



Is Now Part of



ON Semiconductor®

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

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

应用指南 AN-3003

随机相位穿越 TRIAC 驱动器的应用

结构

MOC30XX 系列随机相位（非过零）三端双向可控硅 (TRIAC) 驱动器由铝砷化镓红外 LED 组成，并光耦合至硅检测器芯片。这两款芯片采用 6 引脚 DIP 封装，提供 $7.5\text{KV}_{\text{AC(PEAK)}}$ LED 和输出检测器之间的绝缘。这些输出检测器芯片设计用于驱动 115 和 220 V 交流电源线路上的 TRIAC 控制负载。检测器芯片是一款复杂器件，功能与小型 TRIAC 相同，可产生驱动大型 TRIAC 的栅极（比如飞兆半导体的 FKPF12N80）所需的信号。MOC30XX TRIAC 能够以最少的外部元器件数控制大型功率 TRIAC。

表 1 列出的是 MOC30XX 随机相位 TRIAC 驱动器系列的产品型号。这些型号根据阻断电压、 V_{DM} 和输入 LED 触发灵敏度 I_{FT} 进行划分。MOC3010/1/2 额定工作电压为 250 V，MOC3020/1/2/3 为 400 VAC，并且 MOC3051/2 的 V_{DM} 为 600 V。

基本电气说明

AlGaAs LED 10 mA 时的标称正向压降为 1.3 V，反向击穿电压大于 3 V。通过 LED 的电流最大值为 60 mA。

关断状态下，两个方向上的检测器最小阻断电压均为 250 Vdc。处于通态时，检测器可在两个方向上流过 100 mA 电流，并且通过器件的压降低于 3 V。一旦触发进入导通状态后，即使无电流流过 LED，检测器也会保持不动，直到端点电流下降至低于维持电流（典型值为 100 μA ），此时检测器会反转为关断状态。超过正向

阻断电压、电压沿检测器以超过静态 dv/dt 的速率斜升、或者通过 LED 发出光电都能使检测器触发进入导通状态。通过规格保证 LED 触发检测器的触发性能，使其在流过 LED 的电流等于或高于 $I_{\text{FT(max)}}$ 时将检测器触发为导通状态。例如，MOC3011M 要求至少 10mA LED 电流，以保证开启。而类似的器件 MOC3012M 具有完全相同的特性，但仅需 5 mA 即可触发。

由于这些器件看上去像小型光触发 TRIAC，因此我们以图 1 所示电路代表这类器件。

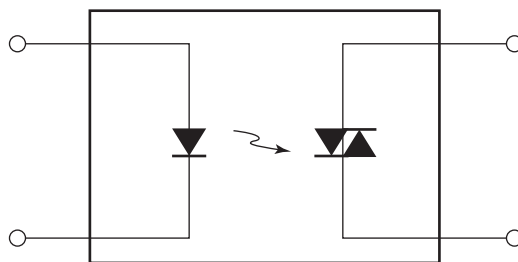


图 1. 光耦合随机相位 TRIAC 驱动器的原理图

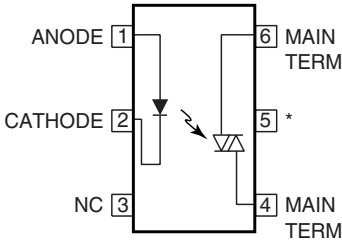
	随机相位 TRIAC 光电耦合器						
	器件编号	I_{FT} (mA) 最大值	V_{TM} (V) 最大值	V_{DM} (V) 最小值	I_{H} (μA)	I_{DRM} (nA) 最大值	V_{ISO} 交流 [峰值]
	MOC3010M	15	3	250	100	100	7.5kV
	MOC3011M	10	3	250	100	100	7.5kV
	MOC3012M	5	3	250	100	100	7.5kV
	MOC3020M	30	3	400	100	100	7.5kV
	MOC3021M	15	3	400	100	100	7.5kV
	MOC3022M	10	3	400	100	100	7.5kV
	MOC3023M	5	3	400	100	100	7.5kV
	MOC3051M	15	2.5	600	280	100	7.5kV
	MOC3052M	10	2.5	600	280	100	7.5kV

表 1.

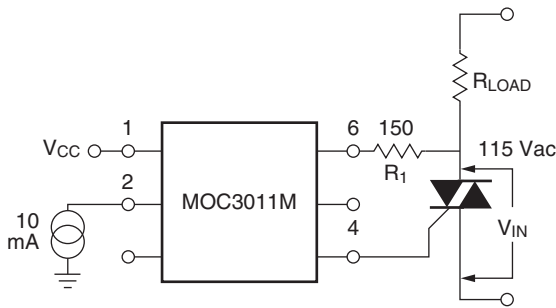
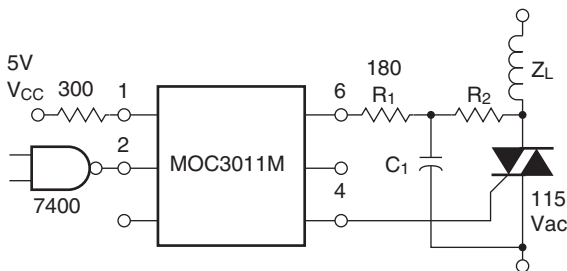


图 2. 简单 TRIAC 门电路



NOTE: Circuit supplies 25mA drive to gate of triac at $V_{in} = 25V$ and $T_A < 70^\circ C$

TRIAC		
I_{GT}	R_2	C
15 mA	2400	0.1
30 mA	1200	0.2
50 mA	800	0.3

图 3. 感性负载接口逻辑

MOC3011M 用作 TRIAC 驱动器

TRIAC 驱动要求

图 2 显示的是使用 MOC3011M 的简单 TRIAC 驱动电路。MOC3011M 的最大浪涌电流额定值决定 R_1 的最小值，计算等式如下：

$$R_1 (\text{min}) = V_{in(pk)} / 1.2A$$

如果采用 115 Vac 的标称线路电压值，则 $V_{in(pk)} = 180V$ ，从而

$$R_1 (\text{min}) = V_{in(pk)} / 1.2A = 150 \text{ 电阻。}$$

实际使用中，将会采用 150 或 180 电阻。若 TRIAC 的 $I_{GT} = 100 \text{ mA}$ 且 $V_{GT} = 2V$ ，则触发 TRIAC 所需的电压 V_{in} 由下式确定：

$$V_{inT} = R_1 \cdot I_{GT} + V_{GT} + V_{TM} = 20V.$$

阻性负载

驱动阻性负载时，可使用图 2 中的电路。白炽灯和阻性发热元件是两类主要的阻性负载，针对它们使用 115 Vac。主要的限制是：必须选择合适的 TRIAC，以耐受一定程度的浪涌负载。白炽灯有时候会引起峰值电流，称为“闪弧”；该电流有时候会非常高，因此必须使用保险丝保护 TRIAC，或使用额定值足够高的器件，以免受此电流的破坏。

线路瞬变 - 静态 dv/dt

极少数情况下，交流线路上的瞬变电压干扰会超过 MOC3011M 的静态 dv/dt 额定值。在这种情况下，MOC3011M 和相关的 TRIAC 会被触发为导通。通常这并不是一个问题，但特别嘈杂的环境下会出现例外情况，因为 MOC3011M 和其 TRIAC 将在下一个线路电压的过零处换向关断，并且大部分负载受所施加功率的偶发性单个半周期影响非常小。有关典型 dv/dt 与温度的关系曲线，请参见图 4。

感性负载 - 换向 dv/dt

感性负载（电机、电磁阀、磁体等）对 TRIAC 和 MOC3011M 而言会产生问题，因为电压和电流相位不一致。由于 TRIAC 在零电流处关断，因此在施加的电流为零而施加的电压为高电平时，它可能会试图关断。对于 TRIAC 而言，这将表现为所施加电压的突然上升，并且如果上升速率超过 TRIAC 的换向 dv/dt 或者 MOC3011M 的静态 dv/dt，则会开启 TRIAC。

缓冲器网络

该问题的解决方案是使用“缓冲器”网络来降低针对器件的电压上升速率。某些情况下，这可能需要用到两个缓冲器，一个用于 TRIAC，另一个用于 MOC3011M。TRIAC 缓冲器取决于 TRIAC 和所用的负载，本文中不作论述。在很多应用中，用于 MOC3011M 的缓冲器同样也能充分保护 TRIAC。

要正确设计缓冲器，应当清楚地知道电抗性负载的功率因数，它被定义为负载导致的相移的余弦。遗憾的是，该值并非总是已知的，这使得缓冲网络的设计在一定程度上需要依靠经验。但是，可以明确一种方法，根据典型的功率因数设计缓冲器网络。这种方法可以作为一种“切入点”，然后根据实验加以修改。

假设要求驱动一个功率因数为 $PF = 0.1$ 的感性负载。当施加的电压由下式确定时，TRIAC 可能会试图关断。

$$V_{to} = V_{pk} \sin \phi = V_{pk} = 180V$$

首先，必须选择 R_1 （图 3），限制流过 MOC3011M 的峰值电容放电电流。该电阻可由下式给出：

$$R_1 = V_{pk} / I_{max} = 180 / 1.2A = 150 \text{ 电阻}$$

实际使用中，可以选择 R_1 等于标准值，即 180 电阻。

有必要设置时间常数 $t = R_2C$ 。假设 TRIAC 以极快的速度关断，则 MOC3011M 上升的峰值速率为：

$$dv/dt = V_{to}/t = V_{to}/R_2C$$

将该值设置为 MOC3011M 最差情况的静态 dv/dt 值（可从图 4 获得），然后求解 R_2C ：

$$dv/dt(T_J = 70^\circ\text{C}) = 0.8 \text{ V}/\mu\text{s} = 8 \times 10^5 \text{ V/s}$$

$$R_2C = V_{to}/(dv/dt) = 180/(8 \times 10^5) = 225 \times 10^{-6}$$

考虑到 TRIAC 的栅极要求，已找到 R_2 的最大值。若使用飞兆半导体的功率 TRIAC FKP12N80，则 $I_{GT} = 30\text{mA}$ 。如果在 $V_{in} \leq 40\text{V}$ 时触发 TRIAC：

$$(R_1 + R_2) = V_{in}/I_{GT} = 40/0.030 \approx 1.33 \text{ k}$$

如果使 $R_2 = 1200 \Omega$ 电阻且 $C = 0.1 \mu\text{F}$ ，则满足了缓冲要求。TRIAC 栅极敏感度较低，要求 R_2 取较小值并且 C 相对图 3 取较大的值。

$$R_1 = (V_{CC} - 1.5)/0.015$$

阻性输入电路示例见图 1 和图 5。

增加输入灵敏度

某些情况下，逻辑门无法直接提供 15 mA 的源电流或灌电流。例如 CMOS 指定为仅具有 0.5 mA 输出，因此必须增加该值以便驱动 MOC3011M。有多种方法可以增加该电流至兼容 MOC3011M 输入要求的电平；一种有效的方法是使用飞兆半导体的 TinyLogic™ NC7SZ04，如图 5 所示。

输入电路

电阻输入

在输入条件良好受控的情况下，如将 MOC3011M 从逻辑门处驱动，则仅需单个电阻即可实现栅极与 MOC3011M 输入 LED 的接合。应当选择电阻，使进入 LED 的电流最小值为 10 mA，但不超过 50 mA。15 mA 是一个较为合适的值，使 LED 随时间具有可观的衰减，并确保耦合器长时间的工作寿命。电流高于 15 mA 不会改善性能，但会加快 LED 的固有老化过程。若假设 15 mA 时的正向压降为 1.5 V，于是可以使用一个简单的等式计算输入电阻。

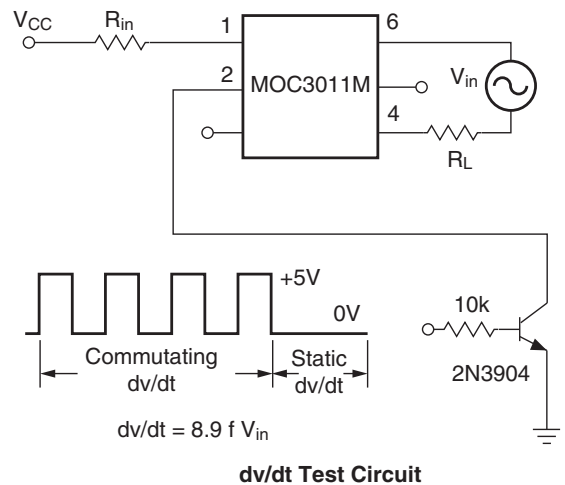
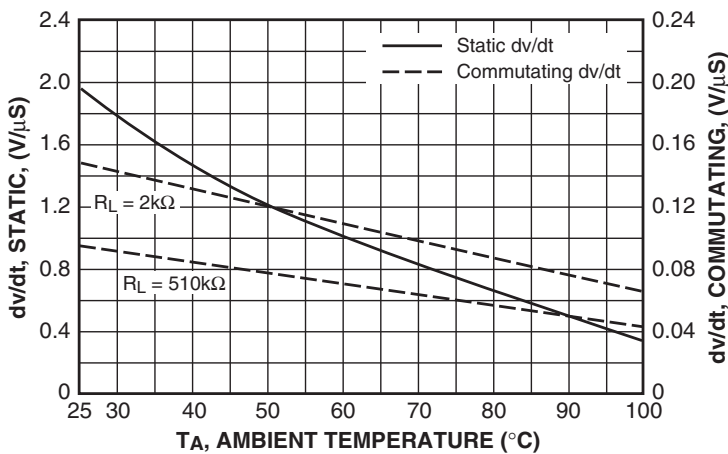


图 4. dv/dt 与温度的关系

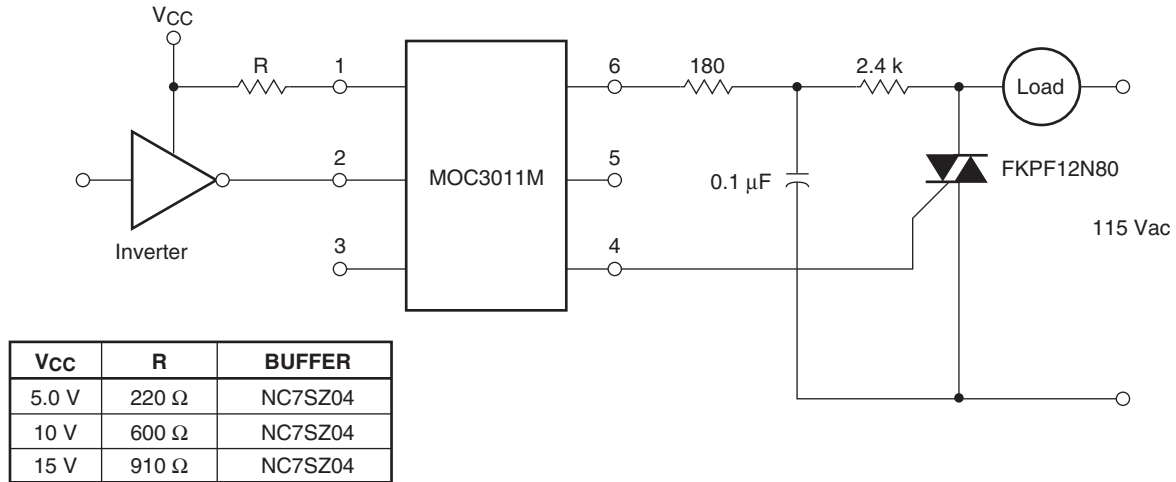


图 5. MOS 至交流负载接口

输入保护电路

某些应用中（如固态继电器）的输入电压变化很大，设计人员可能希望限制施加到 MOC3011M LED 上的电流。图 6 中的电路允许无临界范围的输入电压正确驱动 MOC3011M，同时保护输入 LED 免受意外极性反转的影响。

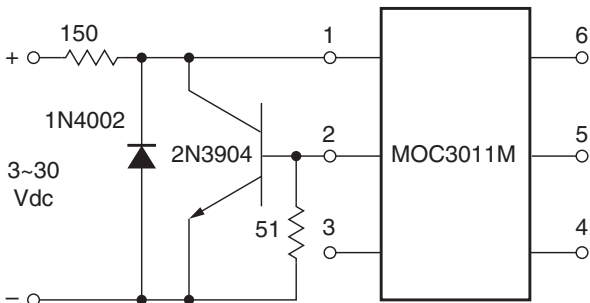


图 6. MOC3011M 输入保护电路

LED 寿命

所有发光二极管的亮度都会在工作寿命内缓慢下降，这是由高温和高 LED 电流所造成的效应，并且随时间推移会加速下降。为留有安全裕量并确保较长的工作寿命，MOC3011M 经实际测试以便在低于指定的 10 mA 输入阈值电流时触发。因此，设计人员可以设计一个输入电路，为 LED 提供 10 mA 电流，同时依然确保在较

长的工作寿命期间具有令人满意的工作性能。另一方面，应当务必确保不超过最大 LED 输入电流 (50 mA)，否则可能会缩短 MOC3011M 的寿命。

应用示例

在 240 Vac 线路上使用 MOC3011M

MOC3011M 的额定电压不够高，不足以用于 240 Vac 线路；然而，设计人员可以将两个这样的器件串联使用。以这种方式使用时，要求采用两个电阻，均衡这两个器件上的压降，如图 7 所示。

远程控制交流电压

地区性的楼宇法规通常要求将所有 115 Vac 照明开关导线封闭在管道中。使用 MOC3011M、一个 TRIAC 和一个低压源，便可以从远处通过低压信号线（与交流线路完全隔离）控制较大的照明负载。这类导线通常不要求封闭在管道中，因此可以在商用或住宅楼宇的照明系统安装中节省下一笔可观的成本。示例如图 8 所示。通常，负载也可以是电机、风扇、水池泵等。

固态继电器

图 9 显示的是针对感性负载提供缓冲且具有输入保护功能的完整通用固态继电器。若设计人员对输入和输出条件具有更多的控制权，便可淘汰这些器件，使该应用的电路性价比更高。

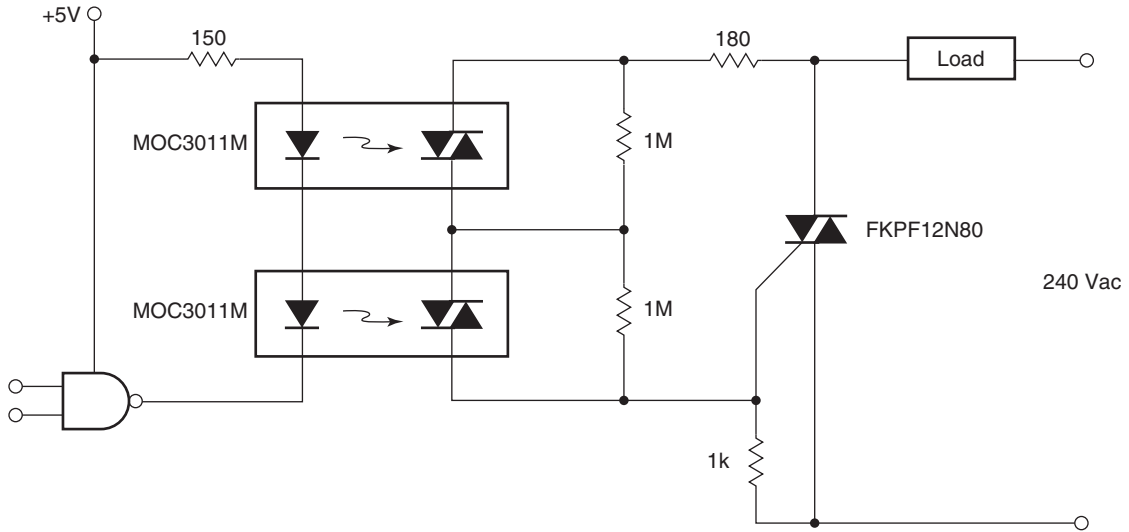


图 7. 2 个 MOC3011M TRIAC 驱动器串联驱动 240 V TRIAC

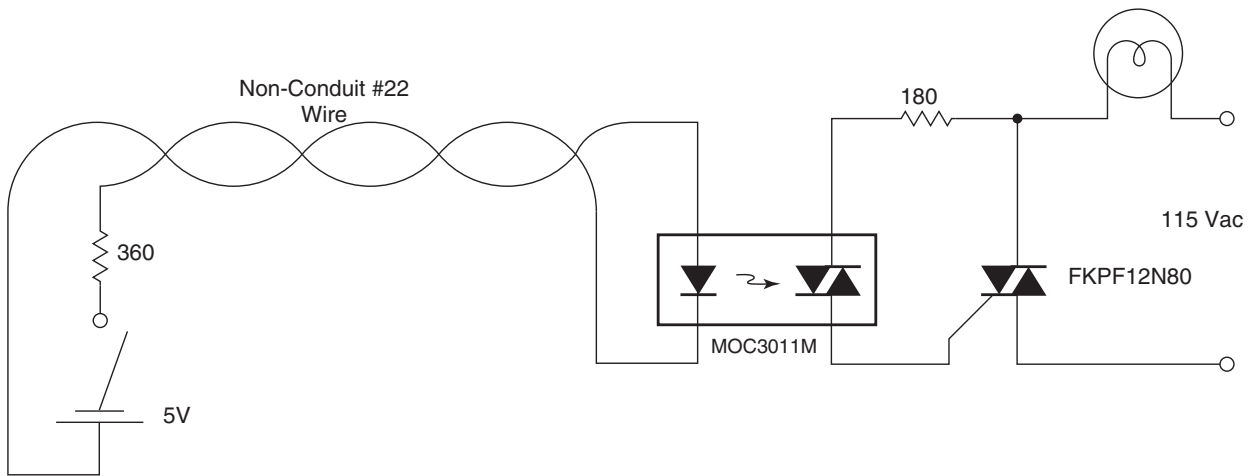


图 8. 通过低压无管道电缆远程控制交流负载

微处理器与 115 Vac 外设的接合

典型微型计算机的输入 - 输出 (I/O) 端口是 TTL 兼容型终端，可驱动一个或两个 TTL 负载。对于驱动 MOC3011M 而言，这并不太够，也无法直接连接 SCR 或 TRIAC，因为计算机公共端口通常不会以交流电源的其中一端作为参考。飞兆半导体 TinyLogic™ NC7SZ04 UHS 反相器可提供 MOC3011M 系列所需的 LED 驱动电流。若 2 输入栅极的第二个输入连接至简单时序电路，则它将同时对 TRIAC 通电，但仅在交流线路电压过零时才如此，如图 10 所示。这项技术可延长白炽灯的寿命，并降低负载开关产生的 EMI。当然，可在微型计算机内部产生过零，但这样做会增加大量的软件开销，且通常效果与使用硬件产生过零时序信号相同。

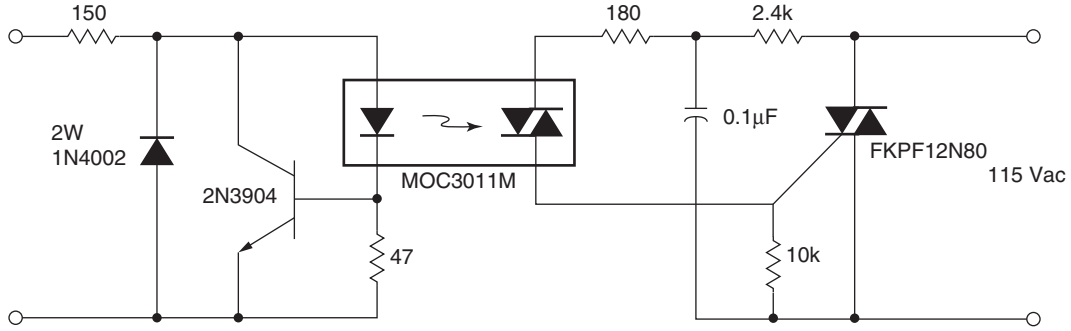


图 9. 固态继电器

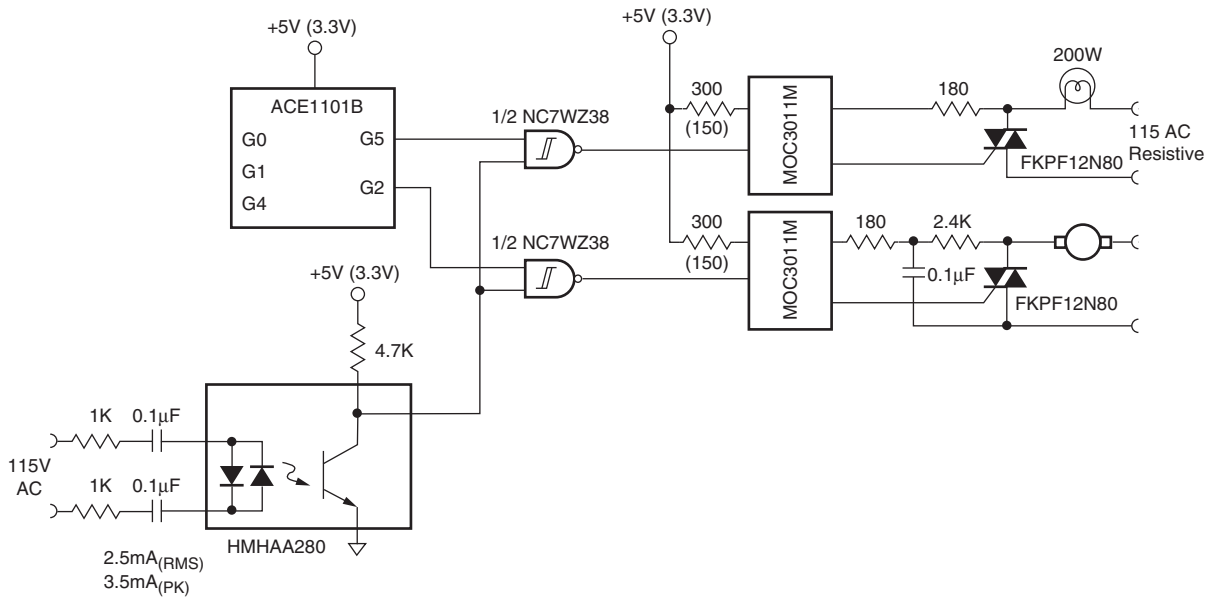


图 10. 实现运算控制器引擎与 115 Vac 负载的接口

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.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

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