

# 二極體應用電路之整流與濾波

National Taiwan Normal University

講師：李慶龍

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 二極體的應用電路

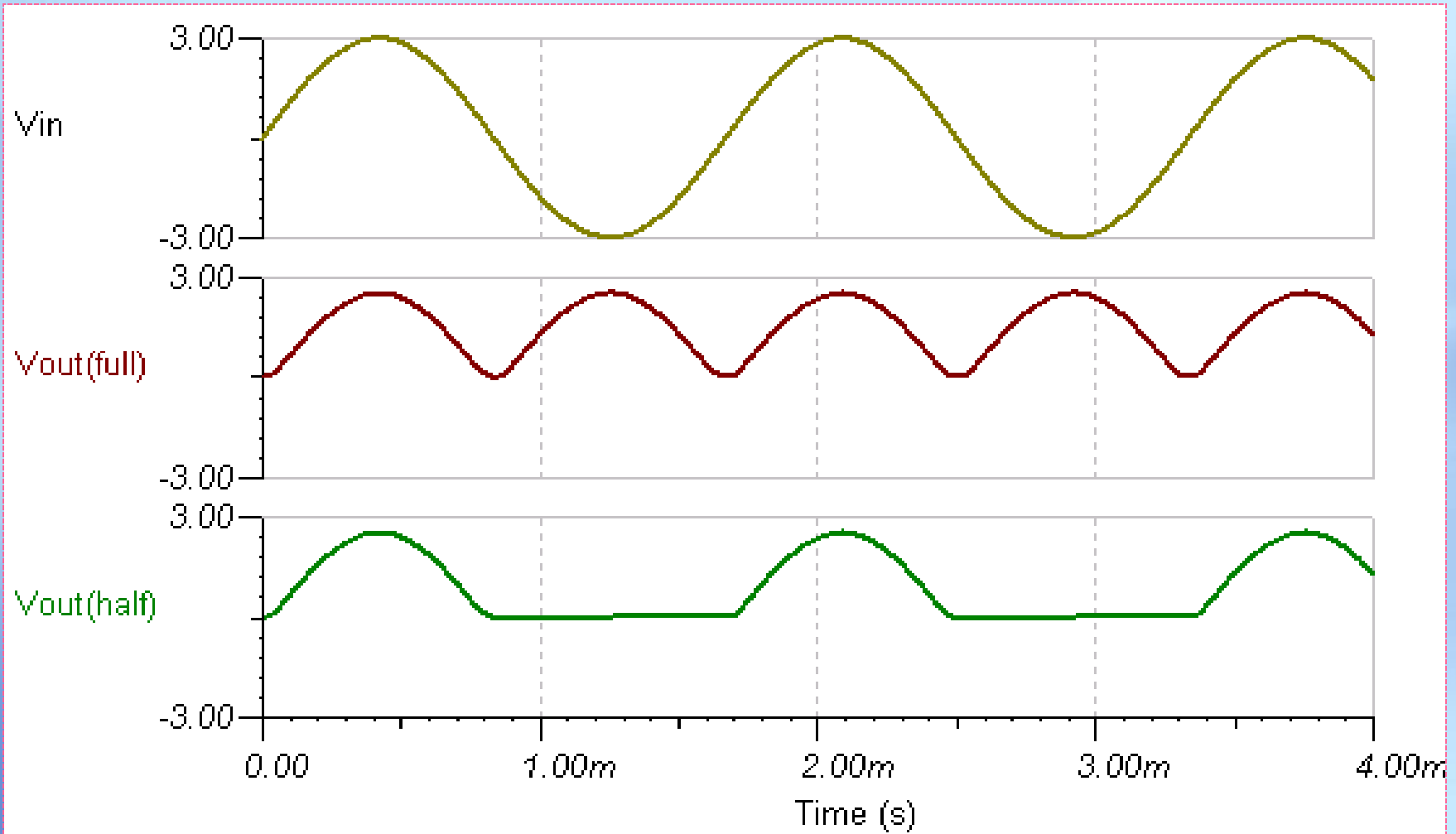
日常生活中的電器都得有電源才能正常工作，而電力公司提供的交流電並無法使用於電器用品，須把交流電轉換成直流電供電氣用品使用。

應用二極體將交流電轉換為直流電。依整流器的不同，可分類為

- 半波(half-wave)整流
- 全波(full-wave)整流

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

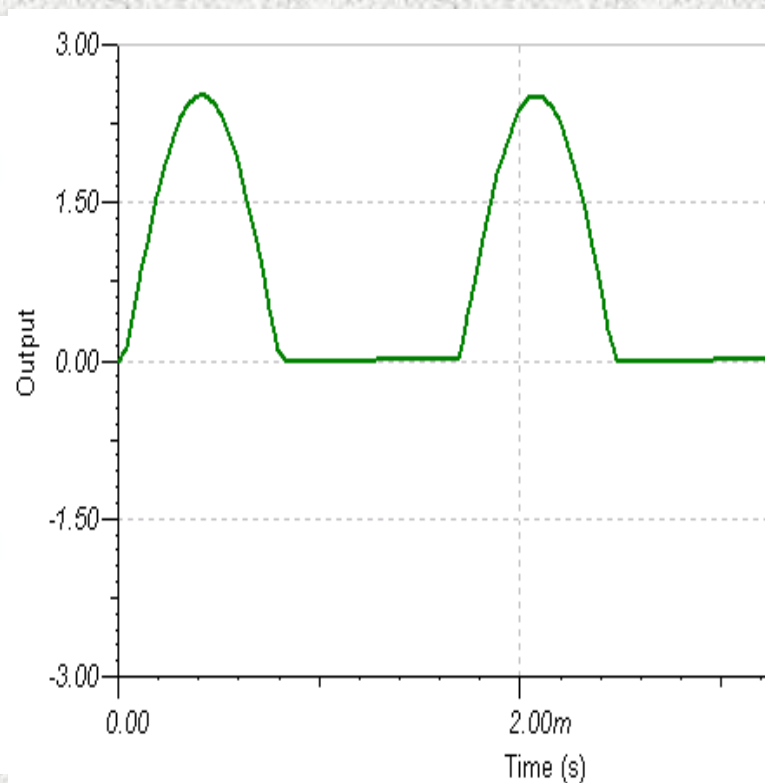
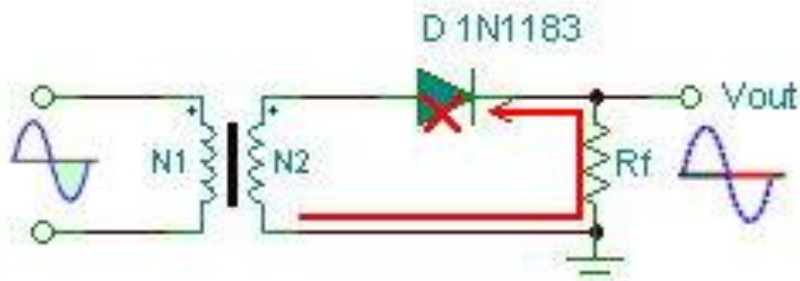
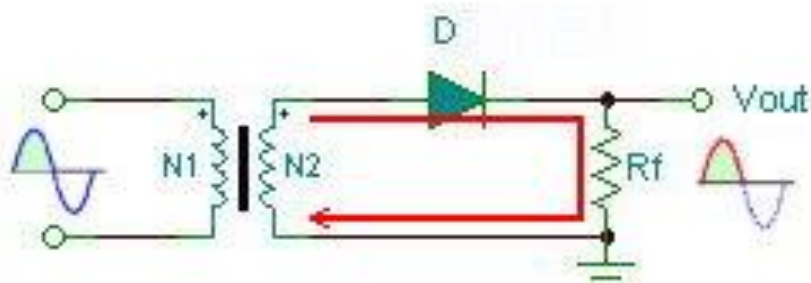
## 二極體的應用電路



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## 半波整流

當二極體加上順向偏壓時，允許電流通過；相反地，當二極體被加上逆向電壓時，不允許電流通過。因此交流訊號只有一半的週期可以通過二極體，另外一半週期則二極體不導通。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 半波整流

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{1}{T} \int V dt =$$

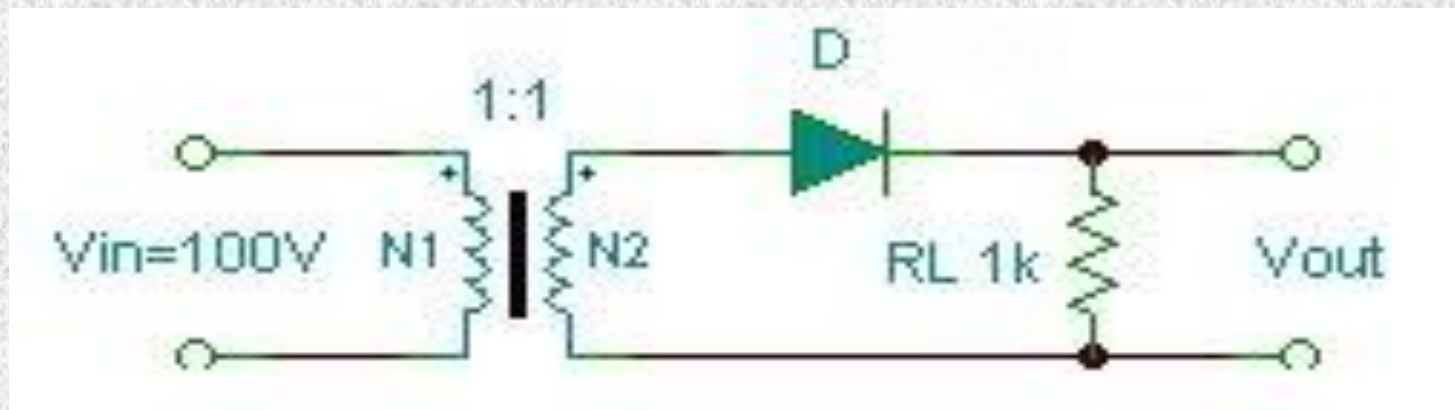
$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \theta d\theta = 0.318V_m$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4}} = \frac{1}{2} V_m$$

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 半波整流之例題

如圖所示之半波整流電路，試求其平均電壓、平均電流及平均功率各為何？





# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● 全波整流

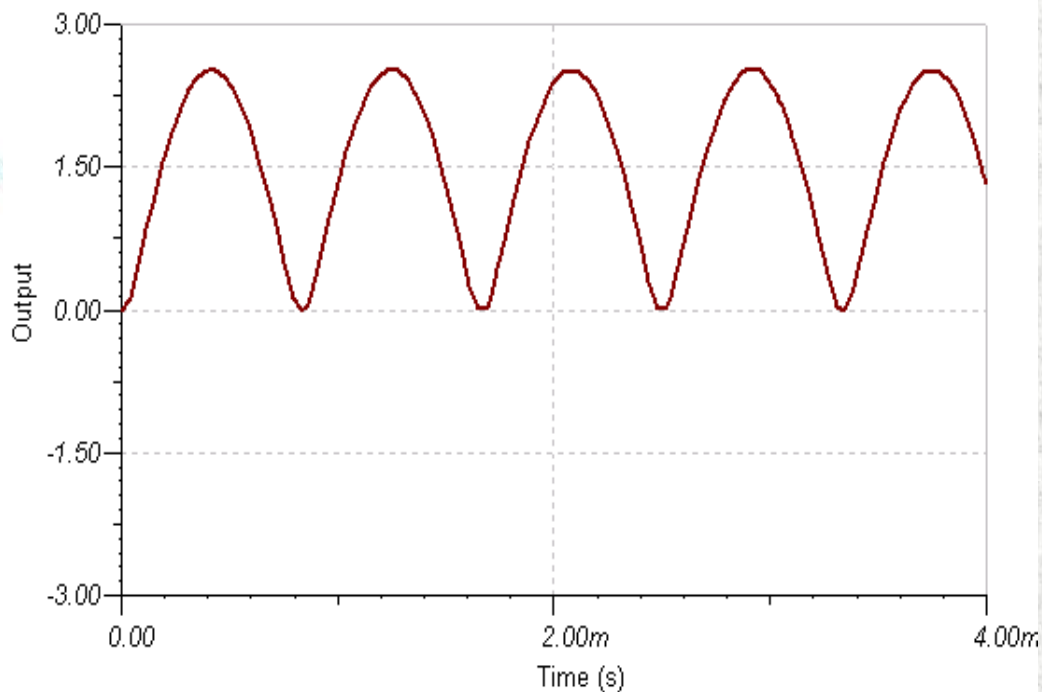
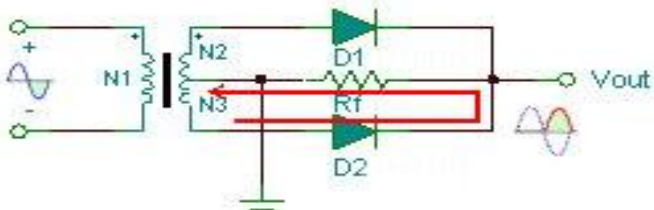
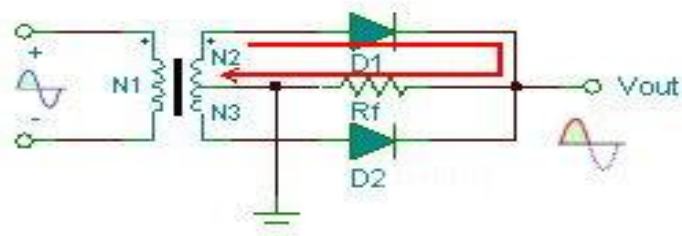
全波整流器能使輸入的交流電在正、負兩個半週期間均產生單向的負載電流，它所提供的直流是半波的兩倍。

- 中間抽頭全波整流
- 橋式整流

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## 中間抽頭全波整流

變壓器的次級線圈的中間，拉出一個連接端點，通常會將該點接地，其目的是使次級線圈可以產生大小相同、相位相反的波形，並使得二極體D1、D2 輪流工作，而Rf上的輸出電壓極性則可維持固定單一極性。如圖所示。





# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 中間抽頭全波整流

一個全波整流訊號的平均電壓是半波整流的二倍。所以

$$V_{dc} = 2(0.318V_m) = 0.636V_m$$

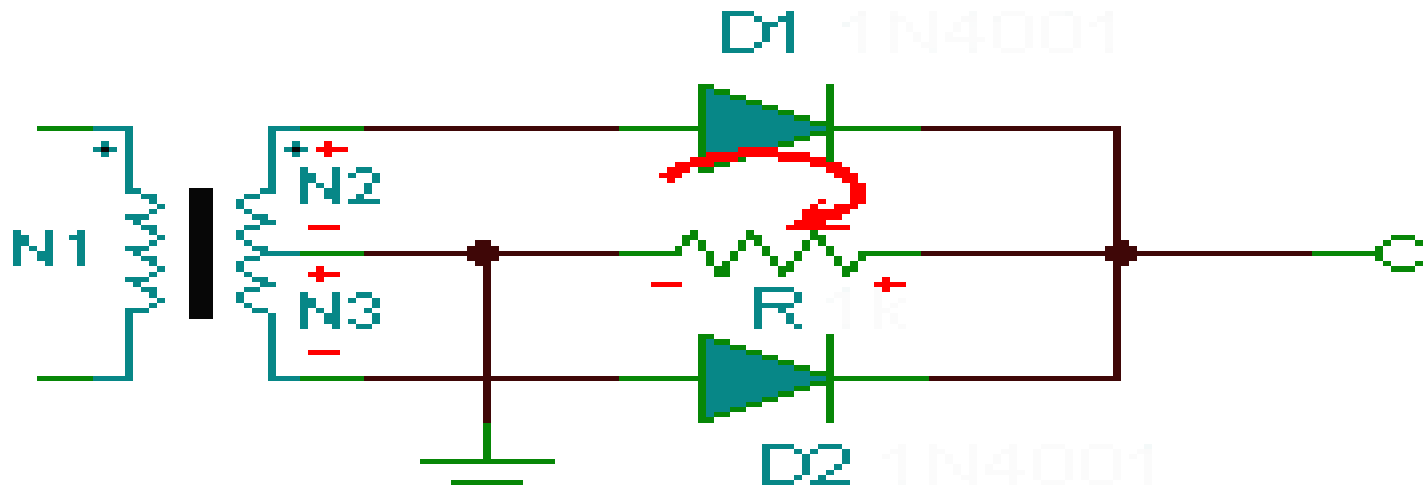
$$I_{dc} = 2(0.318V_m) = 0.636I_m$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m$$

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 中間抽頭全波整流

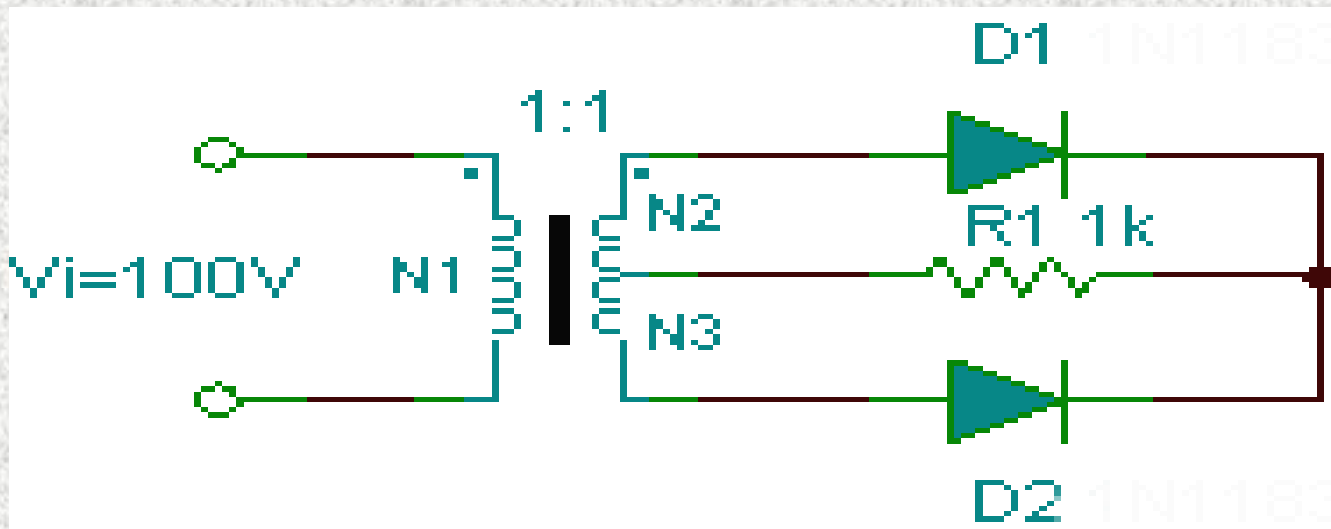
- 在輸入訊號的一週內流經負載  $R$  的脈動電流是兩次。若輸入訊號的電源頻率為  $60\text{Hz}$ ，則輸出的交流漣波頻率為  $120\text{Hz}$ 。
- 二極體的逆向峰值電壓（PIV）



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 中間抽頭全波整流之例題

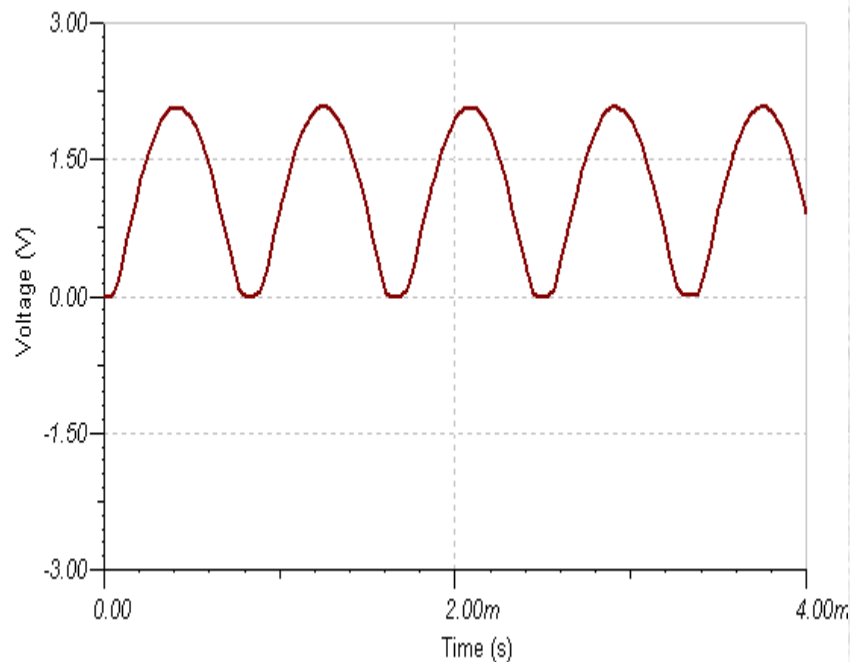
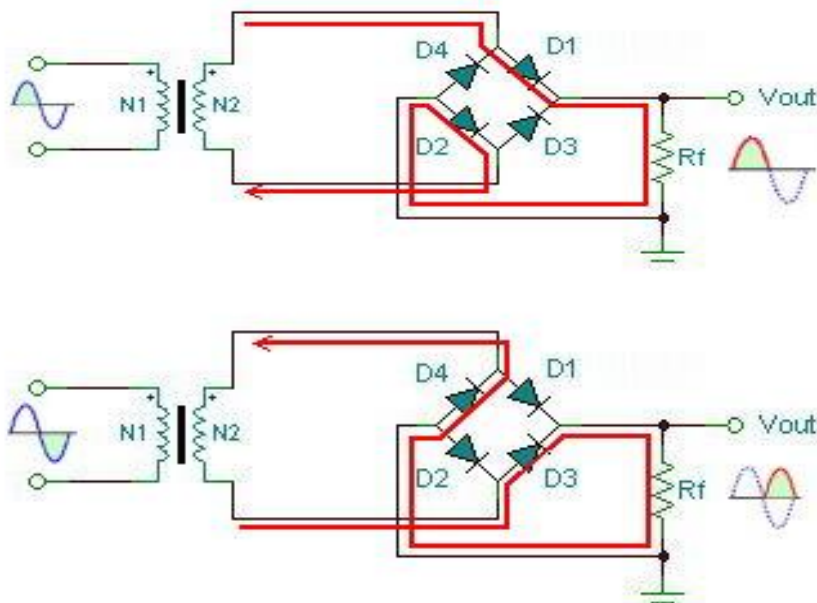
有一中間抽頭全波整流電路，如圖所示，  
試計算在負載 $R_1$ 上的平均電壓、平均  
電流及二極體PIV值。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## 橋式整流

橋式整流電路，如圖所示，該電路使用了四個二極體，在正週期時，D1、D2導通，D3與D4不導通，負週期時則相反； $V_{out}$ 為電壓輸出端，由於通過 $V_{out}$ 之電阻其電流方向相同，故輸出電壓保持相同極性。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

一個全波整流訊號的平均電壓是半波整流的二倍。所以

$$V_{dc} = 2(0.318V_m) = 0.636V_m$$

$$I_{dc} = 2(0.318V_m) = 0.636I_m$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707I_m$$

- 二極體PIV= $V_m$
- 橋式的優點：
  - 不需要使用中間抽頭式變壓器，因此體積縮小，設計上較簡單，價錢也較便宜。
  - 每個二極體所需要的逆向峰值電壓（PIV）只中間抽頭式全波整流的一半。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● 橋式整流之例題

在橋式整流電路，欲產生35伏特之直流電壓，  
試求電路所採用二極體的逆向峰值電壓之額  
定值為何？

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● 濾波電路

無論半波或全波整流，雖然輸出電壓為直流，但並非良好的直流，而是週期性的「脈動直流」，其脈動成份稱為「漣波(ripple)」。多數電子元件都不希望在有脈動的工作電壓下運作，因此我們必須設法減小輸出之脈動，以供應平穩之直流電壓。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● 漣波因數與電壓調整

一個濾波器的輸出電壓波形若愈平穩，其性能愈佳。

一般對於濾波器性能之比較，可由兩個因素來衡量：

- 漣波因數
- 電壓調整

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 漣波因數

- 漣波因數的定義為

$$r = \text{漣波因數} = \frac{\text{漣波電壓}(rms)}{\text{平均直流電壓}} = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}}$$

- 漣波百分比的定義為

$$\% r = \% \text{漣波因數} = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}} \times 100\% = r \times 100\%$$

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 漣波因數

- 因為包含一項直流成分的交流訊號為  $V_{ac} = V - V_{dc}$
- 所以交流部分的均方根值就是

$$V_{r(rms)} = \left( \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_{ac}^2 d\theta \right)^{\frac{1}{2}} = \left( V_{(rms)}^2 - V_{dc}^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

- $V_{rms}$  是總電壓的均方根值。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 漣波因數

- 對半波整流的訊號而言

$$V_{r(rms)} = \left[ \left( \frac{1}{2} V_m \right)^2 - \left( \frac{1}{\pi} V_m \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.385 V_m$$

- 計算半波整流的漣波百分比則為

$$\% r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}} \times 100\% = \frac{0.385 V_m}{0.318 V_m} \times 100\% = 121\%$$

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 漣波因數

- 對全波整流的訊號而言

$$V_{r(rms)} = \left[ \left( \frac{1}{\sqrt{2}} V_m \right)^2 - \left( \frac{2}{\pi} V_m \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.308 V_m$$

- 計算半波整流的漣波百分比則為

$$\% r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{dc}} \times 100\% = \frac{0.308 V_m}{0.636 V_m} \times 100\% = 48\%$$

- 漣波因數（或漣波百分比）愈小者，濾波器性能愈佳。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

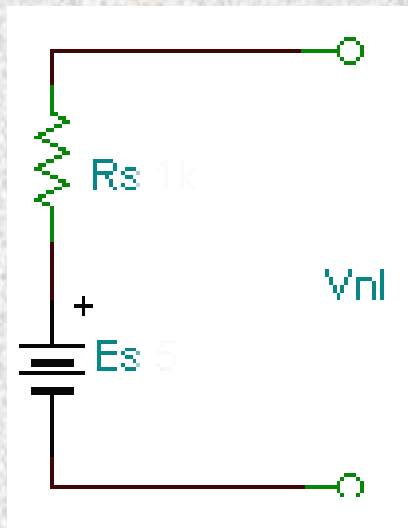
## ● 漣波因素之例題

使用一個直流和一個交流伏特計來測量濾波器的輸出電壓時，得到的直流電壓是10V，交流漣波電壓是1.0V，試計算這濾波器輸出中的漣波因數及漣波百分比。

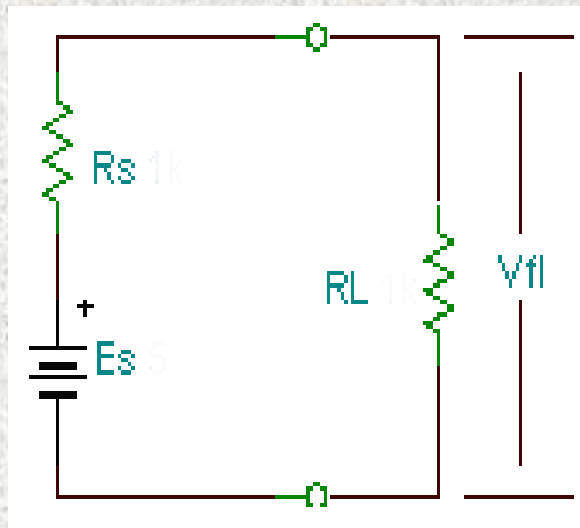
# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電壓調整

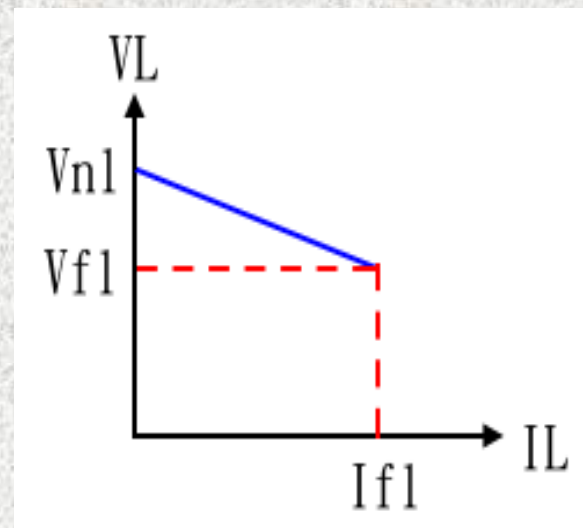
一個優良的電源供給，於接上負載時，輸出電壓降愈少愈佳，此電壓改變是以電壓調整這因數來描述。



無載



滿載



負載曲線

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電壓調整

- 電壓調整的定義為

$$\text{電壓調整 } V.R. = \frac{\text{無載電壓} - \text{滿載電壓}}{\text{滿載電壓}} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}}$$

- 電壓調整百分率的定義為

$$\%V.R. = \% \text{ 電壓調整} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\%$$



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● 電壓調整之例題

輸出無負載時，某直流電源供給為60V，當負載自電源抽取滿載電流時，輸出電壓降為40V，試計算其電壓調整與電壓調整百分率。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

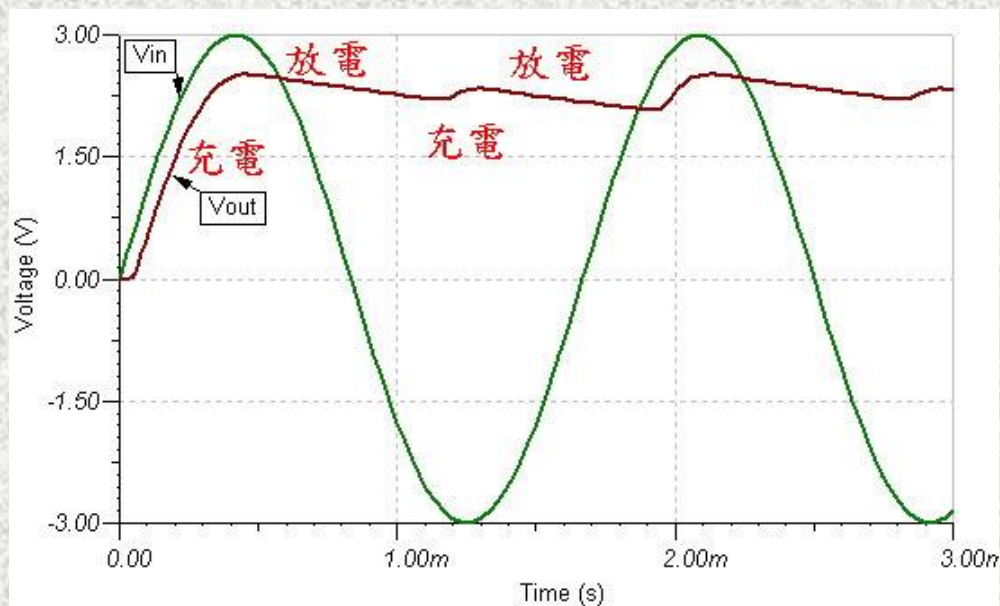
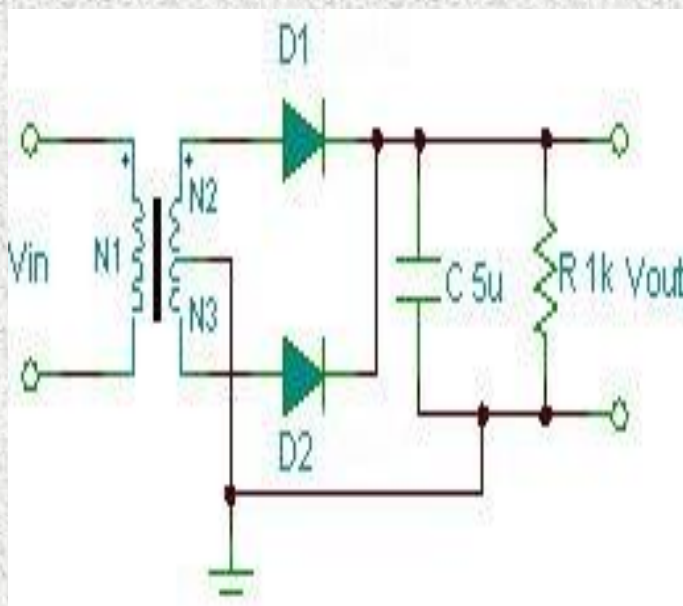
## ● 電源濾波器的種類

- 完整的電源電路，通常在整流後，再加濾波電路，而濾波電路的結構由輸入元件的不同分為
  - ◆ 電容濾波
  - ◆ 電阻電容濾波
  - ◆ pi型濾波
  - ◆ 電感濾波

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電容濾波器

- 凡濾波器的輸入端為電容器者均稱之為電容濾波器。



- 若電容器只是略為放電，平均電壓接近 $V_m$ ，即 $V_{dc}$ 的最大值，這表示在輕載時電容濾波能提供最大的直流電壓。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電容濾波器

根據電壓波形可以得出下列關係

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_{r(P-P)}}{2}$$

$$V_{r(P-P)} = \frac{I_{dc} T_2}{C} \text{ (放電期間 } C \text{ 的電壓變化)}$$

$$V_{r(rms)} = \frac{V_{r(P-P)}}{2\sqrt{3}} \text{ (漣波如三角波)} T_1 = \frac{V_{r(P-P)} \left( \frac{T}{4} \right)}{V_m}$$

$$T_2 = \frac{T}{2} - T_1 = \frac{V_{dc}}{V_m} \cdot \frac{T}{2}$$

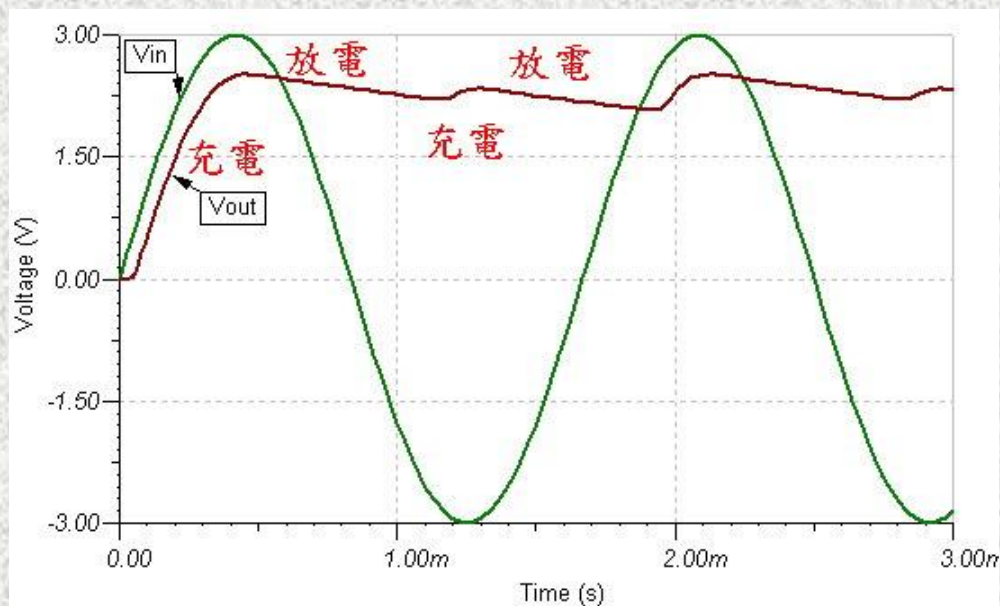
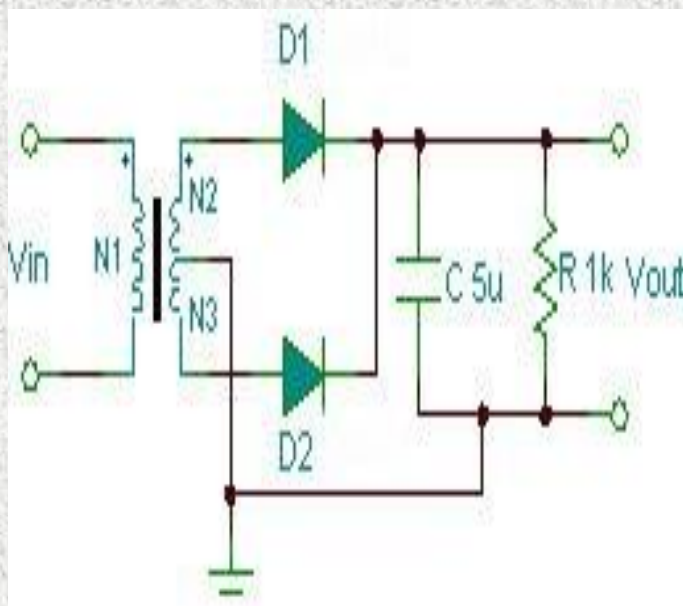
$$V_{r(rms)} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{V_{dc}}{V_m}$$



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電容濾波器

- 凡濾波器的輸入端為電容器者均稱之為電容濾波器。



- 若電容器只是略為放電，平均電壓接近 $V_m$ ，即 $V_{dc}$ 的最大值，這表示在輕載時電容濾波能提供最大的直流電壓。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電容濾波器

根據電壓波形可以得出下列關係

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_{r(P-P)}}{2}$$

$$V_{r(P-P)} = \frac{I_{dc} T_2}{C} \text{ (放電期間 } C \text{ 的電壓變化)}$$

$$V_{r(rms)} = \frac{V_{r(P-P)}}{2\sqrt{3}} \text{ (漣波如三角波)} \quad T_1 = \frac{V_{r(P-P)} \left( \frac{T}{4} \right)}{V_m}$$

$$T_2 = \frac{T}{2} - T_1 = \frac{V_{dc}}{V_m} \cdot \frac{T}{2}$$

$$V_{r(rms)} = \frac{I_{dc}}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{V_{dc}}{V_m}$$

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

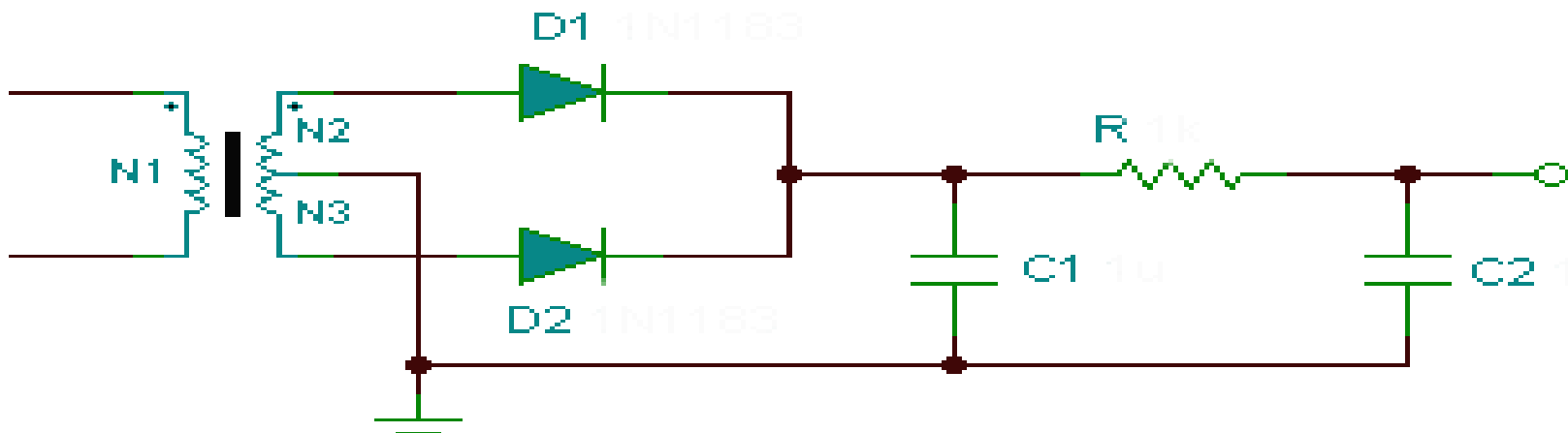
## ● 電容濾波器之例題

一個電容濾波電路，電容為 $100\mu\text{F}$ ，被抽取了 $30\text{mA}$ 的負載電流，如果整流後的峰值電壓是 $30\text{V}$ ，試計算漣波因數 $r$ 。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電容電阻濾波器

RC濾波器之濾波效果較單一電容濾波器為佳，但其缺點是輸出直流電壓降低，且成本較高。



# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

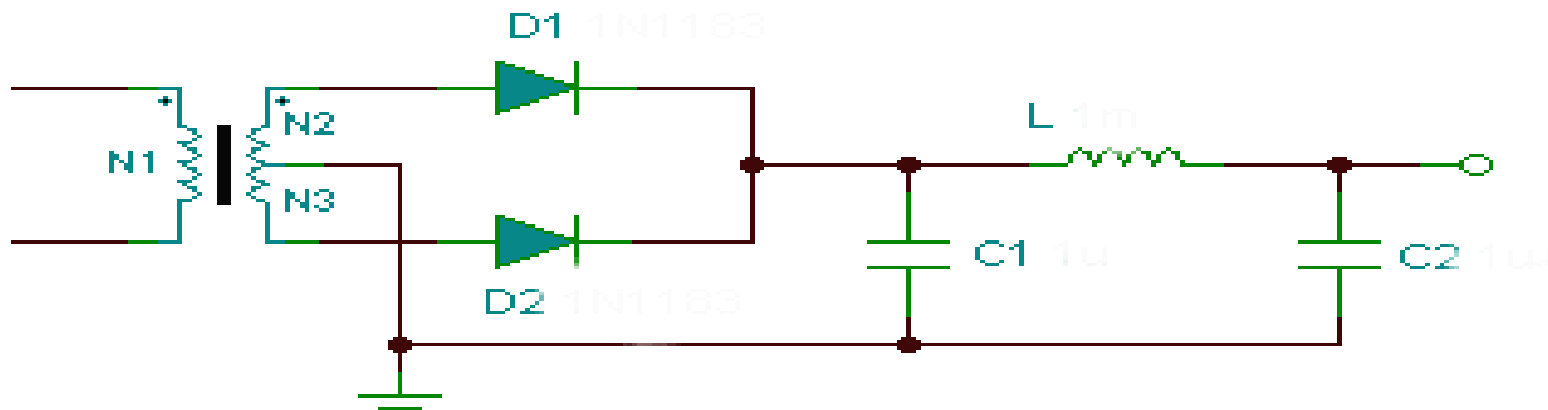
## ● 電容電阻濾波器

- 選用R、C值應注意下列幾點
  - R愈大，漣波電壓降在R的成分愈多，效果愈佳。
  - C2愈大， $X_{c2}$ 愈小，效果愈佳
  - C1、R、C2數值大時，濾波效果愈佳
  - 頻率愈高， $X_{c2}$ 愈小，輸出漣波電壓愈低

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## pi型濾波器

$\pi$ 型濾波器，它是將RC濾波器之電阻換為電感，其中C1、L、C2組成了 $\pi$ 型濾波器。





# 一、二極體應用電路之整流與濾波

---

## ● pi型濾波器

電感 $L$ 愈大，電容 $C_2$ 愈大，則濾波效果愈佳。另外，全波整流之漣波頻率為半波整流的兩倍，以致 $X_L$ 較半波整流高， $X_{C_2}$ 較半波整流低，因而提高了濾波效果。

# 一、二極體應用電路之整流與濾波

## ● 電感濾波器

電感濾波器是以電感反抗電流變化的特性來完成濾波作用。它適用於重負載，但缺點是輸出電壓較電容輸入濾波為低。

