

Product Overview

TPS12S24F-Q1 : TI 旗能级高侧开关控制器



简介

汽车硬件和软件正迅速变得愈发复杂，这也使得电子产品本身变得更完善且更精密。然而，更高的设计与系统集成难度，以及更高的成本也随之而来。业界通过探索新的架构和电压域来缓解这一问题。尽管面临这些持续变化，但 OEM 对半导体的要求十分明确，即智能和效率。

汽车电子产品的支柱是配电体系，而且每一代配电体系都比上一代产品更复杂。TI 面向汽车电源开关的多功能控制器现已应运而生：TPS12S24F-Q1。本文档探讨了该器件的广泛功能。TPS12S24F-Q1 为 12V 和 48V 电压域中的传统架构与进阶架构、配电体系以及 DC/DC 转换器提供了完整的设计方案。

器件描述和设计注意事项

TPS12S24F-Q1 是一款具有保护和诊断功能的低 IQ 智能、双通道、高侧驱动器。该器件具有 3.5V 至 70V 的宽工作电压范围，以及 80V 绝对最大额定值，适用于 12V、24V 和 48V 汽车系统设计。

安全

TPS12S24F-Q1 旨在满足面向现代汽车系统的 ISO26262 中所规定的功能安全要求。内置 FET 诊断和自检机制可确保符合 ASIL-B，从而让用户确信功率路径的运行表现符合预期。该器件提供多种保护功能，例如短路、欠压和过压保护。启用后，这些功能可以持续进行监测，以确保负载和器件不会承受过大应力。

智能

电源开关智能技术不断演变，纳入了更多能力和报告功能。这项技术远不只是简单地打开和关闭负载，而且 TPS12S24F-Q1 的上市令这项技术的边界进一步向外拓展。该器件配备菊花链可连接的 SPI 接口，其可作为使用该器件全部功能的网关。该器件可通过此接口提供完整的电源路径，以及实时故障和诊断数据。此 SPI 接口还支持对器件最强大的功能进行近乎无限的配置，例如 I²T 曲线、低功耗模式行为、电容充电曲线等等。该器件具有双向电流监测功能，可清晰描绘电流流动情况；而借助可编程的 I²T 曲线，该器件还可根据导线的热历史记录（而不仅仅是瞬时过流）提供保护。其结果是，该器件能更主动地参与电源管理。

效率

在汽车电子系统中，高效管理电源的重要性相对于电源需求本身而言，其增长已不成比例。车辆中的负载数量稳步增加，而管理这些负载所需的计算资源也随之增加。TPS12S24F-Q1 在这些方面的独特之处，与该器件的智能化特点相互重叠。TPS12S24F-Q1 具有经过精心设计的低功耗模式，使该器件消耗的静态电流低于 25μA。I²T 曲线为高效电源管理增添了新维度，并且提升了电气识别度。I²T 算法可跟踪导线上的热应力随时间变化的情况，从而使该器件能够提供更精确的保护功能。进一步讲，这项保护功能的精度可减少布线和连接器所需的材料。因此，该器件在电气和材料领域的效率均有所提升。

后续章节将重点介绍 TPS12S24F-Q1 在汽车应用场景中如何超越传统开关控制器的性能表现。

应用 1：配电

汽车配电网络可为数十个负载供电，范围覆盖简单执行器到复杂 ECU。每个负载可能具有不同的电流曲线、浪涌特性和保护要求。在配电盒或区域控制模块中，高侧驱动器（在图 1 中标记为 HSSC）不仅负责为负载供电，还负责保护负载、高效管理电源以及实时报告系统运行状况。

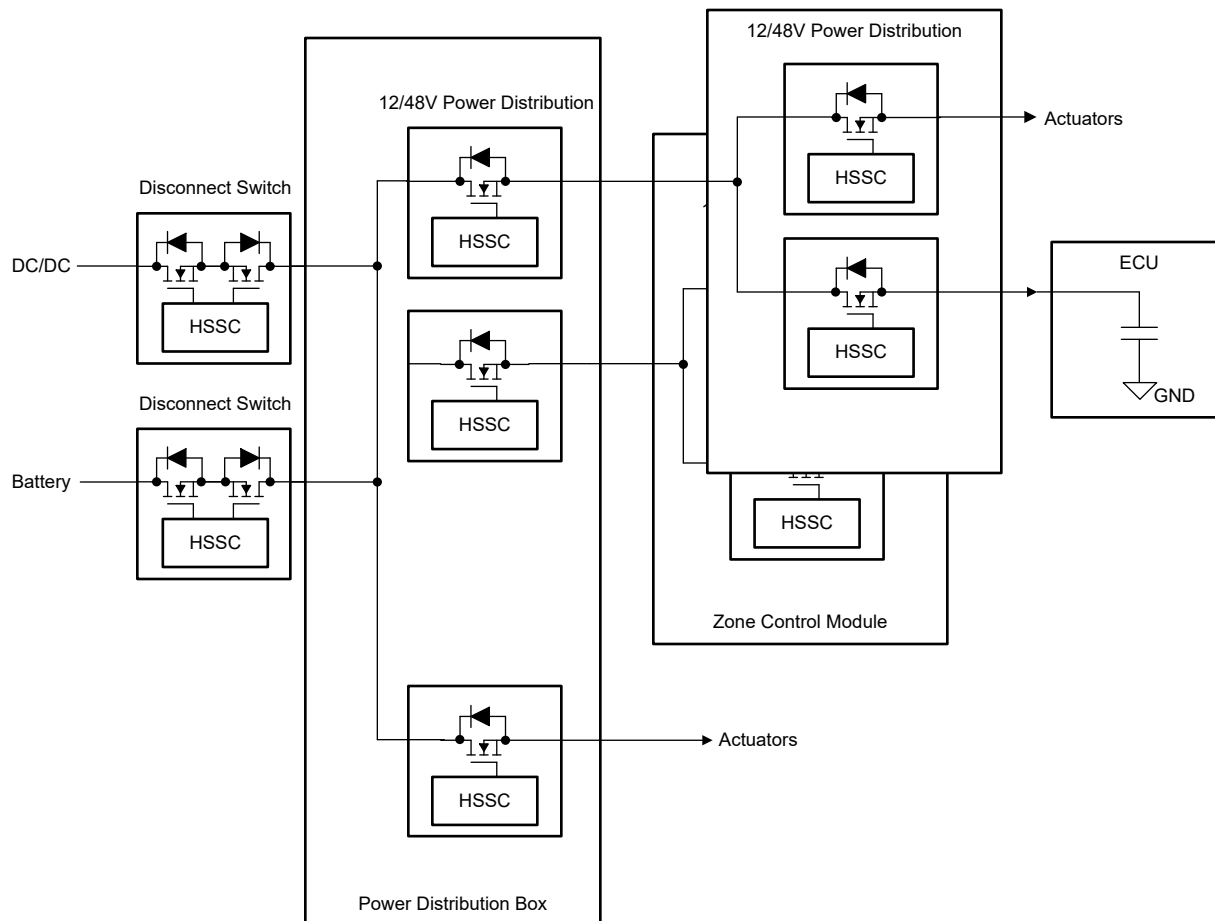


图 1. 汽车配电网络方框图

可编程的 I^2T 曲线和低功耗模式使该器件十分灵活，而竞争对手的设计方案只能提供固定响应。对于大型电容负载，可配置的电容预充电功能可以同时提供受控转换率导通和基于脉冲的方法，从而平滑地为负载供电，避免出现会造成损坏的浪涌电流。借助此 SPI 接口，设计人员可以实时了解故障情况，并对保护参数进行全面配置，这使系统能够做出智能响应，而非简单跳闸。

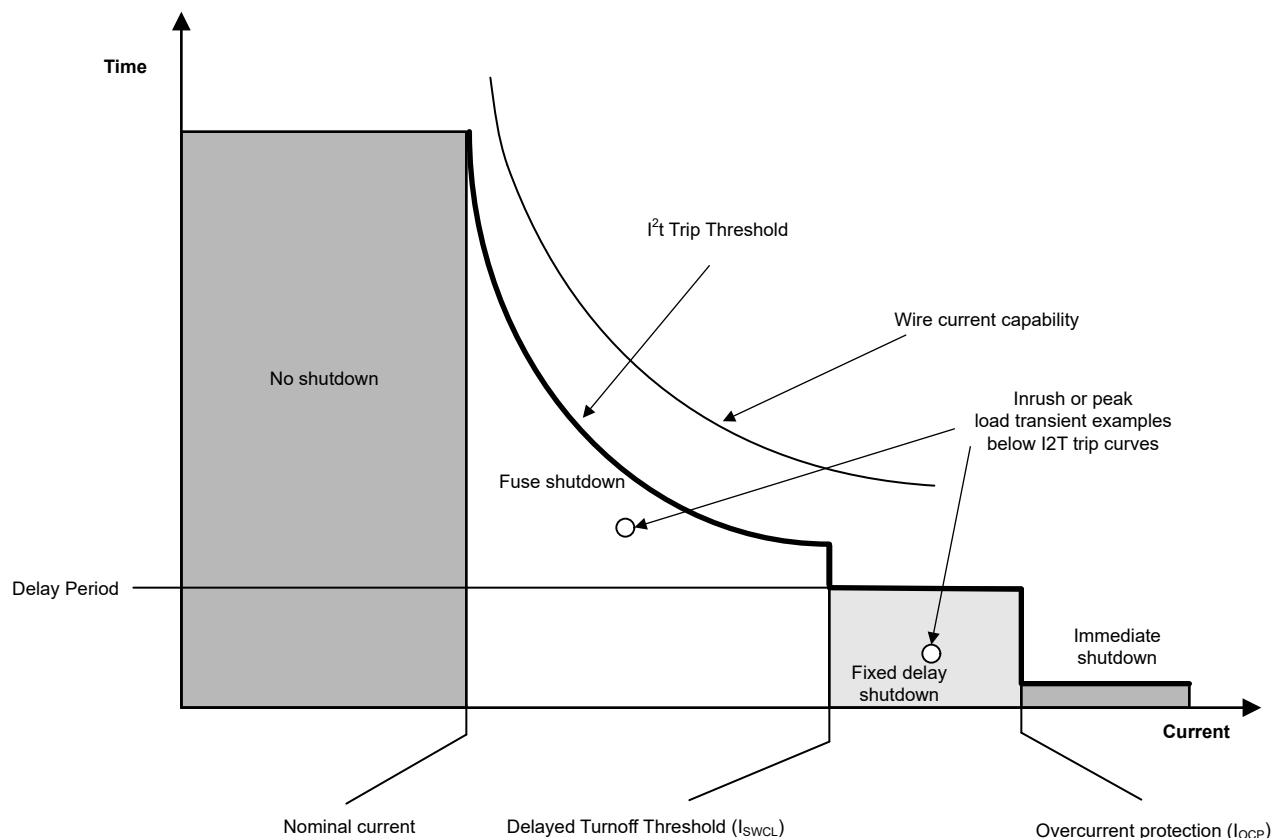


图 2. 可编程的 I^2T 曲线

大多数高侧开关只能提供固定的 I^2T 曲线和单一低功耗模式，而 **TPS12S24F-Q1** 可让设计人员同时掌控两者。 I^2T 曲线还有多个可调节的参数（除 I^2T 值之外）。其中包括标称最大值、延迟关断最大值和立即关断最大值，如图 2 所示。这会根据每条导线的准确热分布（而非最坏情况下的近似值）创建定制响应。低功耗模式行为同样可供配置，这使设计人员能够精确控制器件何时进入和退出低功耗状态。在管理数十个不同负载和电源域的配电系统中，这种级别的控制使得保护策略能够提升系统能力。

对于需要简单开关和保护的应用，TI 的 **TPS1214-Q1**、**TPS1212-Q1**、**TPS4812-Q1** 和 **TPS4816-Q1** 可提供功能强大且具成本效益的设计方案。这些基于 **GPIO** 的器件具有模拟配置的 I^2T 和低功耗模式，并且支持 12V 和 48V 应用。有关高侧开关控制器的选型指南，请参阅表 1 和表 2。

表 1. 12V 高侧开关控制器选型指南

特性	TPS1211-Q1	TPS1200-Q1	TPS1210-Q1	TPS1213-Q1	TPS1212-Q1	TPS1214-Q1	TPS12S24F-Q1
电压范围	3.5V 至 40V，绝对最大值为 45V	3.5V 至 40V，绝对最大值为 45V	3.5V 至 40V，绝对最大值为 45V	3.5V 至 40V，绝对最大值为 45V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 74V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 74V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 80V
短路保护	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
电流监测	Uni-IMON				BI-IMON	Uni-IMON	BI-IMON
感应方法	高侧 RSNS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧 RSNS	高侧 RSNS	高侧 RSNS
欠压锁定	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
过压	✓	✓					✓
温度监测	✓				✓	✓	✓
反极性保护		✓	✓	✓	✓	✓	✓
双栅极驱动器	✓		✓	✓	✓	✓	✓
低功耗模式 IQ		35μA	35μA	35μA	25μA	25μA	20μA

表 1. 12V 高侧开关控制器选型指南 (续)

特性	TPS1211-Q1	TPS1200-Q1	TPS1210-Q1	TPS1213-Q1	TPS1212-Q1	TPS1214-Q1	TPS12S24F-Q1
自动负载唤醒				✓	✓	✓	✓
I ² T					✓	✓	✓
SPI					SPI 扩展器参考设计	SPI 扩展器参考设计	✓
ASIL B							✓
LimpHome (NVM)							✓

表 2. 48V 高侧开关控制器选型指南

特性	TPS4811-Q1	TPS4800-Q1	TPS4810-Q1	TPS4813-Q1	TPS4812-Q1	TPS4816-Q1	TPS1212-Q1	TPS1214-Q1	TPS12S24F-Q1
电压范围	3.5V 至 80V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 95V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 95V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 95V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 95V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 95V，绝对最大值为 100V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 74V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 74V	3.5V 至 73V，绝对最大值为 80V
短路保护	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
电流监测	Uni-IMON				BI-IMON	BI-IMON	BI-IMON	Uni-IMON	BI-IMON
感应方法	高侧 RSNS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧/低侧 RSNS，FET VDS	高侧 RSNS	高侧 RSNS	高侧 RSNS	高侧 RSNS	高侧 RSNS
欠压锁定	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
过压	✓	✓				✓			✓
温度监测	✓				✓	✓	✓	✓	✓
反极性保护		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
双栅极驱动器	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
低功耗模式 IQ		35μA	35μA	35μA	25μA		25μA	25μA	20μA
自动负载唤醒				✓	✓		✓	✓	✓
I ² T					✓	✓	✓	✓	✓
SPI					SPI 扩展器参考设计	SPI 扩展器参考设计	SPI 扩展器参考设计	SPI 扩展器参考设计	✓
ASIL B									✓
LimpHome (NVM)									✓

应用 2 : DC/DC 断路器

在 DC/DC 断路器中，开关必须能在 12V 和 48V 系统中实现双向保护，既能像阻断来自电源侧的故障电流一样有效地阻断来自负载侧的故障电流，同时还要能响应来自任意一侧的故障。该器件还必须精确并持续地了解电流流动情况，同时在运行时尽可能少地从其所保护的电池中消耗电能。必须将过流或过压事件必须被屏蔽在负载之外，以防止转换器产生的反向冲击。在这方面，TPS12S24F-Q1 同样可以满足这些要求，甚至超出了要求。

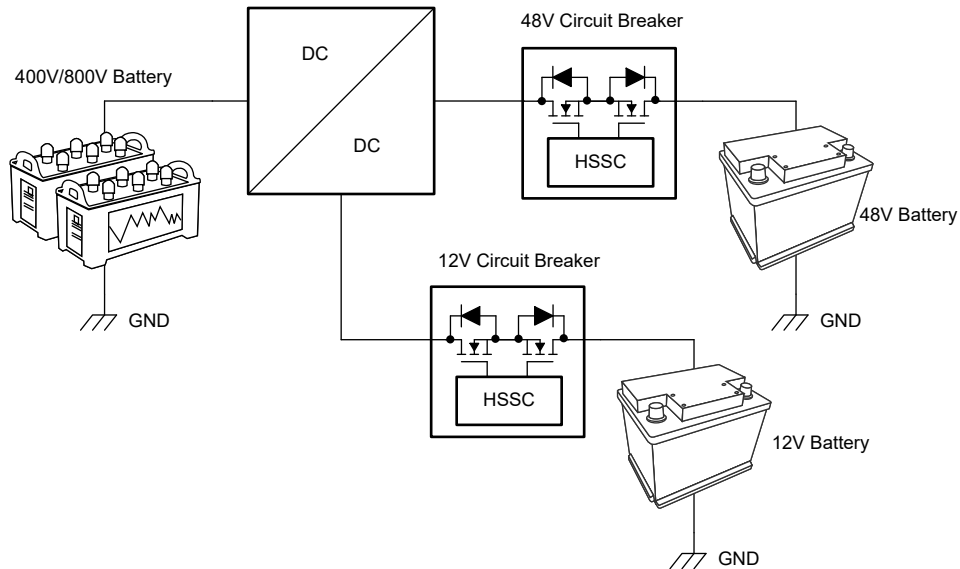


图 3. 高侧开关控制器应用：直流/直流转换器

TPS12S24F-Q1 专为此环境而设计。该器件支持背对背 FET 配置，从而实现双向保护。此外，TPS12S24F-Q1 还可提供双向电流监测。对于故障可能源自开关任意一侧的任何系统而言，这些功能至关重要。您可以借助 SPI 接口轻松获取这些故障数据。该器件可提供转换器周围电气环境的完整视图，以便了解并响应故障。在低功耗模式下，如果静态电流低于 $25\mu\text{A}$ ，该器件不仅可以提供保护效果，而且不会消耗过多功率。最后，由于这类应用通常有严格的功能安全要求，TPS12S24F-Q1 符合 ASIL-B 标准，可提升其所设计系统的安全等级。

TPS12S24F-Q1 的独特之处在于其能完全满足应用需求。双向保护和监控，以及深度诊断和故障可见性，让每一项功能都无比重要。这些功能结合后，共同为设计人员提供了基本解决方案无法匹配的控制水平和洞察力。

对于需要更简单断开和断路器的应用，TPS1210-Q1、TPS4810-Q1、TPS4816-Q1 和 TPS1212-Q1 也提供了基于 GPIO 的强大替代方案。这些器件以更基础的方式实现了相同的功能集，例如双向电流监测和低功耗模式，并且支持 12V 和 48V 系统。

结语

在过去十年中，人们对电源开关的期望已显著提高，而 TPS12S24F-Q1 完全能够满足这些预期。无论是在 12V 和 48V 系统，还是传统与先进架构中，该器件都能提供现代汽车应用所需的智能程度、安全性和可配置性。因此，TPS12S24F-Q1 是 TI 的旗舰级高侧开关控制器。

TI 的产品系列以 TPS12S24F-Q1 作为最高端型号，可针对各种复杂程度提供完整的设计方案。在 TPS12S24F-Q1 的完整功能集远超设计要求的应用中，TI 基于 GPIO 的器件 TPS12xx-Q1 和 TPS48xx-Q1 系列可提供功能强大且具成本效益的替代方案，并以更基础的方式实现相同的核心功能。无论应用需求如何，TI 都能体能够满足您需求的设计方案。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月