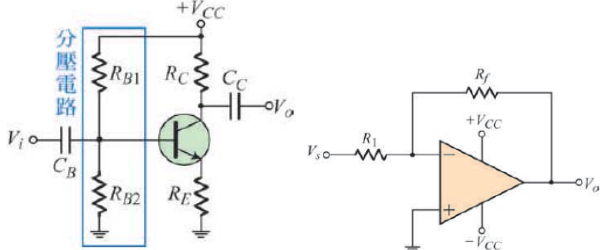
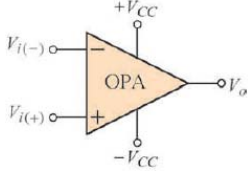



## 高職數位教材發展與推廣計畫－電子科單元教案設計表

單元編號		10-3-1	單元名稱		反相及非反相放大器		
對應之課綱		反相及非反相放大器			預計本單元總教學時間	50 分鐘 (約 30-50 分鐘)	
教學 目 標	單元目標	(1)說明運算放大器電路分析常見的基本觀念。 (2)講解反相放大器的概念、電路結構、動作原理。 (3)反相放大器例題演練與講解 (4)講解非反相放大器的概念、電路結構、動作原理。 (5)非反相放大器例題演練與講解。 (6)反相、非反相特殊電路題型演練與講解。					
	具體目標 <small>(例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)</small>	(1)能說明回授的意義。 (2)能說明運算放大器虛短路的意義。 (3)能畫出基本反相放大器、非反相放大器電路圖。 (4)能以數學式推導反相放大器與非反相放大器的電壓增益。 (5)能分析與計算反相放大器與非反相放大器例題。					
教學活動		教學 時間	元件			元件內容說明 <small>(請填入 8-9 個元件)</small>	
準備 活動	□OPA 放大電路與傳統放大電路比較 以共射極放大電路與 OPA 放大電路互相比較，說明 OPA 製做的放大電路所具有的簡易性，藉以引起學生的學習動機。	3 分鐘	10-3-1-1	動畫	1 分鐘	☑請製作一動畫 動畫內容主要表現下列意涵：	
							

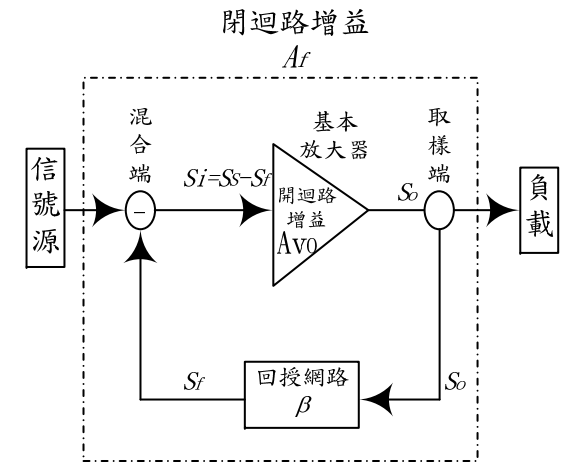
						<p>(a)共射極放大電路                      (b)反相放大電路</p> <p>開場畫面先浮現(a)圖，並在電路的右方送入動態正弦波，另外在輸出端送出放大後的反相波形，並說明此電路為電晶體放大電路中的共射極放大電路，接著再逐漸浮現(b)圖，同樣在(b)圖右方送入動態的正弦波形，接著顯示輸出端的放大波形，當動態改變右方電路的 <math>R_f</math> 電阻時，即可改變電路的放大倍數。接著比較兩電路並說明利用 OPA 製作的反相放大器所特有的簡易性與實用性。</p>
發展活動	<p>▣ 運算放大電路分析重點提示</p> <p>說明分析 OPA 放大電路需注意的重點。</p>	1 分鐘	10-3-1-2 運算放大電路分析基本觀念教學目錄畫面	動態簡報 (簡報)	1 分鐘	<p>📄 請製作一動態簡報</p> <p>動態簡報內容主要表現下列意涵：</p> <p>請在畫面右方飛入一直昇機，並由直昇機內扔出一彩球，彩球爆開後掉下「輸入電流 <math>I_i=0</math>」、「負回授」、「虛短路」三大標題。</p> <p>當點選上述標題文字時，即可連結至該標題的說明畫面，其中連結各標題的說明畫面如下：</p>
發展活動	<p>▣ OPA 放大器分析說明</p> <p>分析 OPA 放大電路需注意的重點觀念說明。</p>	9 分鐘	10-3-1-3 運算放大電路基本分析觀念畫面	簡報+動畫+圖說 (2D 動畫)	2 分鐘	<p>① 點選「輸入電流 <math>I_i=0</math>」標題：</p> <p>📄 請製作下列簡報</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>在簡報中顯示上圖，在上圖中動態顯示兩輸入電流，在電流旁請醒目標示 <math>I_i=0</math>，當點選左列 <math>I_i</math> 標示時，可出現以下圖說文字。</p> <p>圖說文字：</p>

分析 OPA 電路時，除非特別說明，否則一般均將 OPA 視為理想，當 OPA 為理想，則輸入阻抗  $Z_i$  就視為  $\infty$ ，因此 OPA 兩輸入端的電流在做電路分析時，可視為零，如上圖動態表示。

② 點選「負回授」標題：

 請製作一動畫

動畫內容主要表現下列意涵：



在畫面中顯示上圖，上圖各支點訊號以動態弦波顯示，並將「回授網路 $\beta$ 」醒目標示，點選該處標示可出現以下說明畫面：

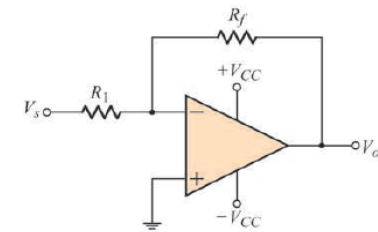
圖說文字：

「負回授」是將輸出電壓透過一網路連接至輸入端，期能利用輸出電壓削弱送入放大器的輸入電壓，使得利用（放大器）所製作的整體放大電路能得到一穩定的電壓增益  $A_f$ 。

請於上述說明畫面右下角製作「電路實例」按鈕連結

以下畫面。

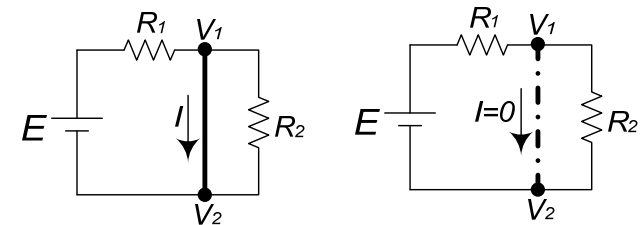
負回授電路實例：



③ 點選「虛短路」標題：

請製作一動畫

動畫內容主要表現下列意涵：



實短路：

$$I = \text{有限值}$$
$$V_1 = V_2$$


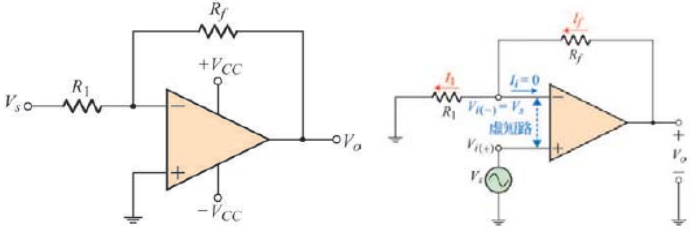
虛短路：

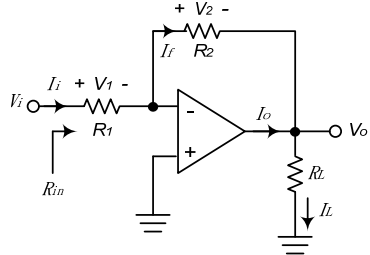
$$I = 0$$
$$V_1 = V_2$$

請在畫面左方先顯示左圖，並在畫面右下角製作一「虛短路」按鈕，當點選該按鈕將由畫面右方飛入一直昇機懸吊右圖，教師可再配合右圖說明虛短路特性，請將上方右圖的虛短路醒目標示，點選後可出現以下圖說文字。

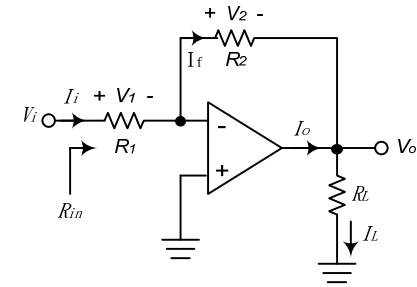
圖說文字：

「虛短路」是分析 OPA 放大電路中的重要觀念，但並不是 OPA 電路就一定出現虛短路特性，OPA 電路中的虛短路特性，構成要件為：① 電路有負回授 ② 開

					<p>迴路電壓增益極大③OPA 放大電路未進入飽和。請將第③項醒目標示，當點選該標示後，在本畫面顯示以下動畫。</p> <p>🎞請製作一動畫</p> <p>動畫內容主要表現下列意涵</p>  <p>請在上圖左方送入一小的動態正弦波訊號，並在右方送出一失真的正弦波形，說明 OPA 放大電路飽和時的動態訊號輸入與輸出。並解說此時 OPA 並無虛短路特性。</p>
發展活動	<p>☐OPA 放大電路分析概念</p> <p>說明 OPA 放大電路的類型與基本內涵。</p>	2 分鐘	10-3-1-4 OPA 應用電路的基本類型與判斷方式	簡報+圖說 (簡報)	<p>1 分鐘</p> <p>📄簡報</p> <p>簡報內容主要表現下列意涵：</p>  <p>請利用簡報特效在畫面四面八方慢慢飛入各個電子元件在畫面中央組成反相與非反相放大電路圖，且在輸入端與輸出端各自顯示動態正弦波形藉以說明利用輸入訊號與輸出信號之間的關係來為放大器命名，並以上述電路結構說明如何利用「輸入電流 <math>I_i=0</math>」、「負回授」、「虛短路」三大基本觀念分析 OPA</p>

					<p>放大電路，如上圖所示，接著點選上圖中的（虛短路），可出現以下說明文字。</p> <p>圖說文字：</p> <p>OPA 應用電路中可區分為「放大電路」、「比較電路」兩大類，而「虛短路」是在 OPA 製做為放大電路時才會出現的特性，但如何區分「放大電路」、「比較電路」則是學習 OPA 放大電路的第一道課題。由前述可知，既然「虛短路」是在 OPA 製做為放大電路才會產生的特性。那就以虛短路的構成要件做為判斷 OPA 電路是否做為放大電路的準則。</p>	
發展活動	<p>▣反相放大器分析</p> <p>講解 OPA 反相放大電路的判斷方法及反相放大器的動作原理。</p>	8 分鐘	10-3-1-5 反相放大器電路結構、動作原理。	簡報+圖說 (簡報)	2 分鐘 (1 分鐘)	<p>☞簡報</p> <p>一、簡報內容主要表現下列意涵：</p>  <p>請在畫面中利用簡報特效動態顯示上圖及以下文字，並在右下角製做「分析重點」、「例題演練」按鈕：</p> <p>上圖為 OPA 反相放大電路，其判斷方式如下</p> <p>(1)上圖電路具有負回授，故本電路為 OPA 放大電路。</p> <p>(2)輸入電壓由反相端輸入，故本電路輸入與輸出波形相位反相。</p> <p>由上述說明可判斷本電路為 OPA 反相放大電路。</p>

點選[分析重點]鈕可將上圖下方的說明文字及按鈕抹去，再重新逐步浮現以下文字，如以下畫面：



分析流程：

- ① 求解支路電流  $I_i$ 、 $I_f$ 。
- ② 求解各電阻電壓  $V_i$ 、 $V_2$ 。
- ③ 求解整體放大電路增益  $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ 。
- ④ 輸入電阻  $R_{in} = \frac{V_i}{I_i}$ 。
- ⑤ 輸出電流  $I_o$ 。

點選上列各標題時，請將上圖對應的電壓、電流文字動態醒目標示，且由上述的電壓、電流文字位置出現以下圖說畫面：

- ① 求解各支路電流  $I_i$ 、 $I_f$ 。

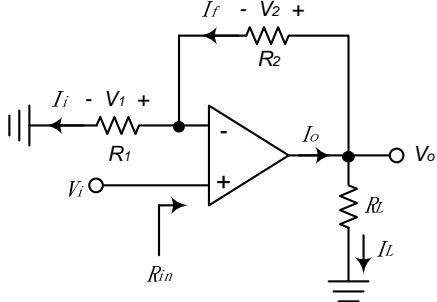
請製作下列圖說畫面

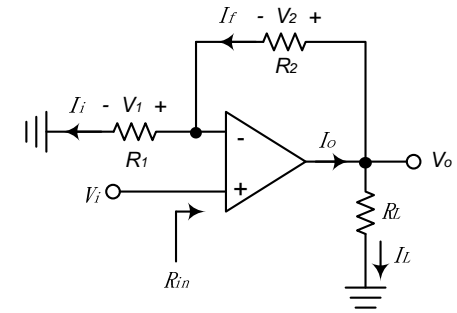
設 OPA 為理想，且因電路有「負回授」，在假設本電路「未飽和」的情況下本電路具有以下分析前提：

1. 虛短路。
2. OPA 輸入電流為 0

					$I_i = \frac{V_i - 0}{R_1}$ ，因上述前提 2，故 $I_f = I_i$ ② 求解各電阻電壓 $V_1$ 、 $V_2$ 。 $V_1 = V_i - 0 = V_i \quad V_2 = I_f \times R_2 = I_i \times R_2 = \frac{R_2}{R_1} \times V_i$ ③ 求解整體放大電路增益 $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ 。 $V_o = 0 - V_2 = -\frac{R_2}{R_1} \times V_i \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$ ④ 輸入電阻 $R_{in} = \frac{V_i}{I_i}$ 。 由上圖可知， $I_i = I_1 = \frac{V_i}{R_1}$ ，所以 $R_{in} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{\frac{V_i}{R_1}} = \frac{V_i}{1} = R_1$ ⑤ 輸出電流 $I_o$ 。 依據 KCL，由圖中可知 $I_o = I_L - I_f \Rightarrow I_o = \frac{V_o}{R_L} - \frac{V_i}{R_1} = \frac{-\frac{R_2}{R_1} \times V_i}{R_L} - \frac{V_i}{R_1} = -\frac{V_i}{R_1} \left( \frac{R_2}{R_L} + 1 \right)$	
發展活動	<input type="checkbox"/> 反相放大器例題演練 透過教師帶領學生解題過程 加深學生學習印象。	4 分鐘	10-3-1-6 反相放大器例題練習。	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	二、互動式反相放大器例題演練 點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一反相放大器電路圖，電路中可自行輸入電壓、電阻等數值，講解教師可詢問同學某一處電壓電流的計算方法。等同學回答完畢後再點選該處電壓或電流符號，此時可蹦現該處電壓電流的計算過程及答案。待電路分析完畢，可於該電路的輸入端送入一動態弦波，並



						於輸出端看到一對應的輸出放大波形。
發展活動	<p>▣非反相放大器分析</p> <p>講解 OPA 非反相放大電路的判斷方法及非反相放大器的動作原理。</p>	8 分鐘	10-3-1-7 非反相放大器判斷方法、電路結構及動作原理說明。	簡報+圖說 (簡報)	2 分鐘 (1 分鐘)	<p>▣請製作一簡報</p> <p>簡報內容主要表現下列意涵：</p>  <p>請在畫面中利用簡報特效動態顯示上圖及以下文字，並在右下角製做「分析重點」、「例題演練」按鈕：</p> <p>上圖為 OPA 非反相放大電路，其判斷通則如下</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1)上圖電路具有負回授，故本電路為 OPA 放大電路。</li> <li>(2)輸入電壓由非反相端輸入，故本電路輸入與輸出波形相位同相。</li> </ol> <p>由上述說明可判斷本電路為 OPA 非反相放大電路。</p> <p>點選[分析重點]鈕可將上圖下方的說明文字及按鈕抹去，再重新逐步浮現以下文字，如以下畫面：</p>



分析流程：

- ① 求解支路電流  $I_i$ 、 $I_f$ 。
- ② 求解各電阻電壓  $V_1$ 、 $V_2$ 。
- ③ 求解整體放大電路增益  $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ 。
- ④ 輸入電阻  $R_{in} = \frac{V_i}{I_i}$ 。
- ⑤ 輸出電流  $I_o$ 。

點選上列各標題時，請將上圖對應的電壓、電流文字動態醒目標示，且由上述的電壓、電流文字位置出現以下圖說畫面：

- ① 求解各支路電流  $I_i$ 、 $I_f$ 。

請製作下列圖說畫面

設 OPA 為理想，且因電路有「負回授」，在假設本電路「未飽和」的情況下本電路具有以下分析前提：

1. 虛短路。
2. OPA 輸入電流為 0

$$I_i = \frac{V_i - 0}{R_1}, \text{ 因上述前提 2, 故 } I_f = I_i$$

					<p>② 求解各電阻電壓 <math>V_1</math>、<math>V_2</math>。</p> $V_1 = V_i - 0 = V_i \quad V_2 = I_f \times R_2 = I_i \times R_2 = \frac{R_2}{R_1} \times V_i$ <p>③ 求解整體放大電路增益 <math>A_v = \frac{V_o}{V_i}</math>。</p> $V_o = V_1 + V_2 = V_i + \frac{R_2}{R_1} V_i \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ <p>④ 輸入電阻 <math>R_{in} = \frac{V_i}{I_i}</math>。</p> <p>由上述前提 2 可知，OPA 非反相端輸入電流為 0，故輸入電阻 <math>R_{in} = \frac{V_i}{0} = \infty</math></p> <p>⑤ 輸出電流 <math>I_o</math>。</p> <p>依據 KCL，由圖中可知</p> $I_o = I_L + I_f \Rightarrow I_o = \frac{V_o}{R_L} + \frac{V_i}{R_1} = \frac{(1 + \frac{R_2}{R_1}) \times V_i}{R_L} + \frac{V_i}{R_1} = \frac{V_i}{R_1} \left( \frac{R_1 + R_2}{R_L} + 1 \right)$	
發展活動	<p>▣ 反相放大器例題演練</p> <p>透過教師帶領學生解題過程加深學生學習印象。</p>	4 分鐘	10-3-1-8 非反相放大器例題練習	<p>動畫+圖說 (2D 動畫)</p>	1 分鐘	<p>二、互動式非反相放大器例題演練</p> <p>點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一非反相放大器電路圖，電路中可自行輸入電壓、電阻等數值，講解教師可詢問同學某一處電壓電流的計算方法。等同學回答完畢後再點選該處電壓或電流符號，此時可蹦現該處電壓電流的計算過程及答案。待電路分析完畢，可於該電路的輸入端送入一動態弦波，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。</p>

綜合活動	▣特殊反相放大器例題演練 特殊 OPA「反相」放大電路題 型分析及演練	6 分鐘	10-3-1-9 特殊反相 放大器例 題練習	2D 動畫	2 分鐘	互動式反相放大器特殊例題演練 畫面中浮現一特殊反相放大器電路圖，電路中可自行輸入電壓、電阻等數值，講解教師可詢問同學某一處電壓電流的與計算方法。等同學回答完畢後再點選該處電壓或電流符號，此時可蹦現該處電壓電流的計算過程及答案。待電路分析完畢，可於該電路的輸入端送入一動態弦波，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。
綜合活動	▣特殊非反相放大器例題演練 特殊 OPA「非反相」放大電路 題型分析及演練	5 分鐘	10-3-1-10 特殊非反 相放大器 例題練習	2D 動畫	2 分鐘	互動式非反相放大器特殊例題演練 畫面中浮現一特殊非反相放大器電路圖，電路中可自行輸入電壓、電阻等數值，講解教師可詢問同學某一處電壓電流的與計算方法。等同學回答完畢後再點選該處電壓或電流符號，此時可蹦現該處電壓電流的計算過程及答案。待電路分析完畢，可於該電路的輸入端送入一動態弦波，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。
合計：		50 分鐘		合計：	13 分鐘	10 個元件
可供設計參考資源列表（請至少填入 2-3 項）						
參考資源(線上資源或參考書籍)		簡 述				
電子學 II 台科大出版 徐慶堂等編著		第 10 章 運算放大器		第 3 節 反相與非反相放大器		
電子學 II 龍騰文化出版 陳清良編著		第 10 章 運算放大器		第 3 節 反相與非反相放大器		

電子學(中) 鼎茂出版 林昀等編著	第 11 章 運算放大器	11-2 反相放大器 11-3 非反相放大器
電子學(含實習)奪分寶典 II 考用出版股份有限公司 陳俊、林瑜惠、陳以熙編著	第 10 章 運算放大器	重點整理 5 反相與非反相放大器