



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-3007

MID400 电力线路监视器

引言

MID400 是光隔离的交流线路到逻辑接口器件，用于监控交流电力线的开关状态。逻辑电路采用标准 5V 电源供电。MID400 采用紧凑型 8 引脚塑料 DIP 封装。

MID400 因提供光学隔离而适合工业控制医疗设备、计算机和其他故障安全类监控系统等必须提供交流线路状态信息的电源到逻辑接口应用。

内部元件

组装期间，两个砷化镓红外 LED 二极管安装到输入引线框架上，一个光电检测器 / 放大器芯片安装到输出框架上。使用两个独立的引线框架并调整引线框架边沿后，可确保输入端和输出端之间的高度电气隔离。输入 LED 发出的光通过透明材料光耦合至光电检测器的表面。LED 背对背连接，通过与外部限流电阻串联连接，可对电力线路状态进行监控。当高增益光电检测器和放大器感测到两个 LED 发出的光时，输出 NPN 晶体管会被驱动至通态。

光电检测器放大器电路如图 1 所示。光电二极管 D3 耦合至高增益 3 级发射极跟随器电流放大器 (Q₁Q₃Q₅)，并驱动至输出晶体管 Q₈。发射极跟随器负载由恒流电路组成，这类电路由 Q₂、R₂、Q₄、R₃、Q₆ 和 R₄ 构成。这些器件中的恒电流平由恒定电压源确定，而该电压源由 Q₇ 和 R₅ 的基极 - 发射极电压形成。

输出光电二极管 / 放大器的公共点输出至引脚 7，允许连接外部积分电容或其他电路。由于放大器具有高电流增益系数 (10,000 至 100,000)，其输入阻抗 (引脚 7 处) 极高。

放大器的开关时间特意设计得较慢，这样 MID400 就只会响应数毫秒以内的输入信号缺失，而不会在交流输入电压波形的过零期间作出响应。

基本电路运行

思考下图 2 所示的测试电路。背对背输入二极管 (D₁ 和 D₂) 都在交流输入波形的每个半周期内导通，从而产生 120Hz 光脉冲。光输出使光电二极管导通，从而提升放大器输入的电位，并轮流将输出 NPN 晶体管驱动为通态。断开输入电流时，两个 LED 会停止发光，输入放大器上由光电二极管电流建立的电荷会耗散掉，NPN 晶体管关断。电路主要有三种工作模式：饱和模式、不饱和模式以及“断”态模式。

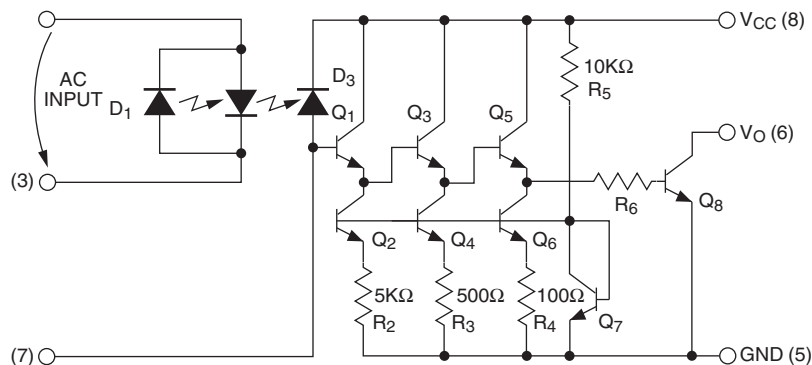


图 1. MID400 交流线路监视器的电路原理图

饱和模式

当输入交流电流超过建议的 4mA RMS 最小输入电流时，120Hz 光电二极管脉冲足以使放大器饱和，因此只要存在交流输入信号，MID400 在引脚 6 上的输出就为低电平（参见图 3）。

不饱和模式

如果输入电流降至建议的 4mA RMS 最小输入电流以下，则放大器会在输入交流波形的过零期间退出饱和状态，并且在 MID400 输出引脚 6 上会出现 120Hz 脉冲（参见图 4）。在很多数字化应用中，该器件在这些条件下成为一种简单的有吸引力的 120Hz 时钟发生器，并且能够免于受大多数电力线顺便的影响。

断态模式

根据规格，当交流输入电流的 RMS 值低于 0.15mA 时，MID400 输出将处于高电平状态。

具有外部电容的电路运行

图 5 所示电路是一个基本延迟电路，通过在光电二极管 / 放大器输入端引脚 7 处加入一个积分电容 C_X 组成。上电延迟较短，这是因为光电二极管导通时具有较低的阻抗，能对电容快速充电。断开交流电时延迟较长，这是因为电容通过放大器和光电二极管的漏电流放电。图 6 显示的是电容在导通和关断延迟时的波形。图 7 和图 8 显示的是电容与导通和关断时间的关系曲线。

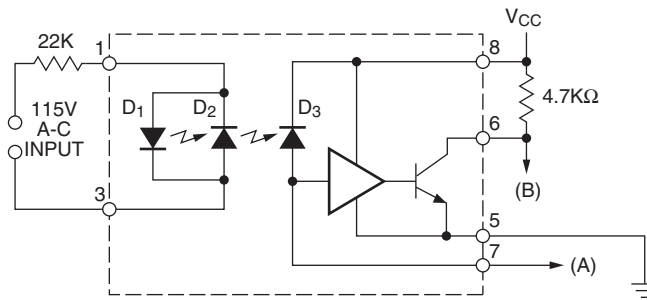


图 2. 测试电路

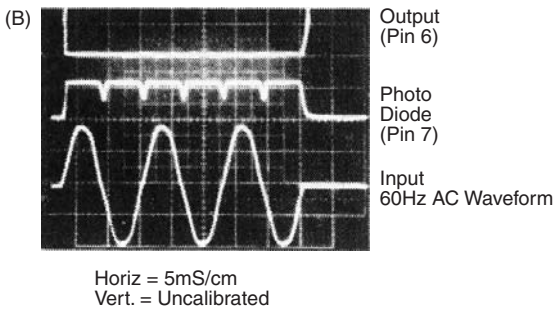


图 3. 饱和运行

说明：正常规格的 4mA RMS 输入电流。输出已饱和（门锁）。来自光电二极管 D_3 的 120Hz 脉冲的电平高于放大器的阈值；因此，只要存在交流电流，MID400 输出就为低电平。

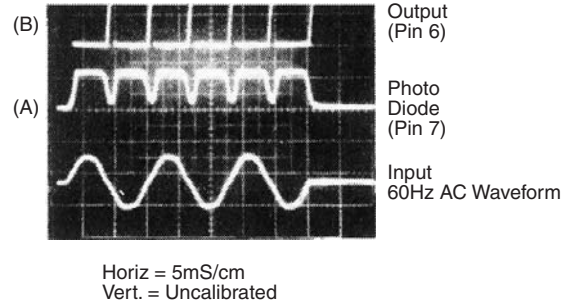


图 4. 不饱和运行

说明：低于正常规格的 4mA RMS 输入电流。来自光电二极管的 120Hz 脉冲的电平此时低于放大器的输入阈值，并且脉冲出现在输出端。输出脉冲宽度取决于交流输入驱动电平。

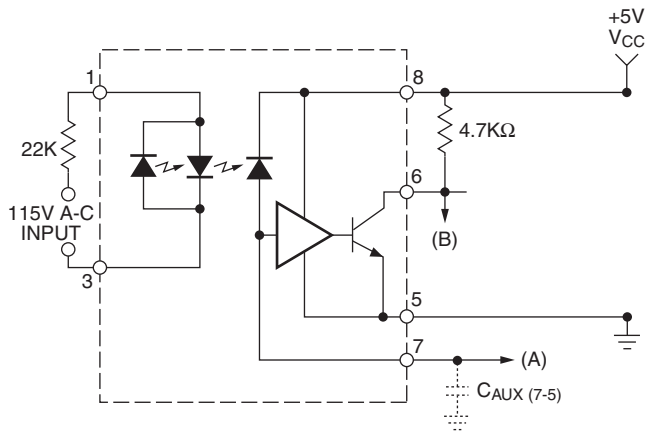


图 5. 引脚 7 处加入电容的电路

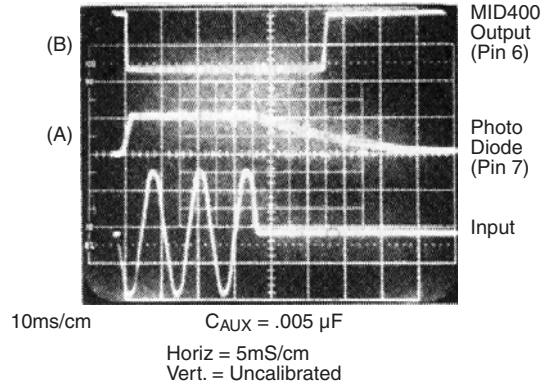


图 6. 引脚 7 处加入电容后的波形

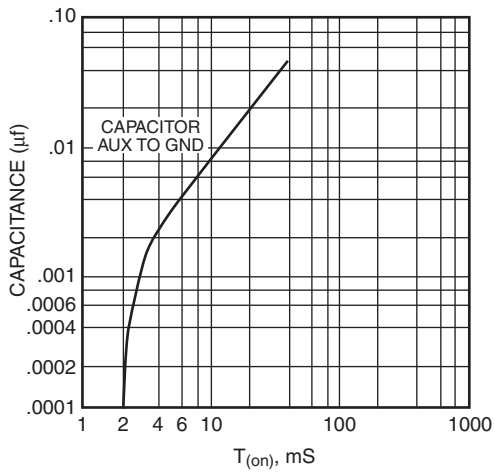


图 7. 电容与导通时间的关系曲线

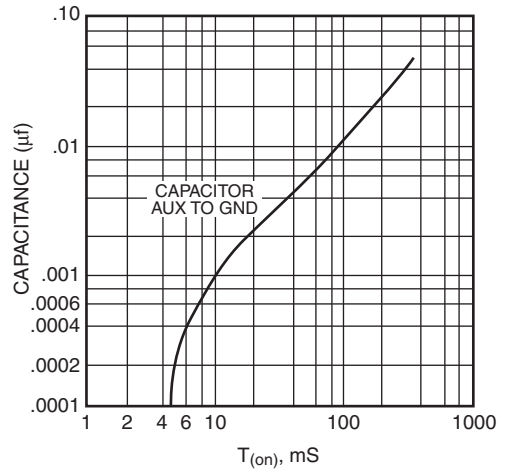


图 8. 电容与关断时间的关系曲线

使用 555 定时器的 MID400 接口电路

如图 9 所示，在 MID400 输出端添加一个 555 定时器可形成接口电路，驱动能力和输出开关时间能得到改进，并实现更好的抗噪性。图 10 说明了这些开关时间的改进。

555 定时器基本上用作施密特触发器电路，具有定义明确的输入阈值。输入高电平状态为 $2/3 V_{CC}$ （本例中为 +5 V），其低电平状态为 $1/3 V_{CC}$ 。

可利用上拉电阻，从 555 引脚 3 或引脚 7 放电端获得输出。交流电流施加于 MID400 时，这两个引脚都为高电平。

555 输出可提供高达 200mA 的灌电流和源电流。使用 555 放电输出引脚的一个优势是它能连接至另一个类似的单元，提供“与”功能。但是，必须首先存在这两个单元的两个交流输入，555 输出才能变为高电平。

图 11 所示电路中包含用于波形整形的 555 定时器。该电路在上电或断电时提供可调延迟。延迟由 R_x 和 C_x 的时间常数调节。在 R_x 两端插入二极管 D_1 可提供 C_x 的快速充电和慢速放电，如果二极管极性相反则可提供慢速充电和快速放电。参见图 12 至图 14 中的波形。由于电容上的电荷由 MID400 的输出建立，因此延迟会有所不同，具体取决于 MID400 是在饱和模式下还是在饱和模式下工作。在不饱和模式下，延迟取决于脉冲导通与关断时间之比（占空比因数）。

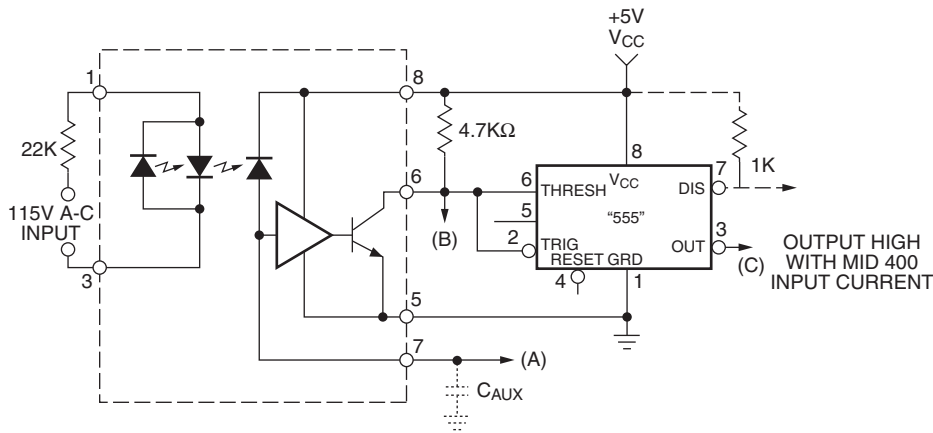


图 9. 添加了 555 定时器的电路

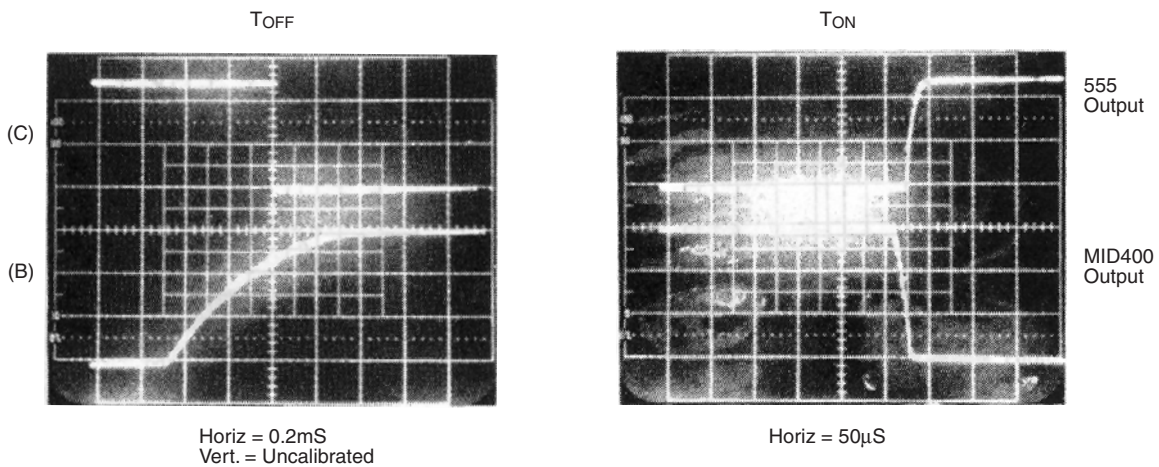


图 10. T_{ON} 、 T_{OFF} 的输出波形。引脚 7 辅助输入开路，使用 555 电路（图 9）

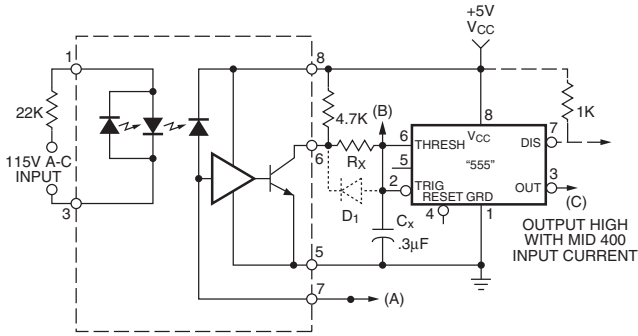


图 11. 可调延迟关断 / 导通电路

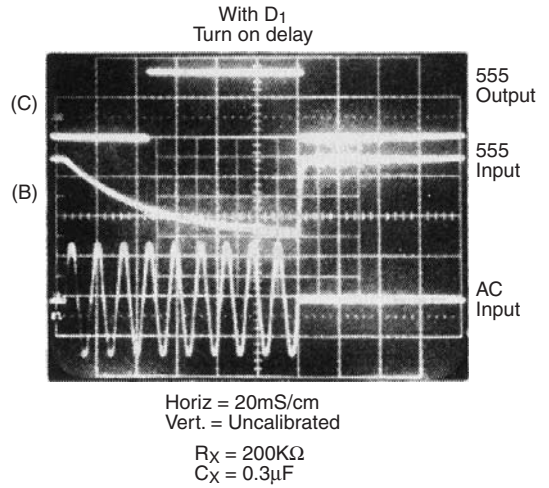


图 13. 延迟导通, D₁ 二极管连接时的极性与电路原理图中所示相反

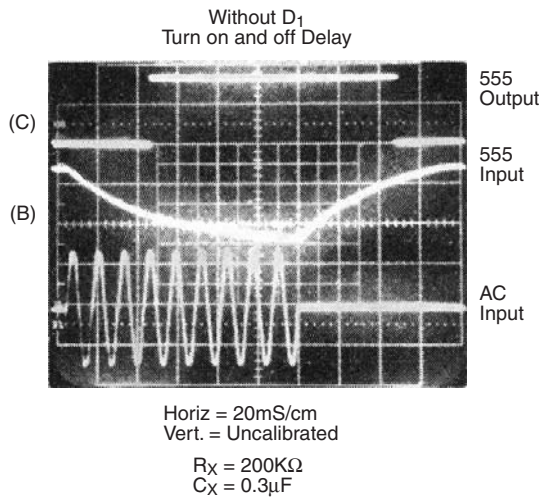


图 12. 无 D₁ 二极管的输出

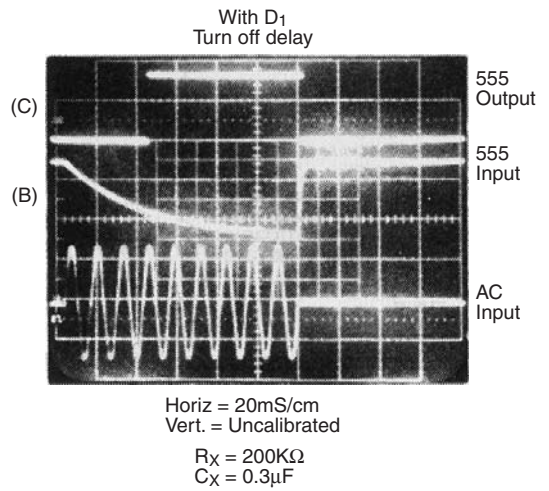


图 14. 延迟关断, D₁ 二极管连接时的极性与电路原理图中所示相同

图 15 显示的是精密延迟电路。在该电路中，通过将 555 定时器用作丢失脉冲检波器或单次采样可提供延迟。暂停与 MID400 是在饱和模式下还是不饱和模式下工作无关。在不饱和模式下，来自 MID400 的 120Hz 脉冲不断复位定时器，且 555 输出为高电平。发生交流线路故障时，不存在 120Hz 脉冲，555 定时器会暂停并且输出随后会变为低电平。参见图 16 中的波形。

大 C_x 电容会增加 555 定时器的暂停间隔，从而导致其不检测丢失的输入周期，如图 17 所示。

如果 MID400 在饱和模式下工作，则 MID400 的输出为低电平，从而会使 PNP 晶体管 Q_1 导通，停止 C_x 的充电，且 555 输出为高电平。

交流线路一发生故障，MID400 就会变为高电平，使 Q_1 关断，并允许 C_x 充电，这样在所要求时间之后 555 可变为低电平。参见图 18 中的波形。

根据所选的时间常数 $R_x C_x$ ，饱和模式或不饱和模式下的电路能够响应或不响应一个或多个交流输入周期，如图 16 至图 19 所示。

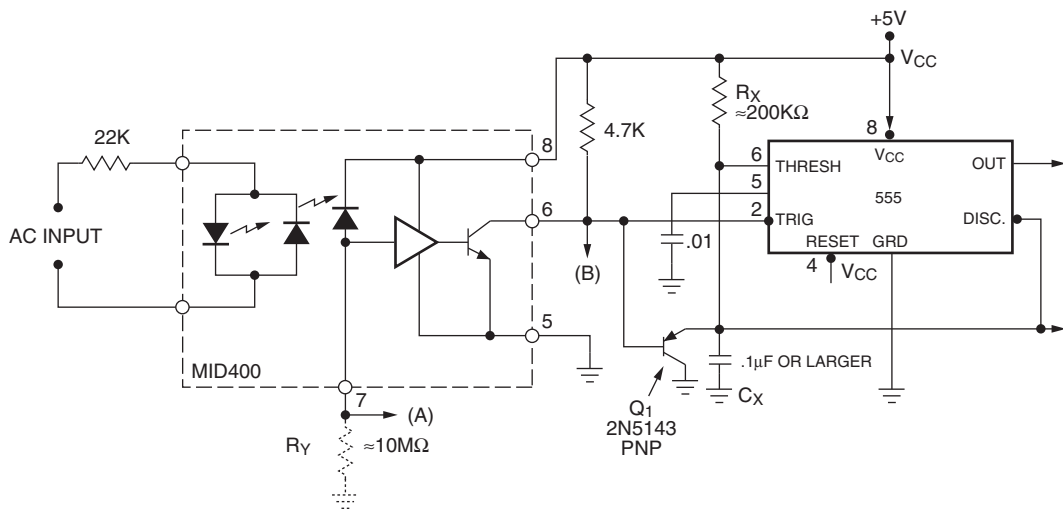


图 15. 精密延迟电路

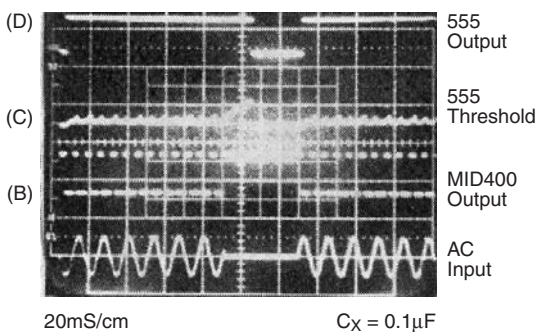


图 16. 不饱和模式 – 检测丢失的交流输入周期 (如果丢失了一个以上的周期)

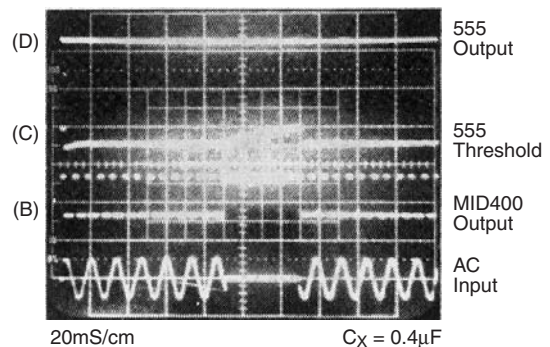


图 17. 不饱和模式 – 不检测丢失的交流输入周期

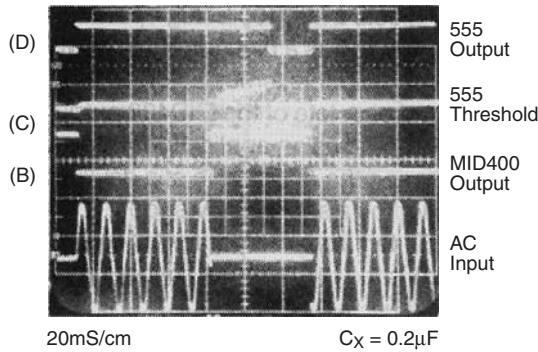


图 18. 饱和模式 – 检测丢失的交流输入周期

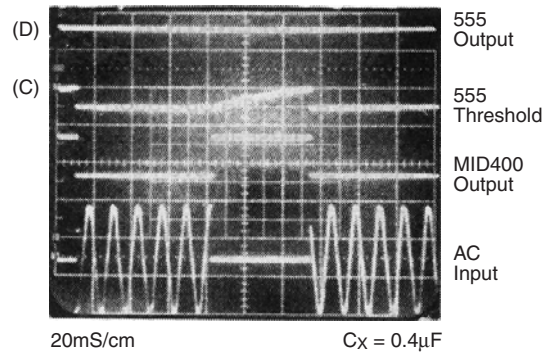


图 19. 饱和模式 – 不检测丢失的交流输入周期

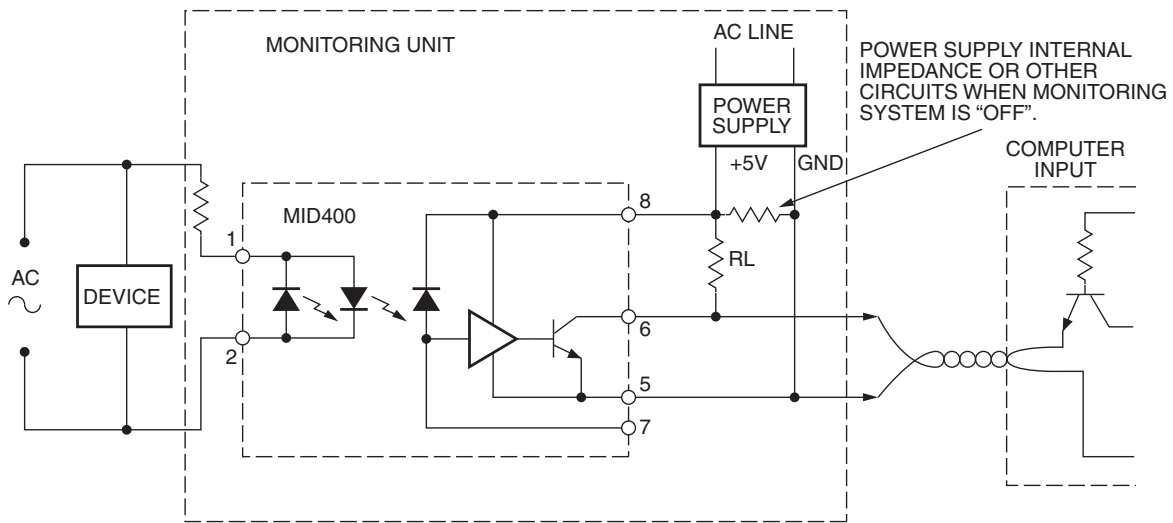


图 20. 故障安全考虑因素示例

其他特殊的设计考虑因素

必须特别注意引脚 7 处漏电流对 MID400 的影响。要避免产生问题，应将阻抗大小保持在 10M Ω 或以上。若某个电容连接到引脚 7，应确保它是一个高品质电容（比如 Mylar），并且具有极低的漏电流。（如果电路板材料的电介质隔离特性较差，那么甚至是印刷电路板走线之间的漏电流都有可能对电路运行造成较大的影响。）

故障安全操作设计

在工业、军事、计算机和医疗系统等那些故障安全特性尤为重要的应用中，必须同时考虑到交流输入或 V_{CC} 电源（甚至两者都需要考虑）关断时的电路响应。

表 1 列出了这些条件下的 MID400 输出响应。该“真值表”显示仅在交流电流流过 MID400 输入 LED 二极管并且 MID400 存在 5V V_{CC} 输入（开启）时，MID400 输出 NPN 晶体管才开启（导通）。

表 1. 故障安全真值表

交流线路输入	+5 V _{CC} 电源	MID400 输出条件
开启	ON	ON 导通
开启	关	开路 (非导通)
关断	ON	开路 (非导通)
关断	关	开路 (非导通)

该真值表反映了采用 +5V 电源的 MID400 在非“开启”时具有高阻抗。然而，其他外部因素可能会影响 MID400 输出的视在状态。例如，在图 20 的应用中，MID400 用于监控交流电压。在“监控单元”中，MID400 采用 5V 单电源供电，电源来自独立的交流线路。MID400 的输出馈送到具有 TTL 型输入电路的远程计算机。

在该系统中，若 R_L 不超过 $1000\ \Omega$ ，并且监控系统中的 $5V$ 电源在关断时存在低阻抗，则极有可能得到一个错误的 MID400 视在输出。由于电流被迫通过 R_L ，且关断时 $5V$ 电源存在低阻抗，因此计算机的 TTL 输入可能表现为低电平。通过加入一个二极管 D_x 可消除这种状态，如图 21 所示。

某些应用中，可能必须加入额外电路才能确保故障安全操作。下文讨论的监控器电路就是这样一个示例，如图 24 所示。在该电路中，电压和电流都会得到监控。

另一个需考虑的令人关注的情况是电流过大导致 MID400 的 LED 输入二极管“熔断”时的 MID400 的运行。在这种情况下，MID400 输出会处于高电平状态，仍然表示存在故障条件。

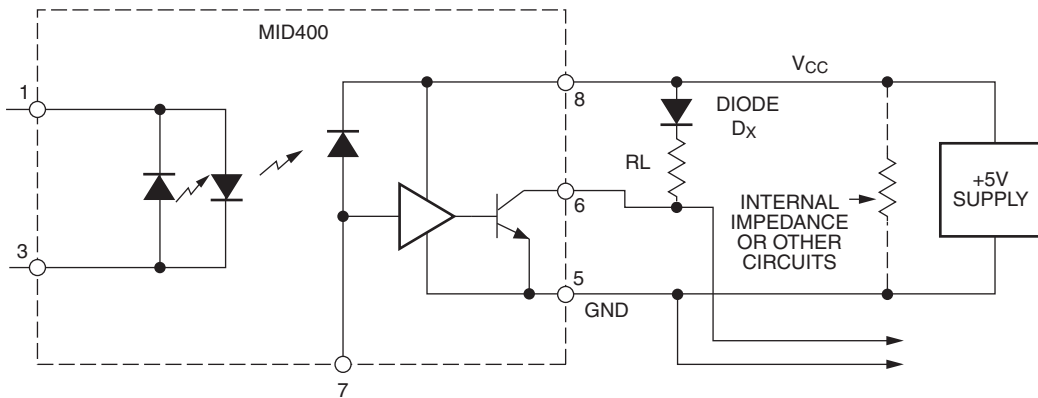


图 21. 加入二极管 D_x 以截止反向电流（此时 MID400 + $5V\ V_{CC}$ 线路关断）

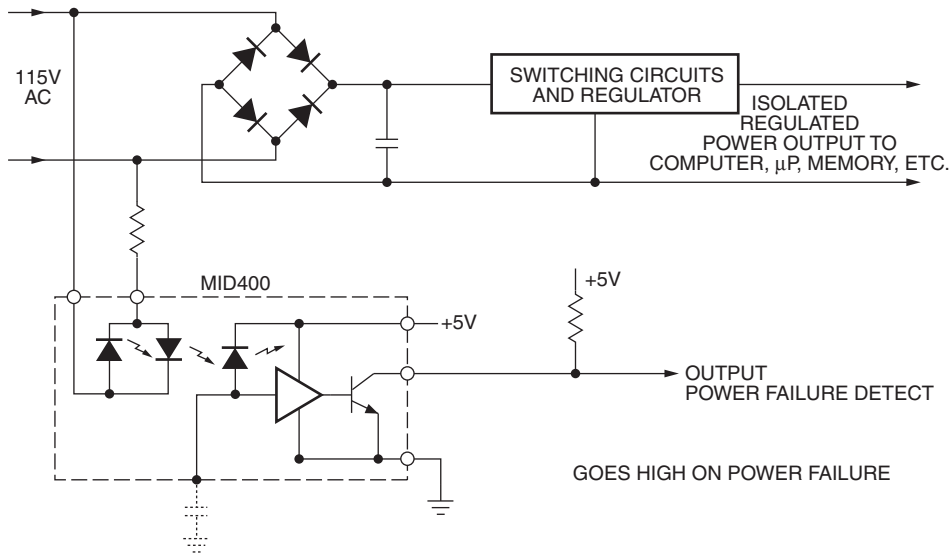


图 22. 开关电源电路

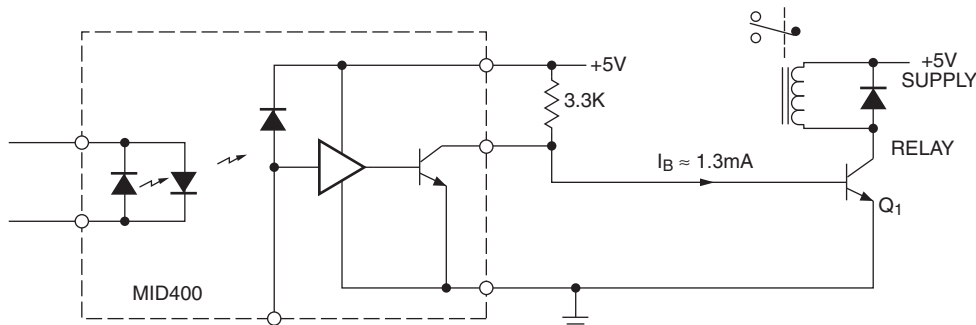


图 23. 继电器接口电路

应用电路

图 22 所示为开关电源电路，该电路可提前向计算机、微处理器、存储器等发出电源故障警报，以便启动有序的关断序列。这类电路非常有用，因为移除交流输入电源后，开关电源只能提供有限的电能存储时间。

图 23 所示电路允许通过 MID400 控制继电器或电磁阀的几乎所有额定电压与电流。NPN 晶体管 Q_1 必须具有适合该应用的 β 和电压 / 电流额定值。如果 MID400 输入二极管中无交流电流流过，继电器会通电。

图 24 显示的是使用两个 MID400 分别监控电压和电流的电路。若同时向负载提供电压和电流，则“或非”门的输出为高电平。若负载电流由于开路或故障而下降，则“或非”门的输出为低电平。

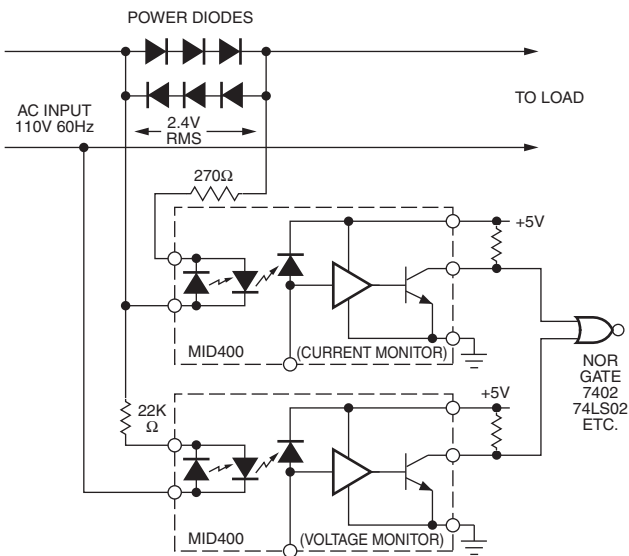


图 24. 交流电力线路电压和电流监控器

若电压和电流均不存在，则输出为低电平。整体系统设计时需谨慎确保所有可能条件下都能实现故障安全操作。本指南在上文中已对此有所论述。

图 25 显示的是可监控保险丝或断路器的电路。使用该电路时，必须考虑故障安全操作。请注意，如果负载阻抗极高，可能电流不足以操作 MID400。换言之，针对保险丝或断路器开路，MID400 的输出为低电平。如果 MID400 的输入 V_{CC} 处于关断状态且保险丝开路，那么 MID400 不会提供指示。

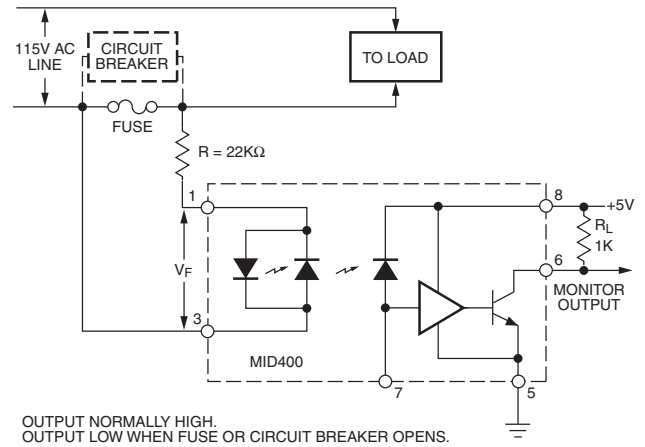
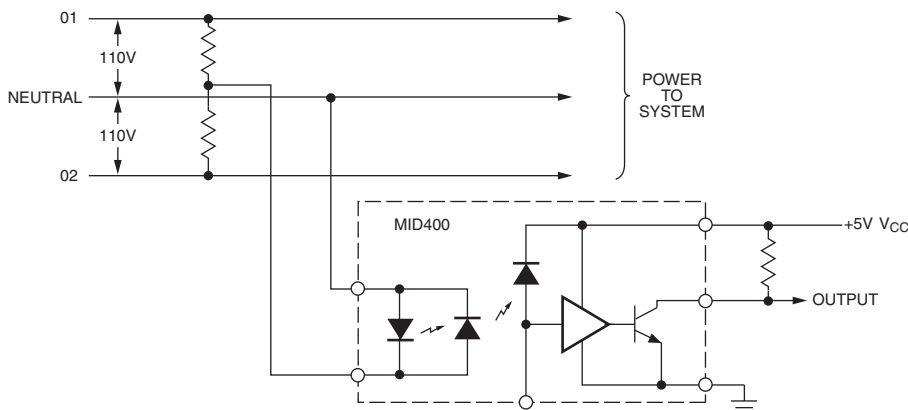
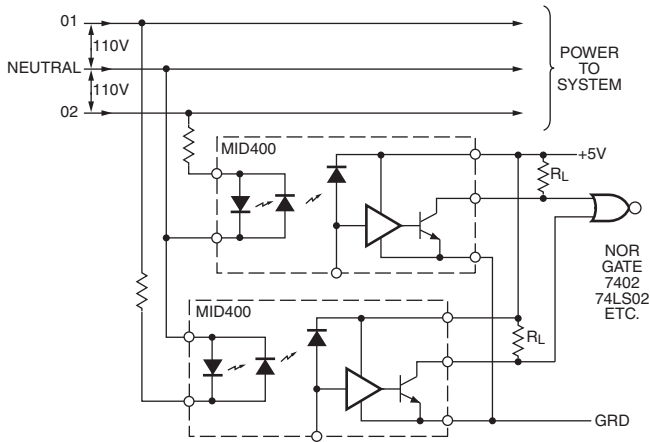


图 25. 保险丝或电路断路器监控器



说明：电路检测其中一个相位，但并非两个相位都检测

图 26. 双相电力线路监控器电路



说明：电路检测其中一个相位，或者两个相位都检测
图 27. 双向电力线路替代监控器电路

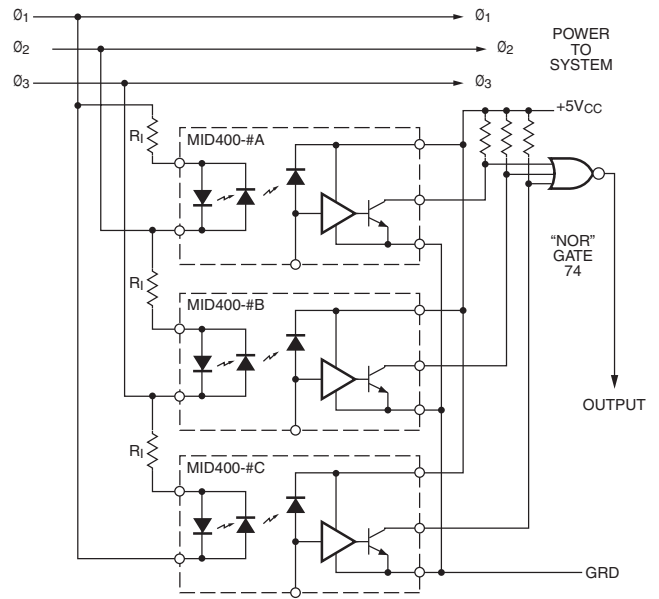


图 28. 三相电力线路监控器电路

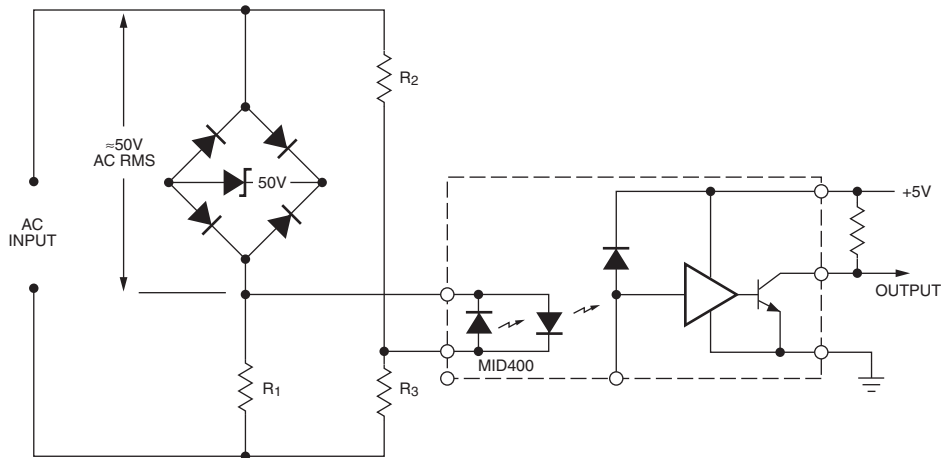


图 29. 交流电压偏差监控器

其他应用概念

下列电路同时列出了各自的固有值，但可能需要针对特定应用而进一步改进。

图 26 所示电路检测双相交流电源线路上其中一个相位的故障，但并不同时检测两个相位。某个相位出现故障时，MID400 输出会变为低电平。图 27 所示电路更为复杂，它既可检测双相线路上的其中一个相位故障，也可同时检测两个相位。只要两个相位同时存在，或非门输出就会保持高电平，但如果其中一个相位（或全部两个）出现故障，则会切换到低电平。

图 28 所示电路可监控三相线路。该电路能够对单个相位故障或所有相位同时出现故障进行检测。存在所有相位时，或非门输出通常为高电平。

选择输入限流电阻 R_i 可使 MID400 在饱和模式下工作。若某个相位出现故障，例如：相位 O_1 发生开路，则该器件可有效地将 MID400 的 #A 和 #B 串联连接，使它们在不饱和模式下工作，并产生 120Hz 脉冲。因此，输出“或非”门输出脉冲，表示相位故障。当任何相位都无电源供电时，输出或非门为低电平。

在某些应用中，例如：监控三相电机的电源，如果电机运转时某相开路，则电机会运行于“单相”。然后，电机可能会在开路相位上产生足够的反电动势，保持 MID400 的输入电流；在这种条件下，该 MID400 监控系统是非有效的。

图 29 说明了交流电压偏差监控器的基本电路概念。该电路中，齐纳二极管和桥式整流器在给定的范围内输出给定的交流电压，其数值与交流输入电压无关。该值会与根据 R_2 和 R_3 求出的输出电压作比较。根据所选齐纳二极管电压以及 R_2 与 R_3 的比值，该电路的工作模式可有以下这些：

1. 当交流电压与设置标准有所偏差时，电压偏差监控器会输出低电平。对于给定的交流输入电压， R_2 与 R_3 结点处的电压等于齐纳二极管电压。与标准存在偏差会导致电流流过 MID400 的二极管。
2. 过压监控器（指定范围内）。对于正常的交流输入电压，选择 R_2 和 R_3 使电流流过 MID400；当交流输入电压过高时，不会有电流通过 MID400 输入二极管。
3. 欠压监控器（指定范围内）与上述分析类似，但 R_2 和 R_3 的选择依据为：若交流输入电压过低，则没有电流流过 MID400 输入二极管。

应注意，在该电路中，流过 MID400 输入二极管的电流由所选 R_1 、 R_2 和 R_3 电阻值确定。

MID400 优势

该小尺寸器件通过外部电阻直接连接交流电源线路，并提供输入至输出抗噪以及电气浪涌隔离特性，额定值高达 2500 VRMS（或 3550 VDC）。其输出兼容 TTL 逻辑。另外，MID400 通过了 UL 认证（文件编 E90700，第 2 卷），具有低功耗特性，采用最高 7 V 的 V_{CC} 单电源供电。除来自电源线路的输入之外，MID400 还可连接其他频率的交流浪涌，甚至可连接直流源（用于电源检测）。对输入 LED 施加 4mA RMS 最小输入电流时，输出电流为 16mA。当价廉且随时可用的 555 定时器连接 MID400 输出时，可建立具有高灌电流和源电流驱动能力的电路。这些简单的电路还可针对各种可调延迟进行设计，并且上升和下降时间兼容 TTL 计算机电路。

结论

本应用指南总结了 MID400 的内部工作原理，并介绍了多种类型的应用电路。有关绝对最大额定值和电气特性规格，请参见 MID400 数据手册。

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