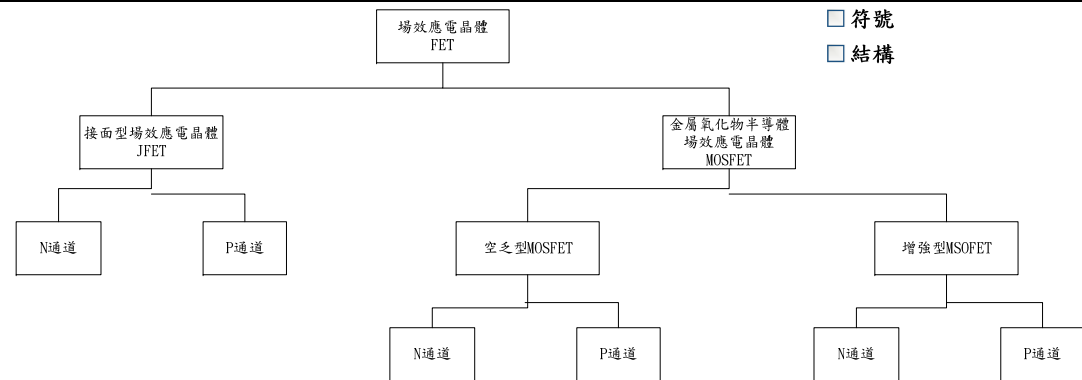


表二、高職數位教材發展與推廣計畫－電子學科單元教案設計表

單元編號		8-1-1	單元名稱	JFET 之構造及特性		
對應之課綱		8-1 JFET 之構造及特性			預計本單元總教學時間	45 分鐘
教學目標	單元目標	1. 以動畫呈現接面型場效應電晶體結構與單一載子運作情形。 2. 以動畫呈現 JFET 在不同偏壓下通道變化情形，說明壓控電流的工作方式。 3. 運用電路模擬方式，操作得出 JFET 偏壓總表。				
	具體目標 (例如:能說出、能寫出、能列舉、能運用)	1. 能分辨 JFET 電路符號與種類 2. 能了解 JFET 構造與符號差別對應 3. 能了解 JFET 壓控電流工作原理 4. 能運用輸入電壓控制輸出電流				
教學活動		教學時間	元件			元件內容說明
			編號	類型	時間	
準備活動	『內容講解』 FET 分類，結構與符號判別	5 分鐘	8-1-1-1	動畫	1 分鐘	1. 設計一個互動式場效電晶體(FET)分類表。 <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <pre> graph TD A[場效應電晶體 FET] --- B[接面型場效應電晶體 JFET] A --- C[金屬氧化物半導體場效應電晶體 MOSFET] </pre> </div> 2. 點選【JFET】、【MOSFET】、【空乏型 MOSFET】、【增強型 MOSFET】，可顯示/隱藏其下分類，並顯示說明此元件的閘極接觸與工作方式。 ①JFET：閘極直接 PN 接觸，閘極工作逆向偏壓。 ②MOSFET：間隔一層二氧化矽(SiO ₂)間接接觸，閘極視元件結構與工作模式需求決定正負電壓。



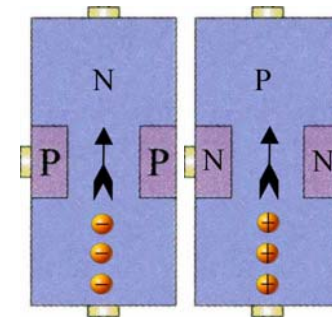
③空乏型 MOSFET：具有預設通道，開極電壓可正可負。

④增強型 MOSFET：無實質通道，開極電壓視通道決定正負。

3. 製作【符號】、【結構】核取方塊，供使用者勾選顯示。

元件名稱	種類	符號	結構
JFET	N 通道		
	P 通道		
空乏型 MOSFET	N 通道		

2. 製作『元件類型』群組方塊，內含【N 通道 JFET】、【P 通道 JFET】圓型按鈕，供使用者點選切換使用元件類型。
3. 製作『汲源極電壓 V_{DS} 』群組方塊，內含【正電壓】、【負電壓】圓型按鈕，供使用者點選切換 V_{DS} 正負電源。
4. 製作『閘源極電壓 V_{GS} 』群組方塊，內含【正電壓】、【負電壓】圓型按鈕，供使用者點選切換 V_{GS} 正負電源。
5. 製作【載子流】核取方塊，供使用者勾選動態顯示。



6. 製作【工作偏壓表格】核取方塊，供使用者勾選顯示。

元件類型	V_{GS}	V_{DS}
N 通道 JFET	-	+
P 通道 JFET	+	-

- ① 按下『填入』，則將目前點選之 V_{GS} 與 V_{DS} 電壓正負填入表格。
- ② 按下『檢查』，則檢查表格內填入資料是否正確。
- ③ 若正確，則出現叮咚聲，並顯示 0；若錯誤，則出現哦喔聲，並顯示 X，再出現正解

7. V_{GS} 滑動軸，分成三段互動式顯示結構與電流的變化情形。

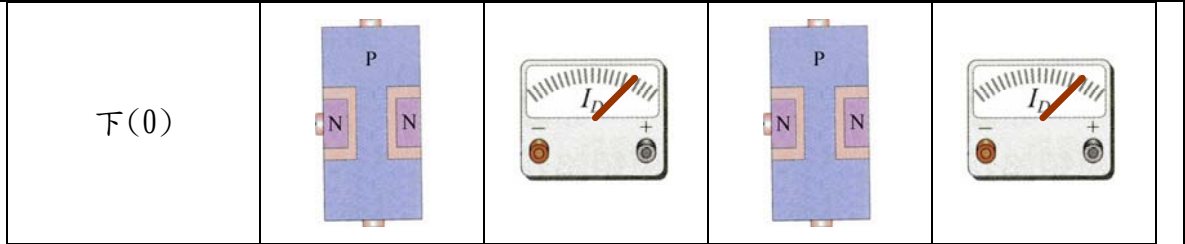
① N 通道 JFET

V_{GS} 滑動軸位置	V_{GS} 負電壓時		V_{GS} 正電壓時	
	結構變化	電流表變化	結構變化	電流表變化

上 ($V_{GS(P)}$)				
中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)				
下 (0)				

②P 通道 JFET

V_{GS} 滑動軸位置	V_{GS} 正電壓時		V_{GS} 負電壓時	
	結構變化	電流表變化	結構變化	電流表變化
上 ($V_{GS(P)}$)				
中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)				



下(0)

1. 設計一個互動式 JFET 通道夾止元件。

元件類型
 N通道JFET
 P通道JFET

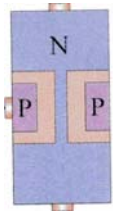
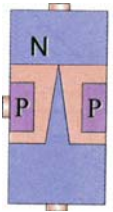
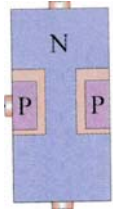
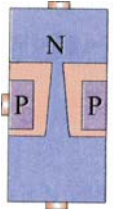
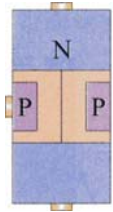
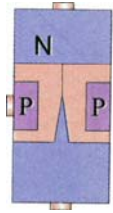
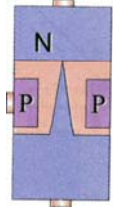
2. 製作『元件類型』群組方塊，內含【N 通道 JFET】、【P 通道 JFET】圓型按鈕，供使用者點選切換使用元件類型。

3. V_{GS} 滑動軸與 V_{DS} 滑動軸，分段互動式顯示結構變化的情形。

①N 通道 JFET($V_{GS(P)} < 0$)

V_{GS} 滑動軸位置	V_{DS} 滑動軸位置	結構變化	V_{GS} 滑動軸位置	V_{DS} 滑動軸位置	結構變化
上($V_{GS(P)}$)	下(低)		上($V_{GS(P)}$)	中 $(\frac{1}{2} V_{GS(P)})$	

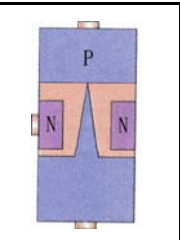
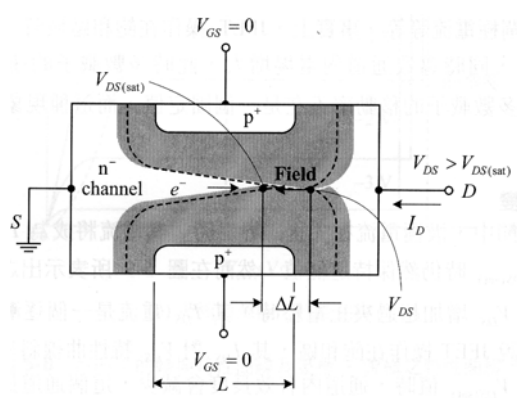
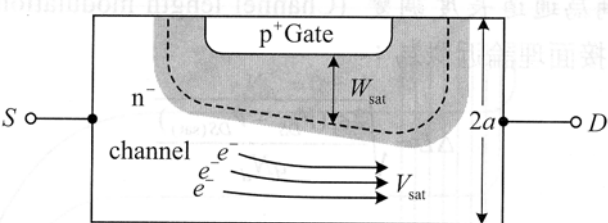
發展活動	『動畫示範』 JFET 通道夾止現象	10 分鐘	8-1-1-3	動畫	3 分鐘
------	-----------------------	-------	---------	----	------

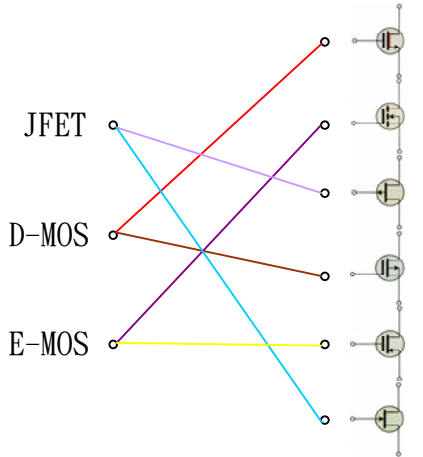
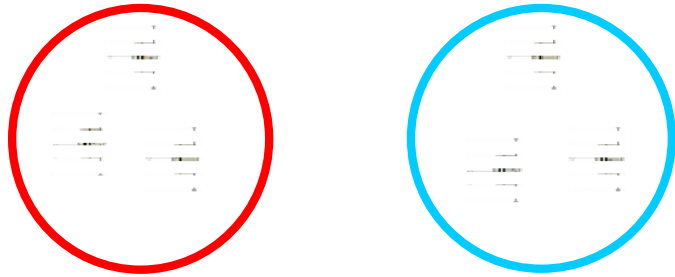
中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	下(低)		中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)} $)	
下(0)	下(低)		下(0)	中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)} $)	
上 ($V_{GS(P)}$)	上 ($ V_{GS(P)} $)				
中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	上 ($ V_{GS(P)} $)				
下(0)	上 ($ V_{GS(P)} $)				

②P 通道 JFET ($V_{GS(P)} > 0$)

V_{GS} 滑動軸位置	V_{DS} 滑動軸位置	結構變化	V_{GS} 滑動軸位置	V_{DS} 滑動軸位置	結構變化
-------------------	-------------------	------	-------------------	-------------------	------

						上 (V_P)	下 (低)		上 ($V_{GS(P)}$)	中 $(-\frac{1}{2} V_{GS(P)})$	
						中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	下 (低)		中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	中 $(-\frac{1}{2} V_{GS(P)})$	
						下 (0)	下 (低)		下 (0)	中 $(-\frac{1}{2} V_{GS(P)})$	
						上 ($V_{GS(P)}$)	上 ($-V_{GS(P)}$)				
						中 ($\frac{1}{2} V_{GS(P)}$)	上 ($-V_{GS(P)}$)				

						<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">下(0)</div> <div style="text-align: center;">上($-V_{GS(P)}$)</div>  </div>
發展活動	『動畫示範』 JFET 通道夾止 物理特性	5 分鐘	8-1-1-4	動畫	1 分鐘	<p>以動畫元件：「JFET 通道夾止物理特性」輔助說明以下概念：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 通道夾止是指空乏區不能夠再繼續延伸，不表示電流通道被空乏區夾斷，因此仍有電流通過通道，夾止現象產生時，電流達到飽和不再增加。 2. 當 $V_{DS} > V_{DS(sat)}$ 時，通道雖然夾止但並沒有完全封閉，仍然會有一條微小寬度的通道存在著，這個微小的通道具有非常大的電阻，成為限制電流的瓶頸，導致 I_{DS} 電流趨於飽和，而不隨著汲極電壓 V_{DS} 的持續升高而增加。 2. 當 $V_{DS} > V_{DS(sat)}$ 而超過夾止電壓時，在通道中的夾止區會往源極延伸，最後將通道與汲極隔絕，此時一個很強的平行電場會出現在夾止狀態的隔絕區，電場方向從空乏區內隔絕層的正游離施體離子($Nd+$)指向通道內的電子，這樣強的電場引導通道內的電子到達通道的頂端，並穿越隔絕區內所剩的微小通道移動到汲極端，而形成 I_{DS} 電流。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>

綜合活動	評量 I	3 分鐘	8-1-1-5	動畫	1 分鐘	<p>1. 以連連看元件，將正確的符號與名稱連起來。</p> <p>請將符號與名稱相同者連起來</p> 
綜合活動	評量 II	2 分鐘	8-1-1-6	動畫	1 分鐘	<p>1. 使用拖曳方式，將元件依 P 通道與 N 通道分類。</p> <p>請將元件符號進行分類</p>  <p>N通道</p> <p>P通道</p>
綜合活動	評量 III	5 分鐘	8-1-1-7	動畫	1 分鐘	<p>1. 設計一個互動式題庫元件。</p> <p>2. 功能包含①可供使用選擇測驗題數，②若正確，則出現叮咚聲，並顯示 O；若錯誤，則出現哦喔聲，並顯示 X，再出現正解</p> <p>3. 題庫如下：</p>

						<p>(D) 1.JFET 的工作原理是控制 (A)通道中的導電係數 (B)通道接面的電流 (C)通道中的載子濃度 (D)通道空乏區的厚度</p> <p>(B) 2.當 JFET 進入飽和區工作時，其電流開始維持定值，此係因通道的哪一端產生夾止？ (A)閘極 (B)汲極 (C)源極 (D)汲極與源極同時</p> <p>(D) 3.P 通道場效電晶體 (FET) 之電荷載子為 (A)電子 (B)主載子為電洞、副載子為電子 (C)主載子為電子、副載子為電洞 (D)電洞</p> <p>(A) 4.FET 是利用 (A)電場控制之元件 (B)磁場控制之元件 (C)電流控制之元件 (D)電磁場控制之元件</p> <p>(D) 5.對 N 通道 JFET 而言，通道電流為何種載子？ (A)多數載子為電子，少數載子為電洞 (B)多數載子為電洞，少數載子為電子 (C)單一載子電洞 (D)單一載子電子</p> <p>(A) 6.下列哪一種元件是靠單一載子來傳送電流？ (A)FET (B)雙極性電晶體 (C)二極體 (D)SCR</p> <p>(D) 7.有關場效電晶體 (FET) 之敘述下列何者錯誤？ (A)一般可分為 JFET 及 MOSFET 二類 (B)可分成 N 通道及 P 通道兩種 (C)MOSFET 又分成空乏型及增強型兩類 (D)輸入阻抗較雙極性電晶體為低</p> <p>(A) 8.下列有關場效電晶體的特性敘述，何者正確？ (A)單載子元件 (B)電流控制元件 (C)雙極性元件 (D)汲源極之阻抗很大</p> <p>(C) 9.下列敘述何者正確？ (A)FET 為電流控制，BJT 為電壓控制 (B)FET 為雙極性，BJT 為單極性 (C)FET 輸入阻抗高，BJT 輸入阻抗低 (D)以上皆非</p> <p>(C) 10.FET 之工作原理是控制 (A)通道中之載子濃度 (B)流過接面電流 (C)通道寬度 (厚度) 大小 (D)流過閘極電流</p>
--	--	--	--	--	--	--

合計：	45 分鐘		合計：	11 分鐘	7 個元件
-----	-------	--	-----	-------	-------

可供設計參考資源列表

參考資源(線上資源或參考書籍)	簡 述
電子學 II	王金松，電子學 II，全華科技圖書有限公司，2009
電子學 II	徐慶堂、黃天祥，台科大圖書股份有限公司，2010

電子學(上)	劉博文，電子學(上)，全威圖書有限公司，2006
Microelectronics:Circuit Analysis and Design, 3 rd	Donald A. Neamen, Microelectronics:Circuit Analysis and Design, 3 rd ed., McGraw-Hill, 2007
Microelectronic circuits, 6 th	Adel S. Sedra/Kenneth C. Smith, Microelectronic circuits, 6 th ed., Oxford University Press, 2011
http://ezphysics.nchu.edu.tw/prophys/electron/index.htm	中興大學物理系孫允武教授應用電子學上課講義