

Photo TRIAC的特性与应用介绍

1. 功能说明

Photo Triac 为一无接点的开关器件， 它可以用微小的讯号（几毫安到几十毫安）控制三端双向可控硅(Triac)的接通和分断， 输入端与输出端之间采用光电隔离， 输入端加上直流或脉冲讯号， 输出端就能从断态转换成通态， Photo Triac Driver 分成零点触发(Zero-cross)和任意相位触发(Random-Phase)两种类型。

2. 三端双向交流开关(TRIAC)的工作原理

三端双向交流开关(TRIAC)是由双向晶闸管(bidirectional thyristor)所组成， 代替两个反极性并联的晶闸管(thyristor)， 并使用一个触发电路， 是目前比较理想的交流开关器件。双向晶闸管可以双向导通， 即闸极(Gate; G)加上正或负的触发电压， 均能触发双向晶闸管正、反两个方向导通。与单向晶闸管相比较， 双向晶闸管的主要的区别是触发之后为双向导通；触发电压不分极性， 只要绝对值达到触发门限值即可导通。其内部结构和符号如图 1 所示。

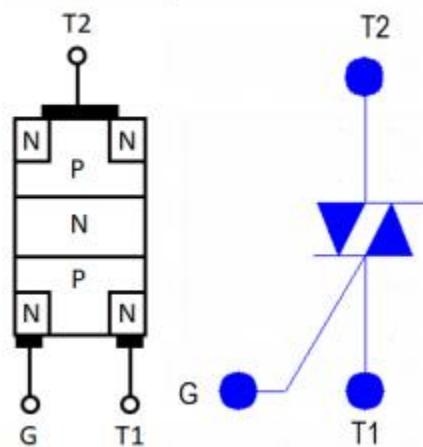


图 1. 双向晶闸管内部结构和符号图

因为 TRIAC 是双向组件，当闸极电流 I_G 不论极性为何，只要 T_1 与 T_2 间电压小于其额定转态电压时，TRIAC 处于截止状态。两阳极间只有少量的漏电流通过，当闸极电压大于转态电压，TRIAC 为低电阻，电流上升则端电压下降呈现导通状态，一旦转态导通，闸极不再有控制作用。

在移去闸极信号后，以下三种方式可将 TRIAC 截止：

- (1) 中断两端点(T_1 和 T_2)的电压(开路或短路)。
- (2) 改变两端点(T_1 和 T_2)的电压极性(如使用交流电则会自动截止)。
- (3) 将导通的电流降低至维持电流 I_H 以下(可参考图 2)。

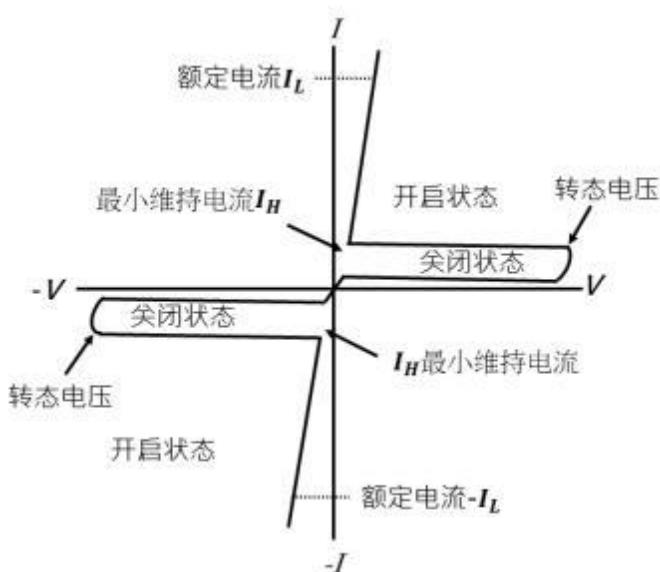


图 2.TRIAC 特性曲线图

3. Photo TRIAC Driver 的种类

3.1 零点触发 (Zero-Cross , ZC)

一般用于交流电源控制，例如继电器 (Relay) 驱动、交流开关等应用，因交流电源电压较高，在输出功率较大时，开关的瞬间会有火花产生，进而影响开关、继电器等这类有接点的设备寿命，火花会使接点碳化，导致接点阻抗升高，恶性循环的情况下，造成接点接触不良，就很容易发热，也就越容易失效。零点触发(ZC)，就是在零的交越处，去驱动外部的接点，因火花产生的原因来自于电流，而电流的产生来自于有电压，又因交流电有正负周期的关系，以 60Hz 的交流电来说，每秒钟会有 60 个零交越点，在零点的时候即代表电压为 0V，故此时不会有电流产生，亦即这时导通或关闭开关时，是最不容易产生火花的时候，所以零交越电路所在做的就是在零点的时候，触发开关导通。

通常会使用零点触发的目的，是为了要延长开关接点的寿命，所以在 relay 上应用零交越是很常用的一种设计，但是因为 relay 通常动作的时候激磁会有反应时间，这种时间是没办法控制的，且通常都是毫秒内，对于在零点切换几乎是不可能的事情。因 TRIAC 导通时间较短也较容易控制，故可用 TRIAC 取代 relay 做开关控制。

零交越的动作时序应为：

- (1) 触发零交越 IC 使 TRIAC 导通。
- (2) Relay 开启或放开。
- (3) 解除零交越。

因输出只在正弦波的零点才会动作或复归，可避免突波或 EMI/RFI，特别适用于控制阻抗性、电容性和不饱和感抗性等负载，图 3 为操作时的波形变化。

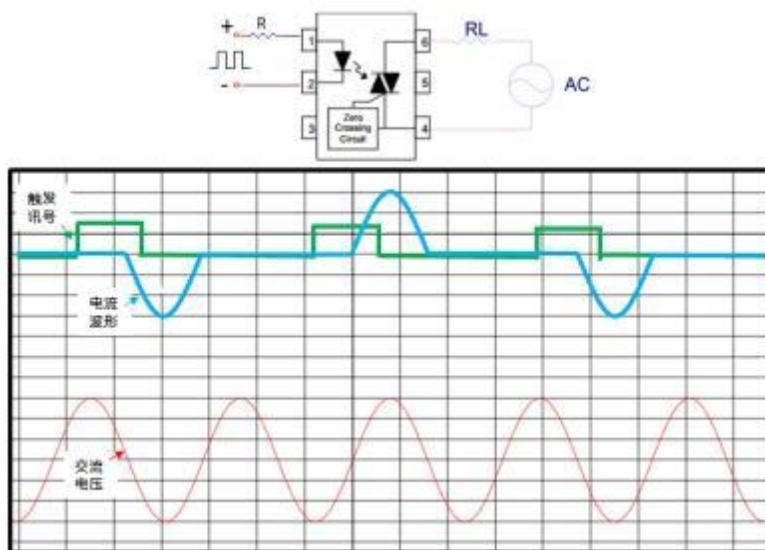


图3 . Zero Crossing 操作时的波形变化

3.2 随机相位触发 (RANDOM-PHASE, RP)

可应用于电磁阀控制、灯具整流器、交流电开关、微处理器与交流电外设的接口，固态继电器、白炽灯调光器、温度控制器及马达控制等，和过零触发的差别在于，它允许在交流正弦电压的任何一个时刻启动输出，控制 TRIAC 的触发角来决定输出功率，各类的调压模块或固态继电器内部作为输出触点的器件均为可控硅，而且都是依靠改变可控硅导通角来达到调压的目的，故输出的电压波形均为缺角的正弦波，因此存在高次谐波，有一定的噪声，具有较强的抗静态电压上升率(dv/dt)的能力，能够保证对感性负载的开/关控制，图 4 为操作时的波形变化。

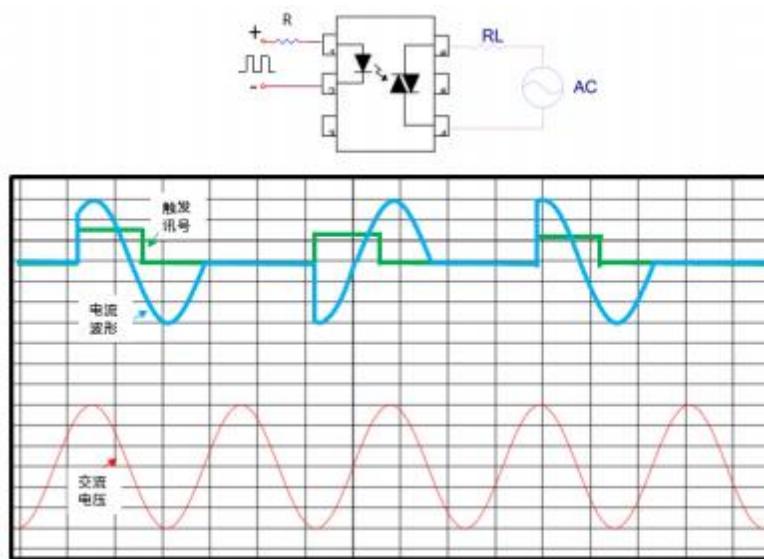


图 4. Random Phase 操作时的波形变化

4. 静态电压上升率 (dv/dt)

图5为静态 dv/dt 测试电路，开启待测器件 (D.U.T.)，同时使用 High Voltage Pulse Source 施加足够的 dv/dt ，以确保在触发电流断开后，TRIAC 仍保持导通状态，随后降低 dv/dt ，直到 D.U.T. 关断。测量上升至 $0.632V_{PEAK}$ 所需的时间 τ_{RC} ，然后用 $0.632V_{PEAK}$ 除以 τ_{RC} 得到 dv/dt 。

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

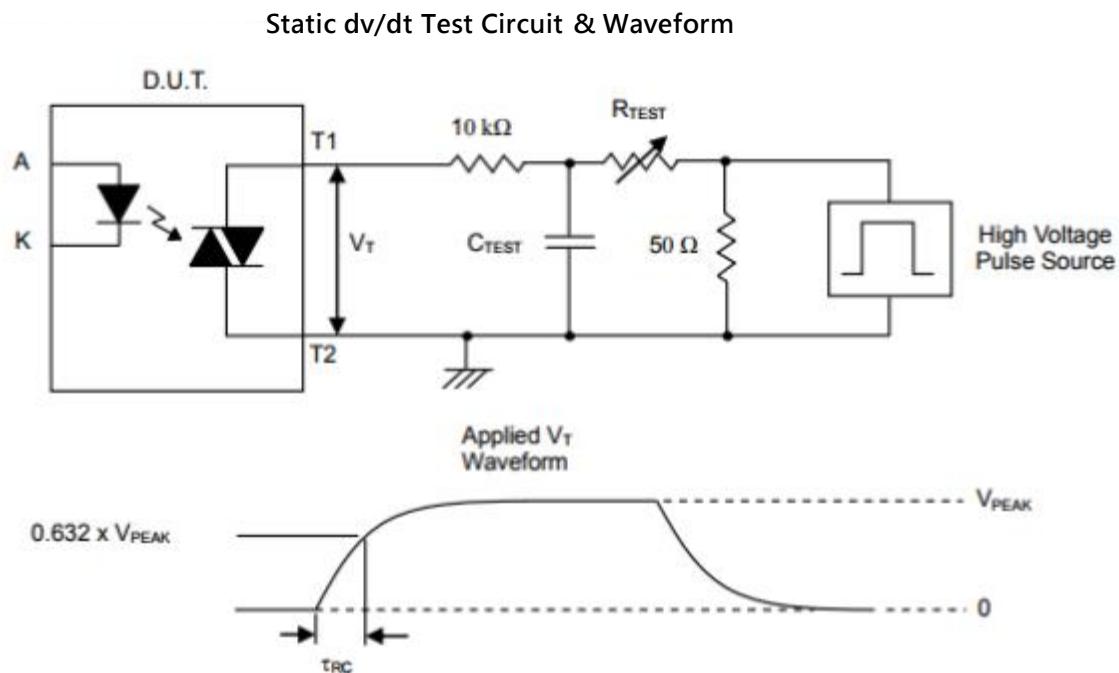


图 5. 静态 dv/dt 测试电路

以 AT306X series 为例, 将 $V_{PEAK}=600V$ 套入公式, 我们可以得到 dv/dt 的值。

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

5. Photo TRIAC Driver 基本触发电路

图 6 为 Photo TRIAC Driver 基本触发电路, Photo TRIAC 主要是利用输入端的红外光去触发 TRIAC, 其中 I_{FT} 是表示驱动 TRIAC 所需的最小电流。以 AT3031 为例: 当 $I_F=15mA$ 时, 输出端会导通, 即使 I_F 下降至 15mA 以下时, 输出端依然是导通状态, 直到流过 TRIAC 的电流降至 I_H 以下后, TRIAC 才会断开。而当输出端电压高于 TRIAC 两端的正向阻断电压 V_{DRM} 也会导通, 另外交流常见的瞬变或噪声等,如果超过静态电压上升率 dv/dt 的额定值, 也有可能触发 TRIAC, 为了防止误触, 通常会加上缓冲器(Snubber circuit)。

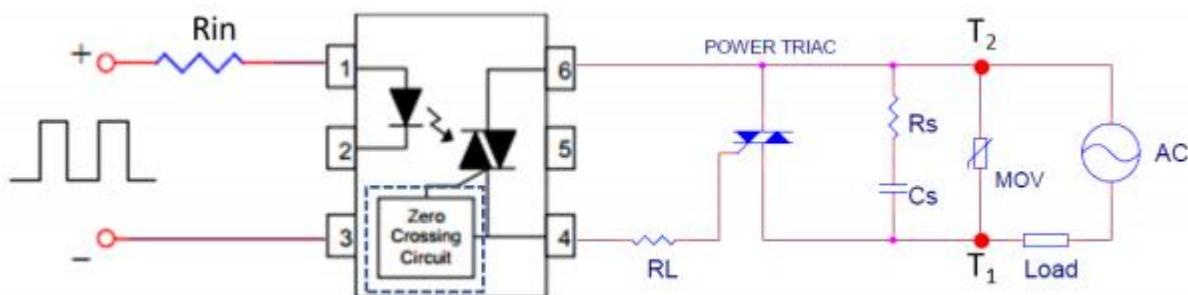


图 6. Photo TRIAC Driver 基本触发电路

若负载为电阻性负载, 电路中的电压和电流同相, 当电流为零, 会达到零功率点, 此时电压为零, TRIAC 可轻易的变为 OFF。若负载为电抗性 (电感或电容), 因电路的电压和电流异相, 故 TRIAC 切为 OFF 的方式跟电阻性负载不同。考虑类似马达的电感性负载, 此电路的电流落后于电压, 当电流变为零, 电压不为零并且施加于 TRIAC 两侧, 此电压可能将 TRIAC 转为 ON, 造成误触发。除了电感性负载, 静态电压通常伴随噪声, 而其值也可能将组件转为 ON。闸流体是由 PN 接面制成, 当不导通时, 这些接面具有空乏区。空乏区为绝缘体, 可视为电容的介电层。这些电容会对在静态时的急遽电压改变有所反应, 并且引入充电电流。而此充电电流可以当作闸极电流, 并将组件转为 ON, 因此造成了误触发。

缓冲电路可以减少在 TRIAC 控制电路中的误触发。把电容抗拒电压改变的特性用在 RC 缓冲电路。RC 电路在 TRIAC 的 T2 和 T1 间连接。缓冲电路将充电电流由非导通时的闸流体分流出来。

5.1 零点触发(Zero-Cross)

图 7 为零点触发(Zero-Cross)的基本触发电路， R_L 为阻性负载时，因电流受限于 Power TRIAC 的 Gate 触发电流(I_{GT})，故可不须电阻 R ； R 主要是应用在电感性负载应用中，防止 TRIAC Driver 可能造成的破坏。

如果限流电阻 R 的值过高，可能会造成 TRIAC 错误的相位控制，如果 TRIAC 在峰值电压附近进入非导通状态，并且缓冲器电容对 TRIAC 放电，电阻 R 可限制流过 TRIAC Driver 的电流。电阻 R 的计算方式：假设电压为 110V 有效值，最大峰值驱动电流等于 1A，可以计算出 R 值。

$$R = \frac{V_{Peak}}{I_{Peak}} = \frac{110\sqrt{2}}{1} = 155 \text{ ohm} \text{ 可以选择较常用的电阻值 } 160\text{ohm}.$$

R_G 只有在 Power TRIAC 或 SCR 的内部 Gate 阻抗极高时才需要，如果没有 R_G ，抗噪性能和热稳定性会非常差， R_G 的阻值范围为 100~500ohm， R_G 会增加 I_{GT} 电流，而 R_G 和 R 一起使用，会造成过零时间与 Power TRIAC 触发时间之间的非预期延迟或相移。

Power TRIAC 需要特定的触发电流(I_{GT})和触发电压(V_{GT})才能使其导通， T_1 和 T_2 两端点之间有最小线路电压 V_T ，即使 TRIAC Driver 已被触发为导通状态。最小线路电压 V_T 的值为触发电路中所有压降相加得到：

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

电流 I 除了(I_{GT})之外，还包含了流过 R_G 上的电流。

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

将 Power TRIAC 所需的 Gate 触发电压 V_{GT} 除以 R_G 可以得到 $I_{RG} = \frac{V_{GT}}{R_G}$
所以， $I = \frac{V_{GT}}{R_G} + I_{GT}$, $V_R = I \times R = (\frac{V_{GT}}{R_G} + I_{GT})R$

V_{GT} 和 I_{GT} 可由 Power TRIAC 的规格书上得知， V_{TM} 由 TRIAC Driver 的规格书上得知，因此可以知道 R 和 R_G 决定于 V_T 的值。

在 V_T 已知的情况下，非预期相位延迟角度 θ_d 以及触发延迟时间 t_d 可由下式求得：

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

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

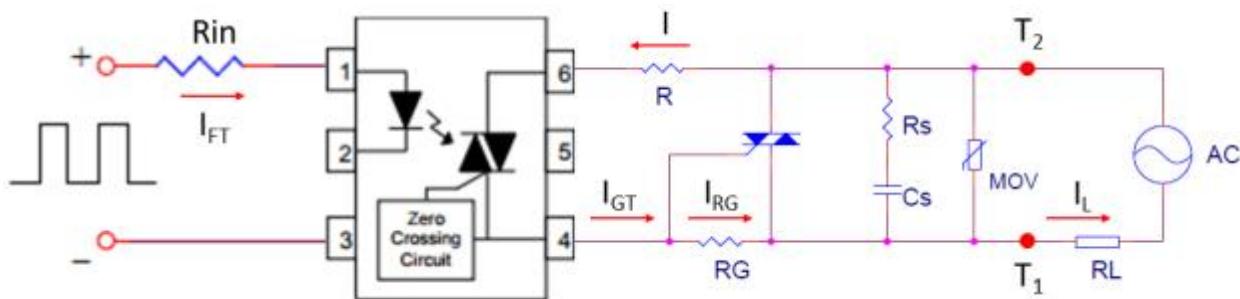


图 7.Zero Crossing 基本电路

5.2 随机相位(RANDOM-PHASE)

在任何相位都可让输出端导通，但一样会在下一个线路电压过零处关闭，比较要注意的是，因为在任意相位都能触发，会造成瞬变电压干扰。针对 Power TRIAC 的选择，需要注意工作的电压以及可能会产生的浪涌电压，应选择高于耐受度高于此电压的组件，如果是白炽灯，应使用保险丝保护 Power TRIAC，或使用额定值高的组件，避免峰值电流过高而损坏组件。当交流线路上产生瞬变电压干扰并超过组件静态 dv/dt 额定值时，会造成 TRIAC Driver 所触发的 Power TRIAC 被误触而导通，但一般情况下 Power TRIAC 会在下一个过零点时被关闭，大部份负载可承受这种偶发性半个周期的功率。

电感性负载(电机、电磁阀、磁体...等)，对 Power TRIAC 和 TRIAC Driver 来说，因为电压和电流异相，而 TRIAC 会在零电流时会关掉。故当电流为零且施加的电压为高电压时，对于 TRIAC 来说，上升速率超过 Power TRIAC 的 dv/dt 或者 TRIAC Driver 的静态 dv/dt ，TRIAC 就会导通。为了用缓冲器电路来降低电压上升率。有时候会在 Power TRIAC 和 TRIAC Driver 都加上缓冲器，要正确的设计缓冲器，须配合电抗性负载的功率因子(PF)。

本应用手册提供客户设计参考，若有设计变更可能造成系统性性能降低，若有机构设计上的问题请与奥特电子联系取得进一步技术支持。