



Venkata Nandam, Lokesh Ghulyani

摘要

可编程逻辑控制器 (PLC) 系统通常连接外部直流电源，从而为控制器单元、背板和 I/O 模块供电。需要通过输入保护电路来保护 PLC 免受现场或 PLC 端可能发生的各种故障的影响。以前，人们都采用分立或半集成电路解决方案，并且需要大量外部元件来提供保护并通过严格的电磁兼容性 (EMC) 测试。先进的 TPS266x 高压电子保险丝器件集成了所有必要的功能，从而轻松满足保护需求。本应用报告介绍了 TPS266x 器件如何简化针对 EFT、浪涌和电源故障要求的保护电路。

内容

1 浪涌测试 (IEC 61000-4-5).....	2
2 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案.....	3
3 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案原理图.....	3
4 浪涌测试的电路性能.....	4
5 EFT 测试 (IEC 61000-4-4).....	5
6 提供 EFT 保护的电子保险丝解决方案原理图.....	6
7 EFT 测试的电路性能.....	6
8 电源故障测试 (IEC 61000-4-29).....	6
9 避免电源故障的电子保险丝解决方案原理图.....	7
10 电源故障测试的电路性能.....	7
11 EFT、浪涌和电源故障测试设置.....	8
12 结论.....	8
13 参考文献.....	8
14 修订历史记录.....	9

插图清单

图 1-1. 传统输入保护电路.....	2
图 1-2. 保护电路设计不当的影响.....	2
图 2-1. 电子保险丝集成解决方案.....	3
图 3-1. 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案原理图.....	3
图 4-1. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 16Ω 下的 +500V、 2Ω 浪涌性能.....	4
图 4-2. 浪涌实例放大图像.....	4
图 4-3. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 16Ω 下的 -500V、 2Ω 浪涌性能.....	4
图 4-4. 浪涌实例放大图像.....	4
图 5-1. IEC61000-4-4 突发和波形.....	5
图 6-1. 用于 EFT 保护的电子保险丝解决方案原理图.....	6
图 9-1. 避免电源故障的电子保险丝解决方案原理图.....	7
图 10-1. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 24Ω 下的 10ms 输入电源故障 (IEC 61000-4-29 级别 -1).....	7
图 10-2. 在 $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 48Ω 下实现启动.....	8
图 11-1. 测试设置.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 浪涌测试 (IEC 61000-4-5)

浪涌测试旨在确保系统不受雷击和电力系统瞬变（例如电容器组切换、短路和电弧故障）所产生浪涌的影响。浪涌测试对系统施加最高级别的能量脉冲。

PLC 系统中使用的典型传统浪涌和前端保护电路如图 1-1 中所示。输入侧无源器件（例如共模扼流圈、串联电感器和电容器）用于降低浪涌脉冲的压摆率。一串 TVS 二极管用于将浪涌幅度钳位到可接受的水平。串联二极管或带有外部 FET 的 OR-ing 控制器用于保护下游免受负电压影响。接线错误或浪涌脉冲为负时，多会出现负电压。分立式或半集成解决方案用于热插拔、浪涌控制、监视、欠压 (UV) 和过压 (OV) 保护。

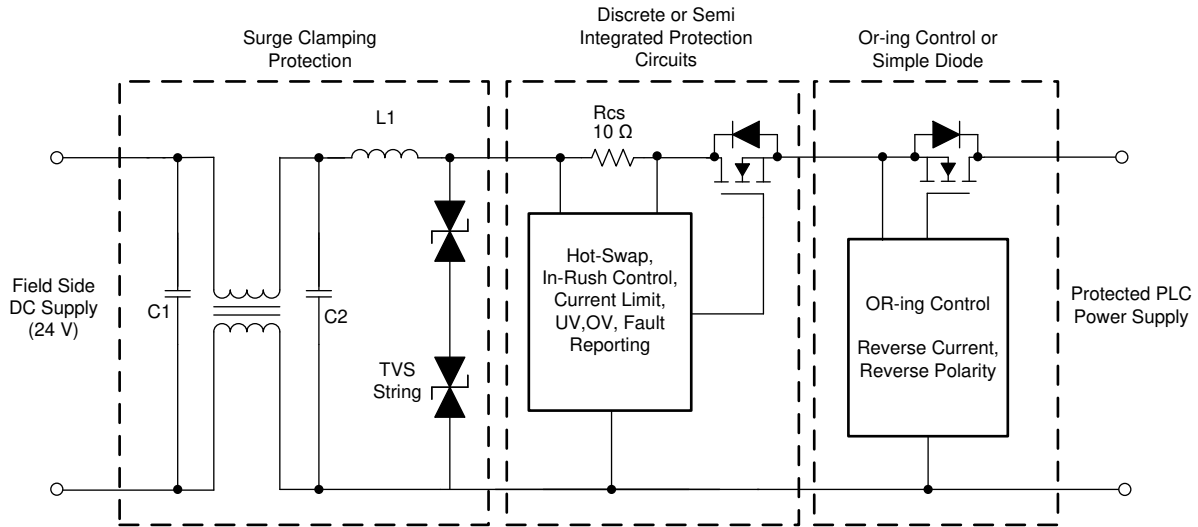


图 1-1. 传统输入保护电路

图 1-2 所示为保护电路故障导致的电路板灾难性故障。在使用分立式元件的方案中，发生故障的概率很高。选择合适的集成保护解决方案对于避免可能的系统故障、不必要的停机时间和产品信誉受损至关重要。

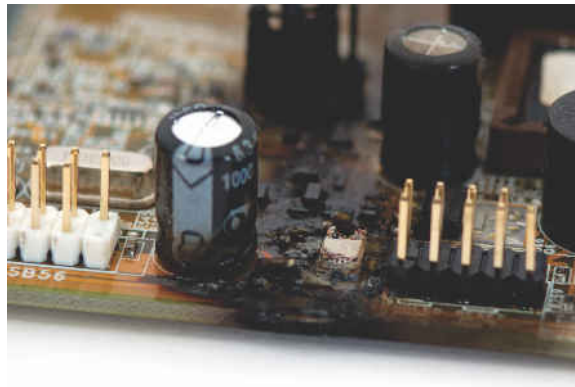


图 1-2. 保护电路设计不当的影响

2 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案

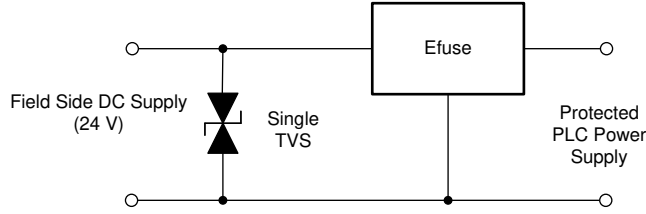


图 2-1. 电子保险丝集成解决方案

基于电子保险丝的浪涌保护解决方案如图 2-1 中所示。它仅需一个 TVS 二极管即可保护 PLC 免受浪涌的影响。该器件不需要任何无源整形电路，即可降低浪涌的压摆率。它可以处理最快达 $20\text{V}/\mu\text{s}$ 的压摆率。内置背对背 FET 和反极性保护电路可有效阻止因负浪涌而产生的负电压。

该器件的 $\pm 70\text{V}$ 瞬态绝对最大额定值允许使用单个 TVS 二极管来钳制浪涌。过压和欠压保护可确保当浪涌处于峰值或谷值水平时，下游转换器与输入隔离。专有高速保护算法可立即使输出与输入断开，并防止浪涌从输入传递至输出。

3 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案原理图

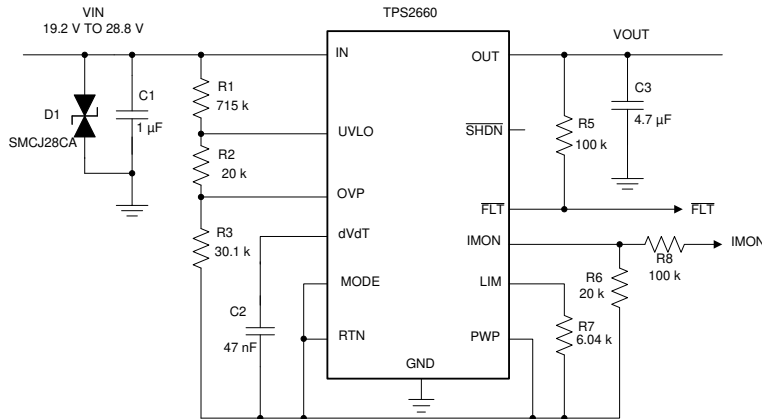


图 3-1. 提供浪涌保护的电子保险丝解决方案原理图

浪涌保护解决方案的完整原理图如图 3-1 中所示。此保护电路专为 19.2V 到 28.8V 电源和 2A 负载电流设计。SMC 封装中的 28V 反向关断电压 TVS 用于钳制浪涌电压。当施加 $\pm 500\text{V}$ 、 $2\ \Omega$ 的浪涌脉冲时，输入电压最大钳位为 $\pm 44\text{V}$ 。在负浪涌事件期间，内部 FET 承受最大应力。器件两端的最大电压是空载条件下输入钳位电压和输出电压之和。标称测试输入电压下的最大器件应力小于所选 TVS 器件的瞬态绝对最大额定值。

4 浪涌测试的电路性能

图 4-1 至图 4-4 展示了 TPS2660 在正负 500V、2Ω、8/20μs 浪涌脉冲下的性能。输出电压波形显示，在所有与浪涌相关的振荡都结束后，器件无需操作人员干预即可关闭并重新启动，并达到标准 B 的性能。若要让电路达到标准 A 性能，请与 E2E 论坛上的应用工程师联系。

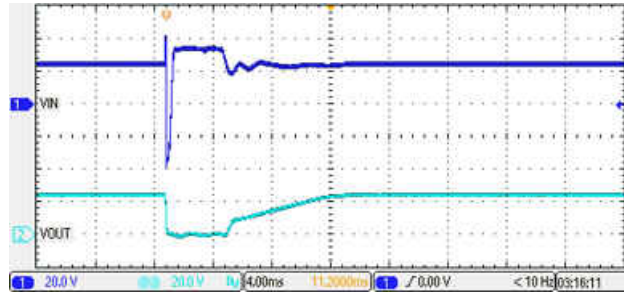


图 4-1. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 16Ω 下的 +500V、 2Ω 浪涌性能

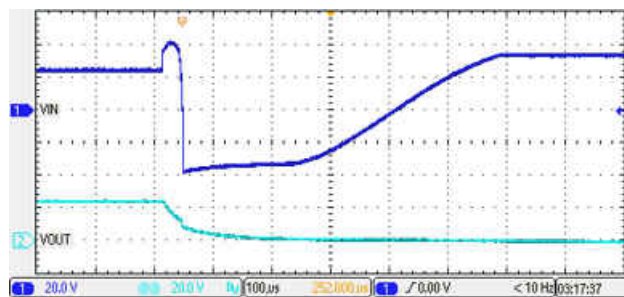


图 4-2. 浪涌实例放大图像

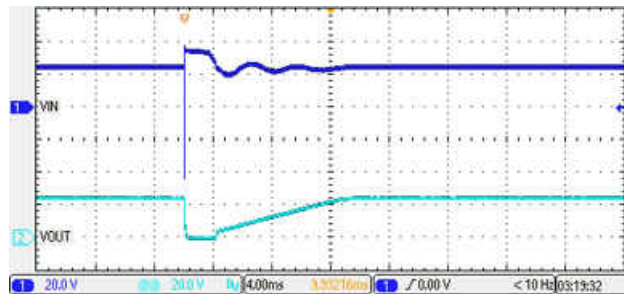


图 4-3. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 16Ω 下的 -500V、 2Ω 浪涌性能

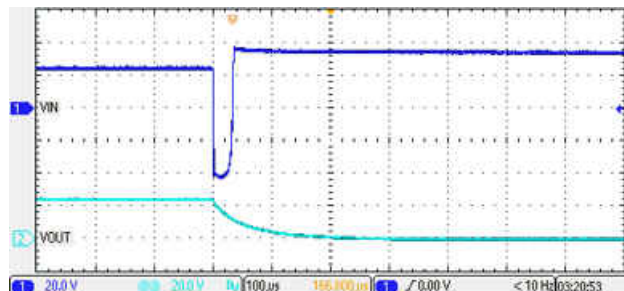


图 4-4. 浪涌实例放大图像

5 EFT 测试 (IEC 61000-4-4)

PLC 系统内遍布传输电力和数据的电缆，这些电缆会发生 EFT 事件，并通过电感耦合或电容耦合使数据或电力传输中断。因此，EFT 抗扰性成为 PLC 系统的重要要求。IEC 61000-4-4 标准定义了 EFT 抗扰度测试、设置程序和测试级别。根据应用环境的不同，脉冲发生器的测试电压电平也有所不同（具体取决于应用）。表 5-1 提供了针对电源端口的 EFT 测试的不同测试级别。根据 IEC 61000-4-4 标准，图 5-1 中定义了各种试验脉冲。在 IEC 61000-4-4 标准中，EFT 被指定为重复脉冲和突发 15ms，每个单个脉冲 5×50ns，如图 5-1 中所示。

表 5-1. IEC61000-4-4 应力等级

等级	峰值振幅 (针对电源端口)	
	V _{CC} (kV)	I _{sc} (A)
1	0.5	10
2	1	20
3	2	40
4	4	80

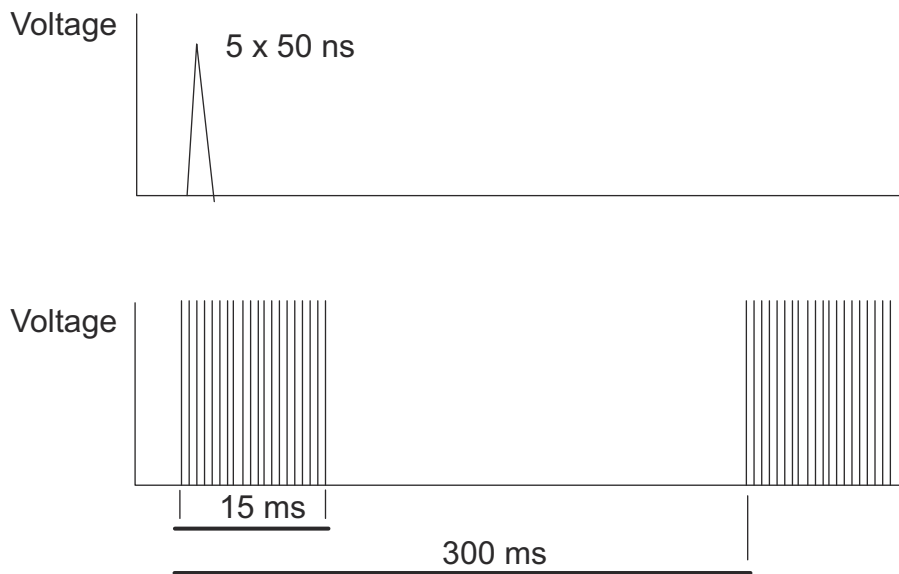


图 5-1. IEC61000-4-4 突发和波形

系统根据其对于 EFT 的抗扰度水平进行分类，表 5-2 提供了 EFT 抗扰度的不同等级。

表 5-2. EFT 抗扰度标准等级

标准等级	说明
A	在制造商、请求者和购买者指定的限值内具有正常性能
B	不需要操作人员操作的暂时性功能丧失或性能下降
C	需要操作人员干预校正的暂时性功能丧失或性能下降
D	硬件或软件损坏或数据丢失造成的不可恢复的功能丧失或性能下降

6 提供 EFT 保护的电子保险丝解决方案原理图

图 6-1 展示了用于 EFT 保护的 TPS2662x 器件原理图。

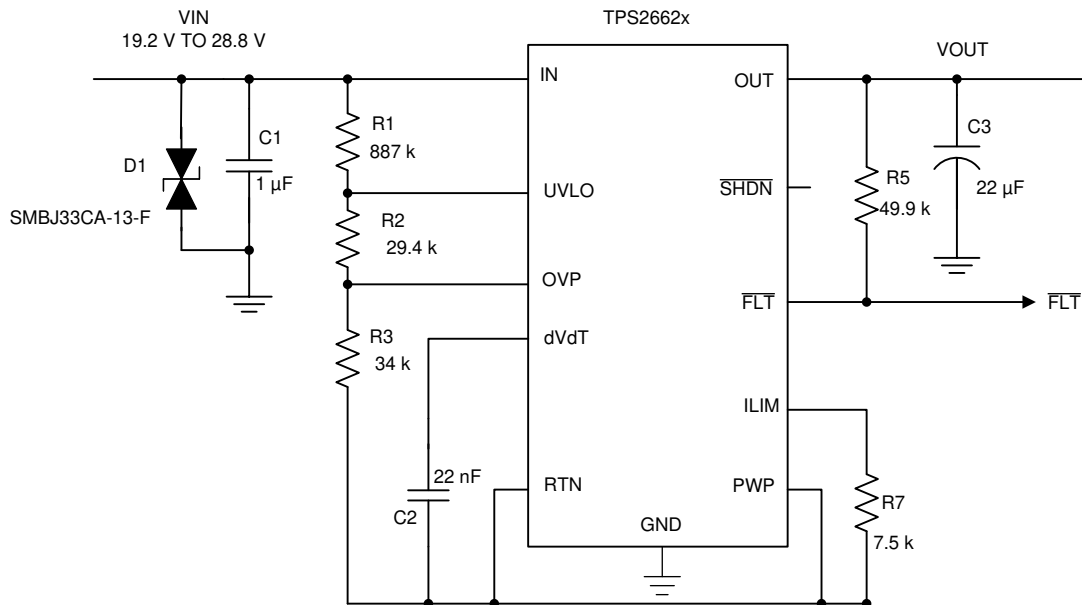


图 6-1. 用于 EFT 保护的电子保险丝解决方案原理图

7 EFT 测试的电路性能

TPS2662 器件集成了背对背 MOSFET，可提供过压保护、反向输入极性保护、反向输出极性保护和快速反向电流阻断功能，从而在 EFT 测试中实现标准 A 性能。表 7-1 总结了通过 TPS2662 实现 EFT 保护的电路性能结果。

表 7-1. 通过 TPS2662 实现 EFT 保护的电路性能

EFT 级别	电压 (kV)	输入端 (VIN) 通过/失败	输出端 (VOUT) 通过/失败
1	±0.5	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾
2	±1	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾
3	±2	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾	符合标准 A 性能 ⁽¹⁾

(1) 请参阅表 5-2

8 电源故障测试 (IEC 61000-4-29)

PLC 系统必须不受直流电源端口上的电压骤降、短时中断或电压变化的影响。通常，系统设计为可承受 5ms 至 10ms 的短暂电源中断。设计保护电路时的主要难题是反向电流阻断和浪涌电流控制。同样，一直都使用图 1-2 中所示的分立保护电路。基于 TPS2660 的电子保险丝解决方案原理图如图 9-1 中所示。停电时，集成的背对背 FET 和高速反向电流阻止电路，可防止大容量电容器从输出放电到输入。如果恢复输入电源，TPS2660 将以电流限制模式启动，从而快速将系统总线电压提升至输入电压水平。该电路还可在启动期间提供浪涌电流控制。

9 避免电源故障的电子保险丝解决方案原理图

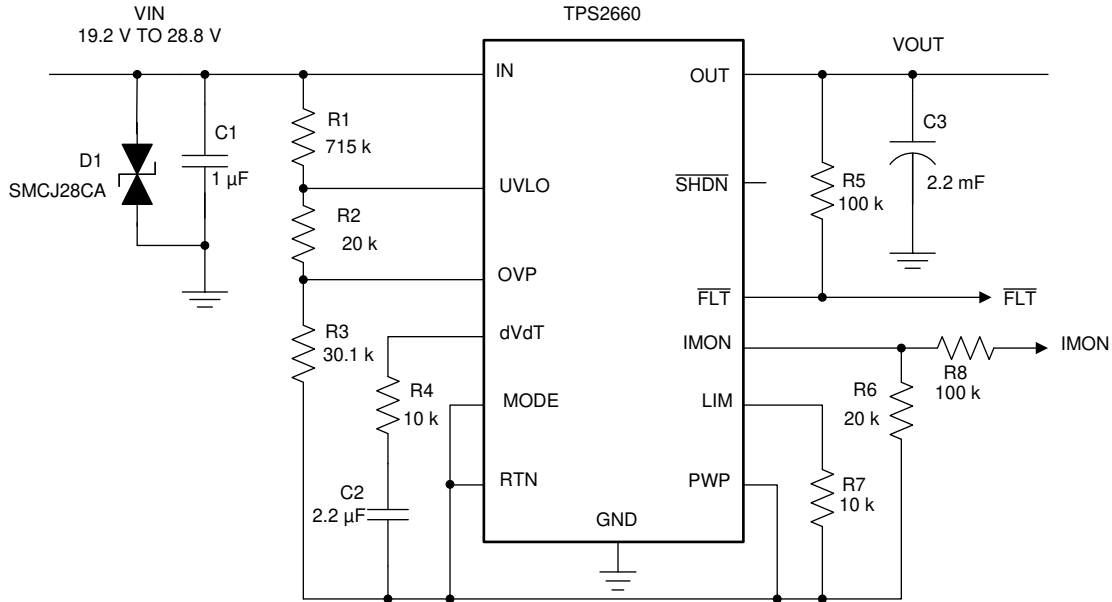


图 9-1. 避免电源故障的电子保险丝解决方案原理图

10 电源故障测试的电路性能

图 10-1 展示了 TPS2660 在发生 10ms 电源中断时的性能。电源故障期间，输出端接的大容量电容器为系统负载供电。当电源电压恢复时，TPS2660 为电流受限制的输出电容充电。

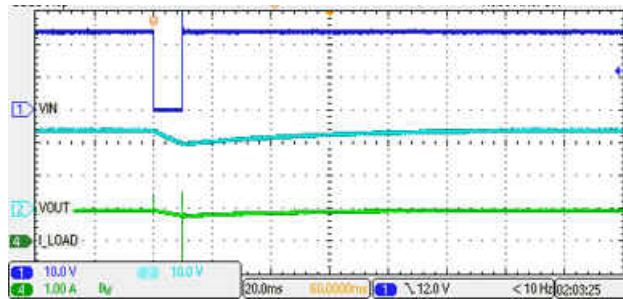


图 10-1. $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 24Ω 下的 10ms 输入电源故障 (IEC 61000-4-29 级别 -1)

图 10-2 展示了电源电压升高时 TPS2660 的启动过程。该电路对大容量电容器的充电电流加以限制，并同时提供所需的负载电流。

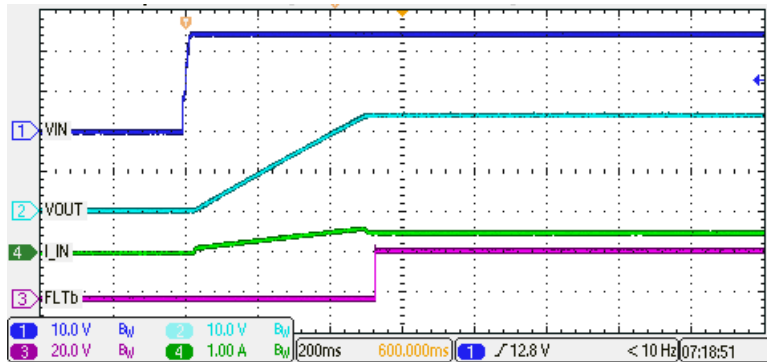


图 10-2. 在 $V_{IN} = 24V$ 、负载 = 48Ω 下实现启动

11 EFT、浪涌和电源故障测试设置

图 11-1 展示了浪涌和电源故障测试的测试设置。该测试设置符合 IEC 标准。UCS500N 用于生成 EFT、浪涌和电源故障波形。



图 11-1. 测试设置

12 结论

TPS2660 和 TPS2662 器件是高度集成的保护电路，通过超少的外部元件来解决系统级问题，例如 EFT、浪涌和电源故障。不仅可节省布板空间，还能提高整个系统的可靠性。

13 参考文献

- [TPS2660](#)
- [TPS2662](#)

14 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision C (December 2018) to Revision D (May 2021) Page

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。 2

Changes from Revision B (November 2018) to Revision C (December 2018) Page

- 更新了摘要..... 1

Changes from Revision A (April 2018) to Revision B (November 2018) Page

- 更新了标题..... 1
- 更新了图 2-1 3
- 添加了节 5 5
- 添加了节 6 6
- 添加了节 7 6
- 更新了节 12 8

Changes from Revision * (October 2016) to Revision A (April 2018) Page

- 将应用报告标题更改为“简化 PLC 系统中的浪涌和电源故障防护电路” 1

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

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

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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