

壹、實驗目的

- 一、了解振盪器之基本原理。
- 二、設計和製作振盪器。

貳、實驗原理

振盪器在通訊系統中扮演了重要的角色，無論是載波或者是本地振盪信號等，皆由振盪器產生。振盪器的特性就是不用輸入信號，而在輸出端便有信號輸出。

■ 1-2 通訊原理實習

圖 1-1 為振盪電路的基本方塊圖，其中包含一個放大器及一個由諧振電路(resonator)所構成的回授網路。當電源開啓時，在電路中會產生雜訊，但是雜訊經由放大器放大後，再經過具有濾波功能的諧振電路，最後將只留下諧振電路通帶區內的頻率成份，而其他頻率成份皆會被濾除；而通過諧振電路的信號再送入放大器的輸入端，若所得的信號與原有的信號相位相同則再將其放大。

振盪器是否會振盪，我們必須考慮以下兩點，其分別為環路增益至少為 1 和相位偏移為零(即正回授)，此為振盪準則。即

$$A\beta(S) \geq 1 \quad (1-1)$$

其中

A ：放大器之增益

$\beta(S)$ ：回授因數

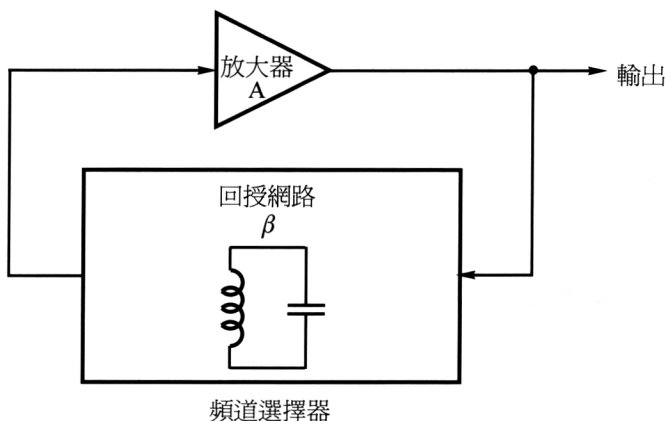


圖 1-1 振盪電路基本方塊圖

在本實驗中使用電晶體放大器，利用電晶體的 $i_c - v_{be}$ 之非線性特性，可以當成振幅限制器，所以當工作穩定時環路增益為 1，此稱為自我限制振盪器(Self-Limiting Oscillator)，所以在電路中不用加其它振幅限制電路

一、考畢子振盪器(Colpitts Oscillator)

圖 1-2 為考畢子振盪器交流等效電路，其中並聯的 LC 諧振電路連接在電晶體放大器的基極和集極之間，部份的電壓經由 C_1 和 C_2 所組成的分壓器回授到基極。其中 R 代表電晶體的輸出電阻、負載電阻以及電感和電容上的等效電阻之總和。

若工作頻率不是很高，則可忽略電晶體內部的極間電容，因此我們可以獲得考畢子振盪器的振盪頻率為：

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right)}} \quad (\text{Hz}) \quad (1-2)$$

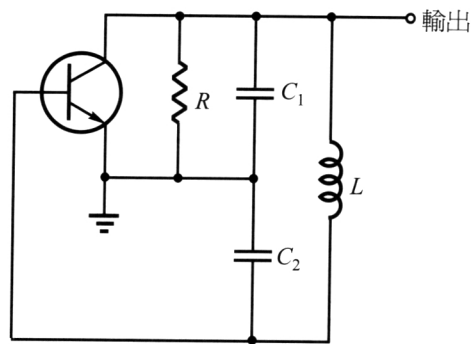


圖 1-2 考畢子振盪器交流等效電路

接著我們考慮考畢子振盪器的振盪條件，考畢子振盪器的回授因數 (Feedback Factor, β) 為 C_1 / C_2 ，電晶體放大器的電壓增益 (Voltage Gain, A) 為 $g_m R$ ，由式 1-1 知振盪條件為：

$$A \beta(S) = 1$$

■ 1-4 通訊原理實習

所以

$$g_m R \frac{C_1}{C_2} = 1$$

因此

$$g_m R = \frac{C_2}{C_1}$$

當開始振盪時，迴路增益至少為 1，所以振盪條件為：

$$g_m R \geq \frac{C_2}{C_1} \quad (1-3)$$

圖 1-3 為考畢子振盪電路，其中 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 提供電晶體工作偏壓， C_1 為耦合電容， C_2 為旁路電容， C_3 、 C_4 和 L_1 構成諧振電路，用來選取適當的工作頻率。

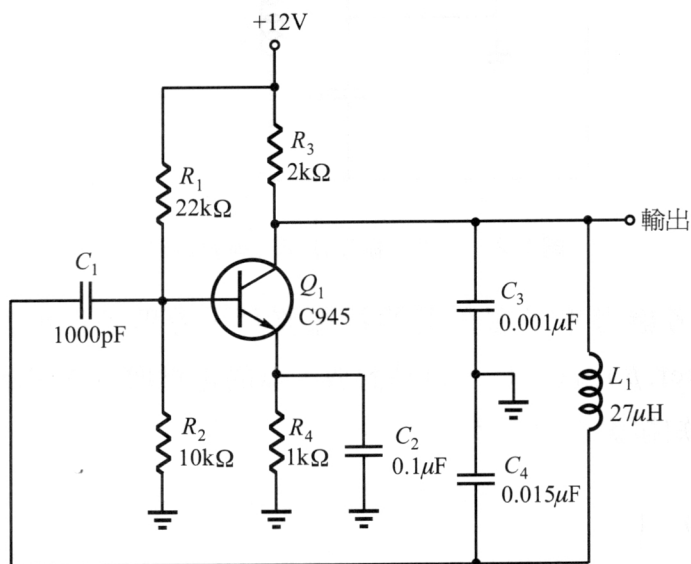


圖 1-3 考畢子振盪電路

二、哈特萊振盪器(Hartley Oscillator)

圖 1-4 為哈特萊振盪器交流等效電路，和考畢子振盪器一樣，其並聯的 LC 諧振電路連接在電晶體放大器的基極和集極上，所不同的是其部份電壓是由 L_1 和 L_2 所組成分壓器回授到基極，其中 R 亦代表電晶體的輸出電阻、負載電阻以及電感和電容上的等效電阻之總和。

當工作頻率不高時，可以忽略電晶體上的極間電容，因此振盪頻率可由並聯諧振電路所決定，其表示式如下

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}} \quad (\text{Hz}) \quad (1-4)$$

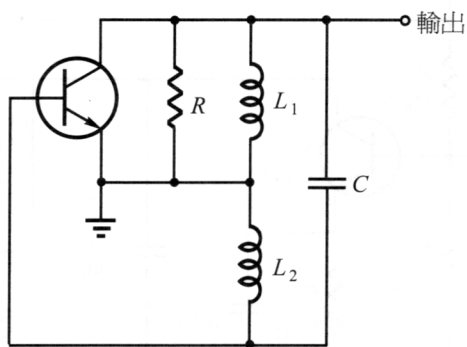


圖 1-4 哈特萊振盪器交流等效電路

哈特萊振盪器的回授因數 β 為 L_2/L_1 ，電晶體之放大增益 A 為 $g_m R$ ，因為振盪之條件為：

$$A\beta(S) = 1$$

所以

$$g_m R \frac{L_2}{L_1} = 1$$

■ 1-6 通訊原理實習

因此

$$g_m R = \frac{L_1}{L_2}$$

當開始振盪時，迴路增益須至少為 1，所以振盪條件為

$$g_m R \geq \frac{L_1}{L_2} \quad (1-5)$$

圖 1-5 為哈特來振盪電路，其中 R_1 、 R_2 和 R_3 提供電晶體工作偏壓， C_1 為耦合電容， C_2 為旁路電容， C_3 、 L_1 和 L_2 構成諧振電路，以選取適當的工作頻率。

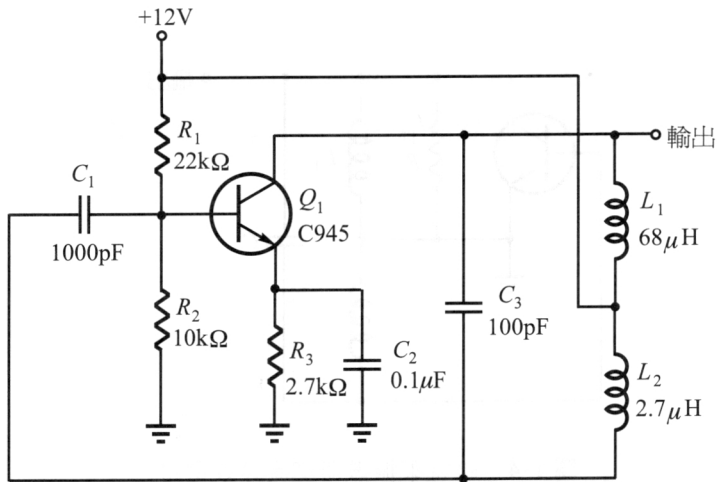


圖 1-5 哈特來振盪電路

除了以上介紹的振盪器之外，還有許多其他形式的振盪器，例如使用在頻率較低的 RC 相移振盪器和偉恩電橋振盪器，以及頻率穩定度較高的克萊伯(Clapp)振盪器和皮爾士(Pierce)振盪器。通常在設計頻率較高的振盪器時會選擇皮爾士振盪器，因為其電路中以石英振盪晶體(Crystals)取代電感，而石英振盪晶體本身具有低的電路損耗和極高且穩定的 Q 值，所以適用於較高頻的電路中。

參、實驗項目

實驗一：考畢子振盪器

1. 如圖 1-3 之電路，將 $J1$ 及 $J3$ 短路， $J2$ 及 $J4$ 開路，即是 C_3 為 $0.001\mu\text{F}$ ， C_4 為 $0.015\mu\text{F}$ ， L_1 為 $27\mu\text{H}$ 。
2. 以示波器 AC 檔觀察輸出端(O/P)之信號，將輸出信號波形及頻率記錄於表 1-1 中。若無法振盪或失真太大，則檢查電晶體之直流偏壓是否適當。
3. 拆下 $J1$ 及 $J3$ 利用電容表和電感表測量實際值，記錄於表 1-1 中，並求出輸出頻率之理論值。
4. 將 $J2$ 及 $J4$ 短路， $J1$ 及 $J3$ 開路，即是將 C_3 改為 C_5 ， C_4 改為 C_6 ， L_1 改為 L_2 ，其值分別為 100pF ， 1000pF 和 $2.7\mu\text{H}$ ，重複步驟 2 和步驟 3。

實驗二：哈特萊振盪器

1. 如圖 1-5，將 $J1$ 及 $J3$ 短路， $J2$ 及 $J4$ 開路，即是 L_1 為 $68\mu\text{H}$ ， L_2 為 $2.7\mu\text{H}$ ， C_3 為 100pF 。
2. 以示波器 AC 檔觀察輸出端(O/P)之信號，將輸出信號波及頻率記錄於表 1-2 中。若無法振盪或失真太大，則檢查電晶體之直流偏壓是否適當。
3. 拆下 $J1$ 及 $J3$ 利用電容表和電感表測量實際值，記錄於表 1-2 中，並求出輸出頻率之理論值。
4. 將 $J2$ 及 $J4$ 短路， $J1$ 及 $J3$ 開路，即是將 L_1 改為 L_3 ， L_2 改為 L_4 ， C_3 改為 C_4 ，其值分別為 $470\mu\text{H}$ ， $47\mu\text{H}$ 和 150pF ，重複步驟 2 和步驟 3。

■ 1-8 通訊原理實習

肆、實驗結果

表 1-1 考畢子振盪器實驗結果

	C_3	C_4	L_1	輸出信號波形
標示值	0.001 μ F	0.015 μ F	27 μ H	
測量值				
標示值	100pF	1000pF	2.7 μ H	
測量值				

表 1-2 哈特萊振盪器實驗結果

	L_1	L_2	C_3	輸出信號波形
標示值	$68\mu\text{H}$	$2.7\mu\text{H}$	100pF	
測量值				
標示值	$470\mu\text{H}$	$47\mu\text{H}$	150pF	
測量值				

伍、問題討論

1. 在實驗一和實驗二中，輸出信號的理論值和測量值是否相同？若不相同原因為何？
2. 圖 1-3 考畢子振盪器電路中，每個電容和電感的功能各為何？
3. 試設計一個哈特萊振盪器如圖 1-5，其輸出頻率為 5MHz，則 C_3 、 L_1 和 L_2 的值各為多少？
4. 為何當頻率升高到射頻範圍時須特別注意佈線和縮短導線長度？