

LCR Meter 原理

1. 結構概要：

本文敘述電容器(capacitor)，電感器(inductor)，電阻器(resistor)等被動元件的電氣特性量測方法。待測元件(DUT)與一個參考電阻器(R_s)以串聯方式連接(自動平衡電橋)，一個弦波信號以數位方式產生(D/A converter)加到上述串聯電路，在此串聯電路的二個節點各自發展出振幅與相位各異的電壓。以一個類比數位轉換器(A/D converter)透過二個類比開關(analog switch)分時取樣此二節點電壓，再以數位信號處理(DSP)方式分析，將此二時域電壓轉換為向量式(振幅與相位)。待測元件兩端電壓及其流經電流可從上述兩向量得知，而量測信號頻率為已知，所以待測元件的串聯等效或並聯等效電路便可以計算方式求得，而相對應元件的電容，電感或電阻值也可求得，甚至電容器的發散因數(Dissipation factor)或電感器的品質因數(Quality factor)也可以算式求得。

2. 工作原理：

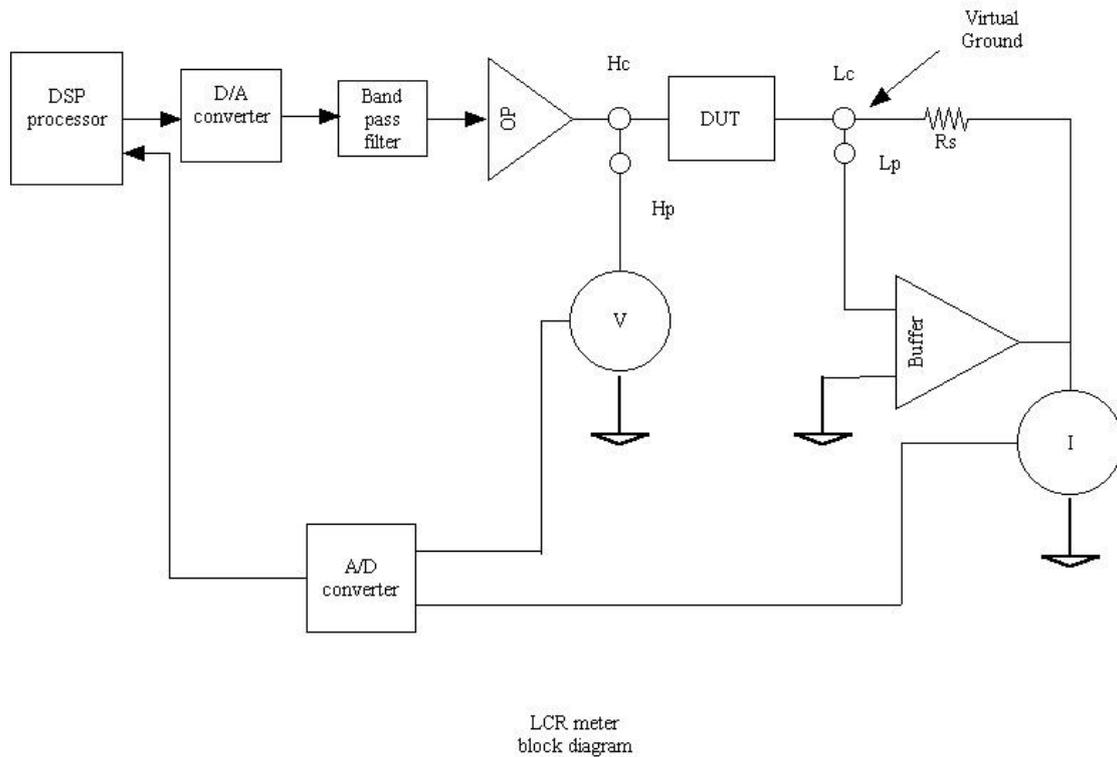
元件的阻抗特性可由其兩端電壓及其流經的電流之間的振幅大小及相對相位所決定，若工作頻率也是已知，則其電容或電感及電阻值便可輕易經由計算可得。

量測裝置是由一個標準純電阻器與待測元件以串聯方式聯接(如方塊圖所示)，以一個數位產生的弦波產生器加於待測元件的一端，以數位產生弦波是因其具有高度頻率準確度及穩定度，在計算電容值或電感值及電阻值時提供極精確可靠的參考。

在待測元件他端接一 I/V converter，此他端即形成虛接地(Virtual ground)，因此信號源電壓 V_s 即為待測元件的端電壓，而 I/V converter 輸出電壓即為流經待測元件的電流 $i(I/R_s)$ 。

以上兩電壓經由兩個類比開關和一個類比數位轉換器分時取樣，將連續多點取樣的值存於兩組記憶體內，這兩組記憶體所存的弦波波形即代表待測元件兩端電壓與其流經電流的時域電壓(Time Domain)，其有各自的振幅與相對相位，將這兩時域取樣電壓，各自經由數位信號處理(DSP)分析法轉換成向量式，即為 V 與 I 的向量代表，而 V 即為待測元件的端電壓，而其流經的電流 i 為 (I/R_s) ，因此待測元件兩端的阻抗 $Z=V/i$ 。阻抗 Z 與量測頻率既為已知，則其電容、電感或電阻值也可由計算所得。

3. 方塊圖



方塊圖包括一個數位信號處理器 (DSP)、一個數位類比轉換器 (D/A)、帶通濾波器 (Bandpass Filter)、待測元件(DUT)、參考電阻器(R_s)和 Buffer 組成的 I/V converter、兩個類比開關和一個類比數位轉換器(A/D)。

上述 V 及 I 可由兩組類比開關和一個 A/D 轉換器分時取樣和以數位信號處理 (DSP) 計算出 V 與 I 的振幅及相對的相位。

DUT 的電流相位為 Θ_i

DUT 的電流為 I

DUT 的電壓相位為 Θ_v

DUT 的兩端電壓為 V

DUT 的阻抗角為

$$\Theta = \Theta_v - \Theta_i$$

DUT 的阻抗為

$$Z = R_s \times (V/I)$$

DUT 的串聯電阻為

$$R_s = \cos\Theta \times Z$$

DUT 的串聯電抗為

$$X_s = \sin\Theta \times Z$$

若 Θ 相位為正，則 Z 為感抗 X_L

若 Θ 相位為負，則 Z 為容抗 X_C

而上述 DSP 所產生的弦波信號頻率 f 為已知
是故，相位為正時 $L = X_s / 2\pi f$ ，

$$Q(\text{Quality factor}) = X_s / R_s$$

相位為負時 $C = 1 / 2\pi f X_s$ ，

$$D(\text{Dissipation factor}) = R_s / X_s$$

<http://mpt.taiwantrade.com.tw>