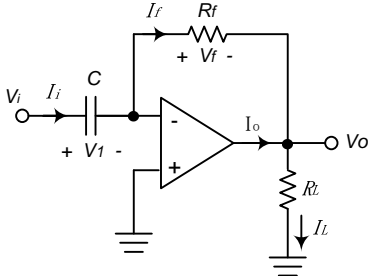


高職數位教材發展與推廣計畫－電子科單元教案設計表

單元編號	10-5-1	單元名稱	微分器及積分器		
對應之課綱	微分器及積分器			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)說明微分器、積分器的電路概念。 (2)講解微分器的電路結構、動作原理。 (3)微分器例題演練與講解 (4)講解積分器的電路結構、動作原理。 (5)積分器例題演練與講解。 (6)說明負阻抗轉換器的概念、電路結構與動作原理。 (7)說明非反相積分器電路的概念。 (8)非反相積分器的電路結構、動作原理。			
	具體目標 (例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)	(1)能繪製微分器、積分器電路圖。 (2)能說明微分器、積分器的電路意義。 (3)能分析微分器各支路電流與電壓。 (4)能以數學式說明微分器輸入電壓與輸出電壓之間的關係。 (5)能分析積分器各支路電流與電壓。 (6)能以數學式說明積分器輸入電壓與輸出電壓之間的關係。 (7)能繪製負阻抗轉換器電路圖。 (8)能以數學式說明負阻抗轉換器的電路意義。 (9)能以數學式說明非反相積分器輸入電壓與輸出電壓之間的關係。			
教學活動	教學時間	元件			元件內容說明 (請填入 8-9 個元件)
		編號	類型	時間	

準備活動	<input type="checkbox"/> 介紹本單元內容 透過動畫簡介說明本單元的學習內容吸引學生注意力。	1 分鐘	10-5-1-1 OPA 應用電路—微分器、積分器 教學目錄 畫面	動畫	1 分鐘	<input type="checkbox"/> 請製作一動畫 動畫內容主要表現下列意涵： 請在畫面右下放置一個藏寶箱，接著從左方走出一個人拿一把鑰匙開啟寶箱，從箱中跳出「微分器，積分器基本概念說明」、「反相微分器」、「反相微分器例題演練」、「反相積分器」、「反相積分器例題演練」、「負阻抗轉換器」、「微分器特殊題型」、「積分器特殊題型」八大標題。 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以下各教學單元說明。
準備活動	<input type="checkbox"/> 微分、積分電路概論說明 利用概念圖說明電路中輸入電壓與輸出電壓之間微分、積分的概念，藉以引起學生學習動機。	3 分鐘	10-5-1-2 OPA 微分、積分器基本概念說明	動畫	1 分鐘	<input checked="" type="checkbox"/> 點選「微分器，積分器基本概念說明」標題： <input type="checkbox"/> 請製作一動畫 動畫內容主要表現下列意涵： <div style="text-align: center;"> </div> 微分器： 開場畫面先浮現上方的示意圖，並在電路的左方送入數個大小不一的動態波形，另外在輸出端送出輸入波形微分後的輸出波形，藉此示意圖說明利用 OPA 所製做的微分器主要意涵為何，當點選上圖「微分電路」方塊時，可將各組輸入與輸出波形合併為一張圖形讓學生可清楚看出輸出與輸入波形之間的對應關係。請在本畫面右下角製做一「積分器」按鈕。點選該按鈕後可切換至積分器說明動

						<p>畫。</p>  <p>積分器：</p> <p>開場畫面先浮現上方的示意圖，並在電路的左方送入數個大小不一的動態波形，另外在輸出端送出將輸入波形積分後的輸出波形，藉此示意圖說明利用 OPA 所製做的積分器主要意涵為何，當點選上圖「積分電路」方塊時，可將各組輸入與輸出波形合併為一張圖形讓學生可清楚看出輸出與輸入波形之間的對應關係。請在本畫面右下角製做一「微分器」按鈕。點選該按鈕後可切換至微分器說明動畫。</p>
發展活動	<p>▣反相微分器分析</p> <p>分析反相微分器的電路結構、動作原理。</p>	10 分鐘	10-5-1-3 反相微分電路分析講解	簡報+圖說 (簡報)	3 分鐘 (1 分鐘)	<p>②點選「反相微分器」標題：</p> <p>▣請製作一簡報</p> <p>簡報內容主要表現下列意涵：</p> 

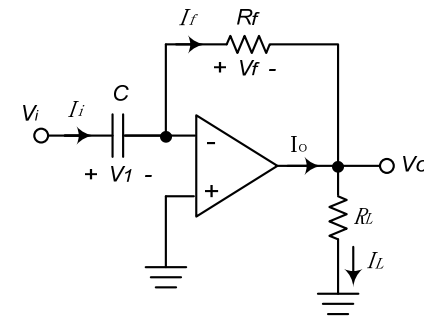
請在畫面中動態顯示上圖及以下文字，並在右下角製做「分析重點」、「例題演練」按鈕：

上圖為 OPA 反相微分電路，其判斷方式如下

1. 上圖電路具有負回授，故本電路 OPA 為線性放大器。
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。
3. 電容置於輸入電壓與 OPA 反相輸入端之間。

由上述條件可判斷本電路為 OPA 反相微分電路。

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及電路圖，如以下畫面：



分析流程：

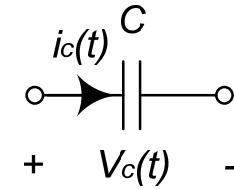
- (1) 利用數學式說明電容兩端電壓與流經電容電流之間的微分關係。
- (2) 推導支路電流 I_i 與輸入電壓 V_i 之間的關係。
- (3) 推導回授電阻電壓 V_f 。
- (4) 輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 之間關係。
- (5) 輸出電流 I_o 。

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)利用數學式說明電容兩端電壓與流經電容電流之間的關係。

請製作下列圖說畫面



表示法 1.

$$i_c(t) = C \times \frac{dv_c(t)}{dt}$$

表示法 2.

$$Q = i_c(t) \times \Delta t = \Delta v_c \times C$$

$$i_c(t) = C \times \frac{\Delta v_c}{\Delta t}$$

(2)推導支路電流 I_i 與輸入電壓 V_i 之間的關係。

本電路具有以下分析前提，設 OPA 為理想，且因電路具有「負回授」，並假設本電路在「未飽和」的情況下，運算放大器具有下列特性

1. 虛短路。 2. OPA 輸入電流為 0

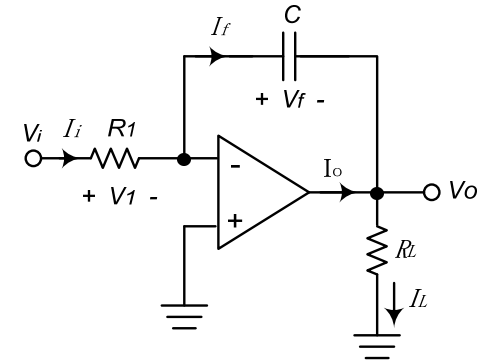
$$I_i = C \times \frac{dV_1}{dt} \quad \because V_1 = V_i - 0$$

$$I_i = C \times \frac{dV_i}{dt}$$

(3)推導回授電阻電壓 V_f 。

						$V_f = I_f \times R_f = C \times \frac{dV_i}{dt} \times R_f = R_f C \times \frac{dV_i}{dt}$ <p>(4)輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 之間的關係。</p> $V_o = 0 - V_f = 0 - R_f C \times \frac{dV_i}{dt} = -R_f C \times \frac{dV_i}{dt}$ <p>由上式可知輸出電壓為輸入電壓對時間微分後乘上一負值的比例常數，故可知本電路的輸出與輸入電壓存在一反相微分關係，故可充分說明本電路的「反相微分」特色。</p> <p>(5)輸出電流 I_o。</p> <p>依據 KCL，由圖中可知</p> $\therefore I_L = I_f + I_o$ $\therefore I_L = \frac{-R_f C \times \frac{dV_i}{dt}}{R_L} = -\frac{R_f}{R_L} C \times \frac{dV_i}{dt}$ $\therefore I_f = C \times \frac{dV_i}{dt}$ $\therefore I_o = I_L - I_f = -\frac{R_f}{R_L} C \times \frac{dV_i}{dt} - C \times \frac{dV_i}{dt} =$ $I_o = -R_f C \times \frac{dV_i}{dt} \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_f} \right) = -\frac{R_f C}{(R_L // R_f)} \times \frac{dV_i}{dt}$
發展活動	<input type="checkbox"/> 反相微分器例題演練 講解並透過互動式問答演算例題，加深同學對微分器的分析流程與概念。	4 分鐘	10-5-1-4 反相微分器例題演練	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	<input checked="" type="checkbox"/> 互動式反相微分器例題演練 點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一反相微分器電路圖，電路中可自行輸入直流或交流電壓、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

						<p>畢，可於該電路的輸入端送入一動態波形(直流、弦波、方波、三角波)，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。</p>
<p>發展活動</p>	<p>▣反相積分器分析 分析反相積分器的電路結構、動作原理。</p>	<p>10分鐘</p>	<p>10-5-1-5 反相積分電路分析講解</p>	<p>簡報+圖說 (簡報)</p>	<p>2分鐘 (1分鐘)</p>	<p>④點選「反相積分器」標題： ▣請製作一簡報 簡報內容主要表現下列意涵：</p> <div data-bbox="1456 414 1904 750" data-label="Diagram"> </div> <p>請在畫面中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： 上圖為 OPA 反相積分電路，其判斷方式如下</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 上圖電路具有負回授，故本電路 OPA 為線性放大器。 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。 3. 電容置於輸出端與 OPA 反相輸入端之間。 <p>由上述條件可判斷本電路為 OPA 反相積分電路。 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及電路圖，如以下畫面：</p>



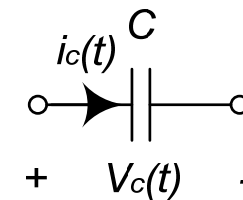
分析流程：

- (1) 利用數學式說明電容兩端電壓與流經電容電流之間的積分關係。
- (2) 推導支路電流 I_i 與輸入電壓 V_i 之間的關係。
- (3) 推導回授電阻電壓 V_f 。
- (4) 輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 之間關係。
- (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) 利用數學式說明電容兩端電壓與流經電容電流之間的積分關係。

請製作下列圖說畫面



表示法 1.

$$i_c(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt} \Rightarrow C dv_c(t) = i_c(t) dt \Rightarrow C \int dv_c(t) = \int i_c(t) dt$$
$$\Rightarrow v_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$$

表示法 2.

$$Q = i_c(t) \times \Delta t = \Delta v_c \times C$$

$$\Delta v_c = \frac{1}{C} \times i_c(t) \times \Delta t$$

(2) 推導支路電流 I_i 與輸入電壓 V_i 之間的關係。

本電路具有以下分析前提，設 OPA 為理想，且因電路具有「負回授」，並假設本電路在「未飽和」的情況下，運算放大器具有下列特性

1. 虛短路。 2. OPA 輸入電流為 0

$$I_i = \frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{V_i}{R_1}$$

(3) 推導回授電容電壓 V_f 。

$$\because v_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$$

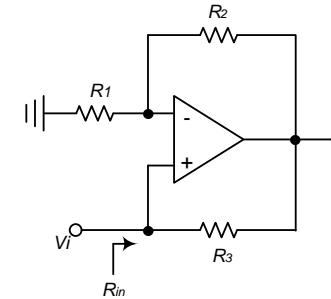
$$V_f = \frac{1}{C} \int I_i dt = \frac{1}{C} \int \frac{V_i}{R_1} dt = \frac{1}{R_1 C} \int V_i dt$$

(4) 輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 之間關係。

$$V_o = 0 - V_f = 0 - \frac{1}{R_1 C} \int V_i dt = -\frac{1}{R_1 C} \int V_i dt$$

由上式可知輸出電壓為輸入電壓對時間積分後乘上一負值的比例常數，故可知本電路的輸出與輸入電壓存在

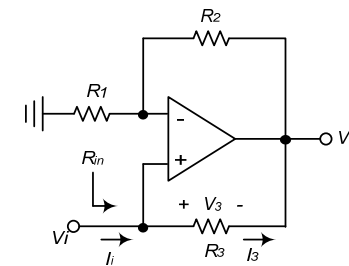
						<p>一反相積分關係，故可充分說明本電路的「反相積分」特色。</p> <p>(5)輸出電流 I_o。</p> <p>依據 KCL，由圖中可知</p> $\therefore I_L = I_f + I_o$ $\therefore I_L = \frac{-\frac{1}{R_1 C} \int V_i dt}{R_L} = -\frac{1}{R_L R_1 C} \int V_i dt$ $\therefore I_f = \frac{V_i}{R_1}$ $\therefore I_o = I_L - I_f = -\frac{1}{R_L R_1 C} \int V_i dt - \frac{V_i}{R_1} = -\frac{1}{R_1} \left(\frac{1}{R_L C} \int V_i dt + V_i \right)$
發展活動	<p>▣反相積分器例題演練</p> <p>講解並透過互動式問答演算例題，加深同學對積分器的分析流程與概念。</p>	4 分鐘	10-5-1-6 反相積分器例題演練	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	<p>⑤反相積分器例題演練</p> <p>點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一反相積分器電路圖，電路中可自行輸入直流或交流電壓、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波形(直流、弦波、方波、三角波)，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。</p>
發展活動	<p>▣負阻抗轉換器分析</p> <p>分析負阻抗轉換器的電路結構、動作原理。</p>	6 分鐘	10-5-1-7 負阻抗轉換電路結構與動作原理講解與分析	簡報+圖說 (簡報)	3 分鐘 (1 分鐘)	<p>⑥點選「負阻抗轉換器」標題：</p> <p>▣請製作一簡報</p> <p>簡報內容主要表現下列意涵：</p>



請在畫面中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：

上圖為 OPA 負阻抗轉換電路，電路基本概念為：由輸入電壓 V_i 端看入可得到一等效負電阻 $R_{in} = -k \times R$ 本電路即是以該特色命名。

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及電路圖，如以下畫面：



分析流程：

- (1) 推導輸出電壓 V_i 與輸入電壓 V_o 之間的關係。
- (2) 利用歐姆定理推導 V_3 與 I_3 。
- (3) 利用歐姆定理推導輸入電壓 V_i 與輸入電流 I_i 之間的關係，藉以看出輸入電阻 R_{in} 。
- (4) 負阻抗轉換器應用範例。

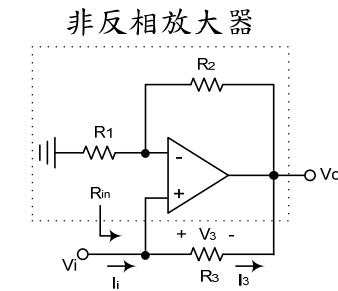
點選上列各標題時，請將上圖對應的電壓、電流文字動態醒目標示，且由上述的電壓、電流文字位置出現以下圖說畫面：

(1)推導輸入電壓 V_i 與輸出電壓 V_o 之間的關係。

請製作下列圖說畫面

本電路具有以下分析前提，設 OPA 為理想，且因電路具有「負回授」，並假設本電路在「未飽和」的情況下，運算放大器具有下列特性

1. 虛短路。
2. OPA 輸入電流為 0



由上圖可知該電路上半部為一「非反相放大器」，故輸出電壓 V_o 與輸入電壓 V_i 的關係可描述為：

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_i$$

(2)利用歐姆定理推導 V_3 與 I_3 。

$$V_3 = V_i - V_o = V_i - V_i\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = -\frac{R_2}{R_1}V_i$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{-\frac{R_2}{R_1}V_i}{R_3} = -\frac{R_2}{R_1R_3}V_i$$

(3) 利用歐姆定理推導輸入電壓 V_i 與輸入電流 I_i 之間的關係，藉以看出輸入電阻 R_{in} 。

因為 OPA 非反相端輸入電流為 0，故輸入電流 $I_i = I_3$ ，由歐姆定律可推導輸入電阻如下：

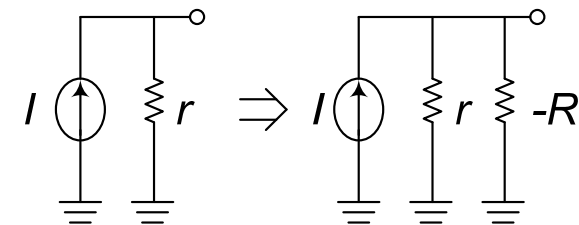
$$R_{in} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{I_3} = \frac{V_i}{-\frac{R_2}{R_1 R_3} V_i} = -\frac{R_1}{R_2} R_3$$

以上各數學式推導可配合教師講解逐步顯示推導過程。

由 $R_{in} = -\frac{R_1}{R_2} R_3$ 即可說明在上述電路由輸入電壓端看入呈現一負的電阻值。從數學表示式可充份說明負阻抗轉換電路中的「負阻抗」特色。

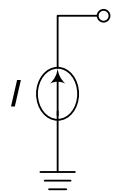
(4) 負阻抗轉換器應用範例。

將一非理想電流源並聯一負阻抗，如下圖所示。



若 $r = R$ ，則兩電阻並聯算式如下：

$$\frac{r \times (-R)}{r + (-R)} = \frac{r \times (-R)}{0} = \infty$$

						<p>由上述可知兩電阻並聯後形同斷路，故上圖可轉換為一理想電流源，如下圖所示。</p> 
發展活動	<p>▣負阻抗轉換器例題演練 講解並透過互動式問答演算例題，加深同學對負阻抗轉換器的分析流程與概念。</p>	4 分鐘	10-5-1-8 負阻抗轉換器例題演練	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	<p>⑦負阻抗轉換器例題演練 點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一負阻抗轉換器電路圖，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。</p>
綜合活動	<p>▣特殊微分器例題演練 OPA 反相微分器特殊題型分析及演練，加深同學對微分器的應用概念。</p>	4 分鐘	10-5-1-9 反相微分器特殊題型演練	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	<p>⑧點選「反相微分器特殊題型」標題： 點選上述「例題演練」按鈕後，畫面中浮現一特殊反相微分器電路圖，電路中可自行輸入交直流電壓、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波形(弦波、方波、三角波)，並於輸出端看到一對應的輸出放大波形。</p>
綜合活動	<p>▣特殊積分器例題演練 OPA「積分器」特殊題型分析及演練，加深同學對積分器的應用概念。</p>	4 分鐘	10-5-1-10 「積分器」特殊題型演練	動畫+圖說 (2D 動畫)	1 分鐘	<p>⑨點選「積分器特殊題型」標題： 畫面中浮現一非反相積分器電路圖，動畫操作暨教師講解方式同上述反相積分。</p>

合計：	50 分鐘		合計：	10 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 全華圖書出版 王金松編著	第 10 章 運算放大器	10-5-2 微分電路 10-5-3 積分電路			
電子學(中) 鼎茂出版 林昀等編著	第 11 章 運算放大器	11-8.1 反相積分器 11-8.2 非反相積分器 11-8.6 反相微方器			
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 8 積分與微分電路			