

實驗一 RC、RL 交流電路與 RLC 串聯電路

一、實驗器材

名稱	數量	名稱	數量
電感器 20 mH	1	電容器 0.047 μF	1
電容器 0.1 μF	1	10k 可變電阻	1

Part I. RC 交流電路

1. 電流與電壓

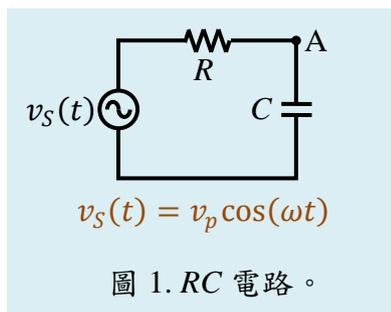


圖1中，根據 Kirchhoff's 定律可以寫出：

$$v_R + v_C = R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} = v_p \cos(\omega t) \quad \dots (1)$$

令 $q(t) = Q_1 \cos(\omega t) + Q_2 \sin(\omega t)$ 代入(1)式解出：

$$Q_1 = \frac{\frac{v_p}{C}}{\frac{1}{C^2} + R^2 \omega^2}, \quad Q_2 = \frac{R \omega v_p}{\frac{1}{C^2} + R^2 \omega^2}$$

於是 $q(t)$ 可以寫為：

$$q(t) = q_p \cos(\omega t - \phi), \quad \text{其中 } q_p = \frac{C v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}, \quad \phi = \tan^{-1} \omega RC。$$

電路之電流 $i(t)$ 為：

$$i(t) = \frac{d}{dt} q(t) = -\omega q_p \sin(\omega t - \phi) = \omega q_p \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) \equiv i_p \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots (2)$$

其中 $i_p = \frac{\omega C v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$ 。

電容器之電壓 v_C 為：

$$v_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cos(\omega t - \phi) \equiv v_{Cp} \cos(\omega t - \phi) \quad \dots (3)$$

其中 $v_{Cp} = \frac{v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$ 。

電阻器之電壓 v_R 為：

$$v_R(t) = i(t)R = \frac{\omega RC v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) \equiv v_{Rp} \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) \cdots (4)$$

$$\text{其中 } v_{Rp} = \frac{\omega RC v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \text{。}$$

2. 相位關係與頻率響應

(1) 相位關係

比較(1)式與(3)式之相位可知：電源電壓領先電容器電壓， $\phi = \tan^{-1} \omega RC$ 。

比較(2)式與(3)式之相位可知：電路電流永遠領先電容器之電壓 90° 。

比較(2)式與(4)式之相位可知：電路電流與電阻器電壓同相。

若以相向量圖 (phasor diagram) 表示則如圖2所示。

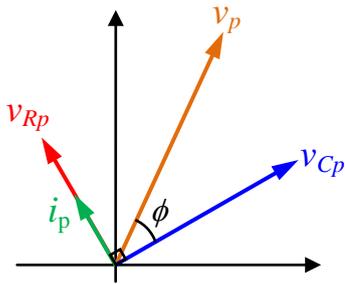


圖 2. RC 電路相向量圖。

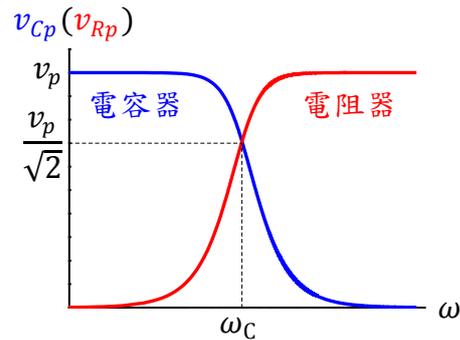


圖 3. RC 電路頻率響應。

(2) 電容器頻率響應

由(3)式可知電容器之電壓峰值 $v_{Cp} = \frac{v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$ ，其與頻率之關係如圖3所示。

(i) 低頻響應

當頻率很低時 ($\omega \rightarrow 0$)，電容器之電壓峰值 v_{Cp} 趨近於電源電壓峰值 v_p 。

(ii) 臨界頻率

臨界頻率 $\omega_c \equiv \frac{1}{RC}$ ，當頻率為臨界頻率時， $v_{Cp} = \frac{v_p}{\sqrt{2}}$ 。

(iii) 高頻響應

當頻率很高時 ($\omega \rightarrow \infty$)，電容器之電壓峰值 v_{Cp} 趨近於 0。

由圖3可以看出，當輸入低頻訊號 ($\omega < \omega_c$) 時，電容器兩端之電壓至少為輸入訊號 v_p 的

$1/\sqrt{2}$ (~0.7)，當輸入高頻訊號($\omega > \omega_C$) 時，電容器兩端之電壓急速衰減，亦即電容器將交流訊號 v_p 濾掉，頻率越高效應則越明顯。在電路應用上，如果以電容器的電壓做為輸出，則這個電路可做為一個“低通濾波器 (Lowpass filter)”。

(3) 電容電抗(reactance)

若電路只有電容器存在時 ($R = 0$)，電流峰值 i_p 變為 $i_p = v_p / \frac{1}{\omega C}$ 。與歐姆定律相比較，可知 $1/\omega C$ 可類比電阻，只是其電阻值隨頻率之變化而改變， $X_C \equiv 1/\omega C$ 稱之為電容電抗。

(4) 電阻器之電壓

由(4)式電阻器上之電壓峰值 $v_{Rp} = \frac{\omega RC v_p}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}}$ 可以繪出 v_{Rp} 與頻率之關係如圖3所示。由圖3可以看出，其行為恰與電容器之行為相反，當輸入訊號頻率 ω 大於 ω_C 時，電阻器兩端之電壓至少為輸入訊號 v_p 的 $1/\sqrt{2}$ ，頻率越高越接近輸入訊號 v_p 。因此，如果以電阻器的電壓做為輸出，則這個電路可做為一個“高通濾波器 (Highpass filter)”。

Part II. RL 交流電路

1. 電流與電壓

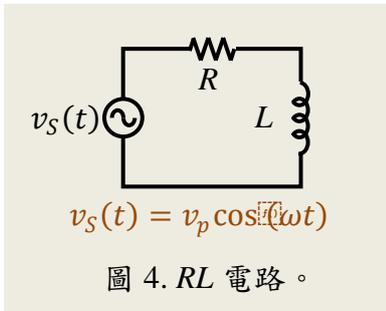


圖4中，根據 Kirchoff's 定律可以寫出：

$$v_L + v_R = L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = v_p \cos(\omega t) \quad \dots (5)$$

如 RC 電路之理論推導可得電流 $i(t)$ 為：

$$i(t) = i_0 \cos(\omega t - \phi) \quad \dots (6)$$

其中 $i_p = \frac{v_p}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$ ， $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ 。

電感器之電壓 v_L 為：

$$v_L(t) = v_{Lp} \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots (7)$$

其中 $v_{Lp} = \frac{\omega L v_p}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$ 。

電阻器之電壓 v_R 為：

$$v_R(t) = v_{Rp} \cos(\omega t - \phi) \quad \dots (8)$$

其中 $v_{Rp} = \frac{R v_p}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$ 。

2. 相位關係與頻率響應

(1) 相位關係

比較(6)與(7)式之相位可知：電路電流永遠落後電感器之電壓 90° 。

比較(5)與(6)式之相位可知：電路電流落後電源電壓 $\phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$ 。

比較(6)與(8)式之相位可知：電路電流與電阻器電壓同相。

若以相向量圖表示則如圖5所示。

(2) 頻率響應

若定義臨界頻率 $\omega_L \equiv \frac{R}{L}$ ，則 v_{Lp} 與 v_{Rp} 與頻率之關係如圖6所示。

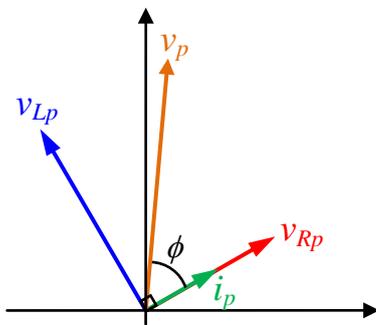


圖 5. RL 電路相向量圖。

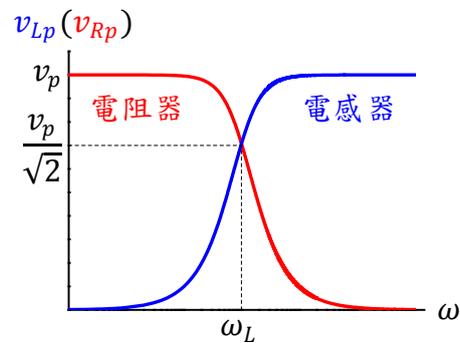


圖 6. RL 電路頻率響應。

以電感器的電壓做為輸出，則這個電路可做為一個高通濾波器，以電阻器的電壓做為輸出，則這個電路可做為一個低通濾波器。

(3) 電感電抗

電路只有電感器存在時 ($R=0$)，電流峰值 i_p 變為 $i_p = v_p / \omega L$ 。與歐姆定律相比較，可知 ωL 可類比電阻，只是其電阻值隨頻率之變化而改變， $X_L \equiv \omega L$ 稱之為電感電抗。

Part III. RLC 電路

1. LC 振盪電路：

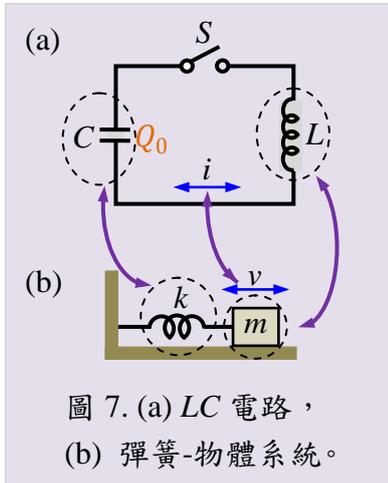


圖 7. (a) LC 電路，
(b) 彈簧-物體系統。

圖7(a)中，若電容器原已充滿電荷， $t = 0$ 時將開關 S 關上，根據 Kirchhoff 定律可以寫出：

$$v_L + v_C = L \frac{d^2 q(t)}{dt^2} + \frac{q(t)}{C} = 0 \quad \dots (9)$$

(9)式可類比於彈簧-物體系統(圖7(b))之運動方程式：

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0 \quad \dots (10)$$

L 、 C 與 i 分別類比於 m 、 $1/k$ 及 v 。由於電路電流來回震盪 (oscillation)，故稱 LC 震盪電路。類比(10)式可知其振盪頻率 ω_0 為 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ，此頻率稱之為自然頻率 (natural frequency)。

2. RLC 震盪電路

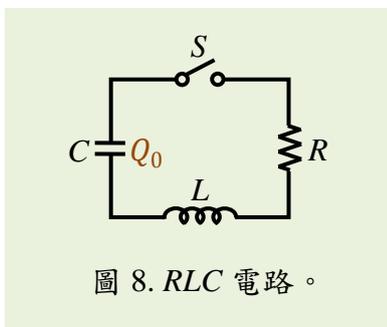


圖 8. RLC 電路。

實際電路中必存在電阻，如圖8所示。若電容器原已充滿電荷， $t = 0$ 時將開關 S 關上，根據 Kirchhoff 定律可以寫出：

$$v_L + v_R + v_C = L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + \frac{q(t)}{C} = 0 \quad \dots (11)$$

利用 $i(t) = dq(t)/dt$ 可得：

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C} q = 0 \quad \dots (12)$$

(12)式可類比於受阻尼 (damped) 之彈簧-物體系統運動方程式(阻尼力 $F_d = -bv$)。

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = 0 \quad \dots (13)$$

(12)式之通解為：

$$q(t) = e^{-\omega_\gamma t} [Ae^{j\omega t} + Be^{-j\omega t}] \quad \dots (14)$$

其中 $\omega_\gamma = R/2L$ ， $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \omega_\gamma^2}$ ， A 與 B 則由初始條件決定。(14)式中 R 、 L 、 C 之值決定了 ω 之正負，也就是主宰震盪可否產生。

$$(1) R < 2\sqrt{L/C}$$

$$\text{此時 } \omega > 0, q(t) = q_p e^{-\omega_\gamma t} \cos(\omega t + \phi) \dots (15)$$

(15)式中 $\cos(\omega t + \phi)$ 為振盪項，表示電荷(流)可以在電路中來回震盪。振幅項為 $q_p e^{-\omega_\gamma t}$ ，振幅因電阻消耗能量使其隨時間演進而減少，這種振幅隨時間演進而減少之震盪稱之為 underdamping。

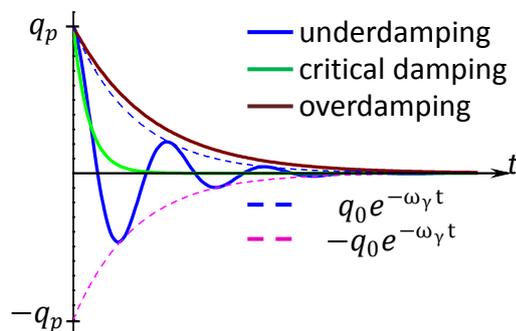


圖 9. 各種阻尼之振幅變化圖。

$$(2) R = 2\sqrt{L/C}$$

$$\text{此時 } \omega = 0, q(t) = (q_1 + q_2 t) e^{-\omega_\gamma t} \dots (16)$$

(16)式中並不包含任何正弦式函數，亦即電荷(流)無法在電路中來回震盪只是其值隨時間演進而成指數衰減，這種行為稱之為 critical damping。

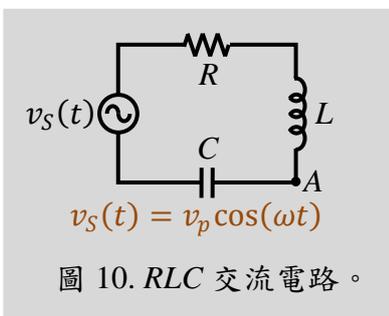
$$(3) R > 2\sqrt{L/C}$$

$$\text{此時 } \omega < 0, q(t) = q_3 e^{-(\omega_\gamma + \sqrt{\omega_\gamma^2 - \omega_0^2})t} + q_4 e^{-(\omega_\gamma - \sqrt{\omega_\gamma^2 - \omega_0^2})t} \dots (17)$$

(17)式中亦即任何正弦式函數表示電荷無法在電路中來回震盪只是其值隨時間演進而緩慢減少，這種行為稱之為 overdamping。各種阻尼之振幅變化如圖9所示。

3. RLC 交流電路

在 RLC 串聯電路中加上交流電源如圖 10 所示，則：



$$v_L + v_R + v_C = L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) + \frac{q(t)}{C} = v_p \cos(\omega t) \dots (18)$$

(18)式可類比於受阻尼之彈簧-物體系統強迫振盪運動方程式 (驅動力 $F(t) = F_d \cos(\omega t)$)：

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = F_d \cos(\omega t) \dots (19)$$

為方便起見，我們以相向量圖分析此電路，根據之前所學之相位關係可以畫出圖 11，由圖中可得：

$$V_p^2 = V_{Rp}^2 + (V_{Lp} - V_{Cp})^2 = I_p^2 R^2 + (I_p X_L - I_p X_C)^2$$

$$\text{, 所以 } I_p = \frac{V_p}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_p}{Z} \dots \dots (20)$$

其中 $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ 稱為電路之阻抗 (impedance), 相位差 ϕ 為

$$\tan\phi = \frac{V_{Lp} - V_{Cp}}{V_{Rp}} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R} .$$

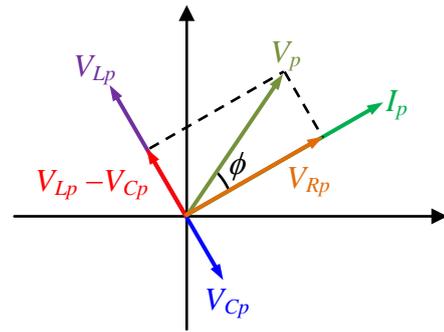


圖 11. 受驅動之 RLC 電路相向量圖。

(1) 電流

將(20)式 I_p 對 ω 作圖如圖 12 所示, 由圖中可以看出當 R 值減小時曲線越來越窄且越來越高, 也就是電路只允許頻率在 ω_0 附近之電流存在, 因此若以電阻器電壓做為輸出, 則這個電路可做為一個“帶通濾波器(Bandpass filter)”。

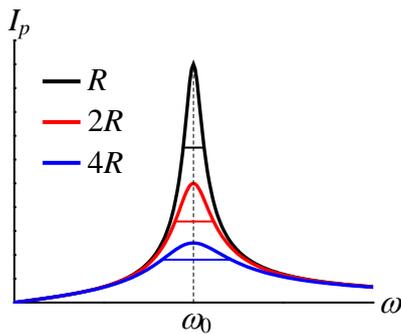


圖 12. 不同 R 值之共振圖。

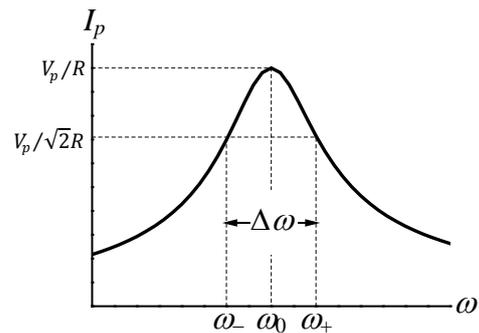


圖 13. 頻率響應之頻寬。

(2) 頻寬

現在給予上述“頻率在 ω_0 附近”一個清楚之定義, 稱之為頻寬 $\Delta\omega$, 如圖 13 所示, $\Delta\omega \equiv \omega_+ - \omega_- = R/L$, 頻寬越小表示濾波能力越好, 由圖 12 可以看出電阻值越小頻寬越小。

(3) 電壓

由圖 11 之相位關係可知

$$i(t) = I_p \cos(\omega t - \phi)$$

$$v_R(t) = V_{Rp} \cos(\omega t - \phi) = R I_p \cos(\omega t - \phi)$$

$$v_C(t) = V_{Cp} \cos\left(\omega t - \phi - \frac{\pi}{2}\right) = I_p X_C \cos\left(\omega t - \phi - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$v_L(t) = V_{Lp} \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right) = I_p X_L \cos\left(\omega t - \phi + \frac{\pi}{2}\right)$$

二·實習項目

工作一：RC 交流電路

1. 設定訊號產生器波形"FUNCTION"為正弦波,"RANGE"為"100k",調整輸出頻率為 $\sim 3 \text{ k Hz}$ 、將"OUTPUT/50 Ω "輸出接至三用電表(設定ACV檔),調整訊號產生器"AMPL"鈕,使電壓為 4 V。
2. 將調好之輸出作為電壓源,取 10 k Ω 可變電阻旋轉之使其相鄰二腳以三用電表量測為 1 k Ω (另一腳空接), $C = 0.047 \mu\text{F}$, 如圖 1 接妥電路,將 CH1 探針接至電阻器兩端 (接地端接 A 點),CH2 探針接至電容器兩端 (接地端接 A 點),調整示波器使螢幕上每一波形約為二個週期且垂直圖像最大,將電阻器、電容器之波形繪於圖 14 中。
3. 由圖 14 中判斷電阻器、電容器之波形相位差為 _____ $^\circ$,何者領先 _____。
4. 變化訊號產生器頻率,波形相位差會改變嗎?
5. 如表 1 調整頻率,以三用電表量測電阻器 v_R 、電容器 v_C 及電壓源 v 之電壓(這些值皆為其峰值之 $1/\sqrt{2}$),完成表 1。
6. 將可變電阻取下旋轉之使其值以三用電表量測為 2 k Ω 後重新置回電路中,重複步驟 5。
7. 將可變電阻取下旋轉之使其值以三用電表量測為 5 k Ω 後重新置回電路中,重複步驟 5。
8. 根據表 1 繪出 $v_R/v - f$ 於圖 15(a)中,繪出 $\frac{v_R}{2\pi R v_C} - f$ 於圖 15(b)中。
9. 圖 15(a)中取對應比值為 0.7 時之頻率,分別以 $\omega_C = 2\pi f = \frac{1}{RC}$ 計算 C 值後再取其平均值可得 $C_{ave} = \text{_____} \mu\text{F}$ 。
10. 以 LCR meter 量出 $C_{0.047\mu\text{F}} = \text{_____} \mu\text{F}$ 。

工作二：RL 交流電路

1. 設定訊號產生器波形"FUNCTION"為正弦波,"RANGE"為"100k",調整輸出頻率為 $\sim 10 \text{ k Hz}$ 、將"OUTPUT/50 Ω "輸出接至三用電表(設定ACV檔),調整訊號產生器"AMPL"鈕,使電壓為 4 V。
2. 將調好之輸出作為電壓源,取 $L = 20 \text{ mH}$,如圖 4 接妥電路,旋轉 10 k Ω 可變電阻使其值為 1 k Ω ,如同 RC 電路作法將電阻器、電感器之波形繪於圖 16 中。

- 由圖 16 中判斷電阻器、電感器之波形相位差為 _____°，何者領先 _____。
- 變化訊號產生器頻率，波形相位差會改變嗎？
- 如 RC 電路之作法，完成表 2。
- 將可變電阻取下旋轉之使其值為 2 kΩ 後重新置回電路中，重複步驟 5。
- 將可變電阻取下旋轉之使其值為 5 kΩ 後重新置回電路中，重複步驟 5。
- 根據表 2 繪出 $v_L/v(v_R/v) - f$ 於圖 17(a)中，繪出 $\frac{Rv_L}{2\pi v_R} - f$ 於圖 17(b)中。
- 圖 17 中取對應比值為 0.7 時之頻率，分別以 $\omega_L \equiv \frac{R}{L}$ 計算 L 值後再取其平均值，可得

$$L_{ave} = \text{_____} \text{ mH}。$$

- 以 LCR meter 量出 $L_{20\text{mH}} = \text{_____} \text{ mH}。$

工作三：RLC 電路

A. 阻尼震盪

- 設定訊號產生器 "RANGE" 為 "100"，調整 "FREQUENCY" 鈕使頻率顯示 150 Hz，以 "OUTPUT TTL/CMOS" 輸出作為電壓源，接至示波器觀察其波形。
- 取 10 kΩ 可變電阻逆時針轉至底、 $C = 0.47 \mu\text{F}$ ， $L = 20 \text{ mH}$ ，如圖 8 接妥電路 (圖中開關 S 以電壓源取代)，示波器 CH1 探針接至電容器兩端，緩慢旋轉可變電阻觀察電容器之波形變化，你應可觀察到 Underdamping、Critical damping 及 Overdamping 三種波形。
- 任取一個 Underdamping 之波形如圖 9 之方式繪於圖 18 中後，將可變電阻取下量測此時電阻 $R_{\text{Under}} = \text{_____} \Omega$ 。檢驗 $R < 2\sqrt{L/C}$ 是否成立？
- 以 R_{Under} 、 $L_{20\text{mH}}$ 計算 ω_γ ，將對應之 $\pm Ae^{-\omega_\gamma t}$ ($A = \text{_____}$)，曲線繪於圖 18 中。
- 再將可變電阻重新置回電路中，緩慢旋轉可變電阻使波形呈現 Critical damping，將其繪於圖 18 中後，將可變電阻取下，量得此時電阻 $R_{\text{Criti}} = \text{_____} \Omega$ ，計算此時之 ω_γ ，檢驗 ω_γ^2 是否等於 $1/LC$ ？
- 將可變電阻重新置回電路中，緩慢旋轉可變電阻，任取一個 Overdamping 之波形繪於圖 18 中，將可變電阻取下量得此時電阻 $R_{\text{Over}} = \text{_____} \Omega$ ，檢驗 $R > 2\sqrt{L/C}$ 是否成立？

B. RLC 交流電路

1. 設定訊號產生器波形"FUNCTION"為正弦波，"RANGE"為"100k"，調整"FREQUENCY"鈕使頻率顯示約為 4 kHz，將 "OUTPUT/50Ω" 輸出接至三用電表(設定 ACV 檔)，調整訊號產生器"AMPL"鈕，使電壓為 4 V。
2. 將 10 kΩ 可變電阻旋轉為 1 kΩ， $C = 0.1 \mu\text{F}$ ， $L = 20 \text{ mH}$ ，如圖 10 接妥電路。將 CH1 探針接至電容器兩端 (接地端接 A 點)，CH2 探針接至電感器兩端 (接地端接 A 點)，此時示波器上之波形判斷電容器與電感器之相位關係為 _____。
3. 以相同之方法判斷電阻器與電感器之相位關係為 _____。
4. 改變頻率會改變上述之相位關係嗎？
5. 將示波器探針取下，將訊號產生器頻率調至最低，以三用電表量測電阻器電壓值 v_R ，電源電壓值 v ，完成表 3 並將其繪於圖 19 中。
6. 將可變電阻取下旋轉之使其值為 2 kΩ 後重新置回電路中，重複步驟 5。
7. 將可變電阻取下旋轉之使其值為 4 kΩ 後重新置回電路中，重複步驟 5。
8. 圖 19 中，頻寬 $\Delta\omega_{1k\Omega} = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $\Delta\omega_{2k\Omega} = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $\Delta\omega_{4k\Omega} = \underline{\hspace{2cm}}$ ，與 $R/L_{20\text{mH}}$ 比較誤差分別為 _____， _____， _____。
9. 將訊號產生器頻率轉至 $v_{R,1k\Omega}$ 為最大值之頻率，以 1 cm = 2V 繪於圖 20 之實軸上，再以三用電表量測電容器與電感器之電壓，完成類似圖 11 之相向量圖，圖中之 $\phi = \underline{\hspace{2cm}}$ °，與理論值相較，誤差為 _____。

實驗一 RC、RL 交流電路與 RLC 串聯電路

組別：_____ 姓名：_____ 同組同學姓名：_____

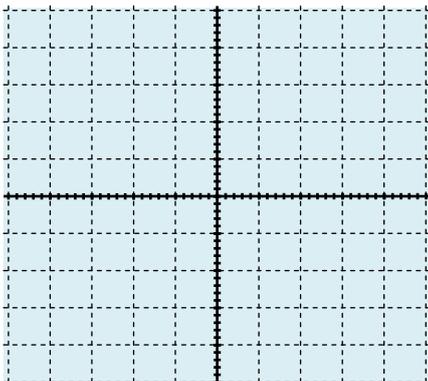
日期：_____ 教師簽署：_____

Part I. RC 交流電路

表 1. RC 交流電路

頻率 (kHz)	0.1	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
$v_{C1k\Omega}$ (V)												
$v_{C2k\Omega}$ (V)												
$v_{C5k\Omega}$ (V)												
$v_{R1k\Omega}$ (V)												
$v_{R2k\Omega}$ (V)												
$v_{R5k\Omega}$ (V)												
v (V)												

頻率 (kHz)	6.0	7.0	8.0	9.0	10	20	30	40	50	70	90	100
$v_{C1k\Omega}$ (V)												
$v_{C2k\Omega}$ (V)												
$v_{C5k\Omega}$ (V)												
$v_{R1k\Omega}$ (V)												
$v_{R2k\Omega}$ (V)												
$v_{R5k\Omega}$ (V)												
v (V)												



$$V_R = \underline{\hspace{1cm}}, V_C = \underline{\hspace{1cm}} \text{ V/cm}$$

$$H = \underline{\hspace{1cm}} \text{ ms/cm}$$

圖 14

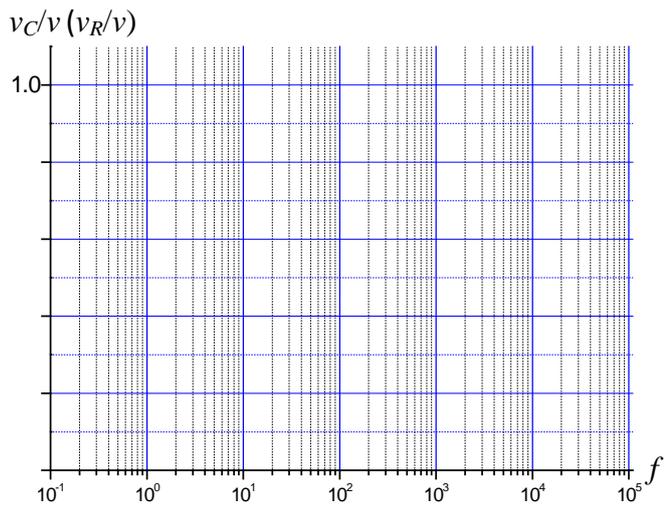


圖 15(a)

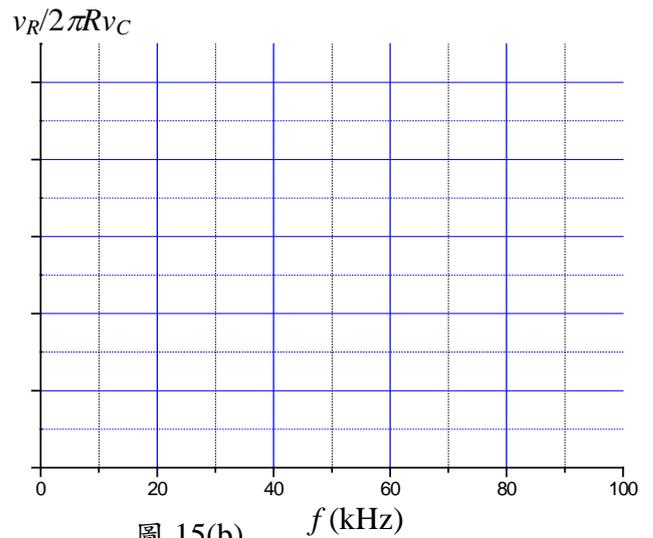


圖 15(b)

問題

1. 由圖 14 中判斷電阻器、電容器之波形相位差為 _____°，何者領先 _____。
2. 變化訊號產生器頻率，波形相位差會改變嗎？_____。
3. 由圖 15(a)中以 v_C/v 之變化說明電阻值增加之效果。

4. 說明圖 15(b) 之意義，從圖中可以得到甚麼資訊？

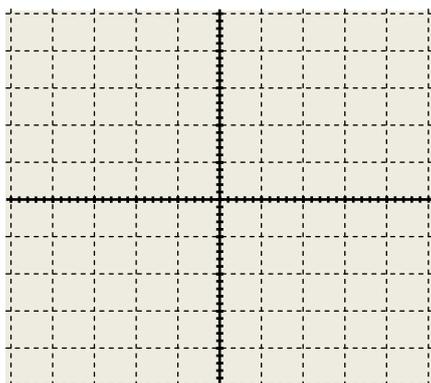
5. $C_{ave} =$ _____ μF ， $C_{0.47\mu\text{F}} =$ _____ μF ，誤差 = _____，說明誤差來源。

Part II. *RL* 交流電路

表2. *RL* 交流電路

頻率 (kHz)	0.1	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
$v_{L1k\Omega}(V)$														
$v_{L2k\Omega}(V)$														
$v_{L5k\Omega}(V)$														
$v_{R1k\Omega}(V)$														
$v_{R2k\Omega}(V)$														
$v_{R5k\Omega}(V)$														
$v (V)$														

頻率 (kHz)	7.0	8.0	9.0	9.5	10	15	20	30	40	50	60	80	100	
$v_{L1k\Omega}(V)$														
$v_{L2k\Omega}(V)$														
$v_{L5k\Omega}(V)$														
$v_{R1k\Omega}(V)$														
$v_{R2k\Omega}(V)$														
$v_{R5k\Omega}(V)$														
$v (V)$														



$$V_R = \underline{\hspace{1cm}}, V_L = \underline{\hspace{1cm}} \text{ V/cm}$$

$$H = \underline{\hspace{1cm}} \text{ ms/cm}$$

圖 16

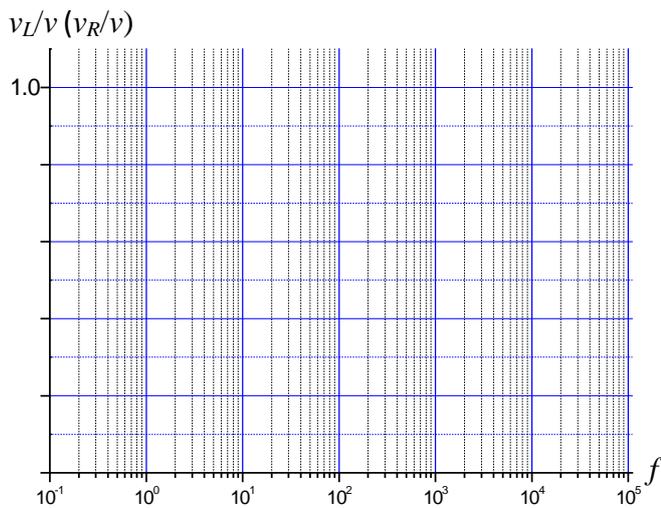


圖 17(a)

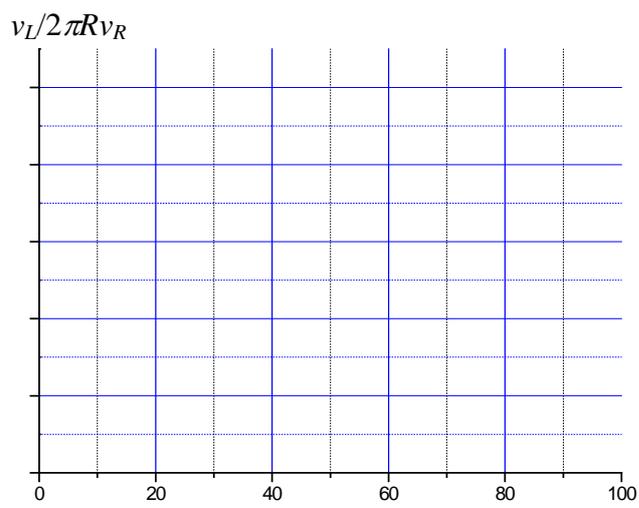


圖 17(b) f (kHz)

問題

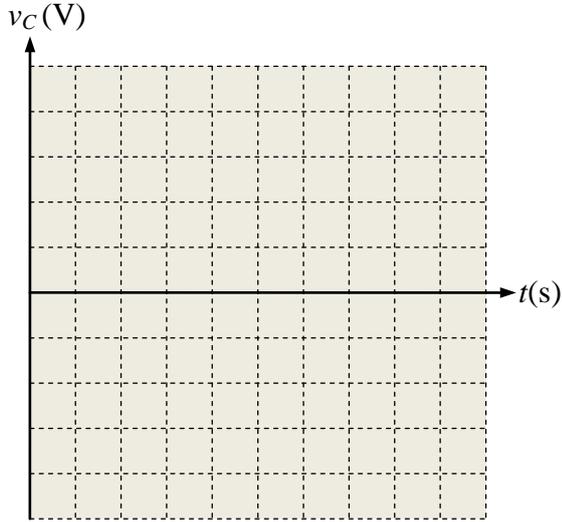
1. 電阻器、電感器之波形相位差為 _____°，何者領先 _____。
2. 變化訊號產生器頻率，波形相位差會改變嗎？ _____。
3. 由圖 17(a)中以 v_L/v 之變化說明電阻值增加之效果。

4. 說明圖 15(b) 之意義，從圖中可以得到甚麼資訊？

5. $L_{ave} =$ _____ μF ， $L_{20\text{mH}} =$ _____ mH ，誤差 = _____，說明誤差來源。

工作三：RLC 電路

A. 阻尼震盪



$$R_{\text{Under}} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, R < 2\sqrt{L/C} ? \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{\text{Criti}} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, R = 2\sqrt{L/C} ? \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{\text{Over}} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega, R > 2\sqrt{L/C} ? \underline{\hspace{2cm}}$$

圖 18

問題

1. 對應之 $\pm Ae^{-\omega\gamma t}$ 中 $A = \underline{\hspace{2cm}}$ ，說明為什麼 A 為此值。
2. Overdamping 之圖形是否比 Critical damping 衰減的慢？說明之。

B. RLC 交流電路

表 3. RLC 交流電路

頻率 (kHz)	0.1	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
$v_{R1k\Omega}(\text{V})$										
$v_{R2k\Omega}(\text{V})$										
$v_{R4k\Omega}(\text{V})$										
$v(\text{V})$										

頻率 (kHz)	7.0	8.0	9.0	10.0	20.0	30.0	50.0	60.0	80.0	100.0
$v_{R1k\Omega}$ (V)										
$v_{R2k\Omega}$ (V)										
$v_{R4k\Omega}$ (V)										
v (V)										

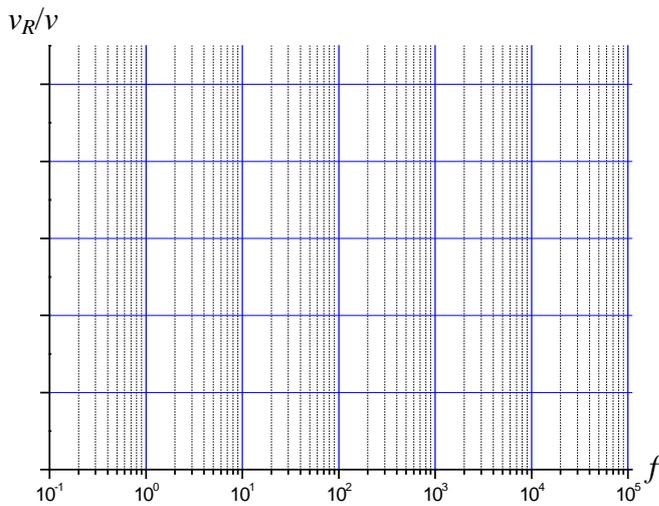


圖 19. 頻率響應圖。

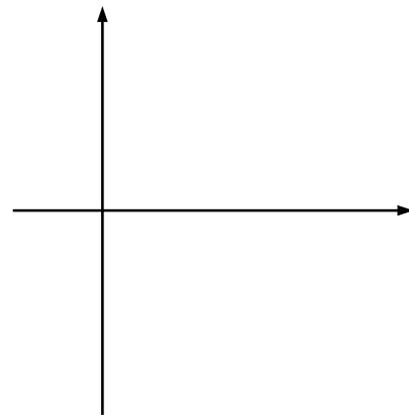


圖 20. RLC 相向量圖。

1. 電容器與電感器之相位關係為 _____，電阻器與電感器之相位關係為 _____，改變頻率會改變上述之相位關係嗎？
2. 頻寬 $\Delta\omega_{1k\Omega} =$ _____， $\Delta\omega_{2k\Omega} =$ _____， $\Delta\omega_{4k\Omega} =$ _____，與 R / L_{20mH} 比較誤差分別為 _____，_____，_____。說明誤差來源。
3. 頻寬隨 R 值增加而 _____，說明之。
4. 圖 20 之 $\phi =$ _____ °，與理論值相較，誤差為 _____。
5. RLC 電路有何用處？