

说明

本参考设计展示了如何实现固态继电器的过流和过热保护。本参考设计采用 TPSI3050-Q1 5kV_{RMS} 增强型隔离开关驱动器。TPSI3050-Q1 器件集成了层压变压器以实现隔离，同时将信号和电能传输到次级侧。这样就无需使用任何隔离偏置电源。此外，TPSI3050-Q1 器件可以为位于高压 (HV) 侧的外部电路供电。本参考设计在最大 4A 的负载条件下，可支持高达 500VDC 或 350VAC 的开关。

资源

[TIDA-050059](#)

[TPSI3050-Q1](#)、[AMC23C14](#)

[SN74HCS09](#)、[TMP392](#)

[ISO7310-Q1](#)

设计文件夹

产品文件夹

产品文件夹

产品文件夹

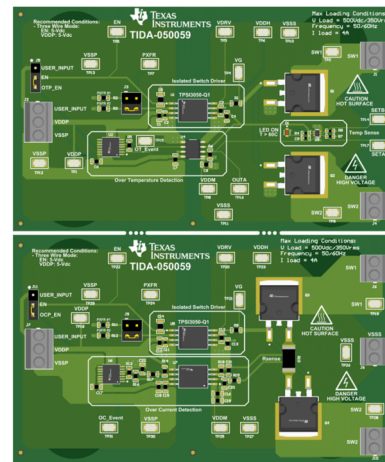
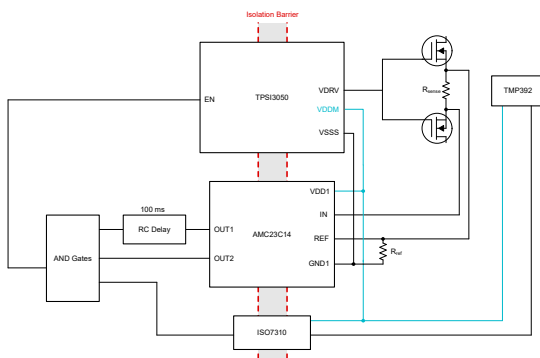


特性

- 不需要隔离式偏置电源
- 3kV_{RMS} 增强型隔离
- 500V_{DC}/350V_{RMS} 负载，最大 4A
- 两级过流保护
 - 电流超过 2A 时，具有 100 ms 负载断开延迟
 - 电流超过 5A 时，负载即时断开
- 两级过热保护
 - 温度超过 60°C 时，提供 LED 可视警告
 - 温度超过 90°C 时，负载即时断开

应用

- 固态继电器 (SSR)
- 混合动力、电动和动力总成系统
- 电网基础设施
- 楼宇自动化
- 工厂自动化和控制
- 电器



1 系统说明

本参考设计展示了如何使用增强型隔离式开关驱动器 **TPSI3050-Q1** 实现具有过流和过热保护功能的固态继电器解决方案。保护敏感电路元件免受过应力条件的影响，可以延长整个系统的使用寿命并提高可靠性。在出现过流事件的情况下，如未实施设计良好的保护方案，则会对电路造成灾难性影响。本参考设计提出了一种两级过流和过热保护方案。

对于过流保护，设计了一种两级保护方案，当电流负载大于 **2A** 但小于 **5A** 时，电路逻辑在负载断开前提供至少 **100 ms** 的延迟。在高容性负载的情况下，此延迟可用于允许瞬时浪涌电流。当电流负载超过 **5A** 的最大限值时，负载立即断开。即时断开负载连接功能用于发生危险短路的情况。

就过热保护而言，当电路处于 **60°C** 至 **90°C** 的下限范围内时，红色 LED 会显示一个可视警告，表示表面过热。当温度高于 **90°C** 的上限值时，负载断开。

将 **TPSI3050-Q1** 用作隔离式开关驱动器有几个优点。**TPSI3050-Q1** 可生成良好调节的 **10V** 栅极驱动电压和 **5V** 电源来为辅助电路供电，无需再使用隔离偏置和隔离电源。此外，**TPSI3050-Q1** 可为辅助电路提供高达 **50 mW** 的功率。**TPSI3050-Q1** 为汽车应用提供 **5kV_{RMS}** 增强型隔离和 **AEC-Q100** 认证，而 **TPSI3050** 为工业应用提供 **3kV_{RMS}** 基本隔离。

2 系统概述

2.1 方框图

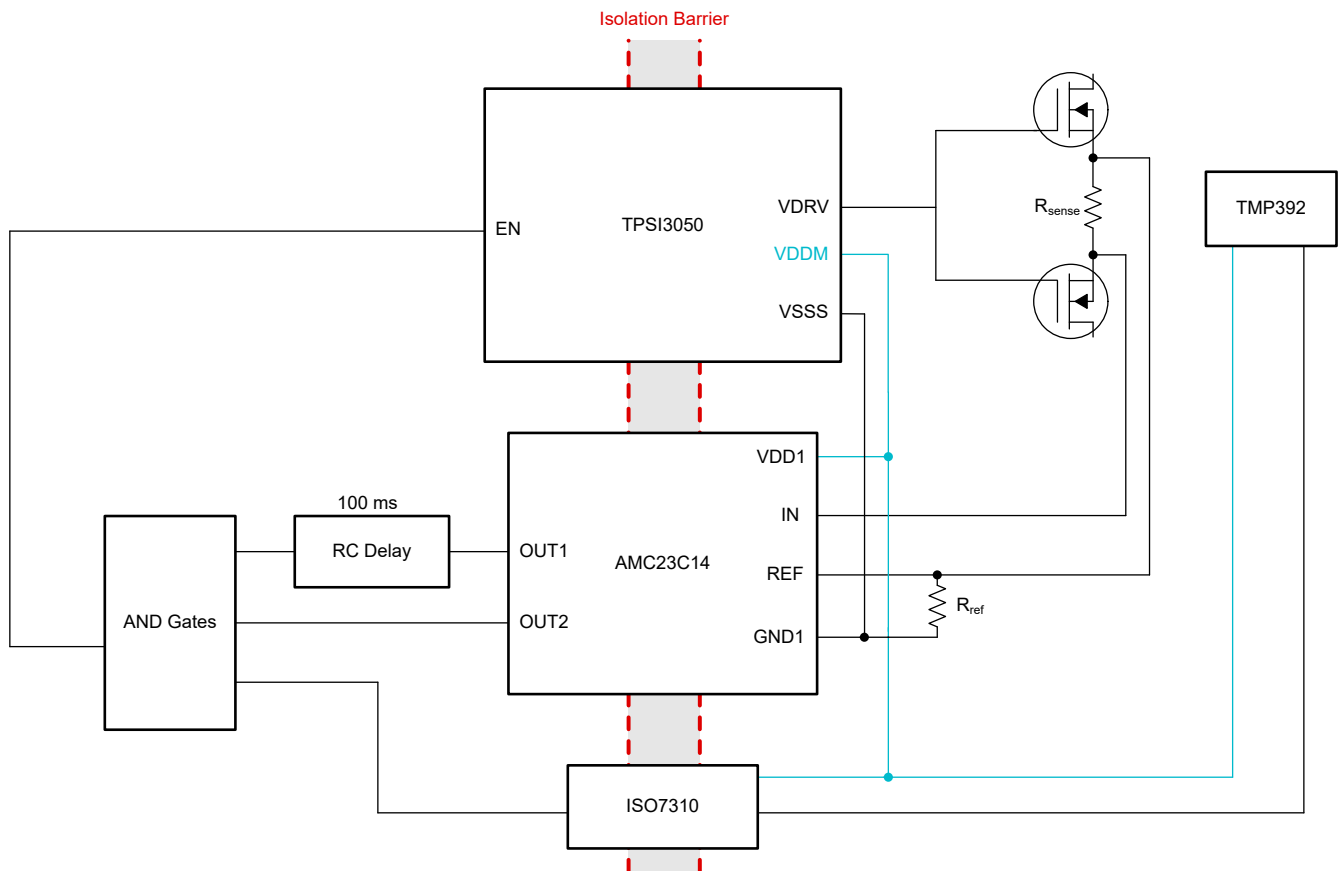


图 2-1. 方框图

2.2 主要产品

本参考设计采用 **TPSI3050-Q1**、**AMC23C14**、**SN74HCS09**、**TMP392** 和 **ISO7310-Q1**。

2.3 设计注意事项

TPSI3050-Q1 是一款完全集成的隔离式开关驱动器，与外部电源开关结合使用时，可构成完整的隔离式固态继电器 (SSR) 解决方案。当标称栅极驱动电压为 10V、峰值拉电流和灌电流为 1.5/3.0A 时，可以选择多种外部电源开关来满足各种应用。TPSI3050-Q1 可通过初级侧电源自行产生次级侧偏置电源，因此无需隔离式次级偏置电源。而且，TPSI3050-Q1 可以有选择性地向外外部配套电路供电，以满足不同的应用需求。在三线模式下，3V 至 5.5V 的主电源由外部提供，开关通过单独的使能控制。

TPSI3050-Q1 特性：

- 可调节功率传输
- 集成式 10V 栅极电源
- 为辅助电源电路 (I_{AUX}) 提供高达 50W 的电源

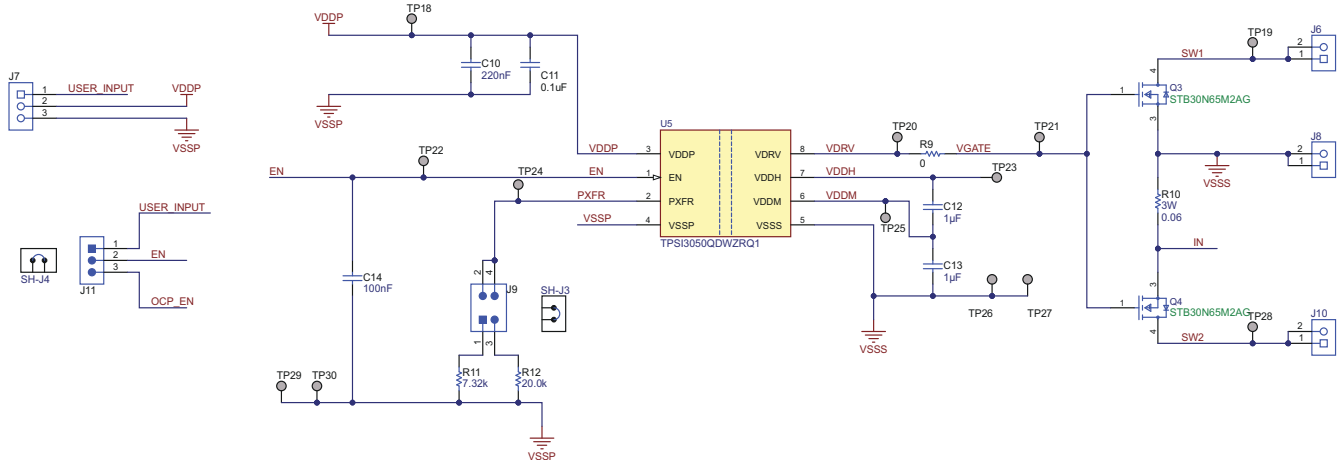


图 2-2. 固态继电器电路

对于初级侧，TPSI3050-Q1 设置为三线模式配置，以实现最高的可用功率传输。在 PXFR 引脚中使用具有 1% 容差的 20 k Ω 电阻器可提供最高的可用功率传输，并支持高达 50 mW 的 I_{AUX} 。建议将一个 1 uF 与一个 0.1 uF 的低 ESR 陶瓷电容并联到 VDDP。

对于次级侧，需要正确选择 C_{DIV1} (C12) 和 C_{DIV2} (C13) 电容来驱动背对背 MOSFET。如果 C_{DIV1} 和 C_{DIV2} 太小，则 VDDH 中的压降将触发欠压锁定 (UVLO) 并禁用驱动器。以下两个公式可用于计算适当的电容值。

$$C_{DIV1} = \left(\frac{n+1}{n} \right) \times \frac{Q_{LOAD}}{\Delta V}, \quad n \geq 1.0 \quad (1)$$

$$C_{DIV2} = n \times C_{DIV1}, \quad n \geq 1.0 \quad (2)$$

- n 是大于或等于 1.0 的实数。
- C_{DIV1} 是 VDDH 和 VDDM 之间的外部电容。
- C_{DIV2} 是 VDDM 和 VSSS 之间的外部电容。
- Q_{LOAD} 是 VDRV 和 VSSS 之间的总负载电荷。
- ΔV 是切换负载时 VDDH 上的压降。

为本设计选择的每个 MOSFET 的栅极电荷 (Q_G) 均为 31 nC。该设计使用背对背 MOSFET，因此总 Q_G 为 62 nC。如果 $C_{DIV1} = C_{DIV2} = C_{DIV}$ ，则必须选择电容高于 124 nF 的 C_{DIV} ，以确保 VDDH 压降小于 1V。使用此 [Excel 计算器](#) 计算电容和功率传输选项。本设计选择了一个 1 μ F 电容器，从而使 VDDH 压降为 0.124V。

2.3.1 过流保护 (OCP)

AMC23C14 是一款响应时间短的双路隔离式窗口比较器。开漏输出与输入电路由抗电磁干扰性能极强的隔离栅隔开。该隔离栅经认证可提供高达 5 kV_{RMS} 的增强型电隔离，符合 UL1577 标准，并且可支持最高 1 kV_{PK} 的工作电压。

两个比较器的窗口电压都以 0V 为中心，这表示如果正向或负向输入超出阈值，则比较器发现发生跳变。一个比较器具有 ± 300 mV 的固定阈值，第二个比较器通过单个外部电阻器具有 ± 20 mV 至 ± 300 mV 的可调阈值。

AMC23C14 的特性：

- 高侧电源具有宽电压范围：3V 至 27V
- 低侧电源电压范围：2.7V 至 5.5V
- 双路窗口比较器：
 - 窗口比较器 1： ± 20 mV 至 ± 300 mV 可调阈值
 - 窗口比较器 2： ± 300 mV 固定阈值
- 传播延迟：290 ns (典型值)
- 高 CMTI：15 kV/ μ s (最小值)
- 开漏输出

对于 VDD1 和 VDD2，建议添加一个与低 ESR、1 μ F 电容器并联的低 ESR、100 nF 电容器。TPSI3050-Q1 通过具有 5V 电压轨的 VDDM 引脚在 HV 侧为 AMC23C14 供电。TPSI3050-Q1 的这一特性降低了系统复杂性和成本，并减少了单板空间。

AMC23C14 是一款双窗口比较器，可用于提供两级过流保护。在许多应用中，系统在最初连接到负载时需要维持浪涌电流。使用两级过流保护可以在很短的时间内允许较大的浪涌电流，并在发生短路事件时保护系统。此参考设计使用第二个比较器的可调节阈值，支持 2A 至 5A 之间的电流至少持续 100 ms。如果浪涌电流持续超过 100 ms，负载会断开连接。100 ms 的延迟是通过一个简单的 RC 时间常数来实现的。但是，如果过电流超过 5A，负载会立即断开连接。即时负载断开是使用第一个比较器的固定阈值来实现的。以下各节详细介绍了两级保护的设计。

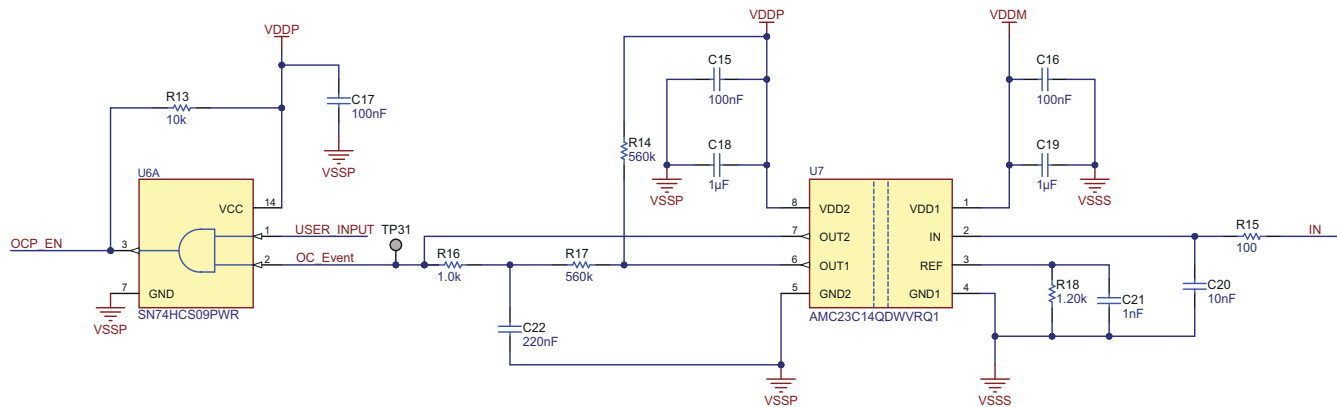


图 2-3. 过流检测电路

2.3.1.1 即时过流保护

当系统出现大于 5A 的过电流时，过流保护功能会立即断开负载。选择的感测电阻器 (R10) 用于在预期电流限值下产生 300 mV 的压降。对于此设计，5A 是选定的电流阈值。当电流高于 5A 时，OUT2 将状态从高阻态更改为低阻态。方程式 3 显示了感测电阻阻值的计算方式。

$$R_{sense} = \frac{V_{TRIP_FIXED}}{I_{FAULT}} = \frac{300 \text{ mV}}{5 \text{ A}} = 60 \text{ m}\Omega \quad (3)$$

推荐的设计裕量是，分流器的额定功率应至少比峰值功耗高 30%。电阻器的容差应为 1% 或更小，以实现更高的过流保护精度。方程式 4 提供了感测电阻峰值功耗的计算方式。为实现设计裕量，本设计选择了具有 3W 能力的电阻器。

$$P_{max} = i^2 \times R_{SENSE} = 1.5 \text{ W} \quad (4)$$

图 2-4 显示了对充电和放电路径的详细分析。当通过 R10 的电流负载 (ILOAD) 高于 5A 时，R10 中会产生 300 mV 的压降。当压降大于 300 mV 时，OUT2 被下拉至地。当 OUT2 为低阻态时，与门 (SN74HCS09) 的输入端立即被下拉至地，与门 (EN) 的输出端会置于低电平并且负载断开连接。图 2-4 中的放电路径 2 显示了当 OUT2 被拉至低电平时 C22 的放电方式。R16 用于限制从 C22 到 OUT2 的浪涌电流。由于 OUT1 和 OUT2 被拉至低电平，C22 在 180 us 内放电至低于与门的负开关阈值 (V_{T-})，如以下公式所示。请注意，为简单起见，以下公式仅考虑放电路径 2。

$$t_{discharge} = - R16 \times C22 \times \ln\left(\frac{VC22}{V_{SOURCE}}\right) \quad (5)$$

$$t_{discharge} = - 1 \text{ k}\Omega \times 220 \text{ nF} \times \ln\left(\frac{2.2 \text{ V}}{5 \text{ V}}\right) = 180.62 \text{ }\mu\text{s}$$

当负载断开时，电路自动尝试重新连接负载。当电容器两端的电压充电至高于与门的正开关阈值 (V_{T+}) 时，EN 被置为高电平并连接负载。与门 (SN74HCS09) 旨在确保最小迟滞为 0.4V (V_{HYS})。使用此迟滞值，以下公式表明在重新连接负载之前至少要经过 38 ms。

$$t_{charge} = - (R14 + R17) \times C22 \times \ln\left(\frac{V_{SOURCE} - (V_{INITIAL} + V_{HYS})}{V_{SOURCE} - V_{INITIAL}}\right) \quad (6)$$

$$t_{charge} = - (560 \text{ k}\Omega + 560 \text{ k}\Omega) \times 220 \text{ nF} \times \ln\left(\frac{5 \text{ V} - 2.2 \text{ V} - 0.4 \text{ V}}{5 \text{ V} - 2.2 \text{ V}}\right) = 37.98 \text{ ms}$$

2.3.1.2 可调延迟过流保护

在某些情况下，让过电流持续一段时间可能更为可取。这方面的一个例子是高容性电路，在这种电路中，允许临时浪涌电流对电容器充电。AMC23C14 具有一个可调节的阈值，该阈值是通过一个 100 uA 的电流源和一个基准电阻器确定的。方程式 7 和方程式 8 展示了如何计算基准电阻 (R_{REF})。该范围允许 2A 至 5A 之间的浪涌电流持续 100 ms。本参考设计选择了 1.2 k Ω 的典型电阻。

$$V_{TRIP} = I_{MAX} \times R_{SENSE} = 2 \text{ A} \times 60 \text{ m}\Omega = 120 \text{ mV} \quad (7)$$

$$R_{REF} = \frac{V_{TRIP} - V_{HYS}}{I_{REF}} = \frac{120 \text{ mV} - 4 \text{ mV}}{100 \text{ }\mu\text{A}} = 1.16 \text{ k}\Omega \quad (8)$$

图 2-4 中的放电路径 1 显示，当系统在正常条件下（电流负载小于 2A）运行时，OUT1 为高阻态，C22 充电至 5V (VDD2)。当电流大于 2A 时，OUT1 为低阻态，C22 开始通过 R17 放电。在达到 SN74HCS09 的最大开关阈值 (2.2V) 之前，C22 的放电时间应至少为 100 ms，如方程式 9 所示。

$$t_{discharge} = - R17 \times C22 \times \ln\left(\frac{VC22}{V_{SOURCE}}\right) \quad (9)$$

$$t_{discharge} = - 560 \text{ k}\Omega \times 220 \text{ nF} \times \ln\left(\frac{2.2 \text{ V}}{5 \text{ V}}\right) = 101.15 \text{ ms}$$

当负载断开时，电路自动尝试重新连接负载。当电容器两端的电压充电至高于与门的正开关阈值 (V_{T+}) 时，EN 被置为高电平并连接负载。与门 (SN74HCS09) 旨在确保最小迟滞为 0.4V。根据此迟滞值，以下公式表明在重新连接负载之前至少要经过 38 ms。所选 R14 要能够使 C22 具有较长的充电时间，这样系统便不会立即重新连接负载。

$$t_{charge} = - (R14 + R17) \times C22 \times \ln\left(\frac{V_{SOURCE} - (V_{INITIAL} + V_{HYS})}{V_{SOURCE} - V_{INITIAL}}\right) \quad (10)$$

$$t_{charge} = - (560 \text{ k}\Omega + 560 \text{ k}\Omega) \times 220 \text{ nF} \times \ln\left(\frac{5 \text{ V} - 2.2 \text{ V} - 0.4 \text{ V}}{5 \text{ V} - 2.2 \text{ V}}\right) = 37.98 \text{ ms}$$

建议添加 R15 和 C20 来滤除任何高频噪声。高频噪声会干扰隔离比较器的行为。

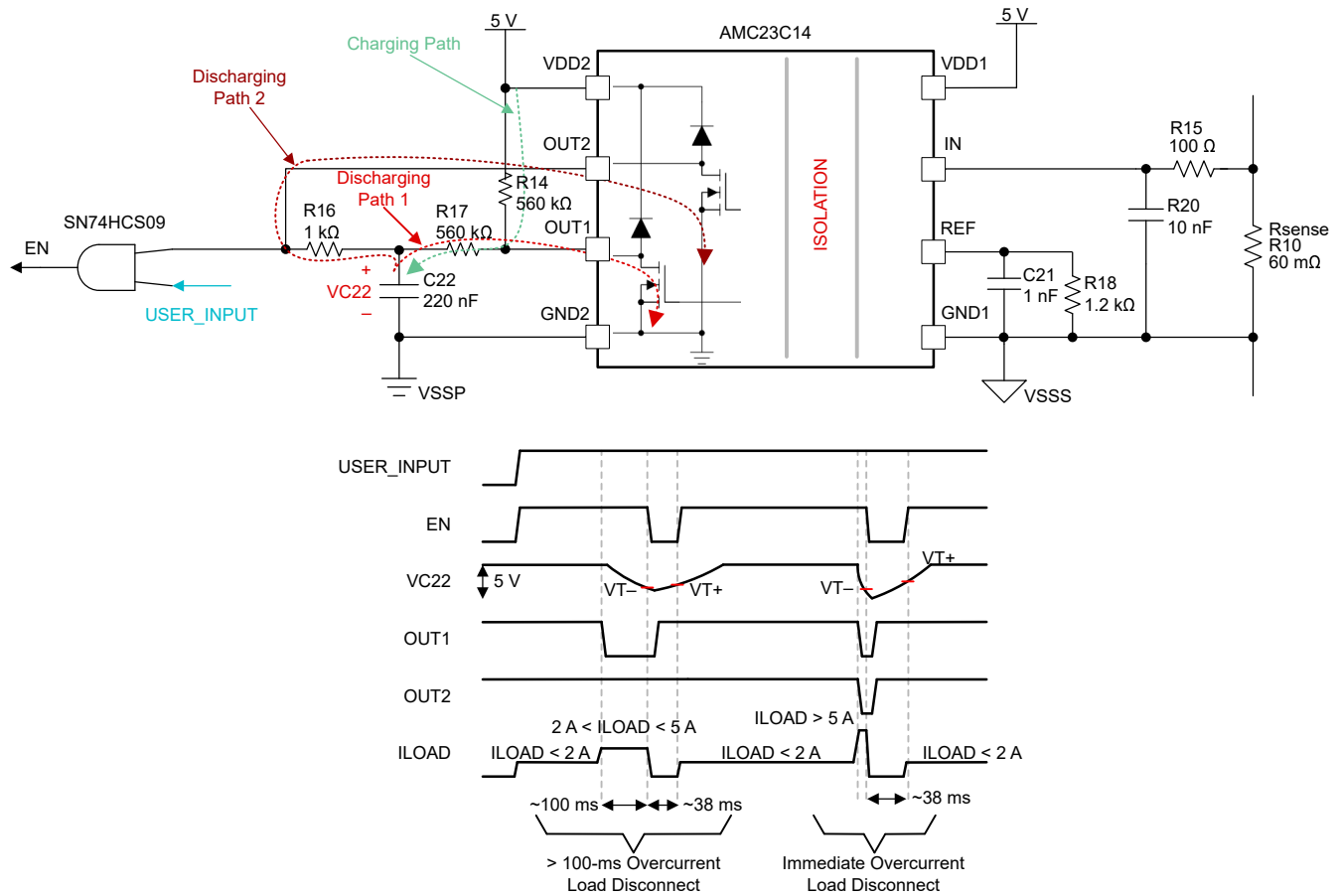


图 2-4. 过流保护

2.3.2 过热保护 (OTP)

2.3.2.1 TMP392

TMP392 器件属于超低功耗、双通道、电阻器可编程温度开关系列，可在 30°C 至 130°C 范围内对系统过热事件进行保护和检测。TMP392 可提供双路过热（热和温）检测。跳闸温度 (T_{TRIP}) 和热迟滞 (T_{HYST}) 选项可由两个位于 SETA 和 SETB 引脚上的 E96 系列电阻器（1% 容差）进行编程。通道 A 电阻器的阻值范围为 1.05 K Ω 至 909 K Ω ，具有 48 个不同阻值。通道 B 电阻器的阻值范围为 10.5 K Ω 至 909 K Ω 。

SETA 输入的接地电阻器值可设置通道 A 的 T_{TRIP} 阈值。SETB 输入的接地电阻器值可设置通道 B 的 T_{TRIP} 阈值，两个通道的 T_{HYST} 选项可设置为 5°C 或 1°C，以防止发生不需要的数字输出切换。当 SETB 输入接地，通道 A 运行时具有 20°C 的迟滞。

TMP392 的特性：

- 电阻可编程温度跳闸点
- 双路输出选型
- 超低功耗
- 开漏输出

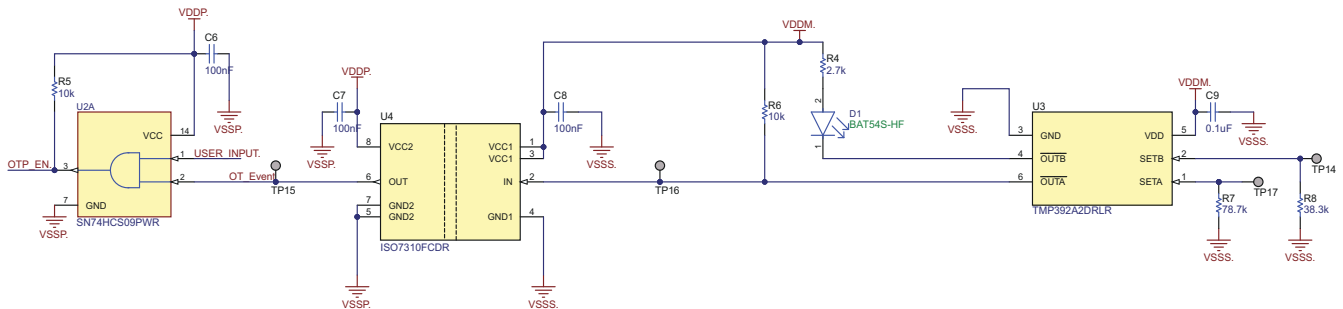


图 2-5. 过热检测电路

在此设计中，选择了双重过热保护，这样当温度在 60°C 至 90°C 之间时，通过红色 LED 提供可视警告。本设计选用的 LED 为 LSL29K-G1H2-1-Z，仅需 2 mA 即可提供高发光强度。TPSI3050-Q1 可提供最大 50 mW 的功率，必须为辅助电路谨慎分配。当温度高于 90°C 时，电路会立即断开负载。通道 A (HOT) 温度通过 SETA 和接地之间的 78.7 k Ω 电阻器设置为在 90°C 时跳闸，而通道 B (WARM) 通过在 SETB 和接地之间连接的 38.3 k Ω 电阻器设置为在 60°C 时跳闸。SETB 上的 38.3 k Ω 电阻器还将两个通道的迟滞设置为 5°C。

2.3.2.2 ISO7310

ISO7310 将信号传输到低压侧作为与门的输入。ISO7310-Q1 器件可提供符合 UL 1577 标准的长达 1 分钟且高达 3000V_{RMS} 的电隔离，以及符合 VDE V 0884-10 标准的 4242V_{PK} 隔离。这些器件具有一个由逻辑输入和输出缓冲器组成的隔离通道，并由二氧化硅 (SiO₂) 绝缘栅进行隔离。与隔离式电源一同使用时，ISO7310-Q1 器件可防止数据总线或者其他电路上的噪声电流进入本地接地端和干扰或损坏敏感电路。该器件已集成了适用于恶劣工业环境的噪声滤波器，在此类环境下，器件的输入引脚上可能会出现短噪声脉冲。

ISO7310-Q1 器件具有 TTL 输入阈值，电源电压范围为 3V 至 5.5V。凭借创新的芯片设计和布局布线技术，ISO7310-Q1 器件的电磁兼容性得到了显著增强，可实现系统级 ESD、EFT、浪涌和干扰合规性。

数字隔离器用于将信号传输到低压侧作为 SN74HCS09 与门的输入，从而在用户为 EN 提供高信号时将 EN 置为高电平。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

对于参考设计的功能测试，用户需要以下器件。

1. 5V 直流电源
2. 示波器
3. 隔离式探针
4. 交流/直流电源
5. 负载电阻器

3.1 硬件要求

3.2 测试设置

若要测试过流保护参考设计，建议将示波器连接到 EN (使能)、OC 事件 (隔离式比较器 AMC23C14 的输出)，并将差分探头连接到交流电源。连接 5V 电源并通过测量 VDDH (10V) 和 VDDM (5V) 确保 TPSI3050-Q1 已上电。最后，连接交流或直流电源和负载以测试设计。

若要测试过热保护参考设计，建议将示波器连接到 EN (使能)、OT 事件 (数字隔离器的输出)，并将差分探头连接到交流电源。连接 5V 电源并通过测量 VDDH (10V) 和 VDDM (5V) 确保 TPSI3050-Q1 已上电。最后，连接交流或直流电源和负载以测试设计。

该电流应该如图 3-1 所示。

表 3-1. 测试点和连接器

名称	说明
J1、J6、TP2、TP19	SW1 交流/直流电源连接
J2、J7	USER_INPUT 外部信号，用以控制 TPSI3050-Q1 EN 信号
	VDDP 初级侧的电源
	VSSP 初级侧的接地电源
J3、J9	功率传输选择
J4、J10、TP9、TP28	SW2 负载连接
J5	USER_INPUT 外部信号，用以控制 TPSI3050-Q1 EN 信号，没有过热保护功能
	EN TPSI3050-Q1 高电平有效的驱动器使能端
	OTP_EN 过热使能信号用以控制 TPSI3050-Q1
J11	USER_INPUT 外部信号，用以控制 TPSI3050-Q1 EN 信号，没有过流保护功能
	EN TPSI3050-Q1 高电平有效的驱动器使能端
	OCP_EN 过流使能信号用以控制 TPSI3050-Q1
TP1、TP18	VDDP 初级侧的 TPSI3050-Q1 电源
TP3、TP20	VDRV TPSI3050-Q1 高电平有效的驱动器输出端
TP4、TP21	VG 电源开关的栅极电压
TP5、TP22	EN TPSI3050-Q1 高电平有效的驱动器使能端
TP6、TP23	VDDH TPSI3050-Q1 生成的高位电压
TP7、TP24	PXFR TPSI3050-Q1 增加或减少功率传输
TP8、TP25	VDDM TPSI3050-Q1 生成的 1/2 Vs
J8、TP10、TP11、TP26、TP27	VSSS 次级侧的接地电源
TP12、TP13、TP29、TP30	VSSP 初级侧的接地电源
TP14	SETB 温度传感器调试输入
TP15	OT_EVENT 发生高于 90°C 的过热事件时下拉的高电平有效信号。
TP16	OUTA 温度传感器的输出

表 3-1. 测试点和连接器 (continued)

名称	说明
TP17	SETA
TP31	OC_EVENT

测试参考设计的步骤：

1. J3/J9 连接器应连接 R3 (20 k Ω)。这可实现极高的功率传输。
2. J5/J11 连接器应将 OTP_EN/OCP_EN 连接到 EN。这可以让 TPSI3050-Q1 由过热/过流检测逻辑控制。
3. 将 5V 电源连接到 VDDP。
4. 检查 VDDM 和 VDDH 电源轨是否分别为 5V 和 10V。
5. 将直流电源与负载连接。
6. 将 5V 电源连接到 USER_INPUT

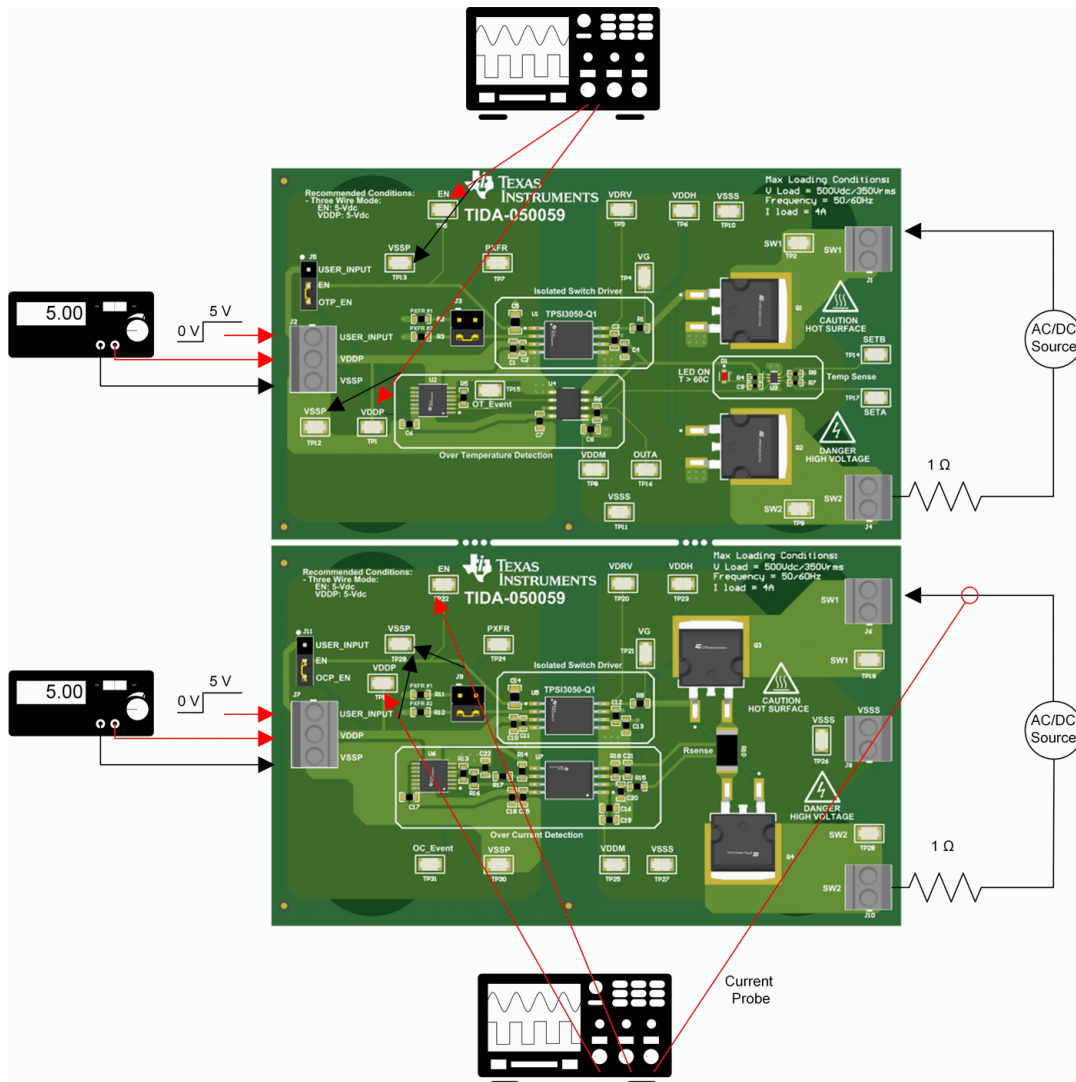


图 3-1. 测试设置

3.3 测试结果

图 3-2 显示了负载电流 (ILOAD) 大于或等于 2A 并且设计在断开负载之前实现了至少 100 ms 的延迟。从示波器捕获可以看出，延迟大于 100ms。这是因为与门的负摆幅阈值可以在 0.9V 到 2.2V 之间。选择最大值 2.2V 进行计算，以确保延迟大于或等于 100 ms。

- VDDP 是初级侧的电源。
- USER_INPUT 是用户在需要连接负载时提供的输入。
- EN 是 TPSI3050-Q1 的使能输入。
- ILOAD 是通过负载的电流。

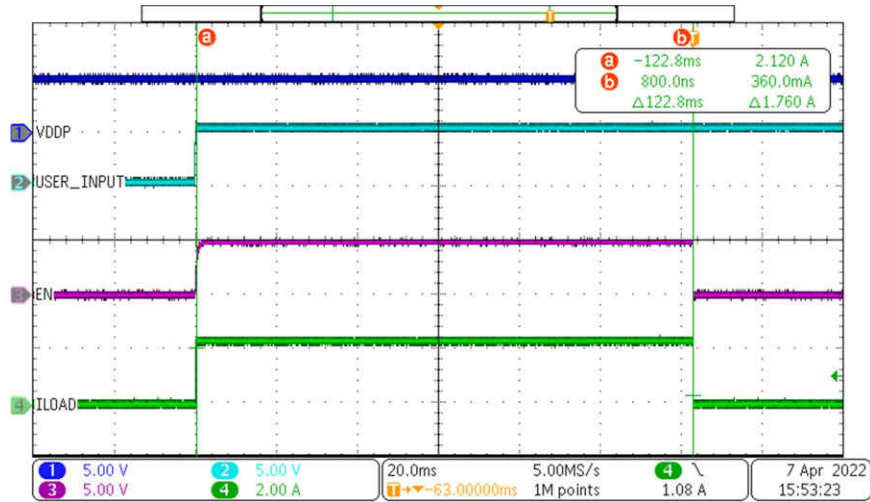


图 3-2. 100 ms 延迟负载断开的示波器捕获

图 3-3 显示了当检测到大于 5A 的电流之时的电路行为。电流负载增加到 5A 以上，过流保护以 6.3 μs 的最小传播延迟断开负载。

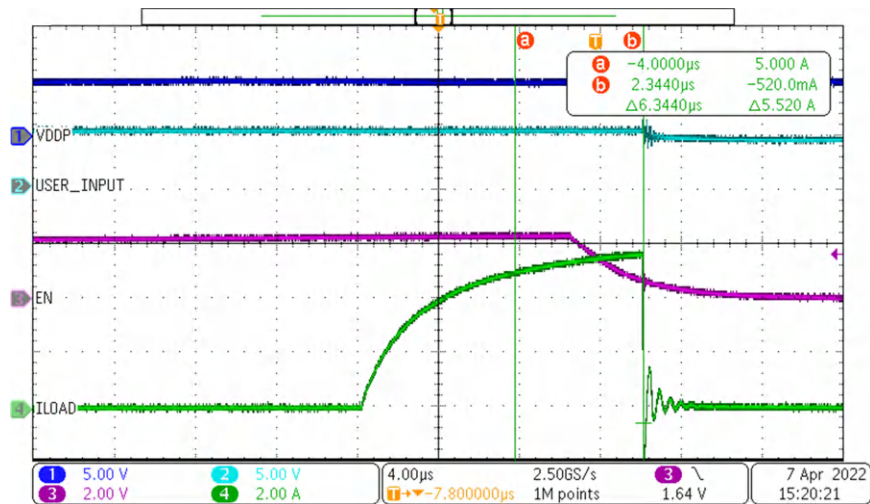


图 3-3. 即时负载断开连接的示波器捕获

图 3-4 显示了当温度达到 60°C 时使用红色 LED 发出的可视警告。图 3-5 和图 3-6 是针对两种温度保护级别拍摄的热感图像。当温度在 60°C 到 90°C 之间时，通过红色 LED 提供可视警告，当温度高于 90°C 时，负载断开连接。



图 3-4. 红色 LED 警告灯

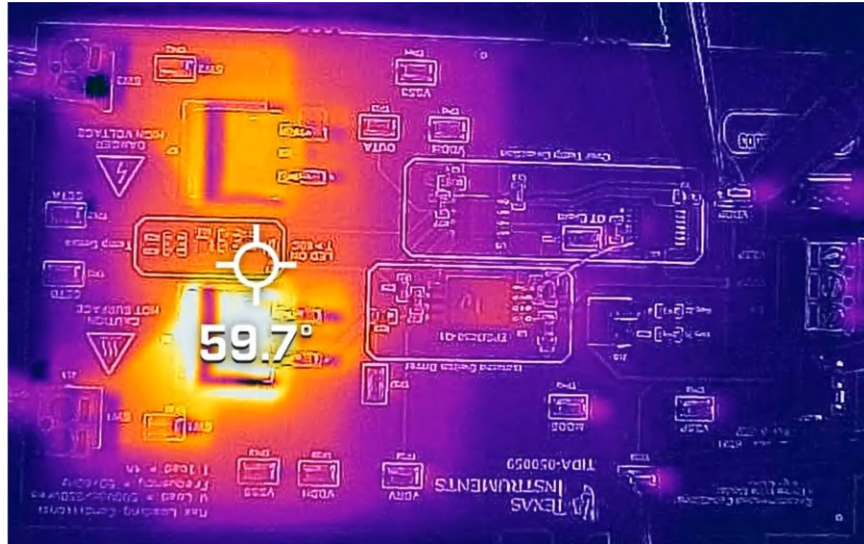


图 3-5. 热像图

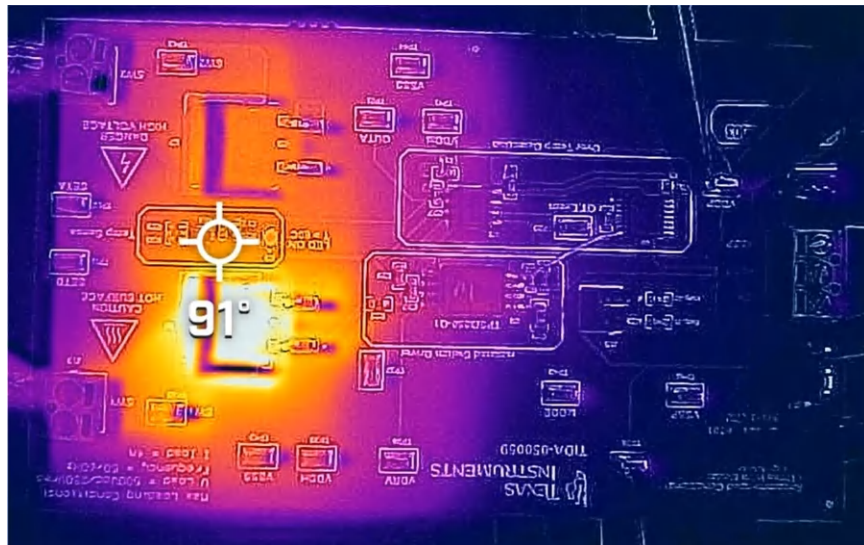


图 3-6. 热像图

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

若要下载原理图，请参阅 [TIDA-050059](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

若要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050059](#) 中的设计文件。

4.1.3 Altium 工程

若要下载 Altium Designer™ 工程文件，请参阅 [TIDA-050059](#) 中的设计文件。

4.1.4 装配图

若要下载装配图文件，请参阅 [TIDA-050059](#) 中的设计文件。

4.1.5 Gerber 文件

若要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-050059](#) 中的设计文件。

4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[TPSI3050-Q1EVM 具有集成 10V 栅极电源的汽车类增强型隔离式开关驱动器 EVM 用户指南](#)。
2. 德州仪器 (TI)，[AMC23C14EVM 隔离式比较器评估模块用户指南](#)。
3. 德州仪器 (TI)，[级联两个 TPSI3050 隔离式开关驱动器以提高栅极驱动电压应用手册](#)。
4. 德州仪器 (TI)，[TMP392 EVM 用户指南](#)。
5. 德州仪器 (TI)，[ISO7310-Q1EVM 通用数字隔离器评估模块用户指南](#)。

4.3 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的《[使用条款](#)》。

4.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Altium Designer™ is a trademark of Altium LLC or its affiliated companies.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

Alex Triano 是德州仪器 (TI) 固态继电器业务部的产品营销和应用经理，负责定义和开发使用电容和电感隔离技术的新一代固态继电器解决方案。凭借模拟电源领域的背景，**Alex** 在石溪大学完成本科学习后，于 2013 年加入 TI，成为电源接口业务部门的一员。他曾担任应用工程师，支持全球客户完成其电源设计，并帮助解决需要系统级分析和调试的复杂问题。他通过博客、视频和应用手册分享这些学习内容，以便向客户介绍这些产品并使其更易于设计。

Francisco Lauzurique 是德州仪器 (TI) 的应用工程师，负责提供固态继电器方面的支持。**Francisco** 在德州农工大学专攻模拟和混合信号，在取得电气工程专业理学学士学位后，于 2020 年加入 TI。他目前正在攻读德州农工大学电气工程专业理学硕士学位，专攻模拟和混合信号。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司