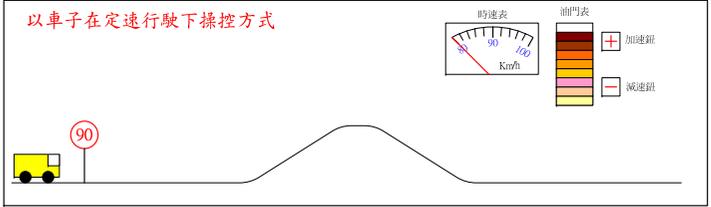


表二、高職數位教材發展與推廣計畫－電子學科單元教案設計表

單元編號	11-1-1	單元名稱	回授放大電路		
對應之課綱	正弦波產生電路			預計本單元總教學時間	50 分鐘
單元內容簡介	1. 以車子在定速行駛下操控方式，說明回授 (Feedback) 觀念。 2. 介紹相減型回授及相加型回授模式。 3. 巴克豪森準則 (Barkhausen Criterion) 介紹。 4. 振盪電路組成要件。 5. 正弦波振盪電路種類。				
具體學習目標 (例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)	1.能瞭解回授信號的觀念。 2.能分辨相減型及相加型回授模式。 3.瞭解放大電路的迴路增益對振盪的影響，並說明巴克豪森準則。 4.能列舉振盪電路組成要件。 5.熟悉正弦波振盪電路的分類。				
教學實施方式說明欄	教學時間	元件			元件內容說明 (教學實施方式共需包含 8~9 個元件)
		編號	類型	時間	
準備活動 引起動機 (動畫示範及操作) 11-1-1-1 以車子在定速行駛下操控方式，說明回授概念。	5 分鐘	11-1-1-1a (互動式定速行駛操控方式) (11-1-1-1)	互動式動畫	3 分鐘	1. 如下圖所示為元件 11-1-1-1a 動畫，場景 (背景) 為高速公路平面道路、上坡及下坡道路，動畫元件為車子、時速表、油門表【每按一次「+」，油門表會增加一格，車速會提高一格。每按一次「-」，油門表會減少一格，且車速會減少一格】。  2. 原本車速為 80km/h (信號源輸入)，眼睛看到定速 (90km/h) 規定時，檢查時速表，將信號傳到大腦 (回授修正)，將車

					<p>速定在 90km/h (輸出信號)。</p> <p>3. 當車子爬坡時車速低於定速值，大腦將信號傳遞到腳向下踩油門 (即按下加速鈕)，以增加油門 (回授修正)，提高車速 (輸出增加)。</p> <p>4. 當車子下坡時車速高於定速值，大腦將信號傳遞到腳放鬆油門 (即按下減速鈕) (回授修正)，降低速度 (輸出減少)。</p> <p>5. 直到車速到達規定時速為止。</p>
<p>發展活動 (動畫示範及內容講解)</p> <p>1. 以互動式簡報說明車子在加速或減速的回授系統方塊圖。</p>	2 分鐘	11-1-1-1b (定速行駛操控模式分析) (11-1-1-2)	動態簡報	30 秒鐘	<p>呈現方式如下：</p> <p>1. 如下圖所示為元件 11-1-1-1b，以動態簡報方式逐漸顯示下列文字及圖形位置，先顯示原本車速 80km/h，在依序呈現下列看到定速值 90km/h→大腦驅使腳執行動作→加速或減速→將車子在定速行駛。</p> <div data-bbox="1223 683 1977 1008" data-label="Diagram"> <p style="text-align: center;">車子在定速行駛操控模式分析</p> </div>
<p>2. 以互動式簡報說明車子定速行駛操控模式說明回授觀念。</p>	2 分鐘	11-1-1-1c (定速行駛操控回授系統) (11-1-1-3)	動態簡報	30 秒鐘	<p>2. 如下圖所示為元件 11-1-1-1c，以動態簡報方式逐漸顯示紅色文字(信號源 V_s→回授信號 V_f→輸入信號 V_i→放大器電壓增益 A→輸出信號 V_o) 後，再顯示黃色區塊及內部文字。</p> <div data-bbox="1223 1185 2011 1425" data-label="Diagram"> <p style="text-align: center;">以車子定速行駛操控模式說明回授系統觀念</p> <div style="border: 1px dashed yellow; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>回授定義： 將放大器的輸出端 (V_o輸出信號) 取出某些比例 (β回授率) 的量 (V_f回授信號)，經由合成電路與信號源 (V_s) 結合後，送回放大器的輸入端 (V_i輸入信號)，此稱為回授。</p> </div> </div>

11-1-1-2. 介紹相減型回授及相加型回授模式

1. 以方塊圖說明相減型回授模式，並推導回授增益公式。（動畫示範及公式推導）

2. 以方塊圖說明相加型回授模式，並推導回授增益公式。（動畫示範公式推導）

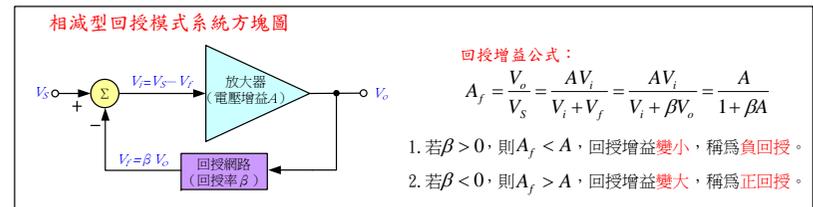
5 分鐘

11-1-1-2a
(相減型回授系統)
(11-1-1-4)

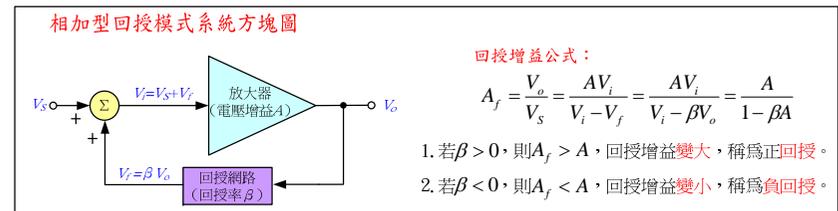
動態簡報

30 秒鐘

1. 以「動態簡報」呈現相減型回授模式方塊圖的箭頭流動，並逐漸顯示輸入信號 ($V_i = V_s - V_f$) → 輸出信號 ($V_o = AV_i$) → 回授信號 ($V_f = \beta V_o$)，再顯示回授增益公式 (全部)，最後顯示第 1 點及第 2 點文字。



2. 以「動態簡報」呈現相加型回授模式方塊圖的箭頭流動，並逐漸呈現輸入信號 ($V_i = V_s + V_f$) → 輸出信號 ($V_o = AV_i$) → 回授信號 ($V_f = \beta V_o$)，再顯示回授增益公式 (全部)，最後顯示第 1 點及第 2 點文字。

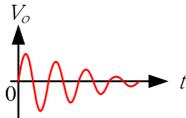


5 分鐘

11-1-1-2b
(相加型回授系統)
(11-1-1-5)

動態簡報

30 秒鐘

<p>3. 以實際例子說明正回授及負回授概念。(動畫示範及操作)</p>	2 分鐘	11-1-1-1a (互動式定速行駛操控方式) (11-1-1-6)	互動式動畫	1 分鐘	<p>3. 將以 11-1-1-1a 的車子定速系統重新操作，當車子爬坡時，車速低於定速，腳踏油門 (按下「+」) 增加油門，將速度提高 (屬於正回授概念)。當車子下坡時，車速高於定速，腳放鬆油門 (按下「-」)，將速度降低 (屬於負回授概念)。</p>
<p>11-1-1-3. 巴克豪森準則 (Barkhausen Criterion) 介紹</p> <p>1. 說明放大器的迴路增益 (βA 的乘積) 對輸出信號的影響。(內容講解)</p>	10 分鐘	11-1-1-3a (βA 的乘積對輸出信號的影響) (11-1-1-7)	動態簡報	30 秒	<p>1. 以「動態簡報」說明放大器的迴路增益 (即為電壓增益 A 與回授率 β 的乘積) 對輸出信號的影響如下： 第一頁呈現如下的文字及圖： (1) 將 $\beta < 0$ 代入相加型回授模式的回授增益公式</p> $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$ <p>，因 A_f 降低，造成迴路增益不足，信號逐漸停止振盪，如圖 a 所示波形。</p>  <p>圖 a</p> <p>第二頁呈現如下的文字及圖： (2) 將 $\beta > 0$ 代入回授增益公式 $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$，因 A_f 增加，使輸出信號振幅逐漸增加，當輸出振幅超過電源電壓時，輸出</p>

信號兩端會被截除造成失真，如圖 b 所示波形。

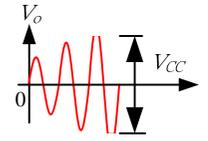
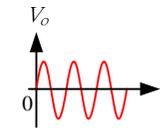


圖 b

第三頁呈現如下的文字及圖：

(3) 將 $\beta A = 1$ 代入回授增益公式使 $A_f = \frac{A}{1 - \beta A} = \infty$ ，

只要微量雜訊就會使放大器產生連續的正弦波信號輸出，



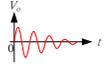
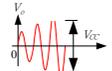
如圖 c 所示波形。

圖 c

實際上正弦波振盪電路的 $|\beta A|$ 應略大於 1 (約大於 5%) 才可正常振盪。

【呈現方式如下：】

迴路增益 (βA 的乘積) 對輸出信號的影響如下：

<p>1. 將 $\beta < 0$ 代入相減型回授增益 $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$，造成 A_f 降低使迴路增益不足，信號逐漸停止振盪，如下圖所示。</p> 	<p>2. 將 $\beta > 0$ 代入 $A_f = \frac{A}{1 - \beta A}$ 造成 A_f 增加，使輸出信號振幅逐漸增加，當輸出振幅超過電源電壓時，輸出信號兩端會被截除造成失真，如下圖所示。</p> 	<p>3. 將 $\beta A = 1$ 代入 $A_f = \frac{A}{1 - \beta A} = \infty$ 只要微量雜訊就會使放大器產生連續的正弦波信號輸出，如下圖所示。實際上正弦波振盪電路的應略大於 1 (約大於 5%) 才可正常振盪。</p> 
---	--	--

2. 以「動畫」呈現放大器的迴路增益 (βA 的乘積) 對輸出信號的影響

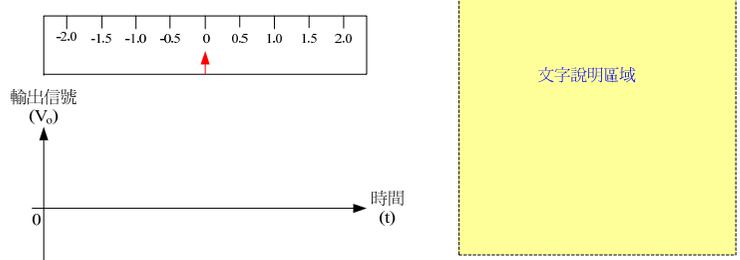
2 分鐘

11-1-1-3b
(βA 的乘積對輸

互動式動畫

2 分鐘

2. 如下圖製作 11-1-1-3b 互動式動畫元件，呈現方式如下：
 (1) 若將刻度上的箭頭移到 $\beta A < 1$ 的位置時，顯示上面圖 a 的波形，並在文字區域顯示「因 A_f 降低，造成迴路增益不

		出信號的影響互動教學) (11-1-1-8)			<p>足，信號逐漸停止振盪」等文字。</p> <p>(2)若將刻度上的箭頭移到 $\beta A > 1$ 的位置時，顯示上面圖 b 的波形，並在文字區域顯示「輸出信號振幅逐漸增加，造成截除失真」等文字。</p> <p>(3)若將刻度上的箭頭移到 $\beta A = 1$ 的位置時，顯示上面圖 c 的波形，並在文字區域顯示「只要微量雜訊就會使放大器產生連續的正弦波信號輸出」等文字。</p> <div data-bbox="1220 443 1998 807" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="color: red;">迴路增益 (βA 的乘積) 對輸出信號的影響互動教學</p> <p>說明：請移動下面 βA 的箭頭到各數值，即可呈現輸出信號波形。</p>  </div>
3. 說明巴克豪森準則。(內容講解)	2 分鐘	11-1-1-3C (巴克豪森準則) (11-1-1-9)	動態簡報	10 秒鐘	<p>3. 以動態簡報呈現下列文字：</p> <p>欲產生連續的正弦波振盪必須滿足巴克豪森準則，即為：</p> <p>(1) 電路中必須有正回授網路 (亦即回授到輸入端的回授信號與原輸入信號相位相同)。</p> <p>(2) 回授電壓需足夠大，才可滿足 $\beta A = 1 \angle 0^\circ$。</p>
11-1-1-4 說明振盪電路組成要件(內容講解) 1. 說明何謂振盪及振盪電路。 (1)「振盪」是指電壓或電流在電路中連續產生週期性的波形變化，如正弦波信號的振幅隨時間而改變	5 分鐘	11-1-1-4 (振盪電路組成要件) (11-1-1-10)	動態簡報	20 秒鐘	<p>以動態簡報呈現 11-1-1-4 的內容，第一頁為「何謂振盪及振盪電路」的內容，如左側「1」所示。</p>

<p>(2)「振盪電路」是指電路不需外加信號，只要加入直流電源即可轉換成各種交流信號的電路。</p> <p>2. 說明振盪電路組成要件：</p> <p>(1)正迴授電路（為首要條件），才可產生自激式振盪，以滿足$\beta A \geq 1$。</p> <p>(2)高增益的放大電路，以補充回授網路造成的衰減。</p> <p>(3)穩定的直流電源，提供電路所需的電壓。</p> <p>(4)頻率控制電路，利用電阻器、電容器及電感器來控制振盪的頻率。</p>					<p>第二頁為「振盪電路的組成要件」的內容，如左側「2」所示。</p>
<p>11-1-1-5 正弦波振盪電路種類（應用實例）</p> <p>1. 正弦波振盪電路分為低頻振盪電路種類及高頻振盪電路。</p> <p>2. 低頻振盪電路的組成要件及應用實例的範圍。</p> <p>(1)低頻振盪電路由電阻器R及電容器C的被動元件做串並聯組成回授電路。</p> <p>(2)低頻振盪電路可產生 20Hz~50kHz 的音頻信號，主要的應用電路有 RC 相移振盪電路及韋恩電橋振盪電</p>	<p>3 分鐘</p>	<p>11-1-1-5 （低頻振盪電路的種類） (11-1-1-11)</p>	<p>動態簡報</p>	<p>20 秒鐘</p>	<p>以動態簡報呈現 11-1-1-5 的內容，第一頁為「正弦波振盪電路的種類」的內容，如左側「1」所示。</p> <p>第二頁為「低頻振盪電路的組成要件及應用實例的範圍」的內容，如左側「2」所示。</p>

<p>路。</p> <p>3. 說明高頻振盪電路組成要件及應用實例的範圍。</p> <p>(1) 高頻振盪電路由電感器 L 及電容器 C 被動元件做串並聯組成回授電路。</p> <p>(2) 高頻振盪電路可產生 50kHz~30MHz 的射頻信號，主要有哈特萊特振盪電路、考畢子振盪電路及石英晶體振盪電路。</p>					<p>第三頁為「高頻振盪電路的組成要件及應用實例的範圍」的內容，如左側「3」所示。</p>
<p>綜合活動</p> <p>一、熟悉振盪電路的應用。(小組討論)</p> <p>二、相關知識評量</p> <p>1. 冷氣機的溫度調節裝置屬於何種回授方式？(A) 正回授 (B) 負回授 (C) 正回授與負回授 (D) 無法判斷。</p> <p>SOL：B</p> <p>詳解：因為冷氣機開啓時，室內溫度逐漸下降，直到設定溫度時停止壓縮機運轉，故溫度調節裝置屬於負回授。</p> <p>2. 使用麥克風時，若靠近喇叭會逐漸產生高頻的尖叫聲，這種現象屬於何種回授方式？(A) 正回授 (B) 負回授</p>	<p>2 分鐘</p> <p>5 分鐘</p>	<p>11-1-1a (11-1-1-12)</p> <p>11-1-1b (回授放大電路特性_即時練習) (11-1-1-13)</p>	<p>動態簡報</p> <p>互動式網頁</p>	<p>10 秒鐘</p> <p>5 分鐘</p>	<p>在日常生活中哪些電器產品會使用振盪電路？(以小組討論方式給同學 1 分鐘時間討論後寫出答案)</p> <p>答案：振盪電路常用於遙控器、無線電及全球定位系統的發射端，都是使用直流電源轉換到交流信號的產品。</p> <p>以「遊戲搶答方式」看誰投進分數最多為優勝。</p> <p>如圖製作 11-1-1b 互動式動畫元件，呈現方式如下：</p> <p>1. 選擇角色 (角色扮演)：</p> <p>以 NBA 的任意 10 個球員讓同學選擇人物，相同人物不能再選 (亦即 A、B 不能同一個人物)。當兩人同時選取後才進入下個比賽開始倒數五秒的畫面。</p>

(C) 正回授與負回授 (D) 無法判斷。

SOL : A

詳解：因為喇叭將信號傳至麥克風，麥克風再將信號由喇叭輸出，一直循環產生高頻的尖叫聲，此為正回授方式。

3. 某放大器將輸出的部分信號，經回授網路加入輸入端，而回授的相位及輸入信號相位相同時，稱為哪種回授方式？(A) 正回授 (B) 負回授 (C) 以上皆是 (D) 無法判斷。

SOL : A

詳解：因回授訊號與輸入訊號相位相同時稱為正回授；反之，為負回授。

4. 正弦波振盪器的首要條件為何者？

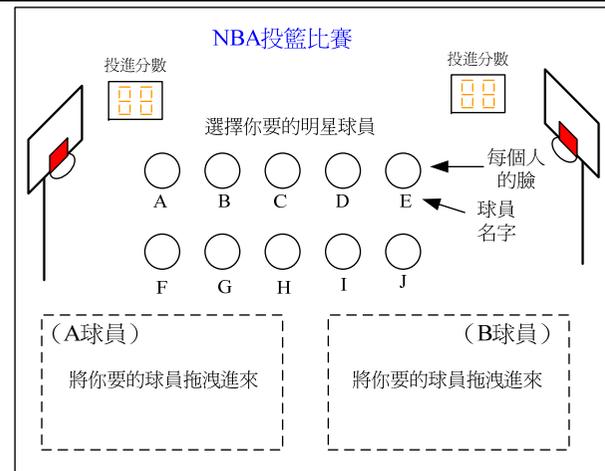
(A) 穩定的直流電源 (B) 高效率的放大器 (C) 頻率控制 (D) 具有正回授網路。

SOL : D

5. 將直流信號轉為交流信號的電路為何？(A) 諧波器 (B) 整流器 (C) 振盪器 (D) 箝位器。

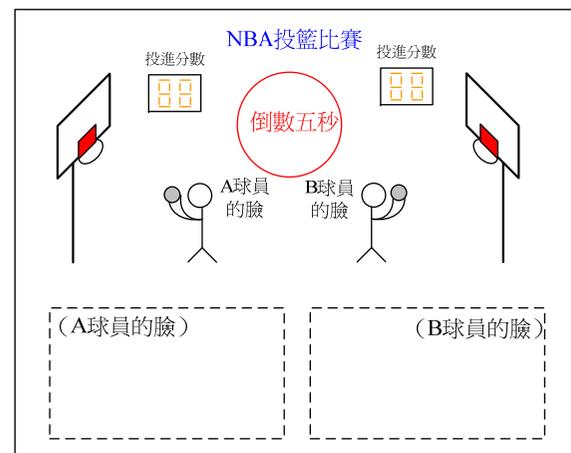
SOL : C

6. 下列何者不是高頻振盪電路？(A) 哈特萊特振盪電路 (B) 韋恩電橋振盪



2. 倒數計時的畫面：

計分表以 LED 先顯示「0」，並出現紅色字「5、4、3、2、1」，經過五秒後跳到下個比賽開始畫面。



3. 比賽開始畫面：

(1) 將左邊的第一個題目同時顯示在虛線區域，讓同學搶答，按下選項時，該球員開始投籃。如果「答對」者，籃球會「投進」網，此時分數會顯示，而且該球員的題目區域也會顯示「0」(分數計算為，每投進一顆球算兩分)。如果「答

電路 (C) 考畢子振盪電路 (D) 石英晶體振盪電路。

SOL : B

詳解：RC 振盪電路與韋恩電橋振盪電路屬於低頻振盪器。

三、進階挑戰 (計算與應用題)

1. 某放大電路無回授時的電壓增益為 40，加入負回授的回授因數為 0.01，求閉迴路電壓增益約為何？ (A) 0.4 (B) 28.57 (C) 285.7 (D) 4000。

SOL : B

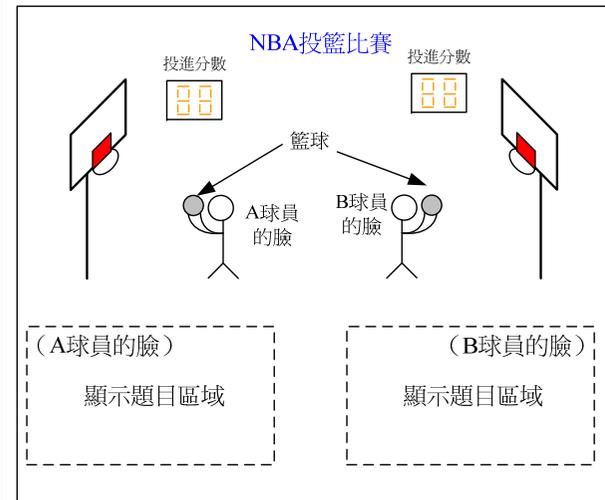
詳解：因負回授 $1 + \beta A_v > 1 \Rightarrow \beta A_v > 0$ (取正值)，故

$$A_{vf} = \frac{A_v}{1 + \beta A_v} = \frac{40}{1 + 0.01 \times 40} \approx 28.57。$$

2. 某放大器的開路電壓增益為 200，若

11-1-1-14

錯」者，籃球「不會」進網，不計分，並在該球員的題目區域顯示「X」。



(2) 當題目答對且進球得分後，在兩個顯示區域同時進行下一個題目。直到六題完成後，畫面顯示「比賽結束」，優勝者，舉起獎盃。

學習單方式作為課後練習作業。

<p>正回授的回授因數為 0.1%，求閉迴路增益約為何？ (A) 166.7 (B) 16.67 (C) 1.67 (D) 0.2。</p> <p>SOL：A</p> <p>詳解：因正回授 $1 + \beta A_v < 1 \Rightarrow \beta A_v < 0$ (取負值)，故</p> $A_{vf} = \frac{A_v}{1 + \beta A_v} = \frac{200}{1 - 0.001 \times 200} \approx 166.7$ <p>。</p> <p>3. 某放大器的正回授因數為 0.02，欲使電路作振盪輸出，則開路電壓增益為何？ (A) 200 (B) 100 (C) 50 (D) 10。</p> <p>SOL：C</p> <p>詳解： $\beta A_v \geq -1 \Rightarrow A_v \geq \frac{1}{\beta} = \frac{1}{0.02} = 50$</p> <p>4. 欲使正回授放大器保持振盪，其迴路總相位差必須為何？ (A) 0° (B) 45° (C) 90° (D) 180°。</p> <p>SOL：A</p> <p>詳解： $\beta A = 1 \angle 0^\circ = 1 \angle 360^\circ$</p>					
合計：	50 分鐘		合 計：	14 分 30 秒	合計：14 個元件
可供設計參考資源列表 (請填入 至少 3 項)					
參考資源(線上資源或參考書籍)	簡 述				
電子學 II 總複習高分講義(含實	第十一章基本振盪電路第一節正弦波振盪電路				

習), 陳興財編著, 松崗出版社	
電子學實習 II, 陳興財及王敏男編著, 五南出版社	第十一章基本振盪電路實驗第一節 RC 振盪電路實驗
電子學 II, 徐慶堂 黃天祥編著, 台科大圖書公司	第十一章基本振盪電路第一節正弦波振盪電路