

## 實驗單元(九)－二極體整流電路

### ◎實驗單元摘要

首先給大家學習的半導體元件為二極體(1N4003)，大家都明白二極體有單向導通特性，也知道二極體的 I-V 特性曲線，而二極體的應用包括：訊號整流(signal rectifier)、二極體邏輯閘(Diode gates)、二極體箝位電路(Diode clampers)、二極體截波電路(Diode clippers)、非線性元件(Nonlinear elements)及二極體保護電路(電感為負載)等等。依據二極體的功能可分為：整流二極體、稽納二極體、發光二極體、特殊光二極體。本實驗中，以整流二極體的應用為主，其他二極體會在其他單元中介紹。

### ◎實習目標

- 1.了解二極體單向導通的特性、半波、橋式整流電路的工作原理及電路特性。
- 2.了解變壓器的構造、倍壓器的工作原理功能及電路特性。
- 3.了解穩壓 IC 的特性及在電路上的應用。

### ◎實驗單元目錄

一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.03)

二、實驗預習(P.03)

三、電路說明(P.04)

1.整流電路(P.04)

2.濾波電路(P.05)

3.穩壓電路(P.08)

4.倍壓器電路(P.09)

5.進階學習(P.11)

**四、實驗注意事項(P.11)**

**五、電路模擬(P.13)**

**六、實驗步驟、實驗測量與紀錄(P.16)**

**1.測試電路(一)：半波倍壓電路(一)(P.16)**

**2.測試電路(二)：半波倍壓電路(二)(P.18)**

**3.測試電路(三)：半波整流電路(P.19)**

**4.測試電路(四)：半波整流、濾波電路(一)(P.19)**

**5.測試電路(五)：半波整流、濾波電路(二)(P.20)**

**6.測試電路(六)：全波整流電路(P.22)**

**7.測試電路(七)：全波整流、濾波電路(一)(P.22)**

**8.測試電路(八)：全波整流、濾波電路(二) (P.23)**

**七、實驗數據分析與討論(P.24)**

**八、撰寫實驗結論與心得(P.25)**

**九、撰寫實驗評論(P.25)**

**十、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔) (P.25)**

**十一、實驗參考資料來源(P.25)**

**◎附錄實驗電路圖(P.26)**

## ◎實驗內容

### 一、實驗儀器設備與實驗材料表

表(一)：實驗儀器設備

| 項次 | 儀器名稱  | 數量  |
|----|-------|-----|
| 1  | 示波器   | 1 台 |
| 2  | 萬用電表  | 1 台 |
| 3  | 訊號產生器 | 1 台 |

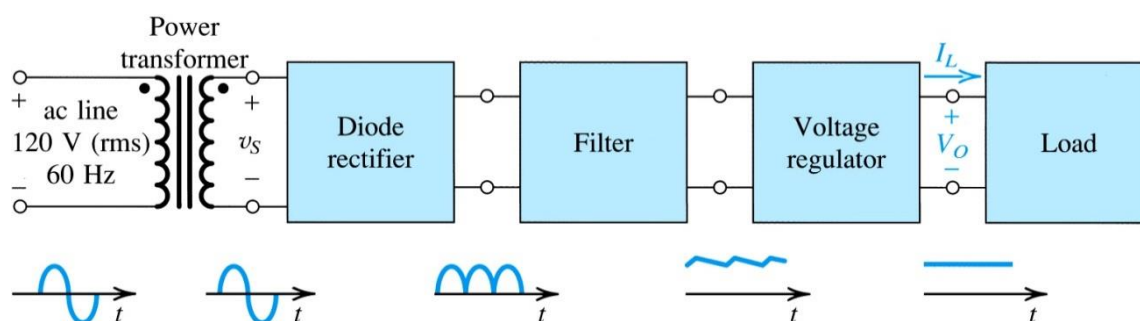
表(二)：實驗材料表

| 項次 | 元件名稱  | 元件說明         | 用量    |
|----|-------|--------------|-------|
| 1  | 電阻    | 1/4W 5% 碳膜電阻 | 依實驗內容 |
| 2  | 電解質電容 | 39uF/50V     | 依實驗內容 |
| 3  | 整流二極體 | 1V 220V      | 依實驗內容 |
| 4  | 橋式整流器 | 1A 600V      | 1 個   |

### 二、實驗預習

試回答下列問題，並繳交實驗預報：

- 1.參閱電子學課本(Smith)3.5 章節，P.185 圖(3.20)畫出 Block diagram of a dc power supply 及相對波形圖，並依據電路原理，簡單說明各方塊圖的電路功用及特性。



參閱電子學課本(Smith)3.5 章節，P.185 圖(3.20)[1]

2.請說明下列整流、濾波電路相關名詞的涵義，注意非名詞解釋。

- (1).r.m.s.value                      (2).average value                      (3).peak value
- (4).bridge rectifier                      (5).filter capacitor                      (6).peak inverse voltage(PIV)
- (7).ripple factor                      (8).voltage regulation

3.畫出下列各訊號波形(各波形可以使用模擬圖)，依電路學計算公式，試推導出

下列各電路之計算公式。輸入波形= $v_2(t) = 10 \sin 377t$ 。

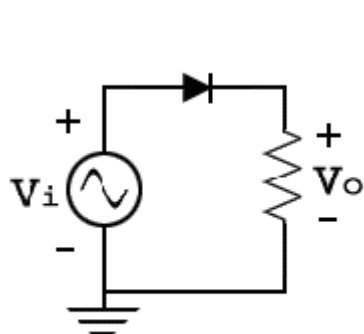
- (1).計算交流電壓平均值.
- (2).計算交流電壓均方根值.
- (3).計算半波整流的電壓平均值.
- (4).計算半波整流的電壓均方根值.
- (5).計算全波整流的電壓平均值.
- (6).計算全波整流的電壓均方根值.

### 三、電路說明

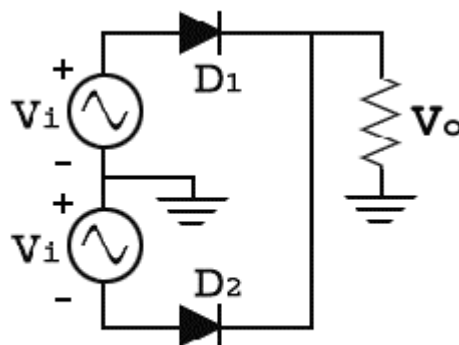
#### 1.整流電路[1][2]

何謂整流電路？即使用二極體單向導通特性，將交流電轉換成直流電。另外，應用在訊號處理和電力系統兩方面的二極體分別有不同的規格。用在訊號處理的二極體，所需耐電流較小，通常小於 100mA；用在電力系統的二極體，所需耐電流較大，通常介於 0.5A~數百 A，故在選用此元件時應特別注意用途。

##### (a)半波、全波整流電路：

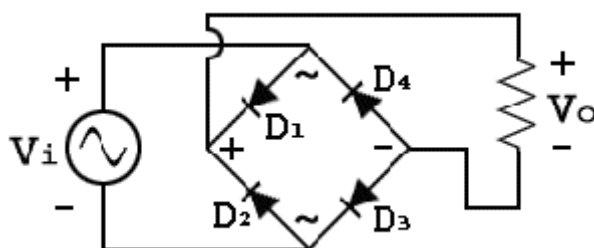


圖(一):半波整流電路



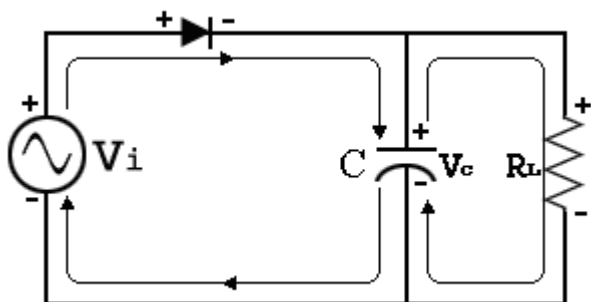
圖(二):全波整流電路

## (b) 橋式全波整流電路：

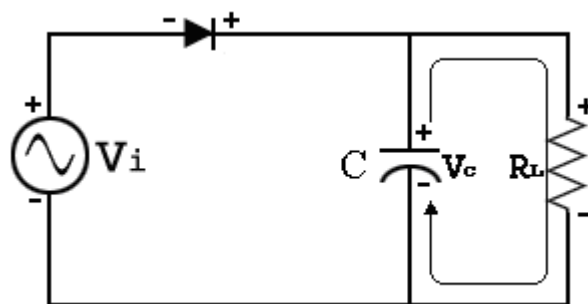


圖(三):橋式全波整流電路

## 2. 濾波電路[1] [2] [3]



圖(四):半波整流濾波電路(一)



圖(五):半波整流濾波電路(二)

在整流電路後加上電容，作為濾波的用途，以提供較穩定的電壓。

- (1).參閱圖(四)當輸入電壓大於電容上儲存的電壓時，二極體導通，使電容充電(最高可達輸入訊號  $V_{in}$  的峰值)，並對負載供電。
- (2).參閱圖(五)當輸入電壓小於電容充電後的電壓，二極體不導通，於是改由電容對負載供電。

濾波電容器的電容量應該採用多大的值?若能使用較大的電容值,將可降低漣波電壓,但我們應考慮在負載可容許的最大漣波因數下盡量減少濾波電容器的容量,以節省成本。依據電子學課本內容之計算公式,提供選取適當電容器。

當  $RC \gg T_r$  時,半波整流濾波電路中的漣波電壓  $V_r(p-p) \equiv \frac{T_r}{CR} V_m$ ,全波整

流濾波電路中的漣波電壓  $V_r(p-p) \equiv \frac{T_r}{CR} V_m$ 。

交流信號經整流輸出為脈動直流信號,其重要值有下列各項:

a. 直流電壓值  $V_o(DC) = \text{平均值 } V_o(avg)$ ,可由萬用電錶 DCV 測得。

b. 交流電壓值  $V_o(AC) = \text{有效值 } V_o(rms)$ ,可由萬用電錶 ACV 測得,但只限於 sine wave。

c. 漣波成分的有效值  $V_r(rms)$ 、 $V_o(rms)$  及  $V_o(avg)$  三者之關係為下公式:

$$V_o^2(rms) = V_o^2(avg) + V_r^2(rms)$$

(1).半波整流的漣波成分

$$V_r(rms) = [V_o^2(rms) - V_o^2(avg)]^{1/2} = \left[ \left( \frac{V_m}{2} \right)^2 - \left( \frac{V_m}{\pi} \right)^2 \right]^{1/2} = 0.385V_m。$$

(2).全波整流的漣波成分

$$V_r(rms) = [V_o^2(rms) - V_o^2(avg)]^{1/2} = \left[ \left( \frac{V_m}{\sqrt{2}} \right)^2 - \left( \frac{2V_m}{\pi} \right)^2 \right]^{1/2} = 0.308V_m。$$

表(1-1):各種整流電路特性比較[3]

| 整流電路<br>電路特性 | 半波       | 全波整流            | 橋式全波整流   |
|--------------|----------|-----------------|----------|
| 二次測電壓        | $V_m$    | $V_m - 0 - V_m$ | $V_m$    |
| 二極體使用數量      | <b>1</b> | <b>2</b>        | <b>4</b> |
| Diode PIV    | $V_m$    | $2V_m$          | $V_m$    |
| 理想二極體輸出峰值    | $V_m$    | $V_m$           | $V_m$    |

|   |                               |                              |                              |
|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 實際二極體輸出峰值                               | $V_m - V_D$                   | $V_m - V_D$                  | $V_m - 2V_D$                 |
| 輸出平均值 $V_o(avg)$<br>直流電壓 $V_o(DC)$      | $\frac{1}{\pi}V_m = 0.318V_m$ | $\frac{2}{\pi}V_m$           | $\frac{2}{\pi}V_m$           |
| 輸出有效值 $V_o(rms)$<br>交流電壓 $V_o(AC)$      | $\frac{1}{2}V_m$              | $\frac{1}{\sqrt{2}}V_m$      | $\frac{1}{\sqrt{2}}V_m$      |
| 漣波頻率                                    | $\frac{1}{f_s}$               | $\frac{1}{2f_s}$             | $\frac{1}{2f_s}$             |
| 漣波有效值 $V_{r(rms)}$                      | <b><math>0.385V_m</math></b>  | <b><math>0.308V_m</math></b> | <b><math>0.308V_m</math></b> |
| 漣波因數 $r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(DC)}}$ | <b>121%</b>                   | <b>48.3%</b>                 | <b>48.3%</b>                 |

表(1-2)：各種電容濾波電路特性比較[3]

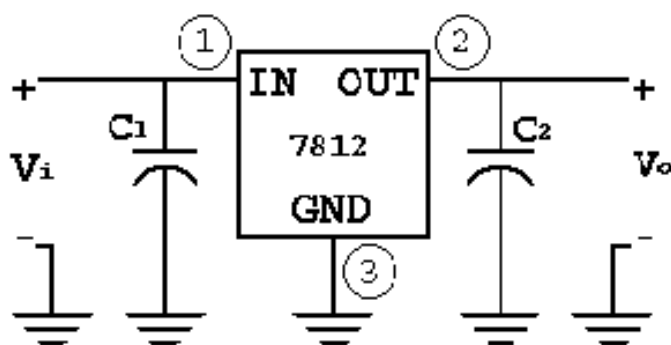
| 整流電路<br>電路特性                            | 半波  | 全波整流                         | 橋式全波整流                       |
|---|---|------------------------------|------------------------------|
| 二次測電壓                                   | $V_m$   | $V_m - 0 - V_m$              | $V_m$                        |
| 漣波週期 $T_r$                              | $\frac{1}{f_s}$                                       | $\frac{1}{2f_s}$             | $\frac{1}{2f_s}$             |
| $V_r(p-p)$<br>條件 $RC \gg T_r$           | $\frac{T_r}{CR}V_m$                                   | $\frac{T_r}{CR}V_m$          | $\frac{T_r}{CR}V_m$          |
| 輸出平均值 $V_o(avg)$<br>直流電壓 $V_o(DC)$      | $V_m - \frac{1}{2}V_r(p-p)$                           | $V_m - \frac{1}{2}V_r(p-p)$  | $V_m - \frac{1}{2}V_r(p-p)$  |
| 漣波有效值 $V_{r(rms)}$                      | $\frac{V_r(p-p)}{2\sqrt{3}}$                          | $\frac{V_r(p-p)}{2\sqrt{3}}$ | $\frac{V_r(p-p)}{2\sqrt{3}}$ |
| 漣波因數 $r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{o(DC)}}$ | $\frac{T_r}{2\sqrt{3}RC} = \frac{1}{2\sqrt{3}f_s RC}$ | $\frac{1}{4\sqrt{3}f_s RC}$  | $\frac{1}{4\sqrt{3}f_s RC}$  |
| Diode PIV                               | <b><math>2V_m</math></b>                              | <b><math>2V_m</math></b>     | $V_m$                        |

### 3.穩壓電路

如果對電容濾波後所得電壓仍不滿意，則我們通常加上穩壓電路，以便得到穩定的電壓。早期穩壓電路都是由電晶體設計出來的，而現在的電路多半已 IC 化,故本實驗之穩壓電路亦採用 IC 穩壓器。此類 IC 的輸出可分為固定的正電壓、固定的負電壓、或可調式電壓輸出。常見的穩壓 IC 有：

#### a.固定的正電壓穩壓器

以 7812 為例說明如何使用此類穩壓 IC 作為電壓調節。未調節的輸入電壓  $V_i$  經電容  $C_1$  濾波後接到 IC 的輸入端，而輸出端所供應的 12 伏特穩壓輸出則是經由電容  $C_2$  濾波。第三端接線端是接地。對於輸入電壓和輸出負載在容許範圍之內的變動，輸出電壓都可以在指定範圍之內維持恆定。[5]



圖(六)：穩壓器電路

b.這裡還要介紹一顆穩壓 IC(PQ05RD11)，IC Data sheet 可參閱附錄：穩壓 IC 資料。[4]

b.PQ05RD11 系列的優點在於：

- ①.低功率損耗(當  $I_o=0.5A$ ，IC 兩端壓降最大 0.5V)。
- ②.內建 ON/OFF 控制功能。
- ③.內建過電流保護。

若輸入電壓超過  $V_{in}$  所能正常操作的範圍，則 IC 可能會損壞。特別是當輸入端短路到地時，輸出電容上的電壓會使 IC 輸出端呈逆向導通，因而傷害



到 IC，在實作時應考慮輸入端及輸出端之間接一顆二極體，讓輸出電容透過二極體直接對地放電。

#### 4.倍壓器電路[1] [2]

在許多應用場合需要 DC 電壓供應器供給比 AC 電源電壓高的電壓，但只需要低負載電流。例如，類比示波器需要 KV 級的電壓位準。

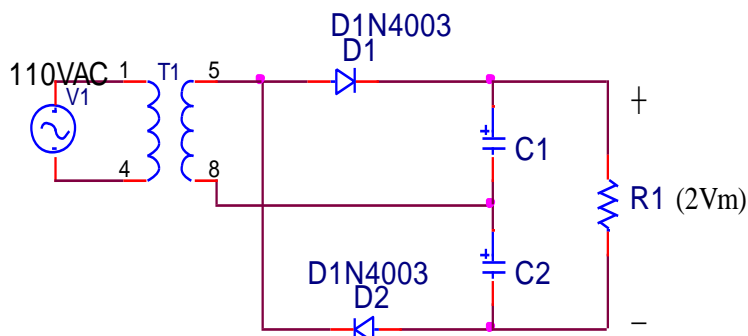
這個需要可用倍電壓電路(voltage-multiplying circuit)予以實現。這些電路基本工作原理均相同，即電容器在 AC 電源電壓輪流的半週中充電，並以適當的安排使各電容器之電壓加起來而形成輸出。適當地安排二極體和電容器，輸出電壓趨近於 AC 電源電壓峰值振幅的兩倍、三倍、四倍…等均可得到。

有許多二倍輸出電壓的方法，圖(七)中(a).所示稱為傳統式或全波倍壓器(full-wave doubler)。當 D1 二極體為順向偏壓時，電容器 C1 充電至  $V_m$ 。下個半週的期間內 D2 為順向偏壓且電容器 C2 充電至  $V_m$ 。輸出是由 C1 和 C2 串聯的兩端取出，且大約等於  $2V_m$ 。電阻器 R1 與兩個電容器並聯，以便在電源電壓移去之後提供電容器的放電路徑，以降低使用者受傷害的危險。電阻 R1 值一般在  $10M\Omega$  到  $20M\Omega$  的範圍。在 C1 與 C2 已充電完畢之後，當二極體端電壓比串聯電容器所跨之電壓大時，電流將流過二極體。這現象只在每一半週很短的時間區間內發生，因此二極體峰值電流將十分大。倍壓器只限負載電流為 mA 範圍的應用場合。若負載電流需求過大電容器將極端地放電，輸出電壓將迅速地降下來。

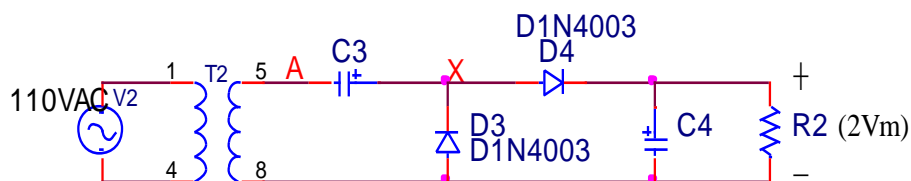
輸出 DC 電壓的漣波頻率是電源頻率的兩倍，且因該電路與全波整流器相似，故稱之為全波倍壓器。電容器 C1 和 C2 之電壓額定必須超過  $V_m$ ，且二極體 D1 和 D2 之電壓峰值反向額定(peak inverse ratings)必須大於  $2V_m$ 。

另一種稱為串級倍壓器(cascade doubler)的電壓倍壓器型式如圖(七)中(b).所示，負半週時，電容器 C3 經由 D3 充電至  $V_m$ ，因此 X 點的電位為  $V_m$  減去二極體 D3 之電壓降。在下一個半週期，當 A 點的電位變得更大的正值時，

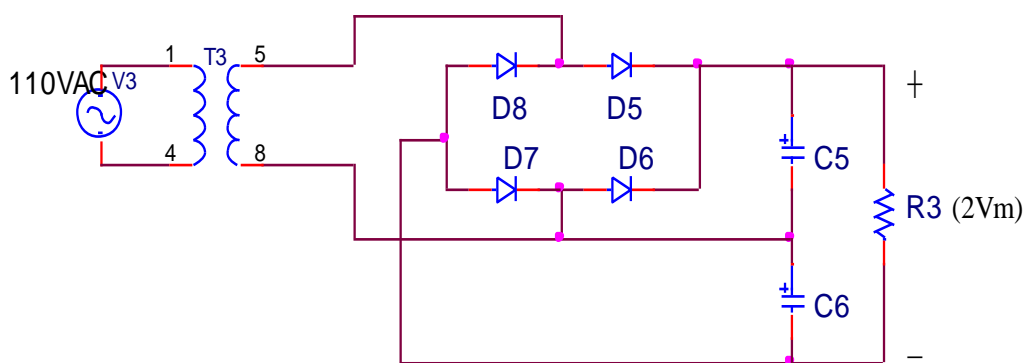
X 點的電位藉 C3 兩端所跨之電壓之助，故始終相對於 A 保持正，當 A 點到達  $V_m$  時 X 點的電位為  $2V_m$ 。在正半週期，二極體 D3 為逆向偏壓且 D4 導通，允許 C3 放電並將 C4 充電至  $2V_m$ 。在下一個負半週期，C3 上的電荷經由 D3 充電，且 C4 供給電流到負載。如前所述，負載電流必須限制在 mA 的範圍內以防止電容器在充電電流尚未流通時極端的放電而造成輸出電壓的降低。



(a). 傳統倍壓器電路(全波倍壓器電路)



(b). 串級倍壓器電路



(c). 橋式倍壓器電路

圖(七)：倍電壓電路

串級倍壓器也稱為半波倍壓器(half-wave doubler)，因二極體 D4 動作為一半波整流器，但其峰值為電源峰值電壓的二倍。

輸出 DC 電壓有與 AC 電源相同頻率之漣波成份，這使該漣波成份的振幅較全波倍壓器者為大。在此電路中，電容器 C3 之電壓額定必須高於  $V_m$ ，而 C4 之電壓額定必須高於  $2V_m$ 。此外，兩個二極體之電壓額定都必須大於  $2V_m$ 。

串級倍壓器的主要優點是輸入與輸出間的連接允許加上許多相串的單級，而獲更高的電壓乘倍值。

在圖(七)中(c).所示的橋式倍壓電路中，負半週期間電容 C6 將充電至  $V_m$ ，且電流被供應至負載。在正半週期，AC 電源電壓和電容器的電荷電壓供給輸出端大約  $2V_m$  的電位差，其漣波頻率為 AC 電源的兩倍。各二極體與電容器之電壓額定均不得少於  $V_m$ 。橋式倍壓器與全波及半波倍壓器比較起來其電壓之穩定性較為改善。然而，這種較佳之穩定性是以二極體損失增加(因二極體變多了)及元件數目增加所造成之成本提高的代價換得的。

各種倍壓器主要缺點為當負載電流增大時漣波成份之振幅亦增大，因此限制其用途，僅適用於低電流低負載之應用場合。

## 5.進階學習

電源電路進階學習：可修課程內容為相關老師所開設課程「**電力電子學**」，其主要內容介紹切換式電源供應器之原理、設計與實務。

## 四、實驗注意事項

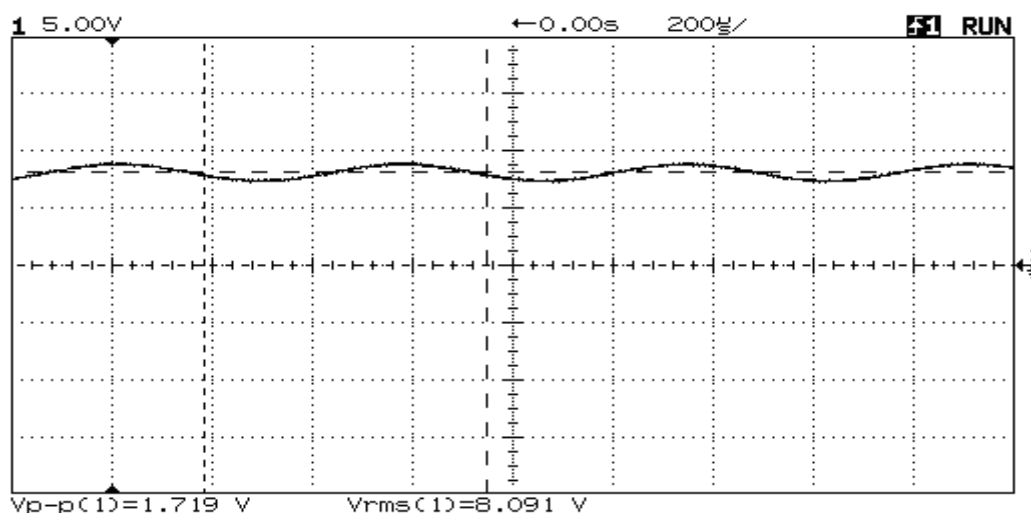
★各項實驗紀錄(藍色字體)、撰寫實驗波形分析與實驗數據分析(藍色字體)、撰寫實驗問題與討論(藍色字體)、撰寫實驗結論(藍色字體)、按時繳交實驗報告(遲交至少扣 20 分)。★非(藍色字體)扣分。

- 1.測量電壓及電阻時，請設定為 4 位半顯示測量值。
- 2.有極性及方向性之元件，組裝時應注意元件是否組裝對位置。電解質電容極性接反了，是會爆炸的，請特別注意。。
- 3.測試電路時，應注意探棒測試端與接地端，請勿接反。

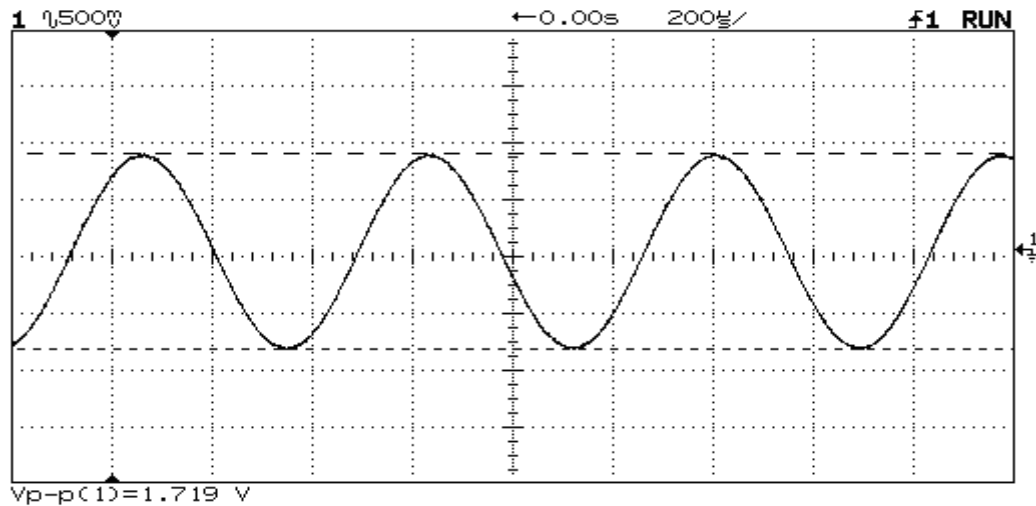
- 4.有些電路節點會測不到漣波頻率，要想一下為何沒有漣波頻率？
- 5.示波器在各節點所測量出的電壓值，除了依各表格的內容填入數據外，也需在所印出的圖中顯示實驗測量值。
- 6.請同學需標示數值單位值，例如：電壓(V)、電壓(峰-峰值)( $V_{p-p}$ )、頻率值(Hz)。
- 7.示波器探棒 CH1=節點 A，CH2=節點 B，以節點[A、B]來表示測試連接線。
- 8.示波器設定－Coupling DC/AC 檔位的使用說明(參閱示波器操作手冊 P15～P18)。

如果訊號包含直流與交流訊號，DC/AC 檔位的使用時機在量測信號時，切換使用 DC/AC 檔位的目的，是用來看清楚所要觀測的信號，那麼我們該在何時使用 DC，何時使用 AC 呢？

如果所量測的直流信號中有漣波量時，使用 DC 檔位，可以看到整個交流、直流成分的信號。可是在一個有交流、直流成分的信號中，若交流成分比例較少的話，就很難觀測交流信號，如下圖(9-1)信號。我們可以選擇 AC 檔來將直流成分濾除，改變示波器垂直的解析度，如下圖(9-2)。由於改變示波器垂直的解析度，此時就可容易量測、觀察信號之交流成分。



圖(9-1)：DC 耦合輸出

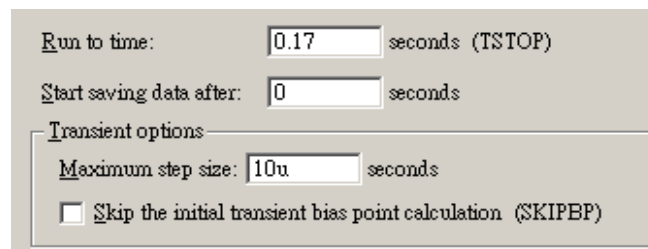


圖(9-2)：AC 耦合輸出

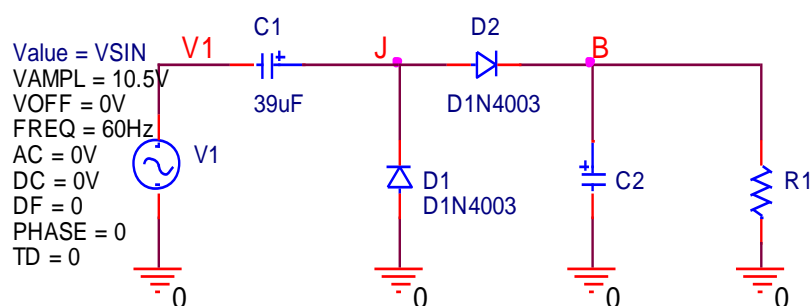
**五、電路模擬** 一下列為倍壓電路、半波整流濾波電路、半波整流濾波穩壓電路、全波整流電路及全波整流濾波穩壓電路等電路，使用 OrCAD Pspice 軟體模擬上述電路，並比較上述模擬結果之波形及說明一下波形特性。

請依下列項目模擬出結果，附於實驗報告中。

◎ 模擬設定—Time-Domain Analysis—觀測 10 個波形(模擬設定時間 0.17s)。



### 1. 倍壓電路

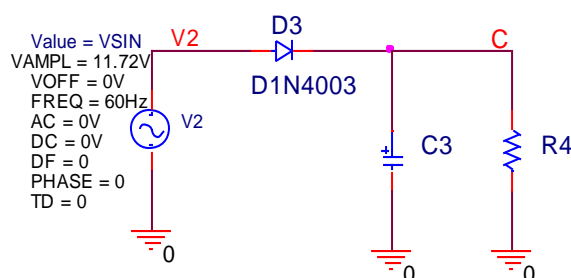


模擬圖(一)：倍壓電路

附上實驗模擬電路圖，使用一般電壓探棒測試波形，需開啟多重視窗顯示節點[V1]、節點[A]、節點[B]之波形，比較上述模擬結果之波形，並說明一下波形特性。

- ①.  $C1=39\mu F$  ,  $C2=1\mu F$  ,  $R1=10,000K\Omega$
- ②.  $C1=39\mu F$  ,  $C2=1\mu F$  ,  $R1=100K\Omega$
- ③. 比較上述波形的差異性。
- ④. 說明波形特性。

## 2. 半波整流濾波電路

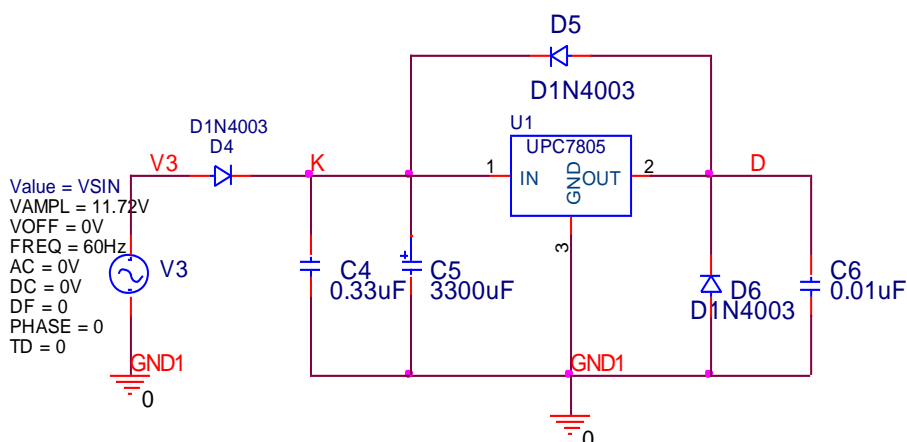


模擬圖(二)：半波整流濾波電路

附上實驗模擬電路圖，使用一般電壓探棒測試波形，需開啟多重視窗顯示節點節點[V2]、節點[C]之波形，比較上述模擬結果之波形，並說明一下波形特性。

- ①.  $C3=OPEN$ (不接) ,  $R4=10,000K\Omega$
- ②.  $C3=1\mu F$  ,  $R4=100K\Omega$
- ③. 比較上述波形的差異性。
- ④. 說明波形特性。

## 3. 半波整流濾波穩壓電路



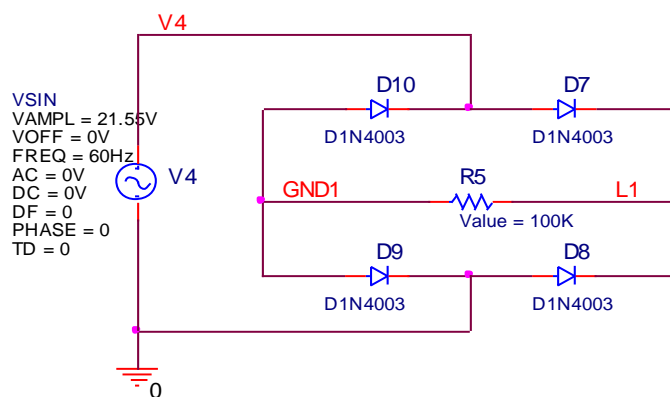
模擬圖(三)：半波整流濾波穩壓電路

附上實驗模擬電路圖，使用一般電壓探棒測試波形，需開啟多重視窗顯示節點[V3]、節點[K]、節點[D]之波形，比較上述模擬結果之波形，並說明一下波形特性。

- ①.多重視窗顯示節點[V3]、節點[K]、節點[D]之波形。
- ②.比較上述波形的差異性。
- ③.說明波形特性。

#### 4. 全波整流電路

附上實驗模擬電路圖，需開啟多重視窗顯示下列節點波形，使用一般電壓探棒測試節點[V4]之波形，使用差動探棒測試節點[L1、GND1]之波形，並說明一下波形特性。



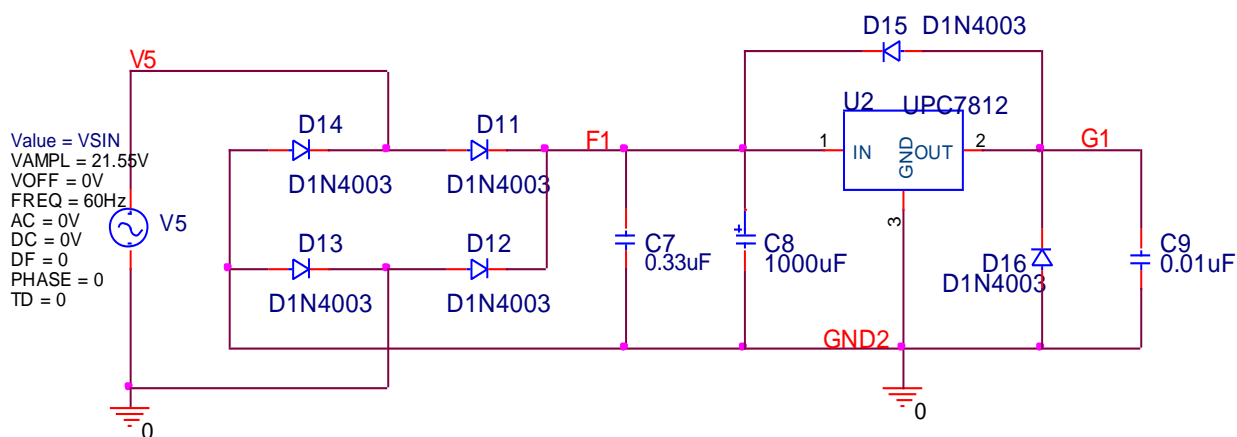
模擬圖(四)：全波整流電路

- ①.多重視窗顯示節點[V4]、節點[L1、GND1]之波形。
- ②.說明波形特性。

#### 5. 全波整流濾波穩壓電路

- a.附上實驗模擬電路圖，需開啟多重視窗顯示下列節點波形。
- b.使用一般電壓探棒測試節點[V5]之波形，使用差動探棒測試節點[F1、GND2]及[G1、GND2]之波形，並說明一下波形特性。





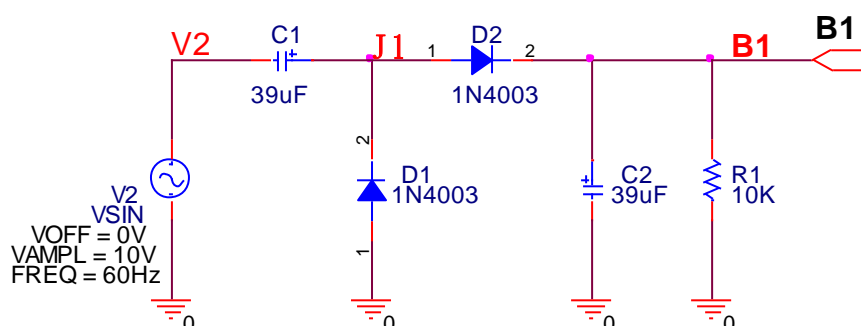
模擬圖(五)：全波整流濾波穩壓電路

- ①.多重視窗顯示節點[V5]、節點[F1、GND2]、節點[G1、GND2]之波形。
- ②.說明波形特性。

## 六、實驗步驟、實驗測量與紀錄

### ◎倍壓電路

#### 1.測試電路(一)：半波倍壓電路(一)



圖(9-3)：半波倍壓電路(一)

a.參閱圖(9-3)組裝實驗電路。

b.訊號產生器設定：

- ①.頻率值=60Hz。
- ②.振幅設定(LCD 顯示值)=10V。

c.示波器設定：CH1 設定「DC」耦合方式來觀測下列各波形，測量節點電壓數據，記錄數據於表格(9-1)中。



①.測試節點[V2]，測試資料如表格(9-1)內容所示，擷取實驗波形圖(2張)，以下各節點波形擷取圖均皆相同(2張圖)，測量下列各數據((2張圖，因6項數據值要測)一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值。

②.測試節點[J1]，需擷取實驗波形圖，測量數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值。

③.測試節點[B1]，需擷取實驗波形圖，測量數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值。

d.以「DC」耦合方式，只擷取節點[V2、J1]波形圖，並說明兩波形的關係，附於實驗數據分析與討論中。

e.以「DC」耦合方式，只擷取節點[J1、B1]波形圖，並說明兩波形的關係，附於實驗數據分析與討論中。

f.測試節點[B1]—「AC」耦合方式，需適當調整垂直刻度，需擷取實驗波形圖。測量數據一週期值、峰-峰值、均方根值，(3項數值只需要1張圖)，記錄數據於下列表格(9-1)中。

g.如何測量跨接元件 $V_{D2}$ ？

說明如下：

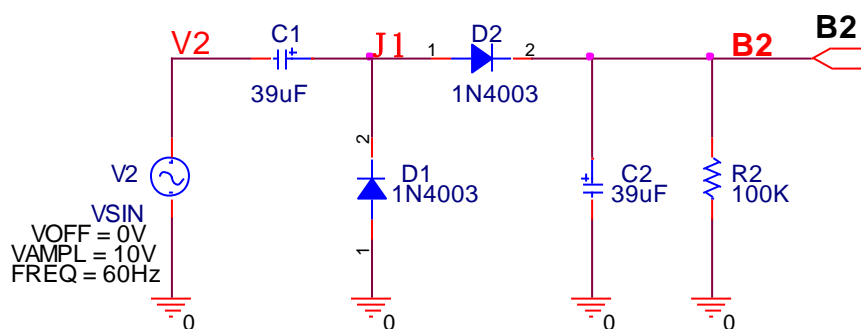
依據節點電壓方程式： $V_{J1} = V_{D2} + V_{B1} \therefore V_{D2} = V_{J1} - V_{B1}$ ，[CH1、CH2]=節點[J1、B1]，接地電位為參考電位，採用「DC」耦合方式，開啟 **MATH** 數學運算，選擇表單為 **操作 A-B**，可得到 $V_{D2}$ 波形，使用示波器測量功能按鍵或游標測出 $V_{D2}$ 數據。

※注意示波器 CH1 及 CH2 垂直刻度需一致。

h.擷取下列波形圖，並說明下列波形的關係，附於實驗數據分析與討論中。

①.探棒接節點[J1、B1]—測量 **MATH** 跨接元件 $V_{D2}$ 。測量並記錄下 $V_{D2}$ 數據—峰-峰值=、最大值=、最小值=。

## 2.測試電路(二)：半波倍壓電路(二)



圖(9-4)：半波倍壓電路(二)

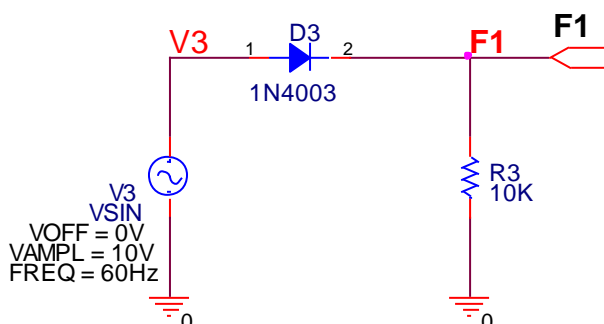
- 更改負載電阻  $R1$  為  $R2=100K\Omega$ 。
- 以「DC」耦合方式測試節點[B2]，需擷取實驗波形圖，測量數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值。記錄數據於表格(9-1)中。
- 以「DC」耦合方式，只擷取節點[J1、B2]波形圖，並說明兩波形的關係，附於實驗數據分析與討論中。
- 測試節點[B2]—「AC」耦合方式，需擷取實驗波形圖。測量數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-1)中。

表(9-1)：測試節點 V2、節點[J1]、節點[B1]、節點[B2]記錄

| 節點<br>數據                 | 節點[V2] | 節點[J1] | 節點[B1] | 節點[B2] |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 週期值                      |        |        |        |        |
| $V_{P-P}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{max}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{min}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{avg}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{P-P}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |

## ■半波整流、濾波電路

### 3.測試電路(三)：半波整流電路



圖(9-5)：半波整流電路

※注意[V3]、[V4]波形如同前[V2]波形，都是訊號產生器的輸出波形。

a.參閱圖(9-5)組裝實驗電路。

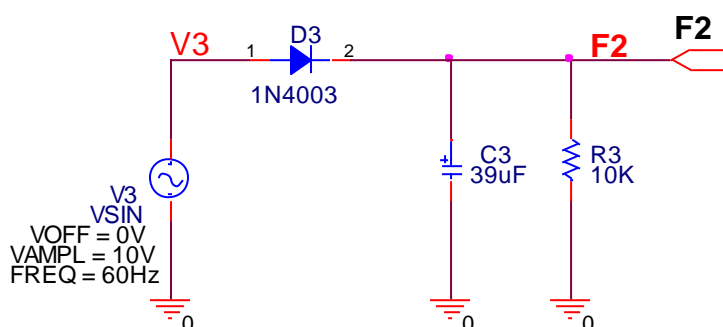
b.節點[V3、F1]波形，需擷取實驗波形圖。只測量節點[F1]數據，「DC」耦合模式，測量數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-2)中。

c.測試節點[F1]波形(漣波)，需擷取實驗波形圖—「AC」耦合方式，測量數據一週期值、峰-峰值、均方根值，記錄數據於表格(9-2)及表格(9-3)中，完成漣波因素之計算。

d.[V3、F1]電壓轉換特性曲線，水平掃描面板設定選擇「X-Y」顯示模式，此時需先「歸零調整」，CH1、CH2「GND」模式，光點調整到中央位置，然後輸入選擇「DC」耦合模式，可得到電壓轉換曲線圖形，然後擷圖。

※注意示波器 CH1 及 CH2 垂直刻度需一致。

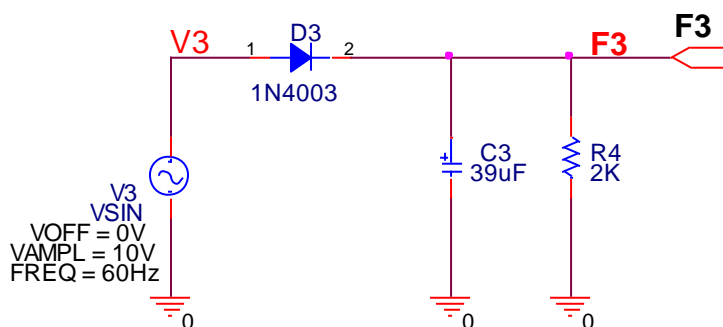
### 4.測試電路(四)：半波整流、濾波電路(一)



圖(9-6)：半波整流、濾波電路(一)

- a. 參閱圖(9-6)組裝實驗電路，原圖(9-5)中增加濾波電容 C3。
- b. 測試節點[V3、F2]波形，需擷取實驗波形圖，「DC」耦合模式，只測量節點[F2]數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-2)中。
- c. 使用示波器輸入「AC」耦合模式，適當調整垂直刻度，直接測量，需擷取節點[F2]連波成分  $V_{r(p-p)}$  的大小。連波計算值  $V_{r(p-p)} = \frac{T_r}{CR} V_m$ 。測量節點[F2]數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-2)及表格(9-3)內容中，完成連波因素之計算。

### 5. 測試電路(五)：半波整流、濾波電路(二)



圖(9-7)：半波整流、濾波電路(二)

- a. 更改負載電阻  $R4=2K\Omega$ ，重新測量上述結果。
- b. 測試節點[V3、F3]波形，需擷取實驗波形圖，「DC」耦合模式，只測量節點[F3]數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-2)中。
- c. 測量節點[F3]數據，需擷取實驗波形圖，擷取節點[F3]連波成分  $V_{r(p-p)}$  的大小，使用示波器輸入「AC」耦合模式，測量數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-2)及表格(9-3)內容中，如前連波計算值，完成連波因素之計算。

表(9-2)：測試節點 V3、節點[F1]、節點[F2]、節點[F3]記錄

| 數據 \ 節點                  | 節點[V3] | 節點[F1] | 節點[F2] | 節點[F3] |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 週期值                      |        |        |        |        |
| $V_{P-P}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{max}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{min}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{avg}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{P-P}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |

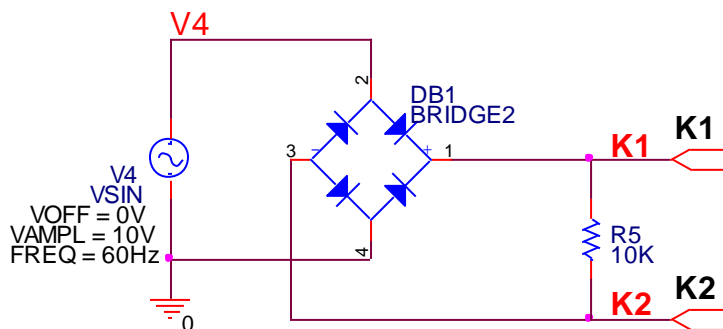
表(9-3)：漣波因素的計算

| 漣波計算 \ 節點                     | 節點[F1]               | 節點[F2]                           | 節點[F3]                           |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 漣波電壓( $V_{r(rms)}$ )<br>計算理論值 | $0.385V_{F1(max)} =$ | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ |
| 漣波電壓( $V_{r(rms)}$ )<br>實測值計算 |                      | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ |
| 漣波因數( $r\%$ )<br>計算理論值        |                      |                                  |                                  |
| 漣波因數( $r\%$ )<br>實測值計算        |                      |                                  |                                  |

說明：漣波因數  $r = \frac{V_{r(rms)}}{V_{O(DC)}} \times 100\%$  。

## ■全波整流、濾波電路

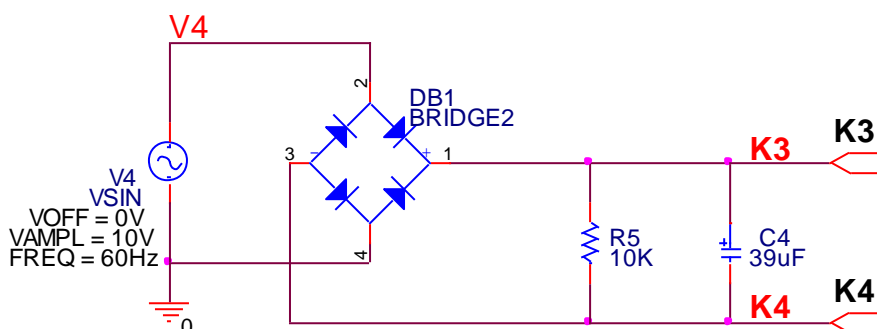
### 6.測試電路(六)：全波整流電路



圖(9-8)：全波整流電路

- 參閱圖(9-9)組裝實驗電路。
- 使用 1 支探棒，測試節點[K1]，**探棒接地端接節點[K2]**，需擷取實驗波形圖，示波器設定輸入「DC」耦合模式，測量節點[K1]電壓數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-6)中。
- 測量節點[K1]數據，**探棒接地端接節點[K2]**，需擷取實驗波形圖，使用示波器輸入「AC」耦合模式，測量數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-6)及表格(9-7)內容中，如前漣波計算值，完成漣波因素之計算。

### 7.測試電路(七)：全波整流、濾波電路(一)

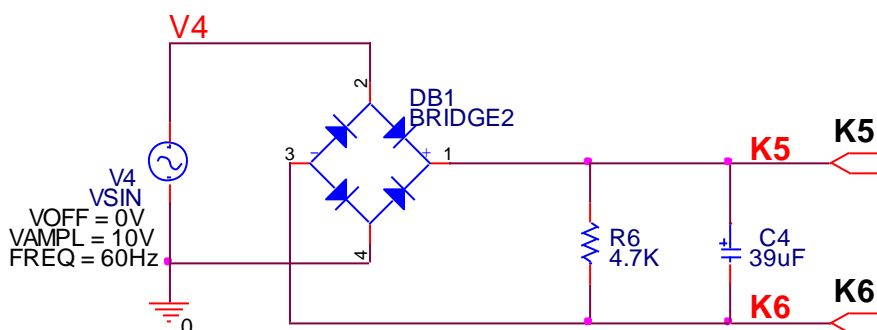


圖(9-9)：全波整流、濾波電路(一)

- 參閱圖(9-10)組裝實驗電路，原圖(9-9)中增加濾波電容 C4。
- 使用 1 支探棒，測試節點[K3]，**探棒接地端接節點[K4]**，需擷取實驗波形圖，示波器設定輸入「DC」耦合模式，測量節點電壓數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-4)中。

c.測量節點[K3]數據，**探棒接地端接節點[K4]**，需擷取實驗波形圖，使用示波器輸入「AC」耦合模式，測量節點[K3]電壓數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-4)及表格(9-5)內容中，如前漣波計算值，完成漣波因素之計算。

## 8.測試電路(八)：全波整流、濾波電路(二)



圖(9-10)：全波整流、濾波電路(二)

- 更改原 R5 負載電阻，改為 R6=4.7K $\Omega$ ，重新測量上述結果。
- 使用 1 支探棒，測試節點[K5]，**探棒接地端接節點[K6]**，需擷取實驗波形圖，示波器設定輸入「DC」耦合模式，測量節點[K5]電壓數據一週期值、峰-峰值、最大值、最小值、平均值、均方根值，記錄數據於表格(9-4)中。
- 測量節點[K5]數據，**探棒接地端接節點[K6]**，需擷取實驗波形圖，使用示波器輸入「AC」耦合模式，測量節點[K5]電壓數據一週期值、峰-峰值、均方根值。記錄數據於表格(9-4)及表格(9-5)內容中，如前漣波計算值，完成漣波因素之計算。

表(9-4)：測試節點 V4、節點[K1]、節點[K3]、節點[K5]記錄

| 節點<br>數據                 | 節點[V4] | 節點[K1] | 節點[K3] | 節點[K5] |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 週期值                      |        |        |        |        |
| $V_{P-P}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{max}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{min}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |

| 節點<br>數據                 | 節點[V4] | 節點[K1] | 節點[K3] | 節點[K5] |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| $V_{avg}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(DC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{p-p}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |
| $V_{rms}$ 值(AC coupling) |        |        |        |        |

表(9-5)：漣波因素的計算

| 節點<br>漣波計算                    | 節點[K1] | 節點[K3]                           | 節點[K5]                           |
|-------------------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|
| 漣波電壓( $V_{r(rms)}$ )<br>計算理論值 |        | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ |
| 漣波電壓( $V_{r(rms)}$ )<br>實測值計算 |        | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ | $\frac{V_{r(p-p)}}{2\sqrt{3}} =$ |
| 漣波因數( $r\%$ )<br>計算理論值        |        |                                  |                                  |
| 漣波因數( $r\%$ )<br>實測值計算        |        |                                  |                                  |

## 七、實驗數據分析與討論

- 1.以「DC」耦合方式，擷取節點[V2、J1]波形圖，並說明兩波形的關係。
- 2.以「DC」耦合方式，擷取節點[J1、B1]波形圖，並說明兩波形的關係。
- 3.擷取下列波形圖，並說明下列波形的關係。

a.探棒接節點[J1、B1]—測量 **MATH** 跨接元件  $V_{D2}$ 。測量並記錄下  $V_{D2}$  數據—

峰-峰值=\_\_\_\_\_、最大值=\_\_\_\_\_、最小值=\_\_\_\_\_。

- 4.以「DC」耦合方式，擷取節點[J1、B2]波形圖，並說明兩波形的關係。
- 5.試就表格(9-3)及(9-5)中的漣波因數，分析不同電路對此因數的影響，寫下您的結論。



## 八、撰寫實驗結論與心得

## 九、實驗綜合評論

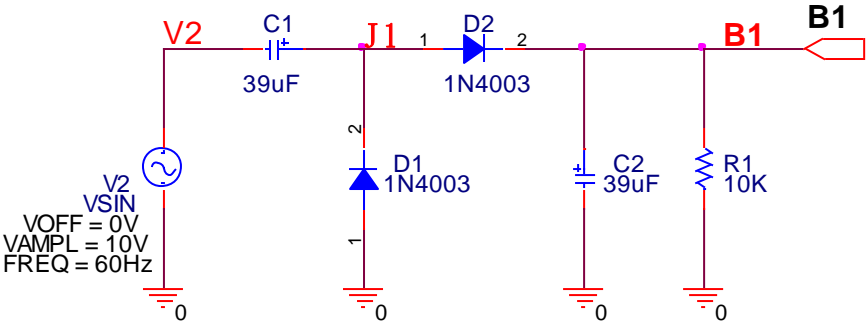
- 1.實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。
- 2.實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。
- 3.實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。
- 4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。
- 5.就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。
- 6.在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。

## 十、附上實驗進度紀錄單(照片檔)及麵包板電路組裝圖檔(照片檔)

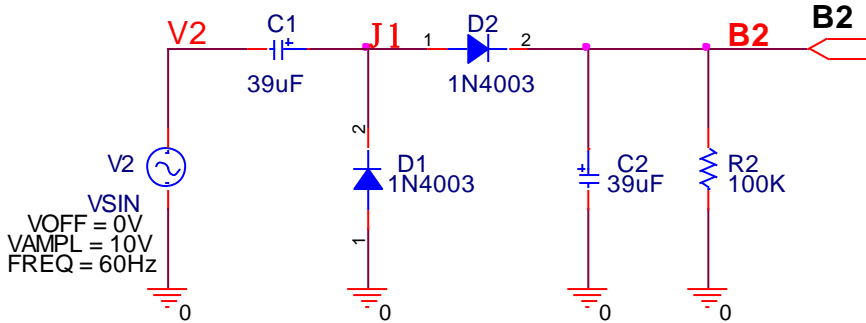
## 十一、實驗參考資料來源

- [1].SEDRA & SMITH ，“MICROELECTRONIC CIRCUITS”，Copyright by Oxford University Press,Inc, sixth edition 2010,P.184～P.202.
- [2].“電子元件與電路理論上冊”，張順雄、張忠誠、李榮乾編譯，東華書局出版，第三版,1999 ,P.91～P.130.
- [3]. “電子學實習(上)”，陳世昌、李志文編著，台科大圖書股份有限公司出版，初版,2003 ,第二篇.
- [4].IC PQ05RD11 Data Sheet  
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/43417/SHARP/PQ05RD11.html>
- [5]. IC 7812 Data Sheet  
<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/6794/NEC/UPC78L12J.html>

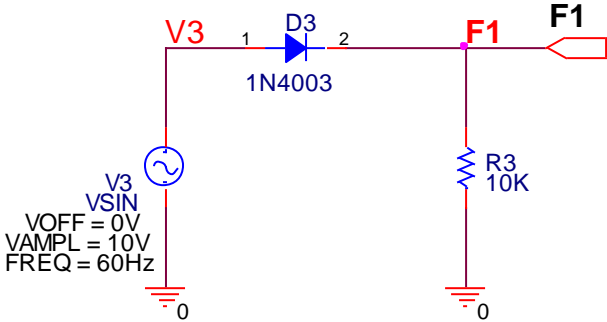
◎附錄實驗電路圖



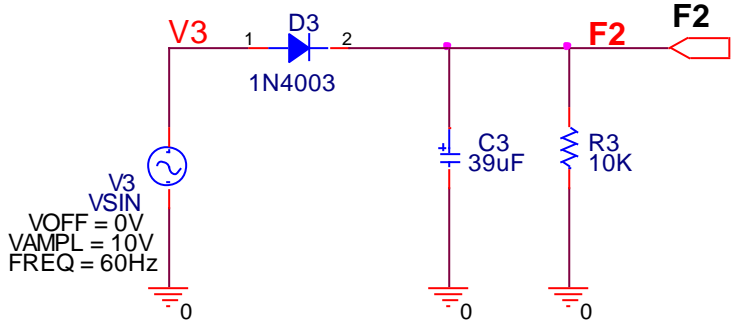
圖(9-3)：半波倍壓電路(一)



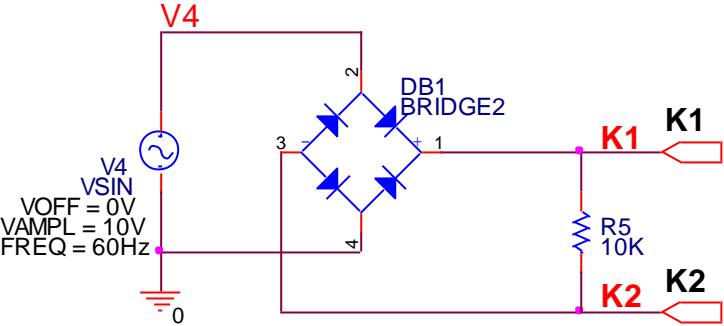
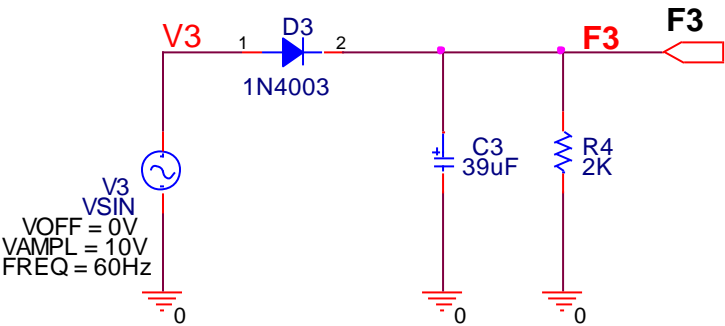
圖(9-4)：半波倍壓電路(二)



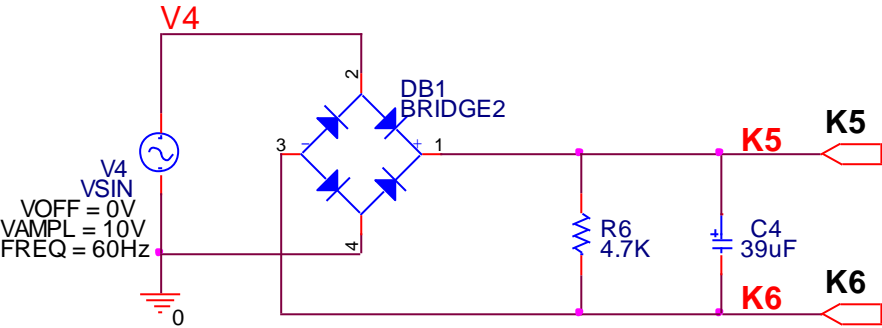
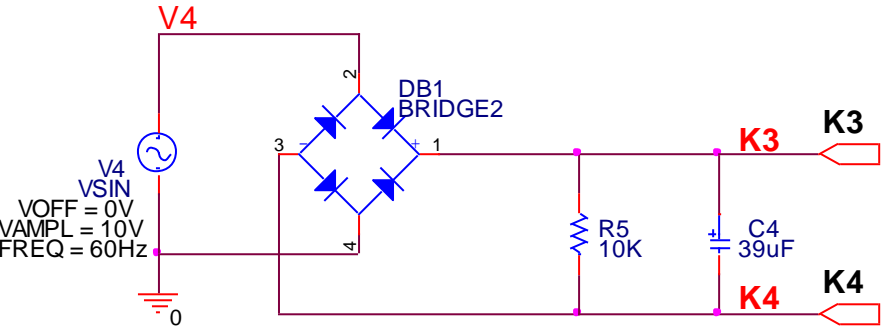
圖(9-5)：半波整流電路



圖(9-6)：半波整流、濾波電路(一)



圖(9-7)：半波整流、濾波電路(二)圖(9-8)：全波整流電路



圖(9-9)：全波整流、濾波電路(一)圖(9-10)：全波整流、濾波電路(二)