

# 實習四

## 二極體截波電路

### ◆ 實習目的

1. 學習使用  $pn$  接面二極體之單向導通特性，以設計各種截波電路。
2. 藉由實習過程，以瞭解各種串、並聯與雙向偏壓截波電路之工作原理與設計方法。



## 相 關 知 識

- ◆ 二極體除了可用來將交流訊號轉變成直流訊號之整流電路外，亦可用來**剪截**交流輸入訊號之某一部份在某一參考電位 ( $V_R$ ) 之上或下，擁有此種功用之電路稱為**截波器** (Clipper)
- ◆ 依輸入訊號與二極體之**串**、**並聯**關係來區分，分別介紹**並聯偏壓**、**串聯偏壓**與**雙向偏壓**等三種常用之截波電路。



## 並聯偏壓（正偏壓）截波電路

◆ 利用二極體與輸入訊號**並聯**所構成之截波電路，稱為**並聯偏壓截波電路** (Parallel-Biased Clipper)，而一個**並聯偏壓（正偏壓）截波電路**，如下圖所示。

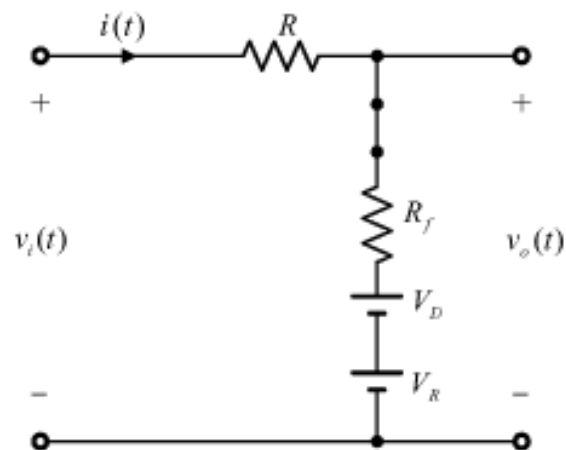
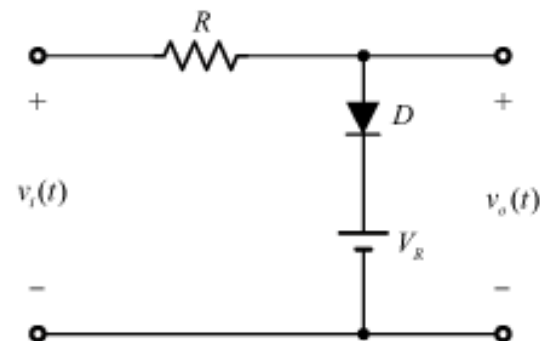
◆ 當二極體工作於順向偏壓區時，因順向電阻幾乎等於零，若未**串聯一電阻**  $R$ ，以作為保護二極體之用，將可能產生**過大電流**燒毀二極體，而電阻  $R$  之大小宜選擇  $R = \sqrt{R_r \cdot R_f}$ 。

◆ 假設右圖之輸入訊號  $v_i(t)$  為交流**正弦波**時，接著討論此電路之工作原理如下：

(1) 當  $v_i(t) > V_D + V_R$ ，此時  $D$  接受**順向偏壓**而導通，可得右圖之**等效電路**。依  $KVL$  可得  $v_i(t)$  為

$$v_i(t) = i(t) \cdot (R + R_f) + V_D + V_R \rightarrow i(t) = \frac{v_i(t) - (V_D + V_R)}{R + R_f}$$

$$\rightarrow v_o(t) = i(t) \cdot R_f + V_D + V_R$$



$$\rightarrow v_o(t) = \frac{v_i(t) - (V_D + V_R)}{R + R_f} R_f + V_D + V_R = \frac{v_i(t) \cdot R_f + R(V_D + V_R)}{R + R_f}$$

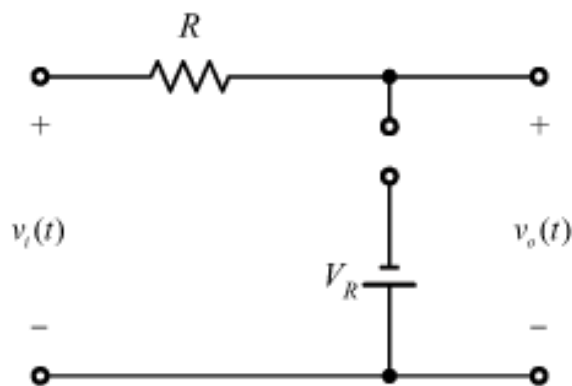
將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = \frac{R_f}{R + R_f}$$

(2) 當  $v_i(t) < V_D + V_R$ ， $D1$  接受逆向偏壓而截止，可得下圖之等效電路。依 KVL 可得  $v_o(t) \approx v_i(t)$ 。

若將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = 1$$

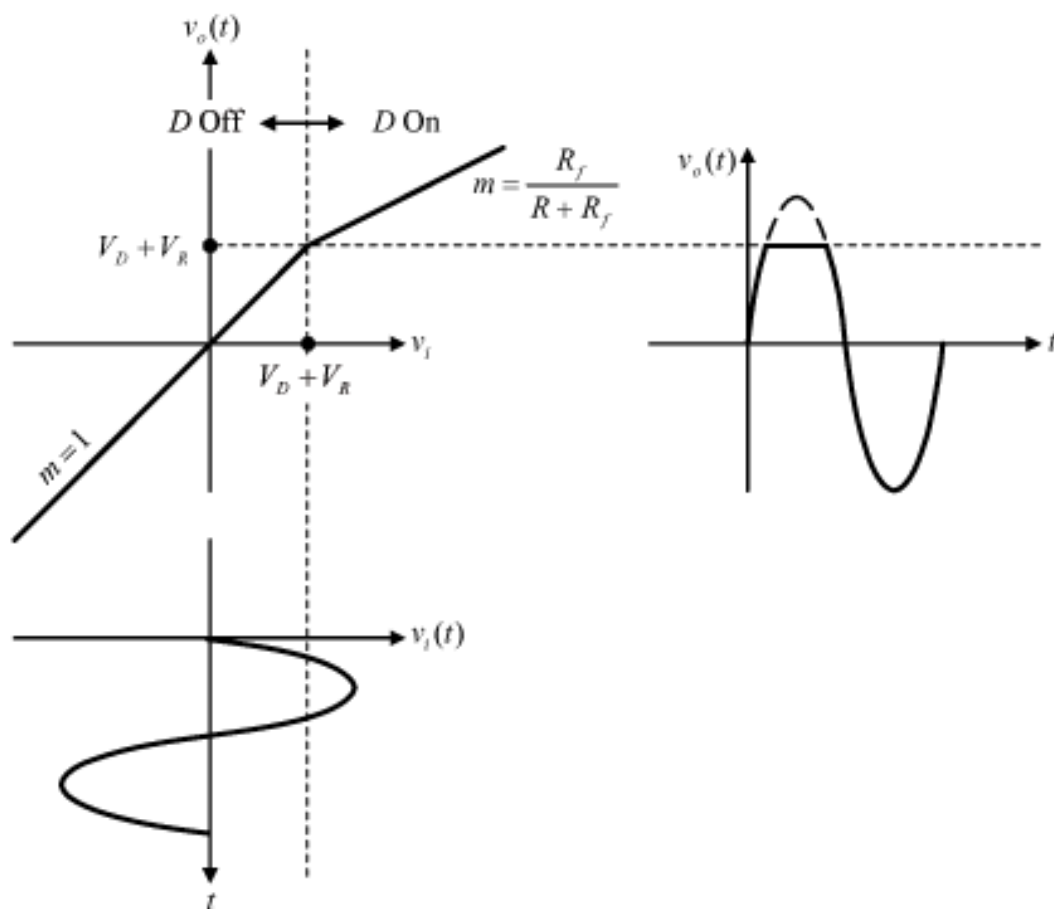


◆ 由前面之討論可得**並聯偏壓（正偏壓）**截波電路之輸入對輸出轉換特性曲線，可分為**兩段**來討論，即

(1)、當  $v_i(t) > V_D + V_R$  時，曲線之**斜率**與  $R$  和  $R_f$  有關。

(2)、當  $v_i(t) < V_D + V_R$  時，曲線之**斜率**等於 1。

◆ 由以上之討論可得所求截波電路之輸入對輸出**轉換特性曲線**，如右圖所示。

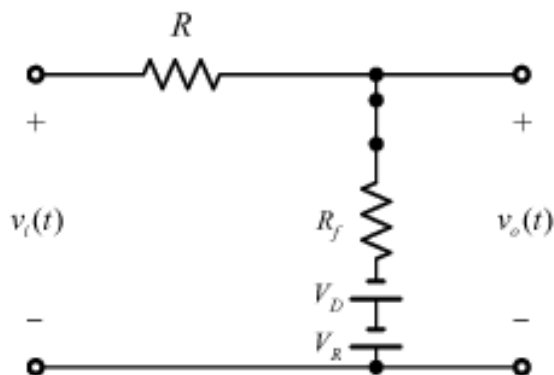
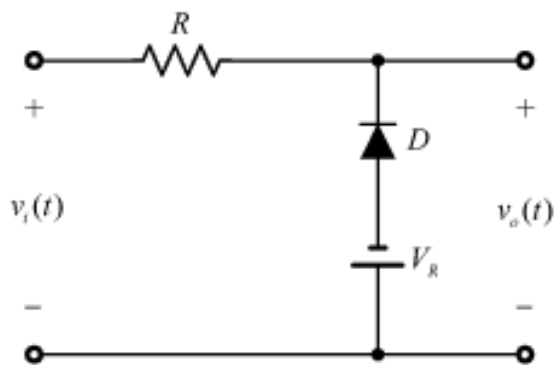


## 並聯偏壓（負偏壓）截波電路

◆ 若將並聯偏壓（正偏壓）截波電路之二極體與參考電壓  $V_R$  極性相反，即可得到另外一種功能之截波電路，稱為並聯偏壓（負偏壓）截波電路，如下圖所示。

◆ 當二極體工作於順向偏壓區時，因順向電阻幾乎等於零，若未串聯一電阻  $R$ ，以作為保護二極體之用，將可能產生過大電流燒毀二極體，而電阻  $R$  之大小宜選擇  $R = \sqrt{R_r \cdot R_f}$ 。

◆ 假設右圖之輸入訊號  $v_i(t)$  為交流正弦波時，接著討論此電路之工作原理如下：



(1) 當  $v_i(t) < -(V_D + V_R)$ ，此時  $D$  接受順向偏壓而導通，可得右圖之等效電路。依 KVL 可得  $v_o(t)$  為

$$v_o(t) = \frac{v_i(t) + (V_D + V_R)}{R + R_f} \cdot R_f - V_D - V_R = \frac{v_i(t) \cdot R_f + R \cdot (V_D + V_R)}{R + R_f}$$



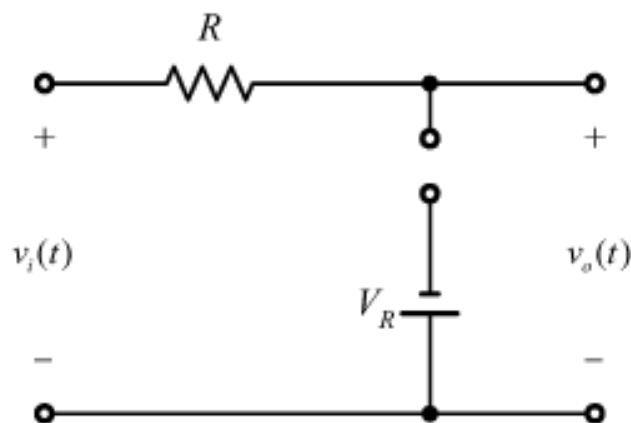
將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = \frac{R_f}{R + R_f}$$

(2) 當  $v_i(t) > -(V_D + V_R)$ ，D1 接受逆向偏壓而截止，可得下圖之等效電路。依 KVL 可得  $v_o(t) \approx v_i(t)$ 。

若將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = 1$$

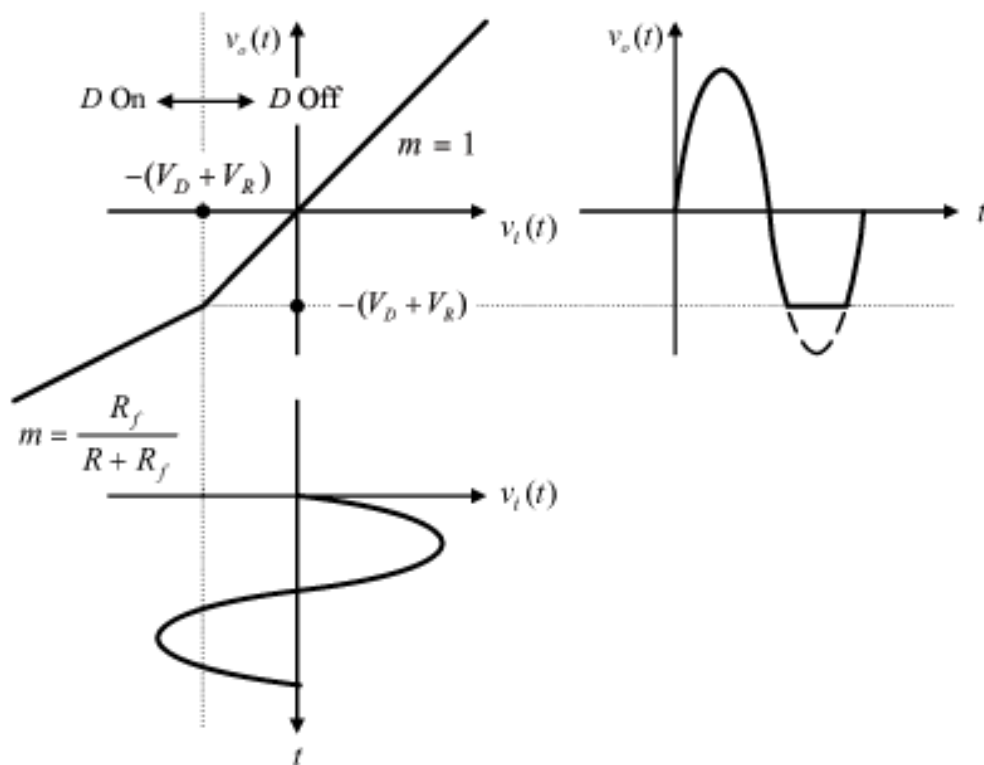


◆ 由前面之討論可得**並聯偏壓（負偏壓）**截波電路之輸入對輸出轉換特性曲線，可分為**兩段**來討論，即

(1)、當  $v_i(t) < -(V_D + V_R)$  時，曲線之**斜率**與  $R$  和  $R_f$  有關。

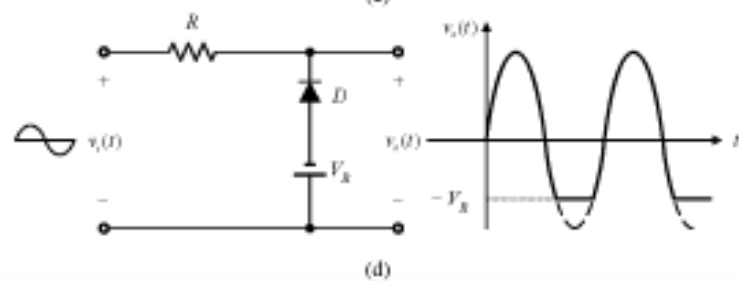
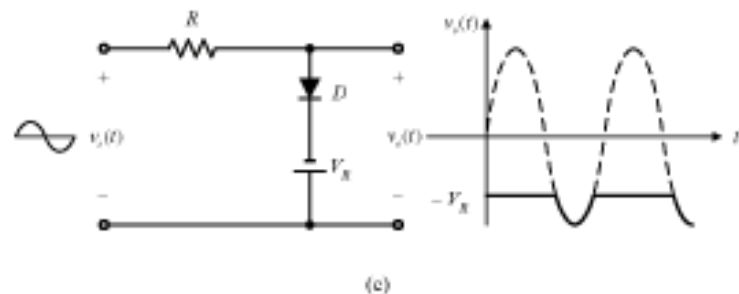
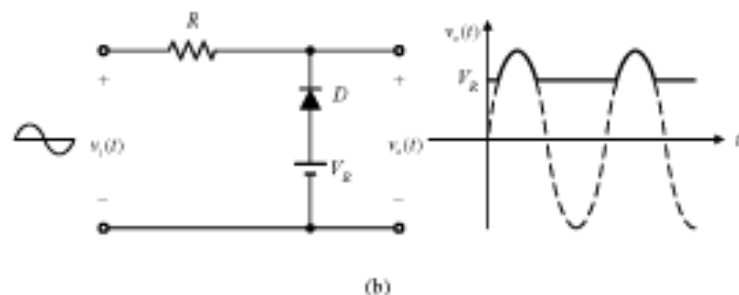
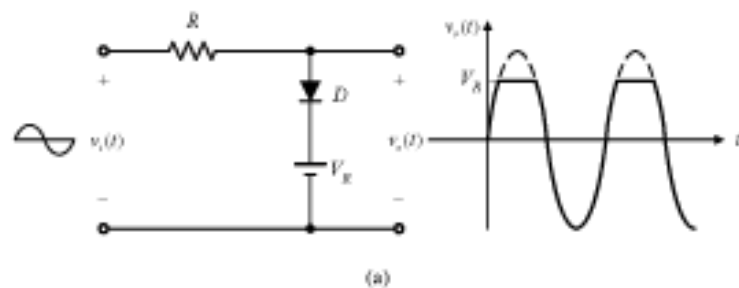
(2)、當  $v_i(t) > -(V_D + V_R)$  時，曲線之**斜率**等於 1。

◆ 由以上之討論可得所求截波電路之輸入對輸出**轉換特性曲線**，如右圖所示。

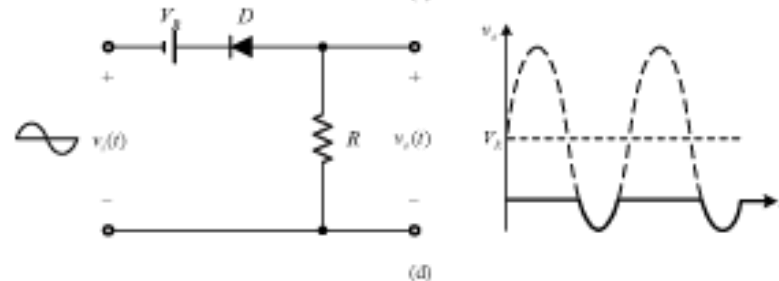
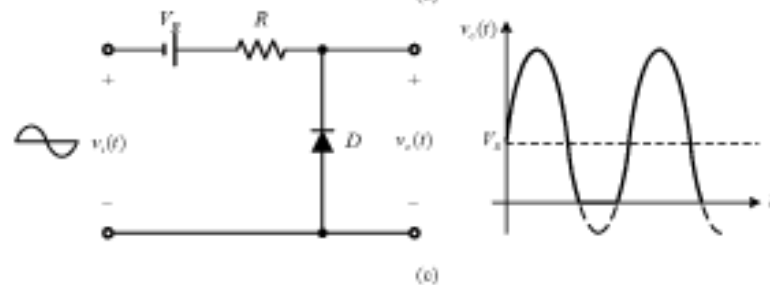
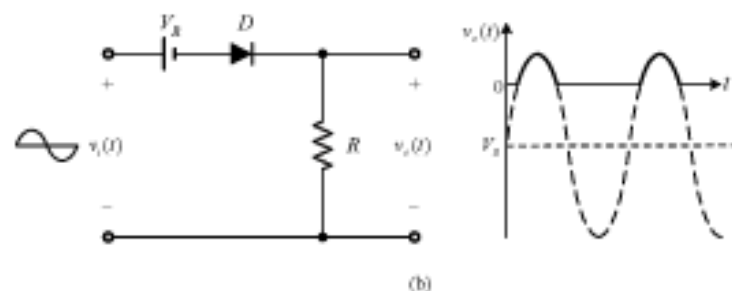
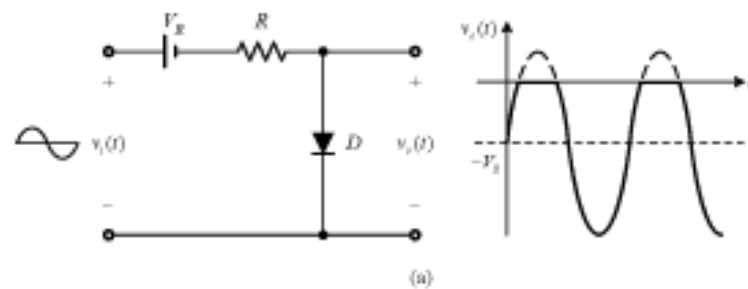




# 四種可能之並聯偏壓之截波電路



# 四種可能組合之串聯偏壓的截波電路

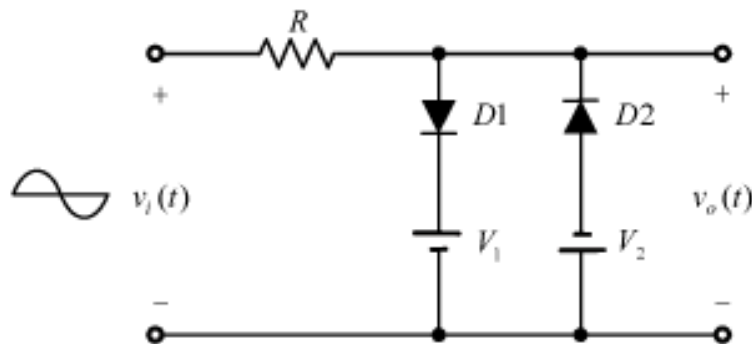


# 雙向偏壓截波電路

- ◆ 若使用兩個二極體與兩個不同極性之偏壓，便可實現同時對**正、負半週**進行截波之截波電路，稱為**雙向偏壓截波電路**，如下圖所示。

- ◆ 假設右圖之輸入訊號  $v_i(t)$  為交流**正弦波**時，接著討論此電路之工作原理如下：

- (1) 當  $v_i(t) > (V_D + V_1)$  時， $D1$  接受順向電壓而**導通**，二極體  $D2$  接受逆向電壓而**截止**，可得  $v_o(t)$  為



$$v_o(t) = \frac{v_i(t) - (V_D + V_1)}{R + R_f} \cdot R_f + V_D + V_1 = \frac{v_i(t) \cdot R_f + R \cdot (V_D + V_1)}{R + R_f}$$

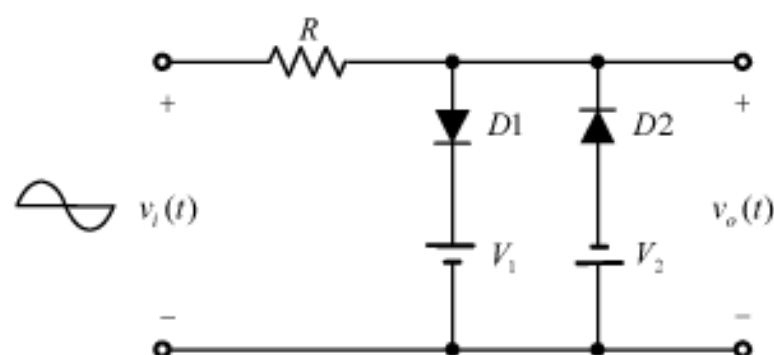
將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  **微分**，即可得輸入對輸出曲線之**斜率**為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = \frac{R_f}{R + R_f}$$



(2) 當  $-(V_D + V_2) < v_i(t) < (V_D + V_1)$  時， $D1, D2$  皆接受  
 逆向電壓而截止，可得  $v_o(t) \approx v_i(t)$ 。若將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$   
 微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = 1$$



(3) 當  $v_i(t) < -(V_D + V_2)$  時， $D1$  接受逆向電壓而截止， $D2$  接受順向電壓而導通，可得  $v_o(t)$  為

$$v_o(t) = \frac{v_i(t) + (V_D + V_2)}{R + R_f} \cdot R_f - V_D - V_2 = \frac{v_i(t) \cdot R_f - R \cdot (V_D + V_2)}{R + R_f}$$

將  $v_o(t)$  對  $v_i(t)$  微分，即可得輸入對輸出曲線之斜率為

$$\frac{dv_o(t)}{dv_i(t)} = \frac{R_f}{R_i + R_f}$$



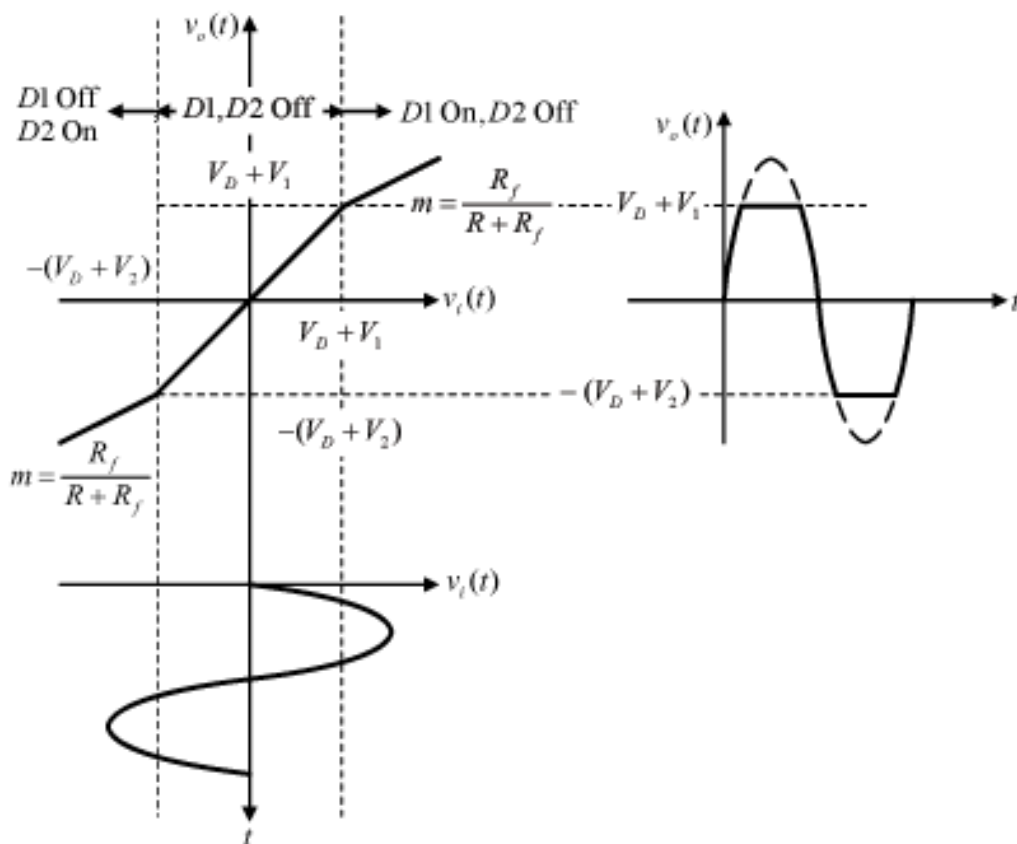
◆ 由前面之討論可得**雙向截波電路**之輸入對輸出轉換特性曲線，可分為**三段**來討論，即

(1)、當  $v_i(t) > (V_D + V_1)$  時，曲線之**斜率**與  $R$  和  $R_f$  有關。

(2)、當  $-(V_D + V_2) < v_i(t) < (V_D + V_1)$  時，曲線之**斜率**等於 1。

(3)、當  $v_i(t) < -(V_D + V_2)$  時，曲線之**斜率**與  $R$  和  $R_f$  有關。

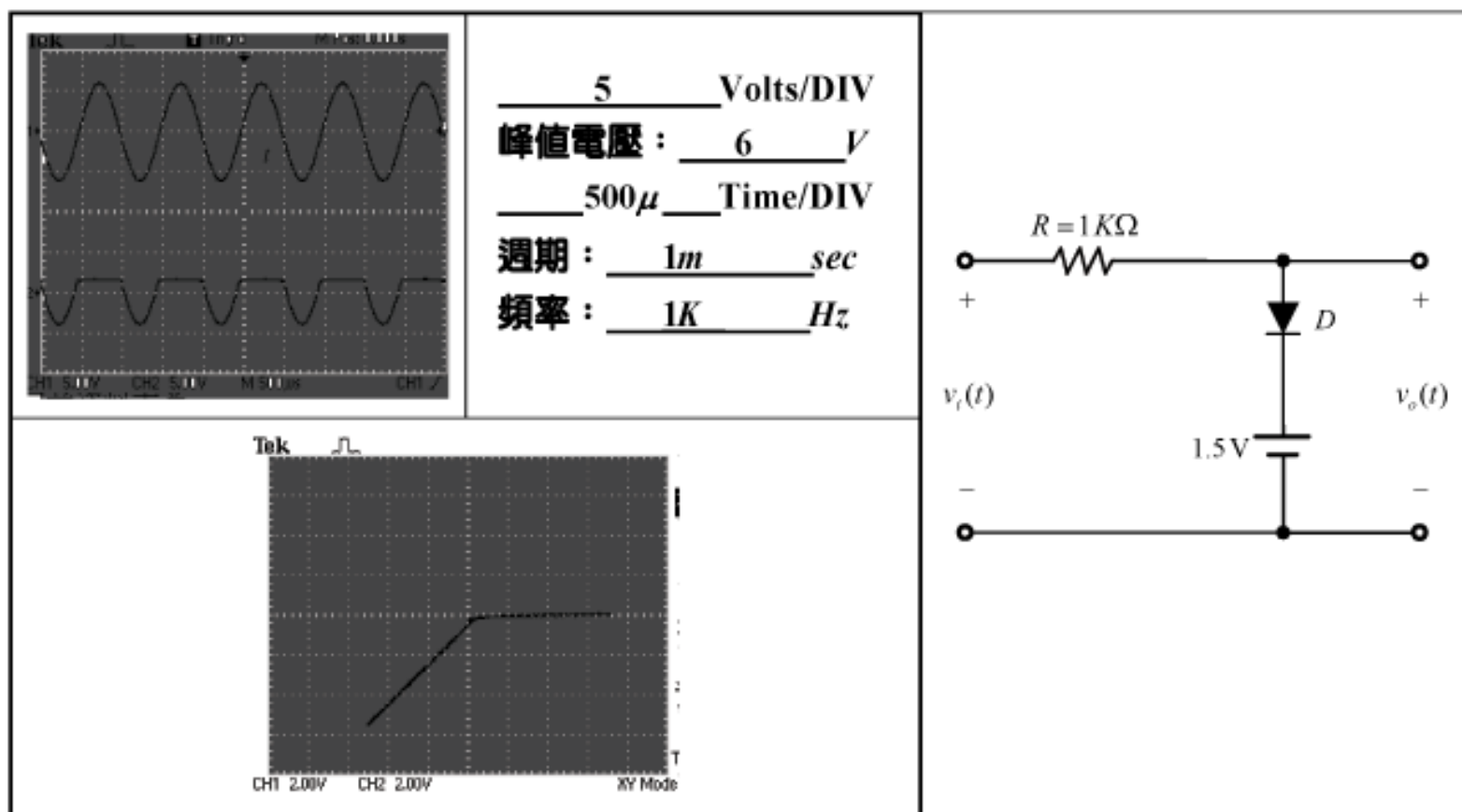
◆ 由以上之討論可得所求截波電路之輸入對輸出**轉換特性曲線**，如右圖所示。

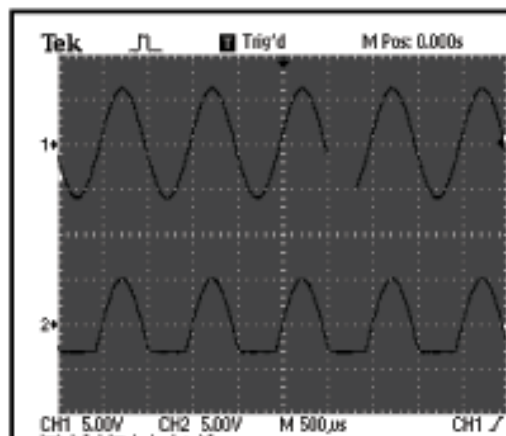


# 實習步驟與結果

## (一) 並聯偏壓截波電路

表 4-1 並聯偏壓截波電路之  $v_i(t)$  與  $v_o(t)$  波形與  $v_i(t) - v_o(t)$  轉換特性曲線





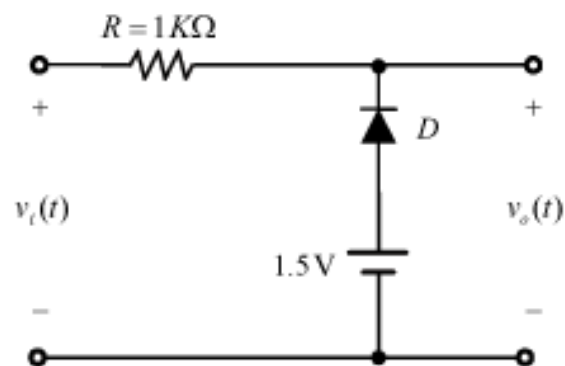
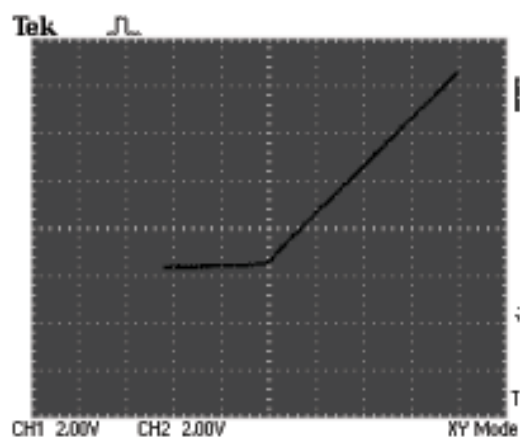
5 Volts/DIV

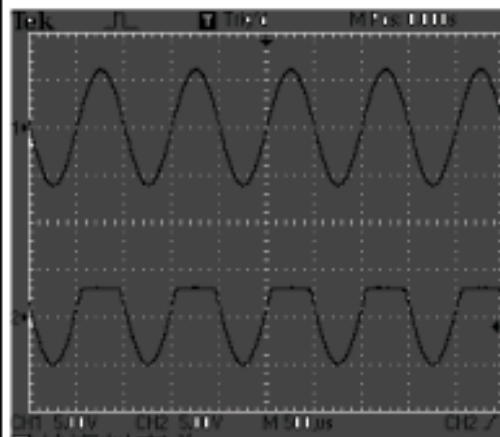
峰值電壓：6 V

500μ Time/DIV

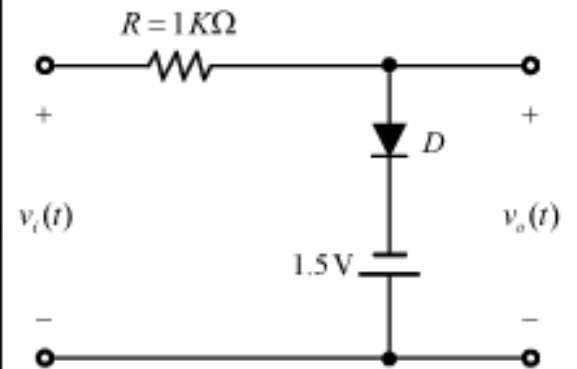
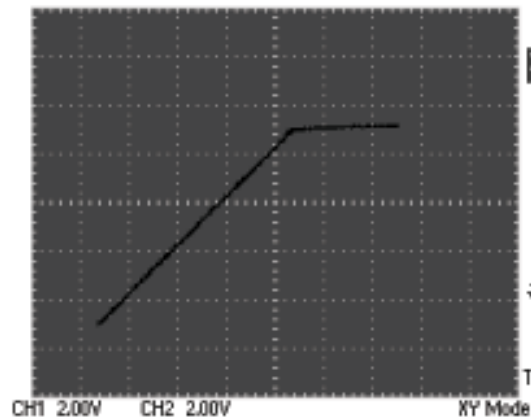
週期：1m sec

頻率：1K Hz

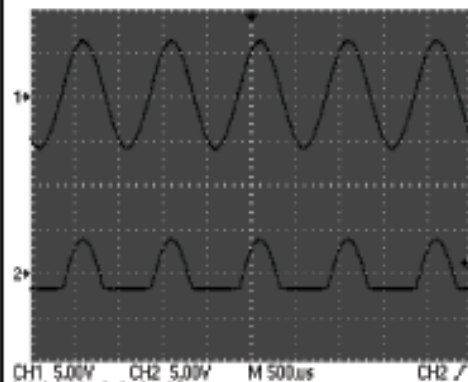




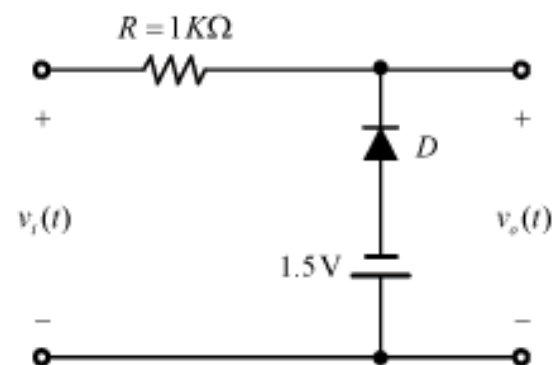
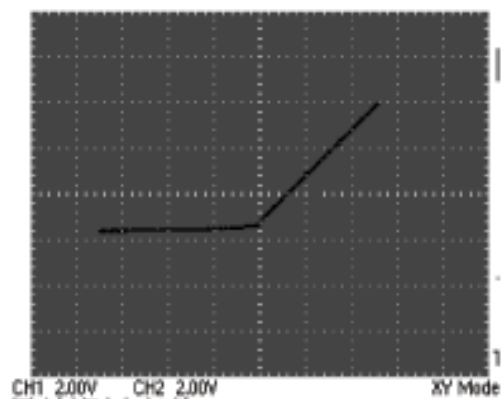
5 Volts/DIV  
 峰值電壓： 6 V  
 500  $\mu$  Time/DIV  
 週期： 1m sec  
 頻率： 1K Hz





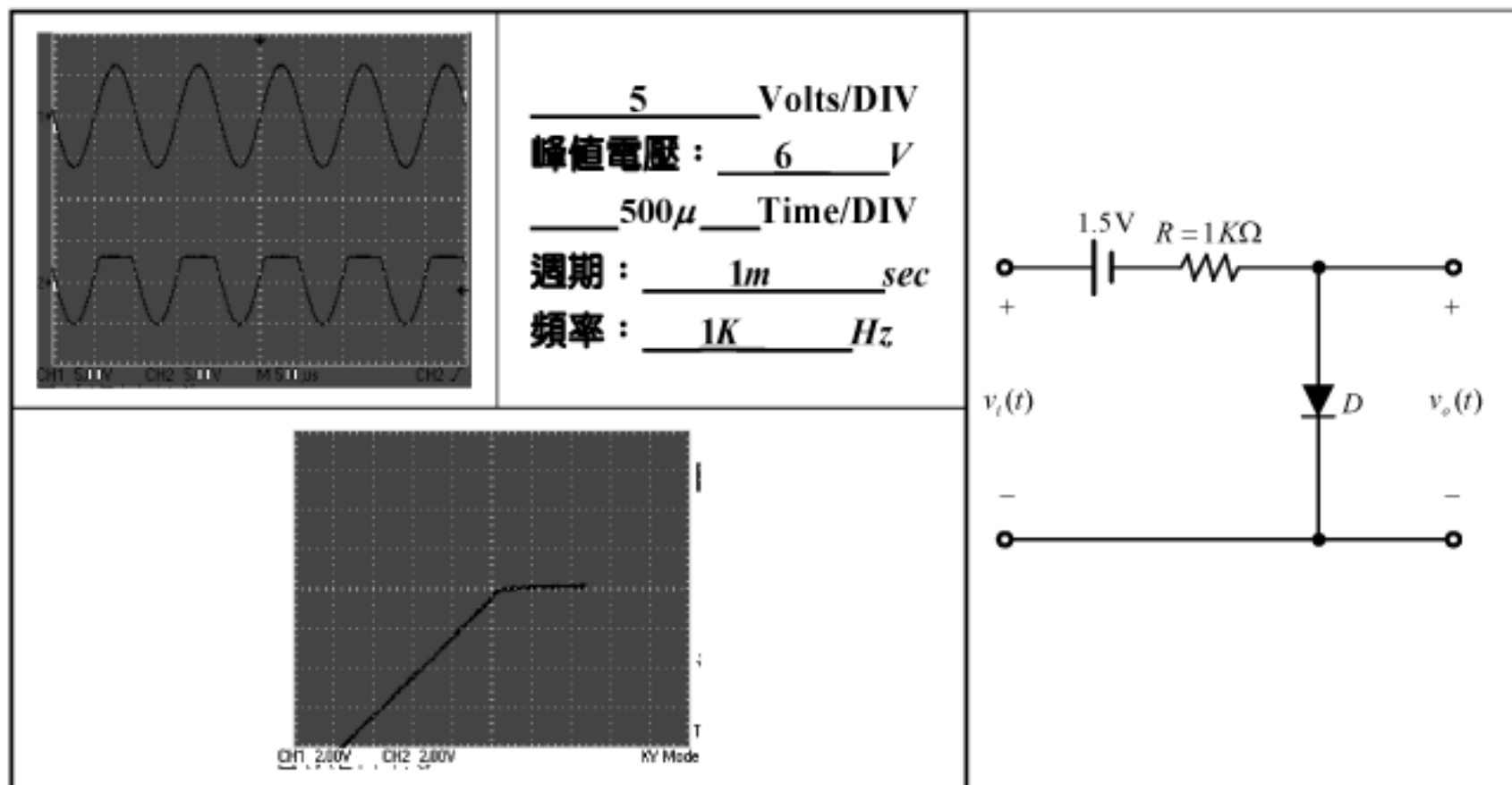


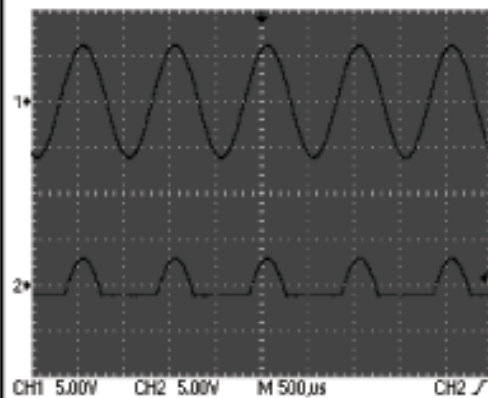
5 Volts/DIV  
 峰值電壓： 6 V  
 500 $\mu$  Time/DIV  
 週期： 1m sec  
 頻率： 1K Hz



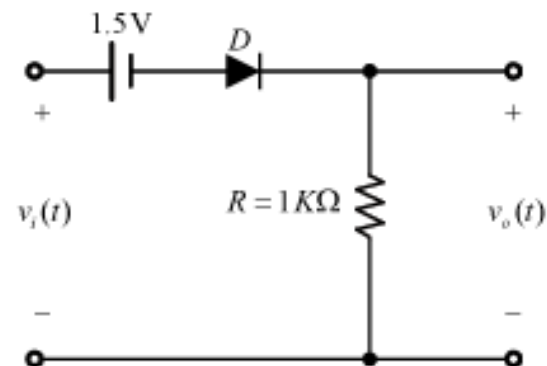
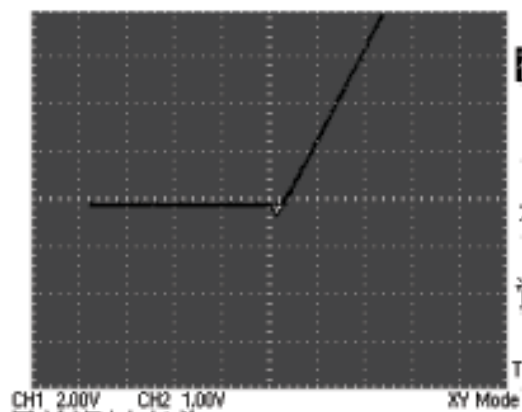
## (二) 串聯偏壓截波電路

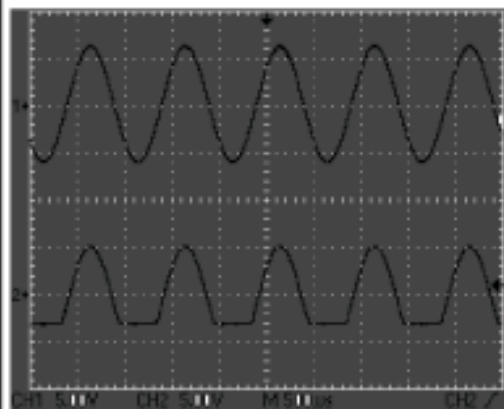
表 4-2 串聯偏壓截波電路之  $v_i(t)$  與  $v_o(t)$  波形與  $v_i(t) - v_o(t)$  轉換特性曲線





5 Volts/DIV  
 峰值電壓： 6 V  
 500μ Time/DIV  
 週期： 1m sec  
 頻率： 1K Hz





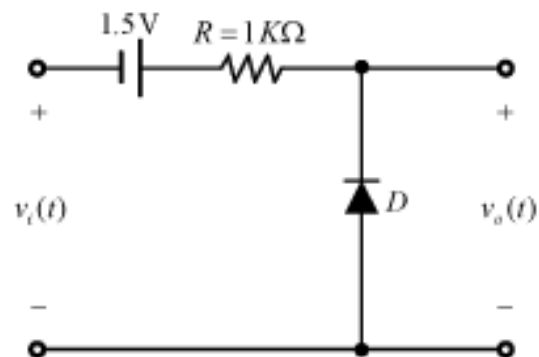
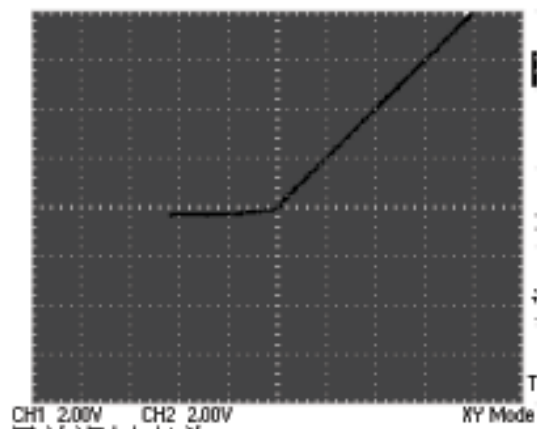
5 Volts/DIV

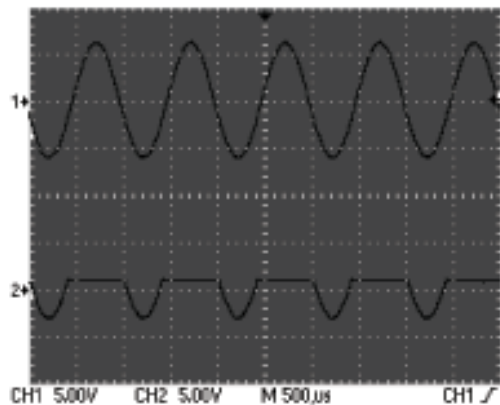
峰值電壓：6 V

500μ Time/DIV

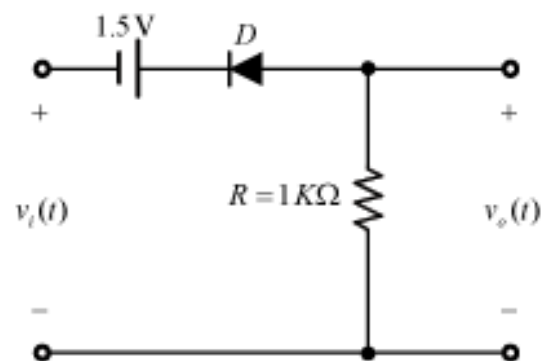
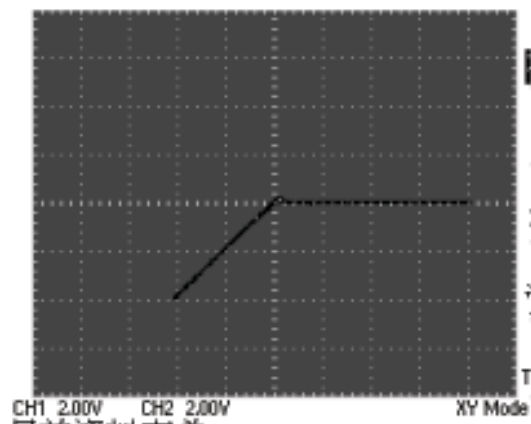
週期：1m sec

頻率：1K Hz





5 Volts/DIV  
 峰值電壓: 6 V  
 500μ Time/DIV  
 週期: 1m sec  
 頻率: 1K Hz



### (三) 雙向偏壓截波電路

表 4-3 雙向偏壓截波電路之  $v_i(t)$  與  $v_o(t)$  波形與  $v_i(t) - v_o(t)$  轉換特性曲線

