

Photo TRIAC的特性與應用介紹

1. 功能說明

Photo Triac 為一無接點的開關器件，它可以用微小的訊號（幾毫安到幾十毫安）控制三端雙向可控硅(Triac)的接通和分斷，輸入端與輸出端之間採用光電隔離，輸入端加上直流或脈衝訊號，輸出端就能從斷態轉換成通態，Photo Triac Driver 分成零點觸發(Zero-cross)和任意相位觸發(Random-Phase)兩種類型。

2. 三端雙向交流開關(TRIAC)的工作原理

三端雙向交流開關(TRIAC)是由雙向晶閘管(bidirectional thyristor)所組成，代替兩個反極性並聯的晶閘管(thyristor)，並使用一個觸發電路，是目前比較理想的交流開關器件。雙向晶閘管可以雙向導通，即閘極(Gate; G)加上正或負的觸發電壓，均能觸發雙向晶閘管正、反兩個方向導通。與單向晶閘管相比較，雙向晶閘管的主要的區別是觸發之後為雙向導通；觸發電壓不分極性，只要絕對值達到觸發門限值即可導通。其內部結構和符號如圖 1 所示。

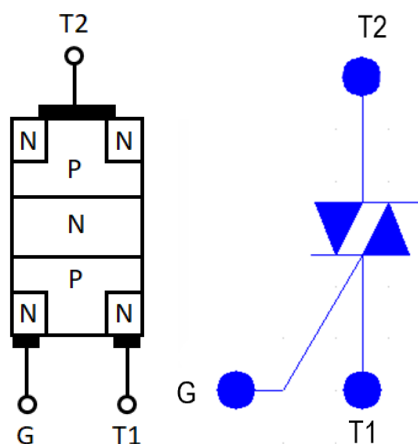


圖 1. 雙向晶閘管內部結構和符號圖

因為 TRIAC 是雙向元件，當閘極電流 I_G 不論極性為何，只要 T_1 與 T_2 間電壓小於其額定轉態電壓時，TRIAC 處於截止狀態。兩陽極間只有少量的漏電流通過，當閘極電壓大於轉態電壓，TRIAC 為低電阻，電流上升則端電壓下降呈現導通狀態，一但轉態導通，閘極不再有控制作用。

在移去閘極信號後，以下三種方式可將 TRIAC 截止：

- (1)中斷兩端點(T_1 和 T_2)的電壓(開路或短路)。
- (2)改變兩端點(T_1 和 T_2)的電壓極性(如使用交流電則會自動截止)。
- (3)將導通的電流降低至維持電流 I_H 以下(可參考圖 2)。

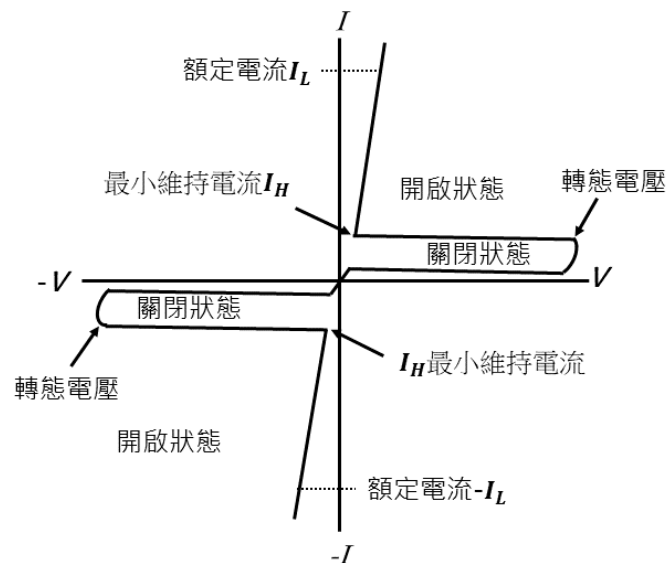


圖 2. TRIAC 特性曲線圖

3. Photo TRIAC Driver 的種類

3.1 零點觸發 (Zero-Cross , ZC)

一般用於交流電源控制，例如繼電器 (Relay) 驅動、交流開關等應用，因交流電源電壓較高，在輸出功率較大時，開關的瞬間會有火花產生，進而影響開關、繼電器等這類有接點的設備壽命，火花會使接點碳化，導致接點阻抗升高，惡性循環的情況下，造成接點接觸不良，就很容易發熱，也就越容易失效。零點觸發(ZC)，就是在零的交越處，去驅動外部的接點，因火花產生的原因來自於電流，而電流的產生來自於有電壓，又因交流電有正負週期的關係，以 60Hz 的交流電來說，每秒鐘會有 60 個零交越點，在零點的時候即代表電壓為 0V，故此時不會有電流產生，亦即這時導通或關閉開關時，是最不容易產生火花的時候，所以零交越電路所在做的就是零點的時候，觸發開關導通。

通常會使用零點觸發的目的，是為了要延長開關接點的壽命，所以在 relay 上應用零交越是很常用的一種設計，但是因為 relay 通常動作的時候激磁會有反應時間，這種時間是沒辦法控制的，且通常都是毫秒內，對於在零點切換幾乎是不可能的事情。因 TRIAC 導通時間較短也較容易控制，故可用 TRIAC 取代 relay 做開關控制。

零交越的動作時序應為：

- (1)觸發零交越 IC 使 TRIAC 導通。
- (2)Relay 開啟或放開。
- (3)解除零交越。

因輸出只在正弦波的零點才會動作或復歸，可避免突波或 EMI / RFI，特別適用於控制阻抗性、電容性和不飽和感抗性等負載，圖 3 為操作時的波形變化。

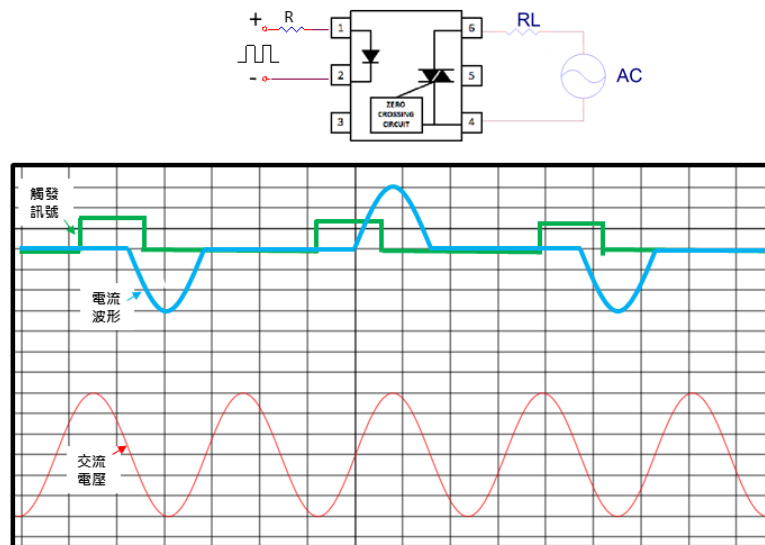


圖 3 . Zero Crossing 操作時的波形變化

3.2 隨機相位觸發 (RANDOM-PHASE , RP)

可應用於電磁閥控制、燈具整流器、交流電開關、微處理器與交流電外設的接口，固態繼電器、白熾燈調光器、溫度控制器及馬達控制等，和過零觸發的差別在於，它允許在交流正弦電壓的任何一個時刻啟動輸出，控制 TRIAC 的觸發角來決定輸出功率，各類的調壓模組或固態繼電器內部作為輸出觸點的器件均為可控硅，而且都是依靠改變可控硅導通角來達到調壓的目的，故輸出的電壓波形均為缺角的正弦波，因此存在高次諧波，有一定的雜訊，具有較強的抗靜態電壓上升率(dv/dt)的能力，能夠保證對感性負載的開/關控制，圖 4 為操作時的波形變化。

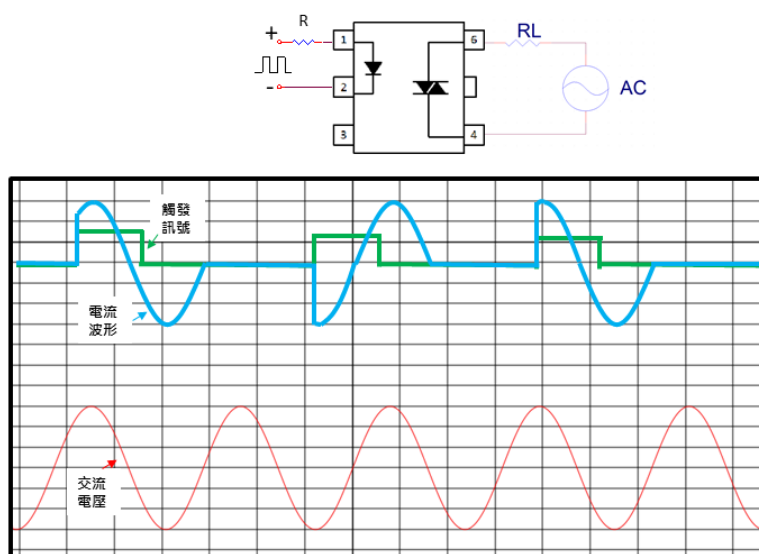


圖 4. Random Phase 操作時的波形變化

4. 靜態電壓上升率 (dv/dt)

圖 5 為靜態 dv/dt 測試電路，開啟待測器件 (D.U.T)，同時使用 High Voltage Pulse Source 施加足夠的 dv/dt，以確保在觸發電流斷開後，TRIAC 仍保持導通狀態，隨後降低 dv/dt，直到 D.U.T 關斷。測量上升至 $0.632V_{PEAK}$ 所需的時間 τ_{RC} ，然後用 $0.632V_{PEAK}$ 除以 τ_{RC} 得到 dv/dt。

$$dv/dt = \frac{0.632 \times V_{PEAK}}{\tau_{RC}}$$

Static dv/dt Test Circuit & Waveform

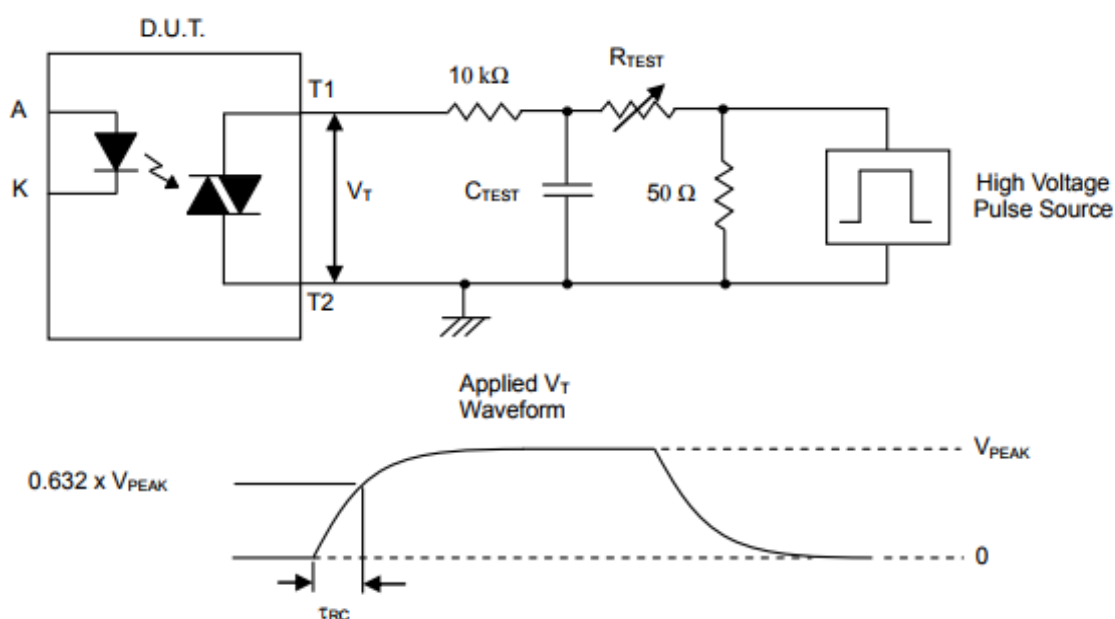


圖 5. 靜態 dv/dt 測試電路

以 EL306X series 為例，將 $V_{PEAK}=600V$ 套入公式，我們可以得到 dv/dt 的值。

$$dv/dt = \frac{0.632 \times 600}{\tau_{RC}} = \frac{379.2}{\tau_{RC}}$$

5. Photo TRIAC Driver 基本觸發電路

圖 6 為 Photo TRIAC Driver 基本觸發電路，Photo TRIAC 主要是利用輸入端的紅外光去觸發 TRIAC，其中 I_{FT} 是表示驅動 TRIAC 所需的最小電流。以 EL3031 為例：當 $I_F=15mA$ 時，輸出端會導通，即使 I_F 下降至 $15mA$ 以下時，輸出端依然是導通狀態，直到流過 TRIAC 的電流降至 I_H 以下後，TRIAC 才會斷開。而當輸出端電壓高於 TRIAC 兩端的正向阻斷電壓 V_{DRM} 也會導通，另外交流常見的瞬變或雜訊等，如果超過靜態電壓上升率 dv/dt 的額定值，也有可能觸發 TRIAC，為了防止誤觸，通常會加上緩衝器(Snubber circuit)。

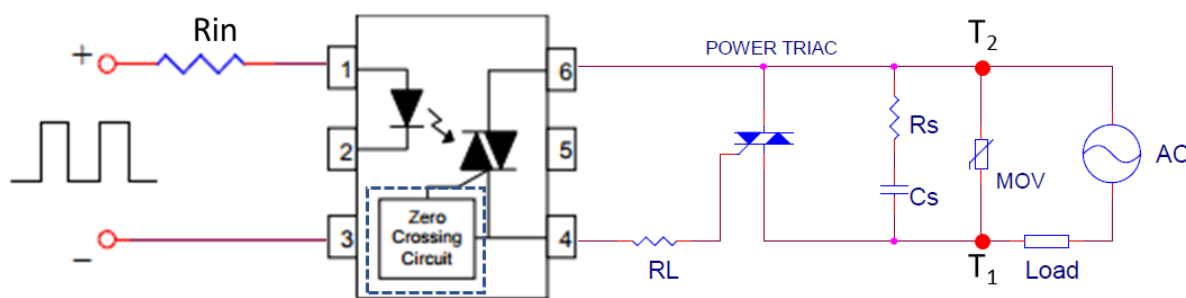


圖 6. Photo TRIAC Driver 基本觸發電路

若負載為電阻性負載，電路中的電壓和電流同相，當電流為零，會達到零功率點，此時電壓為零，TRIAC 可輕易的變為 OFF。若負載為電抗性（電感或電容），因電路的電壓和電流異相，故 TRIAC 切為 OFF 的方式跟電阻性負載不同。考慮類似馬達的電感性負載，此電路的電流落後於電壓，當電流變為零，電壓不為零並且施加於 TRIAC 兩側，此電壓可能將 TRIAC 轉為 ON，造成誤觸發。除了電感性負載，靜態電壓通常伴隨雜訊，而其值也可能將元件轉為 ON。閘流體是由 PN 接面製成，當不導通時，這些接面具有空乏區。空乏區為絕緣體，可視為電容的介電層。這些電容會對在靜態時的急遽電壓改變有所反應，並且引入充電電流。而此充電電流可以當作閘極電流，並將元件轉為 ON，因此造成了誤觸發。

緩衝電路可以減少在 TRIAC 控制電路中的誤觸發。把電容抗拒電壓改變的特性用在 RC 緩衝電路。RC 電路在 TRIAC 的 T2 和 T1 間連接。緩衝電路將充電電流由非導通時的閘流體分流出來。

5.1 零點觸發(Zero-Cross)

圖 7 為零點觸發(Zero-Cross)的基本觸發電路， R_L 為阻性負載時，因電流受限於 Power TRIAC 的 Gate 觸發電流(I_{GT})，故可不須電阻 R；R 主要是應用在電感性負載應用中，防止 TRIAC Driver 可能造成的破壞。

如果限流電阻 R 的值過高，可能會造成 TRIAC 錯誤的相位控制，如果 TRIAC 在峰值電壓附近進入非導通狀態，並且緩衝器電容對 TRIAC 放電，電阻 R 可限制流過 TRIAC Driver 的電流。電阻 R 的計算方式：假設電壓為 110V 有效值，最大峰值驅動電流等於 1A，可以計算出 R 值。

$$R = \frac{V_{Peak}}{I_{Peak}} = \frac{110\sqrt{2}}{1} = 155 \text{ ohm} \text{ 可以選擇較常用的電阻值 } 160\text{ohm}。$$

R_G 只有在 Power TRIAC 或 SCR 的內部 Gate 阻抗極高時才需要，如果沒有 R_G ，抗噪性能和熱穩定性會非常差， R_G 的阻值範圍為 100~500ohm， R_G 會增加 I_{GT} 電流，而 R_G 和 R 一起使用，會造成過零時間與 Power TRIAC 觸發時間之間的非預期延遲或相移。

Power TRIAC 需要特定的觸發電流(I_{GT})和觸發電壓(V_{GT})才能使其導通， T_1 和 T_2 兩端點之間有最小線路電壓 V_T ，即使 TRIAC Driver 已被觸發為導通狀態。最小線路電壓 V_T 的值為觸發電路中所有壓降相加得到：

$$V_T = V_R + V_{TM} + V_{GT}$$

電流 I 除了(I_{GT})之外，還包含了流過 R_G 上的電流。

$$I = I_{RG} + I_{GT}$$

將 Power TRIAC 所需的 Gate 觸發電壓 V_{GT} 除以 R_G 可以得到 $I_{RG} = \frac{V_{GT}}{R_G}$

$$\text{所以，} I = \frac{V_{GT}}{R_G} + I_{GT}, V_R = I \times R = \left(\frac{V_{GT}}{R_G} + I_{GT}\right)R$$

V_{GT} 和 I_{GT} 可由 Power TRIAC 的規格書上得知， V_{TM} 由 TRIAC Driver 的規格書上得知，因此可以知道 R 和 R_G 決定於 V_T 的值。

在 V_T 已知的情況下，非預期相位延遲角度 θ_d 以及觸發延遲時間 t_d 可由下式求得：

$$\theta_d = \sin^{-1} \frac{V_T}{V_{peak}} = \sin^{-1} \frac{R(V_{GT}/R_G + I_{GT}) + V_{TM} + V_{GT}}{V_{peak}}$$

$$t_d = \frac{\theta_d}{90} \times \frac{1}{4} f$$

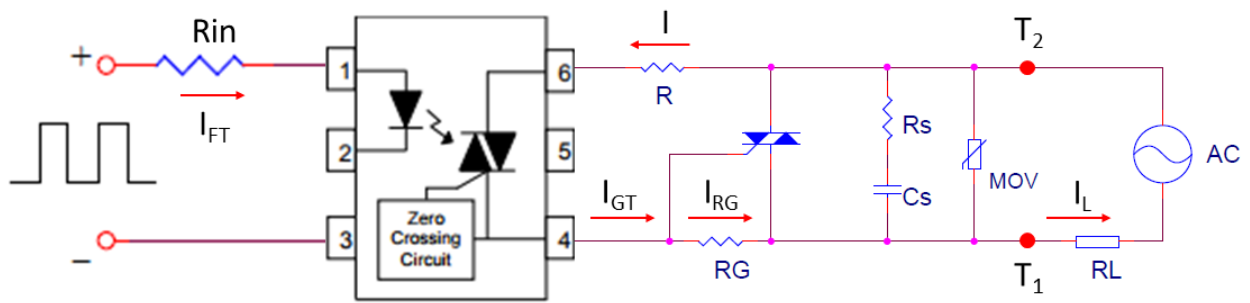


圖 7. Zero Crossing 基本電路

5.2 隨機相位(RANDOM-PHASE)

在任何相位都可讓輸出端導通，但一樣會在下一個線路電壓過零處關閉，比較要注意的是，因為在任意相位都能觸發，會造成瞬變電壓干擾。針對 Power TRIAC 的選擇，需要注意工作的電壓以及可能會產生的浪湧電壓，應選擇高於耐受度高於此電壓的元件，如果是白熾燈，應使用保險絲保護 Power TRIAC，或使用額定值高的元件，避免峰值電流過高而損壞元件。當交流線路上產生瞬變電壓干擾並超過元件靜態 dv/dt 額定值時，會造成 TRIAC Driver 所觸發的 Power TRIAC 被誤觸而導通，但一般情況下 Power TRIAC 會在下一個過零點時被關閉，大部份負載可承受這種偶發性半個周期的功率。

電感性負載(電機、電磁閥、磁體...等)，對 Power TRIAC 和 TRIAC Driver 來說，因為電壓和電流異相，而 TRIAC 會在零電流時會關掉。故當電流為零且施加的電壓為高電壓時，對於 TRIAC 來說，上升速率超過 Power TRIAC 的 dv/dt 或者 TRIAC Driver 的靜態 dv/dt ，TRIAC 就會導通。為了用緩衝器電路來降低電壓上升率。有時候會在 Power TRIAC 和 TRIAC Driver 都加上緩衝器，要正確的設計緩衝器，須配合電抗性負載的功率因數(PF)。

本應用手冊提供客戶設計參考，若有設計變更可能造成系統性性能降低，若有機構設計上的問題請與億光電子聯繫取得進一步技術支援。