

實驗四、二極體(Diode) 與整流器

前言

本實驗的目的在於介紹二極體(Diode)及其在電路上的應用。二極體是由 p 型與 n 型半導體在形成 p-n 介面後構成，是一種最基本的半導體元件，也是我們首次接觸到的半導體元件，日後將會以 p 型與 n 型半導體為基礎，衍生出各式各樣的半導體元件，例如電晶體等等。二極體也是我們首次接觸到的非線性(Nonlinear)電子元件，因為它基本上是只允許電流單方向流動，而不能逆向流動。

二極體的功能雖然簡單，但是應用卻非常廣泛，常見於各種電子電路之中，主要應用於整流器、直流電壓放大、保護電路、與箝制電路等等。

基本原理

4-1 半導體

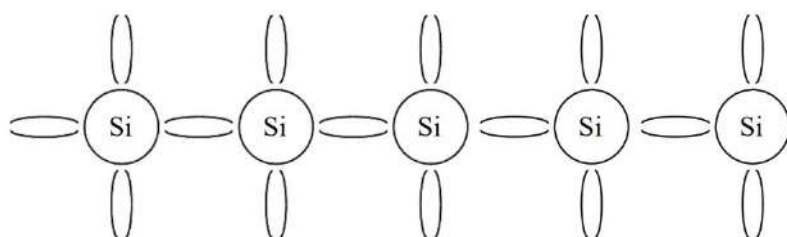
導體、非導體、與半導體

固體材料一般依照其導電率(conductivity)的大小，可以分為導體(conductor)、非導體(insulator or dielectric material)、與半導體(semiconductor)。導體，例如金屬，其原子最外層的自由電子可以輕易在材料內移動，因此電阻值很小，導電率很高。反之，非導體材料，又稱絕緣體或介電材料，例如玻璃、塑膠、純水等等，材料中的電子完全用於共價鍵(covalent bonding)結合，而且被強力限制於原子核附近，因此沒有多餘的自由電子可以在材料內移動，所以電阻值很高，導電率很小，成為一個良好的絕緣體。事實上，理想導體 (perfect conductor，電阻值為 0) 與理想絕緣體 (perfect isolator，電阻值無限大或導電率為 0) 都不存在於真實的世界中。

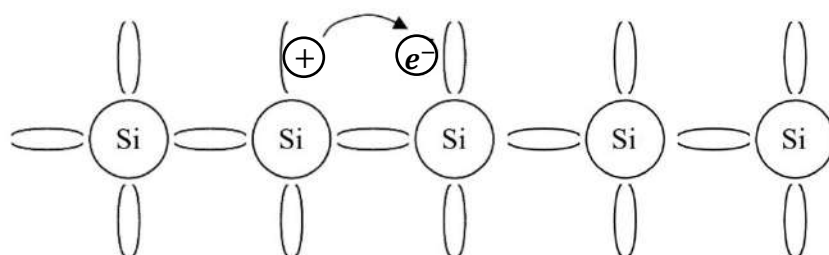
常見之半導體為矽(Silicon, Si)與鍺(Germanium, Ge)，二者均為四價鍵材料，也就是說其原子的最外層有四個共價鍵電子，並且與其四周的四個原子形成四個共價鍵。矽與鍺在一般常溫下為一非導體，但是在高溫下其導電性會顯著增加，這是因為半導體共價鍵中的原子鍵結並不強固，高溫下電子獲得的多餘能量可以使電子脫離共價鍵束縛而產生移動，因此導電性會顯著增加。當四價鍵材料內有一個電子脫離共價束縛時，會在原本的原子位置上形成一個電洞，電洞可以視為

是一個帶正電的單元。如下圖所示，在外加電場下，游離的電子可以向正極方向(向右)運動，形成電子流。另外，假設有一個電子向右移動，因此留下一個電洞，左邊的電子受外加電場作用而向右移動，填補此一電洞，卻又在左邊形成一個新的電洞，假設此行為持續下去，可以解讀成電洞向左移動，因此是向左移動的電流。

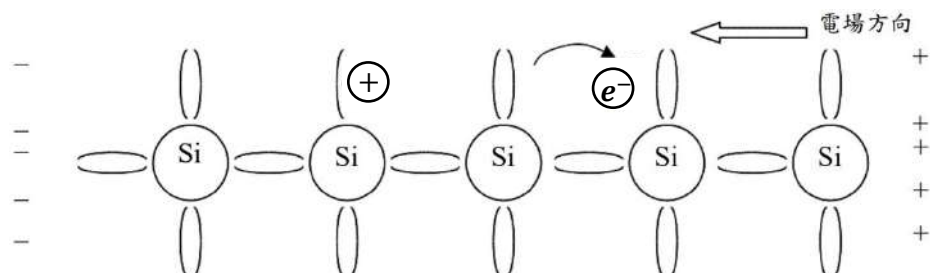
1. Si 為四價鍵元素



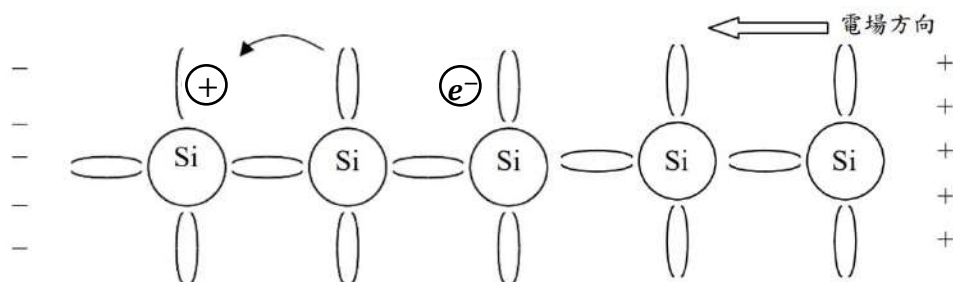
2. 室溫下或高溫時，共價鍵中某一個電子脫離共價鍵，成為自由電子，並留下一個帶正電的電洞



3. 如果有外加電場存在，自由電子可以向右持續移動，形成向右移動的電子流



4. 或者是左邊的共價鍵電子右移，填補原來位置的電洞，但是在左邊形成新的電洞，此行為持續下去，產生向左移動的電流

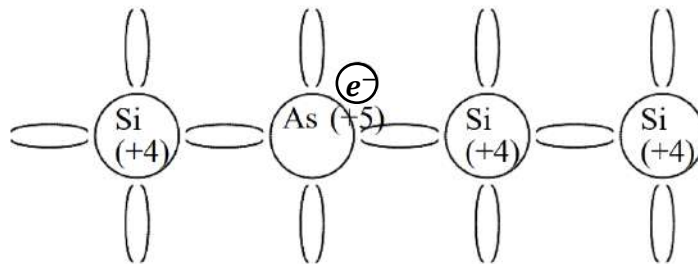


半導體的摻雜(Doping)

純四價的半導體(矽或鍺)在室溫下雖然可以因為熱能產生電子-電洞對，以進行電的傳導，但是電子-電洞對的數目有限，因此純矽或純鍺的導電度不高。想要得到較高導電度的半導體，可以在矽或鍺中摻雜(doping)其它的雜質元素，其摻雜量並不高，卻可以顯著地改變半導體的電傳導特性，這是整個半導體工業的發展基礎。

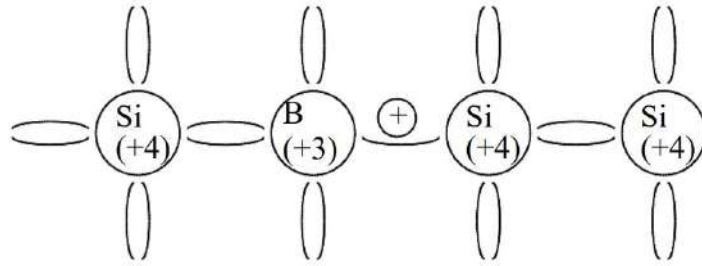
N-type 半導體

在矽或鍺中加入微量的五價元素，例如磷(Phosphorous, P)與砷(Arsenic, As)，微量摻雜(doping)的五價材料(磷、砷)除了會與周圍的四價半導體(矽、鍺)形成四個共價鍵外，還會有一個多餘的自由電子，此自由電子不受共價鍵拘束，可以在材料內較自由地移動；當有外加電場時，這些不受共價鍵束縛的自由電子可以導電，因此摻雜微量五價元素的四價半導體的導電度會明顯增加，稱之為 n 型(negative)半導體，因為導電的自由電子是帶負電(negative charge)的。n 型半導體中不受共價鍵拘束的自由電子的數目或密度，由摻雜量決定。但是請注意，雖然稱之 n 型(negative)半導體，但是此時材料仍為電中性的。



P-type 半導體

在矽或鍺中加入微量的三價元素，例如硼(Boron, B)、鋁(Aluminum, Al)、鎵(Gallium, Ga)、銦(Indium, In)，當微量參雜的三價材料(硼、鋁、鎵、銦)要與周圍的四價半導體(矽、鍺)形成四個共價鍵時，會因為電子不足因而產生一個電洞，電洞的存在使材料的導電度增加，因為附近共價鍵內的電子可以跳到電洞內，而在原先的位置產生新的電洞，如此持續下去，可以產生電洞的流動(事實上，也可以解讀成電子在相反的方向流動)，因此當有外加電場時，參雜三價元素的半導體的導電性增加，稱之為 p 型半導體，因為此時材料中存有許多可以用於增加導電性的電洞，而電洞是視為帶正電的。請注意，此時材料仍為電中性的。



多數載子(major carrier)與少數載子(minor carrier)

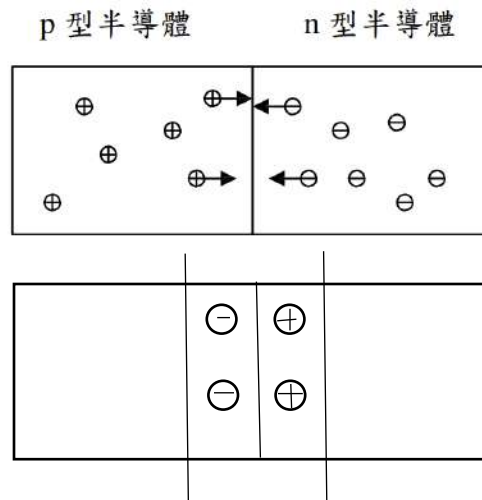
在純的矽或鍺中，電子與電洞的數目一定是相同的，同時在室溫下，其數目非常有限（億分之一？），當矽或鍺中參雜微量的五價元素而形成 n-type 半導體後，自由電子的數目大幅度增加（雖然參雜的五價元素原子數目非常少，例如百萬分之一），因此 n-type 半導體在導電時，主要的傳導者為電子，因此電子為多數載子 (major carrier)，而電洞為少數載子 (minor carrier)。相反地，當矽或鍺中參雜微量的三價元素而形成 p-type 半導體後，電洞的數目大幅度增加（雖然參雜的三價元素原子數目非常少），因此 p-type 半導體在導電時，主要的傳導者為電洞，因此電洞為多數載子(major carrier)，而電子為少數載子(minor carrier)。

在半導體中，多數載子與少數載子的數目雖然相差非常大，但是在某些元件的特性分析與應用上，少數載子的功能不可忽略。

4-2 二極體(diode)

P-N 界面、空乏區、與能階障礙

n 型半導體內部充滿自由電子，而 p 型半導體內部充滿電洞，由於電子和電洞特性不同，當 p 型半導體與 n 型半導體連接在一起時，在交接的介面會形成 P-N 界面(P-N junction)。在 P-N 界面附近，n 型半導體中位於界面附近的電子會越過界面到達 p 型半導體，並和電洞重新結合(recombination)，形成共價鍵；另一方面，p 型半導體內位於界面附近的電洞也會越過界面，並與自由電子重新結合，形成共價鍵。這樣的情況下，使得 P-N 界面附近幾乎沒有自由電子與電洞，故稱此區域為空乏區(depletion area)。此外在這個區域中，p 型半導體因獲得自由電子而帶負電，所以會阻擋 n 型半導體內的自由電子越過 P-N 界面(同性相斥)；n 型半導體則因獲得電洞而帶正電，所以會阻擋 p 型半導體內的電洞越過 P-N 界面。綜合兩者便會自然產生能階障礙(potential barrier)，阻止電子與電洞的繼續結合，最終到達穩定。

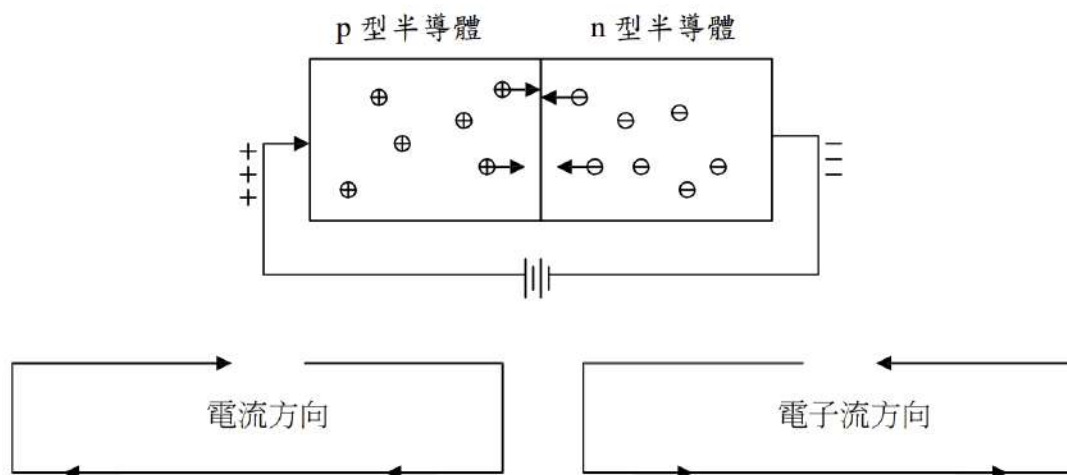


二極體的偏壓(Biasing)

正向偏壓(forward biasing)：

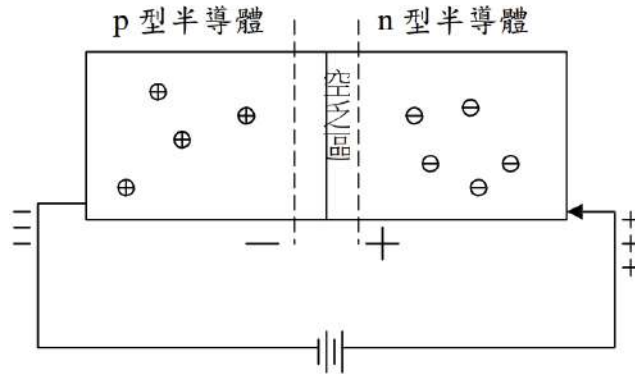
當對二極體施加正向偏壓時，如下圖，只要外加電壓可以克服疲乏區的能階障礙(potential barrier, 0.6~0.7V for Si-diode, 0.2~0.3V for Ge-diode)，電流可以繼續流過 p-n 介面，此時二極體的電阻非常小，可以視為良好導體或通路。

在二極體導通的情況下，p-type 半導體中的電洞與 n-type 半導體中的電子會不斷地向 p-n 介面運動，並且在 p-n 介面因結合(re-combine)而消失；但是外加的正向偏壓會對 p-type 半導體補充正電，並對 n-type 半導體補充負電的電子，使能階障礙降低，促成電子電洞向 p-n 介面前進。電流與電子流的流動方向如圖所示。



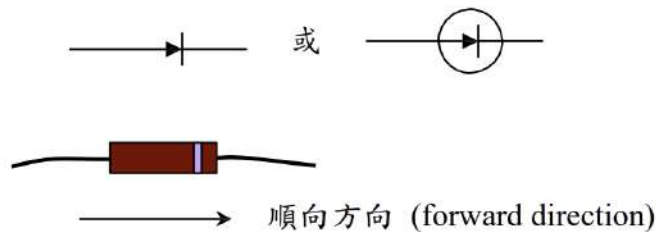
逆向偏壓(reverse biasing)：

當對二極體施加逆向偏壓時，如下圖，會使疲乏區的範圍擴大，能階障礙增加，因此電流不能繼續流過 p-n 介面，二極體的電阻變成非常大，可以視為絕緣體或斷路。事實上，逆向偏壓下，空乏區內仍有少數載子(p-type 內的電子與 n-type 內的電洞)可以傳導微小之電流，稱之為逆向電流，但是通常可以忽略。



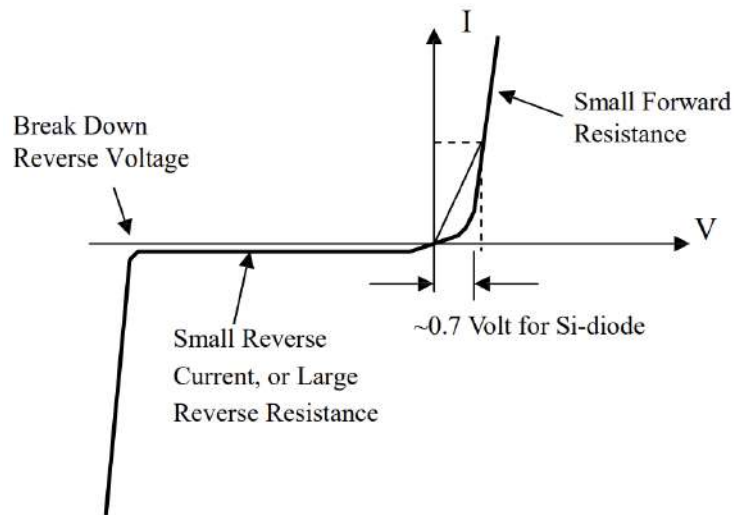
因此，二極體是一個只容許電流朝單一方向（由 p 流到 n 的方向）流動的電子元件。

二極體的電路符號



4-3、二極體的特性曲線

如前所述，二極體是一個非線性元件，其“電壓-電流”關係不能夠如同電阻、電容、電感一樣以簡單的數學方程式表示，而必須以實際的 V-I 曲線來描述，稱之為二極體的特性曲線；其中 V 為二極體上的跨壓或壓降，並且以二極體的順向偏壓方向為正；I 為沿壓降方向通過二極體的電流。一個典型的二極體 V-I 曲線如下圖所示。



二極體的特性曲線中有下列重要物理現象與意義：

1. 逆向電流(Reverse Current)：

這是指當逆向偏壓時，二極體並非完全斷路，而是仍然有微小電流流過逆向的方向(由 n 到 p 的方向)。這是因為二極體中的少數載子(p-type 半導體中的電洞與 n-type 半導體中的電子)仍然可以在逆向偏壓中傳導少許的電流，稱之為逆向電流(reverse current)。逆向電流非常的小，因此此時二極體的(逆向)電阻值非常大。

2. 崩潰逆向偏壓(Breakdown Reverse Voltage)：

這是指當逆向偏壓超過此一電壓值時，強大的逆向偏壓會造成二極體永久性的損壞，同時此時通過二極體的電流會突然暴增。一般二極體的崩潰逆向偏壓在數十伏特到數百伏特。

3. 順向電阻(Forward Resistance)：

這是指當順向偏壓超過能階障礙時，二極體並非為完美的導體，而是仍然存有一電阻值，只是此電阻值很小。由二極體的 V-I 曲線可以得到二極體在順向偏壓時的二種電阻值；首先，由圖形中的 V 與 I 的除值 (V/I)，可以得到二極體的靜態電阻(static resistance)，或稱之為直流電阻；由圖可知靜態電阻的大小是隨著電壓-電流位置而變動的。另外，由圖形中的 V 與 I 的斜率 (dV/dI)，可以得到二極體的動態電阻(dynamic resistance)，也是一個會改變的值。

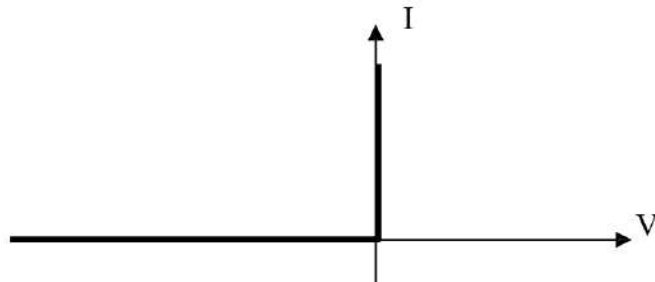
4. 崩潰順向偏壓(Breakdown Forward Voltage)：

這是指二極體可以安全工作的最大順向偏壓，超過此一電壓值時，可能造成二極體永久性的損壞。一般二極體的崩潰順向偏壓在數十伏特左右。

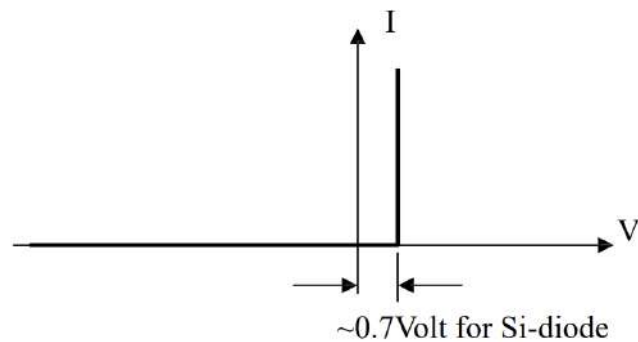
5. 最大順向電流：這是指二極體可以安全承受的最大順向工作電流。

二極體的特性曲線雖然非常完整而正確地描述二極體的電壓-電流關係，但是應用在電路分析中卻很不方便，因此，電路分析中經常將二極體的電壓-電流關係加以簡化，變成一個“理想化”的二極體(idealized diode)，以下為三種常用的簡化模型：

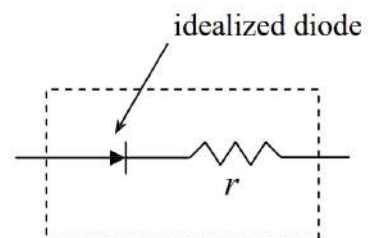
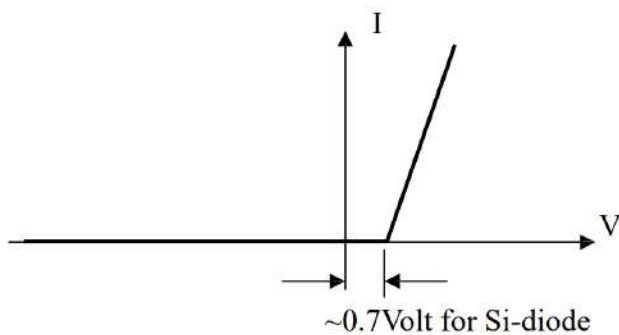
1. 理想的二極體特性曲線如下圖，這個圖的物理意義是：二極體在順向偏壓時為通路，類似一導線；二極體在逆向偏壓時為斷路。



2. 第二種理想化的二極體特性曲線如下圖，這個圖的物理意義是：二極體在順向偏壓超過能階障礙(0.6~0.7 Volt for Si diode, and 0.2~0.3V for Ge diode)時為通路；二極體在逆向偏壓或順向偏壓低於能階障礙時為斷路。



3. 第三種理想化的二極體特性曲線如下圖，其意義是：二極體在逆向偏壓或順向偏壓低於能階障礙時為斷路，在順向偏壓超過能階障礙時為一固定電阻。



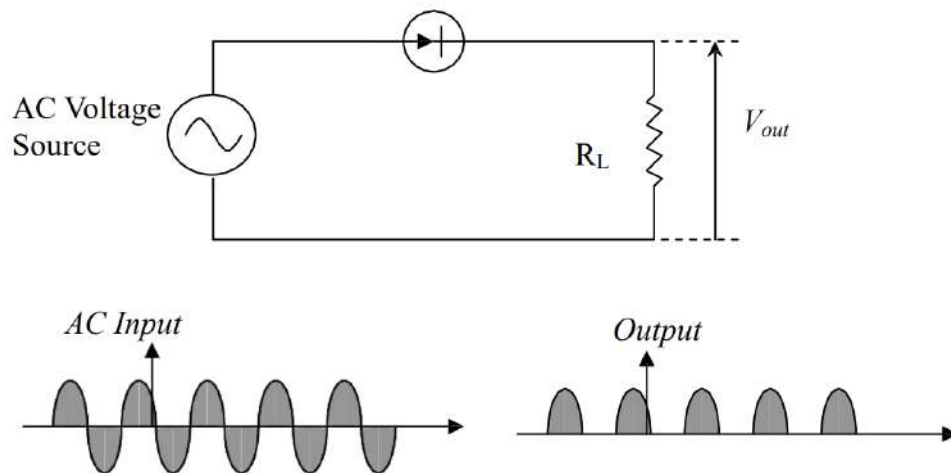
4-4 二極體整流電路--整流器(Rectifier)

二極體最廣泛的用途是用於整流器(Rectifier)，整流器的作用是將交流電壓轉換成直流電壓。在日常生活中，電力公司提供的電源是 60Hz-110V 的交流電，對許多電機或電子設備而言，必須先將此一交流電源轉換成直流電源，並且降低其電壓值，因此整流器或變壓器是十分重要的。

半波整流器 (Half-Wave Rectifier)

最簡單的整流器是僅僅使用一個二極體的半波整流器，如下圖，由於二極體限制電流僅能向一個方向流動，因此交流電源中的正半週期(對二極體而言為順向偏壓)時，電壓可以加載於 R_L ，但是負半週期時，電流中斷， R_L 上沒有跨壓或跨壓為 0。

另一種看法是：正半週期或順向偏壓時，二極體可以視為是一個小電阻，所以電源的電壓負載是加載於 R_L 上；在負半週期或逆向偏壓時，二極體可以視為是一個大電阻，所以電源的電壓負載是加載於二極體上，而 R_L 上的電壓很小，接近於 0。

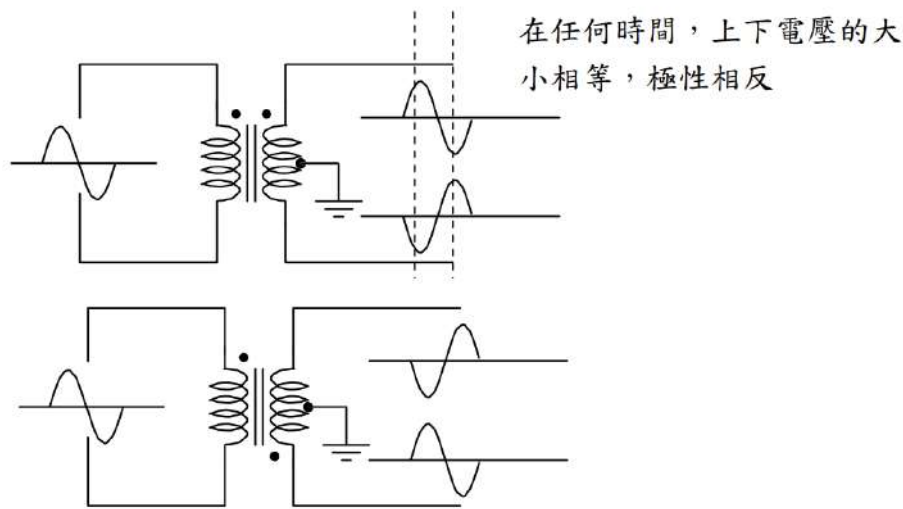


全波整流器 (Full-Wave Rectifier)

上述之半波整流器僅僅利用到一半的交流電源，因此不是很有效率的整流器，想要建構一個全波整流器，需要使用二個二極體與一個變壓器(transformer)。變壓器是二組線圈，環繞在一個鐵磁性材料上，其原理是利用電磁感應定律(Farady Law)，當交流電輸入第一個線圈時，會在第二個線圈上產生感應電動勢。真實的變壓器相當複雜，包含電阻、自感(Self-inductance)、互感(Mutual inductance)，同時在有負載下，其輸入電壓與輸出電壓的行為更加複雜。為了簡化電路的分析，我們可以使用理想化的變壓器，其輸入電壓與輸出

電壓的關係如下：假設第一個線圈與第二個線圈的繞線圈數比 $N_1:N_2$ ，則輸入交流電壓與感應電壓(亦即輸出電壓)的比值也是 $N_1:N_2$ ，因此有電壓放大(或減小)的功能，但是當電壓放大時，電流會減小，因此功率不變。

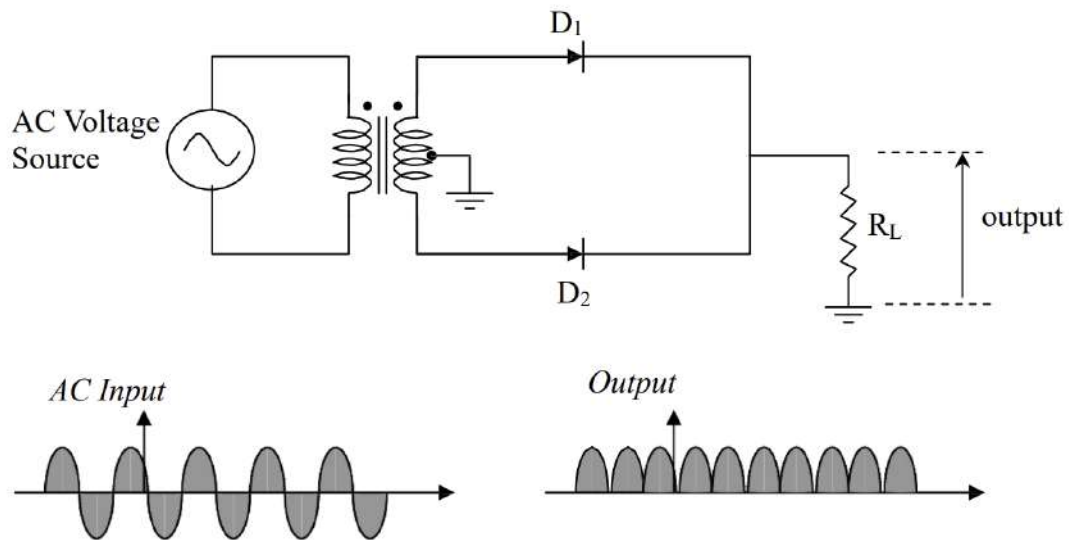
常用的變壓器為四隻接腳，但也有五隻接腳的變壓器，稱之為 Center Taped Transform，其符號如下圖所示；Center Taped transform 的第五隻接腳係由第二個線圈的中央位置接出來，因此如果第五隻腳是接地(ground)的，則第二個線圈所產生的感應電動勢會被一分為上下二個電壓，上下二個電壓的大小相等，但是極性相反。變壓器符號上的二點表示輸入電壓與輸出電壓(感應電壓)的極性或相位關係，這牽涉到線圈纏繞的方向，如果二點在同一側，則相位(或極性)相同，如果二點在不同側，則相位(或極性)相反。



變壓器的功能很多，簡單而言如下：

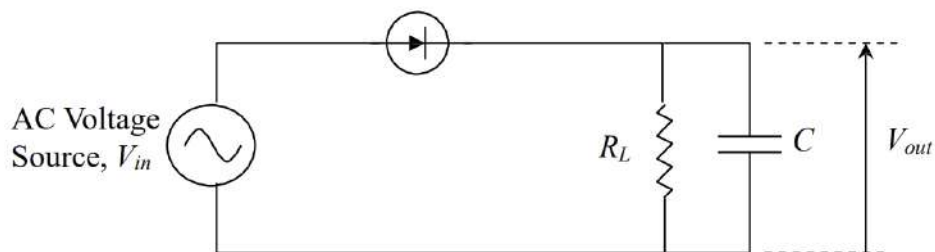
- 電壓的放大或減小
- 改變阻抗或進行阻抗匹配
- 隔離電源，因此可以保護電源
- 改變或隔離接地，如上圖，右邊電路的接地位置可以任意或重新設定，不受左邊電路接地位置的限制

下圖為一個全波整流的二極體電路，在交流電源中的正半週期時，感應電壓的上半部為正，感應電壓的下半部為負，因此 D_1 導通而 D_2 關閉，正半週期的電壓加載於 R_L 之上；在交流電源中的負半週期時，感應電壓的上半部為負，感應電壓的下半部為正，因此 D_2 導通而 D_1 關閉，因此負半週期時，下半部感應線圈的正電壓，經由 D_2 加載於 R_L 之上。形成全波整流器。

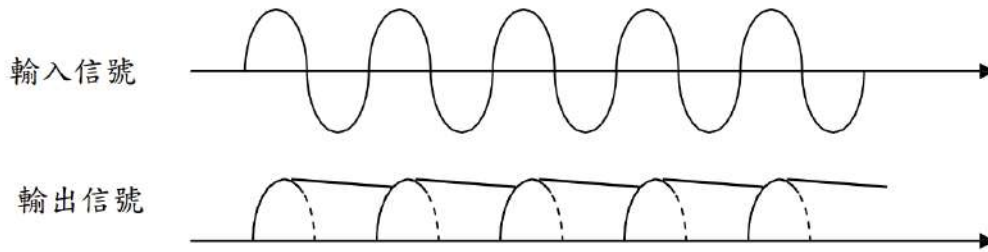


上圖為全波整流器的輸入電壓與輸出電壓關係，嚴格地說，輸出電壓的峰值要比輸入電壓的峰值小 0.7 V (假設是 Si 二極體)。

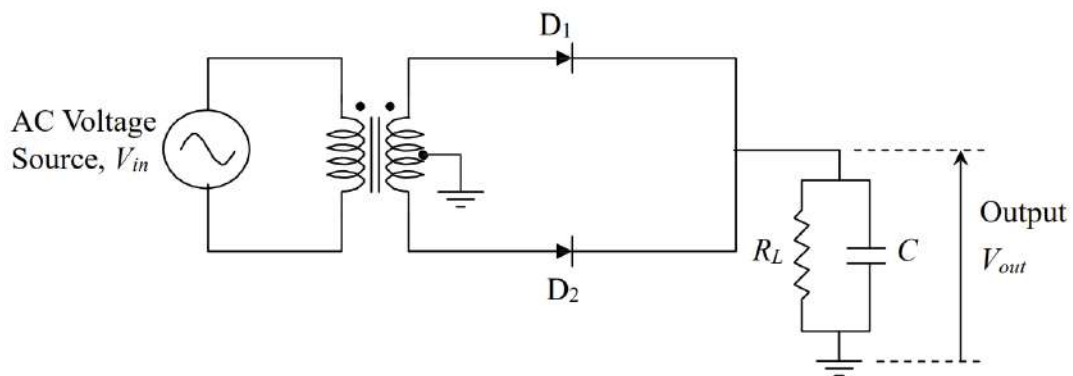
不論是半波整流器或是全波整流器，所產生的輸出電壓雖然是經過整流的(單方向的)，但是電壓與電流的大小隨時間而變化，仍然不是一個穩定的 DC 直流電壓輸出，如果要成為真正的直流電源供應器，還需要加一個濾波電容，以半波整流器為例，組成之電路如下。



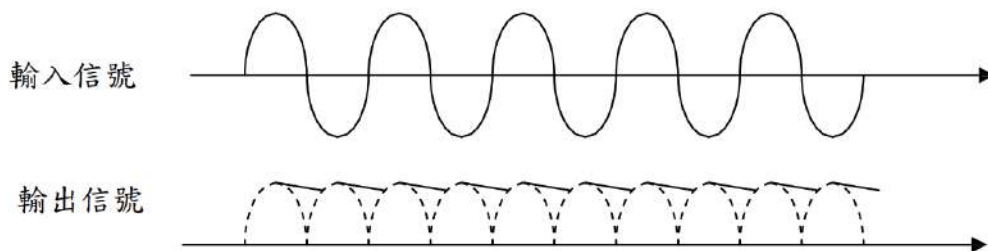
當輸入電壓由 0 升至正峰值時，二極體導通，電容充電達到正峰值；當輸入電壓由正峰值開始下降時，如果此時電容的電壓高於輸入電壓，會使二極體呈現逆向偏壓，因此成為斷路，此時電路中可以視為只存在電容(C)與電阻(R_L)，電容會開始對電阻放電，造成電壓(V_{out})逐漸降低，其降低的速度由 $R_L C$ 時間常數 ($R_L C$ time constant) 決定， $R_L C$ 值愈大，電壓降低的速度愈慢，當輸入電壓(V_{in})又回升接近正峰值時，一但輸入電壓 (V_{in}) 超過當時的輸出電壓 (V_{out}) 0.7 Volt 以上時，二極體再度導通，輸入電壓又會開始加載於電阻 (R_L) 之上，並開始對電容充電，使其電壓 (亦即輸出電壓) 回升到接近正峰值的水準。上述的結果會使得輸出電壓 (V_{out}) 成為一個漣波，如欲減小漣波的上下起伏程度，得到較平穩的 DC 輸出，則必須選用較大的電容或電阻，以增大 $R_L C$ 時間常數。上述電路之輸入信號與輸出信號關係如下：



對全波整流器也是一樣可以加裝一個電容，達到穩壓直流輸出的效果，如下圖。



輸入之交流電與輸出之直流電之間的關係如下圖所示，同樣的，漣波的特徵由電容與電阻的放電時間常數-- $R_L C$ time constant --決定，如欲減小漣波的上起伏程度，得到較平穩的 DC 輸出，則必須選用較大的電容或電阻。



3-5 齊納二極體(Zener diode)

在順向偏壓(Forward voltage)時，特性如同一般二極體，其特別用來操作反向模式的二極體，相較於一般二極體順向使用，齊納二極體最大特色就是能夠逆向使用，即使電流變動，齊納二極體也能在齊納電壓(V_Z)下，保持電壓穩定不波動，因此可將其裝設在定電壓迴路上，用來保護 IC 等不受突波電流和靜電傷害。

在 V-I 特性曲線中，當 $V < V_Z$ ，則進入為累積崩潰 (Avalanche breakdown)。

逆向偏壓有下列各主要點：

V_Z ：齊納崩潰電壓。

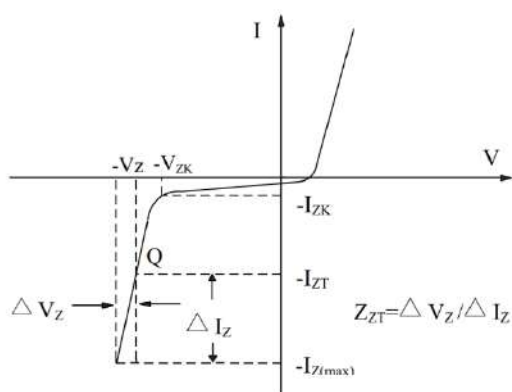
I_{ZT} ：測量齊納電壓的測試電流，一般為 $I_Z(\max)$ 的 $1/4 \sim 1/2$ 。

I_{ZK} ：膝點電流，即能維持齊納電壓的最小電流。

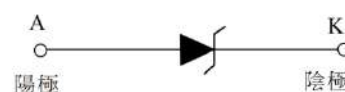
$I_{Z(\max)}$ ：最大齊納電流，此電流受齊納二極體最大容許功率消耗 $PD(\max)$ 所限制。

$Z_{ZT} = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$ ， Z_{ZT} 為 Zener 動態阻抗 (Dynamic resistance)，是 Zener 二

極體在操作點的增量電阻 (Incremental resistance)。 Z_{ZT} 之值愈低，齊納電壓在其電流改變時愈能維持於一固定值，因而其性能將變得更理想。



(a) V-I 特性曲線



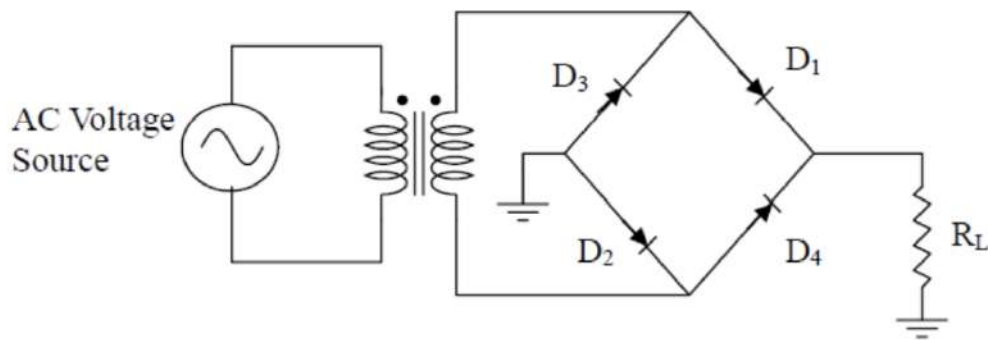
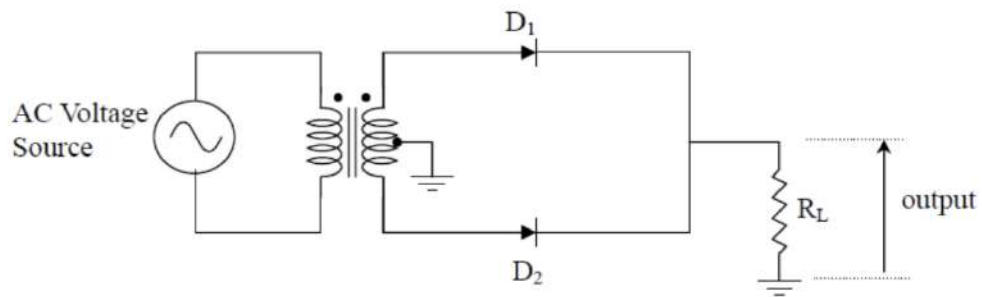
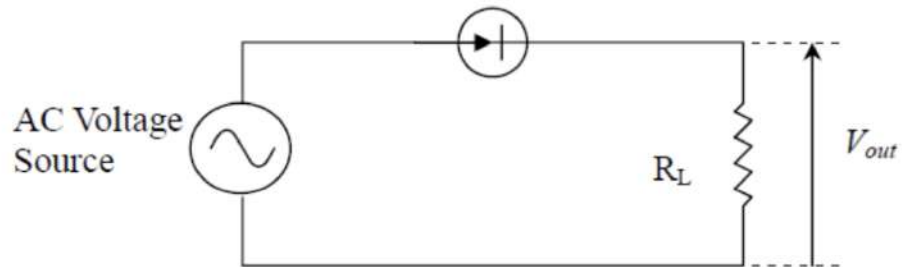
(b) 電路符號



(c) 實體圖

預習作業

1. 試述電路分析中經常三種常用的二極體的電壓-電流關係簡化模型（分別敘述各模型特色並繪圖說明之）。
2. 請敘述下列分別為何種型式之整流器，同時繪出並說明其輸出電壓之特色？



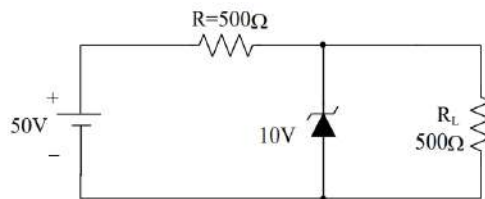
預習作業

齊納二極體的主要用途為穩壓，在此情況下，負載電阻器接於齊納二極體的兩端，為分流穩壓器(Shunt regulator)。齊納二極體唯有在崩潰區內工作，才有能力使負載兩端的電壓穩定，此時齊納二極體必需確保流過齊納的電流，即 $I_{ZK} < I_Z < I_{Z(max)}$ ，並儘可能不要讓齊納二極體工作在 I_{ZK} 附近，以免造成 I_Z 電壓因電源電壓的降低而失去穩壓作用及造成很大的雜訊。

穩壓器之功能為：即使電源電壓變動或負載電流、電阻有變化之情況下，仍儘可能提供輸出電壓或負載電壓維持不變。

3.

【例5-1】如圖所示，求 R_L 在多少歐姆範圍內變動，尚可保持負載電阻端電壓於10伏特？其中齊納二極體的規格為 $V_Z=10\text{ V}$ ， $I_{ZK}=5\text{ mA}$ ， $P_{D(max)}=1/2\text{ Watt}$ ， $I_{ZK}=1\text{ mA}$ 。



實驗內容與實驗報告

1. 二極體能階障礙的量測

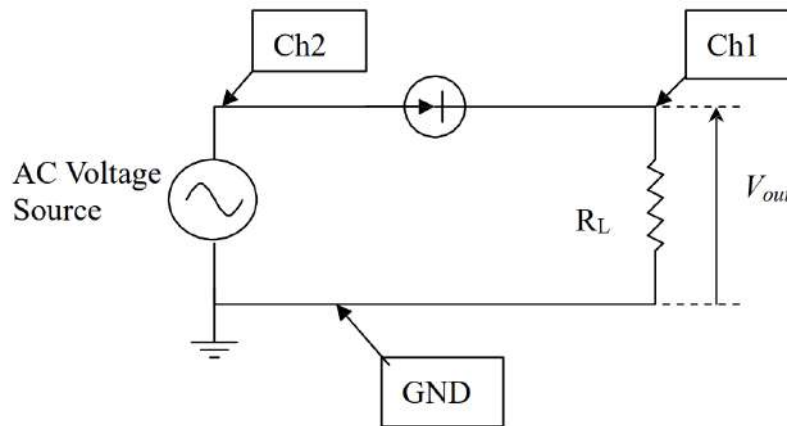
請選用數位三用電錶中的二極體測試選項，此選項會使電錶的二支探棒帶有 3.0 V 的電位差，紅色探棒為正(+)，黑色探棒為負(-)；當探棒未接二極體時，二支探棒之間為開路，因此電錶顯示 3.0 V 左右的電壓；當二支探棒互相接觸時，電錶顯示 0V 的電壓，表示短路；當探棒以順向偏壓的方式接觸二極體時(紅色探棒接 p，黑色探棒接 n)，電流導通，所顯示之電壓值即為二極體的能階障礙電壓。

請問當探棒以順向偏壓的方式接觸二極體時，電錶顯示電壓值為何？請測試二種二極體：1N4007 與 1N4735，紀錄其順向偏壓的差異。

請問當探棒以逆向偏壓的方式接觸二極體時，電錶顯示電壓值為何？為什麼？請測試二種二極體：1N4007 與 1N4735。

2. 半波整流器

半波整流器的電路如下圖，輸入信號為一 100Hz，-5V ~+5V 之正弦波，比較 Ch1 與 Ch2 的輸出信號？解釋其差異？ R_L 建議選用 10~100 k Ω 等級之電阻。



3. 直流電壓電路

直流電壓電路的電路與前項實驗(2)的半波整流器相同，但是 R_L 必須額外並聯一個電容 C 。比較 Ch1 與 Ch2 的輸出信號。選用不同 R_L 與 C 的值，產生以下三種情形：(a)明顯漣波、(b)少許漣波、與(c)幾乎沒有漣波。請解釋其原因。

4. 穩壓電路

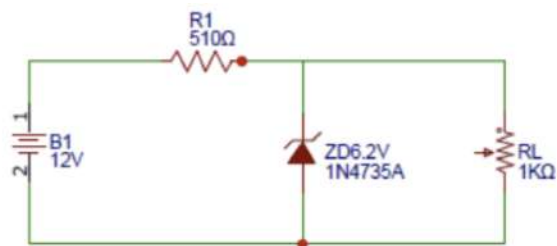
(1) 按圖所示接妥電路。

(2) 調整可變電阻，看電壓指示值變化情形，並將 $\Delta V = V_0 - V_Z$ ， $\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V_Z}$

記錄於表 4-1 中，當 $V_0 < V_{ZK}$ ，即為無法穩壓。(請參照規格書中 $V_{ZK} = V_{Z(min)}$)

(3) 當 $R_L < R_{L(min)}$ 時，則齊納二極體無法穩壓於 V_Z ，請利用相關原理計算 $R_{L(min)}$ 值並解釋現象。

(4) 自行固定 R_L 電阻值，依表調整電源電壓，限電流於 0.05A，觀察電壓指示值變化情形，並記錄於表 4-2 中。



$V_Z = 6.2\text{V}$ ， $R_{L(\min)}$ 為 _____，

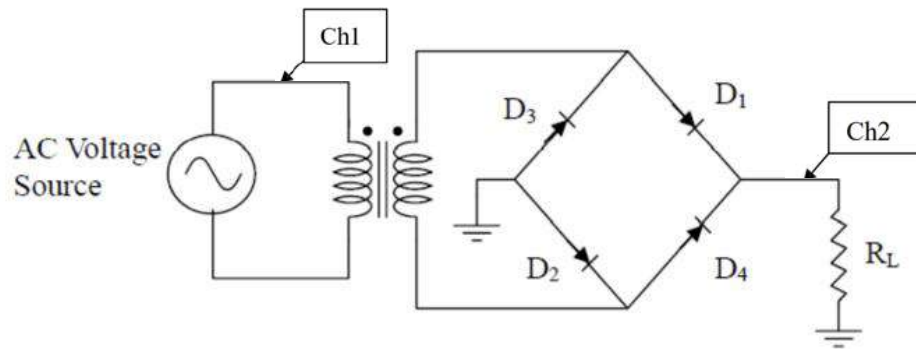
R_L	7 k Ω	5 k Ω	3 k Ω	1 k Ω	680 Ω	510 Ω	330 Ω
V_o							
ΔV							
$\Delta V(\%)$							

表4-1 齊納二極體於負載變動時之穩壓效果

V_s	25V	20V	15 V	10 V	5 V	3 V
V_o						
ΔV						
$\Delta V(\%)$						

表 4-2 齊納二極體於電源變動時之穩壓效果 $R_L = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

5. 橋式全波整流器



- (1) 用三用電表判斷二極體極性，並判斷是否導通。
- (2) 將 4 個 1N4004 的二極體，依圖 2 所示的電路接線即可變成一個全波整流電路。
輸入信號為一 100Hz， $-6V \sim +6V$ 之正弦波，另須注意 1. 二極體的極性 2. 有接地符號處表示互相導通。
- (3) 請比較 Ch1 與 Ch2 的信號。

BOM 表

1.

元件名稱	規格	編號	數量
二極體		1N4007	1
二極體		1N4735	1

2.

元件名稱	規格	編號	數量
二極體		1N4007	1
二極體		1N4735	1
電阻	10K		

3.

元件名稱	規格	編號	數量
二極體		1N4007	1
電阻	1K、10K、100K		各 1
電容	0.1 μ F、1 μ F、10 μ F		各 1

4.

元件名稱	規格	編號	數量
齊納二極體		1N4735A	1
電阻	510 Ω		1
可變電阻	10K		1

5.

元件名稱	規格	編號	數量
二極體		1N4004	4
