

實驗六 二極體倍壓與整流電路

一、實驗目的：

1. 了解以二極體製作倍壓電路的工作原理與量測。
2. 了解以二極體製作半波與全波整流電路的工作原理與量測。

二、原理及說明：

1. 倍壓電路：

(1) 三倍壓整流電路

三倍壓整流電路由三個二極體與三個電容器組成。在輕載（例如： $R_L=10K\Omega$ 很大時）或電容很大時，輸出電壓約為輸入交流電壓的三倍。三倍壓整流電路如圖 1 所示。 C_2 被充上 $2E_m$ 的電壓。 D_3 與 C_3 則為半波整流電路，因此 C_3 被充上 E_m 的電壓。由於 C_2 與 C_3 串聯，故輸出電壓等於兩者之和，亦即

$$V_{out} = 2E_m + E_m = 3E_m$$

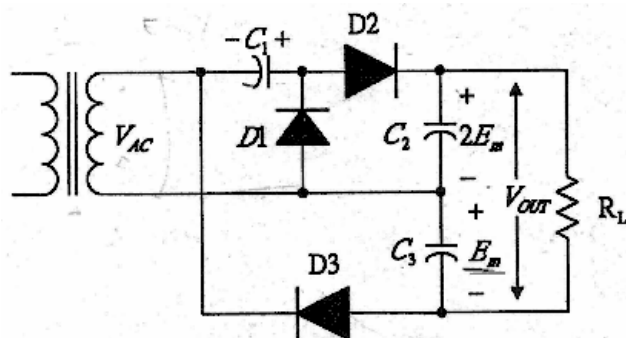


圖 1 三倍壓電路

(2) 萬用倍壓器

根據前述倍壓器之原理，我們可以發展很多倍的倍壓器。圖 2 即為萬用倍壓器之電路，使用兩個二極體與兩個電容器時輸出電壓 $V_{out} = 2E_m$ ，使用五個二極體與五個電容器可以得到 $5E_m$ 的輸出電壓。

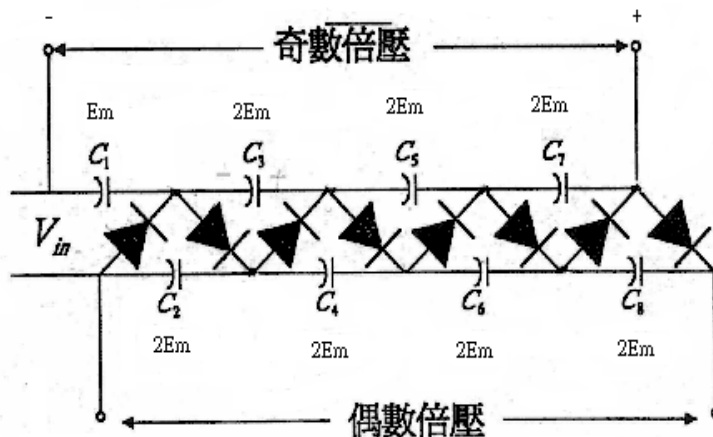


圖 2 萬用倍壓器

2. 整流電路：

(1) 半波整流電路：

半波整流電路是二極體之基本應用，也是最簡單的一種整流電路。圖 3 就是半波整流電路。交流電源 V_{AC} 的正半週，二極體導通，因此負載 R_L 獲得正半週。 V_{AC} 的負半週，二極體截斷，因此 V_{AC} 的負半週沒有輸出。

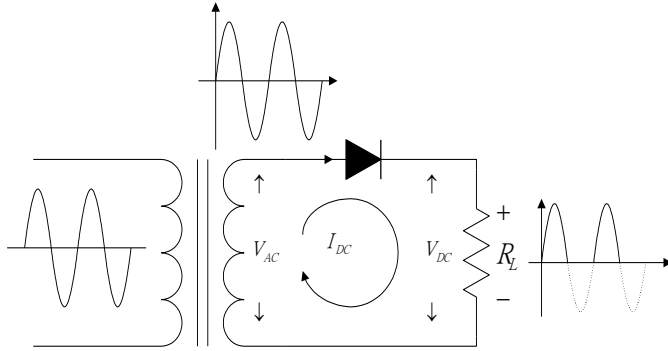


圖 3 半波整流電路

(2) 全波整流電路：

全波整流電路如圖 4 所示，必須使用中心抽頭的變壓器以使 $V_{AC1} = V_{AC2}$ 。

將全波整流電路之動作原理分析如下：

- a. 當電源之正半週， V_{AC1} 的上端為正， V_{AC2} 的下端為負，故 $D1$ 導通， $D2$ 截止， R_L 上之電壓由 V_{AC1} 供應。
- a. 當電源之負半週， V_{AC1} 的上端為負， V_{AC2} 的下端為正，故 $D1$ 截止， $D2$ 導通， R_L 上之電壓由 V_{AC2} 供應。
- c. 由於 $D1$ ， $D2$ 的輪流導通，故 R_L 上之波形為全波。

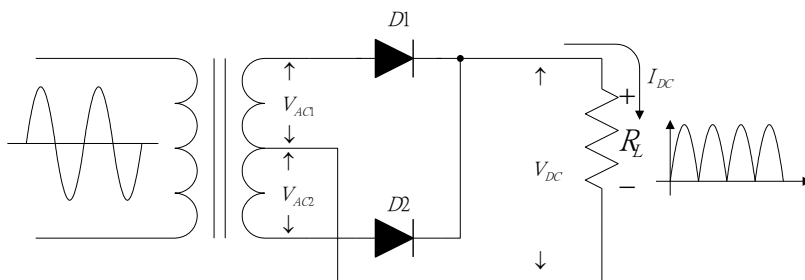


圖 4 全波整流電路

(3) 橋式整流電路

橋式整流電路如圖 5(此圖另含一併聯電容 $C1$)。其輸出至負載 R_L 之波形亦為全波，但與圖 4 之全波整流電路有兩大相異處：(1)全波整流電路需要一個中心抽頭之變壓器，橋式整流電路則不需要 (或是其中一個輸出端點可取中心抽頭)。(2)全波整流電路需二個二極體，橋式整流電路則需四個二極體。

圖 5 中，當 V_{AC} 之正半週時， $D1$ 與 $D2$ 導電，電流路徑 $D1 \rightarrow R_L \rightarrow D2$ ；當 V_{AC} 之負半週時， $D3$ 與 $D4$ 導電，電流路徑 $D3 \rightarrow R_L \rightarrow D4$ 。

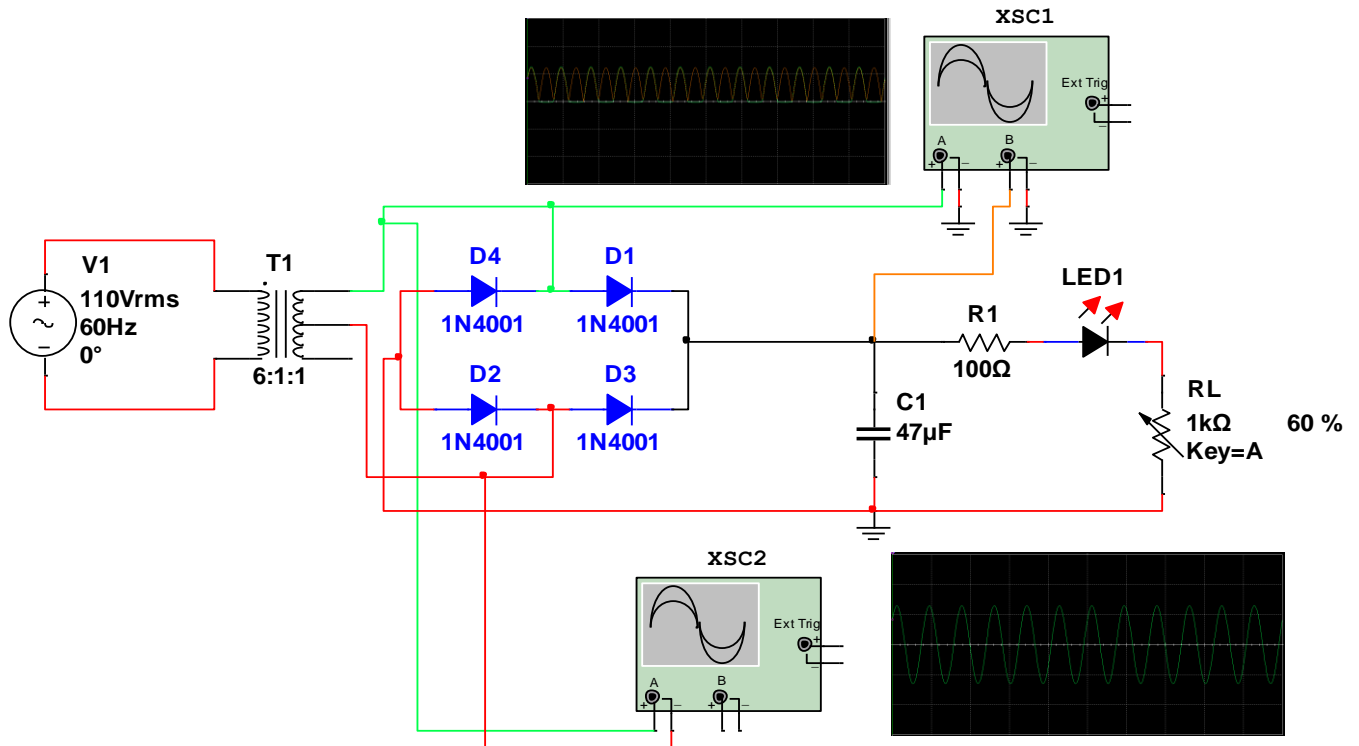


圖 5 橋式整流電路

(4) 漣波

直流電源供應器（整流電路）輸出電壓之脈動成份稱為漣波。圖 6 中， $\Delta V = E_{\max} - E_{\min}$ 為漣波電壓的峰對峰值(Pk-Pk)。而 $V_{ripple} = \Delta V / 2.828$ 。欲比較直流電源供應器之優劣，必須使用漣波因數。

漣波因數 $K_r = \text{漣波電壓有效值} / \text{直流電壓平均值} = V_{ripple} / V_{DC}$ 。

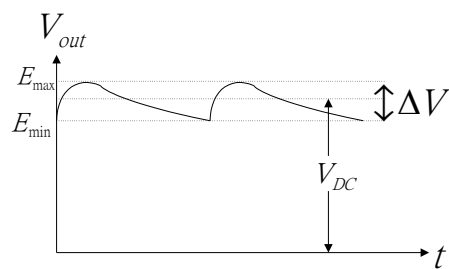


圖 6 漣波電壓的峰對峰值

使用器材：

整流二極體(1N4001)	x 4
穩壓 IC L7809	x 1
可變電阻 R_L 10K 歐姆	x 1
電阻 100 歐姆	x 1

電容 0.1uF	x 3
電容 47uF	x 2
LED	x 1
變壓器 110V / 18V	x 1

三、實驗步驟：

注意： R_L 預設請使用 1K 可變電阻的 1-3 接頭；若使用 1-2 或 2-3，務必將電阻值調至最大 1 K Ω 左右，並以電錶確認，以免負載電阻過低導致變壓器輸出功率過大而過熱。

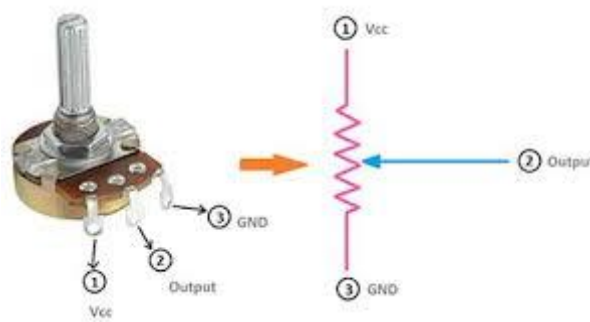


圖 7 可變電阻接腳

工作一：

設定信號產生器為 5Vp-p, 1kHz 的正弦波輸出作為 V_{AC} 。

1. 根據圖 1 三倍倍壓器之原理，連接出 $V_{out} = 3 E_m$ 之電路。
2. 請求出其輸出對輸入轉換曲線。

工作二：

1. 使用 E4114-4W 110v/18V 變壓器 (三輸出端 18V - 0V-18V)，採用 18V-0V 兩端子作為圖 3 的 V_{AC} 輸入源。**注意：變壓器為高熱元件，周邊鐵圈勿長時間觸摸。不使用時儘可能可先拔除電源，使用時再重新插電。留意擺放輸出高電壓端點位置 (建議不用的輸出線可先捲起)。**
2. 電錶以 AC mode 量測及示波器以 DC coupling 量測 V_{AC} 端電壓與讀取波形，電錶讀到的電壓值為 _____ Volt。觀察示波器顯示波形，記錄其峰對峰值 Pk-Pk 為 _____ Volt。
3. 上述電壓值差異何在？電錶讀取交流電壓值是否為 RMS 值？以上兩個電壓值理想上比例為何？
4. 以示波器觀察半波整流之 V_{DC} 波形，並且以同樣 V_{AC} 改接至圖 4 全波整流電路，觀察 V_{DC} 波形，並做紀錄。
5. R_L 電阻並連一個 47 uF 的電容，觀察並記錄波形，此時輸出電壓為 _____ Volt。
6. 接續 5，將可變電阻調整連接為 1-2 接頭，以電錶確認先將電阻值歸位至最大 (最大約 1K Ω)。然後逐漸調小電阻，觀察並記錄半波與全波整流電路輸出在示波器上錄得之波形改變，以及觀察 LED 亮度的變化。

工作三：

完整電路裝置如圖 5 中包含一個橋式整流電路。圖中：

V_{AC} 為變壓器輸出 18V(RMS)，頻率 60Hz，D1 至 D4 為整流二極體 1N4001， R_L 為 1K Ω 可變電阻。

1. 以三用電表 ACV 檔量得 $V_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$ Volt。
2. 未加 $C1=47\mu F$ 電容前，以三用電表 DCV 檔量得橋式整流電路輸出兩端直流電壓為 $\underline{\hspace{2cm}}$ Volt，ACV 檔的交流電壓為 $\underline{\hspace{2cm}}$ Volt。
3. 以示波器測量橋式整電路內部以及輸出兩端之波形，並以色筆繪於圖 8 中。
4. 將橋式整流電路的輸出兩端並聯一個 $C1=47\mu F$ 之電容器。
5. 以三用電表 DCV 檔量得橋式整流電路輸出兩端之直流電壓 V_{DC} 為 $\underline{\hspace{2cm}}$ Volt，ACV 檔的漣波電壓 V_{ripple} 為 $\underline{\hspace{2cm}}$ Volt。

$$K_r = \frac{V_{ripple}}{V_{DC}} = \underline{\hspace{2cm}}。$$

6. 以示波器 DC coupling 觀察得橋式整流電路輸出兩端之波形，繪於圖 8 中。
7. 以示波器 AC coupling 觀察漣波的 Pk-Pk 值為多少，並繪圖(拍照)記錄。此 Pk-Pk 值除以電錶量得漣波電壓 V_{ripple} 比值為 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

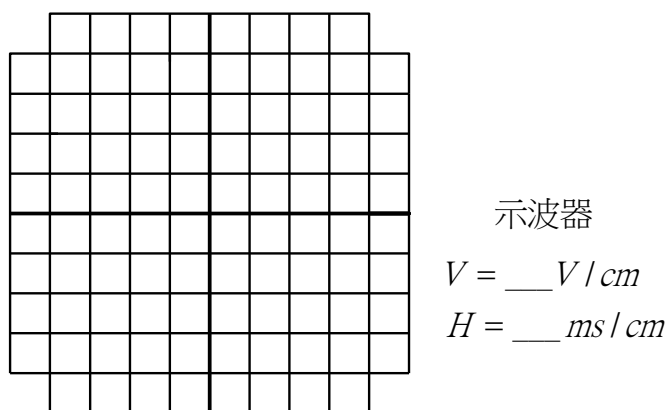


圖 8

工作四：

1. 如圖 9 將橋式整流電路輸出先並聯一個 47 μF 電容，接上穩壓 IC L7809 後再接 1K 歐姆可變電阻與 LED。改變電阻值自大到小，各別以示波器 DC coupling 與 AC coupling 觀察橋式電路輸出與穩壓 IC 輸出之波形，觀察漣波的 Pk-Pk 值為多少，並繪圖 (拍照) 記錄與工作三結果做比較。
2. 電容 C1 旁再並聯第二個 47 μF 電容後的橋式整流電路輸出的示波器 Pk-Pk 結果如何? L7809 輸出之波形 Pk-Pk 值是否有明顯改變?

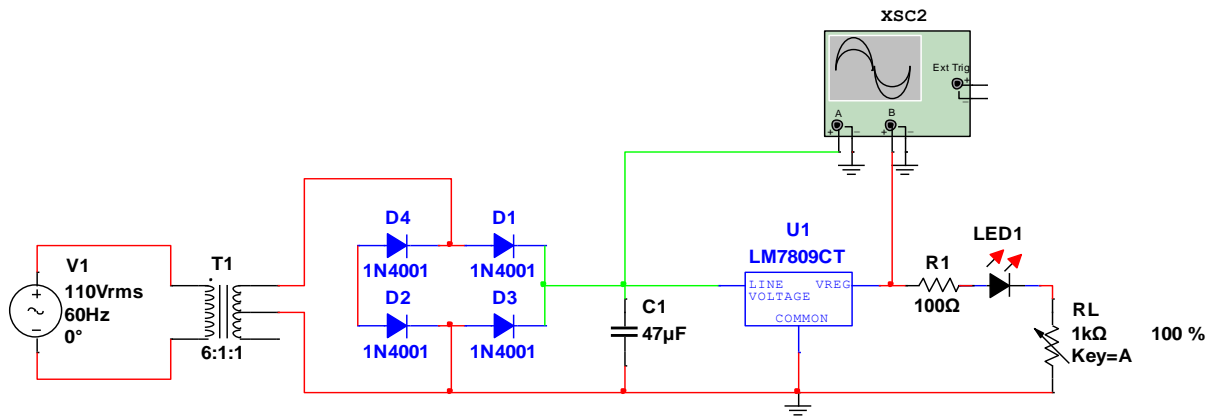


圖 9 橋式整流輸出連接 L7809 電路之示波器實驗接線圖

注意：L7809 接腳如下(誤接容易過熱燒毀)：

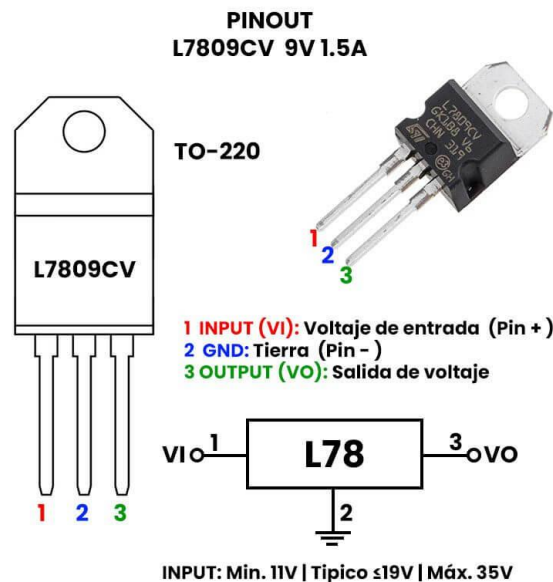


圖 10 L7809 接腳圖

五、問題與討論：

- 1、討論工作一的輸出對輸入轉換曲線。
- 2、觀察工作二全波整流輸出之漣波頻率是否與理論相同？若不同請說明不同處。
- 3、討論如果增大濾波電容器時，漣波電壓會增大或減少？請說明其原因。
- 4、在本實驗我們以裸式交流變壓器，搭配橋式整流電路做全波整流輸出可輸出多少 Volt 直流電壓？計算適當的 $\text{time constant} = RC$ 數值，分析本實驗所選取的 RC 值若讓漣波 Pk-Pk 電壓值落在 2 Volt 內的合適大小，與本實驗所採用的 RC 數值是否接近？
- 5、上網查閱 IC L7809 的技術資料，討論 L7809 的工作原理，比較此實驗有無使用 L7809 的輸出結果，兩者 Pk-Pk 值大小比例差距多少倍？
- 6、工作四多並聯一個 47uF 電容對 L7809 的輸出結果是否有影響？原因何在？