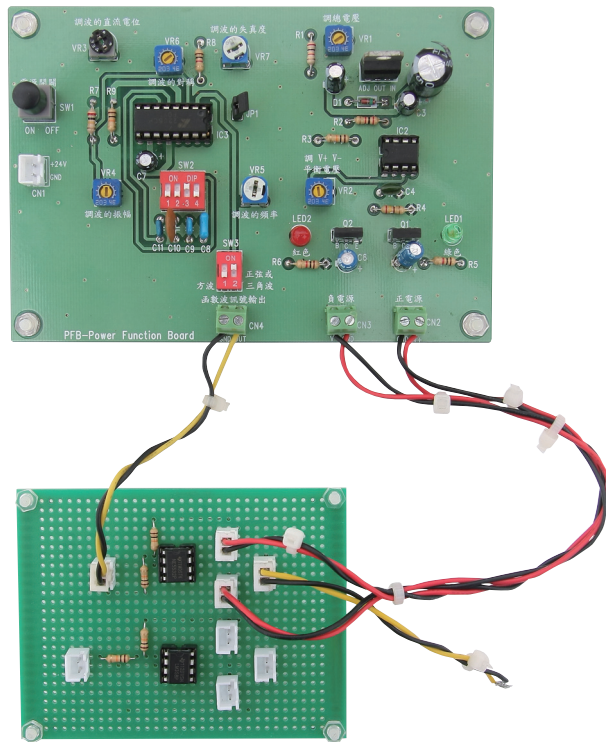


2

CHAPTER

正相與反相電路實驗

正相放大電路



正相放大電路

所謂正相放大器是輸入訊號與輸出訊號為同相位，如圖 2-1，也就是輸出入無任何相位差，但輸出振幅大小與負回授電阻 R_f 與 R_1 的比值有關，因為正相放大電路的電壓增益 $A_v = 1 + \frac{R_f}{R_1}$ 。

OPA 運算放大器有幾個重要特色：

1. 開環路(open loop)電壓增益無窮大 $A_o = \infty$ ，亦就是正相(+)與負相(-)沒有接上任何回授電阻 R_f 時的電壓增益。 A_o 開環路電壓增益至少也有 10^4 以上。
2. 正相(+)與負相(-)的輸入阻抗幾乎是無窮大， $R_{i(+)} = \infty$ ； $R_{i(-)} = \infty$ 。
3. 理想輸出端的阻抗幾乎為零， $R_o = 0$ 。
4. 由於理想運算放大器開環路電壓增益 $A_o = \infty$ ，因此輸入部份的正相(+)與負相(-)僅僅發生微小差動電壓變化，經過放大後輸出就可能達飽和情況，輸出電壓趨近輸入正電壓或負電壓($V_o = V_+$ 或 V_-)。而且正相(+)與負相(-)兩輸入端可視為同電位，如同連接一起。這種觀念稱為「假想短路」。
5. 正相(+)或負相(-)只要有一點點電壓變化，經過開環路電壓增益 A_o 放大後輸出電壓幾乎呈現正電壓或負電壓飽和情況(V_+ 或 V_-)，因此將正相(+)與負相(-)兩輸入端視為與地同電位。這種觀念稱為「虛接地」。

運算放大器就是根據以上的特色發展出多樣的電路，並藉此推導出許多數學運算式子。

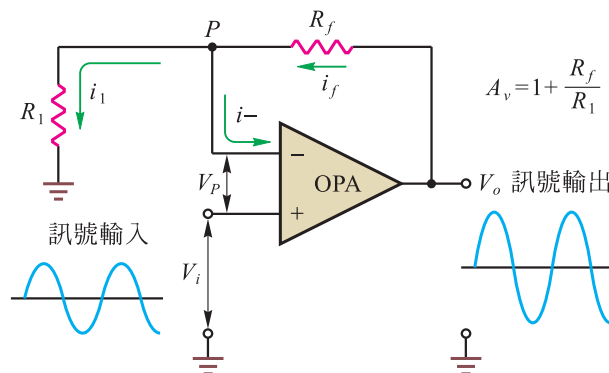


圖 2-1 正相放大電路

根據電路電流與電壓原理

$$i_f = i_1 + i_- \quad (\text{因為 } i_- \approx 0), \quad \text{所以 } i_f = i_1$$

$$\frac{V_o - (V_p + V_i)}{R_f} = \frac{V_p + V_i}{R_1} \quad (\text{因為 } V_p \approx 0)$$

$$\text{得 } \frac{V_o - V_i}{R_f} = \frac{V_i}{R_1}$$

$$\text{因此 } A_v = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

正相放大電路實驗

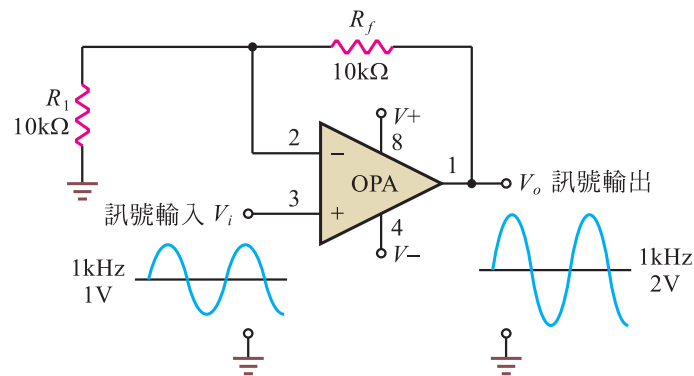


圖 2-2 正相放大電路實驗圖

如圖 2-2 為正相放大電路圖，此電路輸入訊號與輸出訊號同相位，而輸出訊號大小決定於負回授元件的比值，當 R_1 與 R_f 選取 $10\text{k}\Omega$ ，會得到電壓增益 $A_v = 1 + \frac{1}{1} = 2$ ，表示輸入訊號被放大 2 倍，且輸出訊號與輸入訊號同相位。

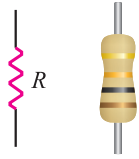
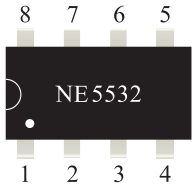
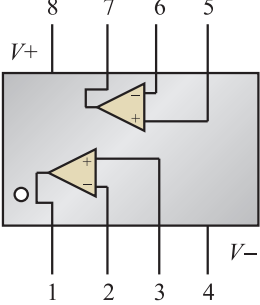

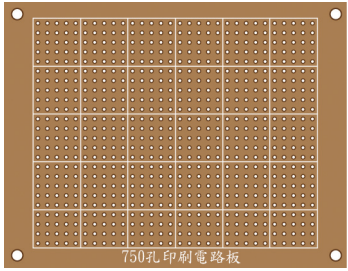
實驗項目

1. 觀察輸入電壓是否被放大 2 倍？
2. 因為輸入訊號由正相端(+)輸入，因此輸出端的訊號是否與輸入端的訊號同相位？

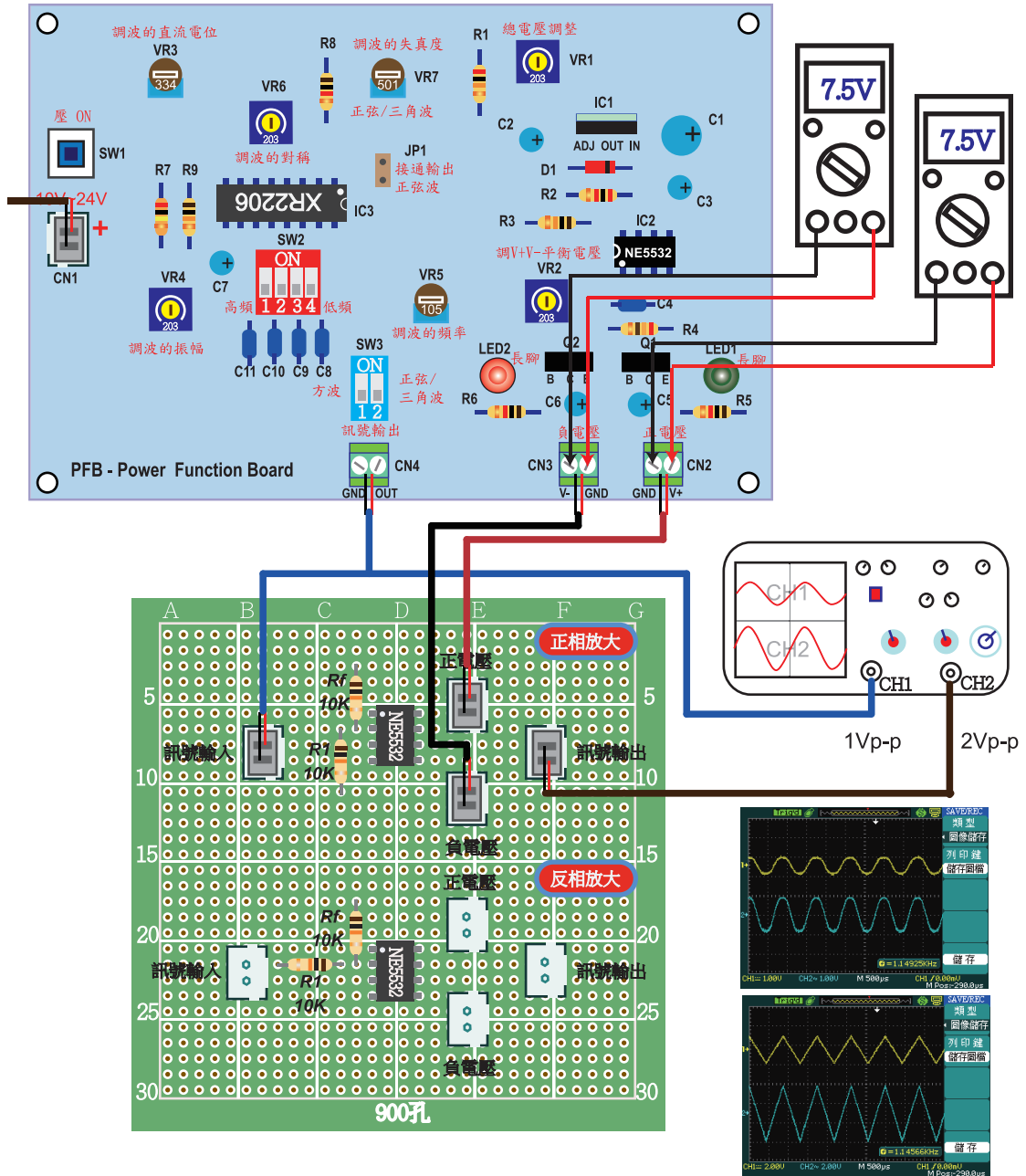
解答

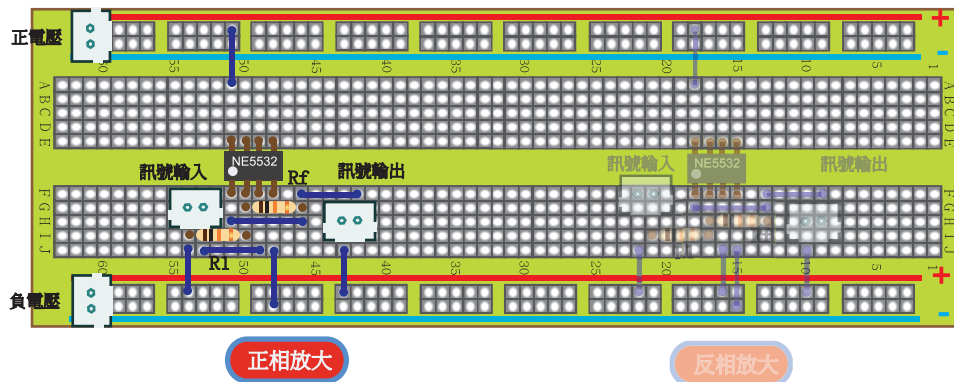
1. 是。
2. 是；同相。

正相放大電路材料表

外觀	規格	備註
電阻 	$R_1 = 10\text{k}\Omega \pm 5\%$	棕黑橙金
	$R_f = 10\text{k}\Omega \pm 5\%$	棕黑橙金
IC 	NE5532 或其他 OPA	線性 IC 
接線座 		4 個
電路板 	750 孔	電木板

正相放大電路各點波形





■ 操作步驟

1. 調整正負電源電壓為 $\pm 7.5V$ 。
2. JP1 連接 DIP_2 撥到 3，調整 VR_5 使頻率為 1kHz。
3. 調 VR_6 波的對稱與 VR_7 波的失真度為真正的正弦波。
4. 以上訊號輸出電壓皆為 $V_{P-P} = 1V$ 。
5. 輸出頻率 $f_o = 1kHz$ 。
6. 方波 $V_{P-P} = 15V$ 外加可變電阻將方波調為 $V_{P-P} = 1V$ 。

訊號產生器規格

正弦波、三角波頻率範圍：1Hz ~ 570kHz

正弦波輸出 $V_{P-P} = 400mV \sim 4V$

正弦波、三角波 DIP_1 ON 頻率範圍：1.24kHz ~ 573kHz

正弦波、三角波 DIP_2 ON 頻率範圍：157Hz ~ 83kHz

正弦波、三角波 DIP_3 ON 頻率範圍：12.3Hz ~ 7.3kHz

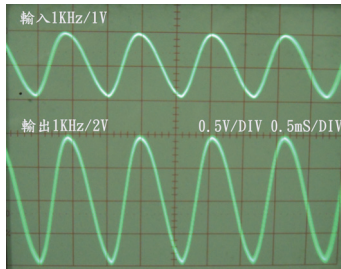
正弦波、三角波 DIP_4 ON 頻率範圍：1Hz ~ 715Hz

方波 $V_{P-P} = 15V$

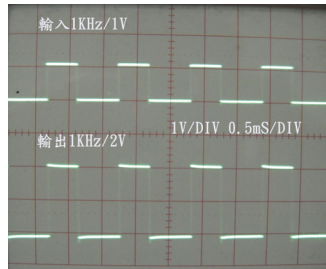
用示波器量測輸入與輸出訊號波形

▶ 正相放大電路

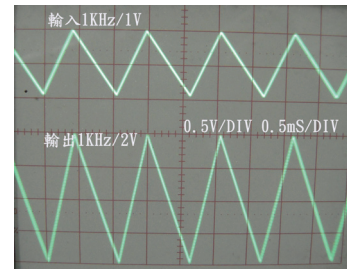
正弦波輸入



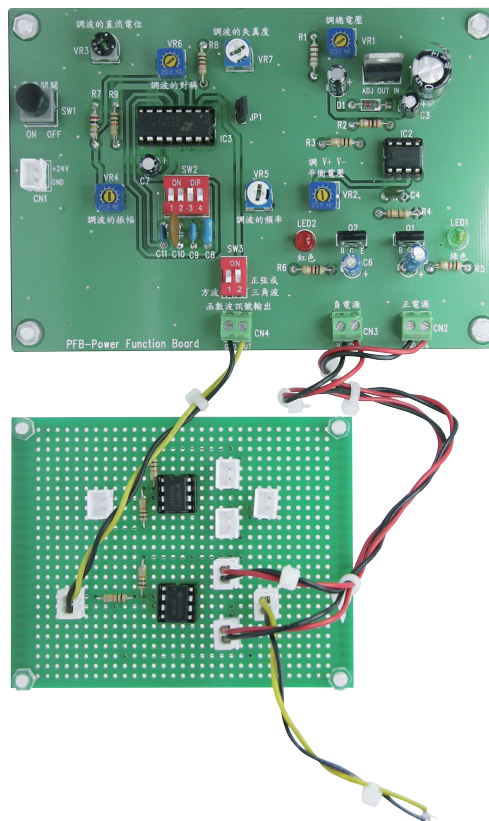
方塊波輸入



三角波輸入



反相放大電路



所謂反相放大器是輸入訊號與輸出訊號是不同相位，如圖 2-3，也就是輸出訊號與輸入訊號相位差 180° ，且輸出振幅大小由負回授電阻 R_f 與 R_1 的比值所決定，因為反相放大電路的電壓增益 $A_v = -\frac{R_f}{R_1}$ 。

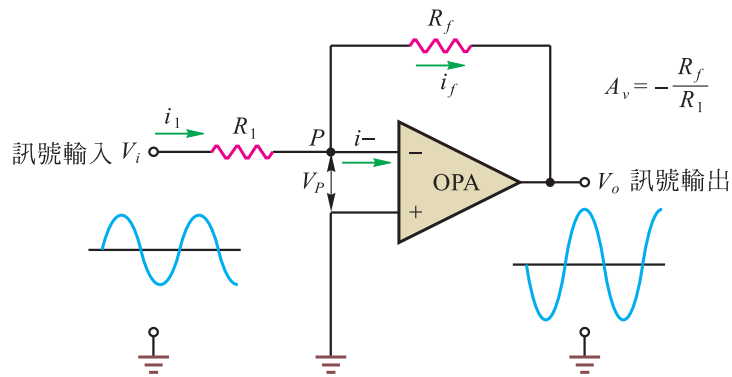


圖 2-3 反相放大電路

根據電路電流與電壓原理

$$i_1 = i_f + i_- \text{ (因為 } i_- \approx 0 \text{)} , \text{ 所以 } i_1 = i_f$$

$$\frac{V_i - V_p}{R_1} = -\frac{V_o + V_p}{R_f}$$

$$\text{因為 } V_p \approx 0 , \text{ 得 } \frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_o}{R_f}$$

$$\text{因此 } A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$

反相放大電路實驗

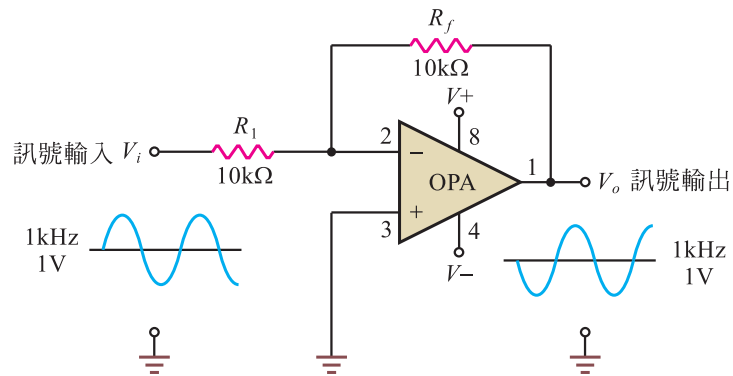


圖 2-4 反相放大電路實驗圖

如圖 2-4 為反相放大電路圖，此電路輸入訊號與輸出訊號不同相位，當 R_1 選取 $10\text{k}\Omega$ ； R_f 選取 $10\text{k}\Omega$ ，得電壓增益 $A_v = -\frac{1}{1} = -1$ 。

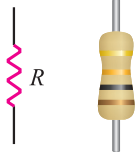
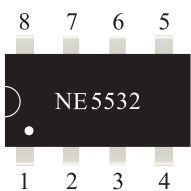
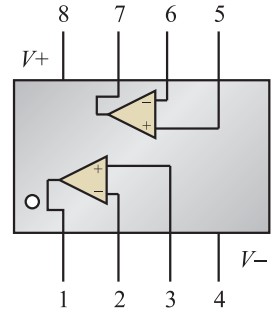

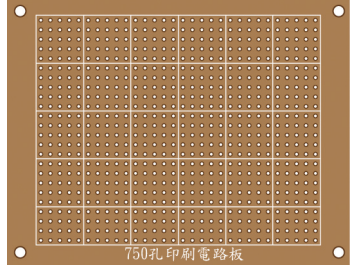
實驗項目

1. 觀察輸入訊號與輸出訊號相位是否差 180° ？
2. 因為輸入訊號由反相端(-)輸入，因此輸出端的訊號是否與輸入端的訊號反相？

解答

1. 是。
2. 是；反相。

反相放大電路材料表

外觀	規格	備註
電阻 	$R_1 = 10k \pm 5\%$	棕黑橙金
	$R_f = 10k \pm 5\%$	棕黑橙金
IC 	NE5532 或其他 OPA	線性 IC 
接線座 		4 個
電路板 	750 孔	電木板