



MT 4080A & MT 4080D

使用說明書



掌上型寬頻LCR錶

目錄

1	簡介.....	1
1.1	一般說明	1
1.2	阻抗參數說明	3
1.3	規格	6
1.4	附件	15
2	面板配置與操作說明	16
2.1	面板配置與說明	16
2.2	操作說明	17
2.2.1	如何安裝電池及使用電源轉換器	17
2.2.2	開路/短路校正	19
2.2.3	顯示速度	20
2.2.4	相對值模式	20
2.2.5	手動跳檔模式	20
2.2.6	直流阻抗量測	21
2.2.7	交流阻抗量測	21
2.2.8	電容量測	22
2.2.9	電感量測	22
2.3	附件操作說明	23
3	使用須知	25
3.1	保固須知	25
3.2	注意事項	25
附錄一	電纜接線技巧	26
附錄二	OPEN/SHORT 補償	32
附錄三	串聯/並聯模式的選擇	34
附錄四	USB 控制	37

1 簡介

1.1 一般說明

當您擁有 MT4080D/MT4080A 時，您同時也就擁有交直流阻抗量測的能力。它可以協助學生更具體的瞭解掌握電子元件，讓設計電子電路的工程人員迅速可靠分析電子元件的特性，亦是品管人員檢測電子元件的好幫手。

它具備如下的特性：

- ◆ 測量條件
- ◆ 頻率：100/120/1K/10K/100KHz(MT4080A)
- ◆ 準位：1Vrms/0.25Vrms/0.05Vrms/1Vdc(DCR)
- ◆ 測量參數：Z，L，C，DCR，ESR，D，Q， θ
- ◆ 基本精確度：0.2%
- ◆ Dual LCD
- ◆ 快速測量
- ◆ 自動跳檔/按鍵鎖定
- ◆ 紅外線通訊 (Infrared Communication)
- ◆ 開路/短路補償
- ◆ 主參數顯示：

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

副參數顯示：

θ : 相位角
ESR : 等效串聯阻抗
D : 損耗因素
Q : 品質因素

◆ 顯示組合方式如下：

串聯模式：

Z - θ
Cs-D
Cs-Q
Cs-ESR
L s-D
L s-Q
L s-ESR

並聯模式：

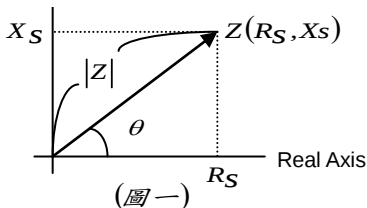
Cp-D
Cp-Q
L p-D
L p-Q

1.2 阻抗參數說明

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。一般市面上看到的萬用電表都是直流阻抗計；而本機 MT4080 則兩者兼具。阻抗測量對於電子電路的特性、電子零件及電子零件製造的材質而言，都是一項重要的參數。

當我們以向量的方式來探討阻抗時，在直角座標上它分成實數軸的電阻(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。它們之間的關係如圖一：

Imaginary Axis



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

$$R_s = |Z| \cos \theta$$

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

$$X_s = |Z| \sin \theta$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_s}{R_s} \right)$$

其中

Z = 阻抗(Impedance)

R_s = 電阻(Resistance)

X_s = 電抗(Reactance)

Ω = 歐姆(Ohm)

電抗可以分成電感性(Inductive) X_L 及電容性 (Capacitive) X_C 兩種。根據定義可知：

$$\begin{aligned} X_L &= \omega L = 2\pi f L & \text{其中 } L &= \text{Inductance 電感}(H) \\ X_C &= \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} & C &= \text{Capacitance 電容}(F) \\ & & f &= \text{Frequency 頻率}(Hz) \end{aligned}$$

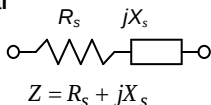
此外電子元件的特性除了電阻(R)及電抗(X)外，尚有品質因素(Quality Factor)及耗損因素(Dissipation Factor)。此二者是被定義來測量電抗的純度，也就是元件中儲存能量(電抗)與消耗能量(電阻)的比例，其關係如下：

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{D} = \frac{1}{\tan \delta} \\ &= \frac{|X_s|}{R_s} = \frac{\omega L_s}{R_s} = \frac{1}{\omega C_s R_s} \\ &= \frac{|B|}{G} \\ &= \frac{R_p}{|X_p|} = \frac{R_p}{\omega L_p} = \omega C_p R_p \end{aligned}$$

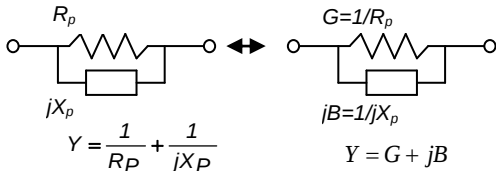
品質因素 Q 通常都應用在電感特性的測量，而消耗因素 D 則應用在電容特性的測量。兩者互為倒數。

此外，尚可將測量的結果，依據不同的使用需求，將等效電路分成兩種基本的連接表示方式—串聯(Series)及並聯(Parallel)。在串聯模式時，阻抗可以簡單的加法求得等效阻抗；而在並聯模式下，若以阻抗計算則須經過倒數的運算才可求得。可是若以導納計算，則同樣可以簡單的加法求得結果，兩者關係如圖二所示。

Real and imaginary components are serial



Real and imaginary components are Parallel



圖二

1.3 規格

◆ LCD 顯示範圍：

參數	範圍
Z	0.000 Ω to 9999 M Ω
L	0.000 uH to 9999 H
C	0.000 pF to 9999 F
DCR	0.000 Ω to 9999 M Ω
ESR	0.000 Ω to 9999 Ω
D	0.000 to 9999
Q	0.000 to 9999
Θ	-180.0 to 180.0

◆ 精確度(A_e):

表一

$ Z_x $ A_e Freq.	20M ∫ 10M (Ω)	10M ∫ 1M (Ω)	1M ∫ 100K (Ω)	100K ∫ 10 (Ω)	10 ∫ 1 (Ω)	1 ∫ 0.1 (Ω)
DCR	2%±	1%±	0.5%	0.2%	0.5%	1%
100Hz	1 *	1	±1	±1	±1	±1 *
120Hz						
1KHz						
10KHz	5%± 1 *	2%± 1				
100KHz	未定	5%± 1 *	2%± 1	0.4% ±1	2%± 1	5% ±1 *

上列精確度只適用測量信號等於**1V**時。

若測量信號等於**250mV**時 **A_e** 必須乘上**1.25**

若測量信號等於**50mV**時 **A_e** 必須乘上**1.50**。

量測L及C時，若 $D_x > 0.1$ 則 **A_e** 必須乘上 $\sqrt{1 + D_x^2}$ 。

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**50 mV**時 **A_e** 未定。

Z 值精確度：如表一所示

C 值精確度：

$$|Z_x| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_x} \quad [\Omega]$$

$$C_{Ae} = A_e \quad \text{of} \quad |Z_x|$$

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 C_{Ae} 必須乘上 $\sqrt{1 + D_x^2}$ 。

範例：C 值精確度計算

測量條件：

頻率：1 KHz

準位：1 Vrms

速度：Slow

待測電容：100 nF

則

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

查表一得

$$C_{Ae} = \pm 0.2 \quad [\%]$$

L 值精確度：

$$|Z_x| = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad [\Omega]$$

$$L_{Ae} = A_e \text{ of } |Z_x|$$

f ：測試頻率(Hz)。

L_x ：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 L_{Ae} 必須乘上 $\sqrt{1 + D_x^2}$ 。

範例： L 值精確度計算

測量條件：

頻率：1 KHz
準位：1 Vrms
速度：Slow
待測電感：1 mH

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283 \quad [\Omega] \end{aligned}$$

查表一得

$$L_{Ae} = \pm 0.5 \quad [\%]$$

ESR 值精確度：

$$\pm X_x \cdot \frac{A_e}{100} \quad [\Omega]$$

$$X_x = 2\pi f L_x = \frac{1}{2\pi f C_x}$$

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：1 KHz

準位：1 Vrms

速度：Slow

待測電容：100 nF

則

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

查表一得

$$C_{Ae} = \pm 0.2 \quad [\%]$$

$$\begin{aligned} ESR_{Ae} &= \pm X_x \cdot \frac{A_e}{100} \\ &= \pm 1590 \cdot \frac{0.2}{100} = \pm 3.18 \quad [\Omega] \end{aligned}$$

D 值精確度：

$$D_e = \pm \frac{A_e}{100}$$

上列精確度只適用於當 $D_x < 0.1$ ，若 $D_x > 0.1$ 則必須乘上 $(1 + D_x)$ 。

範例：C-D 值精確度計算

測量條件：

頻率 : 1 KHz
準位 : 1 Vrms
速度 : Slow
待測電容 : 100 nF

則

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

查表一得

$$C_{Ae} = \pm 0.2 \quad [\%]$$

$$D_{Ae} = \pm \frac{C_{Ae}}{100} = \pm \frac{0.2}{100} = \pm 0.002$$

Q 值精確度：

$$Q_e = \pm \frac{Q_x^2 \cdot D_e}{1 \mp Q_x \cdot D_e}$$

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：1 KHz
準位：1 Vrms
速度：Slow
待測電感：1 mH

則

$$\begin{aligned} |Z_x| &= 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_x \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 6.283 \quad [\Omega] \end{aligned}$$

查表一得

$$L_{Ae} = \pm 0.5 \quad [\%]$$

$$D_e = \pm \frac{A_e}{100} = \pm 0.005$$

若已測得 $Q_x = 20$

$$\begin{aligned} Q_{Ae} &= \pm \frac{Q_x^2 \cdot D_e}{1 \mp Q_x \cdot D_e} \\ &= \pm \frac{2}{1 \mp 0.1} \end{aligned}$$

Θ值精確度：

$$\theta_e = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{A_e}{100} \quad [Deg]$$

範例：Z-Θ值精確度計算

測量條件：

頻率 : 1 KHz
準位 : 1 Vrms
速度 : Slow
待測電容 : 100 nF

則

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

查表一得

$$Z_{Ae} = \pm 0.2 \quad [\%]$$

$$\begin{aligned} \theta_{Ae} &= \pm \frac{180}{\pi} \cdot \frac{Z_{Ae}}{100} \\ &= \pm 0.115 \quad [Deg] \end{aligned}$$

- ◆ 測試信號：
 - 準位精確度：5%
 - 頻率精確度：0.1%
- ◆ 輸出阻抗：100Ω ± 5%
- ◆ 測量速度：
 - Fast：4.5 次/每秒
 - Slow：2.5 次/每秒
- ◆ 電力不足警告：
 - 電壓低於 2.2 伏特
- ◆ 電池：
 - 充電電流：約 150mA 定電流
 - 種類：建議使用 Ni-Mh
 - 壽命：2.5 Hr
- ◆ Adapter：
 - 輸入：110V/220Vac 50/60Hz
 - 輸出：6Vdc
- ◆ 操作環境：
 - 溫度：0°C to 40°C (操作)
-20°C to 70°C (儲存)
 - 濕度：≤85% R.H. at 40°C
 - 尺寸：174mm×86mm×48mm
6.9"x3.4"x1.9" (L×W×H)
 - 重量：470 g

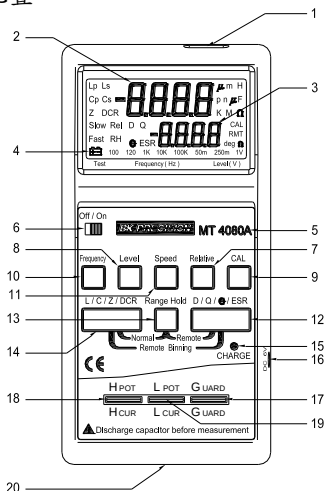
1.4 附件

- ◆ 操作手冊一本
- ◆ MT4080D/MT4080A 一台
- ◆ Ni-Mh 充電電池二顆
- ◆ 短路片一組
- ◆ TL08A SMD 元件測試夾具(選購)
- ◆ TL08B 四線測試夾具(選購)
- ◆ TL08C Kelvin Clips 測試夾具(選購)
- ◆ 攜行包(選購)
- ◆ 直流穩壓電源轉換器一顆

2 面板配置與操作說明

2.1 面板配置與說明

◆ 面板配置



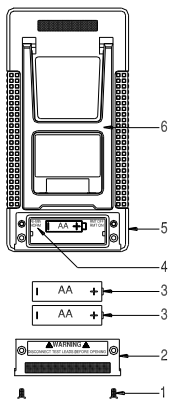
- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| 1. USB 窗口 | 2. 主參數顯示 LCD |
| 3. 副參數顯示 LCD | 4. 低電壓指示 |
| 5. 機型 | 6. 電源開關 |
| 7. 相對值功能鍵 | 8. 準位切換鍵 |
| 9. 開路/短路校正切換鍵 | 10. 頻率切換鍵 |
| 11. 顯示速度切換鍵 | 12. D/Q/θ/ESR 切換鍵 |
| 13. 手動跳檔切換鍵 | 14. L/C/Z/DCR 切換鍵 |
| 15. 充電指示燈 | 16. 電源轉換器插頭 |
| 17. Guard 端 | 18. H_{POT}/H_{CUR} 端 |
| 19. L_{POT}/L_{CUR} 端 | 20. 電池室 |

2.2 操作說明

2.2.1 如何安裝電池及使用電源轉換器

◆ 安裝電池

首先以螺絲起子拆卸電池室外的兩顆螺絲，即可卸下欲更換之電池。確認欲裝上之電池為『充電電池』或『一般電池』。若為『一般電池』，則請將電池室中左邊底部的開關切至『NORM』的位置；若為『充電電池』，則請將電池室中左邊底部的開關切至『Ni-Mh』的位置。切勿將『一般電池』切至『Ni-Mh』的位置，以免造成機器損壞。



- 1 螺絲
- 2 電池蓋
- 3 電池
- 4 Norm/Ni-Mh開關
- 5 後蓋
- 6 支撐架

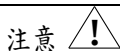


警告

使用非充電電池時請勿將選擇開關置於『Ni-Mh』的位置。

◆ 電源轉換器

本機可以使用內部的電池或外部的電源轉換器供電。若電池選擇開關置於『Ni-Mh』的位置，則不開機時外部的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。於充電時充電指示燈應亮起。



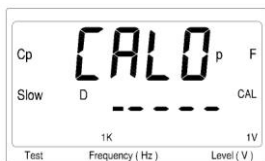
請使用標準電源轉換器供電，及請勿使用非充電電池充電，以免造成機器損壞。

2.2.2 開路 / 短路校正

MT4080D/MT4080A 提供開路 / 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。

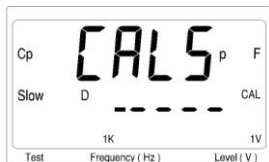
◆ 開路校正

首先保持測量端處於開路狀態，按『CAL』鍵，請勿按住超過 2 秒，此時主參數 LCD 部份應顯示『CALO』字樣，校正時間約須 10 秒，之後會嗶一聲代表機器已經完成開路校正。



◆ 短路校正

首先將短路片插入測量端，按『CAL』鍵，請務必按住超過 2 秒以上，直到主參數 LCD 部份顯示『CALS』字樣，校正時間約須 10 秒，之後會嗶一聲代表機器已經完成短路校正。



2.2.3 顯示速度

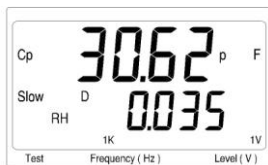
MT4080D/MT4080A 提供 Fast/Slow 兩種顯示速度，使用者可以 Speed 鍵切換之。於『Fast』模式下，平均每秒可以更新 4.5 個讀值以上。於『Slow』模式下，平均每秒可以更新 2.5 個讀值以上。

2.2.4 相對值模式

MT4080D/MT4080A 的相對值模式，是指使用者可以先插入一個欲扣除的標準值，待其穩定之後(Slow Mode 約須五秒，Fast Mode 約須三秒)，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。

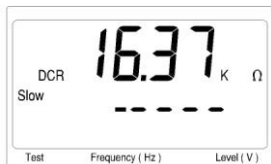
2.2.5 手動跳檔模式

MT4080D/MT4080A 的手動跳檔模式，是指使用者可以先插入一個標準值，待其穩定之後(Slow Mode 約須五秒，Fast Mode 約須三秒)，按下 Range Hold 鍵。副參數 LCD 會顯示『RH』字樣，並維持在此時的檔位。此時可移走先前的標準值，插入新的待測物。但必須注意一點，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。



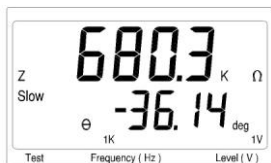
2.2.6 直流阻抗量測

切換 L/C/Z/DCR 鍵直至主參數 LCD 出現『DCR』，即代表已經處於『直流阻抗量測』模式。



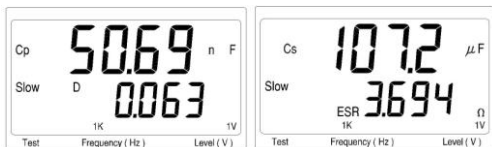
2.2.7 交流阻抗量測

切換 L/C/Z/DCR 鍵直至主參數 LCD 出現『Z』，副參數 LCD 出現『 Θ 』，即代表已經處於『交流阻抗量測』模式。



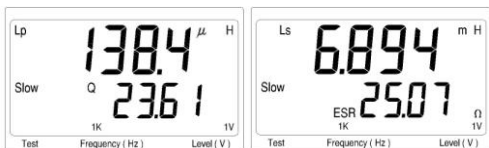
2.2.8 電容量測

『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，使用者可依據須要切換 L/C/Z/DCR 鍵。若處於『Cs』模式，則可以 D/Q/θ/ESR 鍵選擇 D/Q/ESR 三種副參數。若處於『Cp』模式，則可以 D/Q/θ/ESR 鍵選擇 D/Q 二種副參數。



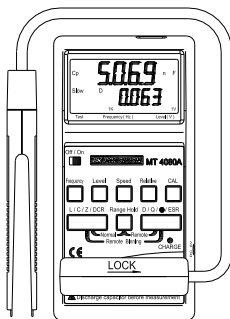
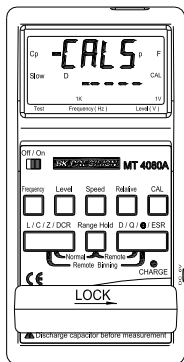
2.2.9 電感量測

『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，使用者可依據須要切換 L/C/Z/DCR 鍵。若處於『Ls』模式，則可以 D/Q/θ/ESR 鍵選擇 D/Q/ESR 三種副參數。若處於『Lp』模式，則可以 D/Q/θ/ESR 鍵選擇 D/Q 二種副參數。



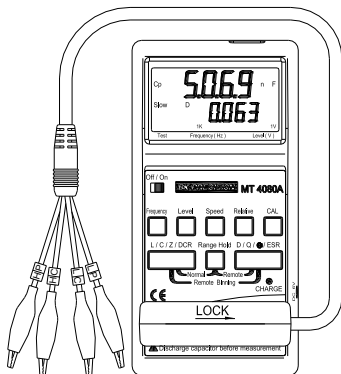
2.3 附件操作說明

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”的動作。

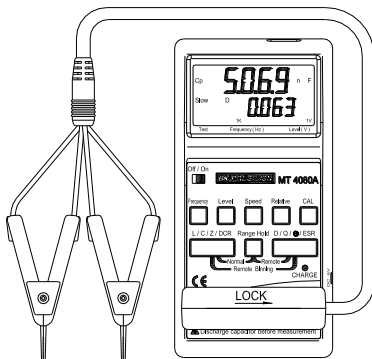


短 路 片

TL08A SMD 元件測試夾具



TL08B 四線測試夾具



TL08C Kelvin Clip 測試夾具

3 使用須知

3.1 保固須知

台灣百科公司對本公司之產品 MT-4080，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。

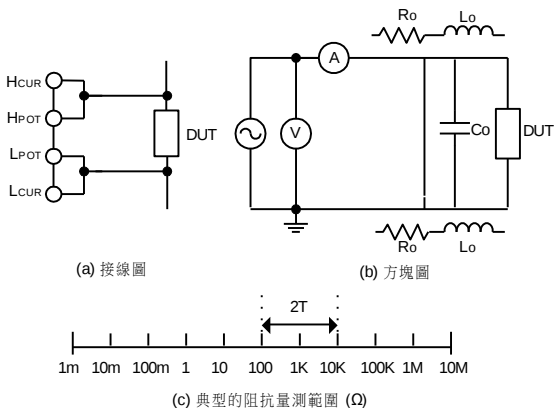
3.2 注意事項

- ◆ 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，手宜距離測量端 10 公分以上。
- ◆ 量測電容時應先放電。
- ◆ 當低電壓指示燈亮時請即予以更換或充電。
- ◆ 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。

附錄一 電纜接線技巧

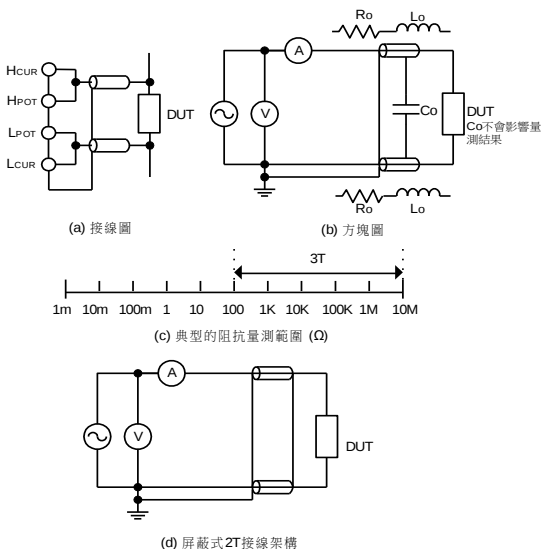
自動平衡電橋一般可在其前緣面板上配備有四個同軸 UNKNOWN 的端點(H_{CUR} 、 H_{POT} 、 L_{CUR} 和 L_{POT})。有數種連接方法，可將待測元件(DUT, Device Under Test)連接到 UNKNOWN 的端點。由於每一種方法均有其優缺點，所以最適當的方法是依據 DUT 的阻抗和所需的量測準確度而定。

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。



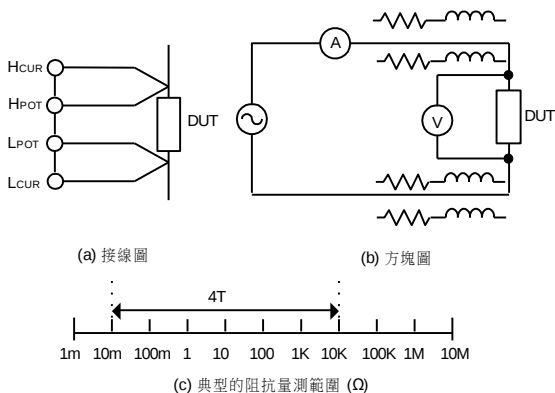
圖(一)

三端式(3T)的配置是採用同軸電纜，藉以降低雜散電容的效應，另外同軸電纜的外部導體(屏蔽)必須連接到保護端，如此做法能夠提升高阻抗領域的精準度，一舉將量測的準確度、以及量測範圍由兩端式的數拾 K 提升到數拾 $M\Omega$ 。但是因為引線電感和電阻仍然存在(請參圖二)，所以三端式的配置對於低阻抗領域的量測精準度並沒有任何提升。如果外部的導體如圖二(d)所示連接，較低阻抗量測精度則會稍微提升。



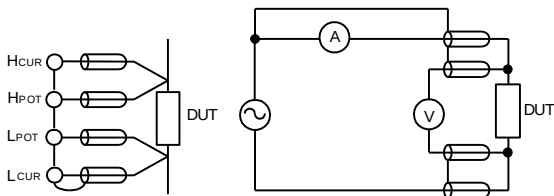
圖(二)

四端式(4T)的配置可以減少引線電阻所造成的效應，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)。四端式的配置可以將低阻抗量測範圍精準度由 100Ω 降到 1Ω 以下。儘管四端式的配置可以將引線電阻的效應降至最低，但是仍然沒有辦法消除引線電感的效應，所以精準度只能低至 0.1Ω 左右。



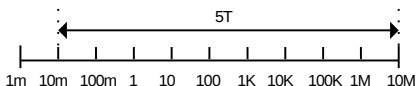
圖(三)

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，且這四條電纜的所有外部導體均連接到保護端上，請參考圖四。這個配置方式可以擁有非常寬廣的量測範圍，從 1Ω ~ $10M\Omega$ ，但是互相耦合(即引線電感仍未能消除)的問題仍然存在。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提升。(受到屏蔽的 4T 的配置)。

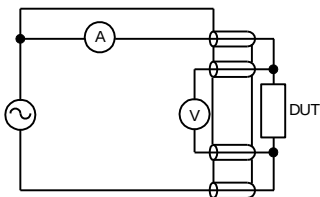


(a) 接線圖

(b) 方塊圖



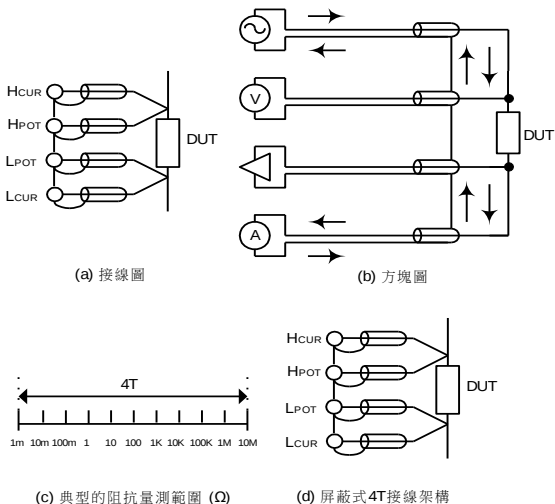
(c) 典型的阻抗量測範圍 (Ω)



(d) 錯誤的 4T 接線架構

圖(四)

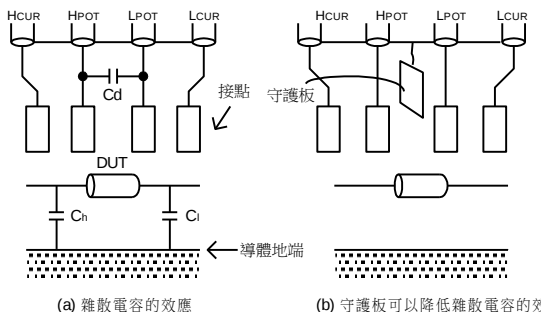
四端式對稱(4TP)的配置解決了互相耦合的問題，四端式對稱的配置使用四條同軸電纜，讓信號電流的路徑與電壓感測的電纜隔離，請參考圖五。又由於回歸電流(return current)會流經同軸電纜的外部導體，所以由內部導體產生的磁通量會和由外部導體(屏蔽)產生的磁通量相抵消。這種配置的量測範圍可以降到 $m\Omega$ 以下。這種配置可使用的阻抗量測範圍，仍須端視測量儀器以及 4TP 的配置是否緊密地附著在 DUT 的连接點而定。如果電纜並未適當地連接好，則仍會限制量測的範圍。圖五(d)所顯示的是錯誤配置的例子。



圖(五)

消除雜散電容的效應

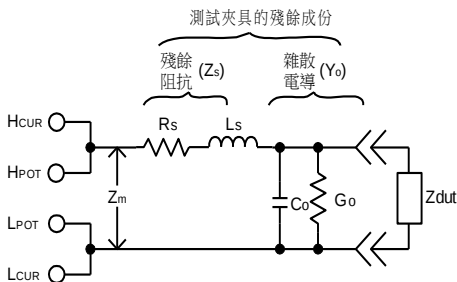
當待測元件為高阻抗(例如低電容)時，其雜散電容的效應就會變得不容忽略，如圖六(a)所示。在圖六(a)裡，我們可以看見雜散電容 C_d 和待測元件相互並聯，同時另外兩個雜散電容 C_h 和 C_l 的合成電容也是和待測元件並聯，如此一來便會造成量測的誤差。改善之道是將一片守護板(Guard plate)置於量測夾具的正和負端之間，來破壞雜散電容的結構，如圖六(b)所示，如此一來就可以將雜散電容 C_d 的效應降至最低，如果將守護板也連接到測試線的負端，則連 C_h 和 C_l ，所造成的效應也可以一併抵消。



圖(六)

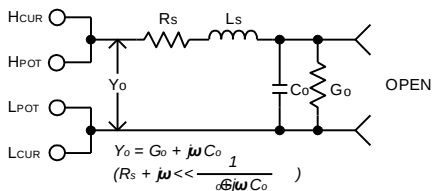
附錄二 OPEN/SHORT 補償

對於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，儀器所測得的阻值為 $R_S + j\omega L_S$ 。最後當我們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。

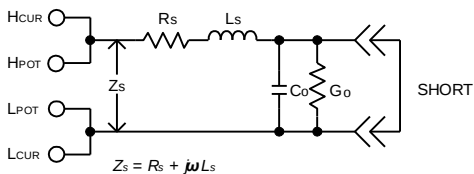


(a) 測試夾具的殘餘雜散效應

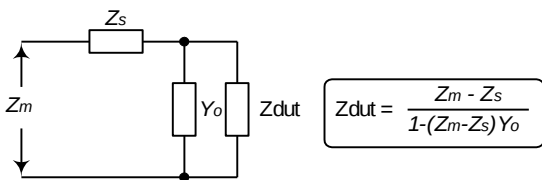
圖(七-a)



(b) OPEN 量測



(c) SHORT 量測



(d) 補償公式

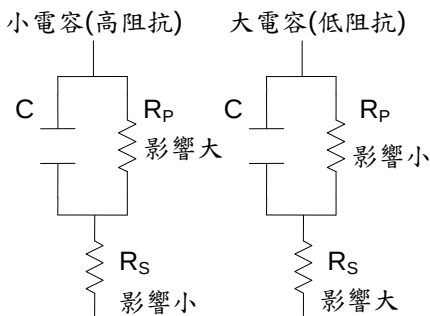
圖(七-b)

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(Series)及並聯(Parallel)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

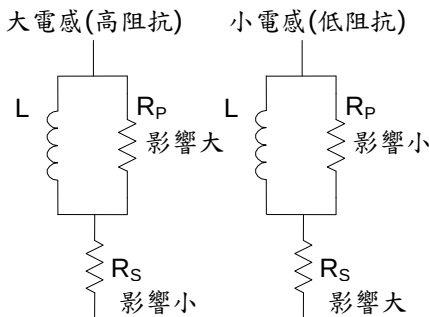
由於電容的阻抗值與電容量成反比，因此大的電容量對阻抗值而言，所代表的意義就是小阻抗值，小的電容量對阻抗值而言，所代表的意義就是大阻抗值。圖一為電容等效電路，由於 R_p 的阻抗值一般而言都很高。故而， C 愈小與其並聯的 R_p 影響力愈大，所以不可忽略；但是與其串聯的 R_s 影響力則愈小，所以可忽略。同樣的， C 愈大與其並聯的 R_p 影響力愈小，所以可忽略；但是與其串聯的 R_s 影響力愈大，所以不可忽略。因此，小電容測量宜使用並聯模式為佳，大電容測量則串聯模式較佳。



圖一

◆ 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。故而， 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。同樣的， 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。



圖二

根據上面的討論，可以得到大略的規則：

- ◆ 阻抗值小於 10Ω ，使用串聯模式。
- ◆ 阻抗值大於 $10K\Omega$ ，使用並聯模式。
- ◆ 兩者之間則視需求而定。

範例：

DUT=100pF
Freq.=10KHz
Z=159.2K Ω
故選用並聯模式

範例：

DUT=100uH
Freq.=10KHz
Z=6.2832 Ω
故選用串聯模式

附錄四 USB 控制

MT4080 工作模式可分成 “Normal”、“Remote”、“Remote Binning” 三種。

◆ Normal：

正常操作模式。也是開機時的預設狀態。於此操作模式下儀器的控制權由儀器本體的功能鍵控制，其量測結果則分別輸出至本體的 LCD 顯示器，以及經由內建的 USB 介面輸出到外部具有 USB 介面的終端機或個人電腦。

◆ Remote Binning：

紅外線顯示模式。於此模態下 LCD 顯示器上的 “RMT” 命令會呈現閃爍。MT4080 可以透過內建的 USB 介面與外部具有 USB 介面的終端機或個人電腦單向連線。儀器的控制權由儀器本體的功能鍵控制，可同時對本體的顯示器及外部輸出顯示資料。再加上本公司提供的應用程式（選購），即可輕易的達到同步顯示、良品／不良品判別比較器、元件分類篩選比較器…等等功能。

◆ Remote :

USB 控制模式。於此模態下 MT4080 可以透過內建的 USB 介面與外部具有 USB 介面的終端機或個人電腦連線。連線模式及設定為

傳輸模式 半雙工

連線速度 9600

無同位檢查

資料位元 8

停止位元 1

無交握協定

此時儀器的控制權由外部的程式控制且只對外部輸出資料。

命令語法

MT4080 USB 控制的命令格式如下：

COMMAND (?) (PARAMETER)

上面的命令與參數格式的使用說明如下：

1. COMMAND 與 PARAMETER 間至少必須存在一個空白。
2. 參數部份不可以數字代碼代替。
3. 數值參數可以整數、浮點數或指數的方式加上單位表示，例如
50mV
0.05V
5.0e1mV。
4. 於 COMMAND 尾部直接加 “?” 即代表本命令為查詢或讀取的命令，例如
“CpD” 將測量模式設定至「CpD」。
“CpD?” 將測量模式設定至「CpD」並且做測量及回送的動作。
5. 字母大小不限，但是數值參數部份的單位用字母則否。
6. 每串命令的最後必須加上結束字元。
ASCII CR 字母 (0x0D) 或 (加)
ASCII LF 字母 (0x0A)
於詢問命令的回送資料結束字元本機採用
ASCII CR 字母 (0x0D) 加
ASCII LF 字母 (0x0A)

Command 說明

以下將列出此儀器所使用之全部指令，當鍵入測量模式設定或測量條件設定之命令時，本機於設定完成後，會回傳結束字元 ASCII CR 字母 (0x0D) 和 ASCII LF 字母 (0x0A)。當鍵入執行測量之命令時，本機於測量完成後，會回傳量測結果加上結束字元 ASCII CR 和 ASCII LF。當收到命令後，本機應於 2.5 秒內完成設定或測量並回傳結果，如果命令語法錯誤，本機將不以回應。

***IDN?**

裝置鑑別查詢命令。此命令是用來確認裝置基本資料之用。回傳格式分成三個欄位，每個欄位之間以逗號區隔，總長度最大不超過 100 個字元，三個欄位分別為：

1. 儀表功能描述。
2. 無定義。
3. 韌體版本。

例如：100 KHz LCR Meter,0,2.000

***RST**

重置命令。此命令是用來設定裝置回到預設狀態。本機之預設狀態為

1KHz 1Vrms SLOW CpD uF mH Ohm

工作完成時儀器會發出“嗶”聲，且回傳“BEEP”字串。

CORR OPEN

校正命令。此命令是用來設定裝置進入開路校正功能，校正完成儀器會發出“嗶”聲且傳回“BEEP”，代表工作完成。

CORR SHORT

校正命令。此命令是用來設定裝置進入短路校正功能，校正完成儀器會發出“嗶”聲且傳回“BEEP”，代表工作完成。

ASC

回傳格式設定命令。此命令是用來設定資料以字串格式或數字代碼的格式回傳。

PARAMETER :

ON	字串格式
OFF	數字代碼

例如：

```
ASC ON
FREQ?
1KHz.....回傳
```

例如：

```
ASC OFF
FREQ?
2.....回傳
```

MODE?

測量模式查詢命令。回傳格式分成六個欄位，六個欄位分別為：

1. 頻率。
2. 準位。
3. 速度。

4. 功能。
5. 主參數單位。
6. 副參數單位。

其中第六個欄位視所設定的功能之副參數是否有單位而有無。

此命令接受“ASC”命令控制，若於“字串格式”模式下則回傳字串格式資料，若於“數字代碼”模式下則回傳數字代碼資料，每個欄位之間以空白(0X20)區隔。

例如：

```
ASC ON
CPD
MODE?
1KHz 1Vrms SLOW CpD uF.....回傳
```

例如：

```
ASC ON
CPRP
MODE?
1KHz 1Vrms SLOW CpRp uF Ohm..回傳
```

例如：

```
ASC OFF
CPRP
MODE?
2 1 0 1 2 18.....回傳
```

READ (?)

測量值讀取命令。此命令會依據當時的設定模式，直接進行測量，並傳回結果。

例如：

```
CPD
```

READ?

0.22724 0.12840.....回傳

例如：

DCR

READ?

5.1029回傳

於“DCR”模態時回傳結果為單一測量值，其餘模態的回傳結果均為雙測量值，之間以空白(0X20)區隔。

FREQ(?) PARAMETER

測量頻率設定(查詢)命令。

◆ **FREQ PARAMETER** 依據參數部份的字串格式資料，設定測量頻率，不回傳資料。

PARAMETER :

字串格式	數字代碼
100Hz	0
120Hz	1
1KHz	2
10KHz	3
100KHz	4

例如：FREQ 100Hz

◆ **FREQ(?)** 依據當時的設定回傳頻率資料。
此命令接受“ASC”命令控制，若於“字串格式”模式下則回傳字串格式資料，若於“數字代碼”模式下則回傳數字代碼資料。

例如：

ASC ON

FREQ?

1KHz·····回傳

例如：

ASC OFF

FREQ?

2 ······回傳

LEV(?) PARAMETER

測量準位設定(查詢)命令。

- ◆ **LEV PARAMETER** 依據參數部份的資料，設定測量準位，不回傳資料。

PARAMETER :

字串格式	數字代碼
1VDC	0
1Vrms	1
250mVrms	2
50mVrms	3

例如：LEV 1V

- ◆ **LEV(?)** 依據當時的設定回傳準位資料。此命令接受“ASC”命令控制，若於“字串格式”模式下則回傳字串格式資料，若於“數字代碼”模式下則回傳數字代碼資料。

例如：

ASC ON

LEV?

1Vrms·····回傳

例如：

ASC OFF

LEV?

1 ······回傳

RANG(?) PARAMETER

回傳測量值的單位設定(查詢)命令。

- ◆ RANG PARAMETER 依據參數部份的資料，設定單位。

PARAMETER :

字串格式	數字代碼
pF	0
nF	1
uF	2
mF	3
F	4
nH	8
uH	9
mH	10
H	11
KH	12
mOhm	17
Ohm	18
KOhm	19
MOhm	20

例如：RANG pF

- ◆ RANG(?) 依據當時的設定回傳單位資料。此命令接受“ASC”命令控制，若於“字串格式”模式下則回傳字串格式資料，若於“數字代碼”模式下則回傳數字代碼資料。

例如：

```
ASC ON
RANG?
pF.....回傳
```

例如：

```
ASC OFF
RANG?
0 .....回傳
```

SPEED (?) PARAMETER

測量速度設定(查詢)命令。

- ◆ SPEED PARAMETER 依據參數部份的資料，
設定測量速度。

PARAMETER :

字串格式	數字代碼
SLOW	0
FAST	1

例如：SPEED FAST

- ◆ SPEED (?) 依據當時的設定回傳測量速度資料。此命令接受“ASC”命令控制，若於“字串格式”模式下則回傳字串格式資料，若於“數字代碼”模式下則回傳數字代碼資料。

例如：

```
ASC ON
SPEED?
SLOW .....回傳
```

例如：

```
ASC OFF
RANG?
0 .....回傳
```

測量模式設定(及讀取)命令

- ◆ DCR 設定測量模式至直流電阻模態
- ◆ CpRp 設定測量模式至並聯電容及並聯電阻
- ◆ CpQ 設定測量模式至並聯電容及品質因素
- ◆ CpD 設定測量模式至並聯電容及消耗因素
- ◆ CsRs 設定測量模式至串聯電容及串聯電阻
- ◆ CsQ 設定測量模式至串聯電容及品質因素
- ◆ CsD 設定測量模式至串聯電容及消耗因素
- ◆ LpRp 設定測量模式至並聯電感及並聯電阻
- ◆ LpQ 設定測量模式至並聯電感及品質因素
- ◆ LpD 設定測量模式至並聯電感及消耗因素
- ◆ LsRs 設定測量模式至串聯電感及串聯電阻
- ◆ LsQ 設定測量模式至串聯電感及品質因素
- ◆ LsD 設定測量模式至串聯電感及消耗因素
- ◆ RsXs 設定測量模式至串聯電阻及串聯電抗
- ◆ RpXp 設定測量模式至並聯電阻及並聯電抗
- ◆ ZTD 設定測量模式至阻抗及角度(Deg)
- ◆ ZTR 設定測量模式至阻抗及強度(Rad)

例如：

CPD.....設定並聯電容及消耗因素模式

上列的“COMMAND”並無回傳資料，但若於尾部加上“？”，則會先完成測量模式設定，再執行測量，之後回送結果。

例如：

CPD?

0.22724 0.12840.....回傳

例如：

DCR?

5.1029回傳

於“DCR”模態時回傳結果為單一測量值，其餘模態的回傳結果均為雙測量值，之間以空白(0X20)區隔。

C 值精確度：

100Hz	79.57 pF 159.1 pF	159.1 pF 1.591 nF	1.591 nF 15.91 nF	15.91 nF 159.1 uF	159.1 uF 1591 uF	1591 uF 15.91 mF
	2% ± 1 *	1% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
120Hz	66.31 pF 132.6 pF	132.6 pF 1.326 nF	1.326 nF 13.26 nF	13.26 nF 132.6 uF	132.6 uF 1326 uF	1326 uF 13.26 mF
	2% ± 1 *	1% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
1KHz	7.957 pF 15.91 pF	15.91 pF 159.1 pF	159.1 pF 1.591 nF	1.591 nF 15.91 uF	15.91 uF 159.1 uF	159.1 uF 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	1.591 pF 15.91 pF	15.91 pF 159.1 pF	159.1 pF 1.591 uF	1.591 uF 15.91 uF	15.91 uF 159.1 uF
	5% ± 1 *	2% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
100KHz (4080A)	NA	0.159 pF 1.591 pF	1.591 pF 15.91 pF	15.91 pF 159.1 nF	159.1 nF 1.591 uF	1.591 uF 15.91 uF
	NA	5% ± 1 *	2% ± 1	0.4% ± 1	2% ± 1	5% ± 1 *

L 值精確度：

100Hz	31.83 KH 15.91 KH	15.91 KH 1591 H	1591 H 159.1 H	159.1 H 15.91 mH	15.91 mH 1.591 mH	1.591 mH 159.1 uH
	2% ± 1 *	1% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
120Hz	26.52 KH 13.26 KH	13.26 KH 1326 H	1326 H 132.6 H	132.6 H 13.26 mH	13.26 mH 1.326 mH	1.326 mH 132.6 uH
	2% ± 1 *	1% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
1KHz	31.83 KH 1.591 KH	1.591 KH 159.1 H	159.1 H 15.91 H	15.91 H 1.591 mH	1.591 mH 159.1 uH	159.1 uH 15.91 uH
	2% ± 1 *	1% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
10KHz	318.3 H 159.1 H	159.1 H 15.91 H	15.91 H 1.591 H	1.591 H 159.1 uH	159.1 uH 15.91 uH	15.91 uH 1.591 uH
	5% ± 1 *	2% ± 1	0.5% ± 1	0.2% ± 1	0.5% ± 1	1% ± 1 *
100KHz (4080A)	31.83 H 15.91 H	15.91 H 1.591 H	1.591 H 159.1 mH	159.1 mH 15.91 uH	15.91 uH 1.591 uH	1.591 uH 0.159 uH
	NA	5% ± 1 *	2% ± 1	0.4% ± 1	2% ± 1	5% ± 1 *

D 値精確度：

Freq. \ Z _X	20M ~ 10M (Ω)	10M ~ 1M (Ω)	1M ~ 100K (Ω)	100K ~ 10 (Ω)	10 ~ 1 (Ω)	1 ~ 0.1 (Ω)
100Hz	±0.020 *	±0.010	±0.005	±0.002	±0.005	±0.010 *
120Hz						
1KHz						
10KHz	±0.050 *	±0.020	±0.020	±0.004	±0.020	±0.050 *
100KHz (4080A)	NA	±0.050 *				

θ Accuracy：

Freq. \ Z _X	20M ~ 10M (Ω)	10M ~ 1M (Ω)	1M ~ 100K (Ω)	100K ~ 10 (Ω)	10 ~ 1 (Ω)	1 ~ 0.1 (Ω)
100Hz	±1.046 *	±0.523	±0.261	±0.105	±0.261	±0.523 *
120Hz						
1KHz						
10KHz	±2.615 *	±1.046	±1.046	±0.209	±1.046	±2.615 *
100KHz (4080A)	NA	±2.615 *				

註：修正 P8、P10、P11、P13 計算式

$$|Z_X| = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_X}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}$$



台灣百科精密儀器股份有限公司

22204 新北市深坑區北深路三段250號3樓

Tel: +886-2-77416699 Fax: +886-2-77416686

<http://www.bkprecision.com.tw>

e-mail: bktaiwan@bkprecision.com.tw

ZOM-408MC-1D