

# 職業訓練教材 異國文化特性-SCR

編號：PEN-PET0601

編者：賴世雄

審稿者：唐錫惠

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

刊製單位：中華人民職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十一月

## 單元 PEN-PET0601 學習指引

在你學習本單元之前，你應該先了解 PN 半導體、電晶體的特性，並且對三用電表（或稱萬用電表）及示波器有著基本操作的認識。

如果你自認自己的程度尚可的話，請翻到下一頁開始學習。但如果你認為自己仍有不夠熟悉之處，請將本教材放回原位，並取出編號 PEB0137（辨認及選用整流二極體）、PEB0139（辨認及選用電晶體）、PEB0140（辨認及選用場效電晶體）、PEB0407（使用示波器觀察電路波形）、PEB0408（使用示波器測量波形電壓）、PEB0409（使用示波器測量波形頻率）、及 PEB0410（使用示波器觀測波形相位）教材開始學習，或是請教你的老師。

## 引言

電力電子技術是結合功率半導體元件的開關控制電路、拓樸結構的設計與系統控制的一門綜合性科目。其目的就是利用功率半導體元件對電源加以轉換與控制，以符合各種負載的需求。近年來，電力電子技術的進步得以實現，元件的快速發展乃是主要的關鍵。

SCR 仍是電力電子元件中，具較高電壓，較大電流的功率半導體元件。在電力電子技術中，交流 $\Rightarrow$ 直流及交流 $\Rightarrow$ 交流轉換控制中，經常使用 SCR 相位控制法來達成，目前應用較多的場所為電熱工業。

本單元將讓你實習 SCR 功率半導體元件，並使你學會這些電力電子元件的特性，以作為設計電力電子電路時，所需的開關元件之選擇。

## 定義

PRV :

- (一) 最大逆向電壓(Peak Reverse Voltage)，亦可標示為  $V_{BD(R)}$  (Reverse Breakdown Voltage) 反向崩潰電壓。
- (二) 此項參數定義了 SCR 崩潰進入累增 (avalanche) 區而開始大量傳導電流時，從陰極到陽極的反向最大電壓。

$\frac{dv}{dt}$  : 單位時間內的電壓變化率。

$\frac{di}{dt}$  : 單位時間內的電流變化率。

## 學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出 SCR 的基本原理。
- 二、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地量測 SCR 的特性。

---

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 25 頁做學後評量。假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

## 學習活動

本單元之學習活動包括相關知識及實際量測。在實際量測之前，我們必須先學習電力電子元件特性之相關知識。而你對於電力電子元件特性之認識與學習上，可以由下列兩條路徑選擇一途徑去學習。

一、 閱讀本教材之第 6 頁至第 24 頁。

二、 閱讀下列參考書籍：

(一) 歐文雄、歐家駿 80 年 工業電子學 全華科技圖書股份有限公司

### 本教材的第一個學習目標是

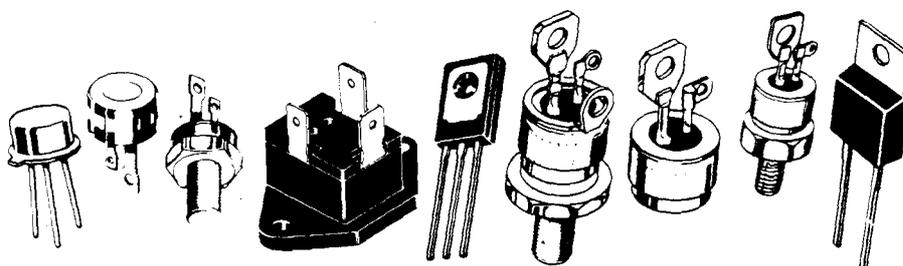
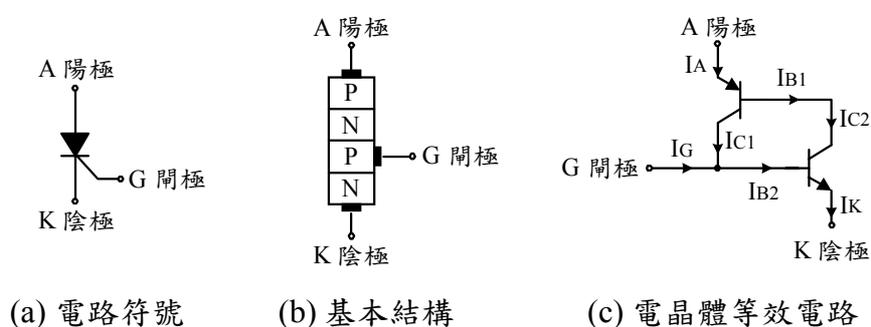
在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出 SCR 的基本原理。

## 相關知識

閘流體元件，可由非導通狀態經由觸發而變成導通狀態，其最具代表性元件為矽控整流器（Silicon Controlled Rectifier，簡稱 SCR），SCR 元件通常使用於開關元件、電壓輸出控制器，SCR 可利用閘極信號控制功率流動，當加入一個正電壓信號至閘極時，會使 SCR 由非導通之高阻抗狀態變成導通狀態。

### 一、SCR 的結構與外型：

圖 1.1 (a) 是 SCR 之電路符號，其引出端分別為陽極 (A)、陰極 (K)、閘極 (G)，它的基本結構如圖 1.1 (b) 所示，係由四層 PNP 半導體所組成，基本上可看成由 PNP 與 NPN 兩個電晶體組成，如圖 1.1 (c) 所示。



(d) SCR 外型與種類

圖 1.1 SCR 的結構與外型

### 二、SCR 的動作原理：

(一) 如圖 1.2，當 SCR 的閘極電流開路，陽極與陰極間加順向電壓（A 為正極性電壓）時，由於兩個電晶體均無基極電流，故無法產生集極電流，此時 A、K 間只有少許的漏電流，即 SCR 處於截流狀態。

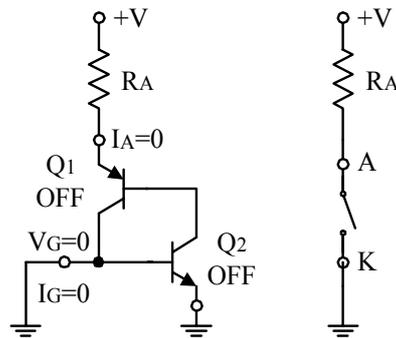


圖 1.2 SCR 關閉

- (二) 如圖 1.3，當陽極與陰極間加有順向電壓，且閘極與陰極間亦施加有順向電壓，而產生閘極電流 ( $I_G$ ) 時，這個  $I_G$  電流即為 NPN 電晶體  $Q_2$  的基極電流 ( $I_{B2}$ )，故  $Q_2$  即導通而產生  $I_{C2}$ ；而  $I_{C2}$  電流又為 PNP 電晶體  $Q_1$  之  $I_{B1}$ ，因此  $Q_1$  也隨之導通而產生  $I_{C1}$ ，而  $I_{C1}$  又是  $I_{B2}$ ，如此循環放大，使得  $Q_1$  與  $Q_2$  即刻處於飽和狀態，即 SCR 導通。

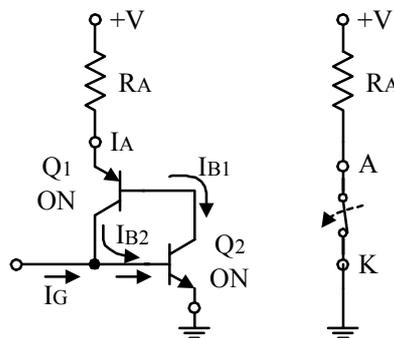


圖 1.3 SCR 觸發導通

- (三) 已經觸發導通之 SCR，因其內部兩只電晶體已構成循環放大，無需再靠外加的閘極電流，此時閘極即失去控制能力。也就是說：SCR 的閘極僅能控制導通（即 turn on 作用），而無法控制截止（即 turn off 作用）。
- (四) 要將已觸發的 SCR 予以關閉，只有降低陽極和陰極間的順向電壓  $V_{AK}$ ，使陽極電流  $I_A$  低於維持電流（Holding Current,  $I_H$ ），此時的  $V_{AK}$  已經非常近於零電壓，故一般工程應用都認為：只有將  $V_{AK}$  降為零，或轉為逆向電壓，才能使 SCR 截流。

## 三、SCR 的測試：

## (一) 判別 SCR 之 A、K、G 三端：

將三用電表撥至  $R \times 1\Omega$  檔，而測量 SCR 三腳中之任兩腳，依電表極性共有六種不同的測量組合，如圖 1.4 所示。發現只有一種測量為低電阻值，其他均開路（請參考表 1.1）。因測得此唯一低電阻值時，黑棒所接的是閘極 G，而紅棒所接的是陰極 K（因 SCR 之等效電路中，可得知此 GK 間為 PN 接面，如同二極體之特性）。所以另一支腳為陽極 A，通常陽極 A 與外殼相接，以利散熱之用。

表 1.1 測量方法

VOM 紅棒接“+”端，而黑棒接“-”端

測試點	連接方式	測量範圍	測量結果
A-K	順向或逆向	$R \times 1K$	高阻值
A-G	順向或逆向	$R \times 1K$	高阻值
K-G	黑棒接 G，紅棒接 K	$R \times 1$	低阻值， $10 \sim 100\Omega$
	黑棒接 K，紅棒接 G	$R \times 1$	高阻值

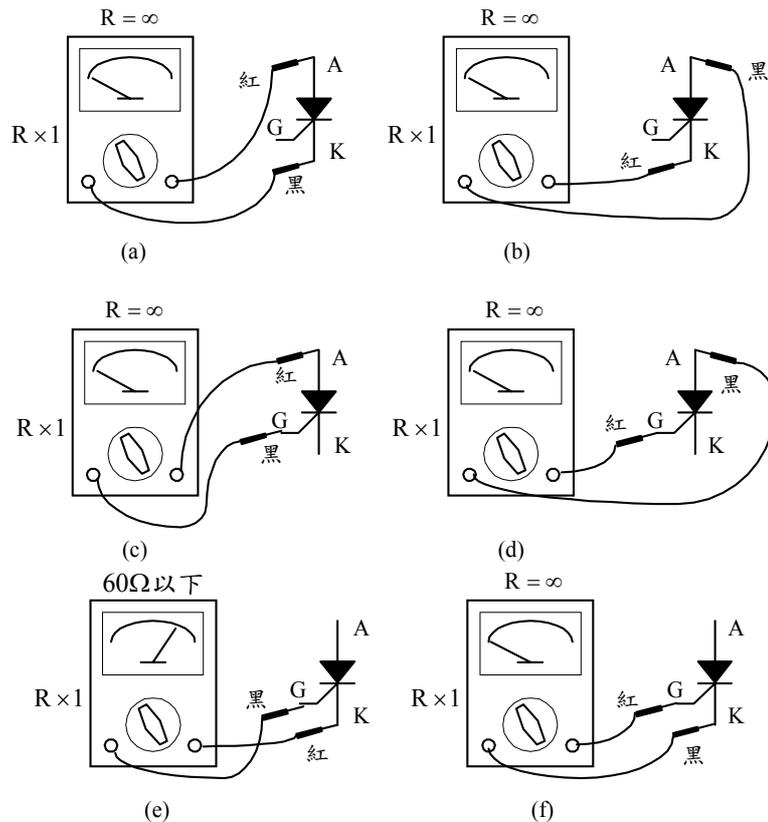


圖 1.4 判定 SCR 之 A、K、G 三端

1. 如圖 1.4 (a)，將三用電表置於  $R \times 1\Omega$  檔，紅棒接 A 極，黑棒接 K 極，此時 R 趨近  $\infty$  值，故 A、K 間為逆向。
2. 如圖 1.4 (b)，紅棒接 K 極，黑棒接 A 極，雖然此時之 A、K 間為順向，但 G 極未受觸發，故 R 值仍趨近於  $\infty$  值。
3. 如圖 1.4 (c)，紅棒接 A 極，黑棒接 G 極，此時 R 趨近  $\infty$  值。
4. 如圖 1.4 (d)，紅棒接 G 極，黑棒接 A 極，故 R 值仍趨近於  $\infty$  值。
5. 如圖 1.4 (e)，紅棒接 K 極，黑棒接 G 極，則 G、K 間為順向，此時 R 值甚小，大約在  $60\Omega$  以下。
6. 如圖 1.4 (f)，紅棒接 G 極，黑棒接 K 極，則 G、K 間為逆向，故 R 值較圖 1.4 (e) 大很多或趨近於  $\infty$  值。

(二) 觸發特性測試：

1. 如圖 1.5，將三用電表撥到  $R \times 1\Omega$  檔，黑棒所接的是陽極 A，而紅棒所接的是陰極 K，此時三用電表指示無窮大。
2. 然後將 A、G 以導線短路（黑棒仍接觸陽極 A），此時 A、K 間之電表指針指到低阻值。
3. 若將此導線移除時，三用電表指示仍然維持低阻值，則 SCR 為良品。如將測試棒暫時離開 SCR 後再重測 A、K 間的電阻值又恢復至無限大位置。

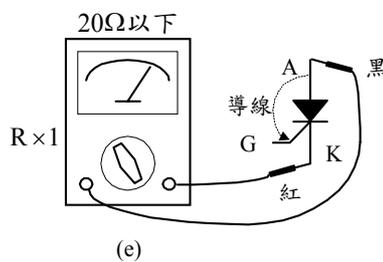


圖 1.5 觸發特性測試

**學習評量一**

請不要參閱資料或書籍，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

## 一、是非題：

- ( ) 1. SCR 三端引出點稱之為陽極 (A)、陰極 (K)、閘極 (G)。
- ( ) 2. SCR 係由四層 PNP 半導體所組成，基本上可看成由 PNP 與 NPN 兩個電晶體所組成。
- ( ) 3. SCR 除陽極加負電壓，陰極加正電壓外，閘極亦需加一順向正電壓信號，才會使 SCR 由非導通狀態變成導通狀態。
- ( ) 4. SCR 的控制特性為閘極僅能控制導通，而無法控制其截止。
- ( ) 5. SCR 為一三端功率元件，在判別 A、G、K 三端時，其有六種不同的測試方法，其中僅一種呈導通低電阻狀態，此時，不接觸的那一端點為“A”。

## 筆記欄

### 學習評量一答案

一、是非題：

1. ( ○ )

2. ( ○ )

3. ( × ) 陽極加正電壓，陰極加負電壓。

4. ( ○ )

5. ( ○ )

### 本教材的第二個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地量測 SCR 的特性。

## 相關知識

### 一、SCR 的陽極特性曲線：

#### (一) 無閘極電流之陽極特性曲線：

如圖 2.1 為 SCR 在閘極開路 ( $I_g=0$ ) 情況下的典型特性曲線。

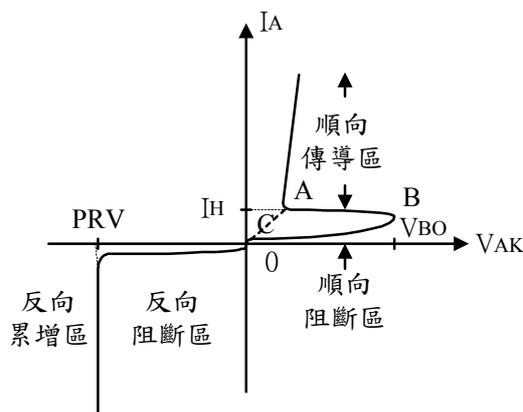


圖 2.1 閘極開路之陽極特性曲線

1. 第一象限係 SCR 工作於順向電壓（陽極接正極性電壓），且閘極開路的情況。
  - (1) 當順向電壓小時，SCR 不導通，僅有小量的漏電電流，而這個漏電電流的大小與溫度成指數關係增加。
  - (2) 如果 A、K 間的順向電壓增大到某一數值時，由於電場的作用，而使接合面產生崩潰現象，形成大量電流而促使 SCR 轉變為導通狀態。而這個電壓即稱為順向轉態電壓（Forward Breakover Voltage，簡稱  $V_{BO}$ ），亦為 SCR 的一項重要規格。
  - (3) 當 SCR 導通，其內阻急遽下降，而電流急增，如圖 2.1，沿  $B \Rightarrow A$  曲線。
2. SCR 的順向轉態電壓  $V_{BO}$  大小與其內部電晶體之  $\alpha$  值有關。理論上， $V_{BO}$  應略小於 PRV 值；但實際上，由於半導體表面處理問題與製造因素的影響，那一個數值會大一些已沒有一個明確的準則，一般工程應用上均視為兩者相等。
3. 一個已處於導通範圍的 SCR，如圖 2.1 所示之曲線 A，若降低 A、K 間之順向電壓，則其導通電流  $I_A$  亦隨之下降，但下降之曲線是沿著  $A \Rightarrow C$  曲線。
4. 維持電流（Holding Current） $I_H$  係能維持 SCR 導通的最小陽極電流，當  $I_A$  下降至小於  $I_H$  時，SCR 即發生 turn off 動作而轉變為截止狀態。若要再觸發導通，則必須  $V_{AK} > V_{BO}$ ，再沿  $B \Rightarrow A$  曲線工作。

5. 第三象限係 SCR 工作於逆向電壓（陽極接負極性電壓）的情況，其特性與一般二極體相似。PRV 為 SCR 之逆向破壞電壓（Reverse Breakdown Voltage），亦稱為逆向電壓；為 SCR 可承受之最大逆向電壓，係選用 SCR 的一項重要規格。

- (1) 若 SCR 陽極與陰極所施加的逆向電壓小於 PRV 值，則 SCR 不導通，僅有微小的漏電電流。
- (2) 如果逆向電壓大於 PRV 值，SCR 將逆向導通而產生大量電流，使 SCR 被破壞。

(二) 有閘極電流之陽極特性曲線：

一般實際工作，SCR 的陽極順向電壓必須限制小於閘極開路時之轉態電壓  $V_{B0}$ ，而利用閘極電流來控制觸發導通。SCR 閘極施加有訊號而產生閘極電流的順向特性曲線如圖 2.2 所示。

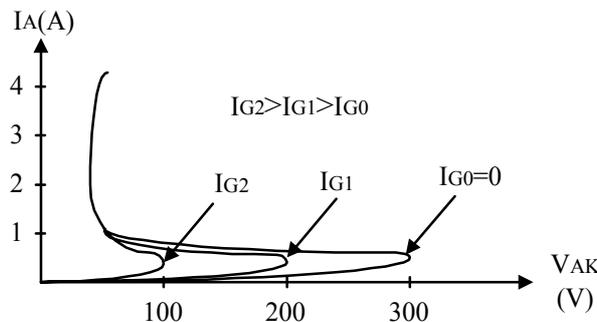


圖 2.2 受有閘極電流之 SCR 順向特性

1. 由圖 2.2 可知，當閘極電流  $I_G$  愈大時，其轉態電壓愈小，也就是說，在較低的陽極電壓時，SCR 就可以導通。
2. 如圖 2.2 中，當閘極電流為  $I_{G1}$  時，SCR 陽極順向電壓約上升至 210V 左右即可轉態而導通；如果閘極電流增加至  $I_{G2}$ ，則順向電壓上升至 95V 左右就可以觸發導通。因此，控制閘極電流的大小，即可控制 SCR 的導通點。

二、閘極觸發特性：

下列的情況均可以使 SCR 觸發導通。

- (一) 外加順向電壓大於順向轉態電壓  $V_{B0}$ 。
- (二) 接面溫度超過 SCR 最大容許溫度。
- (三) 陽極電路的電壓上升率  $\frac{dv}{dt}$ ，超過 SCR 的額定  $\frac{dv}{dt}$  值，或是電路電流上升率

$\frac{di}{dt}$ ，超過元件的額定  $\frac{di}{dt}$  值。

(四) 順向工作電壓下，以閘極電流來觸發。

這些方法中，除了第四項利用閘極電流來觸發是正確的使用方法外，其他的都是不正確的觸發方式，因為會損及元件。

三、SCR 的關閉 (Turn off)：

欲有效地控制 SCR 電路的負載平均消耗功率，必須使 SCR 不斷地導通 (turn on) 及截止 (turn off)，且控制導通與截止的時間長短。由於已經處於導通的 SCR，其閘極就不再具有控制作用，因此，必須降低陽極與陰極間的電壓，才能使 SCR 發生關閉截止的目的。通常下列方法可以使 SCR 截止：

(一) 電流中斷法 (Current Interruption)：

我們知道要使 SCR 由飽和區跳回截止區，只要把 SCR 之陽極 A 與陰極 K 之電流  $I_{AK}$  降低到維持電流  $I_H$  以下即可。如圖 2.3，即是把  $I_{AK}$  降至  $I_H$  以下的兩種方法：

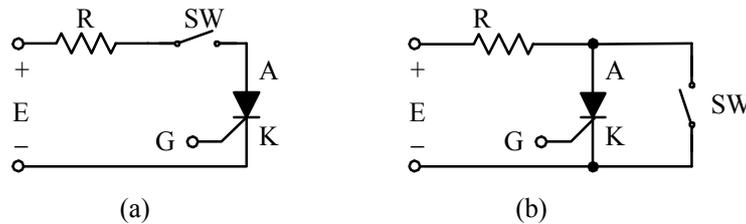


圖 2.3 電流中斷法

1. 圖 2.3 (a)，是把開關 SW 打開，令  $I_{AK}=0$ ，而關閉了 SCR 使其截止。
2. 圖 2.3 (b)，是把開關 SW 關閉，令  $I_{AK} \approx 0$ ，而關閉了 SCR 使其截止。

(二) 交流電源換向法：

當 SCR 被利用於交流電，如圖 2.4 所示。

1. 於正半週，SCR 將被觸發而導通。
2. 在負半週，陽極與陰極間被施以逆向電壓，故 SCR 會自動截止。

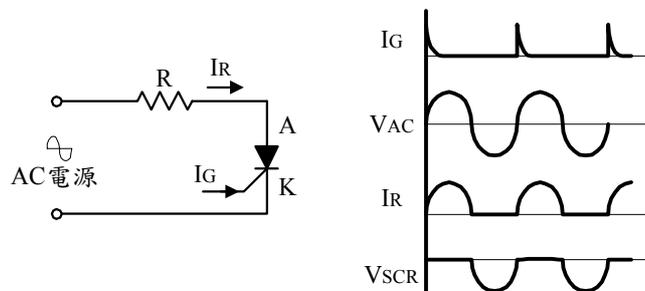


圖 2.4 交流電源換向法

(三) 電容換向法：

1. 如果 SCR 係工作於純直流電源時，SCR 一旦觸發導通後，就不會自動截止，如此 SCR 元件作為電源開關，也就無法控制負載的平均消耗電功率。因此，控制電路就必須要有特殊電路來使 SCR 截止，通常係採用無源（被動）儲能元件如圖 2.5 中的 C 元件，來迫使電流反向經陽極電路，以達到關閉 SCR 的目的。
2. 由於 SCR 等閘流體係屬 PNP 接合型半導體元件，在發生關閉動作時，需要有一段極短的時間，使接合面的電荷反轉，這段時間即稱之為截止時間（turn off time），一般廠商均會提供在某特定條件下的最短截止時間  $t_{off}$ ，典型的 SCR 截止時間  $t_{off}$  約  $10\sim 100\mu s$  左右。
3. 倘若 SCR 還未完全截流，陽極再受有順向電壓的話，SCR 會在無閘極訊號的條件下，再度導通。

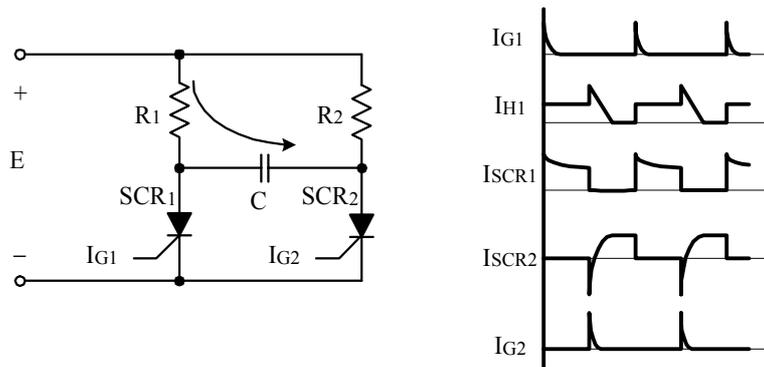


圖 2.5 電容換向法

(四) 負載諧波自換向法 (Self Commutated by Resonating the Load)：

1. 如圖 2.6 (a) 中，如 SCR 受到  $I_c$  觸發而導通，此時電流必由電源之正端流出經 SCR，電感 L 向電容器  $C_p$  充電。由於有電感 L 之故，電容器上之電壓會高於外加電壓。

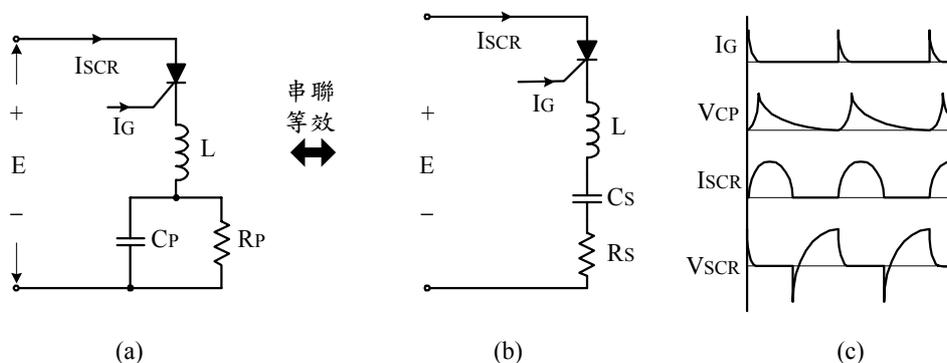


圖 2.6 負載諧波自換向法

- 當電容器上的電壓充電達峰值電壓之後，電容器開始放電，而使得 SCR 之陽極 A 與陰極 K 之電壓轉為逆向偏壓，而迫使 SCR 截止。

(五) LC 電路自換向法 (Self Commutated by LC Circuit) :

- 如圖 2.7 所示，當 SCR 截止時，電流由電源經電阻 R 向電容充電，其極性為上正下負。
- SCR 因受  $I_g$  之觸發而導通時，電容器 C 經 SCR、電感 L 放電。
- 由於電感之故，電容器在放電後反向充電，上方充成負電壓；當電容器上之電壓充滿時即經電感 L 對 SCR 放電，因 SCR 被加以逆向電壓而迫使其截止。

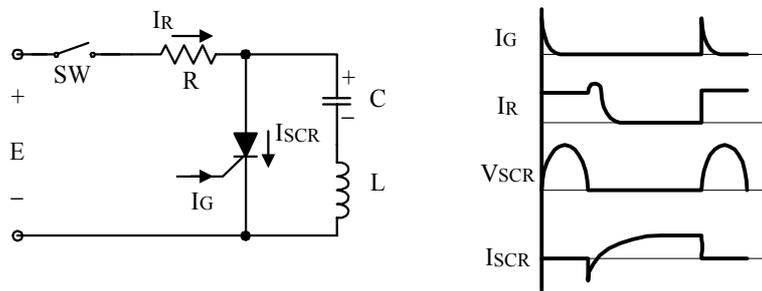


圖 2.7 LC 電路自換向法

### 實際量測

#### 一、實習電路：

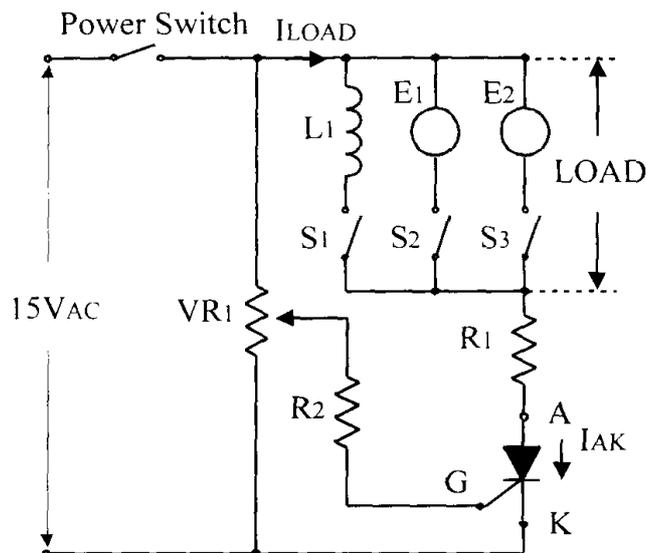


圖 2.8 電路圖

## 二、實習材料及儀器設備：

表 2.1 材料表

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	電源開關		只	1	Power Switch
2	搖頭開關	單投雙極	只	3	S1、S2、S3
3	燈泡	12V, 10W	個	2	E1、E2
4	電阻器	0.1Ω	只	1	R <sub>1</sub>
5	電阻器	200Ω	只	1	R <sub>2</sub>
6	可變電阻器	2.5KΩ	只	1	VR <sub>1</sub>
7	電感器	50mH	只	1	L <sub>1</sub>
8	SCR	BT152	只	1	
9	麵包板		塊	1	

表 2.2 儀器設備表

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	SCR/TRIAC 元件模組	PE1188-1S	組	1	已裝置圖 2.8 電路之模組
2	數位萬用表	AC/DC	台	1	
3	示波器	2 CH 以上	台	1	
4	連接線		條	若干	

## 三、實習步驟：

- (一) 將 SCR/TRIAC 元件模組架設於實驗機架上或按表 2.1 材料表之元件裝置於麵包板上。
- (二) 依圖 2.8 所示之電路完成接線。
- (三) 將電源開關 ON，再將 S<sub>2</sub> ON 調整 VR<sub>1</sub> 以示波器觀察 SCR 中的 A、K 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形，在 SCR 可觸發情況下，最大之觸發延遲角  $\alpha$  為 90°，最小之  $\alpha$  角為 0°。
- (四) 將步驟(三)之 SCR 的 A、K 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形畫於下圖。

1. 最大之 $\alpha$ 角：( $\alpha$ ：觸發延遲角)

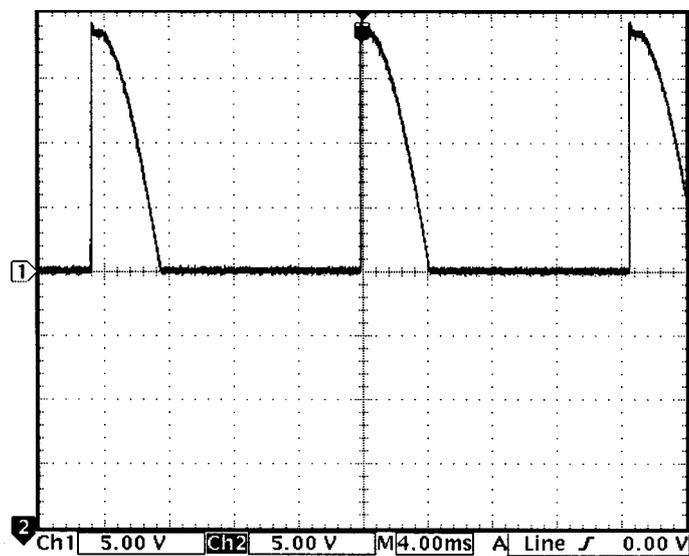


圖 2.9 負載兩端電壓波形圖

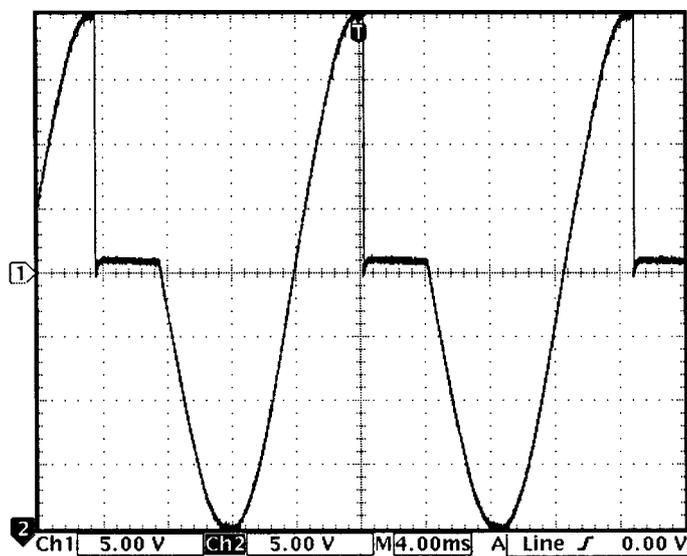


圖 2.10 SCR 的 A、K 兩端電壓波形圖

2. 最小之 $\alpha$ 角：( $\alpha$ ：觸發延遲角)

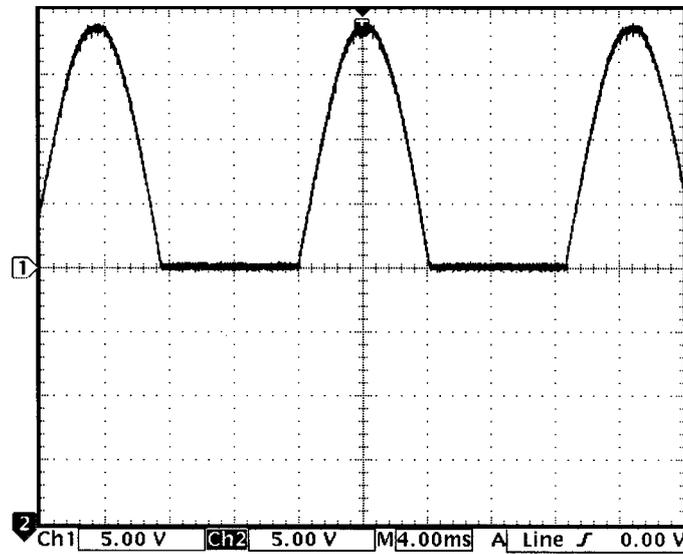


圖 2.11 負載兩端電壓波形圖

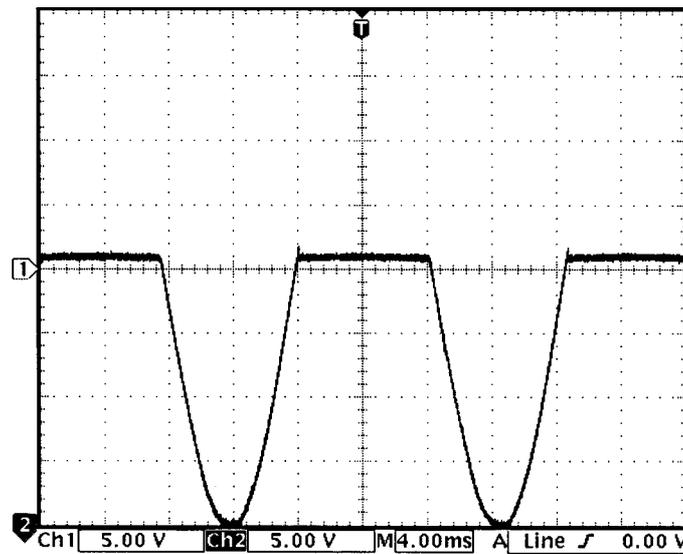


圖 2.12 SCR 的 A、K 兩端電壓波形圖

(五) 調整  $VR_1$  使用示波器記錄 SCR 之 $\alpha$ 角及使用直流電壓錶量測負載兩端電壓值，以瞭解 SCR 之電路轉換特性。

$\alpha$ 角 (度)	90	72	54	36	18
負載電壓平均值 (伏特)	3.0	3.6	4.33	4.95	5.4

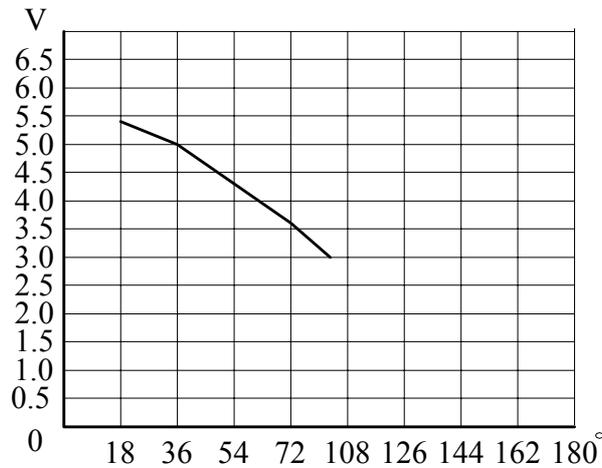


圖 2.13 SCR 轉換特性曲線（控制角度—輸出電壓）

- (六) 將電源開關及  $S_2$  ON，調整  $VR_1$  以示波器觀察 SCR 最大之  $\alpha$  角時之導通電壓  $V_{AK} = \underline{0.8}$  V，此時電流（最大值） $I_{AK} = \underline{1.3}$  A，計算出 SCR 導通電阻  $R_{AK} = \underline{0.6}$   $\Omega$ 。
- (七) 將示波器之 GND 接於 SCR 之 A 端，X 軸接於  $0.1\Omega$  電阻上方，Y 軸接於 SCR 之 K 端，示波器調整於 X-Y 模式，記錄 SCR 之電流—電壓特性曲線。

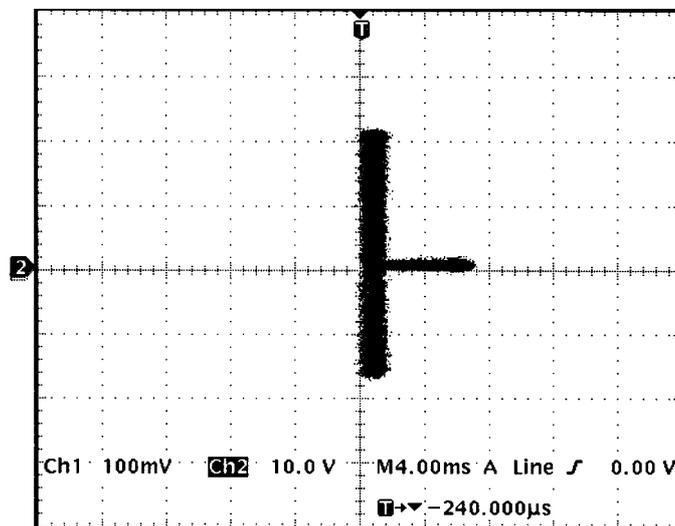


圖 2.14 SCR 特性曲線

## 學習評量二

請不要參閱資料或書籍，在下面的空白處寫出正確的答案。

### 一、填充題：

- (一) 將實習電路（圖 2.8）之電源開關及  $S_2$ 、 $S_3$  開關 ON，調整  $VR_1$  以示波器觀察 SCR 最大之  $\alpha$  角時之導通電壓  $V_{AK} = \underline{\hspace{2cm}}$  V，此時電流(最大值)  $I_{AK} = \underline{\hspace{2cm}}$  A，計算出 SCR 導通電阻  $R_{AK} = \underline{\hspace{2cm}}$   $\Omega$ 。
- (二) 與第 22 頁步驟(六)之結果比較。

**學習評量二答案**

一、填充題：

(一)  $V_{AK} = \underline{0.85} \text{ V}。$

$I_{AK(MAX)} = \underline{2.6} \text{ A}。$

$R_{AK} = \underline{0.33} \text{ } \Omega。$

(二)  $V_{AK} = \underline{0.8} \text{ V}。$

$I_{AK(MAX)} = \underline{1.3} \text{ A}。$

$R_{AK} = \underline{0.6} \text{ } \Omega。$

## 學後評量

在無人幫助的情況下，你能在二十分鐘內，根據下述要求完成量測工作。在工作之前，請你先填好工作計劃，送給教師認可後，再予執行與量測。

- 一、依電路圖 E. 1，將電源開關及  $S_1$ 、 $S_2$  開關 ON，調整  $VR_1$  以示波器觀察 SCR 在 R-L 負載下，SCR 的 A、K 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形。

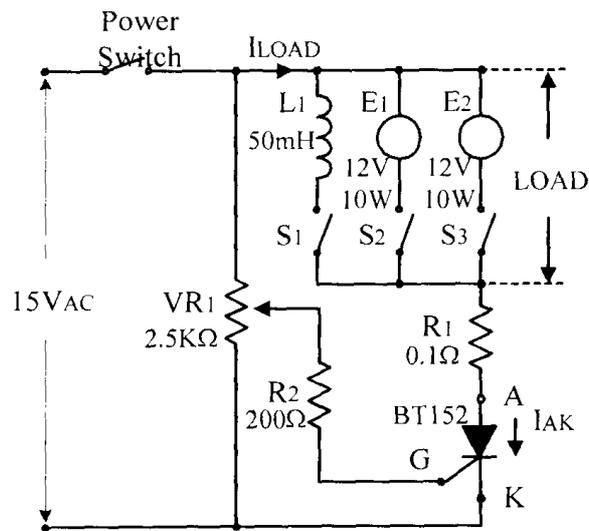


圖 E. 1 SCR 測試線路

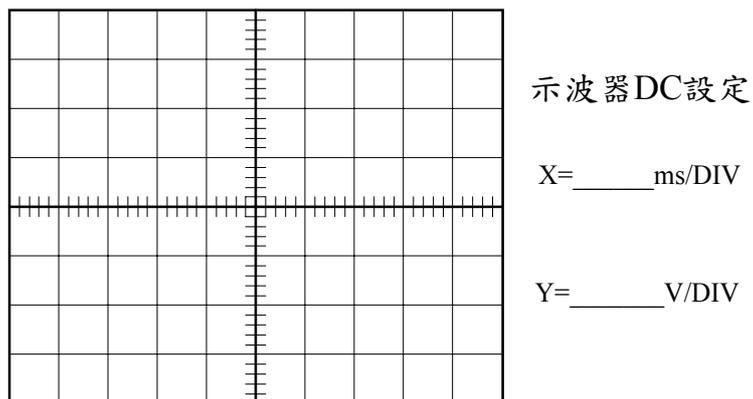


圖 E. 2 R-L 負載之 SCR 的 A、K 兩端電壓波形圖

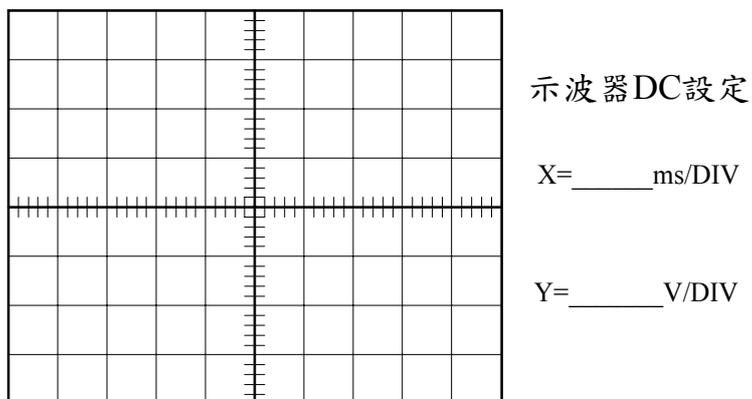


圖 E.3 R-L 負載之負載兩端電壓波形圖

**我的工作計畫**

作業名稱： \_\_\_\_\_

工作開始日期： \_\_\_\_\_ 完成日期： \_\_\_\_\_

工作時間： \_\_\_\_\_ 小時 教師認可： \_\_\_\_\_

**我製作上列工作時，所需用之工具及儀器：**

- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| 1 _____ | 5 _____ | 9 _____  |
| 2 _____ | 6 _____ | 10 _____ |
| 3 _____ | 7 _____ | 11 _____ |
| 4 _____ | 8 _____ | 12 _____ |

**我所需要的材料及消耗品：**

名 稱	說 明	規 格	數 量	估 價



## 一、我對我作業的評分

項	目	配分	得分	評 分 標 準
1.	接 線	20%		每處缺漏者扣5%， 完整者給予滿分
2.	示 波 器 使 用 操 作	X 軸 (CH1) Y 軸 (CH2)	20%	
3.	SCR 兩端電壓波形是否正確		20%	
4.	負載電壓波形是否正確		20%	
5.	時 間	20 分鐘	20%	

我的作業評分：\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

A=100分      B=75分      C=50分

D=25分      E=25分以下

二、我的工作計畫得分：\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

三、我的安全習慣得分：\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

四、學習態度得分：\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

五、教師評分：

(一) 作業得分：\_\_\_\_\_分      (三) 安全習慣：\_\_\_\_\_分

(二) 工作計畫：\_\_\_\_\_分      (四) 學習態度：\_\_\_\_\_分

總得分：\_\_\_\_\_分，屬於\_\_\_\_\_等。

六、時間：


## 參考書目

- 一、歐文雄、歐家駿 80 年 工業電子學 全華科技圖書股份有限公司