Is Now Part of

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com

应用指南 AN-3006
光电隔离相位控制电路解决方案

引言

光电耦合器根据交流线路、电源变换以及多相电源系统的控制来简化逻辑隔离。通过确保敏感逻辑中无交流线路噪声和瞬变，光电耦合器能有助于解决问题。飞兆半导体的 6 引脚 DIP 光电耦合器系列具有高浪涌电压能力（7500V 峰值交流电压， 60Hz， 1 秒持续时间），设计人员凭借其能实现目标。本文介绍一个功率三端双向可控硅 (TRIAC) 相位控制电路，并将其与传统过零电路作比较。示例电路将低电平控制电路与交流线路相隔离。该电路可用来控制通用电机速度或灯具的亮度。通用电机具有高启动扭矩和宽速度范围特性 — 常用于混料器、搅拌器、地板磨光器、电动手工和木工工具等。

过零和随机相位 TRIAC 驱动器

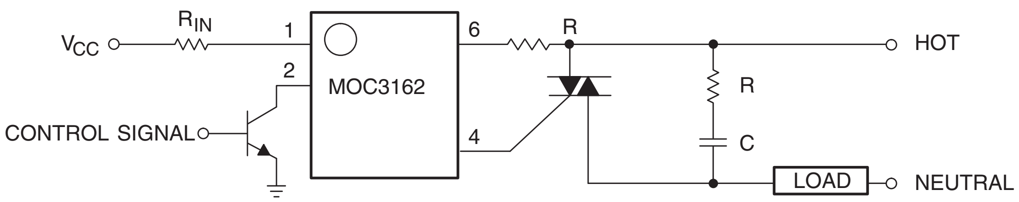
过零 TRIAC 驱动器光电耦合器为：MOC316X 和 MOC308X 系列。随机相位光电耦合器为：MOC301X、MOC302X 和 MOC305X 系列。所有系列都具有同类铝砷化镓红外发光二极管，但光耦合至不同的单片硅检波器芯片。过零系列设计用于控制电路和功率负载应用之间的接口。使用过零开关的优势是浪涌电流更低，从而电磁干扰 (EMI) 更少。这样就能减少很多应用中的可靠性问题，如固态继电器、工业控制、电机、电磁阀和消费类家用电器。高速过零开关提供 500 V/μs 至 2000 V/μs 的最小 dv/dt，保护器件不受交流电源线路瞬变的误触发影响。

图 1 所示电路是可实现通 - 断电源控制的基本电路。随着连续正向电流流过 LED，过零光电耦合器的检波器仅在施加的交流电压通过零点附近时，才切换到导通状态。相位控制应用 （如控制电机速度或灯具亮度）要求沿交流电压波进行触发。这便需要使用随机相位 TRIAC 驱动器光电耦合器。

使用 MOC3023 以相位控制功率 TRIAC

设计目标

图 2 中的应用电路是采用相位控制功率 TRIAC 的一个示例。随机相位 TRIAC 驱动器为飞兆半导体的 MOC3023。该器件的 LED 触发电流 I_{FT} 为 5 mA，且关态输出端接电压 V_{DRM} 为 400 V。本例中使用的功率 TRIAC 具有 15 A 通态 (RMS) 电流 (T_C = 80C). 负载为 1/3 HP 单相感性电机，以 1750 rpm 的最高速度驱动风扇。该电路能够以更高的额定值应用于不同的功率 TRIAC 和负载中。设计目标为采用相位控制功率 TRIAC 驱动 115 VAC 线路供源的电机或调光器。采用 5 至 15 VD 控制电压，并利用光隔离逻辑系统产生的一系列脉冲宽度即可达成设计目标。



DESIGN RULE: V_{peak}/I_{peak} = 180 /1 amp = 180 ohms
(Assume the line voltage is 115 volts RMS)

图 1. 使用 MOC3061 进行过零切换

系统原理框图

全波过零传感器连接光隔离可变脉冲宽度振荡器。振荡器控制光隔离功率 TRIAC 导通时间，从而为负载提供相位控制。

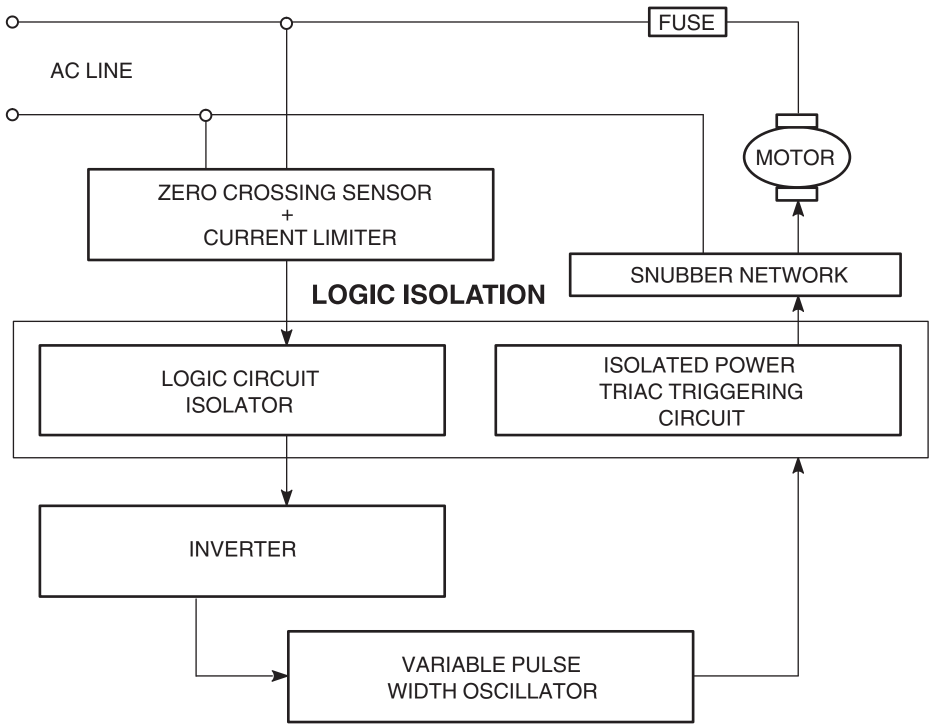


图 2. 系统原理框图

电路说明

全波交流至逻辑耦合

电路始于交流线路输入电压。它通过 1N4001 二极管桥式整流，并连接至 H11L1 逻辑输出光电耦合器的砷化镓 LED。正向电流 （范围为 10 至 50 mA）流过光电耦合器 LED，产生红外辐射，触发高速施密特触发器输出级，使其导通。在由齐纳二极管定义的恒定输入电压下，该操作每半个交流周期发生一次，发生位置在线路过零附近。

限流器

R1 是一个限流电阻，用于齐纳二极管和光电耦合器输入 LED 的限流。 R2 提供较小的偏置电流，确保齐纳二极管工作在其特性曲线转折点上方的线性部分。通过为漏电流提供路径，它方便了 LED 的通 - 断切换。

R1 = (VIN － VF) / IF 其中，
VF = 二极管正向电压
IF = 二极管正向电流

可变脉冲宽度振荡器的光隔离触发

脉冲宽度为 720µs 的直流信号在 H11L1 的输出检波器处产生。 MPSA40 NPN 晶体管的目的是产生反向信号，该信号进入 LM555 单片时序电路的触发引脚 2。有关输入触发脉冲宽度与线路电压的关系，请参见图 4。

可变脉冲宽度振荡器

在每一个输入触发信号的下降沿， LM555 单片时序电路均产生正向脉冲，其占空比由 C1、 VR1 和 R5 控制。脉冲持续时间在时间常数 t = 1.1* (VR1+R5)*C1 内测量。电容 C1 两端的电压与 LM555 输入触发信号的关系参见图 5。

隔离 TRIAC 触发

来自振荡器的输出信号 (V_{td}) 输入 MOC3023 TRIAC 驱动器 LED。当有足够的 LED 电流 (I_{FT}) 流经 LED 时， TRIAC 驱动器锁存在高电平，在功率 TRIAC 中产生栅极电流，将其触发为导通状态。

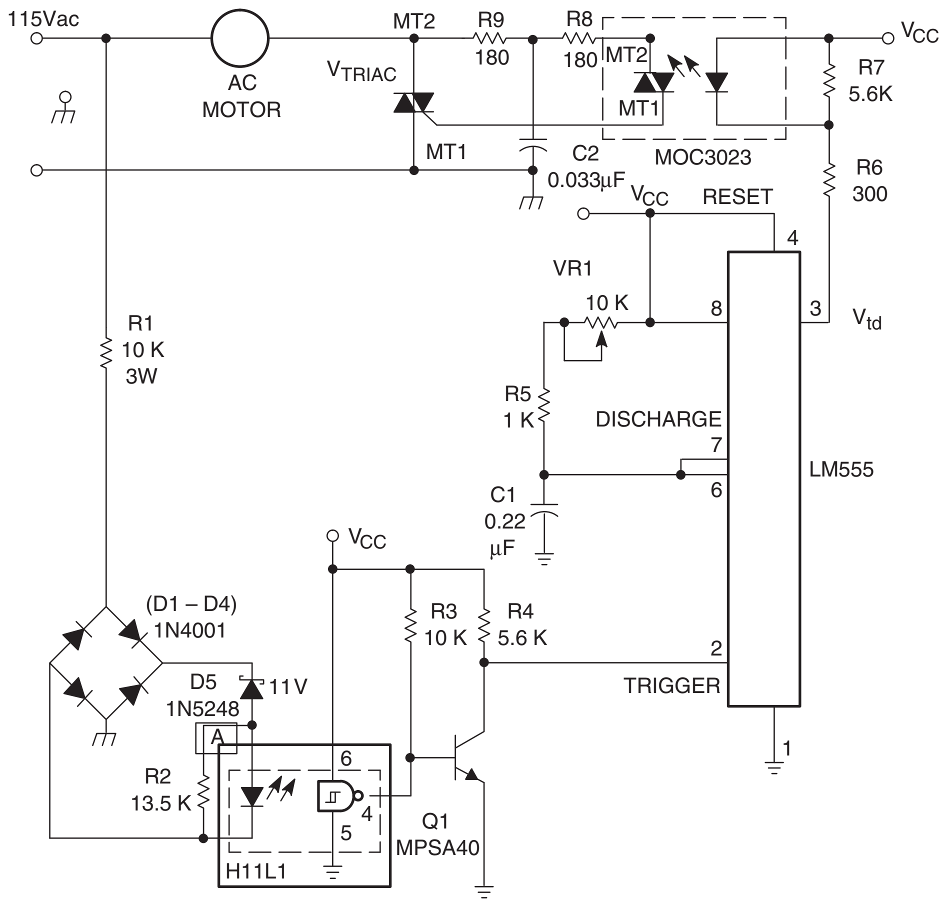
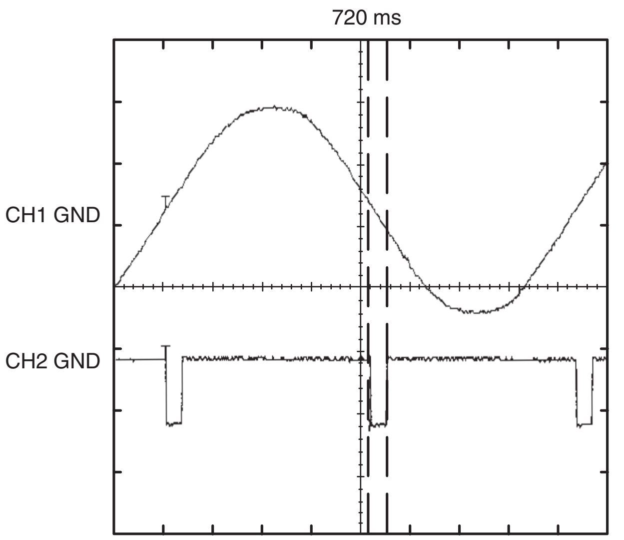
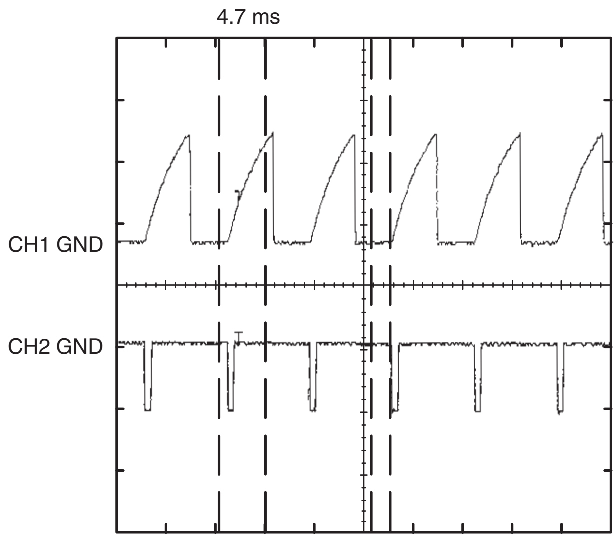


图 3. 原理示意图
使用 MOC3023 以相位控制功率 TRIAC



Time: 2 ms/div
CH1: Line voltage waveform (100 V/div)
CH2: Trigger signal measured at Pin 2 of the LM555

图 4. 过零交流至逻辑耦合



Time: 5 ms/div
CH1: Output voltage across C1 (2 V/div)
CH2: Input trigger pulse to LM555 (5 V/div)

图 5. 电容 C1 在输入触发脉冲的下降沿开始充电，时间常数为 1.1*R5*C1

一旦功率 TRIAC 锁存，即使此时已施加了 I_{FT}， TRIAC 驱动器也将被迫进入断态。功率 TRIAC MT2 到栅极的电压下降至低于光电耦合器阈值电压的较低值，并且无法保持光电耦合器导通状态。参见图 8 中功率 TRIAC 两端电压 (V_{TRIAC}) 与功率 TRIAC 栅极触发信号 (V_{td}) 的关系。

相位控制的最小负载功率

施加在负载上的平均功率通过 TRIAC 驱动器的输入波形持续时间加以调制。相位延迟时间越长，导通角度和分配到负载上的功率就越小。 R5、 VR1 和 C1 确定最小负载功率。这样便确保了功率 TRIAC 的锁存与光电耦合器的关断。它可防止光电耦合器的换向 dv/dt 故障。图 3 所示电路的最小导通角度为 12 度。功率 TRIAC 两端的电压与 TRIAC 驱动器输入信号的关系参见图 9。

缓冲器网络

若施加的电压上升速率超过功率 TRIAC 的 dv/dt 或 TRIAC 驱动器的 dv/dt，则功率 TRIAC 可能会被误导通。为防止这种误触发现象，使用单个缓冲器限制功率 TRIAC 和光电耦合器的最大 dv/dt。缓冲器网络可通过假设感性负载的功率因数定义，随后通过测量实际 dv/dt 加以调整，并对缓冲器作必要的调节。图 3 中所用的缓冲器网络可获得最差情况下的 dv/dt，其中耦合器为：

dv/dt = Vto / (R9 * C2) = 180 / (180 * 0.033)
= 30.3 V/µs
V_{to} = 瞬时峰值线路电压

负载电感的存在 （比如负载是一个电机）使 dv/dt 的值大幅下降。有关设计缓冲器网络的详细信息，请参见飞兆半导体应用指南 AN3008。

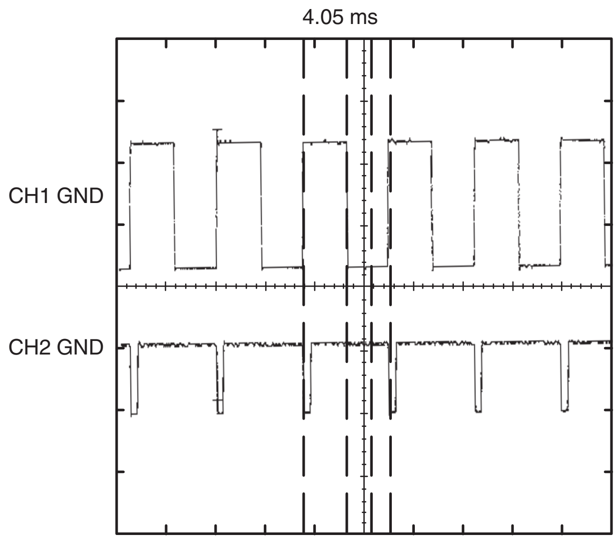
R8 限制流过 TRIAC 驱动器的峰值电容放电电流。其最小值可由下式计算得出：

$R8 = V_{pk} / I_{max}$ = 180 / 1.2 A = 150 Ω (1/2 W)
V_{pk} – 栅极触发所需的电压
I_{max} – 光电耦合器的浪涌电流额定值

作者选用 180 Ω 限流电阻。

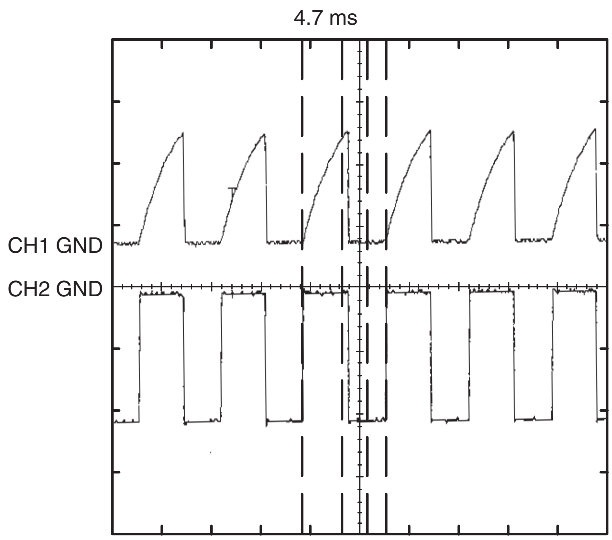
结论

本应用指南展示了 TRIAC 驱动器和功率 TRIAC 在交流逻辑隔离相位控制应用中的使用。使用相对较少的元器件即可轻松完成电路设计。



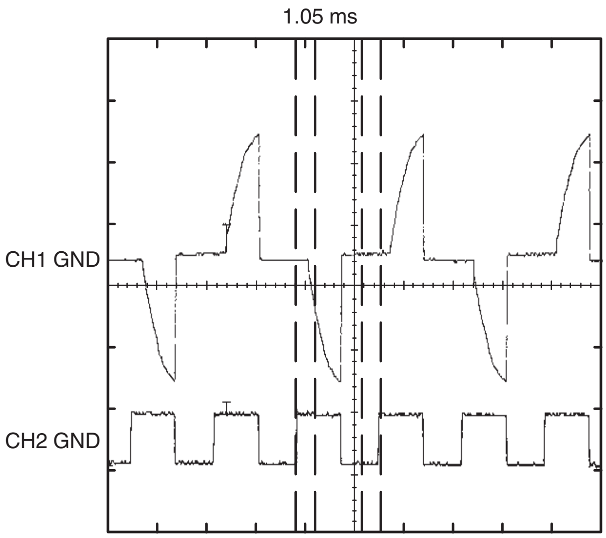
Time: 5 ms/div
CH1: Output signal measured at Pin 3 of the MC1455 (2 V/div)
CH2: Input trigger pulse to MC1455 (5 V/div)

图 6. 脉冲宽度为 4.2 ms 的方波，在 LM555 输出引脚处生成



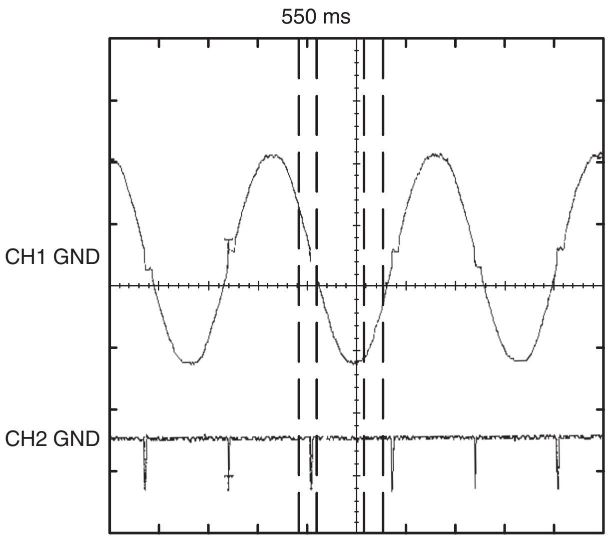
Time: 5 ms/div
CH1: C1 starts to discharge when voltage reaches 2/3 of the V_{CC} (2 V/div)
CH2: Power triac gate trigger signal (V_{td}) with pulse duration of 4.7 ms (2 V/div)

图 7. 电容电压与功率 TRIAC 栅极触发信号的关系



Time: 5 ms/div
CH1: Voltage across the power triac terminals (V_{TRIAC}) (100 V/div)
CH2: Power triac gate trigger signal, V_{td} (5 V/div)

图 8. 功率 TRIAC



Time: 5 ms/div
CH1: Voltage across the power triac terminals (V_{TRIAC}) (100 V/div)
CH2: Power triac gate trigger, V_{td} (5 V/div)

图 9. 最小负载功率

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN.FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

9/25/13 0.0m 001
备货 #AN300000xx

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303−675−2175 or 800−344−3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303−675−2176 or 800−344−3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800−282−9855 Toll Free USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81−3−5817−1050

ON Semiconductor Website: **www.onsemi.com**

Order Literature: http://www.onsemi.com/orderlit

For additional information, please contact your local Sales Representative