

電子電路實驗 9：二次線路的頻率響應

實驗預報

B02901178 江誠敏

December 8, 2014

1 實驗目的

在一個二次線路中，輸出不同頻率的正弦波會造成輸出波振幅及相位的改變。以頻率為 X 軸、振幅為 Y 軸所繪出的圖即為頻率響應圖。本實驗即為求線性非時變二次電路 (Linear Time-Invariant Second-Order Circuit) 的頻率響應 (Frequency Response)。

2 實驗步驟

1. 以 LCR 計量測電容與電感的值。
2. 將電路連接成如圖 9.1(a)，其中 $R = 2k\Omega$ 。
3. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率依照每個數量級 (decade) 1, 2, 5 的順序由 200Hz 變化至 200kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
4. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率由 5kHz 線性變化至 30kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
5. 將圖 9.1(a) 改為 $R = 510\Omega$ ，重複步驟 3 與步驟 4。
6. 將電路連接成如圖 9.1(b)，其中 $R = 2k\Omega$ 。
7. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率依照每個數量級 (decade) 1, 2, 5 的順序由 200Hz 變化至 200kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
8. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率由 5kHz 線性變化至 30kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
9. 將圖 9.1(a) 改為 $R = 510\Omega$ ，重複步驟 7 與步驟 8。
10. 將電路連接成如圖 9.1(c)，其中 $R = 1k\Omega$ 。
11. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率依照每個數量級 (decade) 1, 2, 5 的順序由 200Hz 變化至 200kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
12. 令 v_i 為峰對峰值 1V 的弦波 (1V 是信號產生器已接上電路的值)，頻率由 5kHz 線性變化至 30kHz，記錄 v_o 的峰對峰值。
13. 將圖 9.1(c) 改為 $R = 2k\Omega$ ，重複步驟 11 與步驟 12。
14. 將圖 9.1(c) 改為 $R = 510\Omega$ ，重複步驟 11 與步驟 12。

3 預報問題

1. 請推導圖 9.1 的三個電路的轉換函數。

以下令 $s = i\omega$ 。

(a) We have

$$(R \parallel Z_C) = \frac{R(1/(sC))}{R + (1/(sC))} = \frac{R}{1 + sRC}$$

So

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{R \parallel Z_C}{Z_L + (R \parallel Z_C)} \\ &= \frac{R/(1 + sRC)}{sL + (R/(1 + sRC))} \\ &= \frac{R}{R + sL + s^2LRC} \end{aligned}$$

notice that

$$\frac{R}{R + sL + s^2LRC} \ll 1, \quad \text{if } s \gg 1$$

(b) We have

$$(R \parallel Z_L) = \frac{R(sL)}{R + sL} = \frac{sRL}{R + sL}$$

So

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{R \parallel Z_L}{Z_C + (R \parallel Z_L)} \\ &= \frac{(sRL)/(R + sL)}{(1/sC) + (sRL/(R + sL))} \\ &= \frac{s^2LRC}{R + sL + s^2LRC} \end{aligned}$$

notice that

$$\frac{s^2LRC}{R + sL + s^2LRC} \ll 1, \quad \text{if } s \ll 1$$

(c) We have

$$(Z_C \parallel Z_L) = \frac{(1/sC)(sL)}{(1/sC) + sL} = \frac{sL}{1 + s^2LC}$$

So

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Z_C \parallel Z_L}{R + (Z_C \parallel Z_L)} \\ &= \frac{(sL)/(1 + s^2LC)}{R + (sL)/(1 + s^2LC)} \\ &= \frac{sL}{R + sL + s^2LRC} \end{aligned}$$

notice that

$$\frac{sL}{R + sL + s^2LRC} \sim O(s) \quad \text{as } s \rightarrow 0$$

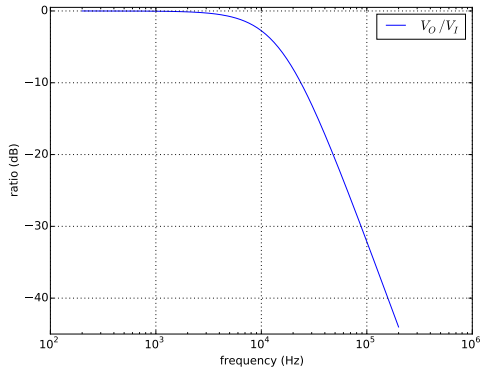
$$\frac{sL}{R + sL + s^2LRC} \sim O\left(\frac{1}{s}\right) \quad \text{as } s \rightarrow \infty$$

so

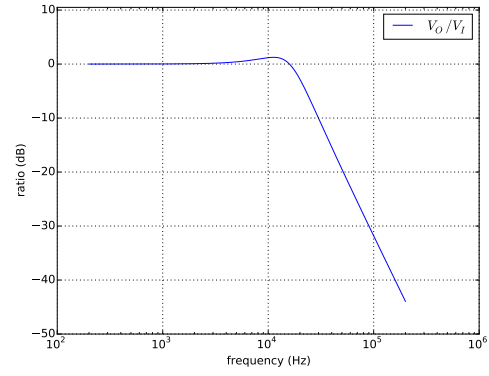
$$\frac{sL}{R + sL + s^2LRC} \ll 1, \quad \text{if } s \ll 1 \text{ or } s \gg 1$$

2. 請用 PSpice 或其他電路模擬軟體，模擬圖 9.1 的電路，並設定 $C = 0.01 \text{ F}$, $L = 10\text{mH}$, $R = 510\Omega / 1\text{k}\Omega / 2\text{k}\Omega$ ，利用交流分析的功能繪出頻率響應圖。

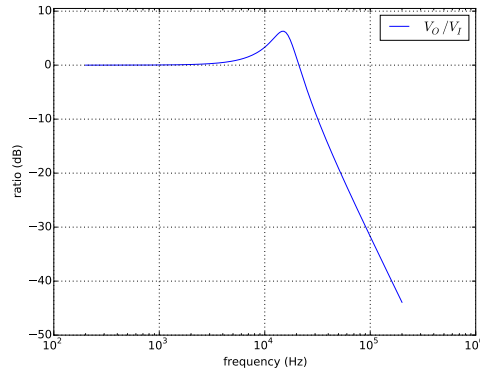
(a) 低通電路



(a) 510Ω



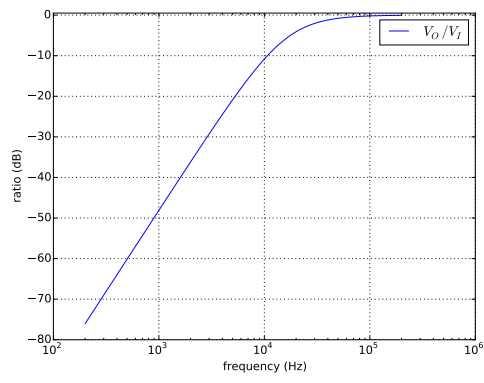
(b) $1\text{ k}\Omega$



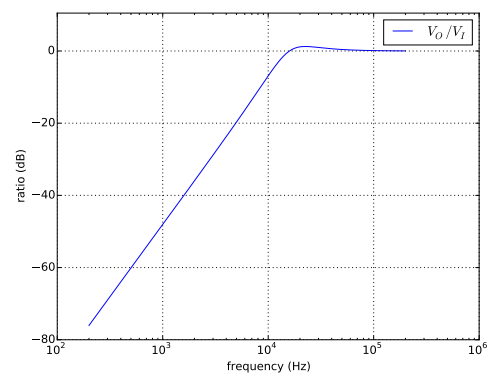
(c) $2\text{ k}\Omega$

Figure 1: 電路 (1)

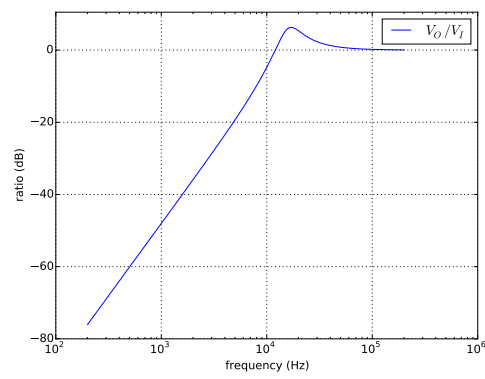
(b) 高通電路



(a) 510Ω



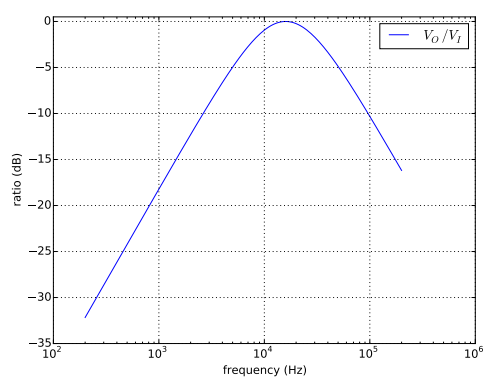
(b) $1\text{ k}\Omega$



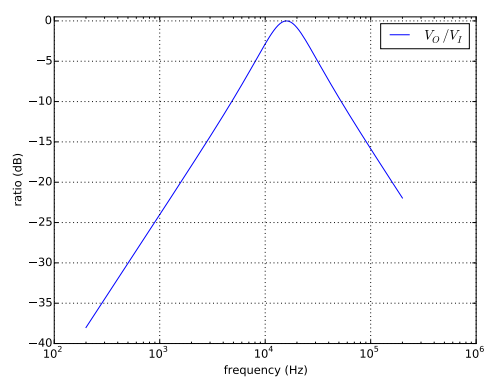
(c) $2\text{ k}\Omega$

Figure 2: 電路 (2)

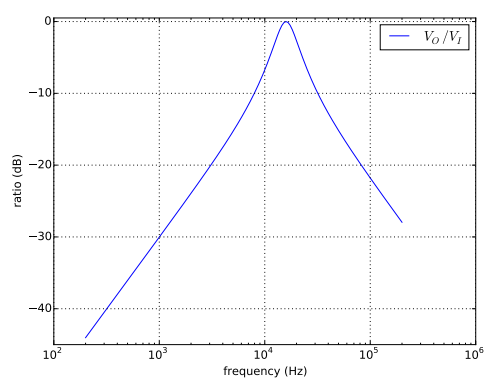
(c) 帶通電路



(a) 510 Ω



(b) 1 kΩ



(c) 2 kΩ

Figure 3: 電路 (3)