

職業訓練教材
具-特-性-
能-特-性-
TRIAC

編號：PEN-PET0602

編 著 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-PET0602 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 PEB0139（辨認及選用電晶體）、PEN-PET0601（實習電力電子元件特性-SCR）、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

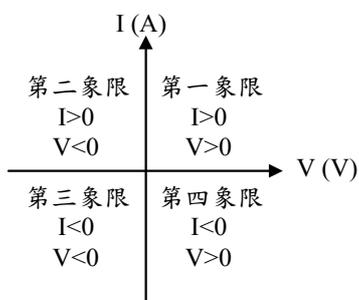
電力電子技術是結合功率半導體元件的開關控制電路、拓樸結構的設計與系統控制的一門綜合性科目。其目的就是利用功率半導體元件對電源加以轉換與控制，以符合各種負載的需求。近年來，電力電子技術的進步得以實現，元件的快速發展乃是主要的關鍵。

TRIAC 具有雙向觸發導通特性，其驅動控制電路較為簡單，可使用於交流電源控制，目前輕負載的交流 \Rightarrow 交流轉換控制，經常使用 TRIAC 相位控制法來達成。故從事電力電子相關技術的研究與產品的開發設計工程師，都必須能夠對這些元件的特性做深入的瞭解，方能掌握電路的現象與控制。如此，才能設計出符合客戶要求的電路特性與規格。

本單元將讓你實習 TRIAC 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

四象限：一般是指元件動作時，以電壓值為橫軸，而以電流值為縱軸，所規劃出的四個區域。



- (一) 第一象限：
通常是指電壓為正值，且流過的元件電流亦為正值。
- (二) 第二象限：
通常是指電壓為負值，且流過的元件電流為正值。
- (三) 第三象限：
通常是指電壓為負值，且流過的元件電流亦為負值。
- (四) 第四象限：
通常是指電壓為正值，且流過的元件電流為負值。

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 TRIAC 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 TRIAC 的特性。

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 22 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 TRIAC 的基本原理。

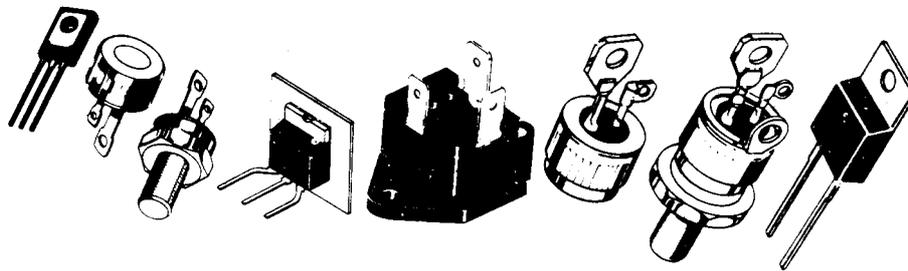
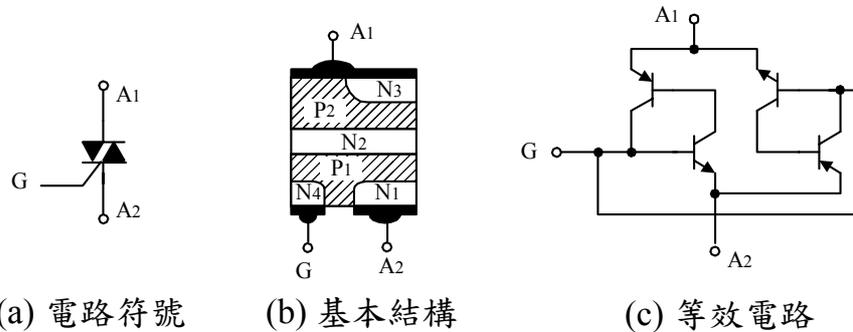
相關知識

TRIAC (Triode AC Switch)，俗稱雙向矽控整流器或交流矽控整流器。TRIAC 是一種三極交流半導體開關，其與 SCR 最大的不同點為：可直接工作於交流電源。

一、 TRIAC 的結構與外型：

(一) TRIAC 元件之電路符號如圖 1.1 (a) 所示，其引出端分別為陽極 (A_1)、陰極 (A_2)、閘極 (G)，它的基本結構也是一種 PNP 裝置，如圖 1.1 (b) 所示。

(二) TRIAC 是一種三端開關，可以想成是兩個 SCR 以相反的方向並聯在一起，且具有一個共同的閘極端，如圖 1.1 (c) 所示。



(d) TRIAC 外型與種類

圖 1.1 TRIAC 的結構與外型

二、 TRIAC 的動作原理：

- (一) 當 A_1 施加正極性電壓，而 A_2 為負極性時，係由 $P_2N_2P_1N_1$ 組成的 PNP 裝置，其等效電路如圖 1.2 所示。

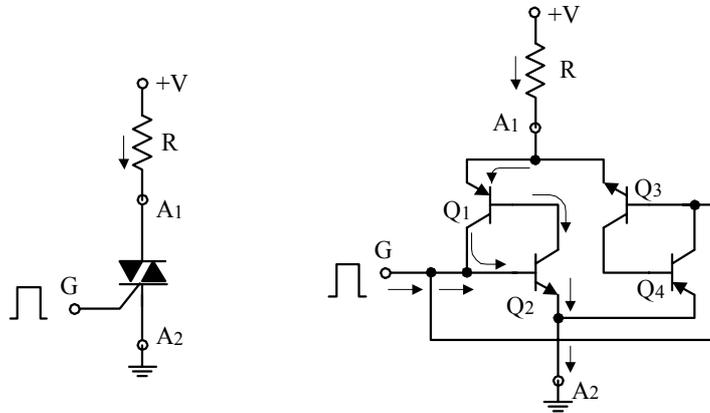


圖 1.2 A_1 加正極性、 A_2 為負極性之等效電路

- (二) 當 A_2 施加正極性電壓，而 A_1 為負極性時，係由 $P_1N_1P_2N_2$ 組成的 PNP 裝置，其等效電路如圖 1.3 所示。

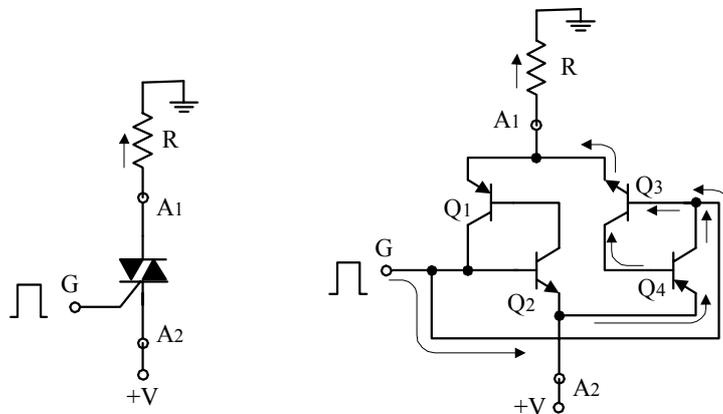


圖 1.3 A_2 加正極性、 A_1 為負極性之等效電路

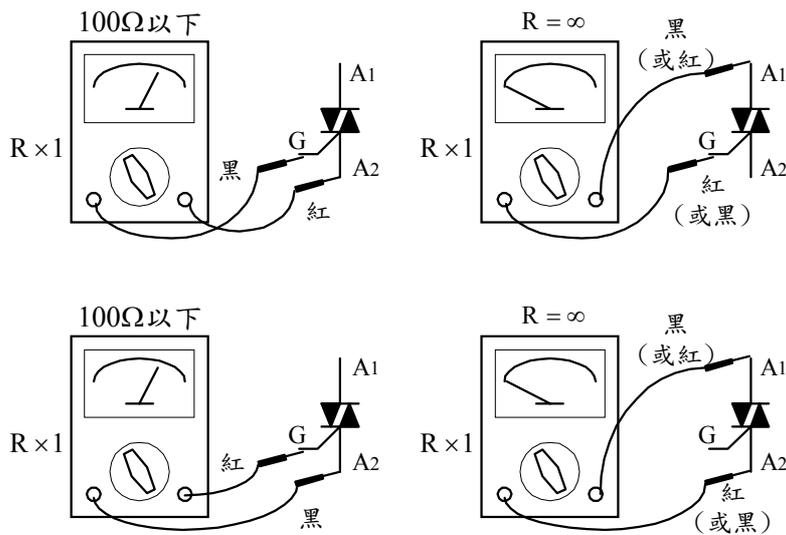
- (三) 雖然 TRIAC 元件可以雙向導通，也就是說 A_1 或 A_2 端子均可接正極性電壓，但是在工程應用上， A_1 與 A_2 端子不能互調使用，其主要理由是閘極之外加訊號一定要施加於 G 與 A_2 端子之間，因此工程應用上通常亦稱 A_2 端子為陰極， A_1 端子為陽極。

三、 TRIAC 的測試：

(一) 判別 TRIAC 之 A_1 、 A_2 、 G 三端：

1. TRIAC 是三端元件，故其亦有六種不同的測量方法：

- (1) 將三用電表撥至 $R \times 1\Omega$ 檔，逐一的測量任何兩支腳，如圖 1.4 所示。其中有一種情形是：不論順向或逆向皆為低阻抗（請參考表 1.1）。此時我們可判斷另一腳必定為 A_1 端，通常 A_1 與外殼相連接。

圖 1.4 判別 TRIAC 的 A_1 端點

- (2) 先將黑色測試棒置於 A_1 ，另一測試棒置於其他任一支腳，並以置於 A_1 之測試棒去碰懸空的那支腳，此時應呈現低阻值，記錄其阻值 R_1 。
- (3) 重複第(2)步驟，但需要將另一測試棒反過來，其餘情形皆相同，並記錄其阻值 R_2 。
- (4) 比較步驟(2)與步驟(3)所得的阻值，若步驟(2)所得之 R_1 阻值小於步驟(3)所得之 R_2 阻值，則可以判定步驟(2)由 A_1 測試棒所碰觸的是閘極 G 。當然，另一支腳則是 A_2 。

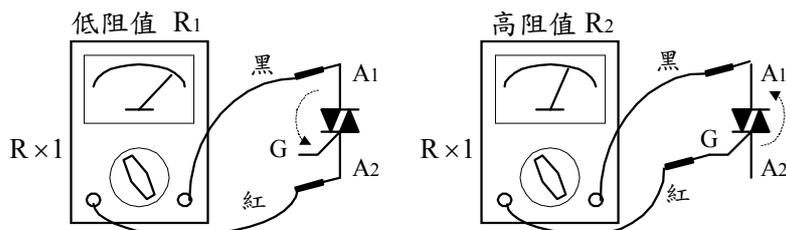
圖 1.5 判別 TRIAC 的 A_2 及 G 端點

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_2-A_1	順向或逆向	$R \times 1K$	高阻值
A_1-G	順向或逆向	$R \times 1K$	高阻值
A_2-G	順向或逆向	$R \times 1$	低阻值

(二) 觸發特性測試：

使用兩個三用電表 VOM_1 與 VOM_2 ，且均置於 $R \times 1$ 檔。

1. VOM_1 黑棒接 A_1 ，紅棒接 A_2 時，呈高阻值。當 VOM_2 紅棒（或黑棒）接於 A_2 ，黑棒（或紅棒）接 G 時，則 VOM_1 呈低電阻值。當 VOM_2 移開時， VOM_1 指示仍維持在低電阻值。
2. VOM_1 紅棒接 A_1 ，黑棒接 A_2 時，呈高阻值。當 VOM_2 紅棒（或黑棒）接於 A_2 ，黑棒（或紅棒）接 G 時，則 VOM_1 呈低電阻值。當 VOM_2 移開時， VOM_1 指示仍維持在低電阻值。

(三) 常用 TRIAC 的主要規格：

表 1.2 常用之 TRIAC

Device	PIV	Current (rms)	V_G (max)	I_G (max)	I_H (max)
C206D	400V	3A	2V	5mA	30mA
2N6073	400V	4A	2.5V	30mA	70mA
C226D	400V	8A	2.5V	50mA	60mA
SC146D	400V	10A	2.5V	50mA	75mA
HC246D	400V	15A	2.5V	50mA	50mA

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. TRIAC 三端引出點稱之為陽極 (A_1)、陰極 (A_2)、閘極 (G)。
- () 2. TRIAC 與 SCR 最大的不同處為：TRIAC 可以雙向導通直接工作於交流電源。
- () 3. TRIAC 的控制特性為閘極可以控制其導通與截止。
- () 4. TRIAC 是一種三端開關元件，可以想成是兩個 SCR 以相反的方向並聯在一起，且具有一個共同的閘極端。
- () 5. TRIAC 為一三端開關元件，若在判別 A_1 、 A_2 、G 三端時，不論順向或逆向皆呈低阻抗時，則可判斷出 A_2 端。

筆記欄

學習評量一答案

一、是非題：

1. (○)

2. (○)

3. (×) 閘極僅能控制其導通，而無法控制其截止。

4. (○)

5. (×) 應為 A_1 端。

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 TRIAC 的特性。

假如你認為勝任上述目標之要求，請翻到第 20 頁做學習評量，如你需要多學點的話，請翻到下一頁或閱讀參考書籍。

相關知識

一、 TRIAC 的特性曲線：

(一) 閘極開路之特性曲線：

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

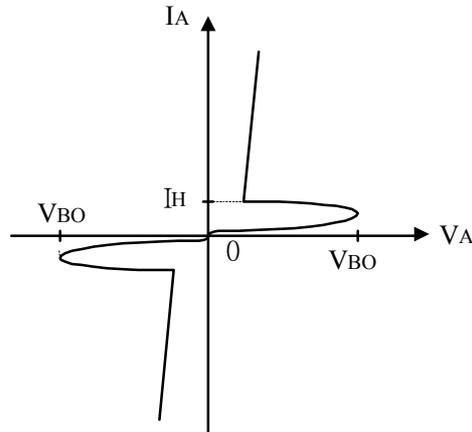


圖 2.1 閘極開路之陽極特性曲線

1. 當 $V_{A_1A_2}$ 的電壓大於轉態電壓 V_{BO} 時，TRIAC 即發生 turn on 導通。唯一不同的是：TRIAC 沒有所謂的逆向電壓，且兩個象限的轉態電壓 V_{BO} 完全相等。
2. 在實用上亦必須限制 $V_{A_1A_2}$ 的電壓不得大於轉態電壓，以確保 TRIAC 處於截止狀態，再由閘極施加訊號來觸發。

(二) 有閘極電流之特性曲線：

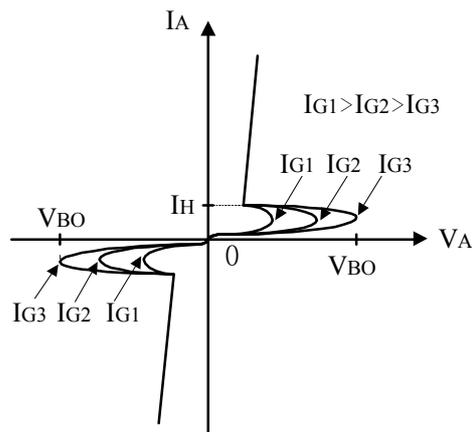


圖 2.2 有閘極電流之特性曲線

1. 當 TRIAC 閘極施加訊號時，也與 SCR 相同：其閘極電流愈大，則轉態電壓愈小；且不論 A_1 為正或負極性電壓，只要閘極電流相同，轉態電壓就相等，如圖 2.2 所示。

(三) TRIAC 與 SCR 在觸發動作上的主要不同，是在閘極觸發訊號的極性。在 SCR 元件，只有當陽極為正極性電壓，且閘極亦施加正極性觸發訊號時，才會被觸發導通。

二、 閘極觸發特性：

下列的情況均可以使 TRIAC 觸發導通。

- (一) 第一象限 I_+ ： A_1 為正電壓，閘極加以正極性電壓。
- (二) 第一象限 I_- ： A_1 為正電壓，閘極加以負極性電壓。
- (三) 第三象限 III_+ ： A_1 為負電壓，閘極加以正極性電壓。
- (四) 第三象限 III_- ： A_1 為負電壓，閘極加以負極性電壓。
- (五) 雖然，TRIAC 元件不論 A_1 端子是正或負極性電壓時，都可以正或負極性的閘極訊號來觸發元件導通，但是每一種情況所需要的閘極電流卻不盡相同。其典型特性如圖 2.3 所示。

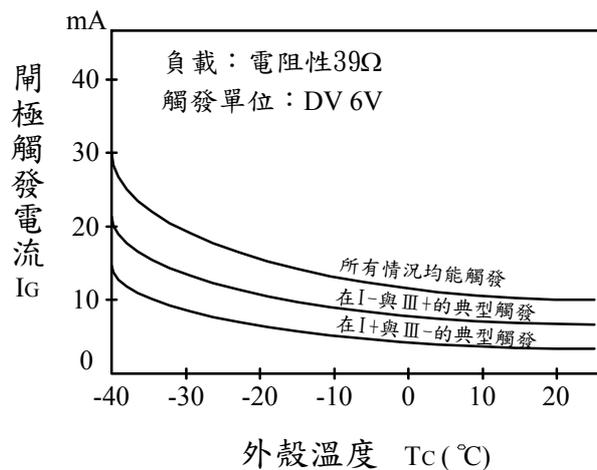


圖 2.3 典型的 TRIAC 所需之閘極電流

1. 在 A_1 電壓極性與閘極施加的電壓極性相同之 I_+ 與 III_- 的情況，所需要的閘極觸發電流較 I_- 與 III_+ 電壓極性不同的兩種情況為小。因此，一般較喜歡使用 I_+ 與 III_- 的兩種情況來觸發 TRIAC 元件。
2. 實用上，在 TRIAC 的控制電路也必須使交流電源的正負兩個半週，有相同的導通角，才不會使負載上的平均電流不為零，而影響負載工作。
3. 倘若，使用脈波觸發方法，則很難使振盪電路的輸出訊號極性隨交流電壓極性而改變。因此，振盪脈波的振幅必須設計足以產生所有情況均能觸發的閘極電流，才能在交流電的兩個半週，使 TRIAC 有相同之導通角。

- 三、由於 TRIAC 可在交流週期的兩個半週皆導通，所以 TRIAC 能在另一方向阻隔之前立刻導通，且有能力承受轉換過程之 dv/dt 。但若在電感性負載下，TRIAC 可能因高 $\frac{dv}{dt}$ 而導通，此時須加緩衝電路以降低元件兩端之 $\frac{dv}{dt}$ ，如仍無法達成，則必使用兩只 SCR 反向並聯來達成。

實際量測

一、實習電路：

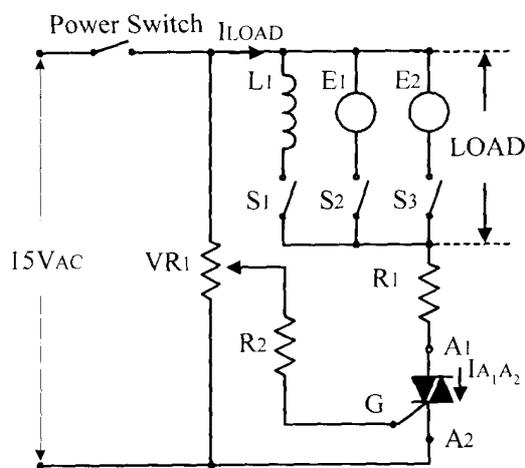


圖 2.4 電路圖

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 ₁
5	電阻器	200Ω	只	1	R ₂
6	可變電阻器	2.5KΩ	只	1	VR ₁
7	電感器	50mH	只	1	L ₁
8	TRIAC	BTA12	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 2.4 電路之模組
2	示波器	2 CH 以上	台	1	
3	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 2.4 所示電路圖完成接線。
- (三) 將電源開關 ON，再將 S_2 ON 調整 VR_1 以示波器觀察 TRIAC 的 A_1 、 A_2 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形，在 TRIAC 導通情況下，最大之 α 角為 95°，最小之 α 角為 10°。
- (四) 將步驟(三)之 TRIAC 的 A_1A_2 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形畫於下圖。
 1. 最大之 α 角：

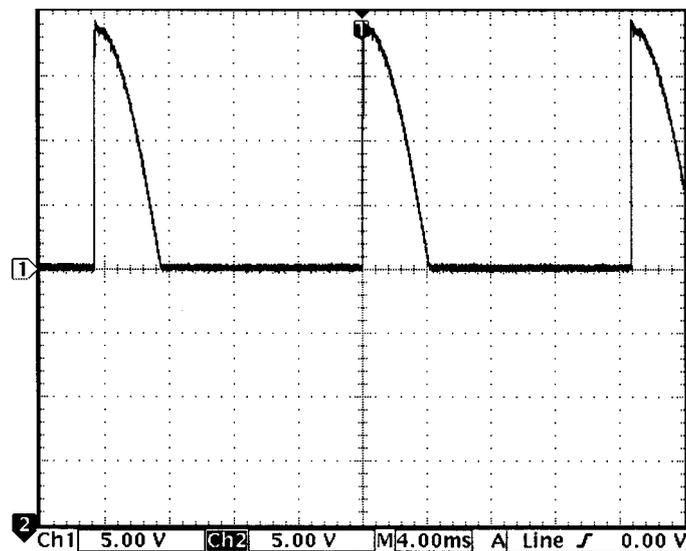


圖 2.5 負載兩端電壓波形圖

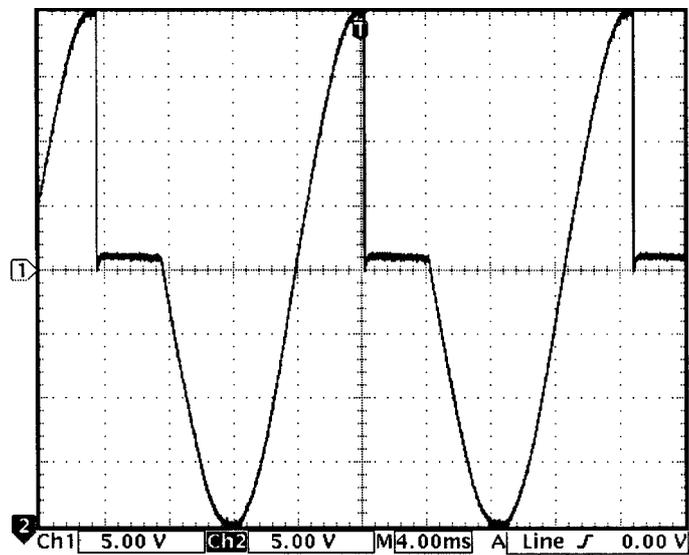


圖 2.6 TRIAC 的 A_1A_2 兩端電壓波形圖

2. 最小之 α 角：

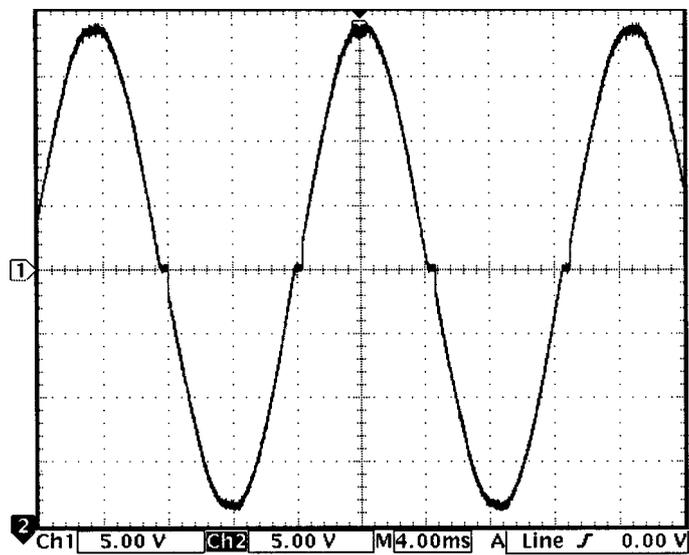


圖 2.7 負載兩端電壓波形圖

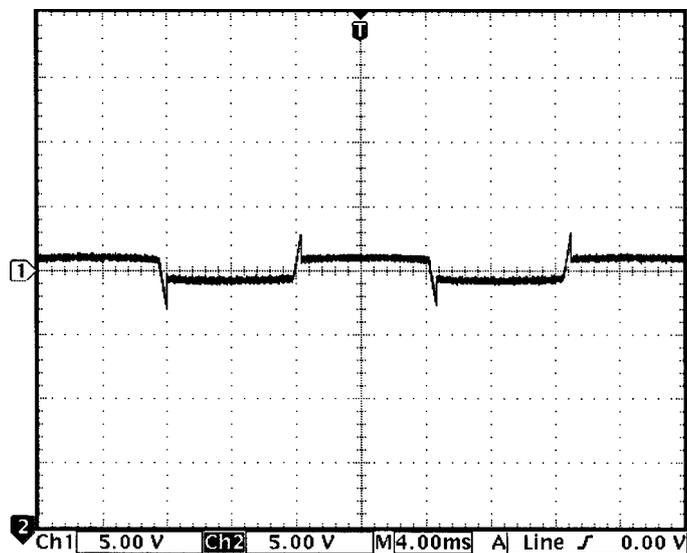


圖 2.8 TRIAC 的 A_1A_2 兩端電壓波形圖

- (五) 將示波器之 GND 接於 TRIAC 之 A_1 端，X 軸接於 0.1Ω 電阻的上方，Y 軸接於 TRIAC 之 A_2 端，示波器調整於 X-Y 模式，記錄 TRIAC 之電流－電壓特性曲線。

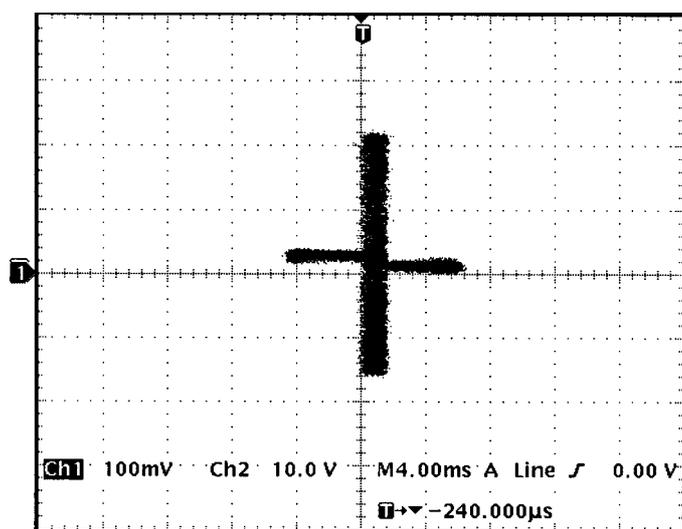


圖 2.9 TRIAC 特性曲線

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 2.4）之電源開關及 S_1 、 S_2 開關 ON，調整 VR_1 以示波器觀察 TRIAC 在 R-L 負載下 TRIAC A_1A_2 兩端電壓波形及負載兩端電壓波形。

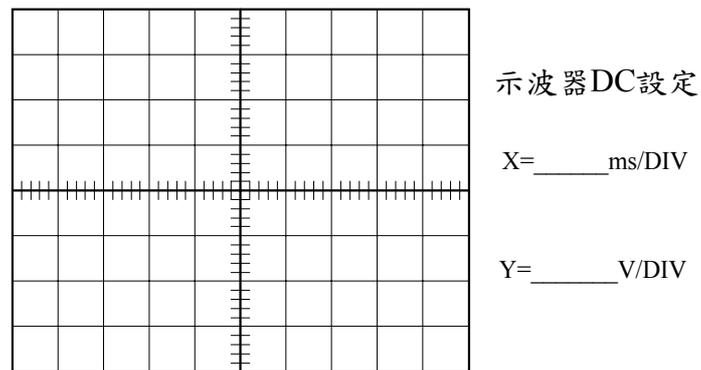


圖 2.10 R-L 負載之 TRIAC A_1A_2 電壓波形圖

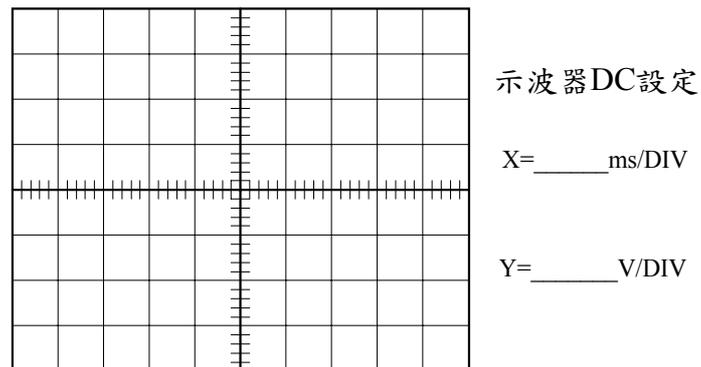


圖 2.11 R-L 負載之負載兩端電壓波形圖

筆記欄

學習評量二答案

一、填充題：

(一) 波形圖如圖 2.12 及圖 2.13。

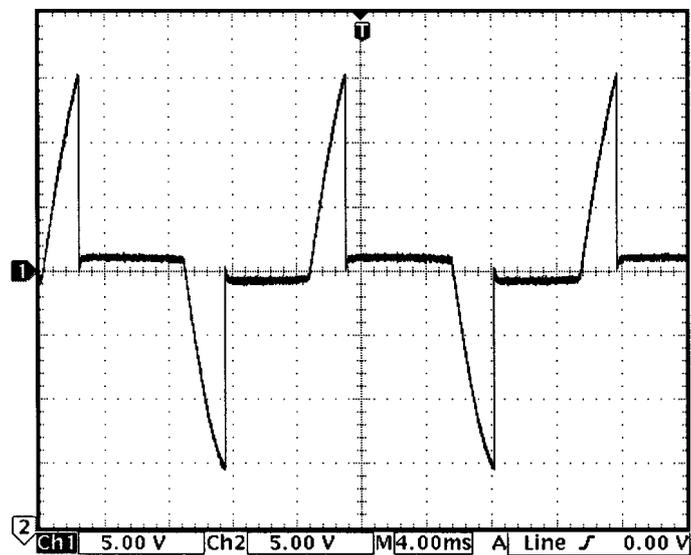


圖 2.12 R-L 負載之 TRIAC A_1A_2 電壓波形圖

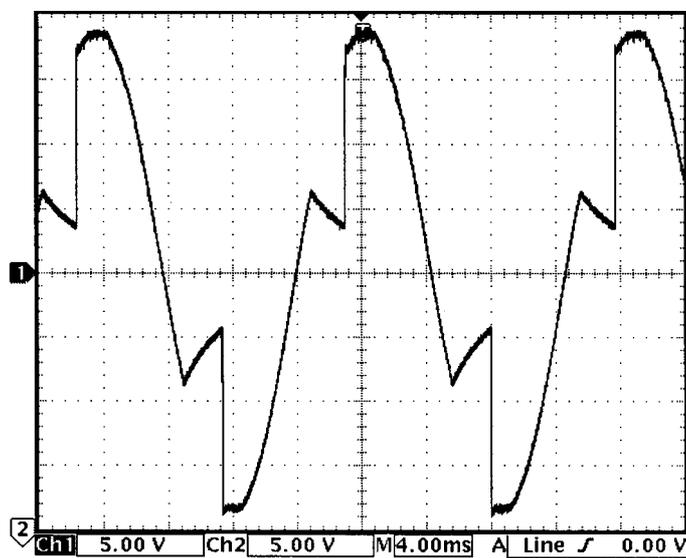


圖 2.13 R-L 負載之負載兩端電壓波形圖

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 ON，再將 S_1 、 S_2 、 S_3 ON，以示波器觀察負載改變時，TRIAC 在 R-L 負載下 TRIAC 的 A_1A_2 兩端電壓波形，及負載兩端電壓波形。

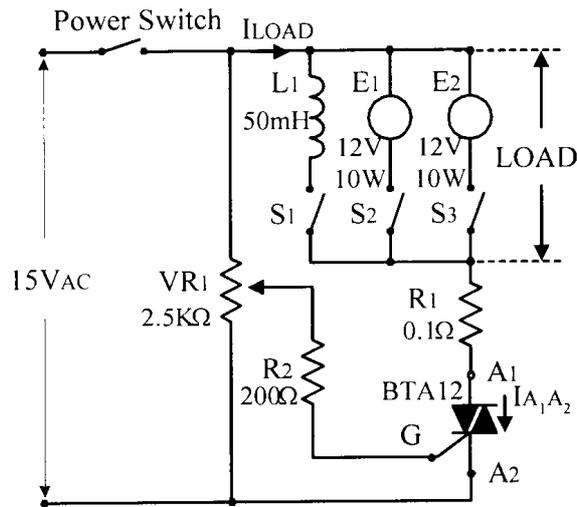


圖 E. 1 TRIAC 測試線路

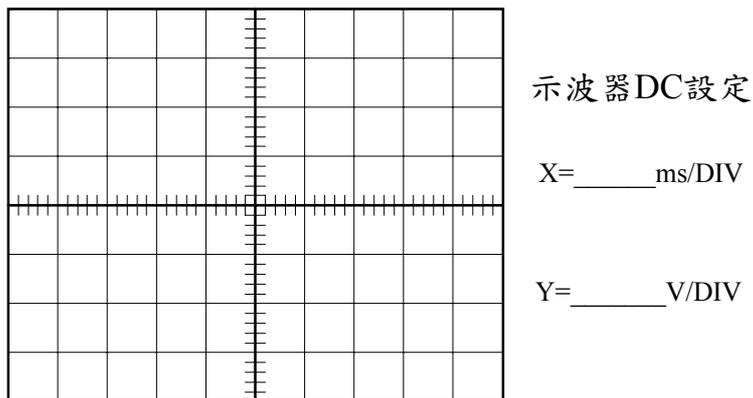


圖 E. 2 R-L 負載之 TRIAC A_1A_2 電壓波形圖

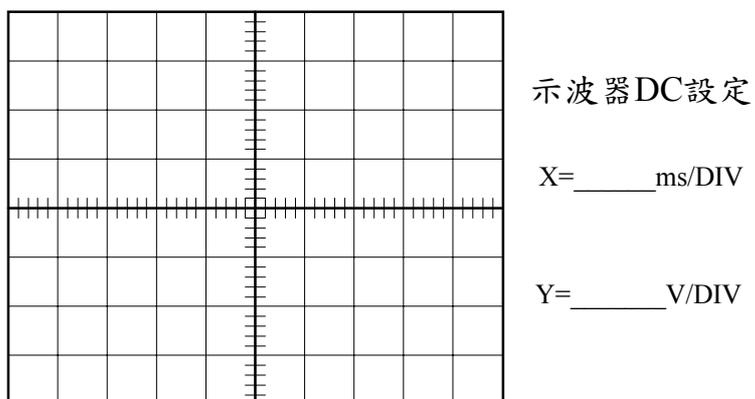


圖 E.3 R-L 負載之負載兩端電壓波形圖

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.	TRIAC 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