



TR-5000 Series

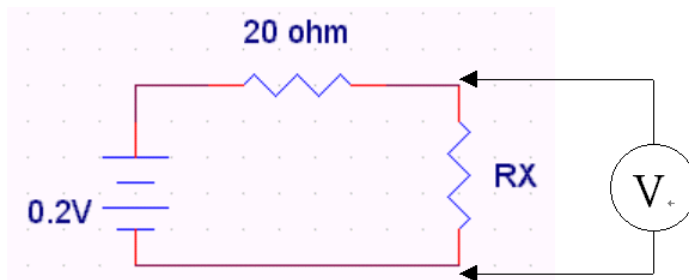
類比測試原理

Test Research, Inc.
April, 2004

C-1-1 Open / Short 測試原理	3
C-1-1-1 為什麼使用短路群(Short Group).....	3
C-1-1-2 如何形成短路群	4
C-1-1-3 如何決定 Raw THD 之值	5
C-1-1-4 短路測試原理	5
C-1-1-5 OPI 與 SPI 測試	7
C-1-2 JUMPER 測試原理	8
C-1-2-1 模式 0 (使用開路/短路(OPS)量測)	8
C-1-2-2 模式 1 (使用電阻量測).....	8
C-1-2-3 模式 2 (使用電阻量測).....	9
C-1-3 電阻量測.....	9
C-1-3-1 電阻測試原理	9
C-1-3-2 定電流源量測 MODE 0	9
C-1-3-3 低電流之定電流源量測 MODE 1	10
C-1-3-4 快速電阻測試 MODE2	10
C-1-4 電容量測.....	11
C-1-4-1 電容測試原理	11
C-1-4-2 AC Measure (MODE 0,1,2,3).....	13
C-1-4-3 CX // RX (MODE 5,6,7)	13
C-1-4-4 DC Constant Current test MODE4, MODE8	14
C-1-5 電感量測.....	15
C-1-5-1 電感量測原理	15
C-1-5-2 AC Measure (MODE 0,1,2,3).....	16
C-1-5-3 Lx // Rx (MODE 5,6,7)	17
C-1-6 電晶體量測 Measurement of Transistor	17
C-1-6-1 V_{CE} 量測 Measurement of VCE (MODE3, 4)	18
C-1-6-2 h_{fe} 量測(MODE12, 13)	18
C-1-7 FET 量測(MODE14, 15)	18
C-1-8 IC Clamping Diode 量測	18
C-1-8-1 Clamping Diode 測試原理.....	18
C-1-9 Agilent 測試技術.....	19
C-1-9-1 Agilent TestJet 測試原理.....	19
C-1-10 三端電容極性測試技術.....	21
C-1-10-1 三端電容極性測試原理	21
C-1-10-2 三端電容極性測試程式說明	23
C-1-11 隔離效果原理的探討	26

C-1 類比元件測試原理

C-1-1 Open / Short 測試原理



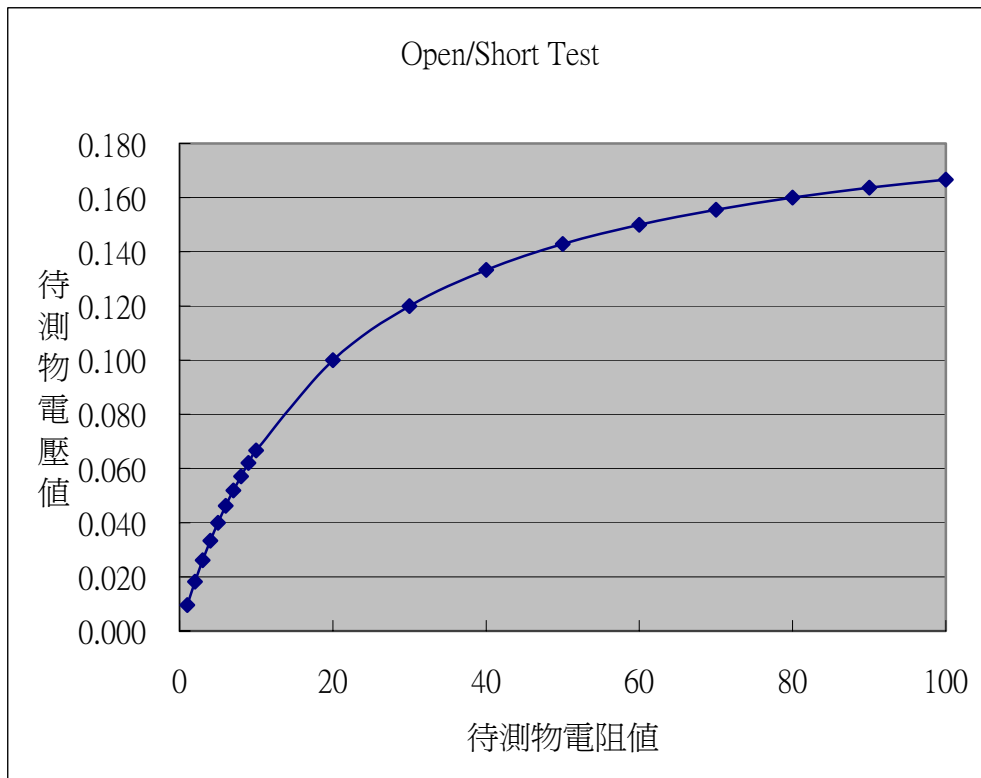
由上圖所示，其 RX 是為待測物，由系統送出 0.2V，內阻為 20 OHM 之訊號，再用電壓表量測待測兩端之電壓，而待測物的阻值可經由下列公式反求之。

我們令待測物之電阻為 R_X ，待測物上之電壓為 V_{RX} ，所以待測物之電阻計算如下列公式所示：

$$R_X = \frac{20 \times V_{RX}}{0.2 - V_{RX}}$$

故由上述之簡單公式我們可以輕易的判斷出待測物之電阻值。

下圖為待測物電阻值與其待測物電壓值之關係。



C-1-1-1 為什麼使用短路群(Short Group)

電路板之短路測試是要測試出待測電路板上不被預期的(Unexpected)短路現象，而待測電路板上通常亦有一些預期的(Expected)短路，如 Jumper、Fuse 或小電阻、電感等小於短路 Threshold 之元件存在。故可藉由學習的過程中，將預期的短路形成一短路群，以節省測試程式

準備時間及加快測試速度。

另一方面，電路板之開路測試是要測出待測電路板上預期(Expected)短路的元件是否因錯件或漏件而造成開路，例如下列之元件即可在開路測試中，測出是否為開路。

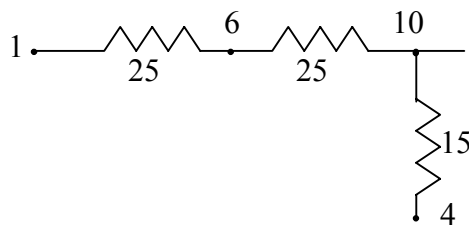
- Fuse
- 小於短路 Threshold 之小電阻
- Jumper
- Inductors
- Traces
- Cable

C-1-1-2 如何形成短路群

短路群學習時會將預期(Expected)短路形成短路群，但其判斷的準則為何？

TR-5001 在學習短路群時，將由起始針號開始，循序尋找與此針號之阻抗小於 Raw THD 之針點，形成一短路群。

例 1：



Raw THD = 25

則短路群為 $\langle 1, 6, 10 \rangle$

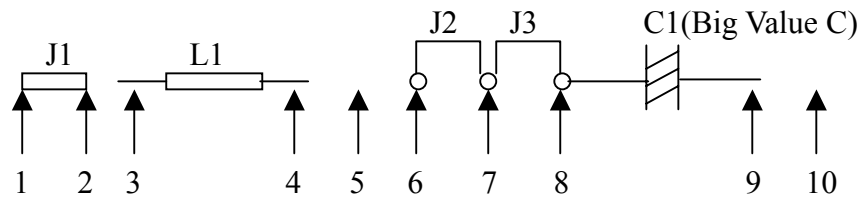
$\langle 4 \rangle$

說明：

1. 針號 1 為短路群 $\langle 1, 6, 10 \rangle$ 之最小針號，則針號 6 及針號 10 與針號 1 之等效阻抗皆須 小於 25ohm(Raw THD)。

2. 針號 4 及針號 10 之阻抗小於 25ohm(Raw THD)，但因為針號 10 已與針號 1 屬於同一短路群，且針號 4 及針號 1 之阻抗大於 25ohm，所以針號 4 並不屬於此一短路群。

例 2：



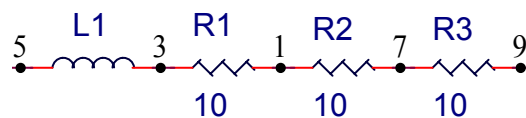
學習後之短路群為 $\langle 1,2 \rangle$
 $\langle 3,4 \rangle$
 $\langle 6,7,8 \rangle$

說明：

1. 針號 9 與針號 8 間為一大電容，瞬間為短路，學習時會排除此一現象。
2. 針號 5、針號 9 及針號 10 不屬於任一短路群，亦可視為單一針號的短路群。
3. 短路測試時，即測試短路群之間是否有不預期(Unexpected)短路存在。

C-1-1-3 如何決定 Raw THD 之值

Raw THD 初始之設定值為短路 Threshold+20ohm，使用者亦可更改此設定值，以節省短路測試時間。使用者如設定 Raw THD 等於短路 Threshold，則如以下之例子：



Raw THD = Short Threshold = 15

短路群為 $\langle 1,3,5,7 \rangle$ ，但短路測試時即會顯示 $\langle 1,3,5,7 \rangle \langle 9 \rangle$ 短路，原因是 $\langle 7 \rangle \langle 9 \rangle$ 之阻抗值小於 15ohm。

解決方法：

1. 短路 Threshold 改為 5 ohm，或
2. 將 Raw THD 設成 25 ohm，重新學習，將針號 9 學習入短路群中，或
3. 直接將針號 9 加入短路群。

C-1-1-4 短路測試原理

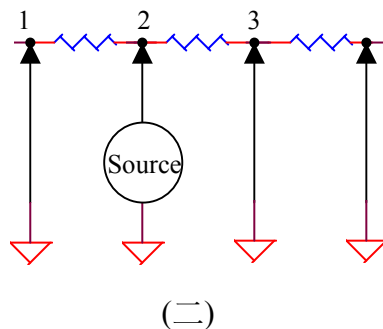
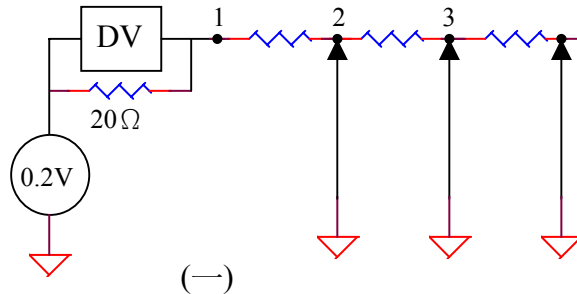
以下再次詳細說明 TR-5001 短路測試之原理。TR-5001 進行短路測試時，分為粗測(Raw Test)及細測(Fine Test)二階段：

粗測(Raw Test)，某一短路群與其他針點間之阻抗小於 Raw THD，即

記錄此短路群有可疑短路針點(Suspicious Short)。

細測(Fine Test)，將粗測後之可疑短路針點兩兩對測，以找出是否有小於短路 Threshold 之真正短路。

短路粗測時之硬體設定



短路測試進行粗測時，將針號 1 接至 Source，而其他針號皆接至 GND，量測其間之阻抗。若阻抗小於 Raw THD，則記錄此針號為可疑短路針點(Suspicious Short)，而後將針號 1 接回 GND，再將 Source 接至針號 2，以同樣方式量測其他針點之阻抗，並記錄是否為可疑短路點，重複此動作，直到最後針點為止。

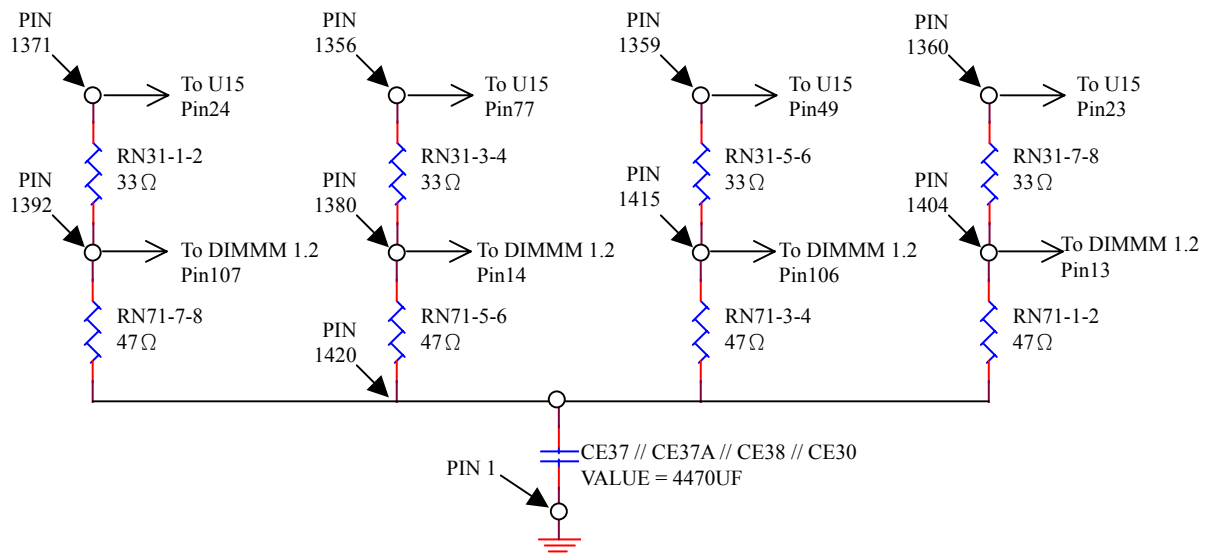
在學習短路群時，小於 Raw THD 之針點皆已形成短路群。故對一良好電路板而言，理論上於粗測(Raw Test)結束後，不應有可疑短路針點被紀錄下來而進入細測(Fine Test)。但實際狀況可能因為電容的瞬間短路或假性電路(Phantom Shorts)造成仍有可疑短路點被紀錄下來，而仍需進入細測(Fine Test)以找出是否有真正的短路針點。進入細測之後，由於需要花費時間來找出是否有真正的短路針點，所以要節省測試時間，即要儘可能減少可疑短路點的數目。

如何減少粗測後之可疑短路針點

可疑短路針點的可能產生原因：

1. 電容的瞬間短路
2. 假性電路(Phantom Shorts)

電容的瞬間短路無法避免，只能延長測試時間以判斷是否為真正短路；但假性電路可藉由改變 Raw THD 之設定來避免，如下圖：



粗測至針點 1392 時，由於粗測之等效電路為 33Ω 並聯 47Ω ，其等效阻抗只有 19.4Ω ，小於 Raw THD，即會被記錄為可疑短路針點，而造成細測(Fine Test)之測試時間較長。

解決方法：

將 Raw THD 設成 18 ohm，重新學習。

C-1-1-5 OPI 與 SPI 測試

除了短路群的開短路測試外，為了增加開短路測試的可測率或是得到較詳細的測試結果訊息，系統軟體另外提供兩種測試方法來測試開短路，這兩種測試方法可藉由測試參數的設定選擇是否加入正常的測試項目。

OPI 測試

系統軟體使用電阻模式執行開路測試。短路群學習的過程中，系統軟體將自動產生此測試所需要的資料。在短路群內的任兩點將產生一個測試步驟，例如短路群 68 包含 1152、1153、1154 三點，在 OPI 測試中將產生三個測試步驟，每個測試步驟可預先得到其阻抗值。例如：

1152 1153，阻抗 16.2

1152 1154，阻抗 0.5

1153 1154，阻抗 0.3

開路測試時，如果某個測試步驟其量測阻抗值偏高時，表示該兩點開路。此種測試方法可以得到開路不良的阻抗值。

SPI 測試

系統軟體使用電阻模式執行短路測試。短路群學習的過程中，系統軟體將自動產生此測試所需要的資料。在短路群內的任兩點如果沒有任何造成該兩點短路的零件，將產生一個測試步驟。例如某個短路群包含 13、484、1351 三點，如果 484、1351 這兩點間沒有任何造成短路的零件，在 SPI 測試中將產生一個測試步驟，每個測試步驟可預先得到其阻抗值。例如：

484 1351 , 阻抗 12.5

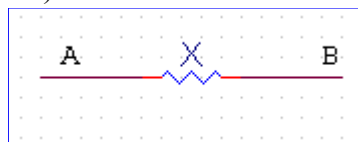
短路測試時，如果某個測試步驟其量測阻抗值偏高或偏低時，表示該兩點開路或短路。此種測試方法可以得到開短路不良的阻抗值。另外，也可以藉由阻抗的變化測試短路群內的短路。

C-1-2 JUMPER 測試原理

在 TR-5001 上我們定義量測值"1"為"短路"，量測值"4"為開路。

C-1-2-1 模式 0 (使用開路/短路(OPS)量測)

範例: (ops=5, 25, 55)



X = Resistor value A to B

	跳線、短路測試之量測值
$0 < X < 5\Omega$	1
$5\Omega < X < 25\Omega$	1
$25\Omega < X < 55\Omega$	3
$55\Omega < X$	4

如果 $X < 25\Omega$ ，則量測值顯示 1

在 $25\Omega < X < 55\Omega$ 之間，則量測值顯示 3

若 $55\Omega < X$ ，則量測值顯示 4

C-1-2-2 模式 1 (使用電阻量測)

如果 $X < 5\Omega$ ，則量測值顯示 1

如果 $5\Omega < X$ ，則量測值顯示 4

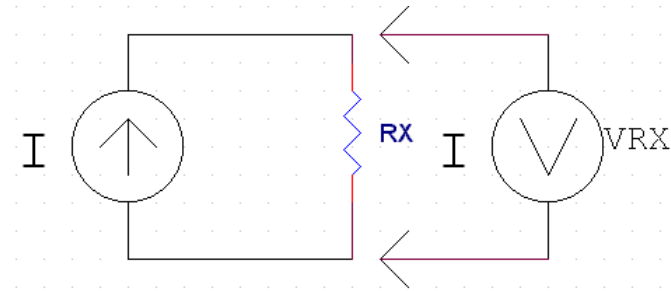
C-1-2-3 模式 2 (使用電阻量測)

如果 $X < 10\Omega$ ，則量測值顯示 1

如果 $10\Omega < X$ ，則量測值顯示 4

C-1-3 電阻量測

C-1-3-1 電阻測試原理

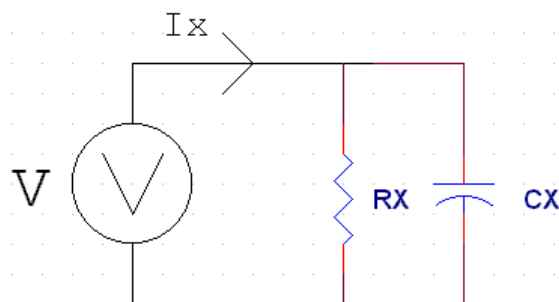


如上圖所示，在量測電阻時是由系統送出一個定電流源到待測物上，經由量測待測物兩端之電壓來計算出待測物之電阻值。

我們令系統送出之定電流為 I ，待測物之電阻為 R_X ，待測物上之電壓為 V_{RX} ，而待測物之電阻值可以由以下之公式計算而得之。

$$R_X = \frac{V_{RX}}{I}$$

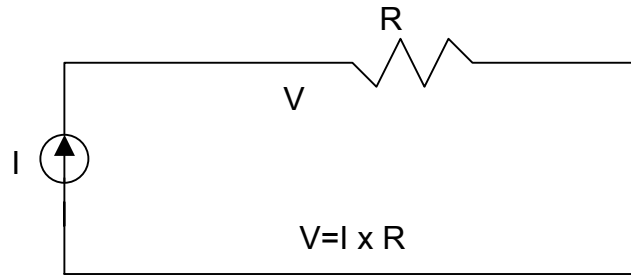
其中 I 會隨著待測物電阻值之大小而改變，待測物電阻越大者，其電流會越小。



如上圖所示，若待測物 R_X 並聯有較大的電容時，若仍使用定電流的方式來量測的話，則電容會將定電流源之電流分流，直到電容充飽才成斷路，如此會增加量測時間，此時若改以電壓源 $V(0.2V)$ 對電容加以充電，使電容迅速飽達到斷路之狀態，再量回其電流 I_X ，即可輕易的求得 R_X 。計算公式如下：

$$R_X = \frac{V_X}{I_X}$$

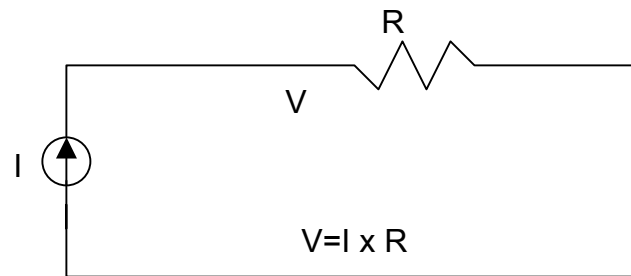
C-1-3-2 定電流源量測 MODE 0



範圍	電流值
1Ω—299.99Ω	5mA
300Ω—2.99KΩ	500uA
3KΩ—29.99KΩ	50uA
30KΩ—299.9KΩ	5uA
300KΩ—2.99MΩ	0.5uA
3MΩ—40MΩ	0.1uA

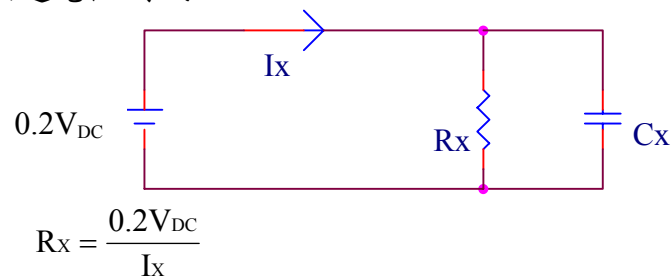
為了量測不同之電阻值，所以提供不同大小之定電流源來加以量測，使得其電壓值落在 0.15V to 1.5V 之間。

C-1-3-3 低電流之定電流源量測 MODE 1



範圍	電流值
1Ω—299.99Ω	500uA
300Ω—2.99KΩ	50uA
3KΩ—29.99KΩ	5uA
30KΩ—299.9KΩ	0.5uA
300KΩ—2.99MΩ	0.1uA

C-1-3-4 快速電阻測試 MODE2



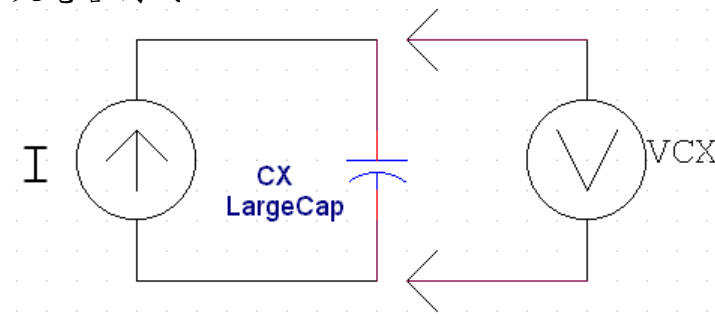
我們令直流電壓為 0.2V 並使得電容 C_X 充飽電壓，此時因電容已充飽，所以流經電容上之電流 I_C 為零，故將 0.2V 除以總電流 I_X 即可得到 R_X 之電阻值。

$$V = I \times R$$

C-1-4 電容量測

C-1-4-1 電容測試原理

大電容測試

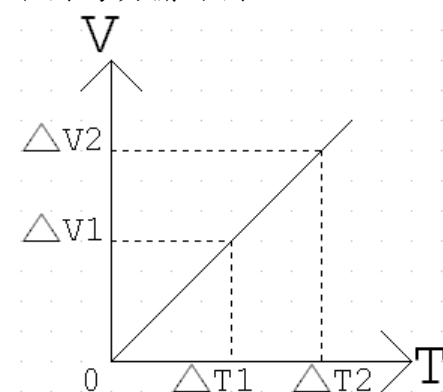


上圖為大電容量測之線路，量測原理是利用系統送之定電流源，對待測物電容 C_X 加以充電，經過一固定時間 T 之後，再去量測待測物電容 C_X 上之電壓值 V_{CX} ，於是便可以利用下列之公式加以算出 C_X 之電容值。

$$I \times T = C_X \times V_{CX}$$

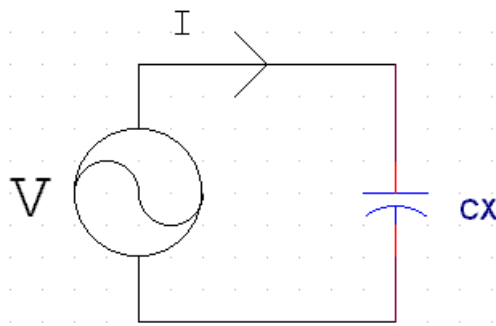
其中因為 I 為定值， T 也為定值， V_{CX} 為已值，故可輕易地算出 C_X 之值。

下圖為其關係圖



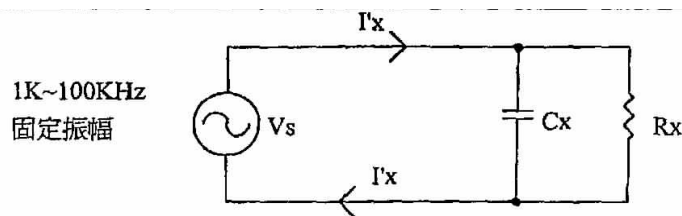
交流信號之電容量測

如果我們使用直流信號來量測電容，則電容在一開始的暫態時會類似短路，當其電容穩定後則類似斷路，因此我們無法使用直流信號來量測電容，於是我們使用交流信號來量測電容。其交流信號之大小為 40mV_{rms} 之正弦波電壓。



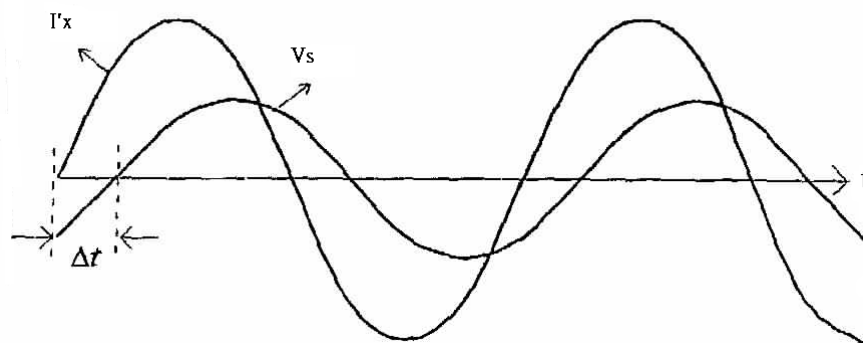
如上圖所示，在待測物電容 CX 兩端加上一固定頻率之正弦波信號，由於電容對於交流信號所呈現之阻抗會隨著頻率而改變，所以我們會對待測物施以一固定頻率之正弦波信號，再量測其流經待測物之電流值 I，經由 V/I 即可得到電容之交流阻抗，然後再經由阻抗計算公式即可得到其電容值。公式如下：

$$\text{電容交流阻抗} = \frac{1}{2\pi \times \text{freq} \times Cx}$$

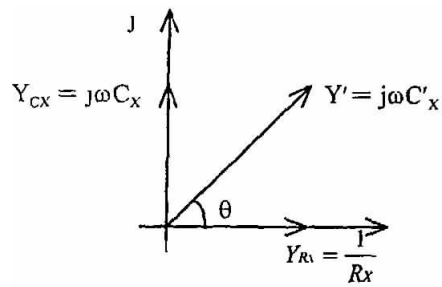


交流相位量測

若是在上述之量測中，其待測物 CX 又並聯有其他元件，如電阻時，此時便無法僅以量測流經待測物電流之方式來求得待測物 CX 之電容值，此時便需要借助相位之輔助才可以正確地計算出 CX 之電容值。其電壓/電流之波形如下：



當我們算出了交流等效阻抗而且也知道了相位角度後，我們便可以用極座標來表示，如下圖所示：



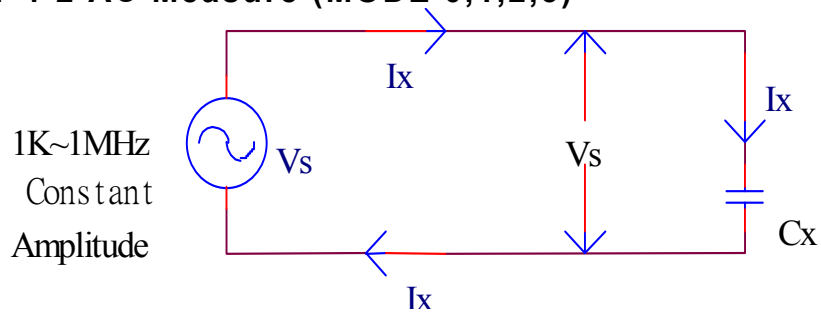
$$|Y'| \sin\theta = |Y_{Cx}|$$

$$\omega C'_x \sin\theta = \omega \cdot C_x$$

$$C'_x \sin\theta = C_x$$

有了長度和相位角度之後便可以得到電容的交流阻抗，此時再利用阻抗計算公式便可以得到其電容值。

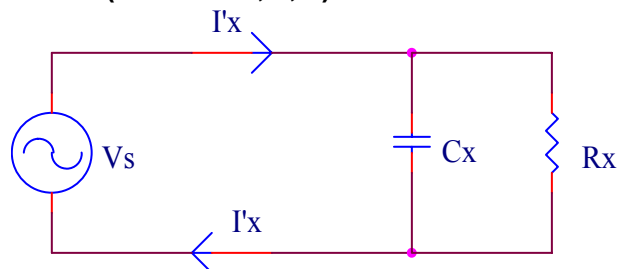
C-1-4-2 AC Measure (MODE 0,1,2,3)

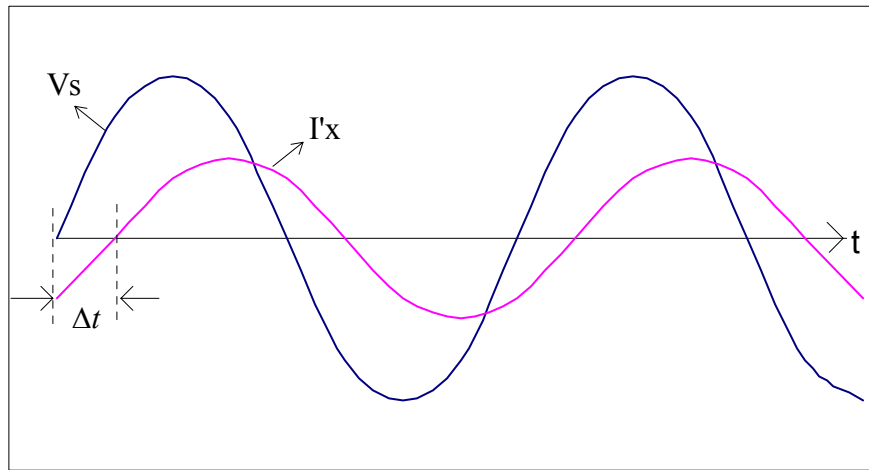


$$V_s / I_x = Z_c = \frac{1}{2\pi f \times C_x}$$

	交流信號頻率
MODE0	1KHz
MODE1	10KHz
MODE2	100KHz
MODE3	1MHz

C-1-4-3 CX // RX (MODE 5,6,7)





時間差乘上 $2\pi f$ 即可得到相位差 (Δt) , $\Delta t \times 2\pi f = \Delta\theta$

$$Y' = Y_{CX} + Y_{RX}$$

$$Y' = j\omega C_X + 1/R_X$$

$$Y' = j\omega C'_X$$

$$|Y'| \cdot \sin\theta = |Y_{CX}|, \text{ if } R_X \rightarrow \infty \Rightarrow \theta \rightarrow 90^\circ$$

$$\omega \cdot C'_X \cdot \sin\theta = \omega \cdot C_X \quad R_X \rightarrow 0 \Rightarrow \theta \rightarrow 0^\circ$$

$$\therefore C'_X \cdot \sin\theta = C_X$$

若電阻 R_X 的值很大，則 $\sin\theta \doteq 1 \rightarrow C'_X \doteq C_X$

若電阻 R_X 的值很小，則 $\sin\theta \doteq 0 \rightarrow C'_X \doteq 0$

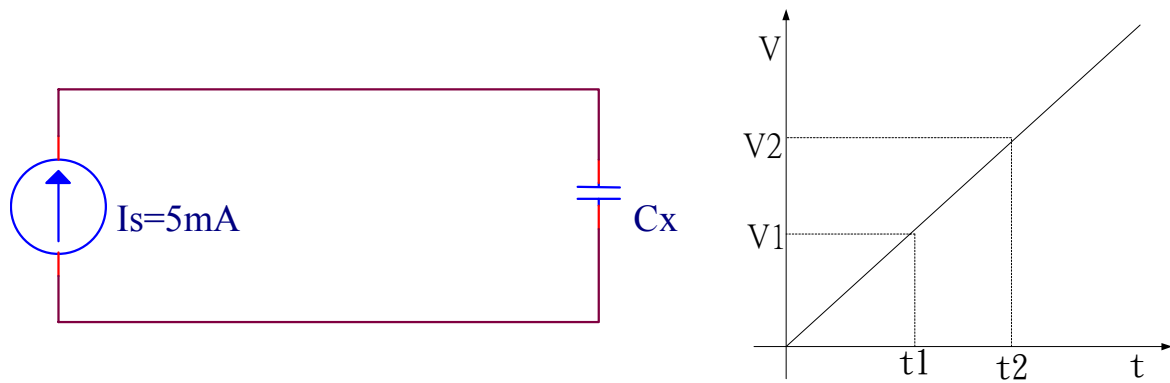
C-1-4-4 DC Constant Current test MODE4, MODE8

測試原理：

$$Q_C = C_X \times V_C = It$$

$$\Delta Q_C = C_X \times \Delta V_C = I_s \times \Delta t$$

$$\frac{I_s}{C_X} = \frac{\Delta V_C}{\Delta t} = \text{const} = \text{Slope}$$



MODE 4 Current: 5mA Max: 40000uF

MODE 8 Current: 10mA Max: 80000uF

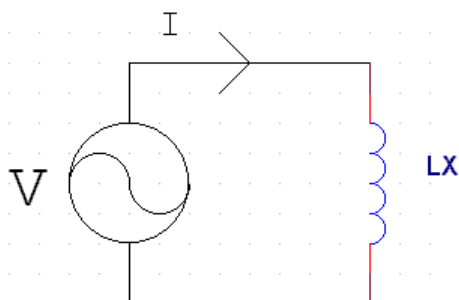
如果待測電容的電容值小於 1000uF，MODE 4 的測試會比 MODE 8 來得好且速度也較快。

電容在不同頻率下之阻抗				
	MODE0	MODE1	MODE2	MODE3
	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz
1Pf		16M	1.6M	160K
10pF	16M	1.6M	160K	16K
100pF	1.6M	160K	16K	1.6K
1nF	160K	16K	1.6K	160
10nF	16K	1.6K	160	16
100nF	1.6K	160	16	
1uF	160	16		
10uF	16	1.6		
100uF	1.6			

C-1-5 電感量測

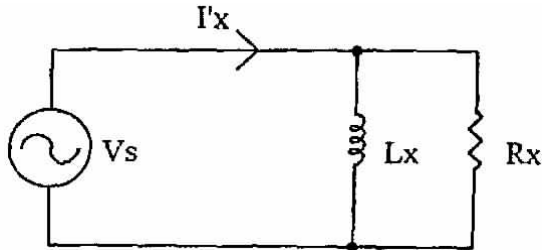
C-1-5-1 電感量測原理

如果我們使用直流信號來量測電感，則電感在一開始的暫態時會類似開路，當其電感穩定後則類似短路，因此我們無法使用直流信號來量測電感，於是我們使用交流信號來量測電感。其交流信號之大小為 40mV_{rms} 之正弦波電壓。



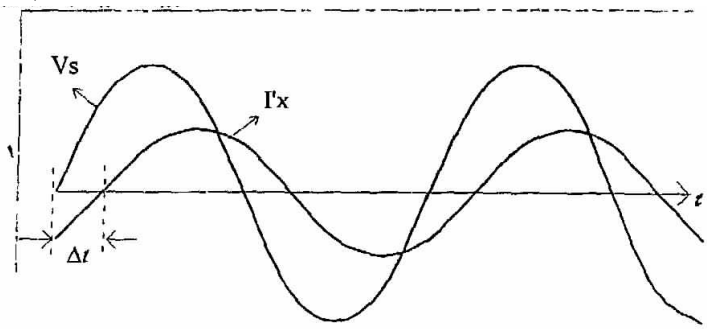
如上圖所示，在待測物電感 L_X 兩端加上一固定頻率之正弦波信號，由於電感對於交流信號所呈現之阻抗會隨著頻率而改變，所以我們會對待測物施以一固定頻率之正弦波信號，再量測其流經待測物之電流值 I ，經由 V/I 即可得到電感之交流阻抗，然後再經由阻抗計算公式即可得到其電感值。公式如下：

$$\text{電感交流阻抗} = 2\pi \times \text{freq} \times L_X$$

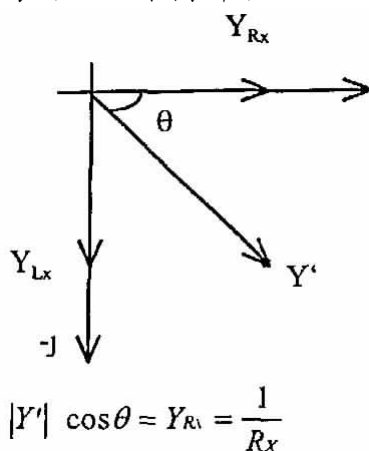


交流相位量測

若是在上述之量測中，其待測物 L_X 又並聯有其他元件，如電阻時，此時便無法僅以量測流經待測物電流之方式來求得待測物 L_X 之電感值，此時便需要借助相位之輔助才可以正確地計算出 L_X 之電感值。其電壓/電流之波形如下：

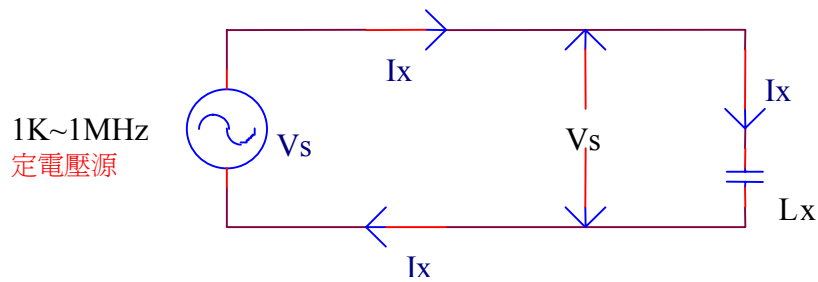


當我們算出了交流等效阻抗而且也知道了相位角度後，我們便可以用極座標來表示，如下圖所示：



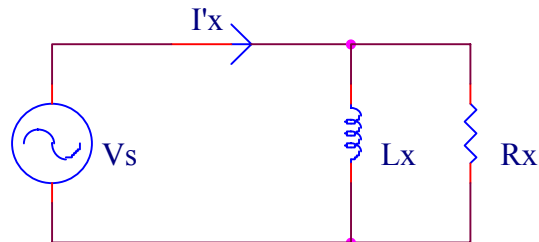
有了長度和相位角度之後便可以得到電感的交流阻抗，此時再利用阻抗計算公式便可以得到其電感值。

C-1-5-2 AC Measure (MODE 0,1,2,3)



$$V_s / I_x = Z_L = 2\pi f \times L_x$$

C-1-5-3 Lx // Rx (MODE 5,6,7)



$$Y' = Y_{L_x} + Y_{R_x} = -j \frac{1}{\omega \cdot L_x} + \frac{1}{R_x}$$

$$Y' = -j \frac{1}{\omega \cdot L'_x}$$

$$\Rightarrow |Y'| \cdot \sin \theta = |Y_{L_x}|$$

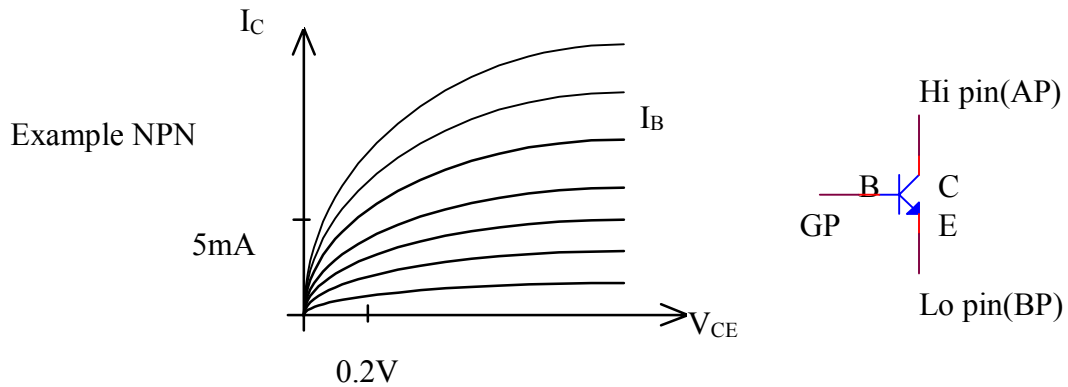
$$\frac{1}{\omega \cdot L'_x} \cdot \sin \theta = \frac{1}{\omega \cdot L_x}$$

$$L_x = L'_x / \sin \theta$$

電感在不同頻率下之阻抗				
	MODE0	MODE1	MODE2	MODE3
	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz
1uH	6.3mΩ	63mΩ	0.63Ω	6.3Ω
10uH	63mΩ	0.63Ω	6.3Ω	63Ω
100uH	0.63Ω	6.3Ω	63Ω	630Ω
1mH	6.3Ω	63Ω	630Ω	6.3KΩ
10mH	63Ω	630Ω	6.3KΩ	63KΩ
100mH	630Ω	6.3KΩ	63KΩ	630KΩ
1H	6.3KΩ	63KΩ	630KΩ	6.3MΩ
10H	63KΩ	630KΩ	6.3MΩ	
60H	378KΩ			

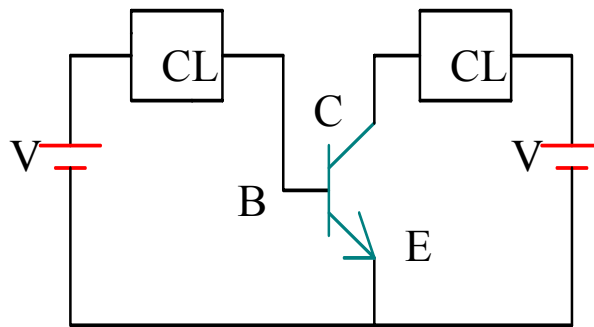
C-1-6 電晶體量測 Measurement of Transistor

C-1-6-1 V_{CE} 量測 Measurement of VCE (MODE3, 4)



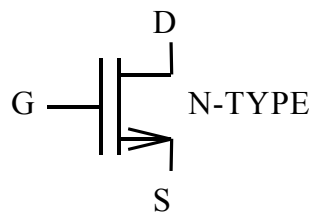
- 將射極(Emitter)接地並從 AP 送一定電流源 5mA。
- 由 V_{BE} (GP) 輸入電壓。
- 將 V_{BE} 增加到電晶體進入飽合，於是使得 V_{CE} 的電壓低於 0.2V。

C-1-6-2 h_{fe} 量測(MODE12, 13)



藉由量測 I_B 及 I_C 的值便可算出 h_{fe} 值，公式如下： $\beta = h_{FE} = I_C / I_B$

C-1-7 FET 量測(MODE14, 15)



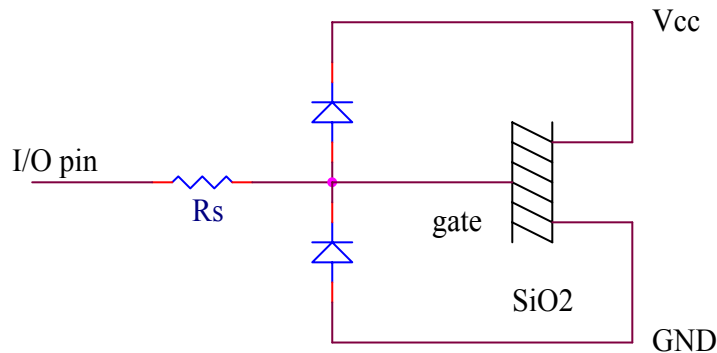
- 在待測物的 V_{DS} 及 V_{GS} 分別輸入電壓並增 V_{GS} 使得場效應電晶體導通。
- 量測其 I_{DS} 。

C-1-8 IC Clamping Diode 量測

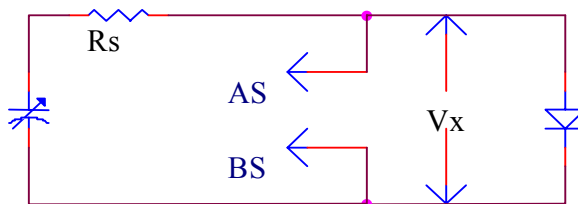
C-1-8-1 Clamping Diode 測試原理

大部份 IC 在輸入/輸出 PIN 中，會加上保護 DIODE，主要目的為作電

壓 CLAMP，以 CMOS 元件為例



由於輸入端為 MOS 的 gate，gate 為一"金屬-SiO₂"的電容，其中 SiO₂ 為一薄膜，若 gate 的電壓太高，如靜電，將會產生大電場而擊穿此 SiO₂ 薄膜，故須對 gate 端作限壓，乃加入 DIODE，但當 PIN 的電壓過高時，易將 DIODE 燒燬(∵有大電流流經 DIODE)，故常在 gate 端串接電阻作限流，以保護 DIODE 即"以 DIODE 保護 MOS 的 gate" 而"以 RS 保護 DIODE"，此 RS 由 IC 製程中所作出，通常為數百 Ω 至數 KΩ，誤差很大(∵IC 的製程不易做出準確的電阻，且此 RS 只是作保護，不須準確)



Clamping Diode TEST 即利用此 DIODE 特性，來判斷 IC 的 PIN 有無空焊

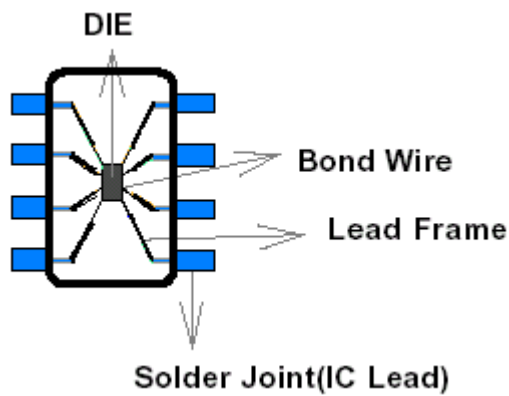
方法為於控制板中產生電壓(依輸入值)源送出，而為防止負載短路，須加限流(3mA)，同時於控制板中量回負載電壓(與量電阻的 V_x 方式相似)，由於 RS 的誤差大，且隨各廠牌而異，故對 Clamping Diode 的量測值需取較大的誤差

此電壓源為可調式，通常以一 DAC(數位-類比轉換器)來完成，由於須由程式控制，故此可調式電壓源置於控制板內，同時量回 V_x 的方式與量電阻相似，故由控制板量測 V_x 值。

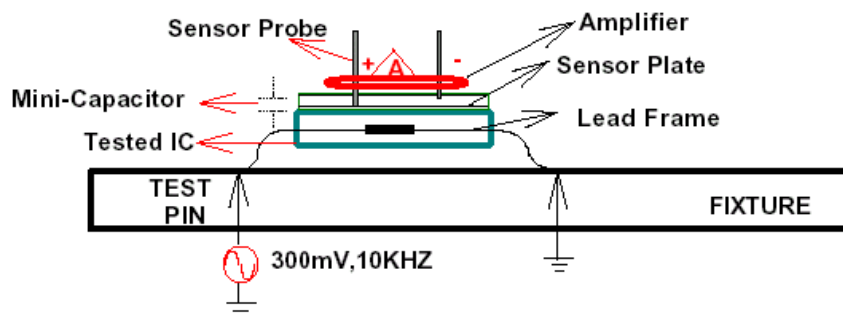
C-1-9 Agilent 測試技術

C-1-9-1 Agilent TestJet 測試原理

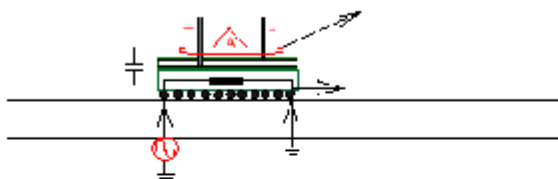
下圖是 IC 內部的接線情形



其測試結構及測試示意圖如下所示



IC PIN 正常連接

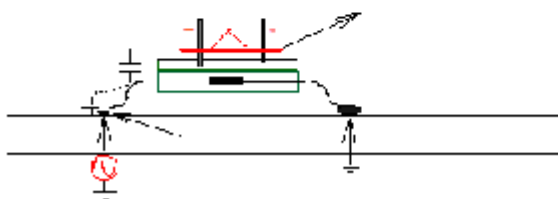


$$C_x > 20 \text{ fF (normal)}$$

$$20 \times 10^{-15} \text{ F}$$

$$1/C_T = 1/C_x + 1/C_y$$

IC PIN OPEN



$$C_T = 0 \text{ fF} = 0 \times 10^{-15} \text{ F}$$

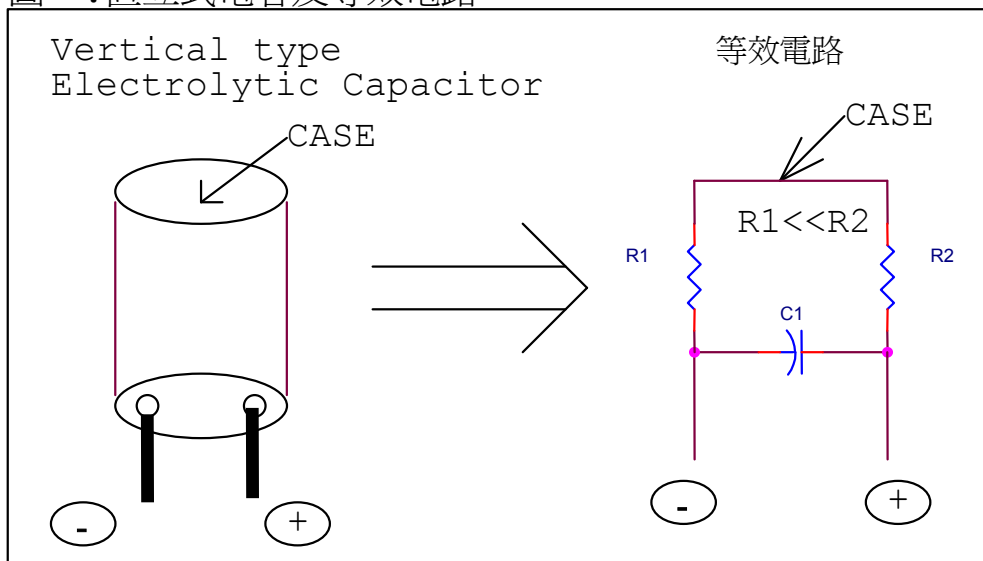
其原理是利用 IC 內部的 Lead Frame 與 Sensor Plate 之間的微小電容量，當我們從 TEST PIN 送一個 300mV,10KHz 之訊號到待測物的待測腳上時，此時會將 IC 的其他接腳透過 FIXTURE 上的 TESTPIN 接到地，若是待測腳 OPEN 時由於 Lead Frame 上並沒有信號，所以 Sensor Plate 上的 Amplifier 無法感應到夠大的電壓，當接腳是接上的時則因為 Lead Frame 與 Sensor Plate 之間的電容量使得 Sensor Plate 上的 Amplifier 可以感應到一個比 IC OPEN 時大的電壓，於是我們便可以依此電壓得知 IC 腳是否有 OPEN。

C-1-10 三端電容極性測試技術

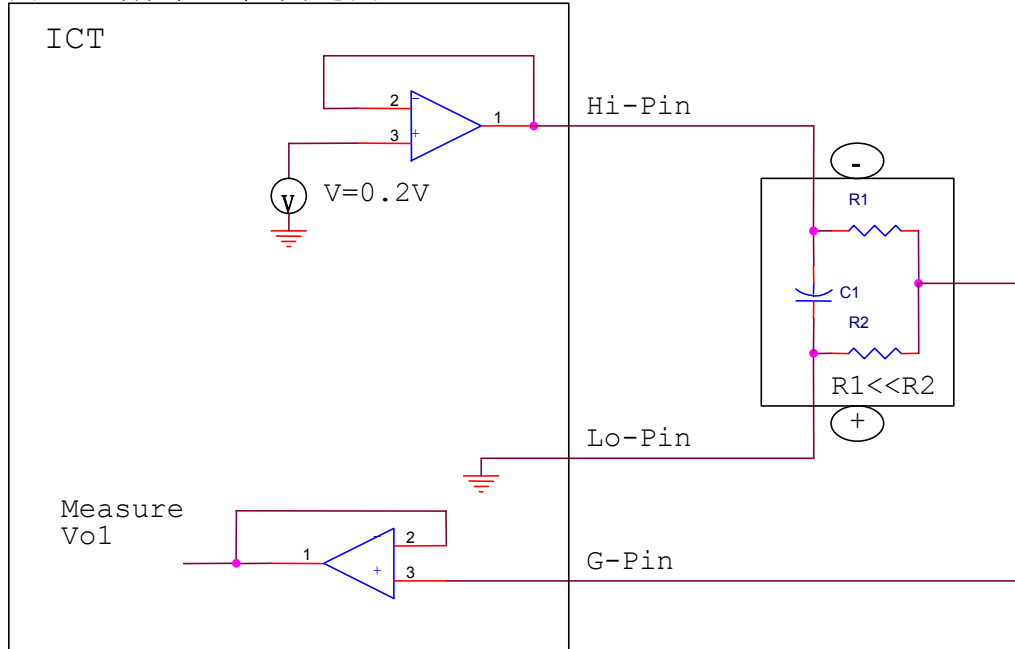
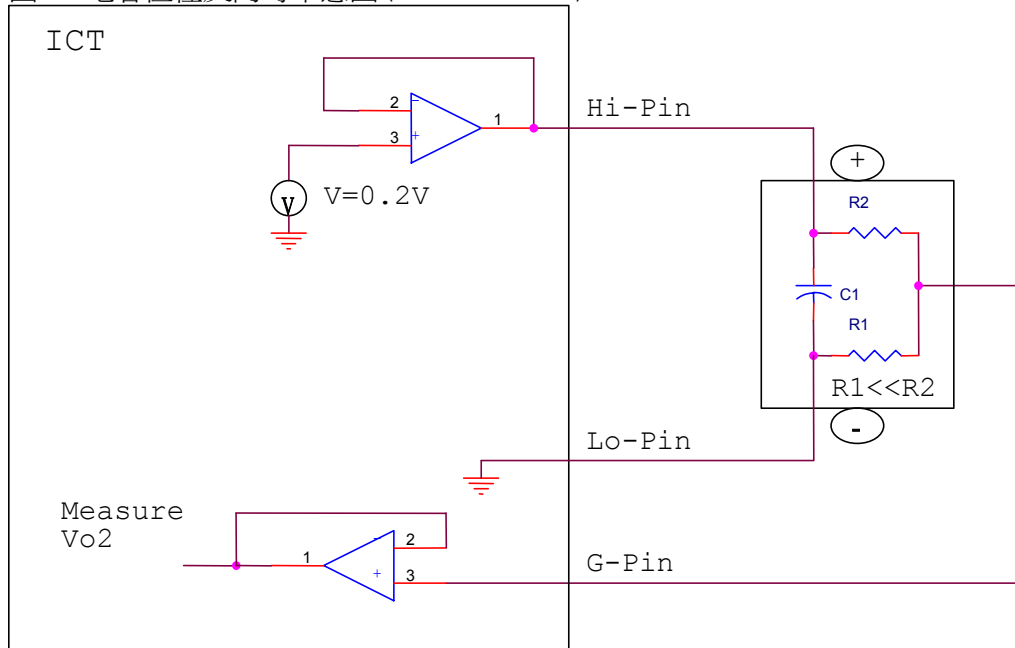
C-1-10-1 三端電容極性測試原理

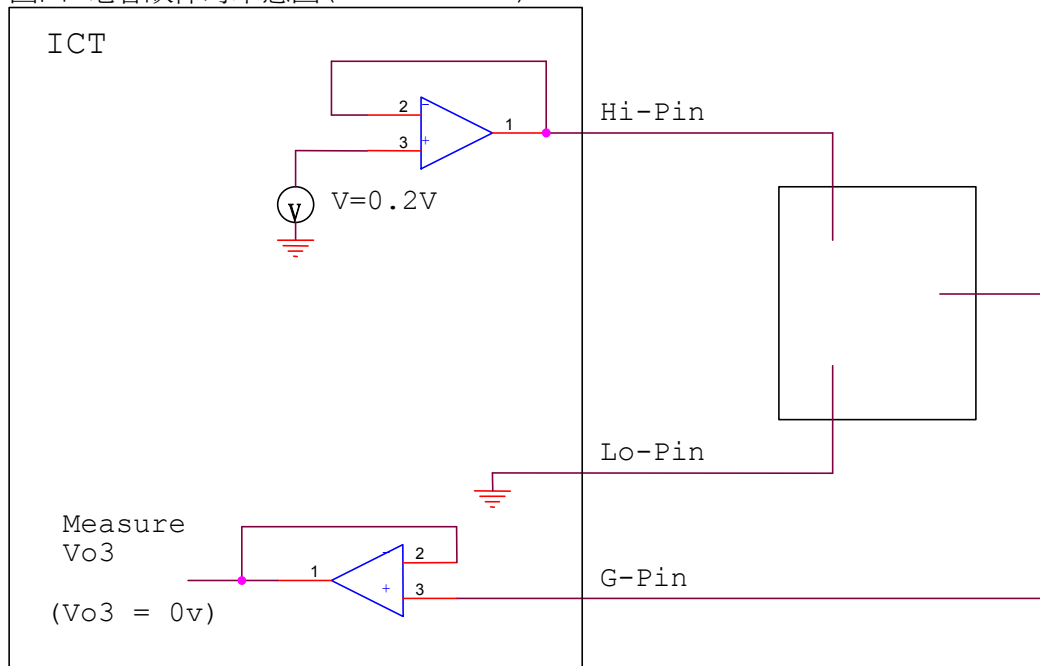
1. 三端電容極性測試原理是利用電解電容的負極與外殼間的阻抗遠比正極與外殼間的阻抗小,因此可以在電容的正負極間施加一直流電壓 0.2v, 並量測電容的外殼電壓值,由此電壓值可以判斷出電容反插或缺件.
2. 由於必須量測外殼電壓,故只有直立式電解電容才能檢測.
3. 圖一為直立式電解電容的等效電路.
4. 圖二為電容正常時的檢測電路示意圖. 量到電容外殼電壓為 V_{o1} .
5. 圖三為電容反插時的檢測電路示意圖. 量到電容外殼電壓為 V_{o2} .
6. 圖四為電容缺件時的檢測電路示意圖. 量到電容外殼電壓為 V_{o3} .
7. 圖五為電容外殼電壓 V_{o1} , V_{o2} , V_{o3} 的比較圖,由於 $R1 \ll R2$, 且 V_{o3} 趨近於 0v, 故 $V_{o1} \gg V_{o2}$, $V_{o1} \gg V_{o3}$. 因此可以輕易的判斷出電容是否有反插或缺件.

圖一:直立式電容及等效電路



圖二：電容極性正常時示意圖

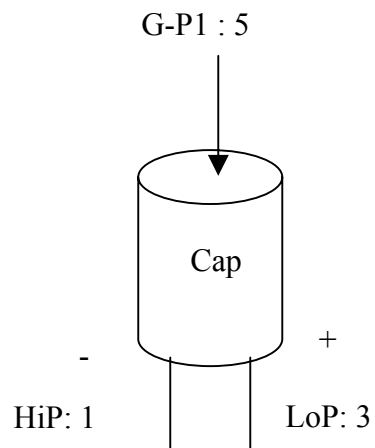
圖三：電容極性反向時示意圖 ($V_{o2} \ll V_{o1}$)

圖四：電容缺件時示意圖 ($V_{o3} \ll V_{o1}$)

圖五：電容外殼電壓比較圖

**C-1-10-2 三端電容極性測試程式說明**

1. 測試點：



2. 測試程式：

PartName	Act_V	Std_V	Hlim%	Llim%	Mode	Type	Hip	Lop	Dly	G-P1
CE1	0.2	0.12V	-1	20	8	PX	1	3	0	5
CE11	0.2	0.001V	-1	20	18	PX	11	13	0	15

說明：

測試原理為從 HiP 送 source voltage，然後從 G-P1 讀回量測值，由於缺件或反插，其量測值很低(接近 0)，所以只比較下限，上限 Don't care。

Act_V：Source voltage，建議值為 0.2V

Std_V：Sense Voltage (Threshold)，依實際 Debug 後決定

Hlim：固定為 -1 (Don't care)

Llim：建議值為 20，可依實際 Debug 後決定

Mode：固定為 8 或 18(適用於防爆電容)

Type：固定為 PX

Hip：電容負端 (source pin)

Lop：電容正端

Dly：依實際 Debug 後決定

G-P1：Sense Pin

3. 除錯規則：

將 Hip / Lop 相同的電容放在一起，例如 CE1,CE2,CE3 的 HiP 及 LoP 都是 1 及 3，所以測試程式如下：

PartName	Act_V	Std_V	Hlim%	Llim%	Mode	Type	Hip	Lop	Dly	G-P1
CE1	0.2	0.12V	-1	20	8	PX	1	3	0	5
CE2	0.2	0.12V	-1	20	8	PX	1	3	0	7
CE3	0.2	0.12V	-1	20	8	PX	1	3	0	9
CE4	0.2	0.15V	-1	20	8	PX	20	21	0	22
CE11	0.2	0.001V	-1	20	18	PX	11	13	0	15
CE12	0.2	0.001V	-1	20	18	PX	11	13	0	17

Debug 時可交換 HiP 及 Lop 比較量測值，以決定較佳之 Threshold (Std_V)

缺件量測值顯示為 -1，反向 Mode 18 量測值為負值，Mode 8 則低於 Threshold * (1-下限%)

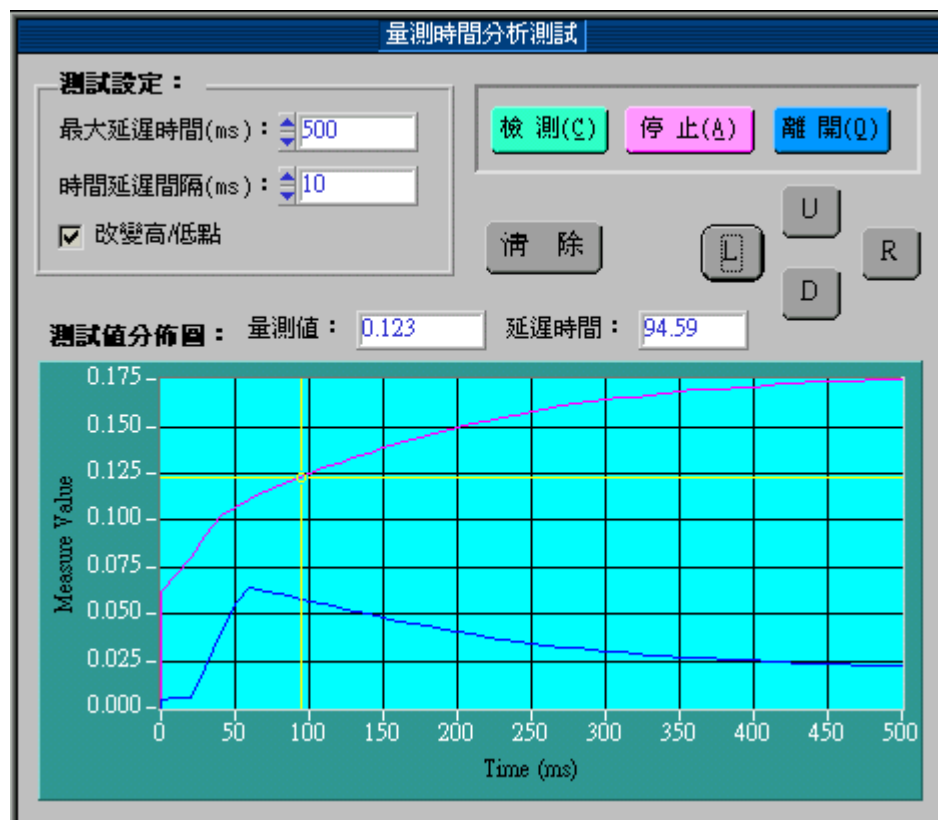
若交換 HiP 及 Lop 量測值差異不大可調整 Delay time 或 Source voltage(Act_v)

若交換 HiP 及 Lop 量測值皆很低，可能是第三端接觸問題，可先檢查第三端是否接觸正常或待測電容有歪斜，可用換針或扶正待測電容方式解決

治具製作時第三端選用測試針，需考慮相同位置待用料的高度差異，以免造成接觸不良或刺穿待測物的問題

三端電容量測是用來檢測缺件及反向，無法檢測錯件

可利用量測分析工具(Hot Key F12)，決定較佳 Threshold，Delay time

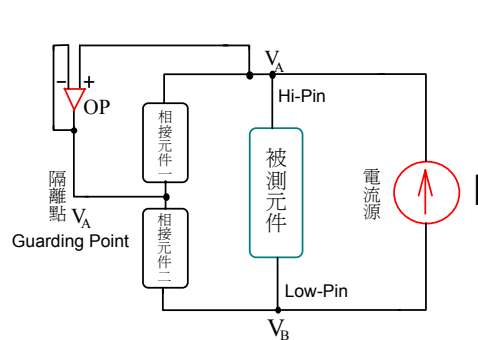


縱軸為量測值，橫軸為 Delay time，紅線表正常時曲線，藍線為勾選改變高低點的反向曲線

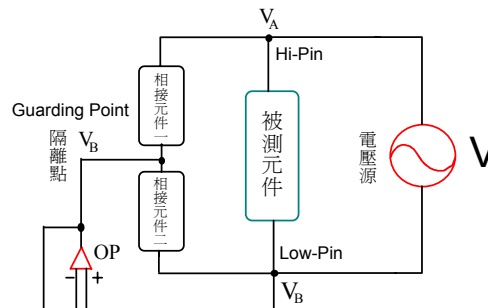
C-1-11 隔離效果原理的探討

在TR-5001的內部電路中，是利用一顆OP當做一個隔離點（最多可有五個隔離點）。

- (一)以電流源當信號源輸入時，在相接元件一之另一腳加上一等高電位能 (Guarding Point)，以防止電流流入與被測元件相接之旁路元件，確保量測的精準性。此時隔離點的選定必須以和被測元件高電位能腳(Hi-Pin)相接之旁路元件為參考範圍。(見圖一)
- (二)以電壓源當信號源輸入時，量測電流值，則在相接元件二之另一腳加上等低電位能(Guarding Point)，以防止與被測元件相接之元件所產生的電流流入，而增加量測的電流，影響量測的精準性。此時隔離點的選定必須以和被測元件低電位能腳(Low_Pin)相接之旁路元件為參考範圍。(見圖二)



圖一電流源測試圖



圖二電壓源測試圖