

# 使用具有 60V 容差、浪涌和电感负载的 TPS272C45C 高侧开关



Yichi Zhang, Sreenath Unnikrishnan, Cameron Phillips

## 摘要

本应用手册介绍了一个使用 TPS272C45C 工业高侧开关实现 60V 容差的 PCB 设计示例。本报告重点介绍了 60V 容差板和标准 TPS272C45 评估模块之间的差异。本报告还提供了 60V 容差、浪涌测试和电感负载测试的测试结果。

## 内容

1 引言.....	2
2 针对 60V 容差的 PCB 硬件修改.....	3
3 60V 容差测试.....	5
4 浪涌测试结果.....	6
5 电感负载测试.....	10
6 总结.....	11

## 插图清单

图 2-1. 60V 容差的 TPS272C45C 原理图.....	3
图 2-2. 60V 容差所需主要元件的简化图.....	4
图 3-1. 通过电源斜升在开启状态期间实现过压保护.....	5
图 3-2. 通过在 60V 下切换开关实现过压保护.....	5
图 4-1. 阻性负载的浪涌波形.....	6
图 4-2. 正浪涌设置.....	6
图 4-3. 负浪涌设置.....	6
图 4-4. VS 上施加正浪涌的波形.....	7
图 4-5. VS 上施加负浪涌的波形.....	7
图 4-6. 在 EN 为高电平时在 VOUT 施加正浪涌的波形.....	8
图 4-7. 在 EN 为高电平时在 VOUT 施加负浪涌的波形.....	8
图 4-8. 在 EN 为低电平时在 VOUT 施加正浪涌的波形.....	9
图 4-9. 在 EN 为低电平时在 VOUT 施加负浪涌的波形.....	9
图 5-1. 500mA 关断电流下的感应开关转换波形.....	10
图 5-2. 2A 关断电流下的感应开关转换波形.....	10

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

TPS272C45C 是一款高侧开关，专为 24V 工业应用而设计，包括工业 PLC 系统、电机驱动器和楼宇自动化系统。工业应用（例如安全超低电压 (SELV) 系统）的上升趋势要求高侧开关能够承受高达 60V 的电压。在设计工业安全模块时，设计人员需要考虑故障情况（包括电源故障在内）。由于在此类系统中使用 SELV 电源，正常运行和故障事件期间的最大电压都被限制为 60V。通过向使用 TPS272C45C 的系统添加一些元件，该器件能够在发生故障事件时经受 60V 总线电压，以保护自身和所有下游负载。另一方面，由所提出的电路启用的更高钳位电压允许更大的感性负载更快地放电，同时确保开关的安全性。该器件还需要满足工业安全要求，包括通过浪涌标准和电感负载测试的能力。本应用手册介绍了针对 60V 容差的 TPS272C45C EVM 修改所需的硬件，以及 60V 容差、浪涌和电感负载驱动的测试结果。

## 2 针对 60V 容差的 PCB 硬件修改

图 2-1 显示了适用于 60V 容差的 TPS272C45C 的原理图，红色框中突出显示了对标准 EVM 的修改。图 2-2 显示了原理图的简化图，绿色框中突出显示了可选元件。对于 60V 容差，应使用 TPS272C45 的 C 版本，因为它允许使用外部 VDS 钳位来提高器件两端的电压。修改后的板上有几个 60V TVS 二极管。当浪涌进入时，VS 和 GND 之间的 D4 吸收了大部分能量。D10 和 D12 都确保器件两端的电压不超过 60V。输出端的 TVS 及肖特基二极管 D2 和 D8 可用于替换 D10，以便在电感负载放电期间实现 VDS 钳位。请注意，电路中的其他无源器件（例如电容器）也需要额定电压高于 60V 才能在高压下不损坏。

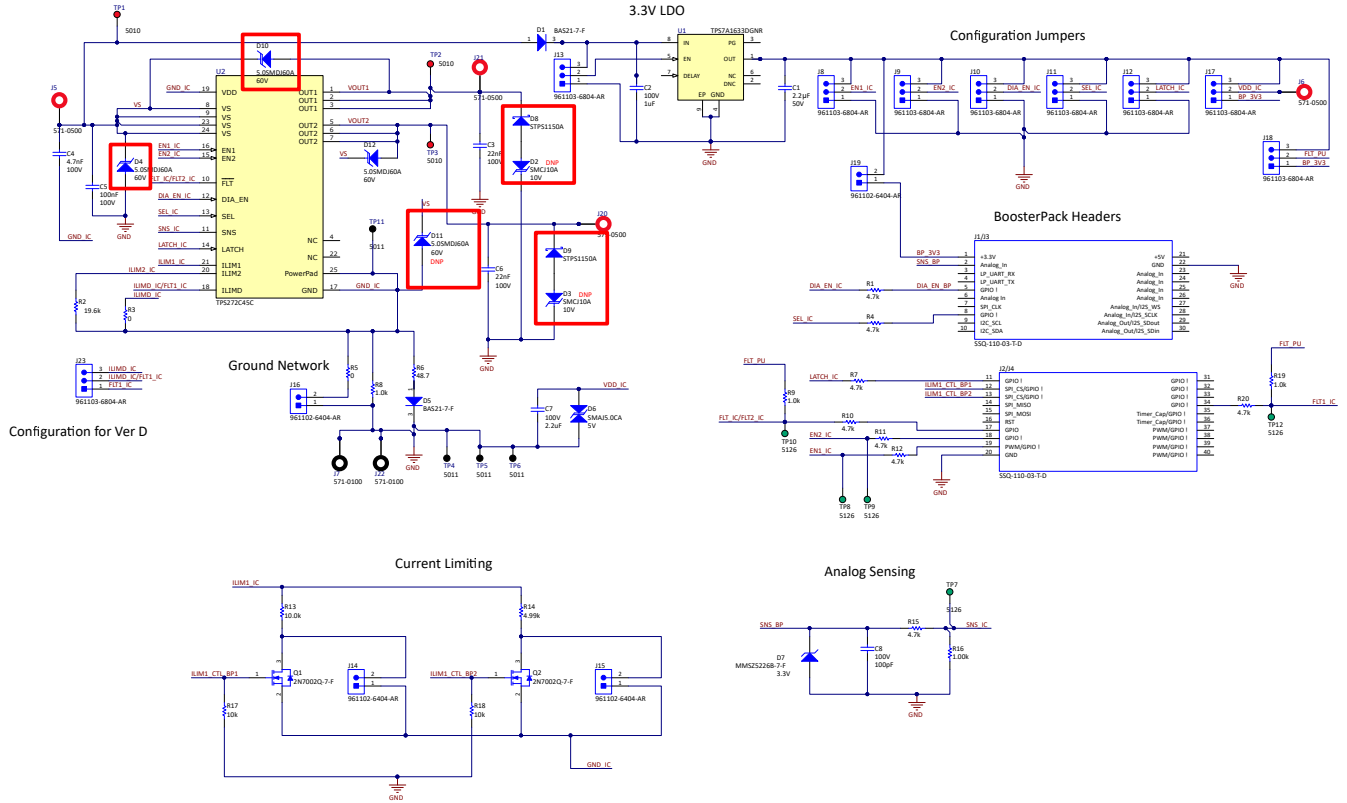


图 2-1. 60V 容差的 TPS272C45C 原理图

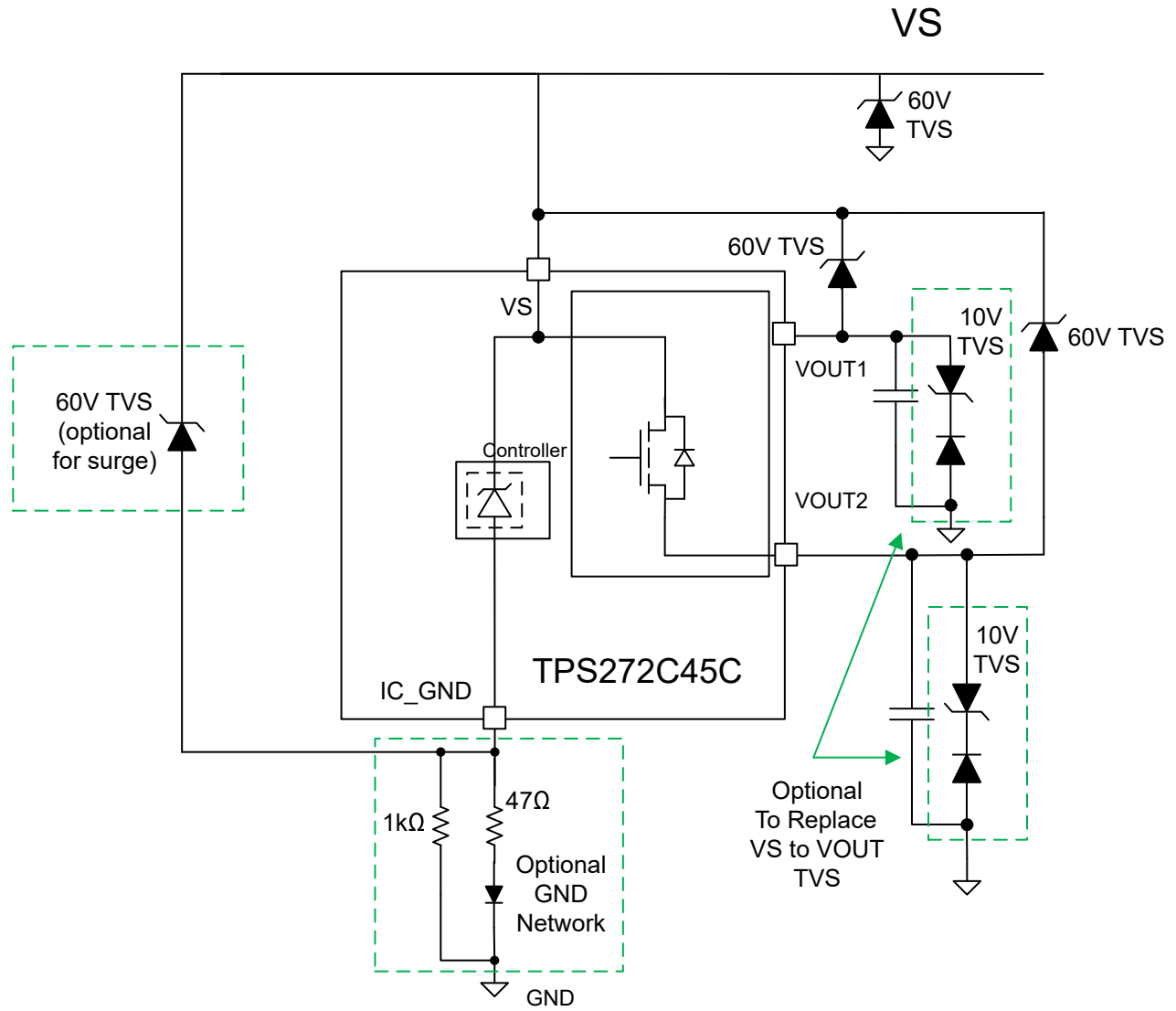


图 2-2. 60V 容差所需主要元件的简化图

### 3 60V 容差测试

对于 SELV 系统，高侧开关可以在开启和关闭状态下使用高达 60V 的总线电压进行保护和自我保护。在以下示例中测试和检查这两种状态。

第一种情况是，当器件处于开启状态并且总线电压从标称 24V 上升到 60V 时。在这种情况下，TPS272C45C 的过压保护将被触发，自保护和故障指示如图 3-1 进行验证。当电源电压 VS 以 10V/ms 从 24V 上升到 60V 时，FAULT 信号被触发并且 FET 在低于 50V 时自动关闭。

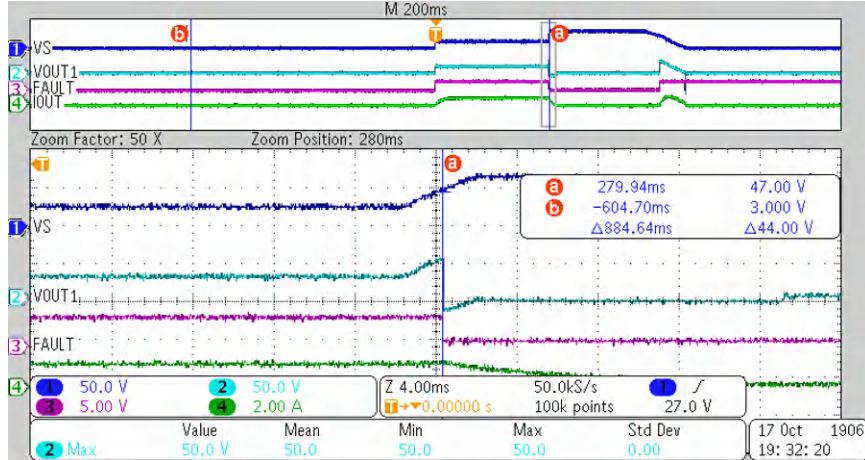


图 3-1. 通过电源斜升在开启状态期间实现过压保护

第二种情况是输入为 60V，器件从关闭状态转换为开启状态。在这种情况下，FET 应保持关闭，并且器件不应损坏。图 3-2 验证了器件在总线电压为 60V 时接收到 ON 信号的操作。当 EN 信号升高而 FET 的输出在整个瞬态事件期间保持关闭时，将触发 FAULT 信号。

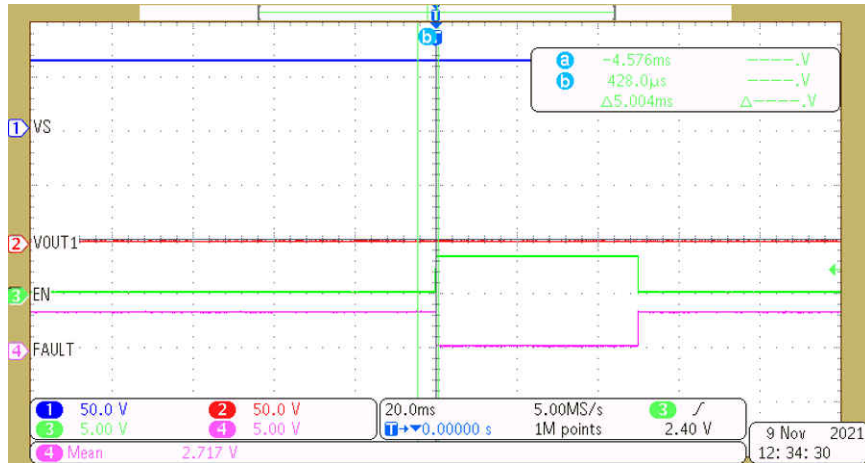


图 3-2. 通过在 60V 下切换开关实现过压保护

## 4 浪涌测试结果

已对 TPS272C45C 进行了浪涌测试，以确保器件的稳健性。图 4-1 中展示的浪涌波形遵循 IEC61000-4-5 标准，电压为 1kV，阻抗为 42 Ω。42 Ω 阻抗代表所有其他线路与 GND 之间的阻抗，参见[适用于 TI 保护器件的 TI IEC 61000-4-x 测试](#)应用报告。

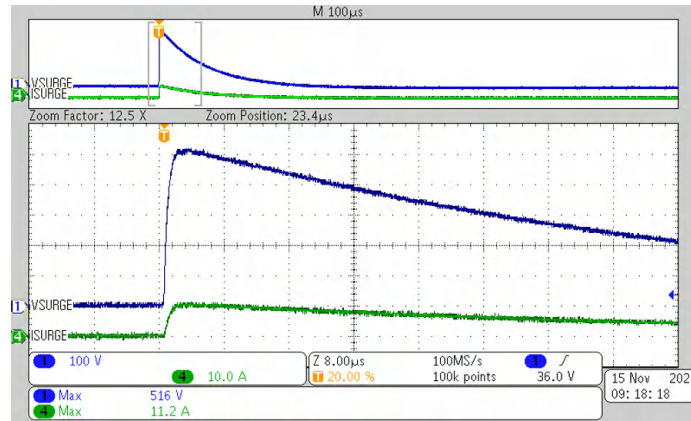


图 4-1. 阻性负载的浪涌波形

VS 和 VOUT 都进行了正负浪涌，两种浪涌测试设置如图 4-2 和图 4-3 所示。

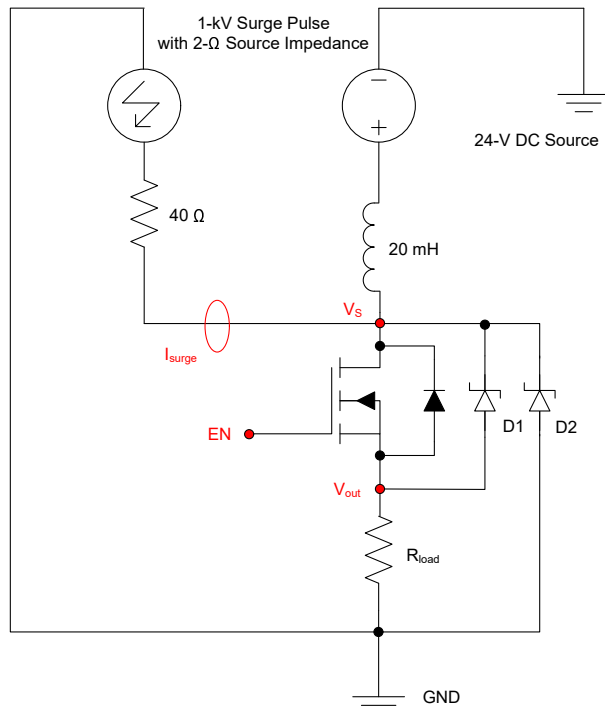


图 4-2. 正浪涌设置

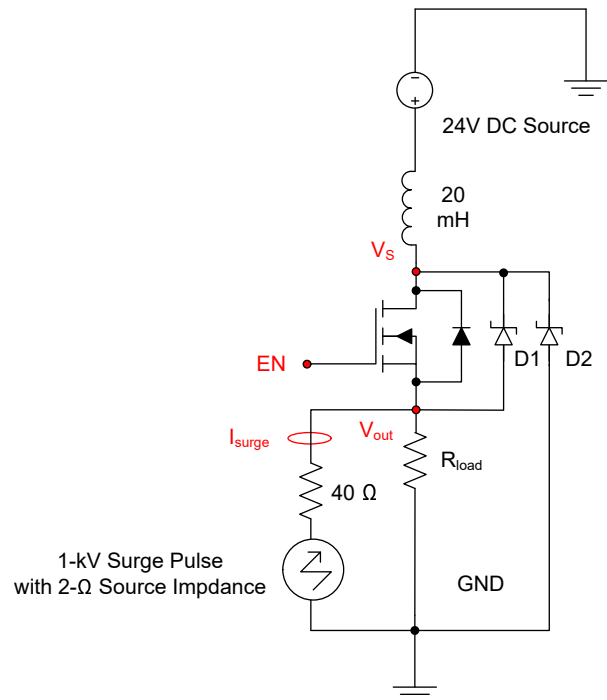


图 4-3. 负浪涌设置

首先，正浪涌施加在 24V VS 上，两个通道的 EN 为高电平，输出端连接一个 12 Ω 负载。波形如图 4-4 所示。VS 在浪涌事件期间被 VS 对 GND TVS 二极管 D2 钳位，它将吸收大部分浪涌能量。浪涌后器件恢复正常运行。

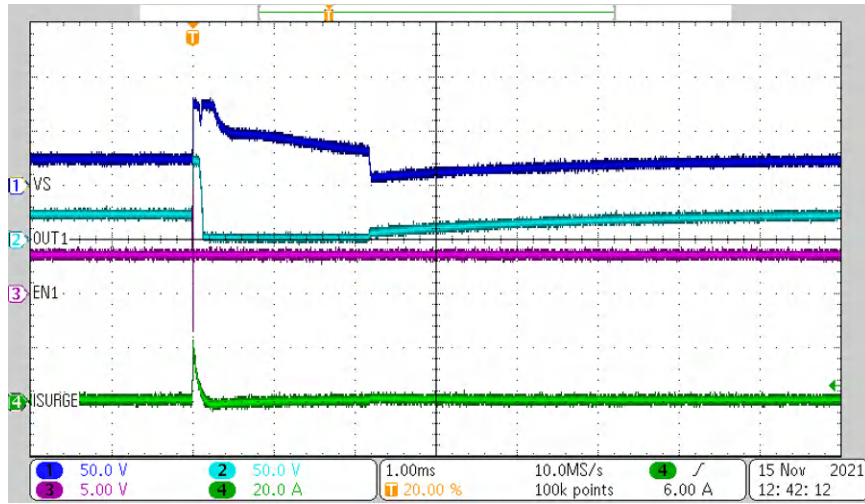


图 4-4. VS 上施加正浪涌的波形

第二个测试涉及使用相同设置对 VS 施加负浪涌。生成的波形如图 4-5 所示。在本例中，VS 到 GND 二极管 D2 导通，并在负浪涌期间将 VS 保持在地电平。器件按预期运行，并在 VS 恢复后继续运行。

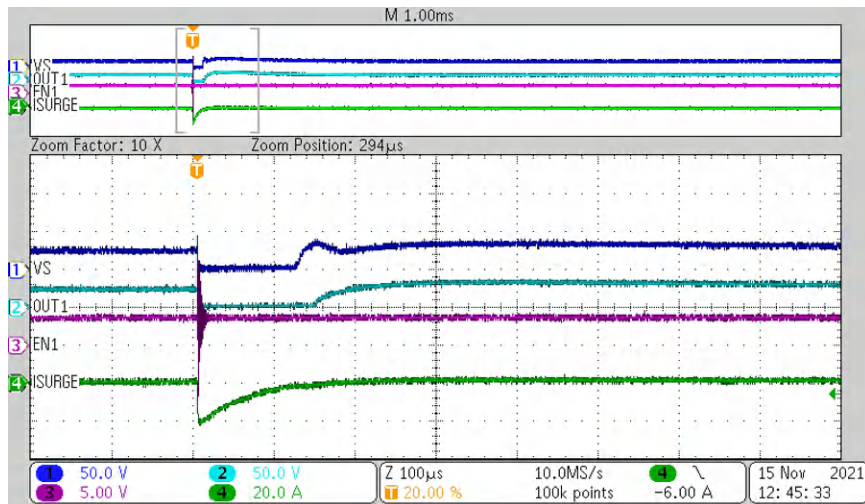


图 4-5. VS 上施加负浪涌的波形

现在转到图 4-3 所示的测试设置，在 VOUT 处施加浪涌，输入为 24V，EN 为高电平， $12\Omega$  连接到负载。图 4-6 显示了施加正浪涌时产生的波形。在浪涌期间，体二极管将导通，从 VS 到 GND 的二极管将钳制 VS 电压。随着电流在去耦电感中持续流动，Vs 处的电压将在短时间内保持高电平，并缓慢恢复。



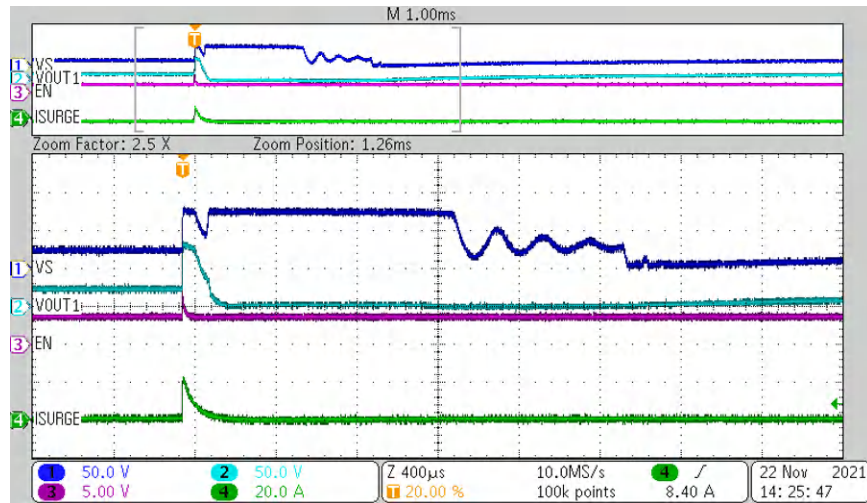


图 4-6. 在 EN 为高电平时在 VOUT 施加正浪涌的波形

图 4-7 显示了对 VOUT 施加负浪涌时产生的波形。VS 到 GND TVS 二极管导通，将 VS 带到 GND 电平。浪涌脉冲结束后，电源和 FET 操作恢复正常运行。

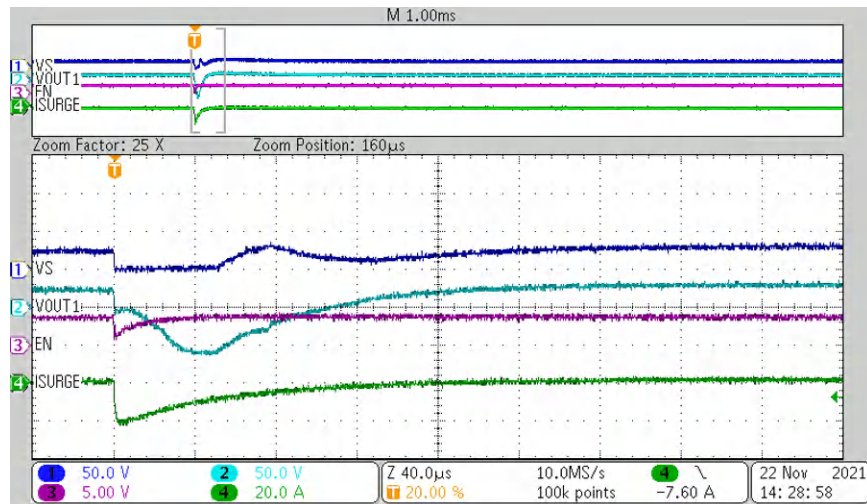


图 4-7. 在 EN 为高电平时在 VOUT 施加负浪涌的波形

当 EN 为低电平时，在 VOUT 处执行相同的浪涌测试。在 VOUT 出现正浪涌时，图 4-8 显示了从 VOUT 到 VS 的 TVS 二极管正在导通，然后 VS 电压被另一个 TVS 二极管钳位。浪涌事件后器件保持关闭状态。



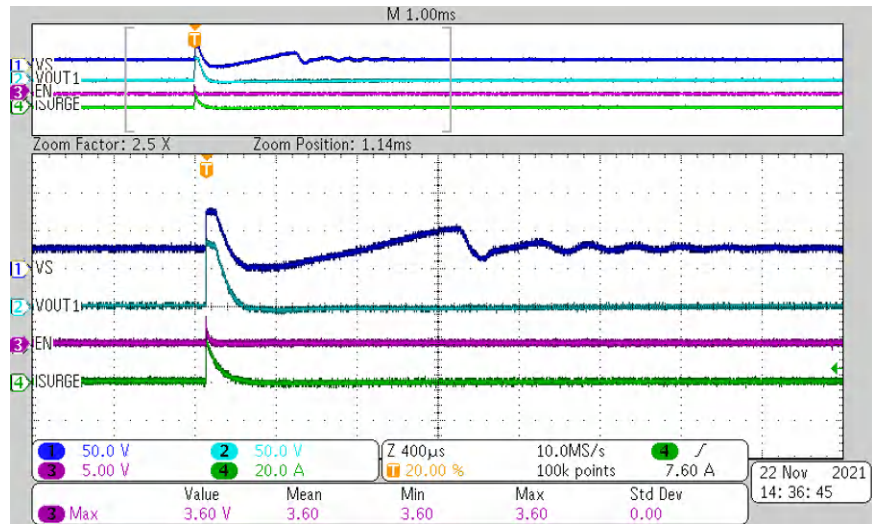


图 4-8. 在 EN 为低电平时在 VOUT 施加正浪涌的波形

当负浪涌施加在 VOUT 且 EN 为低电平时，图 4-9 显示了 VS 至 GND 二极管导通且 VS 至 VOUT 二极管钳位的行为。器件在浪涌脉冲后按预期保持关闭状态。

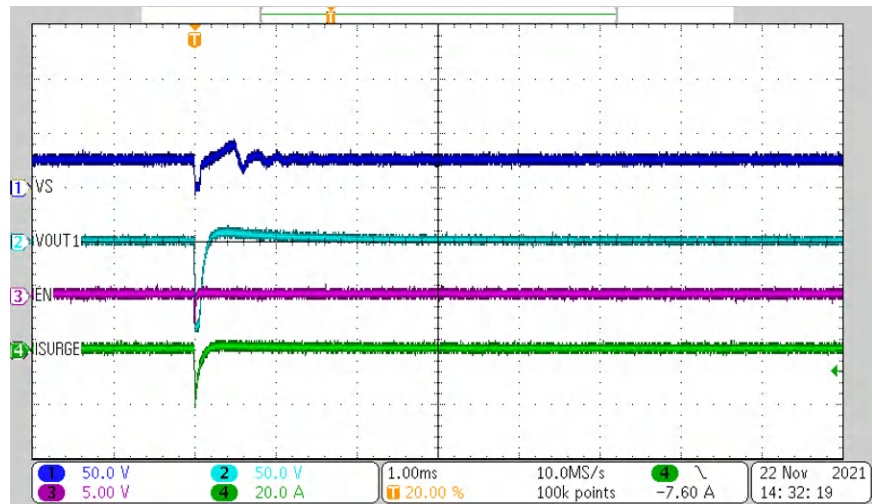


图 4-9. 在 EN 为低电平时在 VOUT 施加负浪涌的波形

## 5 电感负载测试

继电器和螺线管等电感负载通常用于工业应用中，参见 [如何利用智能高侧开关驱动电阻、电感、电容和照明负载](#) 应用手册。本节测试了 TPS272C45C 通过重复开关驱动感性负载的能力。在感性负载的关断阶段，存储在负载中的能量需要消散，器件需要承受输出端的负电压以及由于重复开关而导致的高热耗散。

对于测试设置，在输入端施加 24V 电压，并使用一个 1H 电感器作为负载。调整输入信号的占空比，使关断电流为 500mA 和 2A。感性负载的开关转换以 1Hz 重复 6000 个周期。

500mA 关断电流下的开关转换波形如图 5-1 所示。关断时的输出电压由 VS 至 VOUT TVS 二极管钳位，确保器件两端的电压低于最大额定值。随着输出端的负电压，电感器快速放电，之后输出稳定为零。经过 6000 个开关周期后，该器件正常工作。

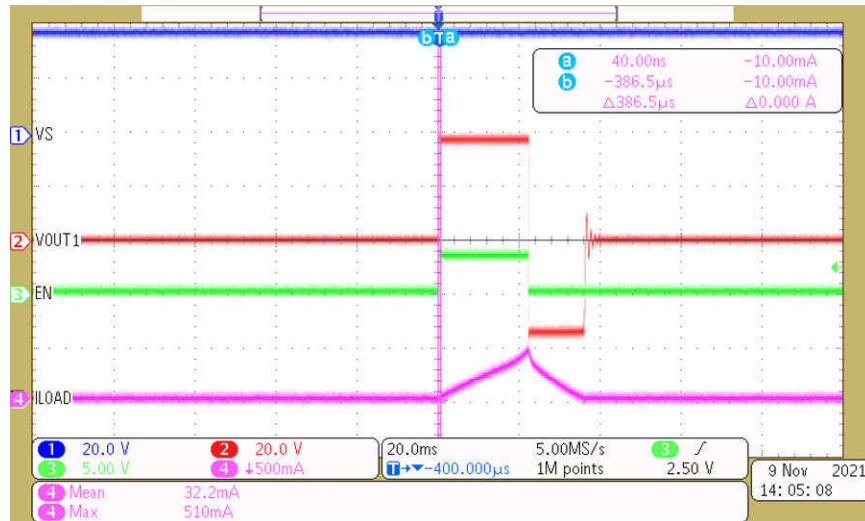


图 5-1. 500mA 关断电流下的感应开关转换波形

图 5-2 显示了具有较长占空比的 2A 关断电流。该行为类似于 500mA 的情况，并且器件在 6000 个周期后运行不会出现任何问题。

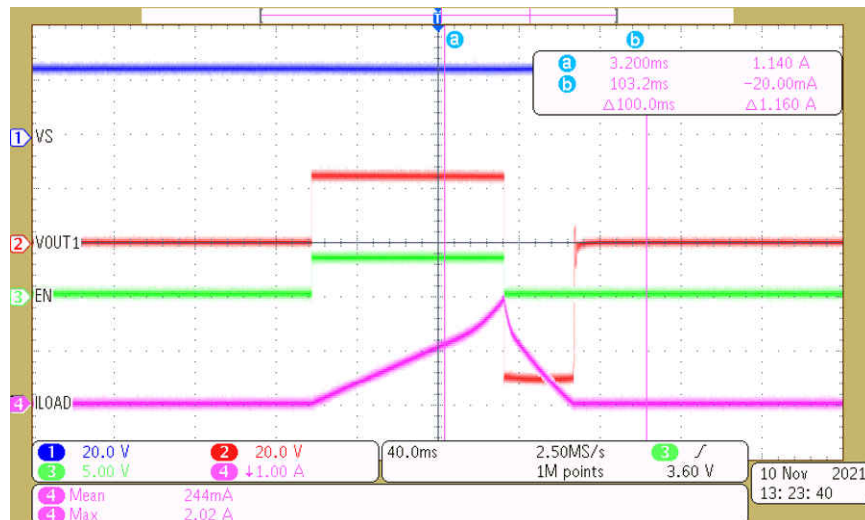


图 5-2. 2A 关断电流下的感应开关转换波形

## 6 总结

TI 的 TPS272C45C 高侧开关设计用于工业应用。在工业 SELV 系统中，总线电压最高可达 60V。虽然 TPS272C45C 专为标称 24V 工业系统而设计，但通过对周围电路进行一些修改，该器件可以承受 60V 电压而不会损坏。本报告中提供了电路实现示例以及测试结果。随着对系统安全合规性和 60V 容限要求的不断提高，没有内部 VDS 钳位的 TPS272C45 变体仍然适用于典型的工业应用，并且可以防止包括浪涌和 60V VS 在内的不同故障情况。

## 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