΩ。因此，示波器輸入端電壓是探針電壓的十分之一，兩者的關係可用下面的公式表示： $V_{\text{示波器}} = V_{\text{探棒}} * (1 \text{ M}\Omega / (9 \text{ M}\Omega + 1 \text{ M}\Omega))$

被動探棒

與主動探棒相比，被動探棒更耐用，也更便宜。它們具有非常寬的動態範圍（典型 10:1 探棒的動態範圍 >300 V）和高輸入阻抗，可與示波器的輸入阻抗相匹配。然而，高阻抗輸入探棒與主動探棒或低阻抗 (Z_0) 電阻器分壓被動探棒相比，會產生較大的電容負載，並具有較窄的頻寬。

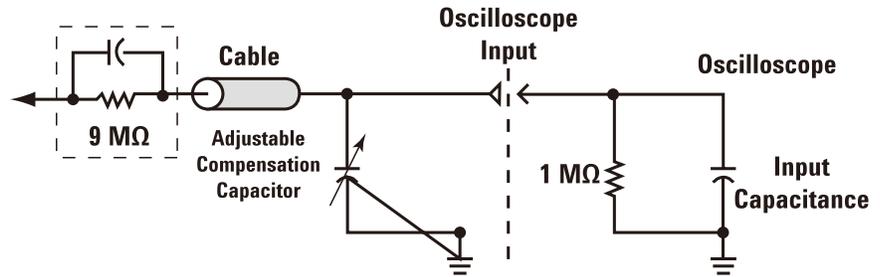


圖 2. 高阻抗被動探棒提供結實耐用、價格較低的通用探測與故障診斷解決方案

低阻抗電阻器分壓探棒具有 $450\ \Omega$ 或 $950\ \Omega$ 輸入電阻，與示波器的 $50\ \Omega$ 輸入形成 10:1 或 20:1 的衰減比。輸入電阻器之後是 $50\ \Omega$ 電纜，使用示波器的 $50\ \Omega$ 輸入作為負載端接。切記，示波器必須具有 $50\ \Omega$ 輸入，才能使用此類探棒。這種探棒的主要優勢包括，電容負載小，頻寬非常高——在幾 GHz 的範圍內——有助於進行高精度計時測量。此外，與類似頻寬範圍的主動探棒相比，此探棒的成本比主動探棒低。您可以在以下應用中使用這種探棒：探測電子電路邏輯 (ECL) 電路、微波元件或 $50\ \Omega$ 傳輸線路。唯一美中不足的是，這種探棒有較大的電阻負載，可能影響信號的測量振幅。

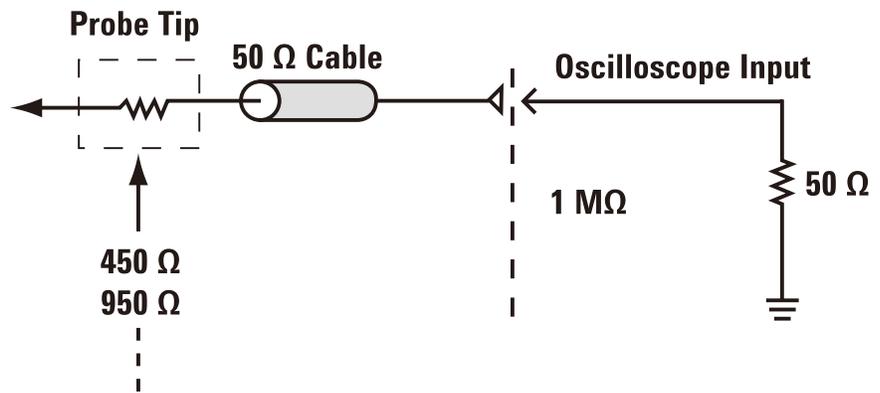


圖 3. 低阻抗電阻器分壓探棒具有低電容負載和寬頻寬

主動探棒

如果您的示波器頻寬超過 500 MHz，可能或應該使用主動探棒。雖然價格較高，但是當您需要高頻寬性能時，主動探棒還是您的最佳選擇。主動探棒比被動探棒價格較高，並且其輸入電壓有限，但是由於它們的電容負載顯著降低，因而能使您更深入地觀察快速信號。

顧名思義，主動探棒需要有探棒電源。許多先進的主動探棒使用智慧探棒介面，該介面可提供電力，以及充當相容探棒與示波器之間的通信鏈路。通常，探棒介面能夠識別連接的探棒類型，並且按正確設置輸入阻抗、衰減率、探棒功率和偏置範圍。

通常情況下，您會選擇使用單端主動探棒測量單端信號（以接地為參考的電壓），使用差動主動探棒測量差動信號（正電壓與負電壓之比）。差動探棒中的信號連接之間的有效接地面比大部分單端探棒中的接地連接更理想。這個接地面將探針接地有效地連接到待測物 (DUT) 接地，連接阻抗非常小。因此在測量單端信號時，差動探棒可以獲得比單端探棒更精確的測量結果。Keysight InfiniiMax 1130A 系列探測系統使用專為手動點測、插座式連接或焊入式連接優化的可互換探棒，只需通過一個探棒放大器便可進行差動或單端探測。



圖 4. 許多先進的主動探棒使用智慧探棒介面，該介面可提供電力，以及充當相容探棒與示波器之間的通信鏈路



圖 5. InfiniiMax 探測系統提供多種單端和差動探棒附件，可構成經濟高效的單端和差動探測解決方案

頻寬考慮

更高頻寬是主動探棒相對於被動探棒的一個明顯優勢。探棒使用者經常忽視的一個問題是連接到目標的效應，稱為“連接頻寬”。儘管特殊的主動探棒可能具有非常出色的頻寬技術規格，但是一般公佈的性能都是在理想探測條件下實現的。在實際的探測條件下（可能需要使用探測附件連接探針），主動探棒的性能可能要遠遠遜色於公佈的性能。主動探測系統的實際性能主要是由“連接”系統決定。圖 5 中，在 V_{Atn} 點左側的寄生元件是確定實際主動探測系統在高頻應用中的性能的驅動因素。

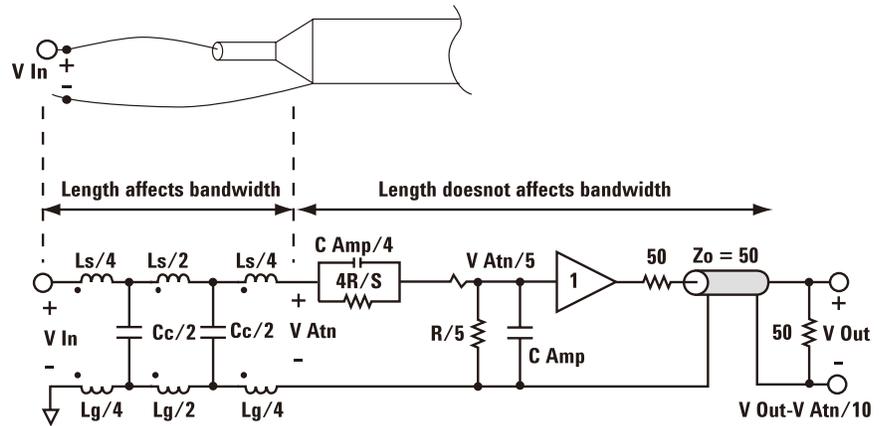


圖 6. 在 V_{Atn} 點左側的寄生元件是確定實際主動探測系統在高頻應用中的性能的驅動因素

例如，Keysight N2796A 2 GHz 單端主動探棒通過探針和 2 釐米長的偏置接地，提供 2 GHz 頻寬。使用這種最佳設置，您可以獲得 2 GHz 探棒頻寬。如果拆除探針和接地連接，改用 10 釐米雙引線轉接頭，則探棒頻寬下降到 1 GHz。再將其他夾具連接到雙引線轉接頭，則探棒頻寬進一步下降到 500 MHz。由此可見，此處的訣竅在於更短的輸入引線提高了探棒性能。

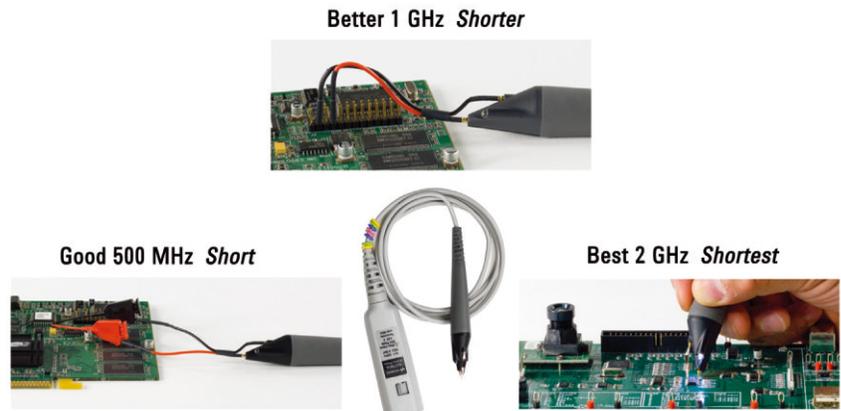


圖 7. 使用的引線越短，您將實現的探棒頻寬就越高

探棒負載效應

現在我們來討論探棒的輸入阻抗和輸入負載。許多人以為探棒輸入阻抗是一個常數。您可能聽說過，探棒具有 kΩ、MΩ 甚至 10 MΩ 級的輸入阻抗，但是輸入阻抗不是在任何頻率上都是恒定的。輸入阻抗會隨著頻率的增加而下降。

在直流和低頻範圍內，探棒的輸入阻抗最初等於額定輸入阻抗（如果是 10:1 被動探棒，輸入阻抗即為 10 MΩ），但是隨著頻率的增加，探棒的輸入電容開始變成短路，探棒的阻抗開始降低。輸入電容越高，阻抗下降趨勢越明顯。

圖 8 顯示了 500 MHz 被動探棒與 2 GHz 主動探棒的比較。您將會看到，在 ~10 kHz 交點及其之後，主動探棒的輸入阻抗比被動探棒高。輸入阻抗更高，意味著對目標信號施加的負載越小，負載越小即意味著對信號的影響越小或損害越小。

在圖中大約 70 MHz 頻寬處，被動探棒的輸入阻抗降低到 ~150 Ω，而主動探棒的輸入阻抗為 ~2.5 kΩ。兩者的差異相當大。例如，如果您的系統的信號源阻抗為 50 Ω 或 100 Ω，那麼由於探棒負載的原因，被動探棒對信號的影響要比主動探棒大得多。

在該頻率範圍內，連接被動探棒就相當於在您的電路中加入了一個 150 Ω 電阻器。如果您可以容忍的話，可以繼續使用被動探棒。如果您不能容忍的話，再使用被動探棒就會產生問題，最好選擇使用在高頻範圍內具有更高阻抗的探棒，例如主動探棒。

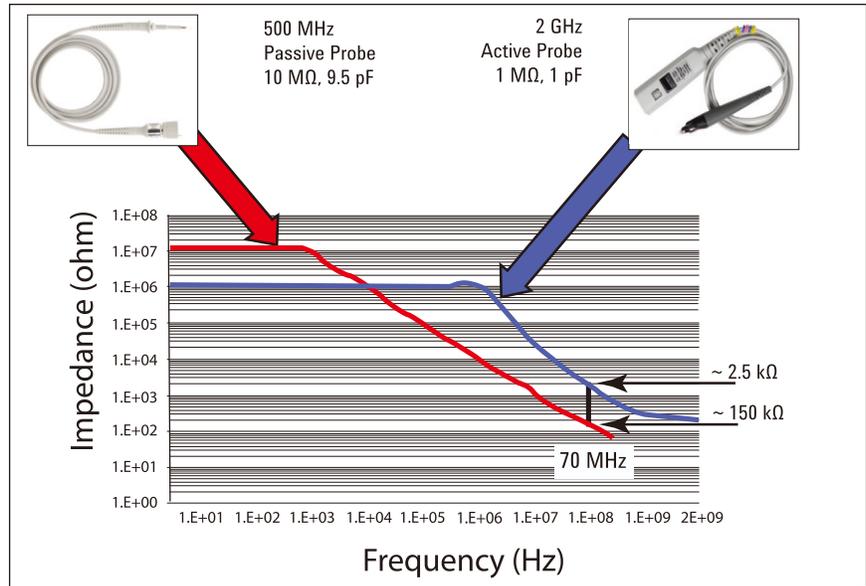


圖 8. 在 ~10 kHz 交點及其之後，主動探棒的輸入阻抗比被動探棒高

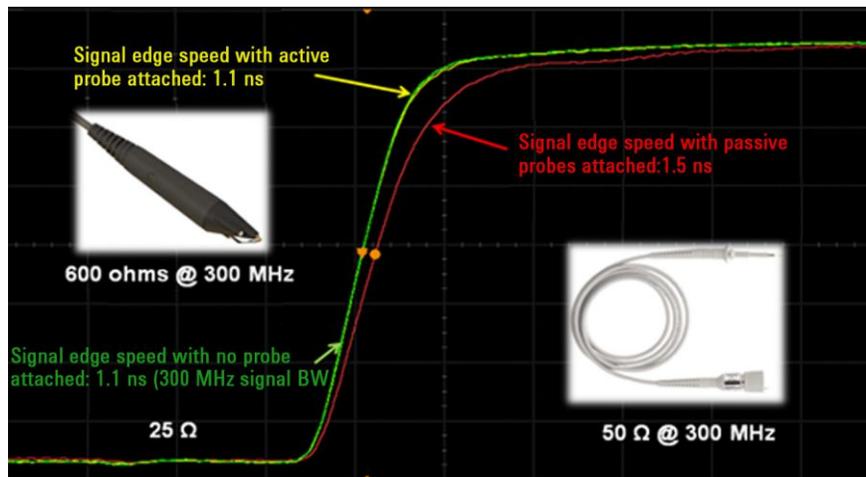


圖 9. 使用 2 GHz 主動探棒（黃色跡線）和 500 MHz 被動探棒（紅色跡線）測得的信號邊緣速度

上面的圖 9 顯示了使用兩種不同的探棒測量實際信號的實例。綠色跡線顯示在未連接任何探棒時，信號邊緣速度為 1.1 ns。它表示該信號的頻寬為 300 MHz ($=0.35/1.1$ ns)。當連接 2 GHz 主動探棒測量這個 1.1 ns 信號時，示波器顯示黃色跡線位於綠色跡線之下，您甚至無法分辨原始信號與探棒

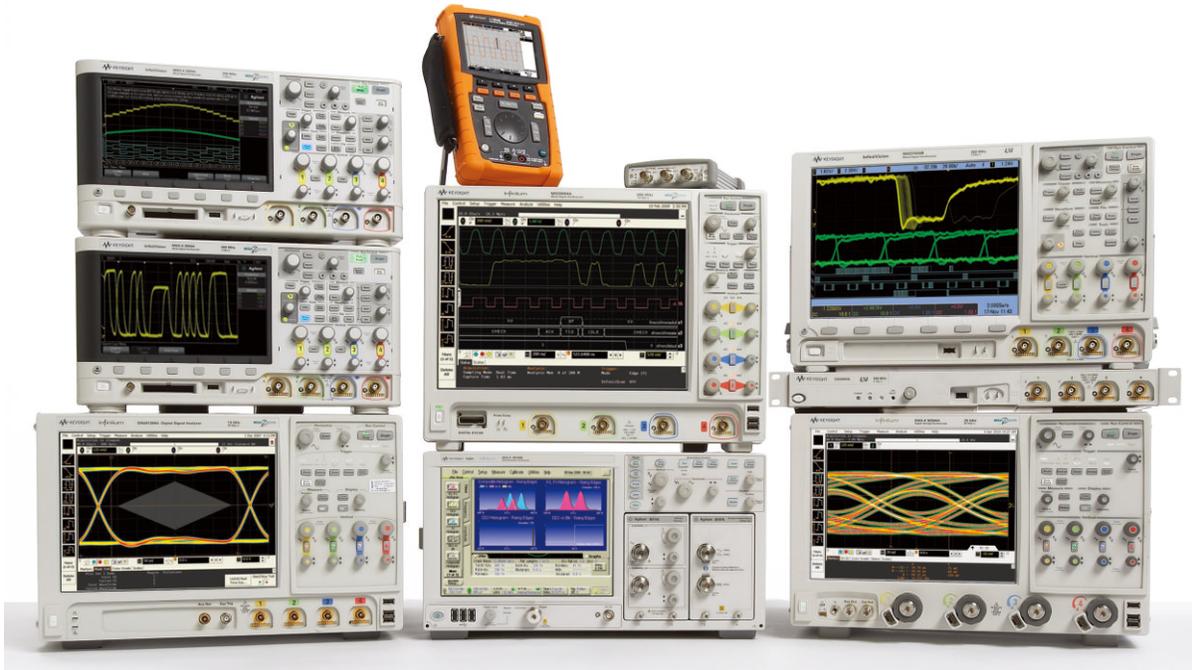
所測量的信號的區別。顯然，主動探棒不會使目標信號發生較大的失真。

如果您連接 500 MHz 被動探棒測量相同信號，現在測得目標信號的邊緣速度為 1.5 ns。被動探棒實際上會破壞目標信號，使其速度變慢。

結論

用戶在為示波器應用選擇適當的測量工具時，往往忽視了探棒。許多工程師在選擇示波器時首先關注需要的頻寬、取樣率和通道數，其次考慮如何將信號輸入示波器。但是要進行可靠的示波器測量，首先應考慮為您的應用選擇適當的探棒以及如何正確地使用探棒。

對於一般的探測和故障診斷來說，被動探棒是一個妥當的選擇；但是在高頻應用中，主動探棒可以為您提供更精確的高速信號測量結果。雖然市場上許多主動探棒標有極其卓越的頻寬技術規格，但是請記住，主動探棒的實際性能主要是由您如何將其連接到目標決定的。一條簡單的經驗證明，如果您希望進行高保真度測量，輸入引線越短越好。



是德科技示波器

從 20 MHz 至 >90 GHz 的多種機型 | 業界領先的技術規格 | 功能強大的應用軟體

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.axiestandard.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。是德科技之前身安捷倫 EMG 是 LXI 聯盟的創始會員。



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。



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。



五年保固延長計劃

www.keysight.com/find/AssurancePlans

是德科技提供經濟實惠的五年保固保證，確保儀器的運作達到規格要求，您可持續信賴儀器的量測準確度。



www.keysight.com/go/quality

是德科技 - DEKRA Certified ISO 9001:2008 品質管理系統。

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。

www.keysight.com/find/probes

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