

實驗四、共射極放大器

實驗大綱

- 一、共射極放大電路
- 二、石英震盪器

一、共射極放大電路

實驗原理：

電晶體的偏壓僅是操作於直流部份，其目的乃在建立適當的工作點，以便對交流輸入信號有反應而且能變化其電壓和電流值。在應用上，微小的信號需要加以放大才能進一步處理，例如從收音機天線接收進來的微小信號。放大器被設計來將這些微小的交流信號放大者，稱為小信號放大器。

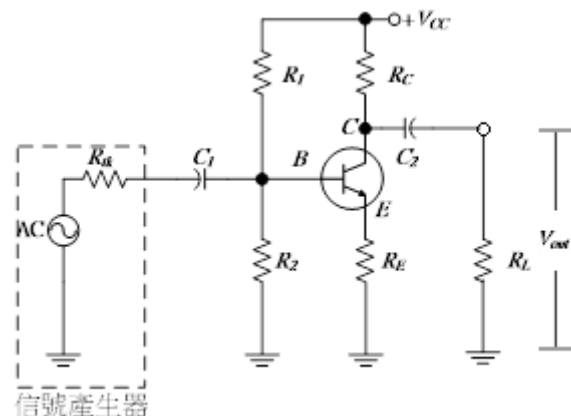


圖 1

圖1 是一個經過適當偏壓的電路，交流信號由電容器C1耦合至基極，而負載R2亦耦合到基極。耦合電容器C1阻隔著信號源的直流準位，並可防止信號源的內阻Ra及負載電阻R2改變基極及集極的直流偏壓。交流信號電壓使基極電壓沿著直流偏壓位準上下變化著，使基極上產生電流變化，透過電晶體組態的電壓增益，形成基極上放大的電流變化。當基極電流增大時，使集極電壓減小。集極電流在靜態工作點(Q 點)的大小變化，與基極電流同相，而集極到射極電壓在工作點的變化則與基極電壓有180度的相位差。電晶體放大的工作原理可在集極特性曲線上利用圖解方式說明。如圖2所示，集極上的信號驅動基極電流以Q 點為中心沿著負載作上下等量變化，如箭號所示方向。

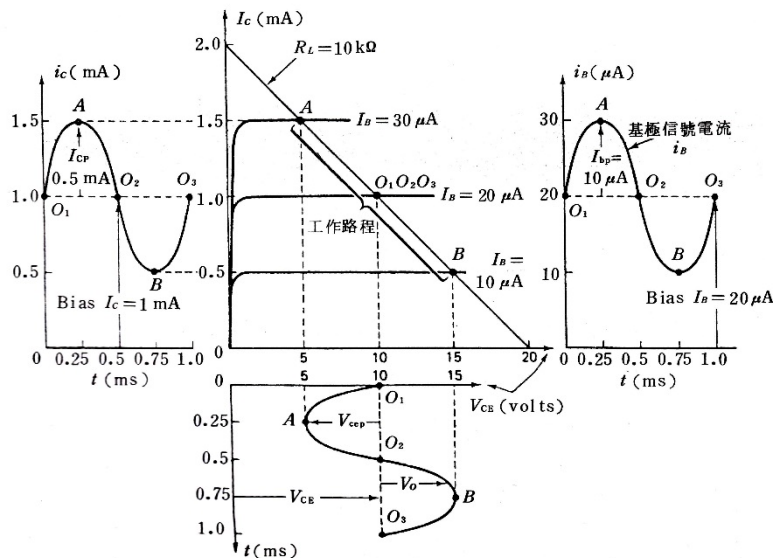


圖 2 電晶體特性曲線

由基極的電流峰值分別對 I_c 軸及 V_{ce} 軸投影，結果顯示出集極電流和集-射極電壓的峰值變化情形。

實驗項目及步驟：

設備：

(1)三用電錶或萬用電錶、(2)雙軌示波、(3)訊號產生器、(4)電源供應器

材料：

名稱	規格	數量
電阻器	1/2 W 1 k Ω	1
電阻器	1/2 W 3.6 k Ω	1
電阻器	1/2 W 10 k Ω	1
電阻器	1/2 W 47 k Ω	1
電解電容器	10 μ F	2
電解電容器	100 μ F	1
電晶體	9012	1
電晶體	9013	1
電晶體	2N3904	1
電晶體	2N3906	1

項目：共射極放大器

步驟：

(1) 以三用電表的 Ω 檔測量實驗所列的電阻值。

名稱	電錶測量的電阻值
1/2 W 1 kΩ	
1/2 W 3.6kΩ	
1/2 W 10 kΩ	
1/2 W 47kΩ	

(2) 判別9012、9013、2N3904及2N3906的極性(NPN、PNP)。

名稱	
9012	
9013	
2N3904	
2N3906	

(3) 根據圖3所示的電路圖計算要求的直流參數值並記錄。

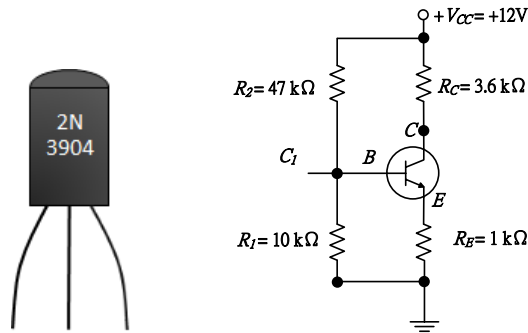


圖3

測量圖3電路中的 I_B 值以及 I_C 值來求出 β 值，與三用電表作比較，實驗時只要使用編號為

2N3904的電晶體。

$$\beta \equiv \frac{I_C}{I_B}$$

(4) 根據圖4所示的電路圖使用雙軌示波器的CH1量測電晶體的交流輸入信號波形 V_{in} ，同時使用示波器的CH2 量測交流輸出信號波形 V_{out} ，將輸入信號(V_{in})與輸出信號(V_{out})兩者同時波形存檔。

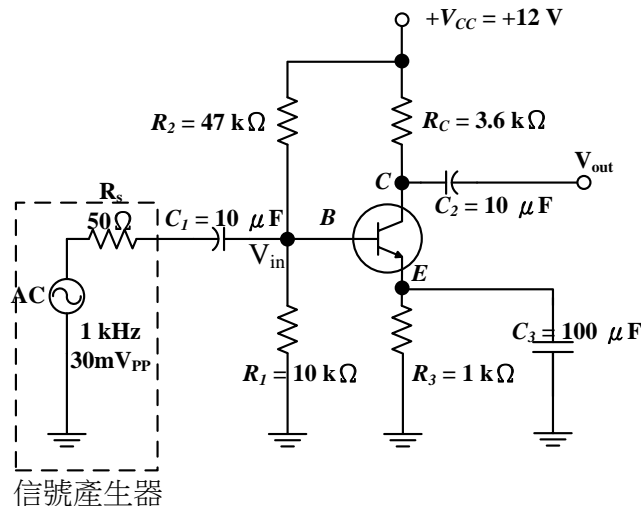


圖4

(5) 計算其電壓增益值並和實驗測量值作比較。

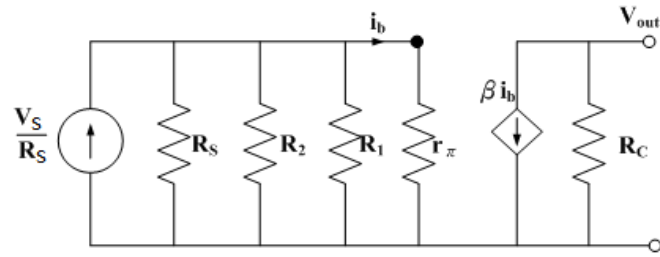


圖 5 等效電路

電壓增益值理論參考公式：

$$r_{\pi} = \frac{26mV}{I_B}, 26mV \text{ 為熱電壓}$$

$$i_b = \frac{V_S}{R_S} \times \frac{\left(\frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{\pi}}\right)^{-1}}{r_{\pi}}$$

$$V_{out} = -\beta i_b \times R_C$$

$$\frac{V_{out}}{V_S} = A_V, A_V \text{ 即為電壓增益值}$$

	計算值(理論值)	測量值
電壓增益值		

二、石英震盪器

實驗項目及步驟：

設備：

(1) 直流電源供應器、(2) 雙軌示波器

材料：

名稱	規格	數量
電阻器	2kΩ	1
電阻器	3.9 kΩ	1
電阻器	4.3 kΩ	1
電阻器	68 kΩ	1
電解電容	10μF	1
陶瓷電容	100pF	2
電晶體	2N3904	1
石英震盪器	2MHz	1

實驗電路

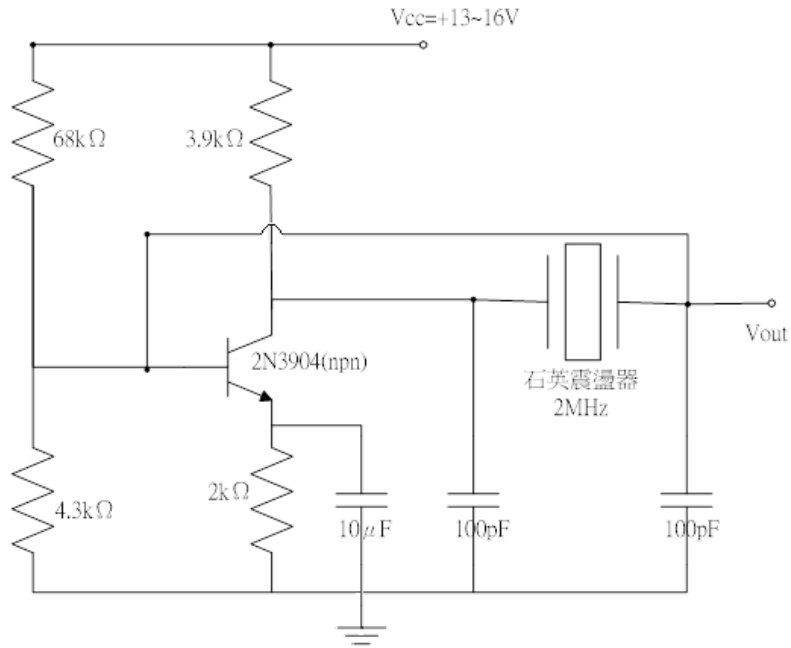


圖 6

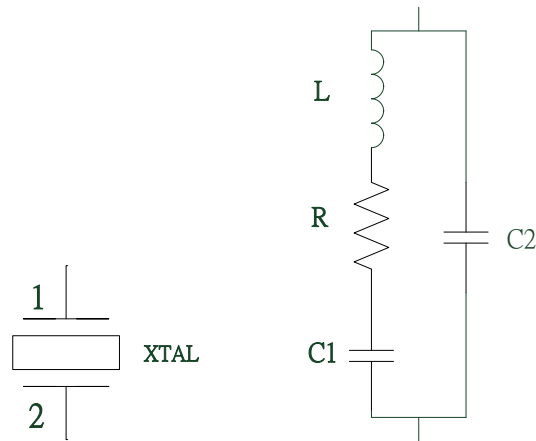


圖 7

R、L 和 C 典型大小： R=5~10Ω、L=0.1~100mH、C1：<1pF、C2：4~40pF

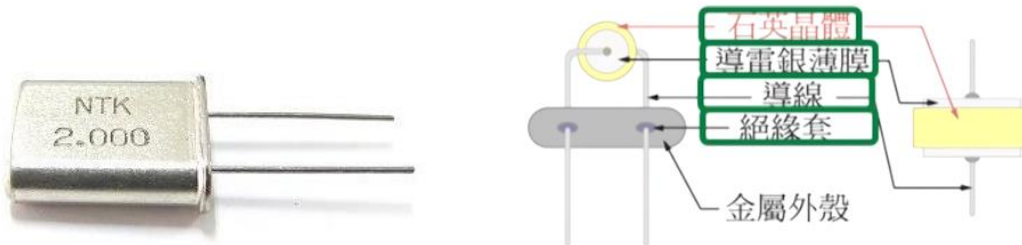
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$$

問題與討論

- 一、在圖 4 中，若不加電容 C₃，放大倍率會有何差別？
- 二、若輸出信號(V_{out})出現截波(訊號失真)時，試描述之可能原因為何？
- 三、如圖 7 之石英晶體等效電路，若 R=100Ω、L=10mH、C1=0.01pF、C2=10pF，試求晶體之
(1)串聯諧振頻率(2)並諧振頻率為何？

附錄

石英晶體震盪器



LC 回授式的高頻振盪電路常因為電感與電容元件特性的改變，造成振盪頻率不穩定。而目前能提供最穩定與最高精準的振盪元件為石英晶體振盪器。

石英晶體基本上為二氧化矽的結晶體。將一塊石英晶體切割成很薄的薄片，兩邊塗上導電銀薄膜，並各銲上一根導線後再加以金屬外殼封裝，即構成石英晶體振盪器，如上圖。

壓電效應

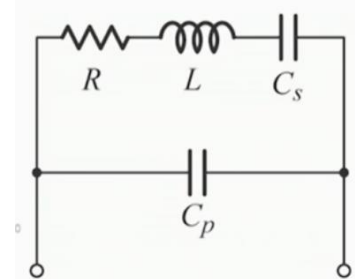
晶體兩端加入電場 → 產生機械形變

加入壓力產生機械形變 → 產生電場

所以利用石英晶體的壓電效應；在晶體兩端加上交流電壓時，晶體產生機械振動，同時晶體的振動又會產生交變的電壓。若外加交流電壓頻率與晶體機械振動頻率相同時，產生壓電共振特性，此時晶體的機械振動與交流電壓幅度都會達到最大，這種現象稱為壓電諧振，其與基本電學所學的 LC 諧振現象非常相似。(石英晶體的諧振頻率與晶體從石英晶塊切下來時的切割方式、方向、形狀及尺寸大小皆有關。)

等效電路

1. 並聯電容 C_p 為晶體不振動時之等效平板電容值，其數值約為數 pF ~數十 pF 。
2. 電阻 R 等效於晶體振動時，因摩擦而造成的損耗，其值約為 $100\ \Omega$ 。
3. 電感 L 等效於晶體振動慣性，其數值約為數十 mH ~數百 mH 。
4. 串聯電容 C_s 等效於晶體振動彈性，其數值約為 0.0002pF ~ 0.1pF 。



串聯諧振頻率

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_s}}, \text{ 或 } f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s}}$$

並聯諧振頻率

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC_T}}, \text{ 或 } f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

$$C_T = \frac{C_s \times C_p}{C_s + C_p}, \text{ 因 } C_p \gg C_s, \text{ 所以 } C_T \approx C_s, \text{ 即 } f_p \approx f_s$$

由於石英晶體的等效電阻 R 與電容 C_s 很小，等效電感數值遠大於等效電容的數值，所以品質因子 $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$ 數值很大，約在 1000~10000 之間，使得諧振頻寬(Band Width)非常窄，並且 $f_p \approx f_s$ ，因此，可得到極穩定且精確的振盪頻率。