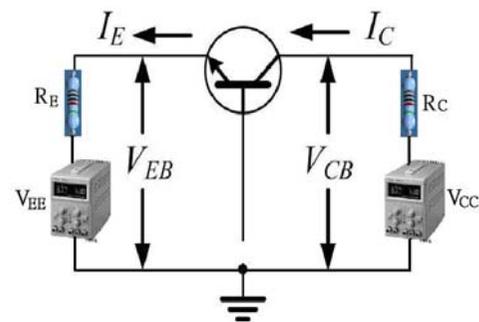
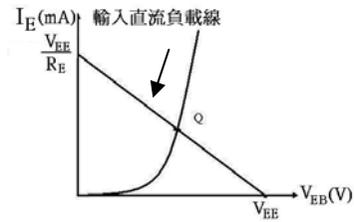


表二、高職數位教材發展與推廣計畫－電子學科單元教案設計表

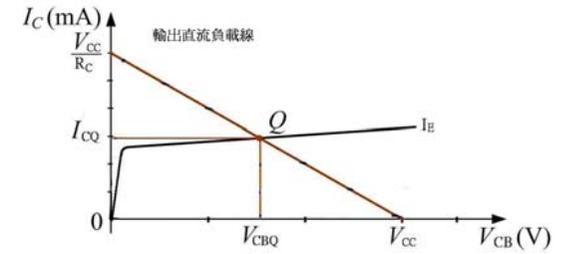
單元編號		5-1-1	單元名稱	直流工作點		
對應之課綱		5-1 直流工作點			預計本單元總教學時間	50 分鐘(約 30-50 分鐘)
教學目標	單元內容簡介	1. 工作點的意義。 2. 輸入直流負載線與工作點。 3. 輸出直流負載線與工作點。 4. 直流工作點對放大特性的影響。 5. 直流工作點的求解步驟。				
	具體目標 (例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)	1. 能瞭解工作點的意義。 2. 能畫出輸入直流負載線與工作點。 3. 能畫出輸出直流負載線與工作點。 4. 能比較不同工作點對放大特性的影響。 5. 能瞭解直流工作點的求解步驟。				
教學活動		教學時間	元件			元件內容說明 (請填入 8-9 個元件)
			編號	類型	時間	
準備活動	引起動機：以一個有趣的動畫引起學生學習工作點的興趣。	5 分鐘	5-1-1-1	動畫	2 分鐘	1. 製作一動畫：以卡通動畫的方式呈現。 內容：(1) 人物動畫小明：手上拿著做好的放大器很興奮的樣子。嘴巴唸著說： 【趕快接上音樂聽聽效果怎樣？】 (2) 接著將手上放大器直接接上音樂（沒有接上電源），然後表情驚訝的說： 【耶！怎會沒聲音？】 （此時老師可以問學生為何沒有聲音？） (3) 接著小明想了一下，就喔的一聲說： 【對了我沒接電源】

						<p>然後就將電源接上。</p> <p>(4) 然後小明就聽到有聲音出現 (伴隨一個有點破破的聲音); 聽了一下聲音後, 小明就說:【耶, 聲音怎會怪怪的?】 (此時老師可以問學生為何聲音會怪怪的?)</p> <p>(5) 小明想了一下, 就突然恍然大悟的說:【對了, 老師上課有說不是光接上電源就好, 還要調整適當工作點, 這樣聲音才會是最大不失真】。</p> <p>(6) 小明調整了一下, 再度接上電源與音樂然後就聽到很優美的聲音。(伴隨一個好聽的音樂聲)。小明就手舞足蹈地說:【耶! 完成了!】</p>
發展活動	1. 內容講解 【工作點的意義】	5 分鐘	5-1-1-2	簡報 + 動畫 (2D 動畫)	1 分鐘	<p>1. 製作一張簡報。內容:【工作點的意義: 若欲使用電晶體作為放大電路, 使輸出端獲得不失真的信號, 就必須供給此放大電路適當的直流偏壓, 使電晶體獲得一個穩定的工作電壓與電流值, 這穩定的電壓及電流值對應在輸入特性曲線上的點就是輸入工作點; 對應在輸出特性曲線上的點就是輸出工作點, 我們稱之為工作點或靜態點也稱為 Q 點。】</p> <p>2. 以動畫示範工作點。內容:【輸入與輸出工作點特性曲線圖以 C-B 電路為例】</p> <p>(1) 製作一個如下面的版面:</p>





輸入工作點特性曲線



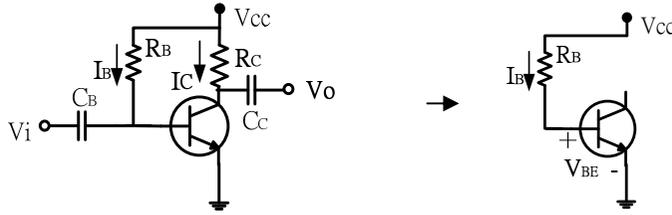
輸出工作點特性曲線

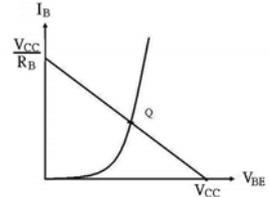
其中 R_E 與 R_C 以電阻的外型顯示在電路中取代電阻符號，如圖  所示，且可以在上面滑動改變電阻數值大小，往上滑動電阻變大，往下滑動電阻變小。而 V_{EE} 與 V_{CC} 則以電源供應器的外型顯示在電路中



取代電壓源符號，如下圖所示（且可以在電源供應器上面旋轉改變電壓數值大小，往右轉動電阻變大，往左轉動電阻變小）。

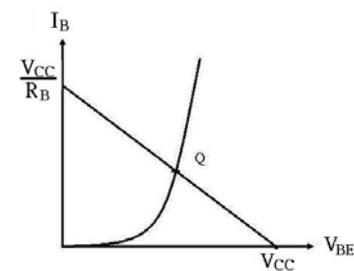
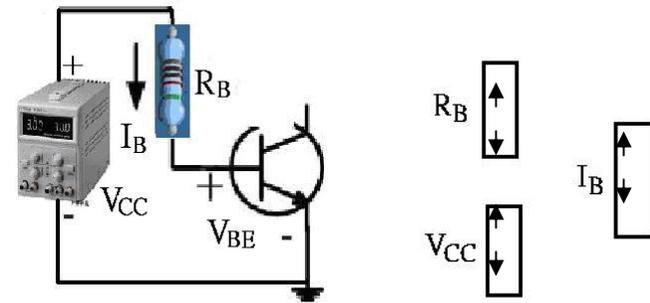
- (2) 當 R_E 電阻往上滑時（在電路上的電阻外型上滑動），輸入工作點特性曲線圖中的輸入直流負載線要隨著往下移動（ V_{EE} 點固定不動， V_{EE}/R_E 點往下）；同時輸出工作點特性曲線圖中的 I_E 這條曲線也隨著往下移動，交叉的 Q 點、 I_{CQ} 、 V_{CEQ} 標示也需隨著變動。反之，當 R_E 電阻往下滑動時，所有曲線的移動動作跟往上移動時相反。
- (3) 當 V_{EE} 電壓往上滑動時（在電路上的電源供應器外型上滑動），輸入工作點特性曲線圖中的輸入直流負載線平行往上移動（ V_{EE} 點往右增加， V_{EE}/R_E 點往上增加）；同時輸出工作點特性曲線圖中的

					<p>I_E 這條曲線也隨著往上移動，交叉的 Q 點、I_{CQ}、V_{CEQ} 標示也需隨著變動。反之，當 V_{EE} 電壓往下滑動時，所有曲線的移動動作跟往上移動時相反。</p> <p>(4) 當 R_C 電阻往上滑動時（在電路上的電阻外型上滑動），輸入工作點特性曲線圖中的輸入直流負載線不動；同時輸出工作點特性曲線圖中的 I_E 這條曲線也不動；輸出工作點特性曲線圖中的輸出直流負載線要隨著往下移動（V_{CC} 點固定不動，V_{CC}/R_C 點往下）；交叉的 Q 點、I_{CQ}、V_{CEQ} 標示也需隨著變動。反之，當 R_C 電阻往下滑動時，輸入特性曲線一樣不動，而輸出特性曲線的移動動作跟往上移動時相反。</p> <p>(5) 當 V_{CC} 電壓往右轉動時（在電路上的電源供應器外型上轉動），輸入工作點特性曲線圖不動；而輸出工作點特性曲線圖中的 I_E 這條曲線也不動，輸出直流負載線平行往上移動（V_{CC} 點往右增加，V_{CC}/R_C 點往上增加）交叉的 Q 點、I_{CQ}、V_{CEQ} 標示也需隨著變動。反之，當 V_{CC} 電壓往下滑動時，輸入工作點特性曲線圖不動；輸出特性曲線的移動動作跟往上移動時相反。</p>
2. 電路分析 【輸入直流負載線與工作點】	10 分鐘	5-1-1-3	動畫	2 分鐘	<p>以動畫製作輸入直流負載線與工作點形成過程及不同的元件數值與電壓源對輸出直流負載線與工作點的影響的動畫。（以固定偏壓為例）</p>  <p>1. 輸入直流負載線的形成：</p>

					<p>(1) 以動畫的方式將輸入迴路由完整電路中切割出來。(先出現完整電路圖，如上圖左；接著用動畫的方式將輸入迴路從完整電路中剪下來變成如上圖右之電路圖。)</p> <p>(2) 以動畫的方式將輸入直流負載線(如下左圖)繪製出來。(先畫出水平座標線並標示 V_{CE} (V)，再畫出垂直座標線並標示 I_C (mA)；接著先點出 V_{CC}/R_B 的點，再點出 V_{CC} 的點，然後連成輸入直流負載線，如下左圖)。</p>  <p>(3) 接著在上左圖畫出 B-E 接面的特性曲線(如上右圖)，輸入直流負載線與 B-E 接面的特性曲線的交點即形成輸入直流工作點(如下圖)，並標示工作點 Q。</p>  <p>2. 不同的元件數值對輸入直流負載線與工作點的影響：(互動式動畫)</p> <p>(1) R_B 電阻對輸入直流工作點變化的影響：</p>
--	--	--	--	--	--



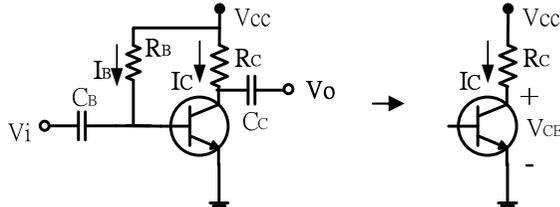
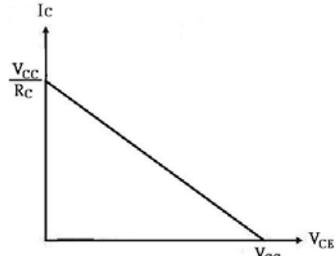
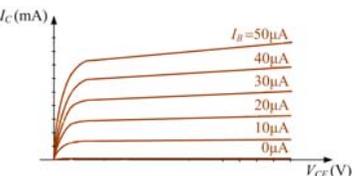
將輸入迴路電路圖中 R_B 電阻以電阻的實際外型呈現如圖，形成如下的實體電路圖，並且可以在電阻上面上下滑動改變其電阻數值（往上電阻變大往下電阻變小），旁邊並呈現電阻的數值與 I_B 電流的大小變化（以箭頭方向上下表示。往上滑動 R_B 箭頭往上， I_B 箭頭往下；往下滑動 R_B 箭頭往下， I_B 箭頭往上），且下圖的直流負載線與 Q 點會隨著電阻的變化而移動（ V_{CC} 點固定不動， V_{CC}/R_B 點上下移動）。

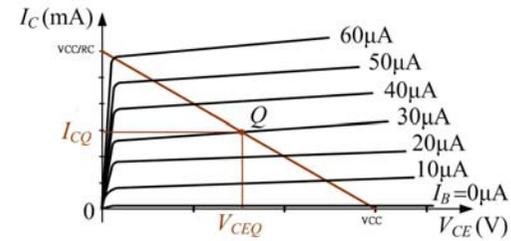


(2) 電壓源 V_{CC} 對輸入直流工作點變化的影響

將輸入迴路中 V_{CC} 電壓源以電源供應器的的外型呈現如圖

					 <p>，形成如上的實體電路圖，並且可以可以在電源供應器圖上面左右轉動以改變電壓大小（往右轉電壓變大往左轉電壓變小），旁邊並呈現 V_{CC} 電壓的數值與 I_B 電流的大小變化（以箭頭方向上下表示。往上滑動 V_{CC} 箭頭往上，I_B 箭頭往上；往下滑動 R_B 箭頭往下，I_B 箭頭往下），且下圖的直流負載線與 Q 點會隨著電壓的變化而移動（往上滑動時，輸入直流負載線與原負載線平行，往上移動；往下滑動時，輸入直流負載線與原負載線平行，往下移動）。</p>
--	--	--	--	--	--

	<p>3 電路分析【輸出直流負載線與工作點】</p>	<p>10 分鐘</p>	<p>5-1-1-4</p>	<p>動畫</p>	<p>2 分鐘</p>	<p>以動畫製作輸出直流負載線與工作點形成過程及不同的元件數值與電壓源對輸出直流負載線與工作點的影響的動畫。(以固定偏壓為例)</p>  <p>1. 輸出直流負載線的形成：</p> <p>(1) 以動畫的方式將輸出迴路由完整電路中切割出來(先出現完整電路圖，如上圖左；接著用動畫的方式將輸入迴路從完整電路中剪下來變成如上圖右之電路圖。)</p> <p>(2) 以動畫的方式將輸出直流負載線(如下左圖)繪製出來(先點出 V_{CC}/R_C 的點，再點出 V_{CC} 的點然後連成輸出直流負載線)。</p>   <p>(3) 以動畫的方式在上左圖呈現一條一條輸入 I_B 電流的特性曲線(如上右圖)形成輸出直流工作點(如下圖)。</p>
--	----------------------------	--------------	----------------	-----------	-------------	--



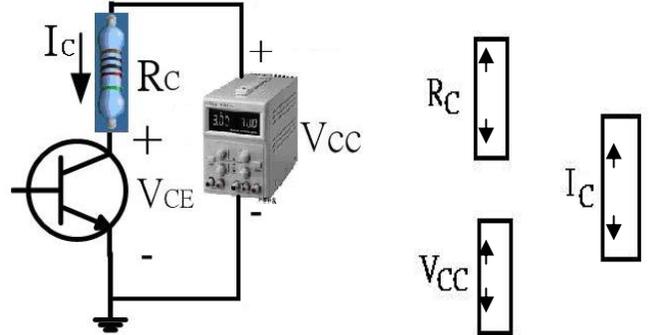
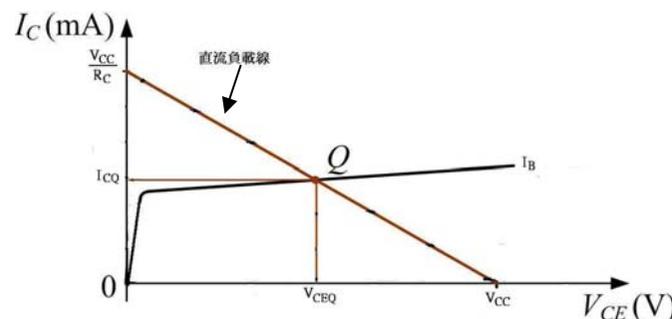
2. 不同的元件數值對輸出直流負載線與工作點的影響：(互動式動畫)

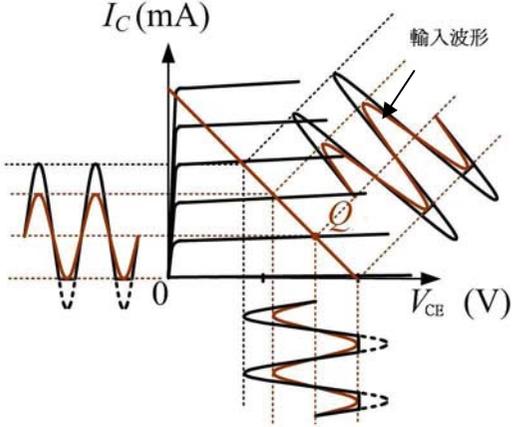
(1) R_c 電阻對輸出直流工作點變化的影響：

將輸出迴路電路圖中 R_c 電阻以電阻的實際外型呈現，形成如上的實體電路圖，並且可以在電阻上面上下移動改變其電阻數值（往上電阻變大往下電阻變小），旁邊並呈現電阻的數值與 I_c 電流的大小變化（以箭頭方向上下表示。往上滑動 R_c 箭頭往上， I_c 箭頭往下；往下滑動 R_c 箭頭往下， I_c 箭頭往上），且上圖的直流負載線與 Q 點會隨著電阻的變化而變化（ V_{cc} 點固定不動， V_{cc}/R_c 點上下移動，往上滑動 V_{cc}/R_c 點往下，往下滑動 V_{cc}/R_c 點往上）。

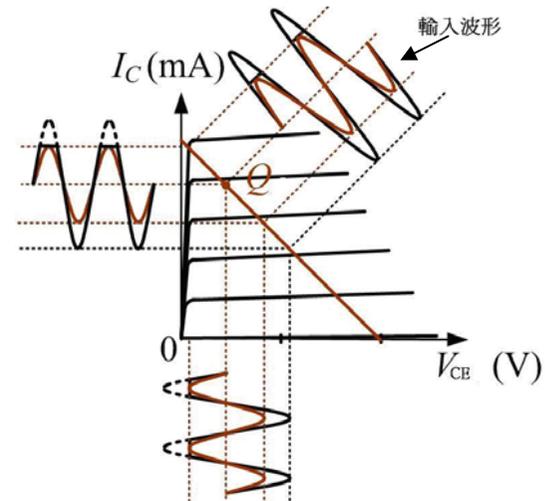
(2) 電壓源 V_{cc} 對輸出直流工作點變化的影響：

將輸出迴路中 V_{cc} 電壓源以乾電池的外型呈現，形成如下的實體電路圖，並且可以在乾電池圖上面上下滑動以改變電壓大小（往上電壓變大往下電壓變小），旁邊並呈現電壓的數值與 I_c 電流的大小變化（以箭頭方向上下表示。往上滑動 V_{cc} 箭頭往上， I_c 箭頭往上；往下滑動 V_{cc} 箭頭往下， I_c 箭頭往下），且下圖的直流負載線與 Q 點會隨著電阻的變化而變化（往上滑動時，輸入直流負載線與原負載線平行，往上移動；往下滑動時，輸入直流負載線與原負載線平行，往下移動）。

						 
--	--	--	--	--	--	--

	<p>4. 電路分析 〔直流工作點對放大特性的影響〕</p>	10 分鐘	5-1-1-5	動畫	2 分鐘	<p>1. 製作不同工作點對輸入波形放大結果的動畫。</p> <p>製作一如下的版面可以選擇想要的工作點動畫，並連結至各工作點的的動畫。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin: 10px 0;"> 靠截止點 靠飽和點 中心點 </div> <p>(1) 靠截止點：</p> <p>製作如下圖 Q 點靠截止點的輸出特性曲線圖，並以 Q 點為中心輸入波形使得輸出電流 I_C 的波形與輸出電壓 V_{CE} 的波形隨著變化的動畫，其中輸入波形可以在圖上直接放大或縮小其波形大小；當輸入波形超過截止點以下時，輸出電流 I_C 波形的負半週與輸出電壓 V_{CE} 波形的正半週會產生截波失真的現象，如下圖虛線部分。當按輸出聲音展示時可以連結到錄好的失真聲音檔。</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div> <p>(2) 靠飽和點：</p> <p>製作如下圖 Q 點靠飽和點的輸出特性曲線圖，並以 Q 點為中心輸入波形使得輸出電流 I_C 的波形與輸出電壓 V_{CE} 的波形隨著變化的動畫，其中輸入波形可以在圖上直接放大或縮小其波形大小；當</p>
--	------------------------------------	-------	---------	----	------	---

輸入波形超過飽和點以上時，輸出電流 I_C 波形的正半週與輸出電壓 V_{CE} 波形的負半週會產生截波失真的現象，如下圖虛線部分。當按輸出聲音展示時可以連結到錄好的失真聲音檔。



輸出聲音展示

(3) 中心點：

製作如下圖 Q 點在中心點的輸出特性曲線圖，並以 Q 點為中心輸入波形使得電流 I_C 的波形與輸出電壓 V_{CE} 的波形隨著變化的動畫，其中輸入波形可以在圖上直接放大或縮小其波形大小；當輸入波形大到超過截止點以下時跟飽和點以上時，輸出電流 I_C 波形與輸出電壓 V_{CE} 波形的正、負半週會同時產生截波失真的現象，如上圖虛線部分。當按輸出聲音展示時可以連結到錄好的聲音檔。

發展活動	5. [直流工作點的求解步驟]	3 分鐘	5-1-1-6	簡報	1 分鐘	1. 製作直流工作點求解步驟的流程圖簡報如下圖所示 (以分格流程圖的方式一個一個流程圖出現呈現)

						<pre> graph TD A([求解 Q 點]) --> B[由直流輸入迴路導出直流輸入負載線方程式，並求得 I_{BQ} 或 I_{EQ}。] B --> C[I_{CQ} = β I_{BQ} = α I_{EQ}] C --> D[由直流輸出迴路導出直流輸出負載線方程式，並求得 V_{CEQ} 或 V_{CBQ}] D --> E([解得 Q = (V_{CEQ}, I_{CQ}) 或 Q = (V_{CBQ}, I_{CQ})]) </pre>
綜合活動	學生回答	1 分鐘	5-1-1-7	學習單	0 分鐘	問題：試問工作點的意義為何？（答案連結 5-1-1-2 之簡報）

	上台演練	5 分鐘	5-1-1-8	簡報+動畫 (動畫 2D)	2 分鐘	<div data-bbox="1630 148 1966 359" data-label="Diagram"> </div> <p>1. 製作以下的題目之 PPT：題目：畫出如 圖之電路其輸出特性曲線上 Q 點的位置？ 若 $V_{CC}=10V$，$R_C=2k\Omega$，$R_B=200k\Omega$，$\beta=50$，$V_{BE}=0.7V$。</p> <p>2. 以動畫方式解答整個求解過程。</p> <p>(1) 顯示由直流輸入迴路導出直流輸入負載線方程式為</p> $I_{BQ} \times R_B + V_{BE} - V_{CC} = 0, \therefore I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$ $\rightarrow I_{BQ} = \frac{10V - 0.7V}{200k\Omega} = 46.5 \mu A \quad (I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}, \text{ 可以由題目手}$ <p>動輸入 V_{CC}，R_B，V_{BE} 而自動計算數值的互動式)</p> <p>(2) $I_{CQ} = \beta \times I_{BQ} \rightarrow I_{CQ} = 50 \times 46.5 \mu A = 2.325 \text{ mA}$ ($I_{CQ} = \beta \times I_{BQ}$ 可以由題目手動修改 β 而 I_{BQ} 隨前面的求解而自行帶入，並計算出 I_{CQ} 之數值)</p> <p>(3) $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \times R_C$ (V_{CC}，R_C 可以由題目手連動修改而變動， I_{CQ} 隨前面的求解自動帶入，並計算出 V_{CEQ} 之數值)</p>
--	------	------	---------	------------------	------	--

						<p>(4)</p> <p>a. 以動畫的方式畫出水平座標線並標示 V_{CE} (V)，再畫出垂直座標線並標示 I_C (mA)。(如上圖)</p> <p>b. 以動畫的方式將輸出直流負載線(如上圖)繪製出來(先點出垂直座標 V_{CC}/R_C 的數值點，再點出水平座標 V_{CC} 的數值點然後連成輸出直流負載線。其中 $V_{CC}/R_C, V_{CC}$ 的數值可以隨著題目而連動。)</p> <p>c. 最後畫出 I_{BQ} 輸入直流工作點線且標示 I_{BQ} 數值，與直流負載線的交點標示 Q，水平延伸與垂直座標線交點標示 I_{CQ} 數值，垂直延伸與水平座標線交點標示 V_{CEQ} 數值，I_{CQ} 與 V_{CEQ} 數值由前面求得的數值連動。</p>
學生回答	1 分鐘	5-1-1-9	簡報+動畫 (動畫 2D)	1 分鐘	<p>1. 以簡報製作題目：當 R_B 變大時工作點往哪裡移？(A) 不動 (B) 往飽和區 (C) 往截止區。(標準答案 (C))</p> <p>2. 答案答對以一個比讚的動畫表示答對，並顯示你好棒的稱讚語；答案答錯的則以傷心臉的動畫表示答錯了，並顯示要在加油喔的鼓勵語。</p>	
合計：	50 分鐘		合計：	13 分	9 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
1.電子學 I（弘揚圖書有限公司）	5-1 直流工作點
2.電子學 I（台科大圖書股份有限公司）	5-1 直流工作點
3.電子學 I（龍騰文化事業股份有限公司）	5-1 直流工作點
4.電子學 I（全華圖書股份有限公司）	5-1 直流工作點
5. http://hsmaterial.moe.edu.tw/	高中學科資訊科技融入教學資源網