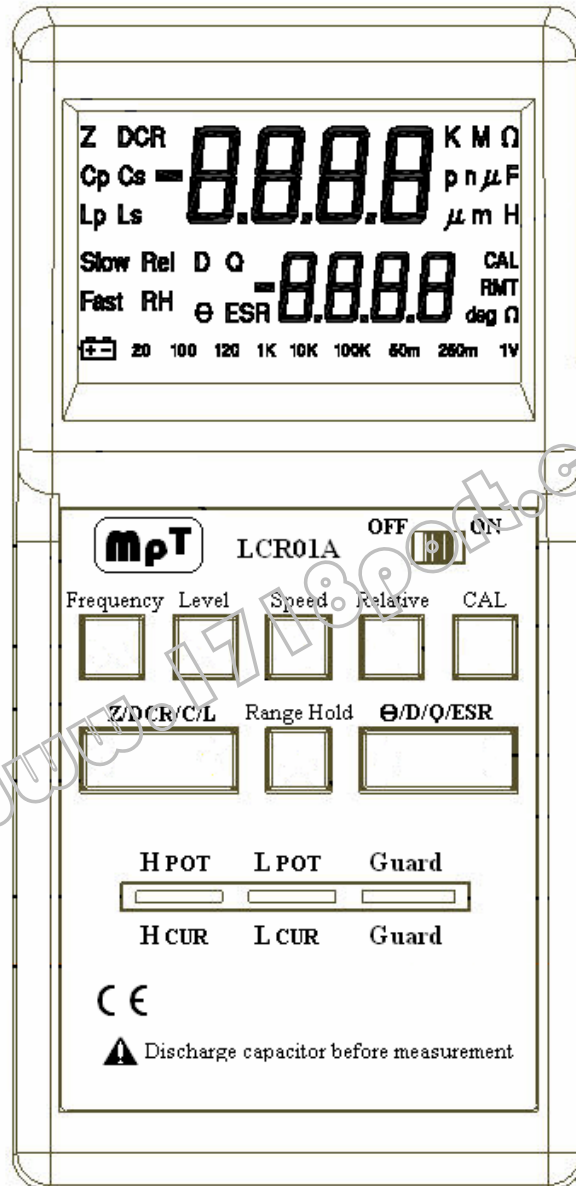


MPT LCR01A/B

掌上型多頻 LCR 量錶

使用說明書



本儀器創新特色：

1. 採用 DSP 架構，測試時間超快，測試頻率 20/100/120/1K/10K/100K Hz(LCR01A)，100/1K/10K/100K/500K/1M Hz(LCR01B)，共有六頻率測試點。
2. 量測參數：主參數 Z，Lp，Ls，Cp，Cs，DCR 和副參數 ESR，D，Q， θ 可任意搭配顯示組合。

明普及科技有限公司

上海总代理：
上海麦聚瑞电子仪器有限公司
电话：021-53084217/8/9
传真：021-51685888

www.1718port.com

目 錄

	頁 碼
1. MPT LCR01A/B 簡介	2
1.1. 功能用途簡介	2
1.2. 阻抗參數定義	3
1.3. 規格及精度	5
1.4. 附件	13
2. 使用操作說明	14
2.1. 面板	14
2.2. 電源	15
2.3. 開路/短路校正	17
2.4. 顯示速度	18
2.5. 相對值模式	18
2.6. 手動跳檔模式	18
2.7. 直流阻抗量測	18
2.8. 交流阻抗量測	19
2.9. 電容量測	19
2.10. 電感量測	20
2.11. 附件操作說明	21
3. 使用須知	24
3.1. 保固須知	24
3.2. 注意事項	24
附錄一 電纜接線技巧	25
附錄二 開路/短路補償	33
附錄三 串聯/並聯模式的選擇	35

1. MPT LCR01A/B 簡介

1.1. 功能用途簡介：

MPT LCR01A/B 是一款創新的交直流阻抗量測量錶，也具備電容電感量測功能。不同以往的類比機種，MPT LCR01A/B 採用 DSP 數位量測技術，採用本機之電子電路工程人員，除了較以往只需 1/3 的測試時間即可測試電子元件的特性，也可享受先進機種所帶來的便利。

MPT LCR01A/B 具備以下特色：

- 頻率：20/100/120/1K/10K/100K Hz(LCR01A)
 頻率：100/1K/10K/100K/500K/1M Hz(LCR01B)
- 準位：1Vrms/0.25Vrms/0.05Vrms/1.25Vdc(LCR01A)
 準位：0.6Vrms/0.25Vrms/0.05Vrms/0.6Vdc(LCR01B)
- 量測參數：Z，L，C，DCR，ESR，D，Q， θ
- 基本精確度：0.2%(= $<10\text{KHz}$)，0.4%(100KHz)，
 1%(500KHz)，2%(1MHz)

- Dual LCD
- DSP 超快速測量
- 自動跳檔/按鍵鎖定
- 開路/短路補償
- 顯示量測值：

Z : 阻抗大小
DCR : 直流電阻值
Lp : 並聯電感量
Ls : 串聯電感量
Cp : 並聯電容量
Cs : 串聯電容量
 θ : 相位角
ESR : 等效串聯電阻
D : 損耗因素
Q : 品質因素

- 顯示組合：

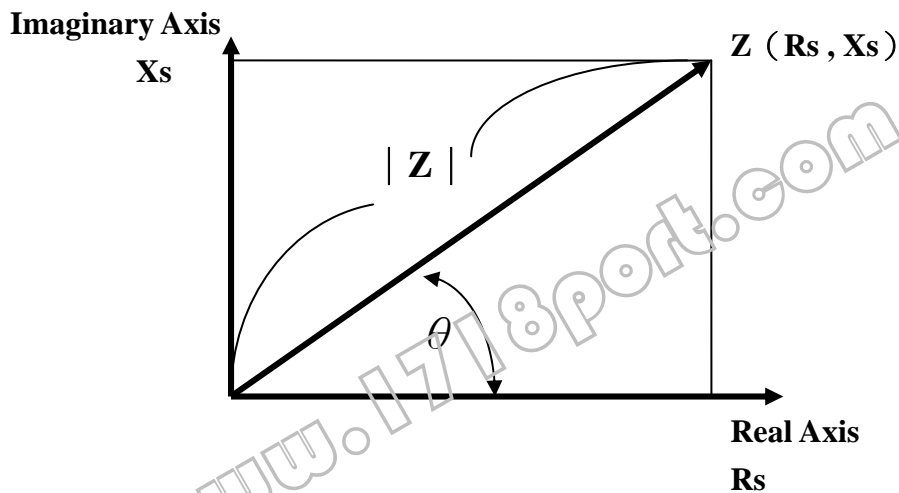
串聯模式： Z- θ , Z-ESR , Z-D , Z-Q
 Cs-D , Cs-Q , Cs- θ , Cs-ESR
 Ls-D , Ls-Q , Ls- θ , Ls-ESR

並聯模式： Cp-D , Cp-Q , Cp- θ
 Lp-D , Lp-Q , Lp- θ

1.2. 阻抗參數定義

阻抗測量儀器依據測試信號的不同，可分成直流阻抗及交流阻抗兩大類。市面上使用最普遍的萬用電錶都是直流阻抗計；而本機 MPT LCR01A/B 可兼顧直流及交流量測。對電子電路的特性、電子零件及電子零件製造的材質而言，測量阻抗是最基本也最重要的參數。

工程界貫於以向量的表示方式來呈現阻抗，若是以直角座標標示，它被分成實數軸的電阻(R)及虛數軸的電抗(X)；而極座標表示時則由阻抗大小(Magnitude)及相位(Phase)組成。下面的圖一可以解釋前述關係。



圖一

$$Z = R_s + jX_s = |Z| \angle \theta \quad (\Omega)$$

$$R_s = |Z| \cos \theta \quad |Z| = \sqrt{R_s^2 + X_s^2}$$

$$X_s = |Z| \sin \theta \quad \theta = \tan^{-1} (X_s/R_s)$$

Z：阻抗 Impedance

R_s：電阻 Resistance

X_s：電抗 Reactance

Ω：歐姆 Unit Ohm

電抗可以分成電感性(Inductive) X_L 及電容性(Capacitive) X_C 兩類。根據定義可知：

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad \text{而} \quad L : \text{Inductance 電感(H)}$$

$$X_C = (\omega C)^{-1} = (2\pi fC)^{-1} \quad C : \text{Capacitance 電容(F)}$$

$$f : \text{Frequency 頻率(Hz)}$$

此外，電子元件的特性除了電阻(R)及電抗(X)外，還有品質因子(Quality)及損耗因子(Dissipation Factor)。此二者是被定義來測量電抗的純度，也就是元件中儲存能量(電抗)與消耗能量(電阻)的比例，其關係如下：

$$Q = D^{-1} = (\tan \delta)^{-1}$$

$$= |X_s| \cdot R_s^{-1} = \omega \cdot L_s \cdot R_s^{-1} = (\omega \cdot C_s \cdot R_s)^{-1}$$

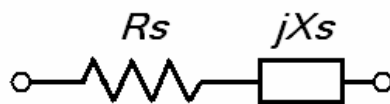
$$= |B| \cdot G^{-1}$$

$$= R_p \cdot |X_s|^{-1} = R_p \cdot (\omega \cdot L_p)^{-1} = \omega \cdot C_p \cdot R_p$$

品質因子 Q 通常都應用在電感特性的測量，而消耗因子 D 則應用在電容特性的測量。兩者互為倒數。

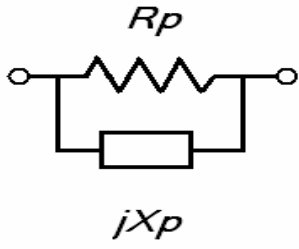
習慣上，工程師可依據不同的使用需求，將量測結果以兩類基本的等效電路串聯(Series)及並聯(Parallel)顯示。在串聯模式時，阻抗可以簡單的加法求出等效阻抗；而在並聯模式下，若以阻抗計算則需經過倒數的運算才可求得。可是改以導納計算，則同樣可以簡單的加法求得結果，兩者關係如下圖所示。

實阻及虛阻為串聯

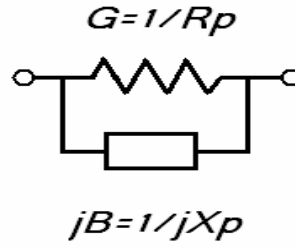


$$Z = R_s + jX_s$$

實阻及虛阻為並聯



$$Y = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{jX_p}$$



$$Y = G + jB$$

www.1718port.com

1.3. 規格及精度

●LCD 顯示範圍：

參數	範圍
Z	0.000Ω ~ 9999MΩ
L	0.000μH ~ 9999H(LCR01A) 0.0nH ~ 9999H(LCR01B)
C	0.000pF ~ 9999F
DCR	0.000Ω ~ 9999MΩ
ESR	0.000Ω ~ 9999Ω
D	0.000 ~ 9999
Q	0.000 ~ 9999
θ	- 180.0° ~ 180.0°

●精確度 (Ae)：

Ae	Zx	20M	10M	750K	100K	20K	10	1
		∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫
Freq.		10M (Ω)	750K (Ω)	100K (Ω)	20K (Ω)	10 (Ω)	1 (Ω)	0.1 (Ω)
DCR		2% ±	1% ±	0.5%	0.2%	0.2%	0.5% ± 1	1% ± 1 *
20Hz/100Hz		1 *	1	±1	±1	±1	*	
120Hz(LCR01A)								
1KHz								
10KHz		5% ±	2% ±					
		1 *	1					
100KHz		未定	5% ±	2% ±	0.4%	0.4%	2% ± 1 *	5% ± 1 *
			1 *	1	±1	±1		
500KHz (LCR01B)		未定	未定	10%	5% ±	1% ±	5% ± 1 *	10% ± 1 *
				±1	1	1		*
1MHz (LCR01B)		未定	未定	未定	10%	2% ±	10% ± 1	20% ± 1
					±1	1	*	*

上列精確度只適用測量信號等於 1V(LCR01A)或 0.6V(LCR01B)時。

若測量信號等於 250mV 時 Ae 需乘上 1.25。

若測量信號等於 50mV 時 Ae 需乘上 1.50。



量測 L 及 C 時，若 $D_x > 0.1$ 則 A_e 必須乘上 $(1+D_x^2)$ 。

量測 ESR 時，若 $Q_x > 0.1$ 則 A_e 必須乘上 $\sqrt{1+Q_x^2}$ 。

* 測量信號等於 50mV 時 A_e 未定。

Z 值精確度 : 如表一所示

C 值精確度 :

$$|Z_x| = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1} \quad (\Omega)$$

$CA_e = A_e \text{ of } |Z_x|$

f : 測試頻率(Hz)

C_x : 所測得之電容值(F)

$|Z_x|$: 所測得之阻抗值(Ω)

上列精確度只適用於當 $D_x < 0.1$ ，若 $D_x > 0.1$ 則 CA_e 必需乘上 $\sqrt{1+D_x^2}$ 。

範例：C 值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電容：100nF

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1} \\ &= (2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9})^{-1} = 1590 (\Omega) \end{aligned}$$

查表一得

$$CA_e = \pm 0.2 (\%)$$

L 值精確度 :

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (\Omega)$$

$$LAe = Ae \text{ of } |Z_x|$$

f : 測試頻率(Hz)

Lx: 所測得之電感值(H)

|Z_x| : 所測得之阻抗值(Ω)

上列精確度只適用於當 $D_x < 0.1$ ，若 $D_x > 0.1$ 則 CAe 必需乘上 $\sqrt{1+D_x^2}$ 。

範例：L 值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電感：1mH

則

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283 (\Omega)$$

查表一得

$$LAe = \pm 0.5 (\%)$$

ESR 值精確度 :

$$\pm X_x \cdot A_e \cdot 100^{-1} \quad (\Omega)$$

$$X_x = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1}$$

f : 測試頻率(Hz)

X_x: 所測得之電抗值(Ω)

L_x: 所測得之電感值(H)

C_x : 所測得之電容值(F)

上列精確度只適用於當 $D_x < 0.1$ 。

範例：Cs-ESR 值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電容：100nF

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= X_x = (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1} \\ &= (2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9})^{-1} = 1590 \quad (\Omega) \end{aligned}$$

查表一得

$$CA_e = \pm 0.2 \quad (\%)$$

$$ESR_{A_e} = \pm X_x \cdot A_e / 100$$

$$= \pm 1590 \times 0.2 / 100 = \pm 3.18 \quad (\Omega)$$

D 值精確度 :

$$D_e = \pm A_e / 100$$

上列精確度只適用於當 $D_x < 0.1$ ，若 $D_x > 0.1$ 則 CA_e 必需乘上 $(1+D_x)$ 。

範例：C-D 值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電容：100nF

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1} \\ &= (2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9})^{-1} = 1590 (\Omega) \end{aligned}$$

查表一得

$$CA_e = \pm 0.2 (\%)$$

$$D_{A_e} = \pm CA_e / 100$$

$$= \pm 0.2 / 100 = \pm 0.002$$

Q 值精確度 :

$$Q_e = \pm(Q_x^2 \cdot D_e) / (1 \mp Q_x \cdot D_e)$$

Q_x : 所測得之 Q 值。

D_e : 相對的 D 值精確度。

上列精確度只適用於當 $Q_x \cdot D_e < 1$ 。

範例：C-Q 值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電感：1mH

則

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283 (\Omega)$$

查表一得

$$L_{Ae} = \pm 0.5 (\%)$$

$$D_e = \pm L_{Ae} / 100 = \pm 0.005$$

若已測得 $Q_x = 20$

$$Q_{Ae} = \pm(Q_x^2 \cdot D_e) / (1 \mp Q_x \cdot D_e) = \pm (2 / (1 \mp 0.1))$$

Θ值精確度 :

$$\theta_e = (180/\pi)/(Ae/100) \text{ (Deg)}$$

範例：Z-θ值精確度計算

測量條件：

頻率：1KHz

準位：1Vrms

速度：Slow

待測電容：100nF

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x)^{-1} \\ &= 1/(2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}) = 1590 \text{ (}\Omega\text{)} \end{aligned}$$

查表一得

$$ZAe = \pm 0.2 \text{ (%)}$$

$$\theta_{Ae} = \pm (180/\pi)/(ZAe/100) = \pm 0.115 \text{ (Deg)}$$

www.1718port.com

●測試信號：

準位精確度：10%

頻率精確度：0.1%

●輸出阻抗：100Ω±5%

●測量速度：依量測頻率而定

Fast：5次/每秒(10 KHz)

Slow：2·5次/每秒(10 KHz)

●電力不足警告：

電壓低於6.2伏特

●電池：

充電電流：約18mA

種類：建議使用Ni-Mh

壽命：3.0 hr(LCR01A) ，1.5 hr(LCR01B)

●Adapter：

輸入：110V/220Vac 50/60Hz

輸出：12Vdc

●操作環境：

溫度：0°C to 40°C (操作)

-20°C to 70°C (儲存)

溼度：≤85% R.H. at 40°C

尺寸：178mm × 86 mm × 45mm

7" × 3.4" × 1.8" (L×W×H)

重量：300g

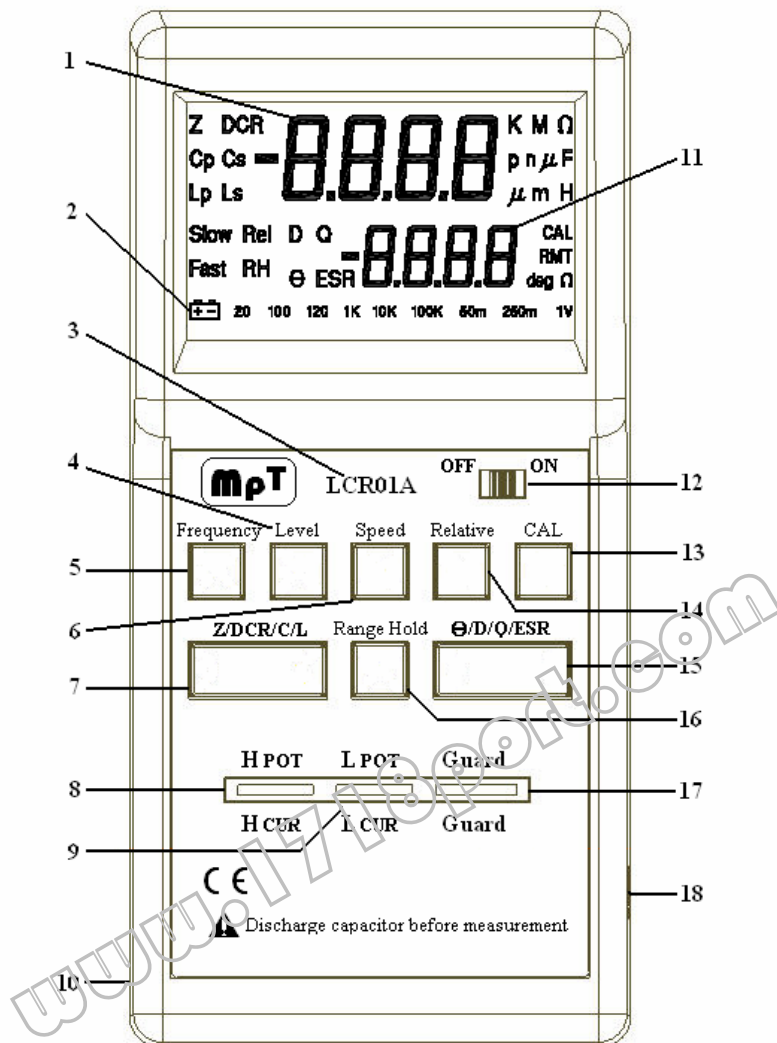
1.4. 配品附件

- 操作手冊一本
- LCR 01A 或 LCR01B 一台
- Ni-Mh 充電電池一顆
- 短路片一組
- 0.75 公尺長 SMD 元件測試夾具一條
- 0.75 公尺長 Kelvin Clips 測試夾具一條
- 直流穩壓電源轉換器一顆

www.1718port.com

2. 使用操作說明

2.1. 面板：

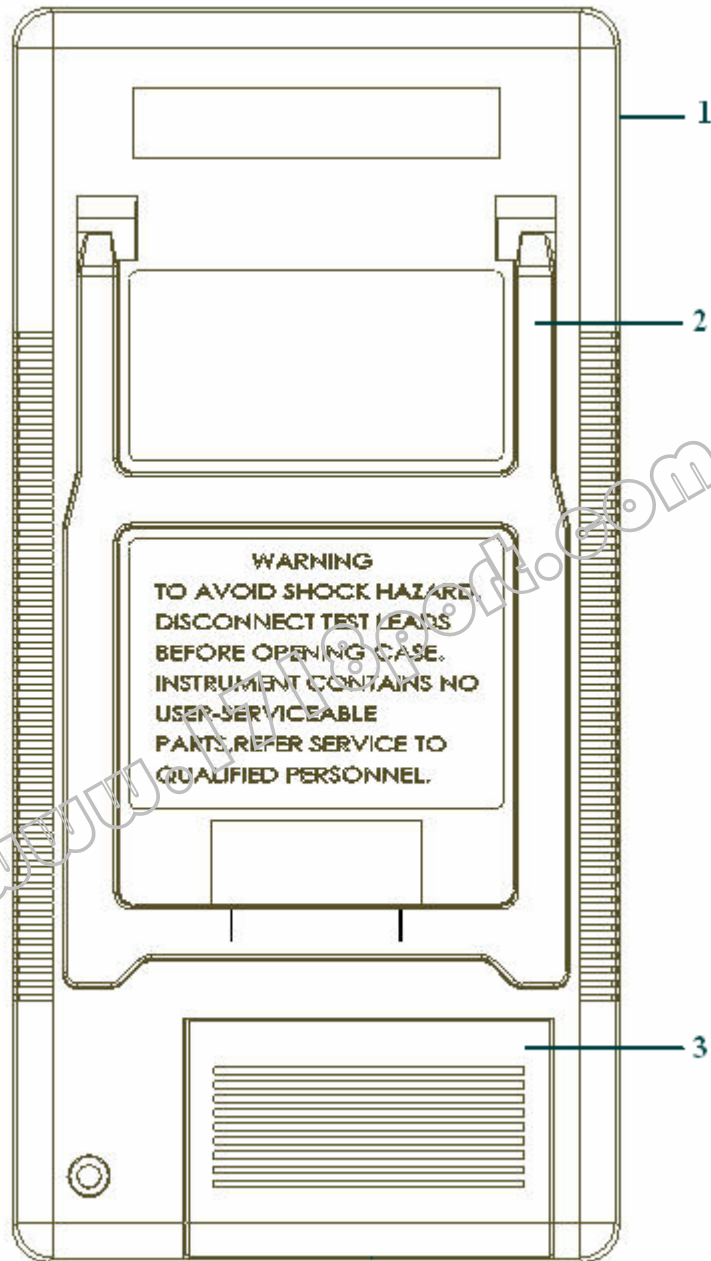


- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1. 主參數顯示 LCD | 11. 副參數顯示 LCD |
| 2. 低電壓指示 | 12. 電源開關 |
| 3. 機型 | 13. 開路短路校正切換鍵 |
| 4. 準位切換鍵 | 14. 相對值功能鍵 |
| 5. 頻率切換鍵 | 15. Θ /D/Q/ESR 切換鍵 |
| 6. 顯示速度切換鍵 | 16. 手動跳檔切換鍵 |
| 7. Z/DCR/C/L 切換鍵 | 17. Guard 端 |
| 8. Hpot/Hcur 端 | 18. 電源轉換器插頭 |
| 9. Lpot/Lcur 端 | |
| 10. 電池室 | |

2.2. 電源：

●電池供電

首先將電池蓋拆卸，清空電池室後，再將電池依正負極方向裝入，最後將電池蓋回復原位。所用電池為一般電池，則請勿將電源轉換器插頭插入；若為充電電池，則可將電源轉換器插頭插入。



注意：使用非充電電池時，請將電源轉換器插頭拔掉。

●電源轉換器供電

不以電池供電時，本機可以使用外接的電源轉換器供電。若電源轉換器插頭插上，而不開機時，電源轉換器亦可以對電池充電；開機時則可以同時供電及充電。

注意：請使用標準電源轉換器供電，及請勿使用非充電電池充電，以免造成機器損壞。

www.1718port.com

2.3. 開路/短路校正：

LCR01A/B 具有開路/短路校正的功能讓使用者可以更精準的量測高阻抗及低阻抗。

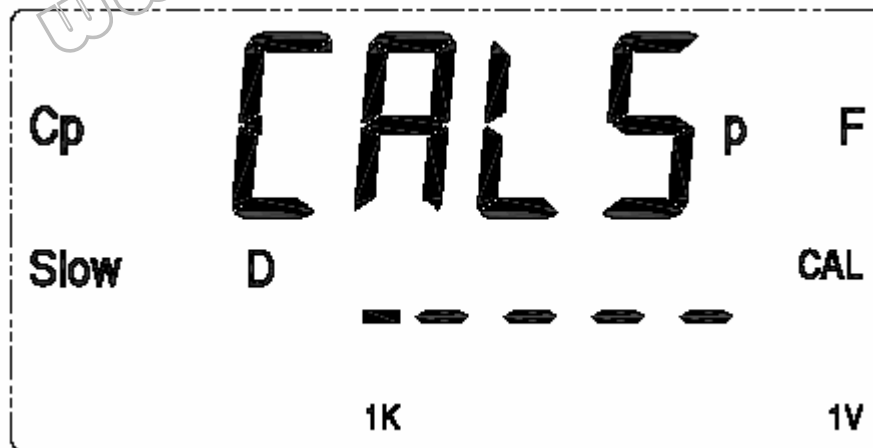
●開路校正

先令測量端處清空，使其處於開路狀態，按【CAL】鍵約一秒，此時主參數 LCD 部分應顯示「CALO」字樣，校正時間長短依量測頻率而定，頻率越高，所需校正時間較短；隨後會聽見嗶一聲代表已經完成開路校正。



●短路校正

先將短路片插入測量端，按【CAL】鍵達二秒以上，直到主參數 LCD 部分顯示「CAL5」字樣，校正時間長短依量測頻率而定，頻率越高，所需校正時間較短；隨後會聽見嗶一聲代表已經完成短路校正。



2.4. ●顯示速度：

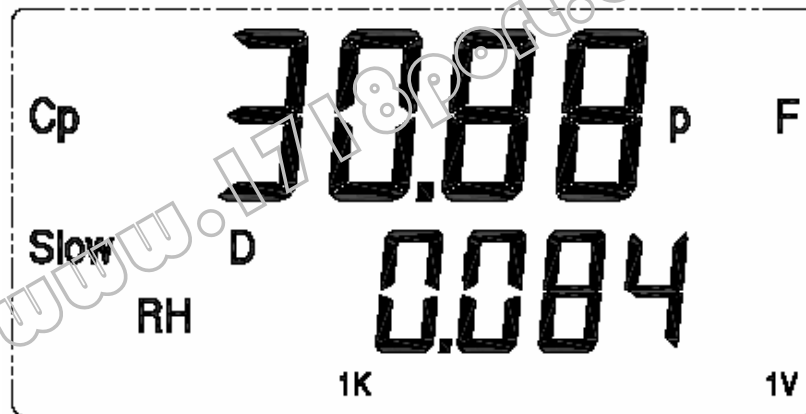
LCR01A/B 具有 Fast/Slow 兩種顯示速度，使用者可以【Speed】鍵切換。於『Fast』模式下，平均每秒可以更新的讀值為『Slow』的兩倍，測試頻率越高，讀值更新速度越快。

2.5. ●相對值模式

LCR01A/B 的相對值模式，是指使用者可以於測試端先插入一個欲扣除的標準值，待其穩定之後，按下 Relative 鍵。此時移走先前的標準值，插入新的待測物，主參數 LCD 即會顯示待測物扣除標準值之值。

2.6. ●手動跳檔模式

LCR01A/B 的手動跳檔模式，是指使用者可以先插入一個標準值，待其穩定後 (Fast Mode 約需三秒，Slow Mode 約需五秒)，按下【Range Hold】鍵。副參數 LCD 會顯示『RH』字樣，並維持在此時的檔位。此時移走先前的標準值，插入新的待測物。但須注意點，此時可測量的範圍已經被限定於標準值的 2 倍及 0.5 倍之間。



2.7. ●直流阻抗量測

切換【L/C/Z/DCR】鍵，直到主參數 LCD 出現『DCR』，即處於『直流阻抗量測』模式。



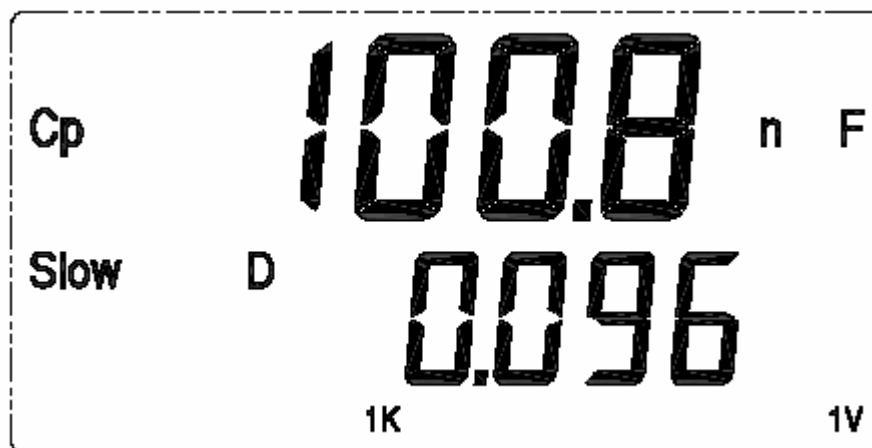
2.8. ●交流阻抗量測

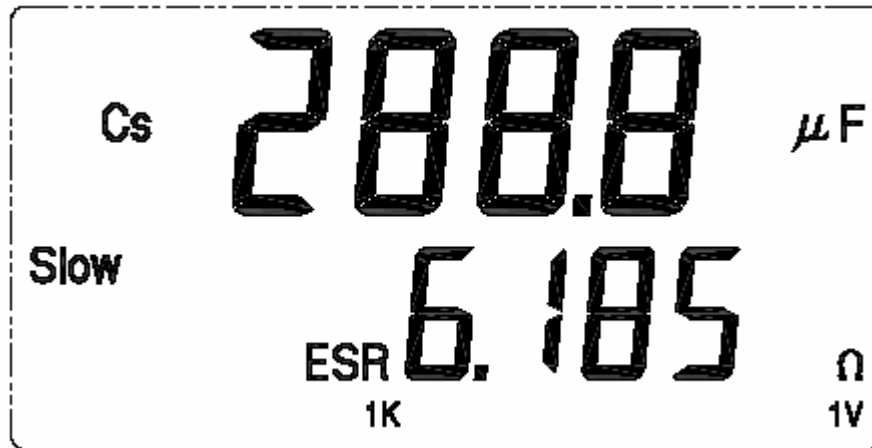
切換【L/C/Z/DCR】鍵，直到主參數 LCD 出現『Z』，即處於『交流阻抗量測』模式。



2.9. ●電容量測

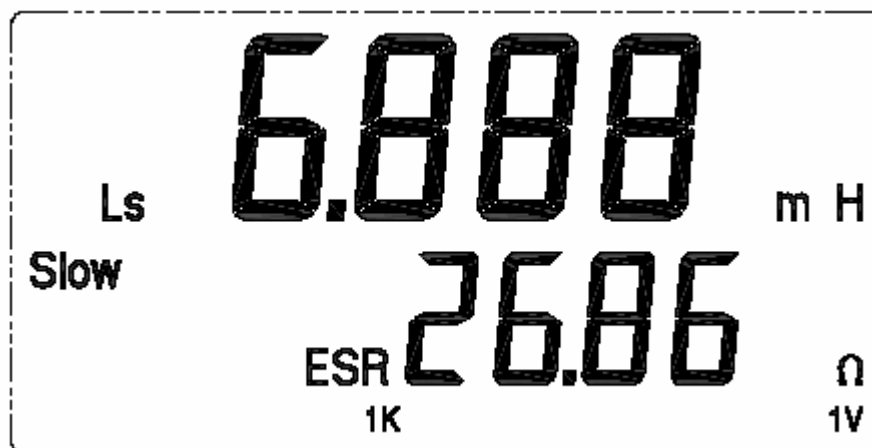
『電容量測』依電路架構的不同可分成串聯模式(Cs，Serial Mode)與並聯模式(Cp，Parallel Mode)兩種，使用者可依據需要切換【L/C/Z/DCR】鍵。如為『Cs』模式，則可以【θ/D/Q/ESR】鍵選擇θ/D/Q/ESR 四種副參數。如為『Cp』模式，則可以【θ/D/Q/ESR】鍵選擇θ/D/Q 三種副參數。





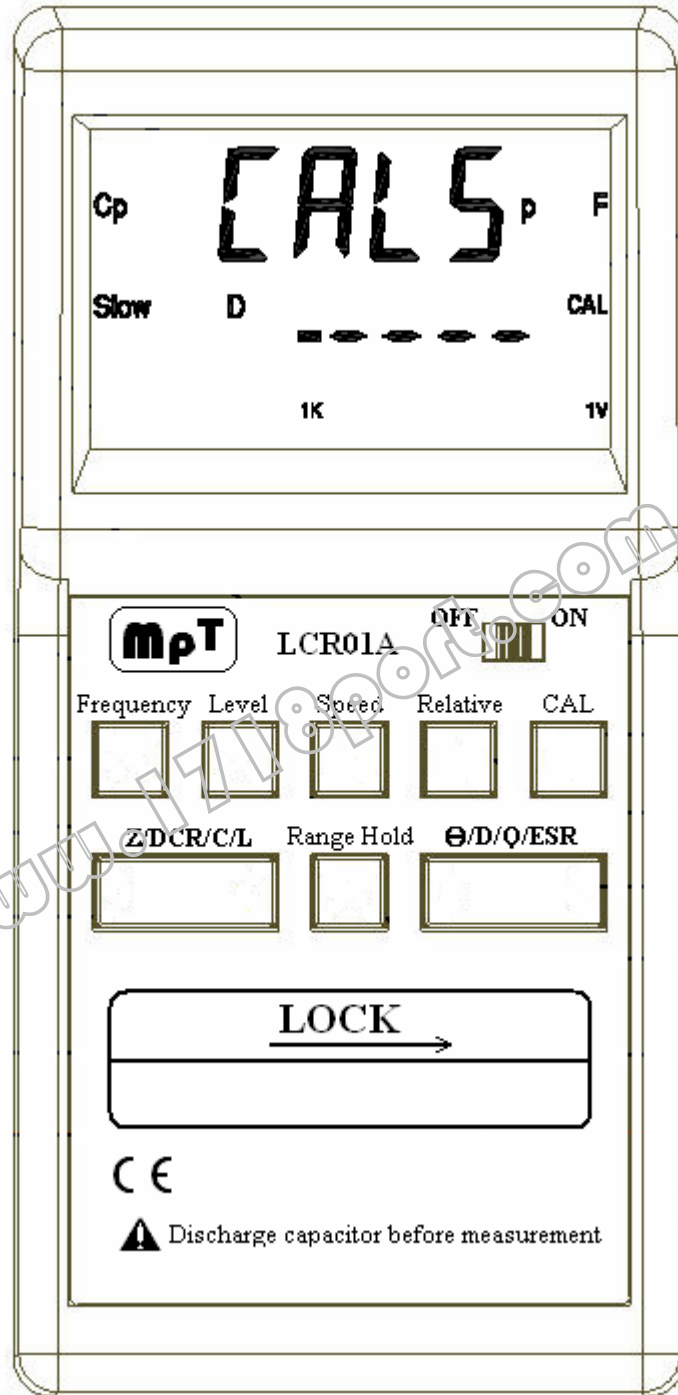
2.10. ●電感量測

『電感量測』依電路架構的不同可分成串聯模式(Ls, Serial Mode)與並聯模式(Lp, Parallel Mode)兩種，使用者可依據需要切換【L/C/Z/DCR】鍵。如為『Ls』模式，則可以【 θ /D/Q/ESR】鍵選擇 θ /D/Q/ESR 四種副參數。如為『Lp』模式，則可以【 θ /D/Q/ESR】鍵選擇 θ /D/Q 三種副參數。

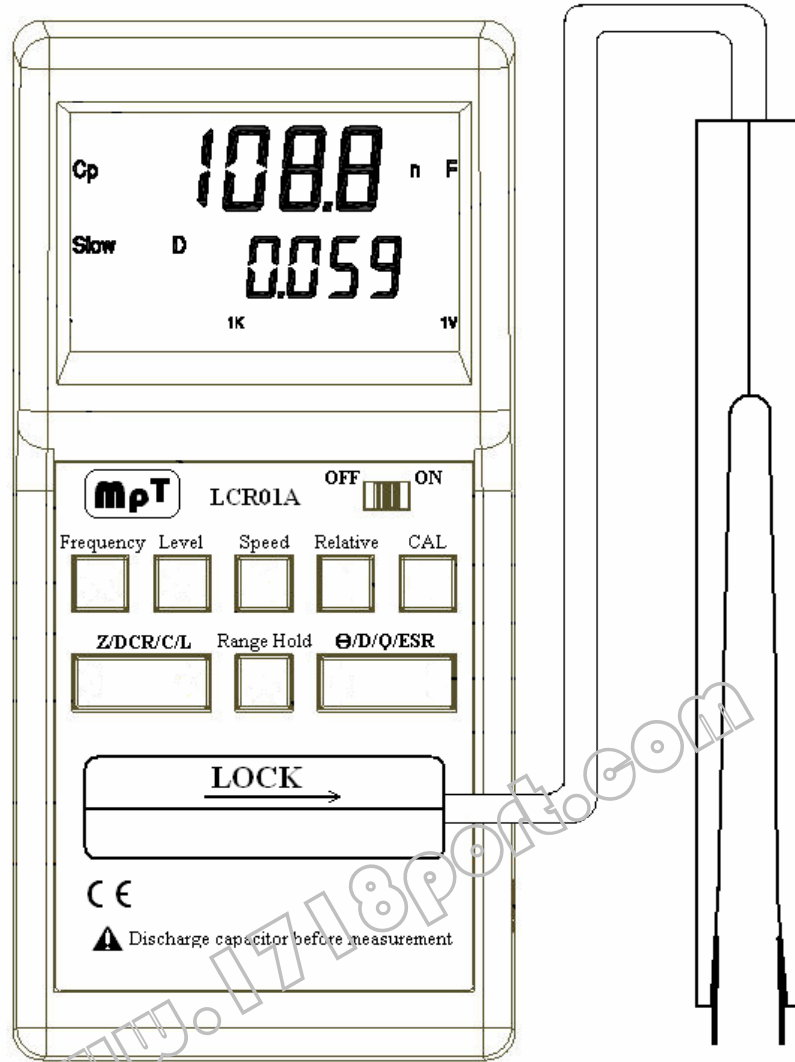


2.11. ●附件操作說明

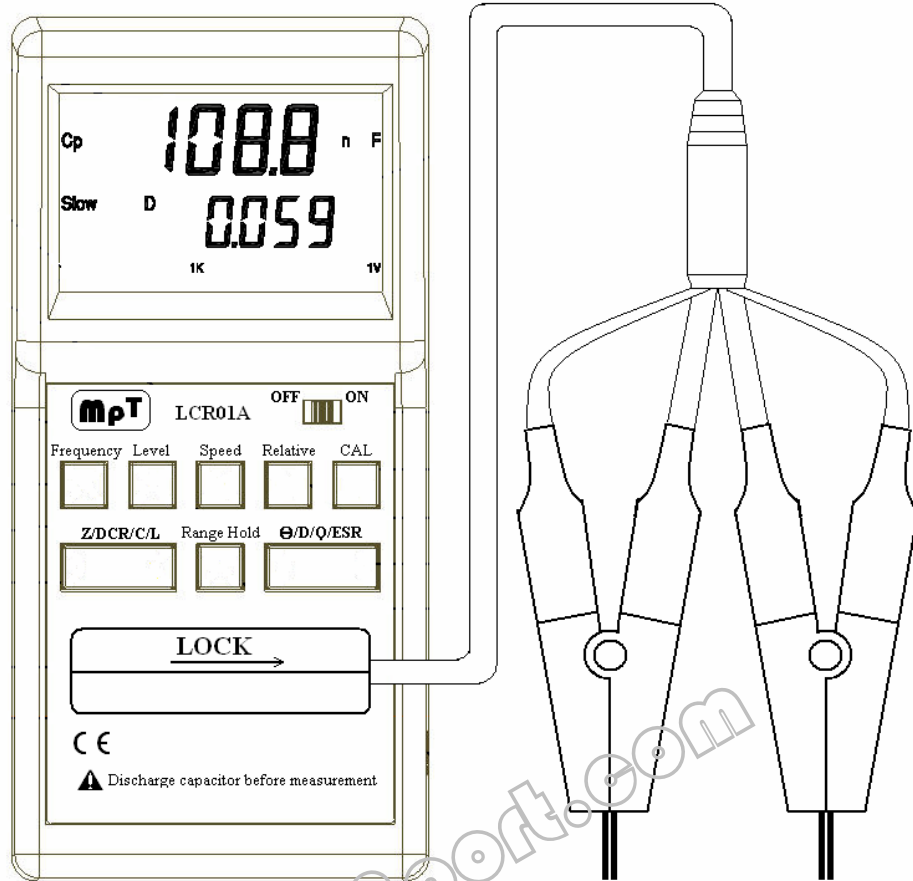
為確保測量的精確度及穩定度，附件開始使用之前，請執行「LOCK」動作。



短路片



SMD 元件測試夾具



Kelvin Clip 測試夾具

3. 使用須知

3.1. 保固聲明

明普及公司對本公司之產品 LCR01A/B，自購買日起一年內提供免費的售後服務。但此保固只適用於正常操作下之損壞，對於儀器的不當使用則不在此保固範圍內。

3.2. 注意事項

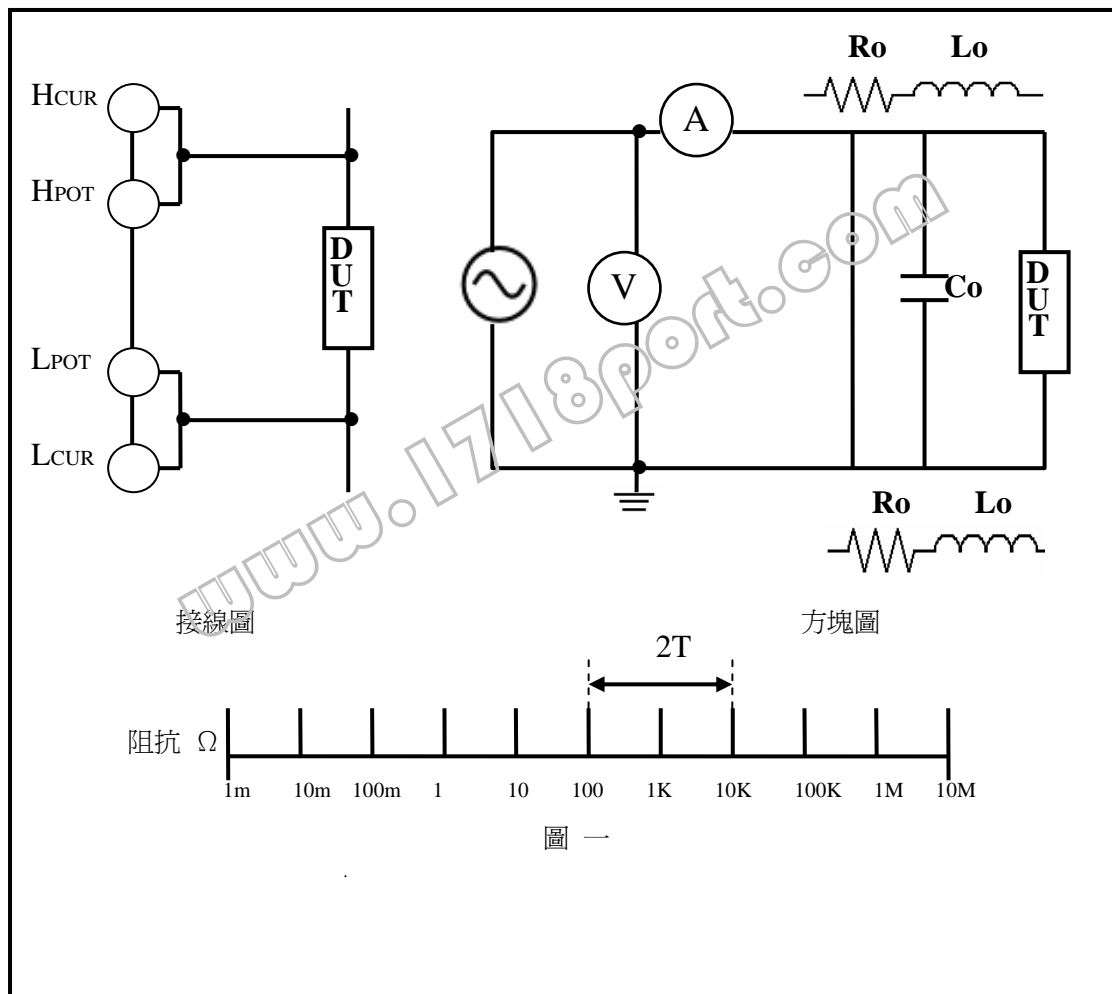
- 除電池室之外，其餘部位請勿拆卸。
- 隨時保持量測端的清潔，以免影響量測結果。
- 量測時，手部宜距離測量端 10 公分以上。
- 量測電容時應先充分放電。
- 當低電壓指示亮時請即刻更換或充電。
- 若長期不使用，充電電池勿留置於電池室中。
- 若有任何問題請洽當地經銷商。

www.1718port.com

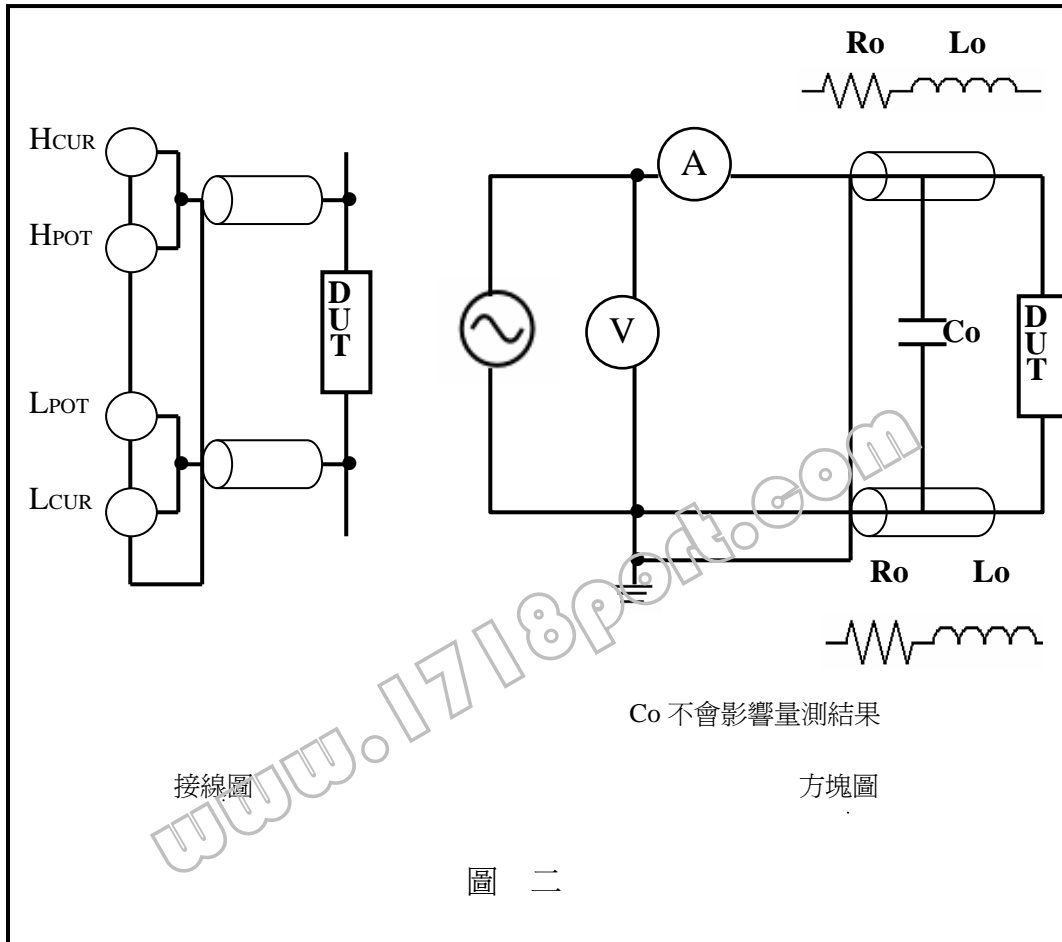
附錄一 電纜接線技巧

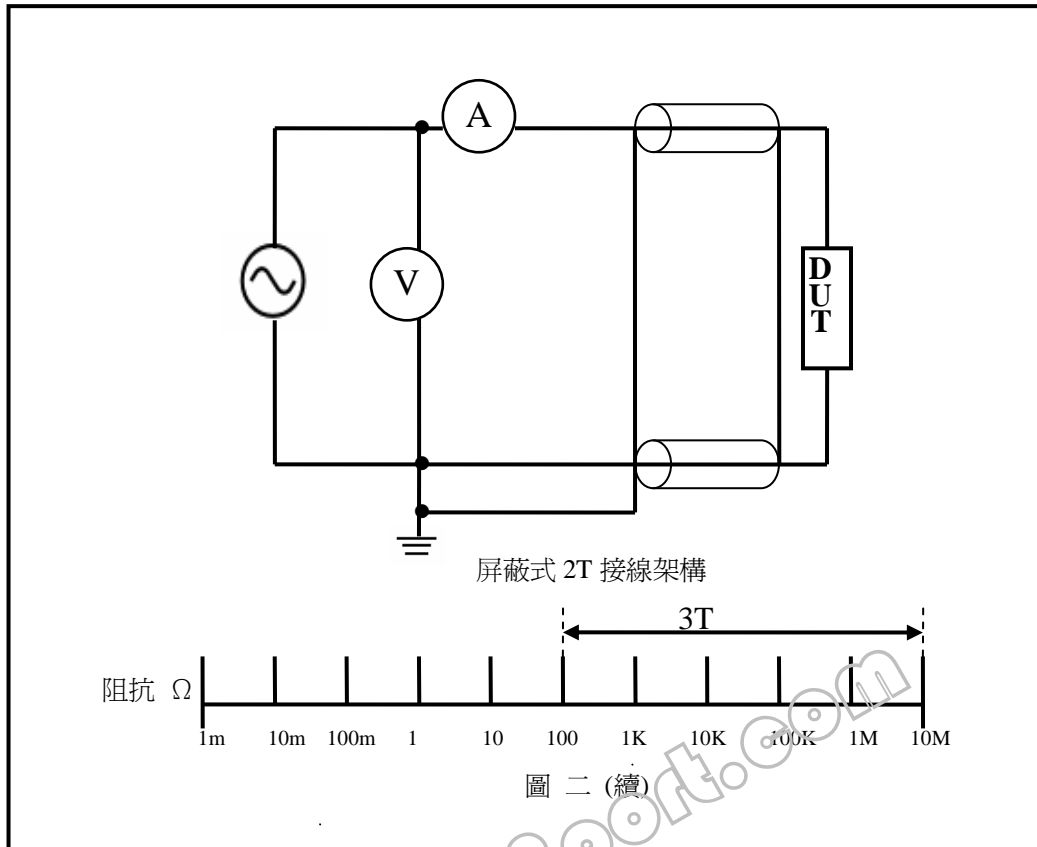
自動平衡電橋一般可在其前緣面板上配備有四個同軸 UNKNOWN 的端點(Hcur、Hpot、Lcur、和Lpot)。有數種連接方法，可將待測元件(DUT, Device Under Test) 連接到 UNKNOWN 的端點。由於每一種方法均有其優缺點，所以最適當的方法是依據 DUT 的阻抗和所需的量測準確度而定。

兩端式(2T)的配置是最簡單的方法，但是它包含許多的誤差源。引線電感、引線電阻以及這兩者之間的雜散電容都會包括在量測結果中，請參考圖一。因為有這些誤差源的存在，所以有效的阻抗量測範圍(沒有做補償)會限制在 $100\Omega \sim 10K\Omega$ 之間。

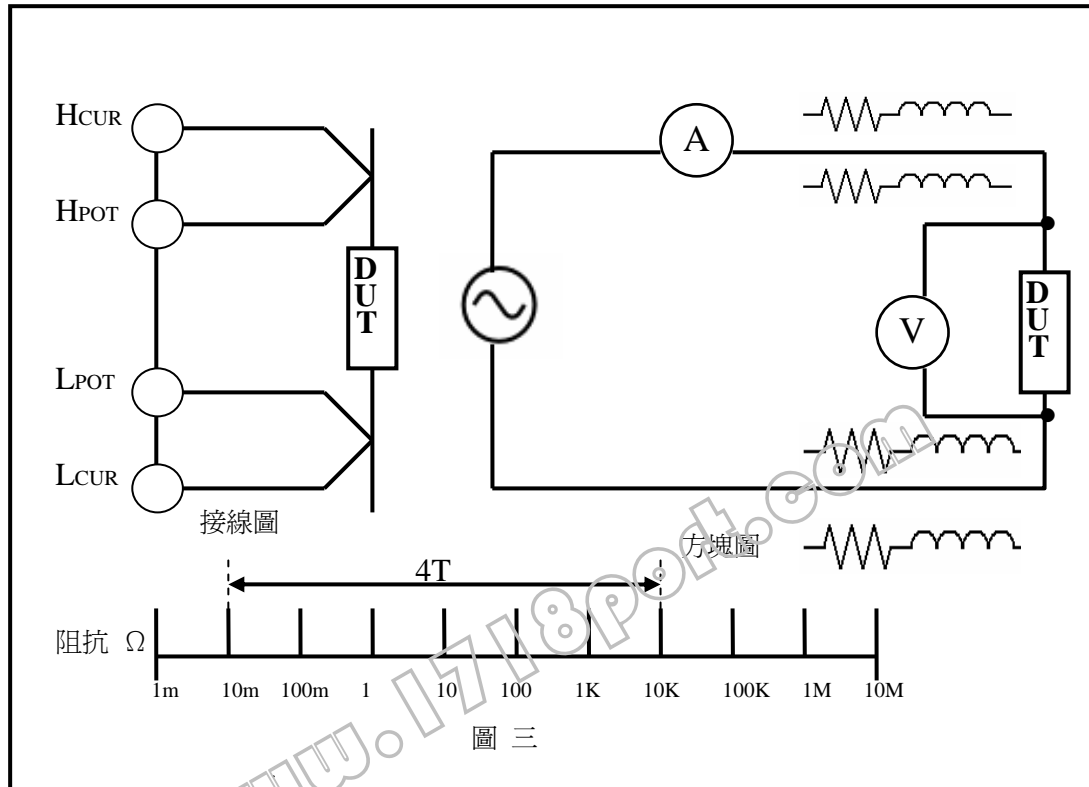


三端式(3T)的配置是採用同軸電纜，以降低雜散電容的效應，且同軸電纜的外部屏蔽必須連接到保護端，如此作法能夠增加高阻抗領域的準確度，一舉將量測的準確度及量測範圍由兩端式的數拾 K 提高至數拾 MΩ。然而因為引線電感和電阻仍然存在(參考圖二)，三端式的配置對於低阻抗領域的量測精準度並沒有任何改善。如果外部的導體如圖二所示連接，較低阻抗量測精度則會稍微提升。





四端式(4T)的配置可以減少引線電阻所造成的影響，因為信號電流的路徑和電壓感應的路徑是互相獨立的，(請參考圖三)。四端式配置可以將低阻抗量測範圍精確度由 $100\ \Omega$ 降到 $1\ \Omega$ 以下。儘管四端式的配置可以將引線電阻的影響降至最低，但是仍然無法消除引線電感的影響，因而精確度只能低至 $0.1\ \Omega$ 左右。



五端(5T)的配置是 3T 和 4T 配置的合成組合。它配備有四條同軸電纜，且四條的外部導體均連接到保護端上，請參考圖四。這個配置方式可以達到非常寬廣的量測範圍，從 $1\Omega \sim 10M\Omega$ ，但是互相耦合(即引線電感仍未能消除)的問題依舊存在。如果外部導體如圖四(d)所示連接，則較低阻抗的量測精準度會有稍微的增加。(受到屏蔽的 4T 的配置)。

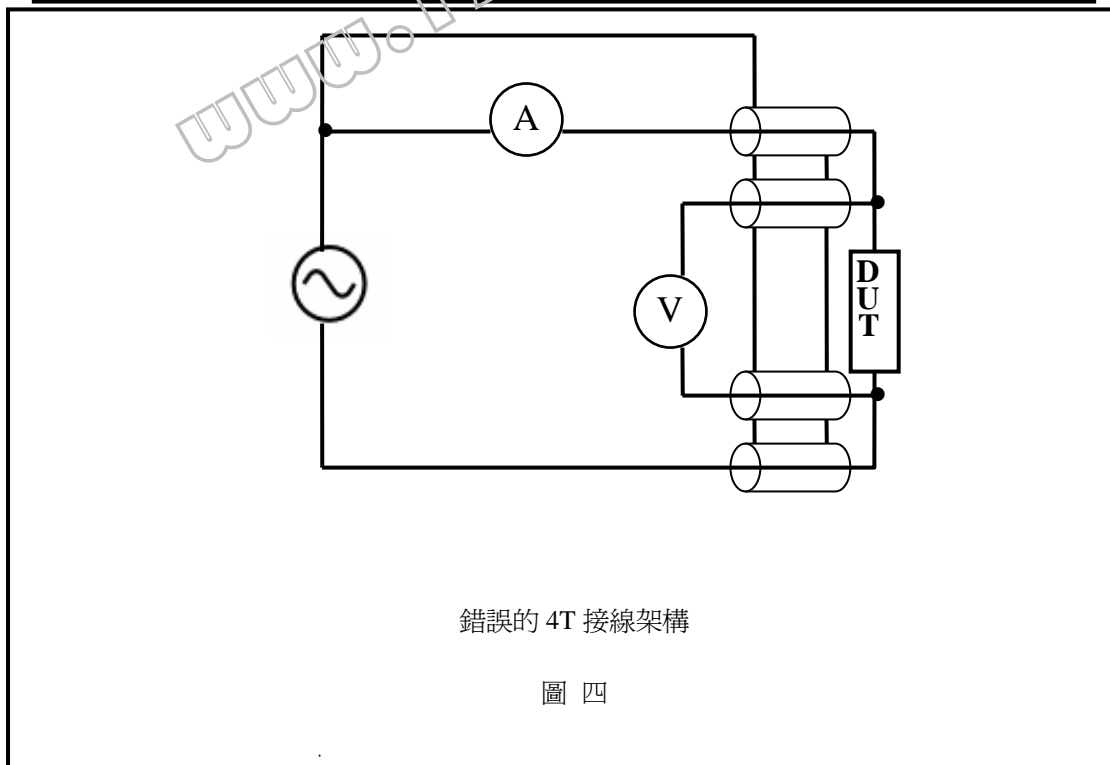
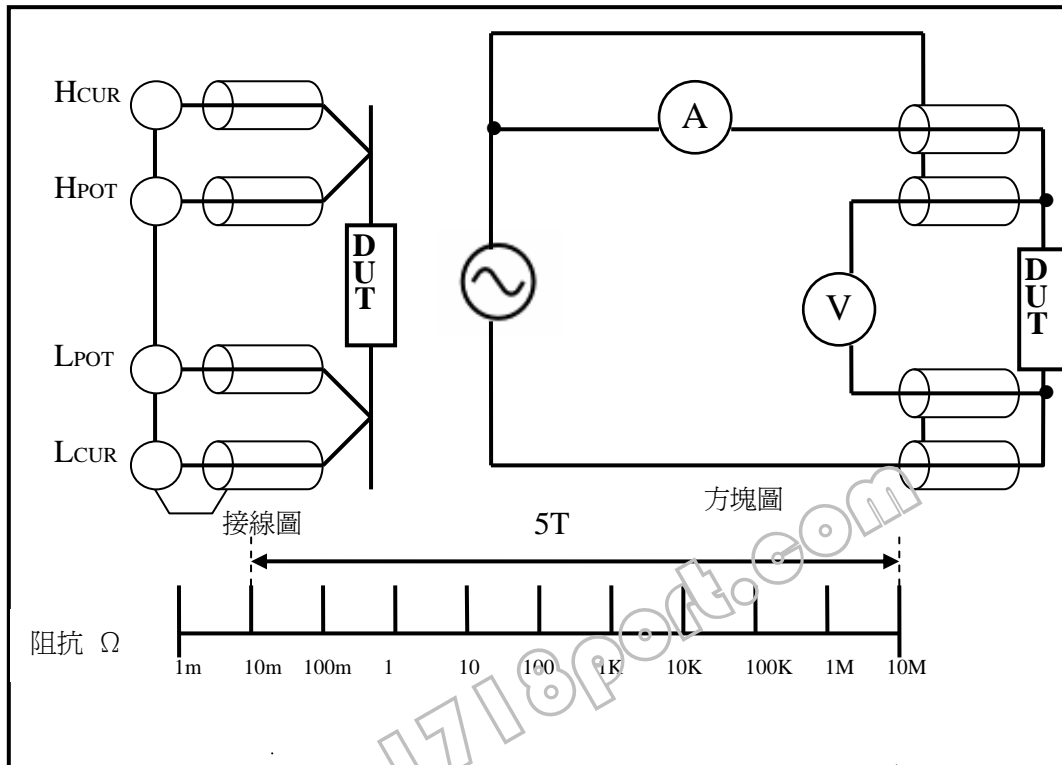
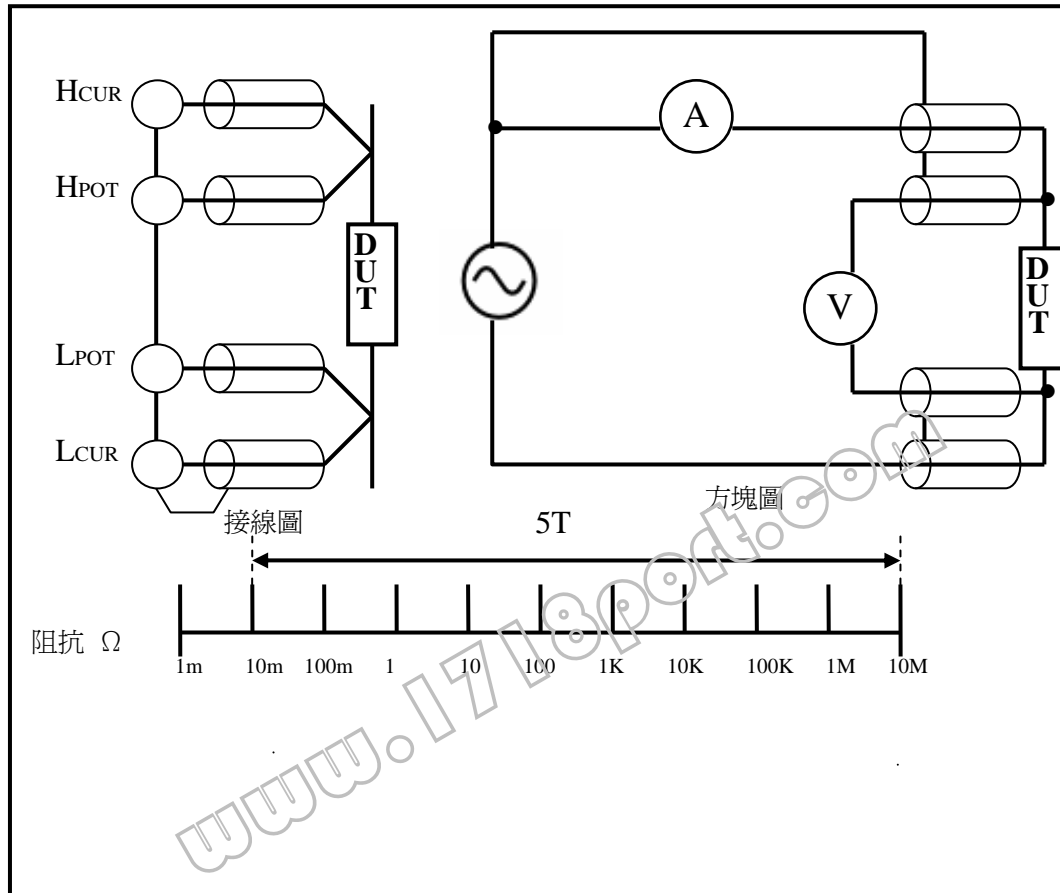
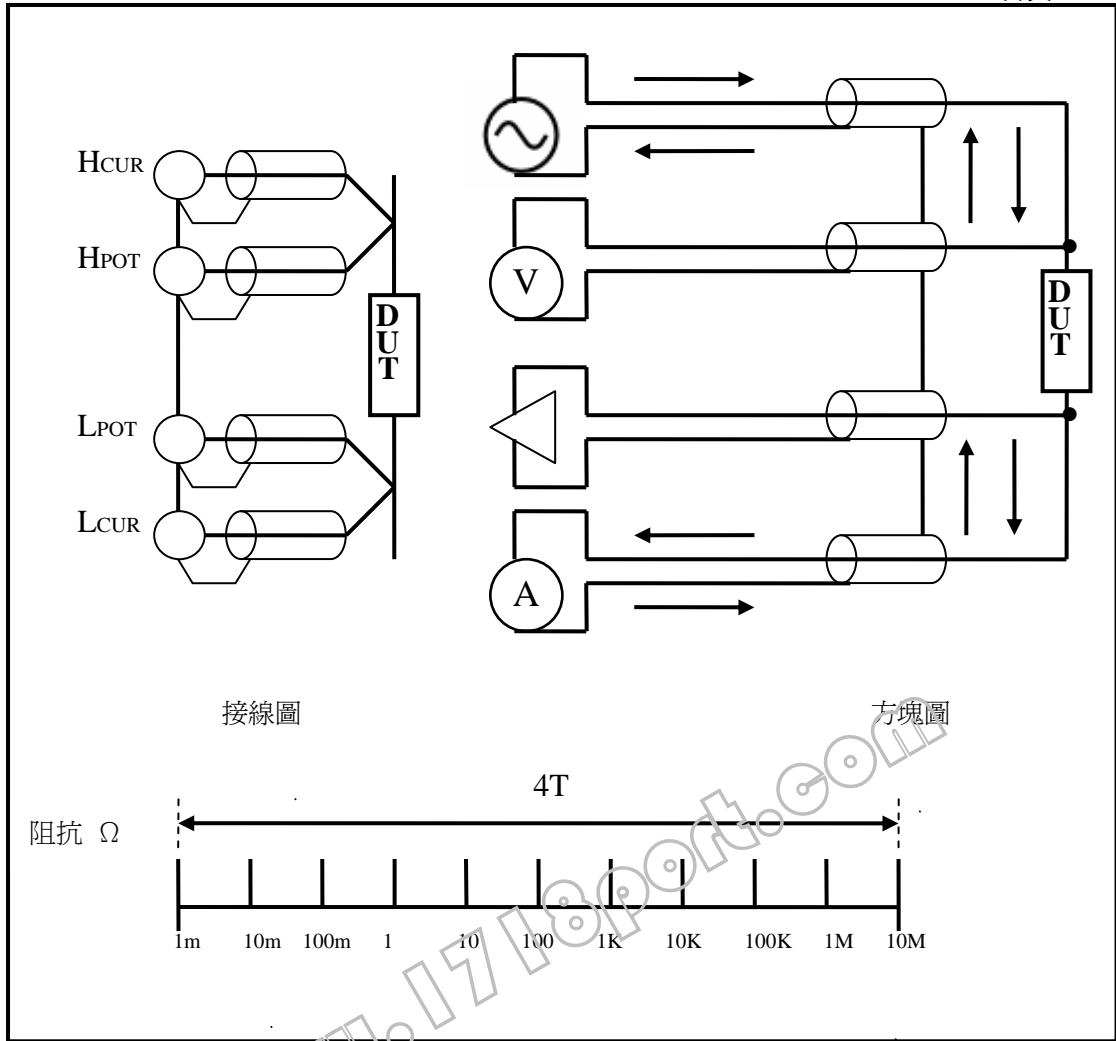


圖 四

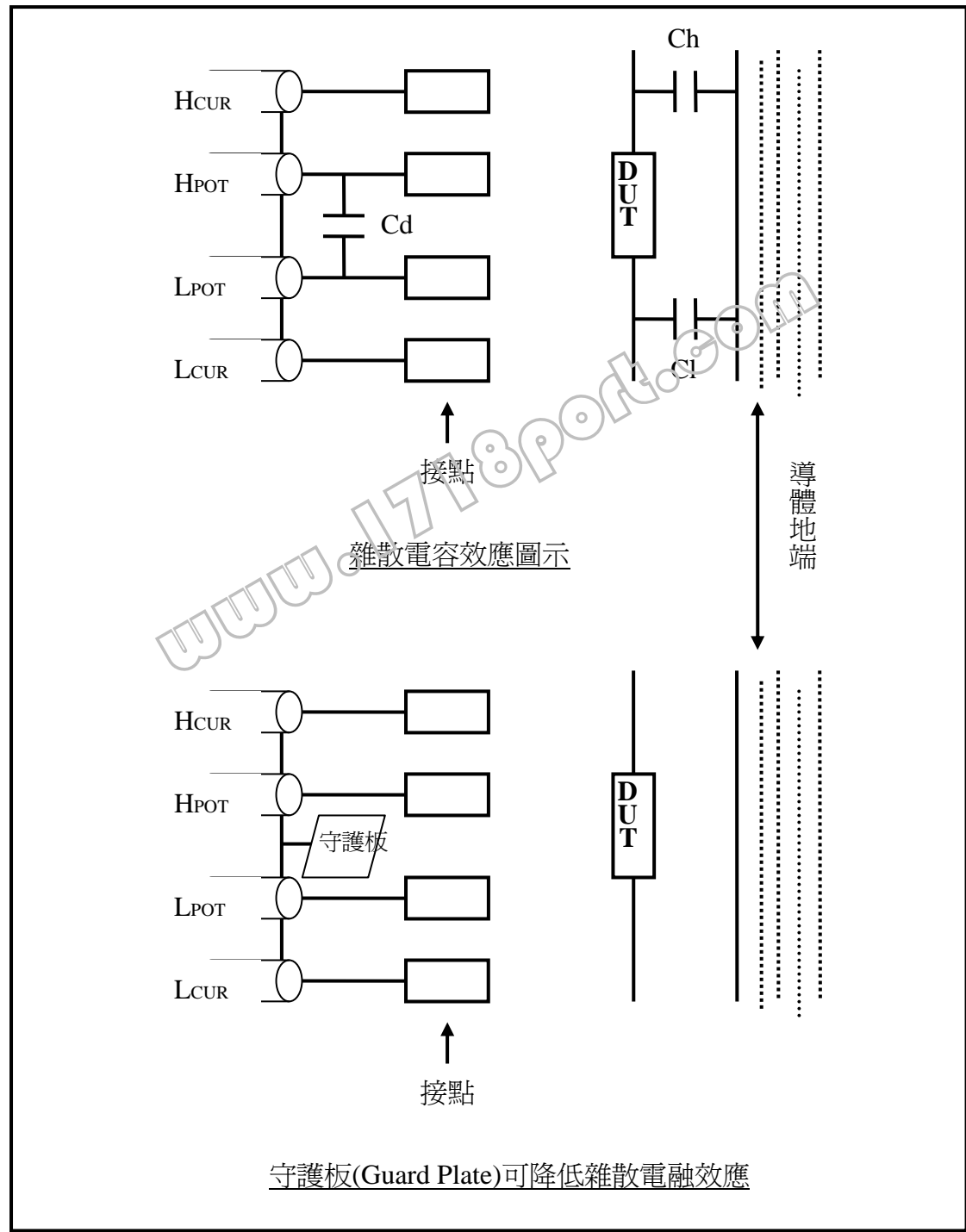
四端式對稱(4TP)的配置解決了互相耦合的問題，此種配置使用四條同軸電纜，讓信號電流的路徑與電壓感測的電纜隔離，請參考圖五。又由於回歸電流(return current)會流經同軸電纜的外部導體，所以由內部導體產生的磁通量相抵消。這種配置的量測範圍，仍需端視測量儀器以及 4TP 的配置是否緊密地附著在 DUT 的連接點而定。如果電纜並未適當地連接好，則仍會限制量測的範圍。圖五(d)所顯示的是錯誤配置的例子。





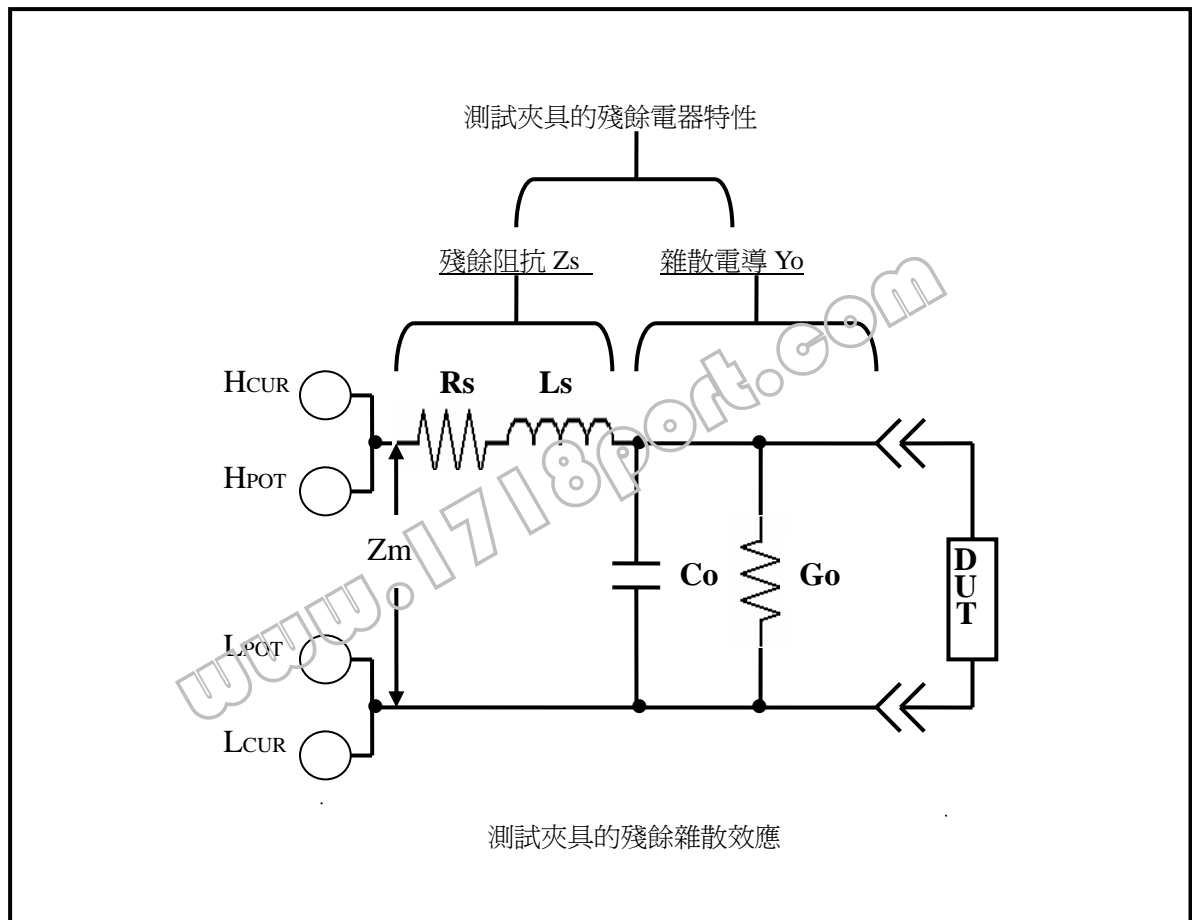
消除雜散電容的效應

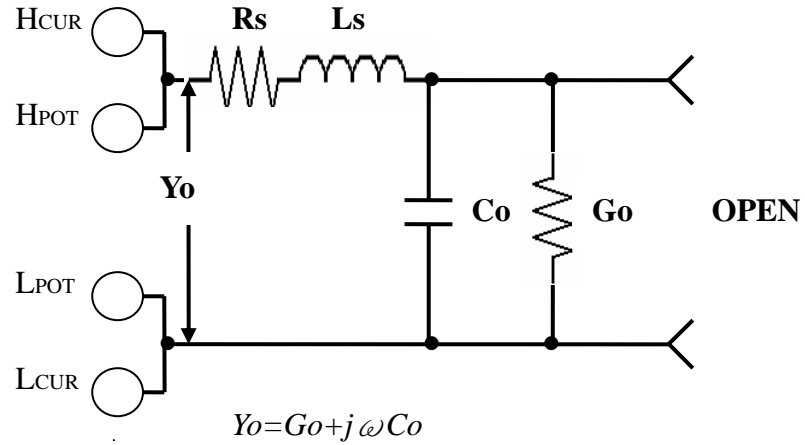
當待測元件為高阻抗(例如低電容)時，其雜散電容的效應就會變得不容忽視，如圖六(a)所示。在圖六(a)裡，我們可以看見雜散電容 C_d 和待測元件相互並聯，同時另外兩個雜散電容 C_h 和 C_l 的合成電容也是和待測元件並聯，如此一來便會造成量測的誤差。改善之道是將一片守護板(Guard Plate)置於量測夾具的正和負端之中，來破壞雜散電容 C_d 的效應降至最低，如果將守護板也連接到測試線的負端，則連 C_h 和 C_l ，所造成的影響也可以一併抵消。



附錄二 開路/短路補償

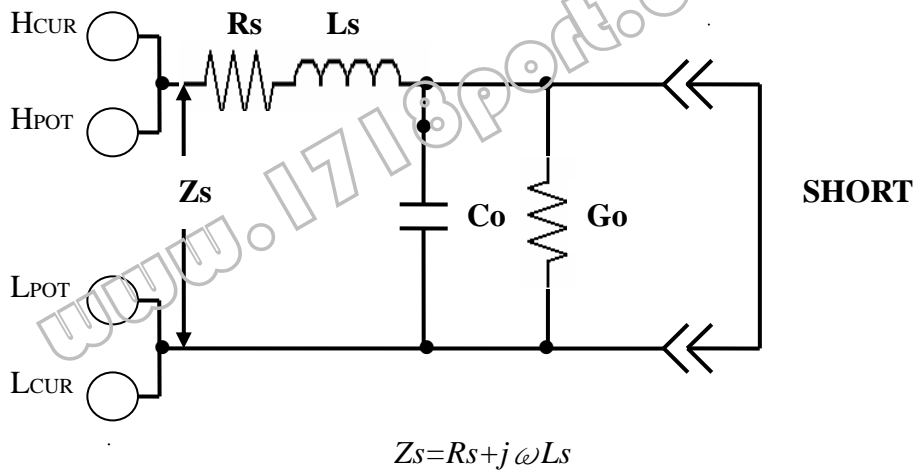
一般精細級的阻抗分析儀，通常都必須利用 OPEN/SHORT 的補償技巧來降低測試夾具的殘餘雜散效應。測試夾具的殘餘雜散效應，可以用簡單的被動元件來表示，如圖七(a)所示。首先當待測端(Z_{dut})為開路時，如圖七(b)所示，儀器所測得的阻值是雜散電導 $G+j\omega L_s$ 。當待測端變為短路時，如圖七(c)所示，儀器所測得的阻值是雜散電導 $R_s+j\omega L_s$ 。而當使用者接上真正的待測元件 Z_{dut} 後，如圖七(d)所示，這時候儀器所測得阻值(Z_m)是待測元件與夾具的殘餘雜散所合成的效應。所以我們就可以利用圖七(d)的公式來計算待測元件的真正阻抗。



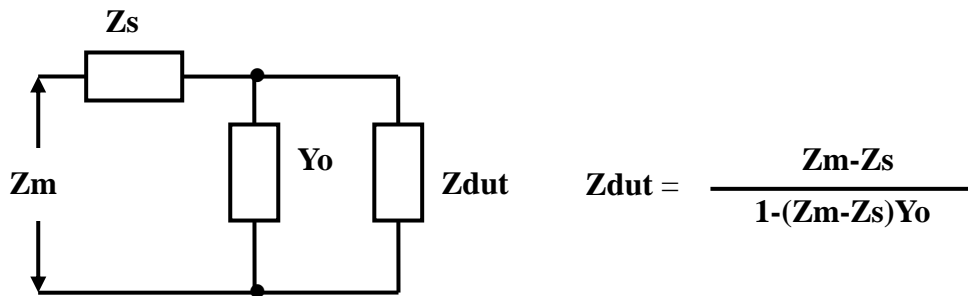


$R_s + j\omega \ll (G_o + j\omega C_o)^{-1}$

Open 量测



Short 量测



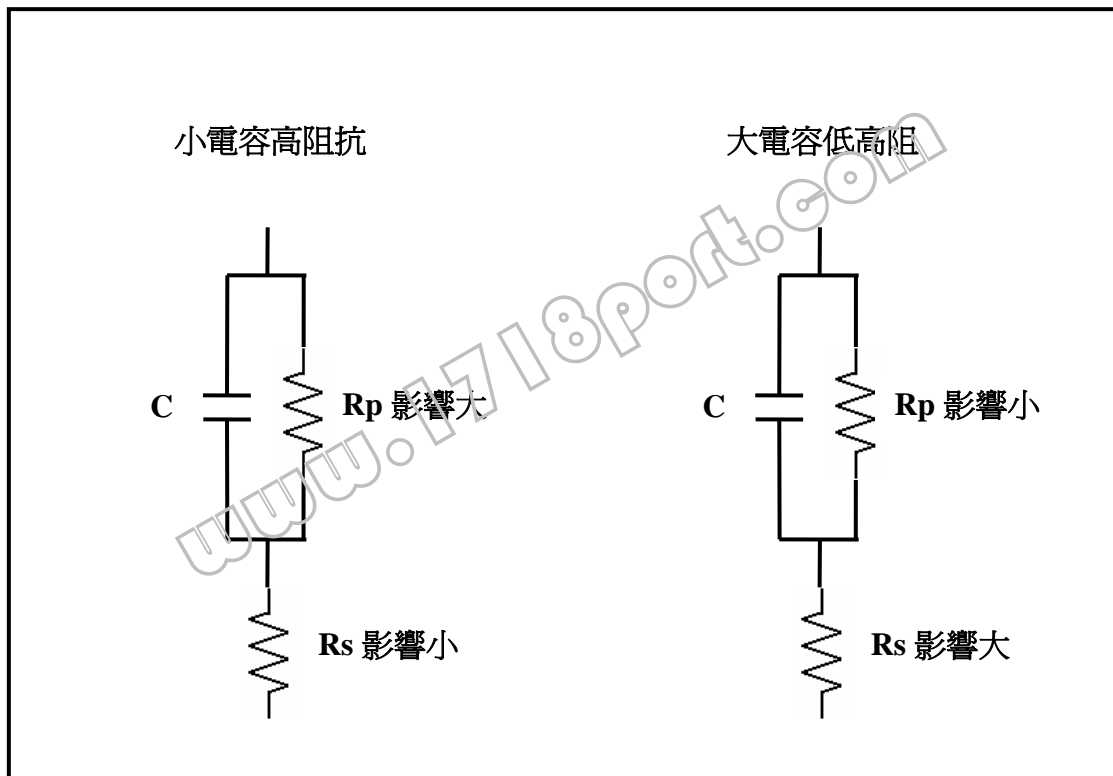
補償公式

附錄三 串聯/並聯模式的選擇

依據不同的使用需求，可將測量的結果，依等效電路分成兩種基本的連接表示方式——串聯及並聯模式。至於如何決定或使用何種模式最好，則視阻抗大小而定。

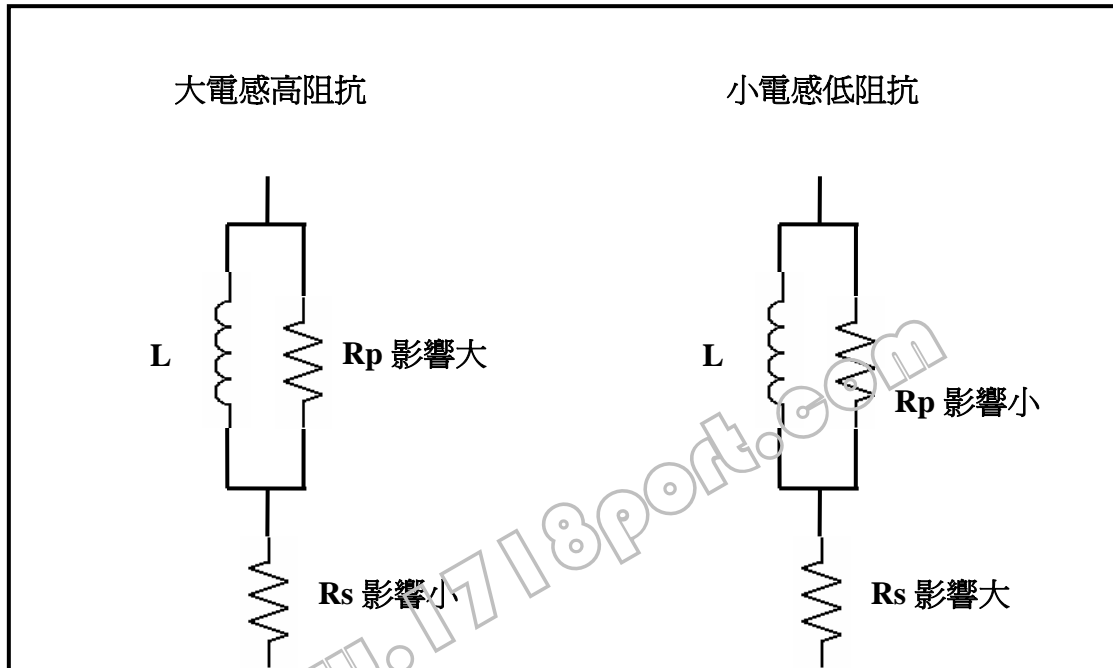
●電容

由於電容的阻抗值與電容量成反比，因此高的電容量對阻抗值而言，所代表的意義就是低阻抗值。圖一為電容等效電路，由於 R_p 的阻抗值一般而言都很高。故而， C 愈小與其並聯的 R_p 影響力愈大，所以不可忽視；但是與其串聯的 R_s 影響力則愈小，所以可忽略。同樣的， C 愈大與其並聯的 R_p 影響力愈小，所以可忽略；但是與其串聯的 R_s 影響力愈大，所以不可忽略。因此，小電容測量宜使用並聯模式為佳，大電容測量則串聯模式較佳。



●電感

由於電感的阻抗值與電感量成正比，因此大的電感量對阻抗值而言，所代表的意義就是大阻抗值，小的電感量所代表的意義就是小阻抗值。圖二為電感等效電路，由於 R_p 的阻抗值一般而言都很高，因而， L 愈大與其並聯的 R_p 影響力愈大，所以不可忽略；但是與其串聯的 R_s 影響力則愈小，所以可忽略。如 L 愈小與其並聯的 R_p 影響力愈小，所以可忽略；但是與其串聯的 R_s 影響力愈大，所以不可忽略。因此，大電感測量宜使用並聯模式為佳，小電感測量則串聯模式較佳。



總結上述的分析，可歸納下列大略的規則：

1. 阻抗值小於 10Ω ，選用串聯模式。
2. 阻抗值大於 $10K\Omega$ ，選用並聯模式。
3. 兩者之間則視需求而定。

範例：

DUT=100pF

Freq.=10KHz

Z=159.2K Ω

選用並聯模式。

範例：

DUT=100 μ H

Freq.=10KHz

Z=6.2832 Ω

選用串聯模式。

C 值精確度：						
20Hz	398 pF	795.5 pF	10.6 nF	79.55 nF	795.5 μF	7.955 mF
	§	§	§	§	§	§
	795.5 pF	10.6 nF	79.55 nF	795.5 μF	7.955 mF	79.55 mF
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
100Hz	79.57 pF	159.1 pF	1.212 nF	15.91 nF	159.1 μF	1591 μF
	§	§	§	§	§	§
	159.1 pF	2.121 nF	15.91 nF	159.1 μF	1591 μF	15.91mF
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
120Hz	66.31pF	132.6pF	1.768nF	13.26nF	132.6μF	1326μF
	§	§	§	§	§	§
	132.6pF	1.768nF	13.26nF	132.6μF	1326μF	13.26mF
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
1KHz	7.957 pF	15.91 pF	212.1 pF	1.591 nF	15.91 μF	159.1 μF
	§	§	§	§	§	§
	15.91 pF	212.1 pF	1.591 nF	15.91 μF	159.1 μF	1.591 mF
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
10KHz	0.795 pF	1.591 pF	21.21 pF	159.1 pF	1.591 μF	15.91 μF
	§	§	§	§	§	§
	1.591 pF	21.21 pF	159.1 pF	1.591 μF	15.91 μF	159.1 μF
	5%±1	2%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
100KHz	NA	0.159 pF	2.121 pF	15.91 pF	159.1 nF	1.591 μF
		§	§	§	§	§
		2.121 pF	15.91 pF	159.1 nF	1.591 μF	15.91 μF
	NA	5%±1	2%±1	0.4%±1	2%±1	5%±1
500KHz	NA	0.159 pF	2.121 pF	15.91 pF	31.91 nF	319.1 nF
		§	§	§	§	§
		2.121 pF	15.91 pF	31.91 nF	319.1 nF	3.191 μF
	NA	10%±1	5%±1	1%±1	5%±1	10%±1
1MHz	NA	0.079 pF	1.111 pF	7.999 pF	15.91 nF	159.1 nF
		§	§	§	§	§
		1.111 pF	7.999 pF	15.91 nF	159.1 nF	1.591 μF
	NA	20%	10%±1	2%±1	10%±1	20%±1

L 值精確度：						
20Hz	159.3 KH	79.55 KH	5965 H	795.5 H	79.55 mH	7.955 mH
	§	§	§	§	§	§
	79.55 KH	5965 H	795.5 H	79.55 mH	7.955 mH	79.55 μH
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
100Hz	31.83 KH	15.91 KH	1193H	159. 1 H	15. 91 mH	1.591 mH
	§	§	§	§	§	§
	15.91 KH	1193H	159. 1 H	15. 91 mH	1.5 91 mH	159. 1μH
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
120Hz	26.52KH	13. 26KH	995H	132. 6H	13. 26mH	1.326mH
	§	§	§	§	§	§
	13. 26KH	995H	132. 6H	13. 26mH	1.326mH	132. 6μH
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
1KHz	31. 83 KH	1. 591 KH	119.3 H	15. 91 H	1. 591 mH	159.1 μH
	§	§	§	§	§	§
	1. 591 KH	119.3 H	15. 91 H	1. 591 mH	159.1 μH	15. 91 μH
	2%±1	1%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
10KHz	318.3H	159. 1 H	11.93H	1. 591 H	159. 1 μH	15.91 μH
	§	§	§	§	§	§
	159. 1 H	11.93H	1. 591 H	159. 1 μH	15.91 μH	1. 591 μH
	5%±1	2%±1	0.5%±1	0.2%±1	0.5%±1	1%±1
100KHz	31. 83 H	15. 91 H	1. 193H	159. 1 mH	15.91 μH	1.591 μH
	§	§	§	§	§	§
	15. 91 H	1.193 H	159. 1 mH	15. 91 μH	1. 591 μH	0. 159 μH
	NA	5%±1	2%±1	0.4%±1	2%±1	5%±1
500KHz	NA	NA	32.26 mH	6.363 mH	3.181 μH	0.318 μH
			§	§	§	§
			6.363 mH	3.181 μH	0.318 μH	0.031 μH
	NA	NA	5%±1	1%±1	5%±1	10%±1
1MHz	NA	NA	16.13 mH	3.181 mH	1.591 μH	0.159 μH
			§	§	§	§
			3.181 mH	1.591 μH	0.159 μH	0. 015 μH
	NA	NA	10%±1	2%±1	10%±1	20%±1

D 值精確度：							
Freq.	$ Z_x $	20M	10M	750K	100K	10	1
		\S	\S	\S	\S	\S	\S
		10M (Ω)	750K (Ω)	100K (Ω)	10 (Ω)	1 (Ω)	0.1 (Ω)
20Hz		± 0.020	± 0.010	± 0.005	± 0.002	± 0.005	± 0.010
100Hz							
120Hz							
1KHz							
10KHz		± 0.050	± 0.020				
100KHz		NA	± 0.050	± 0.020	± 0.004	± 0.020	± 0.050
500KHz		NA	NA	NA	± 0.01	± 0.050	± 0.10
1MHz		NA	NA	NA	± 0.02	± 0.10	± 0.200

Θ 值精確度：							
Freq.	$ Z_x $	20M	10M	750K	100K	10	1
		\S	\S	\S	\S	\S	\S
		10M (Ω)	750K (Ω)	100K (Ω)	10 (Ω)	1 (Ω)	0.1 (Ω)
20Hz		± 1.046	± 0.523	± 0.216	± 0.105	± 0.261	± 0.523
100Hz							
120Hz							
1KHz							
10KHz		± 2.615	± 1.046				
100KHz		NA	± 2.615	± 1.046	± 0.209	± 1.046	± 2.615
500KHz		NA	NA	NA	± 1.001	± 5.005	± 10.01
1MHz		NA	NA	NA	± 2.001	± 10.01	± 20.01

上海总代理：
上海麦聚瑞电子仪器有限公司
电话：021-53084217/8/9
传真：021-51685888

www.1718port.com

明普及科技有限公司
地址：台北縣新莊市新泰路 123 巷 4 號 5 樓
電話：(02)2998-8395
傳真：(02)2998-2810

上海总代理：上海麦聚瑞电子仪器有限公司
电话：021-53084218 53084219
传真：021-51685888
网址：www.1718port.com