

表二、高職數位教材發展與推廣計畫－電子學科單元教案設計表

單元編號	11-1-4	單元名稱	LC 振盪電路			
對應之課綱	正弦波產生電路			預計本單元總教學時間	50 分鐘	
單元內容簡介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低頻及高頻振盪電路適用範圍。 2. 高頻振盪組態、原理及種類。 3. 考畢子振盪電路。 4. 哈特萊振盪電路。 					
具體學習目標 (例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 瞭解低頻振盪電路及高頻振盪電路適用範圍。 2. 瞭解高頻振盪組態、原理及種類。 3. 熟悉考畢子振盪電路。 4. 熟悉哈特萊振盪電路。 					
教學實施方式說明欄		教學總時間	元件			元件內容說明 (教學實施方式共需包含 8~9 個元件)
			編號	類型	時間	
準備活動 11-1-4-1 低頻及高頻振盪電路適用範圍 (引起動機) 1. 韋恩電橋振盪電路在低頻 (100kHz 以下) 振盪時穩定性很高,但是在高頻 (約 100kHz) 時,因 R 及 C 值變得很小,且放大器的相移問題更嚴重,所以無法產生理想的正弦波形。 2. 高頻振盪電路常用電感器及電容器組成儲能電路來產生振盪,其頻率適用於 100kHz~500MHz 之間,又稱為射頻振盪器 (Radio Frequency Oscillator, 簡稱 RFO), 常應用於無線電發射機及接收機中。		2 分鐘	11-1-4-1(低頻及高頻振盪電路適用範圍_簡報式)	動態簡報	30 秒	1. 以簡報方式說明低頻及高頻振盪電路適用範圍。簡報內容如教學實施說明的 11-1-4-1。

發展活動

11-1-4-2 高頻振盪組態、原理及種類

1.高頻振盪組態

如圖 1 所示，使用反相放大器再配合 180° 的 LC 回授相移網路，使總迴路相位移為零，而產生振盪，即為 LC 振盪電路。

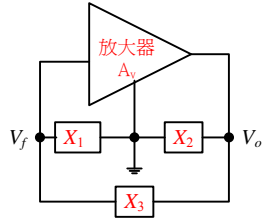


圖 1 高頻振盪基本組態

2.高頻振盪原理與種類

如圖 2 及圖 3 為圖 1 的等效電路及回授網路，其中 X₁、X₂ 及 X₃ 為電感抗或電容抗。針對電感抗為

$$X_L = j\omega L, \text{ 針對電容抗為 } X_C = \frac{1}{j\omega C}。$$

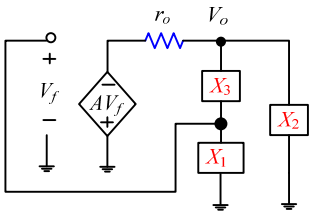


圖 2 基本組態的等效電路

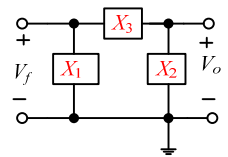


圖 3 基本組態的回授網路

由圖 3 可得回授因數為：
$$\beta = \frac{V_f}{V_o} = \frac{X_1}{X_1 + X_3}$$

放大器的增益為：

15
分
鐘

11-1-4-2a
(高頻振盪組態、原理及種類_簡報)
(11-1-4-2)

11-1-4-2b
(互動式高頻振盪電路組態)
(11-1-4-3)

動態
簡報

互動
式動
畫

2
分
鐘

2
分
鐘

1. 以簡報方式說明高頻振盪組態、原理及種類。簡報內容如教學實施說明的 11-1-4-2。

2. 以互動式動畫方式製作元件 11-1-4-2b 如圖所示，當同學或老師將元件拉動至 X₁、X₂ 及 X₃ 位置時，程式判斷是否為狀況 1 或狀況 2。若「是」則顯示電路名稱；若「不是」則顯示「無法作為振盪電路，請重新輸入」。狀況 1：若 X₁ 及 X₂ 為電容器，而 X₃ 為電感器時，在顯示電路名稱中顯示「考畢子 (Colpitts) 振盪電路」。狀況 2：若 X₁ 及 X₂ 為電感器，則 X₃ 為電容器，則顯示「哈特萊 (Hartley) 振盪電路」。若按下「重新輸入」時會清除所有資料。

互動式高頻振盪電路組態

請拉動下列元件到圖中的空白位置，若正確，會顯示此振盪電路的名稱。

電阻器

電容器

電感器

重新輸入

圖 高頻振盪電路基本組態

$$A_v = -\frac{-AZ_L}{r_o + Z_L} = \frac{-A[(X_1 + X_3) // X_2]}{r_o + (X_1 + X_3) // X_2}$$

$$= \frac{-j^2 AX_1 X_2}{j^2 X_2 (X_1 + X_3) + jr_o (X_1 + X_2 + X_3)}$$

欲滿足巴克豪生準則，故虛部為零，亦即

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0, \text{ 此時 } \beta A = \frac{AX_1 X_2}{-X_2 (X_1 + X_3)} = \frac{-AX_1}{X_1 + X_3}$$

將 $X_3 = -(X_1 + X_2)$ 代入，則 $\beta A = \frac{AX_1}{X_2}$ 。

因 $|\beta A| \geq 1$ ，故 X_1 及 X_2 必須為同類的電抗。又由 $X_3 = -(X_1 + X_2)$ 可知， X_3 的電抗必須與 X_1 及 X_2 不同。

3. 高頻振盪電路種類

(1) 當 X_1 及 X_2 為電容抗，則 X_3 為電感抗，此電路稱為考畢子 (Colpitts) 振盪電路。

(2) 當 X_1 及 X_2 為電感抗，則 X_3 為電容抗，此電路稱為哈特萊 (Hartley) 振盪電路。

11-1-4-3 考畢子振盪電路

由兩個電容器與一個電感器組成回授電路，依據放大器類型可分為：

1. 運算放大器式

如圖 4 所示為運算放大器式考畢子振盪電路，欲滿足巴克豪生準則，必須 $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ ，亦即

$$X_{C1} + X_{C2} + X_L = 0$$

$$\Rightarrow jX_L = jX_{C1} + jX_{C2} \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_2}$$

15
分
鐘

11-1-4-3
(考畢子
振盪電路_
簡報)
(11-1-4-4)

動態
簡報

2
分
鐘

1. 以簡報方式說明考畢子振盪電路的各種類型電路特性。簡報內容如教學實施說明的 11-1-4-3。

$$\Rightarrow \omega^2 L = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC_{eq}}}, \text{其中 } C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

故振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$

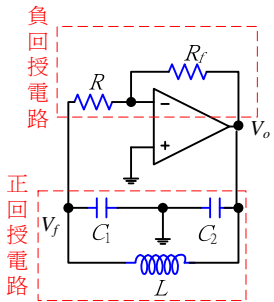


圖 4 運算放大器式考畢子振盪電路

又，回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$ ，欲產生振盪必須

$|\beta A| \geq 1$ ，亦即 $|A| \geq \frac{1}{|\beta|}$ ，則放大器的迴路增益必須符

合 $\frac{R_f}{R} \geq \frac{C_1}{C_2}$ 才可產生振盪。

2. 場效應電晶體 (FET) 式

如圖 5 所示為場效應電晶體式考畢子振盪電路，電路中的 **RFC** 為射頻抗流線圈 (Radio Frequency Choker) 屬於一種電感器，功用為通過直流電源，但隔離交流振盪信號對電源的影響。以 FET 作為放大電路時，必須採用 $X_{RFC} \geq 10X_{C_D}$ ，且 R_G 與 C_G 的時間常數必須為振盪時間的十倍以上 (即為

$R_G C_g \geq 10T_o = \frac{10}{f_o}$), 才能使振盪訊號完全進入回授

電路。因回授因數為 $|\beta| = \frac{C_2}{C_1}$, 欲產生振盪必須

$|\beta A| \geq 1$, 則場效應電晶體的互導增益必須符合

$g_m \geq \frac{C_1}{r_d C_2}$ 才可產生振盪, 且振盪頻率為

$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$, 其中 $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ 。

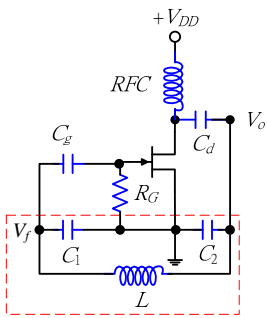


圖 5 場效應電晶體式考畢子振盪電路

3. 電晶體式

如圖 6 所示為電晶體式考畢子振盪電路, 在直流偏壓分析可得基極電壓 $V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$, 而射極電

流 $I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$, 電晶體射極端看入的輸入阻抗

$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{25mV}{I_E}$, 故電晶體的迴路增益為

$A_V = \frac{-\beta R_C}{r_\pi} = \frac{-\beta R_C}{(1 + \beta)r_e} \approx \frac{-R_C}{r_e}$ 。

又回授因數為 $|\beta| = \frac{C_2}{C_1}$ ，欲產生振盪必須 $|\beta A| \geq 1$ ，則

電晶體的迴路增益必須符合 $\frac{R_C}{r_e} \geq \frac{C_1}{C_2}$ 才可產生振

盪，且振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$ ，其中

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}。$$

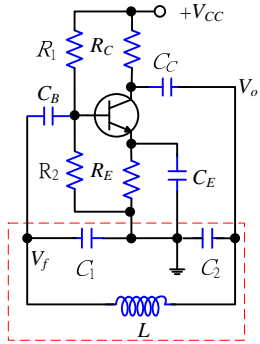


圖 6 電晶體式考畢子振盪電路

11-1-4-4 哈特萊振盪電路

由兩個電感器與一個電容器組成回授電路， L_1 及 L_2 的設計原則為 $L_2 = 10L_1$ 。依據放大器類型可分為：

1. 運算放大器式

圖 7 所示為運算放大器式哈特萊振盪電路，欲滿足巴克豪生準則，必須 $X_{L1} + X_{L2} + X_C = 0$

$$\Rightarrow jX_C = jX_{L1} + jX_{L2} \Rightarrow \omega(L_1 + L_2) = \frac{1}{\omega C}$$

15
分
鐘

11-1-4-4
(哈特萊
振盪電路_
簡報)
(11-1-4-5)

動態
簡報

2
分
30
秒

1. 以簡報方式說明哈特萊振盪電路的各種類型電路特性。簡報內容如教學實施說明的 11-1-4-4。

$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L_{eq}C}}$ ，其中不考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2$ ，考

慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$ （+為互助型，-為互

消型），則振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$

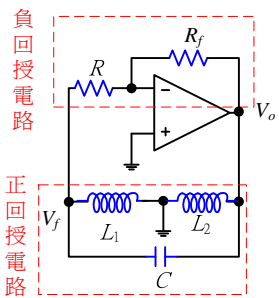


圖 7 運算放大器式哈特萊振盪電路

又，回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{L_1}{L_2}$ ，欲產生振盪必須

$|\beta A| \geq 1$ ，亦即 $|A| \geq \frac{1}{|\beta|}$ ，則放大器的迴路增益必須符

合 $\frac{R_f}{R} \geq \frac{L_2}{L_1}$ 才可產生振盪。

2. 場效應電晶體式

圖 8 所示為場效應電晶體式考畢子振盪電路，電路設計必須採用 $X_{RFC} \geq 10X_{C_d}$ ，且 R_G 與 C_G 的時間常數必須為振盪時間的十倍以上

（ $R_G C_g \geq 10T_o = \frac{10}{f_o}$ ），才能使振盪訊號完全進入回

授電路。因回授因數為 $|\beta| = \frac{L_1}{L_2}$ ，欲產生振盪必須

$|\beta A| \geq 1$ ，則場效應電晶體的互導增益必須符合

$g_m \geq \frac{L_2}{r_d L_1}$ ，振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$ ，其中不考慮

互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2$ ，考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$

(+ 為互助型，- 為互消型)。

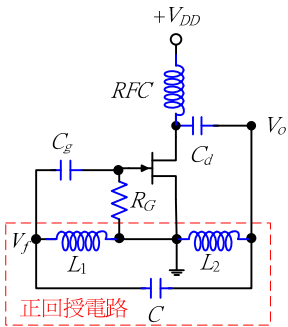


圖 8 場效應電晶體式哈特萊振盪電路

3. 電晶體式

圖 9 所示為電晶體式哈特萊振盪電路，電晶體的迴

路增益為 $A_v = \frac{-\beta R_C}{r_\pi} = \frac{-\beta R_C}{(1+\beta)r_e} \approx \frac{-R_C}{r_e}$ 。又回授因

數為 $|\beta| = \frac{L_1}{L_2}$ ，欲產生振盪必須 $|\beta A| \geq 1$ ，則電晶體的

迴路增益必須符合 $\frac{R_C}{r_e} \geq \frac{L_2}{L_1}$ 才可產生振盪，且振盪

頻率為振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$ ，其中不考慮互感

時 $L_{eq} = L_1 + L_2$ ，考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$ （+ 為互助型，- 為互消型）。

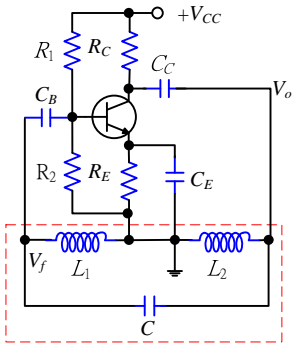


圖 9 電晶體式哈特萊振盪電路

綜合活動

一、即時練習

1. 以互動式運算放大器式考畢子振盪電路元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自激式振盪，並計算振盪頻率。

2
分
鐘

11-1-4-5
（運算放
大器式考
畢子振盪
電路_互
動）
(11-1-4-6)

互動
式動
畫

1
分
鐘

1. 以互動式動畫製作 11-1-4-5 元件如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否滿足放大器迴路增益的條件。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「輸入值必須滿足迴路增益條件，請重新輸入」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

2. 以**互動式場效應電晶體式考畢子振盪**電路元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自激式振盪，並計算振盪頻率。

2
分
鐘

11-1-4-6
(場效應
電晶體式
考畢子振
盪電路_
互動)
(11-1-4-7)

互動
式動
畫

1
分
鐘

運算放大器式考畢子振盪電路

回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$ 放大器迴路增益的條件： $\frac{R_f}{R} \geq \frac{C_1}{C_2}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$ 其中 $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

請輸入各電阻及各電容值，若滿足迴路增益的條件，就可以顯示輸出波形及振盪頻率。

電容值C₁ : pF

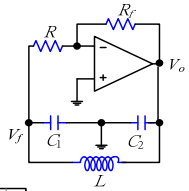
電容值C₂ : pF

電阻值R : kΩ

電阻值R_f : kΩ

電感值L : μH

重新輸入



輸出信號振盪頻率
f_o : kHz

輸出波形 (繪圖時，以正弦波顯示)

2. 以**互動式動畫**方式製作元件 11-1-4-6 如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否**滿足場效應電晶體的互導增益條件**。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「**輸入值必須滿足互導增益條件，請重新輸入**」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

3. 以**互動式電晶體式考畢子振盪**電路元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自

2
分

11-1-4-7
(電晶體

互動
式動

1
分

激式振盪，並計算振盪頻率。

鐘
式考畢子
振盪電路_
互動)
(11-1-4-8)

畫
鐘

場效應電晶體式考畢子振盪電路

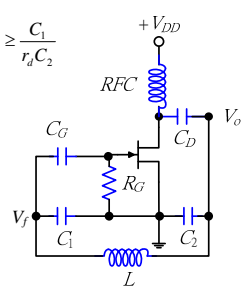
回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$ 場效應電晶體的互導增益的條件： $g_m \geq \frac{C_1}{r_d C_2}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$ 其中 $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

注意：
以FET作為放大電路時，必須採用 $X_{RFC} \geq 10X_{C_o}$ ，
且 R_G 與 C_G 的時間常數必須為振盪時間的十倍以上（亦即 $R_G C_G \geq 10T_o = \frac{10}{f_o}$ ），才能使振盪訊號完全進入回授電路。

請輸入各電阻及各電容值，若滿足互導增益的條件，就可以顯示輸出波形及振盪頻率。

電容值 C_1 : pF
 電容值 C_2 : pF
 電阻值 r_d : Ω
 電感值 L : μH



輸出信號振盪頻率 f_o : kHz

輸出波形（繪圖時，以正弦波顯示）

4. 以互動式運算放大器式哈特萊振盪電路元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自激式振盪，並計算振盪頻率。

2
分
鐘
11-1-4-8
（運算放
大器式哈
特萊振盪
電路_互
動）
(11-1-4-9)

互動
式動
畫
1
分
鐘

3. 以互動式動畫方式製作元件 11-1-4-7 如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否滿足 $R_1 \geq 4R_4$ 、 $(1 + \beta)R_E \geq 10R_2$ 及電晶體迴路增益的條件。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「輸入值必須滿足 $R_1 \geq 4R_4$ 、 $(1 + \beta)R_E \geq 10R_2$ 及電晶體迴路增益條件，請重新輸入」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

5. 以**互動式運場效應電晶體式哈特萊振盪電路**元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自激式振盪，並計算振盪頻率。

2
分
鐘

11-1-4-9
(場效應
電晶體式
哈特萊振
盪電路_
互動)
(11-1-4-10)

互動
式動
畫
1
分
鐘

4. 以**互動式動畫**方式製作元件 11-1-4-8 如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否**滿足放大器迴路增益及 $L_2=10L_1$ 的條件**。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「**輸入值必須滿足迴路增益及 $L_2=10L_1$ 的條件，請重新輸入**」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

電晶體式考畢子振盪電路

回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$ 電晶體的迴路增益的條件： $\frac{R_C}{r_e} \geq \frac{C_1}{C_2}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$ 其中 $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

請輸入值下列各值，並符合 $R_1 \geq 4R_2$ 且 $(1 + \beta)R_E \geq 10R_2$ ，若滿足迴路增益的條件，就可以顯示下列各值、輸出波形、及振盪頻率。(假設 β 值為 150)

電容值 C_1 : pF 電容值 C_2 : pF

電阻值 R_1 : k Ω 電阻值 R_2 : k Ω 重新輸入

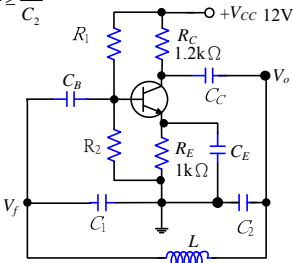
電感值 L : μ H

基極電壓 $V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} =$ V

射極電流 $I_E = \frac{V_B - 0.7V}{R_E} =$ mA

由電晶體射極端看入的輸入阻抗

$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{25mV}{I_E} =$ Ω



kHz'." data-bbox="760 350 855 465"/>

輸出信號振盪頻率

f_o : kHz

輸出波形 (繪圖時，以正弦波顯示)

6. 以**互動式電晶體式哈特萊振盪電路**元件，提供老師或同學輸入各元件值後，判斷是否能讓電路產生自激式振盪，並計算振盪頻率。

2
分
鐘

11-1-4-10
(電晶體
式哈特萊
振盪電路_
互動)
(11-1-4-11)

互動
式動
畫 1
分
鐘

5. 以**互動式動畫**方式製作元件 11-1-4-9 如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否**滿足場效應電晶體的互導增益及 $L_2=10L_1$ 的條件**。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「**輸入值必須滿足互導增益及 $L_2=10L_1$ 的條件，請重新輸入**」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

運算放大器式哈特萊振盪電路

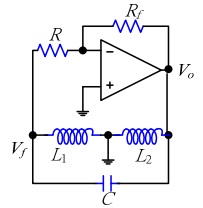
回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{L_1}{L_2}$ 放大器迴路增益的條件： $\frac{R_f}{R} \geq \frac{L_2}{L_1}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$

其中不考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2$
考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$ (其中+為互助型，-為互消型)

請輸入各電阻及各電容值，若滿足迴路增益的條件，並符合 $L_2=10L_1$ ，就可以顯示輸出波形及振盪頻率值。

電感值 L_1 : μH
 電感值 L_2 : μH
 電阻值 R : $\text{k}\Omega$
 電阻值 R_f : $\text{k}\Omega$
 電容值 C : pF



輸出信號振盪頻率

f_o : kHz

輸出波形 (繪圖時，以正弦波顯示)

二、LC 振盪電路的學習單

1. 下列何種振盪電路用於高頻振盪？(A) 哈特萊特振盪器 (B) 韋恩電橋振盪器 (C) 考畢子振盪器 (D) 哈特萊特振盪電路及考畢子振盪電路。

SOL：D

詳解：韋恩電橋振盪器屬於低頻振盪器。

場效應電晶體式哈特萊振盪電路

回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{L_1}{L_2}$ 場效應電晶體的互導增益的條件： $g_m \geq \frac{L_2}{r_d L_1}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$

其中不考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2$

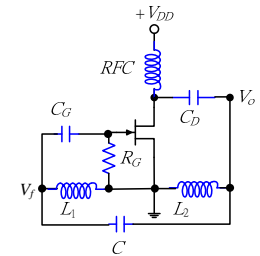
考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$ (其中+為互助型, -為互消型)

注意：

以FET作為放大電路時，必須採用 $X_{RFC} \geq 10X_{C_D}$

，且 R_G 與 C_G 的時間常數必須為振盪時間的十倍以上 (亦即

$R_G C_G \geq 10T_o = \frac{10}{f_o}$)，才能使振盪訊號完全進入回授電路。



請輸入各電阻及各電容值，若滿足迴路增益的條件，並符合 $L_2=10L_1$ ，就可以顯示輸出波形及振盪頻率。

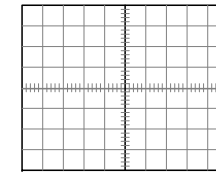
電感值 L_1 ： μ H

電感值 L_2 ： μ H

電阻值 r_d ： Ω

電容值 C ： pF

重新輸入



輸出信號振盪頻率

f_o ： kHz

輸出波形 (繪圖時，以正弦波顯示)

6. 以**互動式動畫**方式製作元件 11-1-4-10 如下圖所示，當老師或學生輸入各元件值後，程式必須判斷是否**滿足 $R_1 \geq 4R_4$ 、 $(1 + \beta)R_E \geq 10R_2$ 、 $L_2=10L_1$ 及電晶體迴路增益的條件**。若「正確」，則顯示振盪頻率值與波形。若「錯誤」，則彈出訊息顯示「**輸入值必須滿足 $R_1 \geq 4R_4$ 、 $(1 + \beta)R_E \geq 10R_2$ 、 $L_2=10L_1$ 及電晶體迴路增益條件，請重新輸入**」，待關閉視窗時，立即清除各輸入值，讓使用者重新輸入。或者按下「重新輸入」時，清除所有資料。

2. 某 LC 電路的共振頻率為何？(A) $\frac{2\pi}{LC}$ (B) $\frac{LC}{2\pi}$ (C)

$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (D) $\frac{1}{2\pi LC}$ 。

SOL : C

3. 如圖 10 所示電路欲作為哈特萊振盪器，則 X_1 、 X_2 與 X_3 元件應該為何？(A) X_2 與 X_3 為電容器， X_1 為電感器 (B) X_1 與 X_2 為電感器， X_3 為電容器 (C) X_2 與 X_3 為電感器， X_1 為電容器 (D) X_1 與 X_3 為電感器， X_2 為電容器。

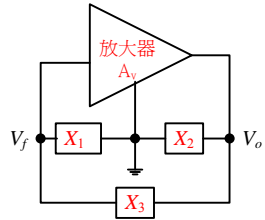


圖 10

SOL : B

詳解：哈特萊振盪器由 2 個 L 及 1 個 C 組成。

4. 如圖 11 所示電路，若 $R=2k\Omega$ ， $C_1=3pF$ ， $C_2=6pF$ ， $L=1mH$ ，求回授因數 β 約為何？(A) 2 (B) 1 (C) 0.5 (D) 0.25。

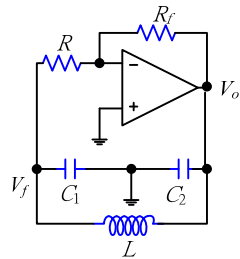


圖 11

SOL : A

詳解：該電路為考畢子振盪器，

(11-1-4-12)

電晶體式哈特萊振盪電路

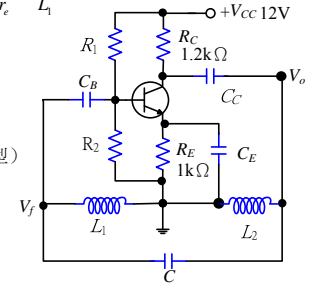
回授因數為 $|\beta| = \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{L_1}{L_2}$ 電晶體的迴路增益的條件： $\frac{R_C}{r_e} \geq \frac{L_2}{L_1}$

振盪頻率為 $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$

其中不考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2$

考慮互感時 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$ (其中+為互助型，-為互消型)

請輸入值下列各值，並符合 $R_1 \geq 4R_2$ 、 $(1+\beta)R_E \geq 10R_2$ 及 $L_2=10L_1$ ，若滿足迴路增益的條件，就可以顯示下列各值及輸出波形、振盪頻率值。(假設 β 值為 150)



電感值 L_1 : μH 電感值 L_2 : μH

電阻值 R_1 : $k\Omega$ 電阻值 R_2 : $k\Omega$ 重新輸入

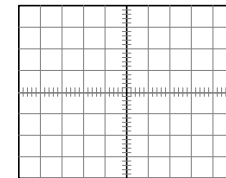
電容值 C : pF

基極電壓 $V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} =$ V

射極電流 $I_E = \frac{V_B - 0.7V}{R_E} =$ mA

由電晶體射極端看入的輸入阻抗

$r_e = \frac{V_T}{I_E} \approx \frac{25mV}{I_E} =$ Ω



輸出信號振盪頻率 f_o : kHz

輸出波形 (繪圖時，以正弦波顯示)

以學習單的模式做為課後練習

$$|\beta| = \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{6pF}{3pF} = 2$$

5.如圖 11 所示電路，欲產生正弦波振盪，則回授電阻 R_f 需採用何者較為適當？(A) $4k\Omega$ (B) $3k\Omega$ (C) $2k\Omega$ (D) $1k\Omega$ 。

SOL : A

詳解：該電路為考畢子振盪器，

$$\frac{R_f}{R} \geq \frac{C_2}{C_1} \Rightarrow R_f \geq 2k\Omega \times \frac{6pF}{3pF} = 4k\Omega$$

6.如圖 11 所示電路，若 $R=2k\Omega$ ， $C_1=3pF$ ， $C_2=6pF$ ， $L=8mH$ ，求振盪頻率值為多少？(A) $7.95MHz$ (B) $3.98MHz$ (C) $1.99MHz$ (D) $995kHz$ 。

SOL : B

詳解：該電路為考畢子振盪器，

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}} = \frac{0.159}{\sqrt{800\mu H \times (6pF // 3pF)}} = 3.98MHz$$

7.如圖 12 所示電路，求振盪頻率為何？(A) $497kHz$ (B) $749kHz$ (C) $974kHz$ (D) $4.79MHz$ 。

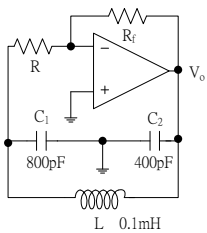


圖 12

SOL : C

詳解： $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(C_1 // C_2)L}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{(800\text{pF} // 400\text{pF}) \times 0.1\text{mH}}} = 974\text{kHz}$$

8. 如圖 12 所示電路，欲維持振盪的最小電壓增益為多少？ (A) 0.5 (B) 1.4 (C) 1.7 (D) 2。

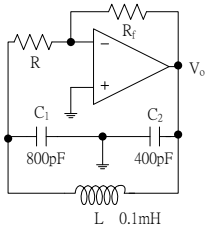


圖 15

SOL : D

詳解： $|A| \geq \frac{C_1}{C_2} = \frac{800\text{pF}}{400\text{pF}} = 2$

9. 如圖 13 所示電路，若 $R=2\text{k}\Omega$ ， $L_1=10\text{nH}$ ， $L_2=100\text{nH}$ ， $M=5\text{nH}$ ， $C=100\text{nF}$ ，求回授因數 β 約為何？ (A) 100 (B) 10 (C) 1 (D) 0.1。

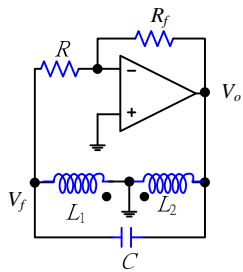


圖 13

SOL : D

詳解：該電路為哈特萊振盪器 $|\beta| = \frac{L_1}{L_2} = \frac{10\mu\text{H}}{100\mu\text{H}} = 0.1$ 。

10. 如圖 13 所示電路，求振盪頻率約為何？ (A) 541kHz (B) 1.45MHz (C) 1.59MHz (D) 1.95MHz。

SOL : C

詳解：哈特萊振盪器兩電感器為互消型，則

$$L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M = 10nH + 100nH - 2 \times 5nH = 100nH$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}} = \frac{0.159}{\sqrt{100nH \times 100nF}} = 1.59MHz$$

11. 如圖 13 所示電路，欲維持振盪則 R_f 至少需要多少？ (A) 30 k Ω (B) 20 k Ω (C) 10 k Ω (D) 1k Ω 。

SOL : B

詳解： $\frac{R_f}{R} \geq \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow R_f \geq 2k\Omega \times \frac{100\mu H}{10\mu H} = 20k\Omega$

12. 某哈特萊振盪器的電容器可從 100pF 調至 400pF，且振盪線圈為 9 μ H，求振盪頻率範圍約為何？ (A) 2.56MHz~5.3MHz (B) 2.56MHz~3.5MHz (C) 1.26MHz~2.56MHz (D) 126kHz~1.26MHz。

SOL : A

詳解： $f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \frac{0.159}{\sqrt{9\mu H \times 100pF}} = 5.3MHz$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} = \frac{0.159}{\sqrt{9\mu H \times 400pF}} = 2.65MHz$$

合計： 50 分鐘

合計： 15 分鐘

12 個元件

可供設計參考資源列表 (請填入至少 3 項)

參考資源(線上資源或參考書籍)	簡述
電子學 II 總複習高分講義(含實習)，陳興財編著，松崗出版社。	第十一章基本振盪電路第一節正弦波振盪電路
電子學實習 II，陳興財及王敏男編著，五南出版社。	第十一章基本振盪電路實驗第一節 RC 振盪電路實驗

