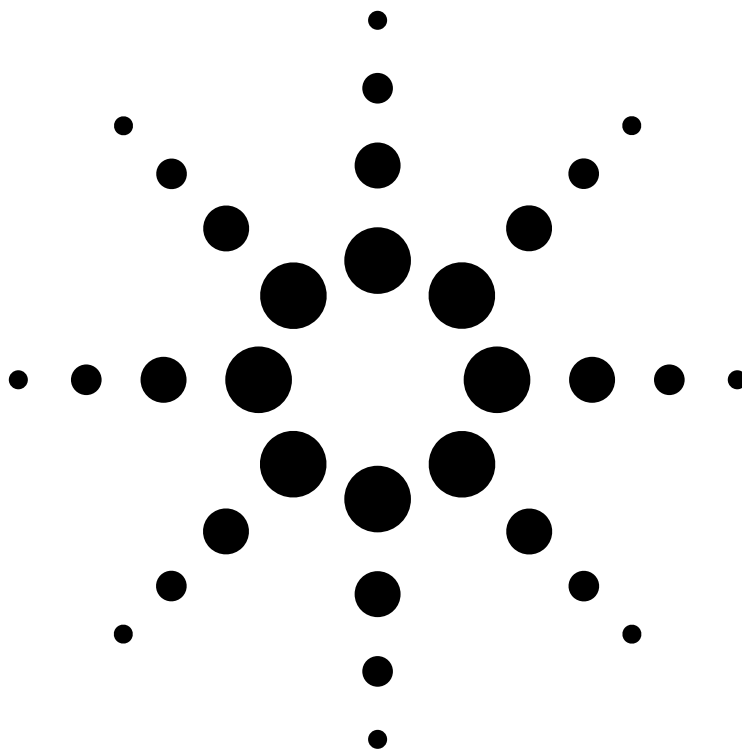


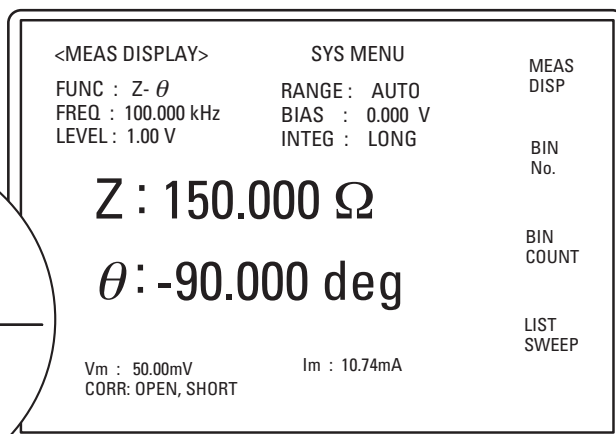
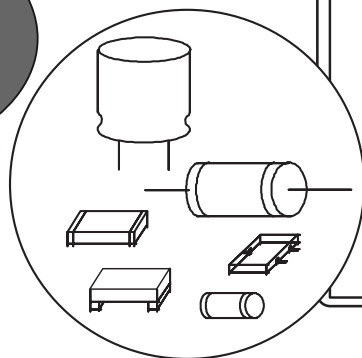
Agilent 成功的阻抗量測之 8 大祕訣

應用手冊 346-4



8

對電子元件進行特性分析，
使達到設計電路的效能



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

內 容

- 祕訣 1. 阻抗參數
- 祕訣 2. 量測結果會依測試情況而有不同
- 祕訣 3. 選擇正確的儀器顯示參數
- 祕訣 4. 量測技術的限制
- 祕訣 5. 執行校準
- 祕訣 6. 執行補償
- 祕訣 7. 認識相位位移與連接埠延伸效應
- 祕訣 8. 夾具與接頭的維護

工程師所需執行的 阻抗量測

阻抗可以利用各種技術來量測。選取技術時必須根據測試頻率、要量測的阻抗參數及慣用的顯示參數。

對較寬的阻抗範圍（從 $m\ \Omega$ 到 $100\ M\ \Omega$ ）來說，自動平衡電橋（Auto-Balancing Bridge）技術的量測準確度特別高。這種技術適用的頻率範圍，可以從幾個 Hz 到 $110\ MHz$ 。

IV 與 RF-IV 技術對於較寬的阻抗範圍（從 $m\ \Omega$ 到 $M\ \Omega$ ）的量測，也非常準確。這些技術適用的頻率範圍在 $40\ Hz$ 到 $3\ GHz$ 之間。

傳輸/反射（Transmission/Reflection）技術適用於最寬的頻率範圍（從 $5\ Hz$ 到 $110\ GHz$ ）。但這項技術的準確度只有在 $50\ \Omega$ 或 $75\ \Omega$ 附近較高。

LCR 錶與阻抗分析儀的主要差別在於顯示參數的方式不同。LCR 錶會顯示數字資料，阻抗分析儀則可以顯示數字或圖形格式。

這些儀器所使用的技術與分析儀的類型無關，它們可以使用 RF-IV、IV 或自動平衡電橋（取決於頻率）。

工程師執行阻抗量測的理由不一。在典型的應用中，用於新的電路設計中的電子元件必須進行特性分析。一般來說，元件製造商只會提供公稱阻抗值。

設計決策及影響組合產品的生產之決策，多少都會與產品元件的阻抗值有關。因此，成品的性能與品質，有一部份會決定於元件特性描述的準確度與嚴密性。

本應用手冊提供使用自動平衡電橋、IV 及 RF-IV 技術的實用資訊。有關傳輸/反射技術的詳細資訊，請參閱應用手冊 1291-1，提升網路分析儀量測效能的 8 大祕訣（英文版編號 5965-8166E）。

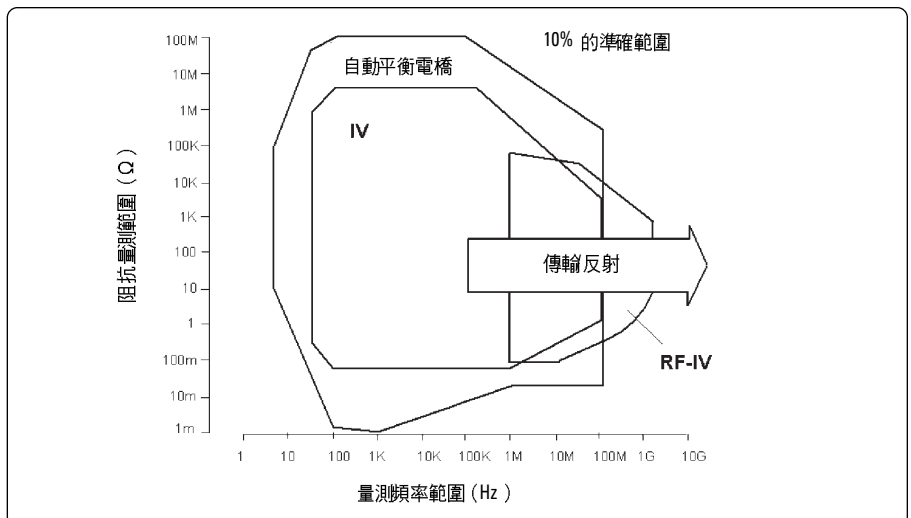


圖0-1. 準確度分析圖

祕訣 1.

阻抗參數

阻抗是用來評估電子元件特性的一個參數。阻抗 (Z) 的定義是，元件在既定頻率下對交流電 (AC) 的總對抗作用。

阻抗是以一個複雜的向量來表示。極性座標系統可用來對應向量，其中第一和第二象限分別相當於被動電感與被動電容。第三和第四象限則相當於負的電阻。

阻抗向量是由實部的電阻 (R) 和虛部的電抗 (X) 所組成。

圖 1-1 顯示極性座標系統的第一象限所對應的阻抗向量。

電容 (C) 與電感 (L) 是從電阻 (R) 與電抗 (X) 衍生而來的。電抗的兩種形式為電感性 (XL) 與電容性 (XC)。

品質因數 (Q) 與耗散因數 (D)，也是從電阻和電抗衍生而來的。這些參數可用來量測電抗的純度。當 Q 比較大或 D 比較小時，品質會比較好。Q 被定義為存在元件中的能量與元件所耗散的能量之比值。D 是 Q 的倒數。D 也等於“tan δ”，δ 代表介電損耗角度 (δ 是相位角度 θ 的互補角度)。D 和 Q 都是不具維度的量。

圖 1-2 描述阻抗與這些衍生參數之間的關係。

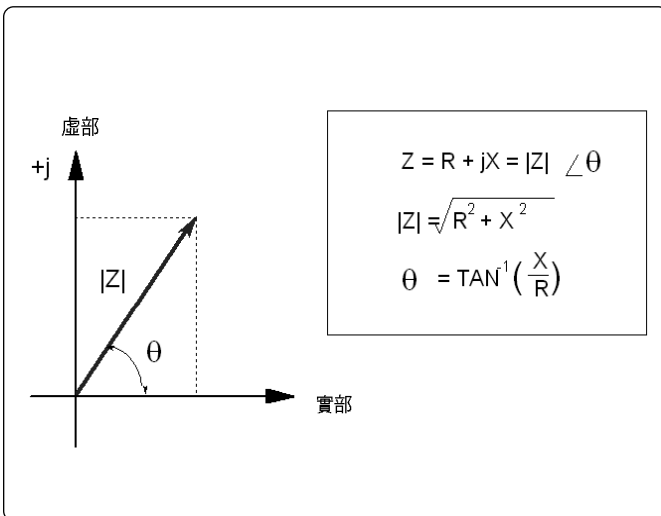


圖1-1. 阻抗向量

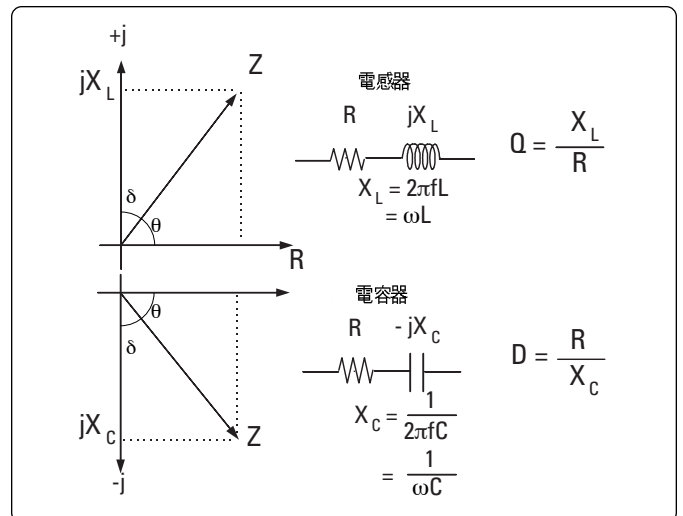


圖1-2. 電容器與電感器參數

祕訣 2. 量測結果會依測試情況 而有不同

製造商所提供的阻抗值，代表元件在特定的測試情況下的性能，以及在製造過程中所允許的容許度。當電路的性能要求元件有更準確的特性分析時，就有必要驗證指定的值，或評估元件在操作情況（通常有別於製造商的測試情況）下的性能。

因為寄生電感、電容和電阻的關係，所有的元件都會產生頻率相依。

圖 2-1 描述典型的電容器之理想與寄生頻率特性。

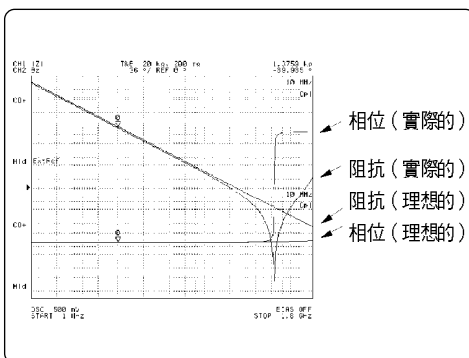


圖 2-1. 電容器的頻率特性

信號位準 (AC) 相依可以下列方式來表現 (詳見圖 2-2) :

- 電容取決於 AC 電壓位準 (基板的介質常數 K)。
- 電感取決於 AC 電流位準 (核心材料的電磁遲滯)。

通過元件的 AC 電壓，可以從元件的阻抗、信號源電阻和信號源輸出得出 (圖 2-3)。

自動位準控制 (ALC) 功能，可以讓 DUT (待測元件) 兩端的電壓維持一致。針對具有位準監測功能的儀器寫一個 ALC 程式是可行的，不過不是內建的 ALC。

控制量測積分時間，可以減少不想要的信號。平均功能則可以用來降低隨機雜訊的效應。增加積分時間或平均，雖可提高精確度，但也會降低量測的速度。有關這些測試參數的詳細說明，請參閱儀器的操作手冊。

其它會影響量測結果的物理與電子因素，包括 DC 偏移、溫度、濕度、磁場、光線、氣壓、振動和時間。

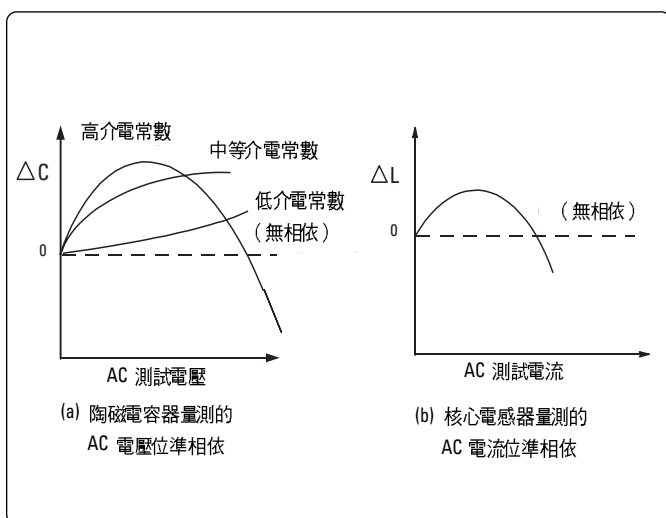


圖 2-2. 信號位準相依

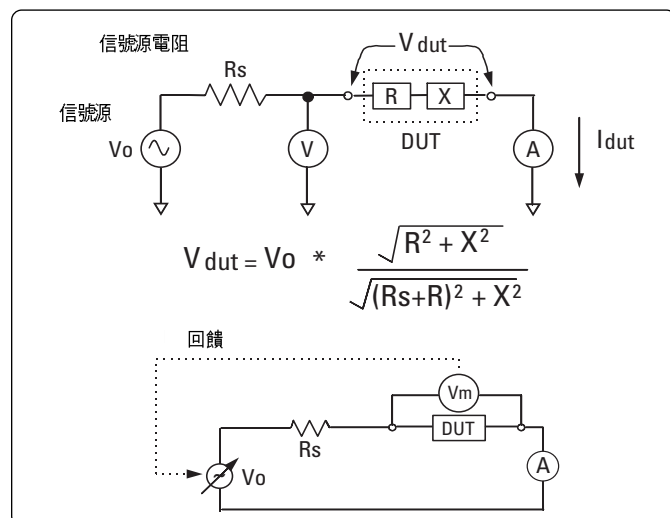


圖 2-3. 應用信號與等位準機制

祕訣 3. 選擇正確的儀器 顯示參數

許多新型的阻抗量測儀器，都會量測阻抗向量的實部與虛部，然後將它們轉換成所需的參數。

當量測以阻抗 (Z) 和相位 (θ) 來顯示時，主要元素 (R 、 C 或 L) 及所有的寄生元素都會以 $|Z|$ 與 θ 資料來表示。

如果顯示的是參數，而非阻抗與相位角度，則是使用二元素的元件模型。這些二元素模型是以串聯或並聯電路模型為基礎 (圖 3-1)，並以下標 “p” 代表並聯，“s” 代表串聯 (R_p 、 R_s 、 C_p 、 C_s 、 L_p 或 L_s)。

任何一個電路元件都不是全然電阻性或全然電抗性的。一個典型的元件會包含許多寄生元素。將主要元素與寄生元素結合之後，元件就會產生如複雜電路一樣的作用。

最新且最先進的阻抗分析儀具有等效電路分析功能，可透過三個元素或四個元素的電路模型，來分析量測的結果 (圖 3-2)。使用這項功能可對元件的複雜殘餘元素，進行更完整的特性分析。

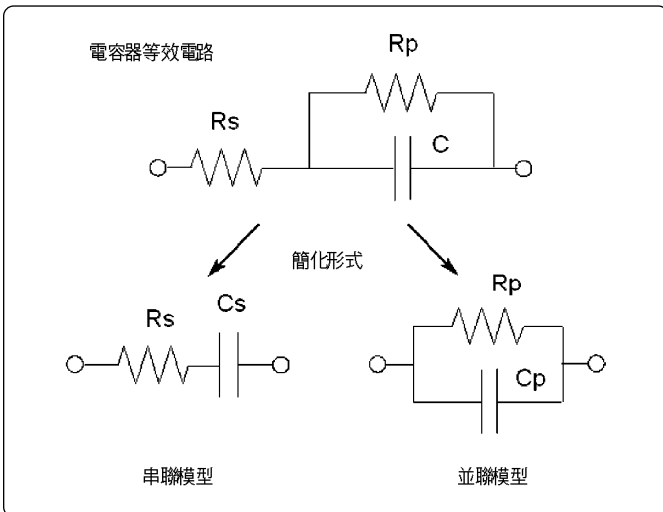


圖 3-1. 量測電路模式

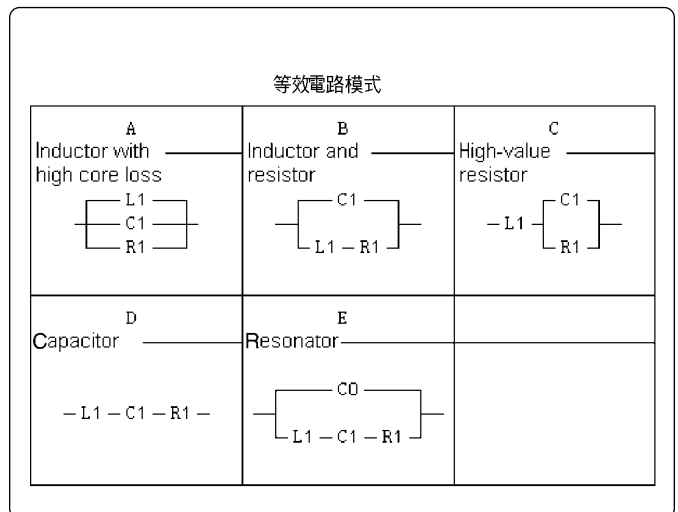


圖 3-2. 等效電路分析功能

祕訣 4. 量測技術的限制

在工程設計與製造方面最常被問到的問題或許是：「資料的準確度有多高？」

儀器的準確度取決於要量測的阻抗值，以及所使用的量測技術（詳見圖 0-1）。

要決定量測的準確度，可以比較 DUT 的阻抗量測值與適合的測試情況下之儀器準確度。

圖 4-1 顯示在 1 MHz 的頻率下量測 1 nF 的電容器，會得到 159 Ω 的阻抗。

D 或 Q 量測的儀器準確度規格，通常與其它阻抗條件的準確度規格不同。

對於低損耗（低 D/高 Q）元件來說，R 值相對於 X 值小很多。微幅更動 R，便會造成 Q 的大幅改變（圖 4-2）。

量測誤差與量測到的 R 值非常有關聯，這可能會導致負的 D 或 Q 值。

請注意，量測誤差包含儀器與測試夾具所引起的誤差。

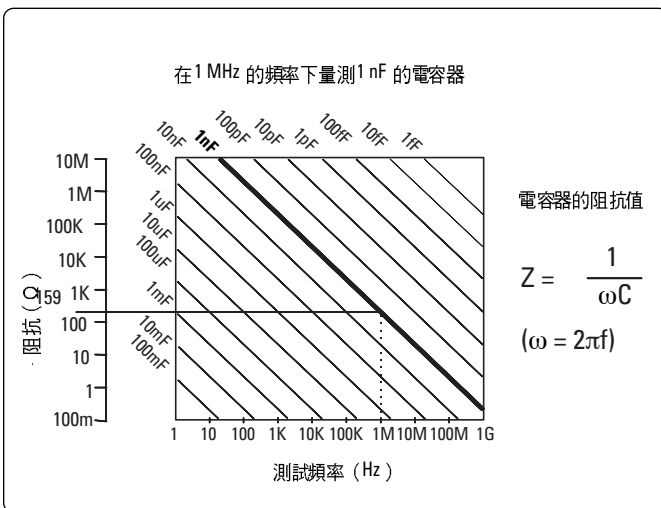


圖 4-1. 電容器阻抗與測試頻率

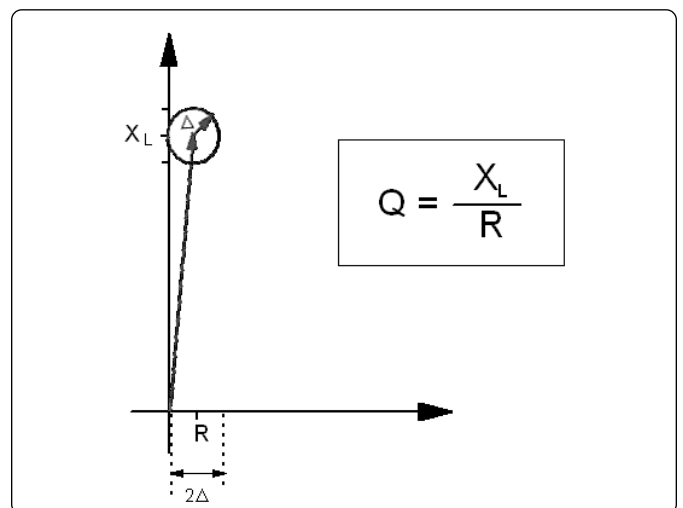


圖 4-2. Q 誤差的概念

祕訣 5. 執行校準

執行校準是為了定義指定量測準確度的參考平面（圖 5-1）。一般而言，都是在儀器的測試連接埠執行校準。原始資料必須依據校準資料來修正。

自動平衡電橋儀器的基準校準會在維修中心執行，因此無論儀器的設定為何，指定的準確度都可以維持一段時間（通常是 12 個月）。使用這些儀器，操作員就不需要校準標準了。

非自動平衡電橋儀器的基準校準，要求在起始化和設定儀器之後，使用一組校準標準。本祕訣所提供的資訊，對於使用校準標準來建立這些儀器的校準很有幫助。

有些儀器會提供固定模式和使用者模式兩種校準供您選擇。固定模式校準會按照預先決定（固定）的頻率來量測校準標準。在固定的校準點之間的頻率，其校準資料是用內插法求得的。

固定模式的校準，有時候會導致在固定的校準點之間的頻率產生內插誤差。頻率愈高，這些誤差會更加明顯。

使用者模式的校準，會按照使用者針對特殊量測所選取的相同頻率點來量測校準標準。使用者模式校準不會產生內插誤差。

瞭解操作員建立的校準只對執行校準的測試情況（儀器狀態）有效，這一點非常的重要。

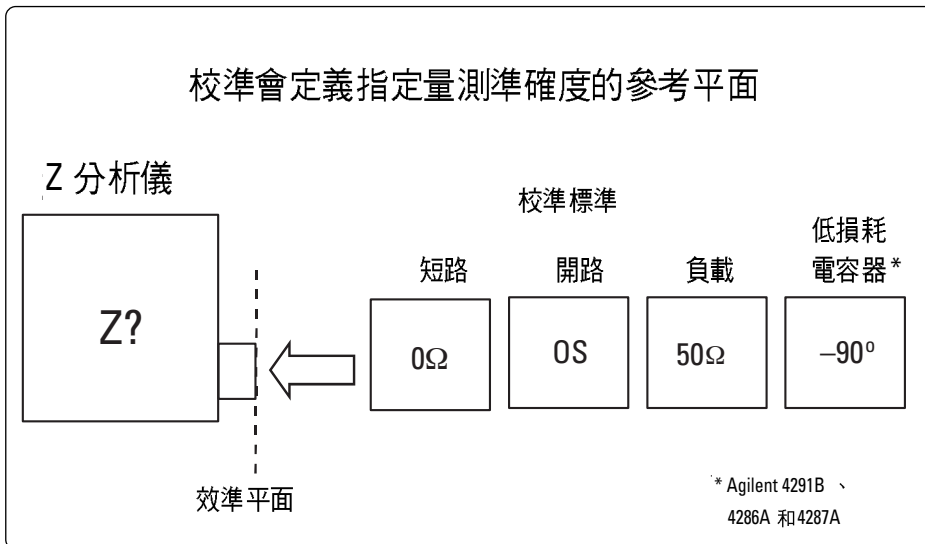


圖5-1. 校準平面

祕訣 6. 執行補償

補償與校準並不相同。補償的效果取決於儀器校準的準確度，因此補償必須在完成校準之後才執行。

將一個元件直接連到校準平面時，儀器會在指定的量測準確度內進行量測。由於在校準平面與元件之間通常會連接測試夾具或轉接頭，因此必須補償界面的殘餘阻抗，以便執行準確的量測。

測試夾具或轉接頭所產生的量測誤差可能會相當大。總量測準確度是指儀器的準確度，加上 DUT 與校準平面間所存在的信號源誤差。

確認可以正確執行誤差補償，是非常重要的。一般來說，開路情況下的阻抗值，應該比 DUT 的阻抗大 100 倍。至於短路情況的阻抗值，則應該小於 DUT 阻抗的 1/100。

開路補償會降低或消除雜散電容，短路補償則會降低或消除不想要的夾具電阻與電感。

在執行開路或短路量測時，必須讓未知的端子之間的距離，與連上 DUT 時的距離一樣，如此可讓寄生阻抗與執行量測時的值相同。

如果在量測連接埠延伸到非標準的距離，或在使用掃描器的情況下執行負載補償，量測系統常會使用額外的被動電路/元件（例如平衡-不平衡變換器、衰減器或濾波器）。負載的阻抗值必須是確定已知的。選擇負載時，應該挑選阻抗（在所有測試情況下）和包裝都與 DUT 相似者。請使用穩定的電阻器或電容器作為負載元件。

使用開路/短路補償及非延伸性夾具來量測負載，以決定負載阻抗，此種作法相當的實用。量測的值可以作為補償標準的輸入值。

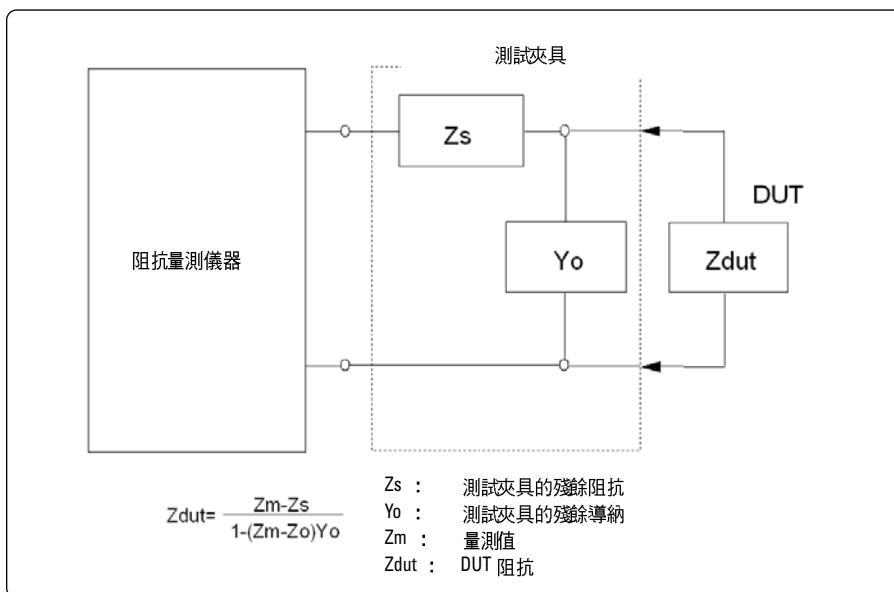


圖6-1. 開路/短路補償

祕訣 7. 認識相位位移與連接埠 延伸效應

透過修正纜線的長度、延伸連接埠或電子延遲，都可將校準平面延伸或旋轉到纜線端點或夾具的表面。這項修正可以降低或消除量測電路中的相位位移誤差。

當量測連接埠從校準平面往外延伸時（圖 7-1），纜線的電子特性會影響整體的量測結果。為了降低可能產生的效應，應該：

- 盡量使用較短的量測纜線。
- 使用遮蔽性較佳的同軸電纜，以防外部雜訊的干擾。
- 使用低損耗的同軸電纜，以避免降低準確度，因為連接埠延伸方法是假設使用無損耗的纜線。

相位位移所引起的誤差是由測試夾具所造成的，無法使用開路/短路補償予以降低。

在 RF 頻域中作業時，應在延伸纜線的端點執行校準。如果無法插入校準標準，可在此頻域針對較短及適當特性化的距離使用連接埠延伸。

將自動平衡電橋技術與非標準纜線或延伸纜線搭配使用時，應在延伸纜線或夾具的終點執行開路/短路/負載補償。自動平衡電橋產品會對標準化的測試纜線（1、2 或 4 公尺），使用纜線長度補償。在標準化延伸纜線終點的屏蔽，通常應該連在一起。

任何形式的連接埠延伸都有其限制。由於所有的延伸都會造成量測電路中的損耗及/或相位誤差，因此在設定延伸之前，充份瞭解量測技術的限制是非常重要的。

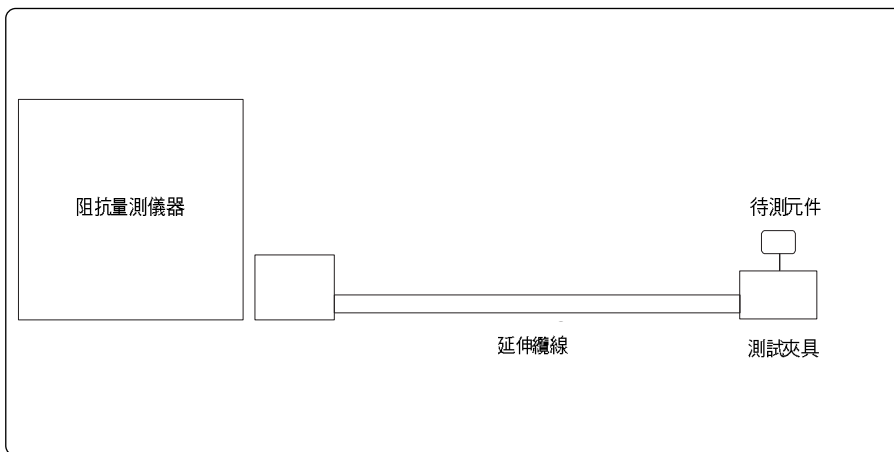


圖7-1. 量測連接埠延伸

祕訣 8. 夾具與接頭的維護

高品質的電子連接，可確保達到精確的量測結果。在每一個連接中，接合表面的特性將會因連接的品質而有不同。接合表面的阻抗不匹配，會影響測試信號的傳輸。

請多留意測試連接埠、轉接頭、校準標準、夾具接頭與測試夾具的接合表面。連接的品質主要取決於下列因素：

- 組合
- 技術
- 維護
- 清潔
- 收藏

組合

據說鏈路相當於最弱的連結，這一點對量測系統來說也是成立的。如果在測試系統中使用低品質的纜線、轉接頭或夾具，系統的整體品質將與最低劣的界面所提供的品質沒兩樣。

技術

進行重複的連接時，使用扭力扳手和運用常識即可避免產生損壞。可能的損壞情形包括接合表面的刮傷與變形。

維護

許多接合表面的設計，都可以直接更換壞掉的零件。如果接合表面無法修復，建議您定期更換。

清潔

使用不具腐蝕性或破壞性的溶劑（例如去離子水和純異丙醇）及不起棉球的抹布，可確保接合表面的阻抗不受殘留的油份或其它污漬所影響。請注意，有些塑膠使用異丙醇後會變性。

收藏

如果配件未附上蓋子，應使用塑膠套子來蓋住及保護所有不用的接合表面。

Agilent Technologies 的 阻抗產品系列

Agilent 針對您的各種應用，提供最齊全的阻抗量測儀器。以下是這些儀器的簡單介紹，如需更詳細的資訊，請參閱本應用手冊最後面所列的產品文件。

LCR 錶

LCR 錶可以輕易而準確地評估各種元件，例如電容器、電感器、變壓器和電機元件。在 R&D、製造測試及 QA 環境下，這些儀器應用特定量測條件（例如測試頻率與信號位準）的能力相當重要。



阻抗分析儀

Agilent 的阻抗分析儀可以量測元件性能的特性變化，這些變化是由改變特定量測條件所造成的。性能的特性變化，可以利用圖形格式來顯示。這些分析儀提供相當優異的功能，例如游標和

可程式化，能夠使量測結果的評估作業變得更容易。此外，這些分析儀還具備一些功能，可供 R&D 進行特性評估，以及供 QA 進行可靠度評估（包括溫度特性在內）。



網路分析儀

網路分析儀可讓您利用傳輸/反射技術，對 RF 與微波頻率進行阻抗量測。它們的圖形顯示器具有游標和可程式化功能，能夠簡化量測結果的分析。Agilent 網路分析儀對於 R&D 及 QA 都適用。



三合一分析儀

Agilent 的三合一分析儀結合了三種功能，分別是向量網路、頻譜與阻抗的量測。這些儀器提供工程師更多的功能，可以幫助他們執行從電路設計到元件評估的各項應用。



產品文件資料

1. *LCR Meters, Impedance Analyzers, and Test Fixtures Selection Guide* ,
英文版編號 5952-1430E 。

2. *RF Economy Network Analyzer* ,
英文版編號 5967-6316E 。

重要的網站資源

www.agilent.com/find/component_test

有關安捷倫科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站：
<http://www.agilent.com/find/assist>

台灣網站：

<http://www.taiwan.tm.agilent.com>

或來電洽詢下列 Agilent 辦公室的業務人員

台灣安捷倫科技股份有限公司

台北市 104復興南路一段 2 號 8 樓
電話：(02) 8772-5888

桃園縣平鎮市 324高雙路 20 號
電話：(03) 492-9666

新竹縣竹北市 302新泰路 31 號 A 棟 1 樓
電話：(03) 553-6558

台中市 408東興路一段 563 號
電話：(04) 2472-6128

高雄市 802四維四路 10 號 13 樓
電話：(07) 535-5035

資料如有修改，恕不另行通知。

版權©2000 安捷倫科技股份有限公司

Printed in Taiwan

07/2000

英文版：5968-1947E

中文版：5968-1947Z HA