

Design Guide: TIDA-020079

区域参考设计



说明

该参考设计演示了下一代区域控制模块的主要功能，包括配电、负载驱动和车载网络。该设计的亮点包括符合功能安全标准的 PMIC 和微控制器 (MCU) 设计、具有理想二极管控制器的冗余电源管理以及用于安全配电的智能电子保险丝。该设计还具有区域控制模块中预期的负载驱动的各种选项，例如高侧驱动器、电机驱动器、可配置驱动器和 D 类音频放大器。该区域参考设计展示了各种通信协议（如以太网、CAN 和 LIN），并推动了汽车网络技术的新兴趋势，例如以太网 AVB、10BASE-T1S 和 CAN FD Light。

资源

TIDA-020079	设计文件夹
AM263P4-Q1、DP83TG721S-Q1	产品文件夹
TPS653860-Q1、TPS2HCS10-Q1	产品文件夹
DRV8245S-Q1、TIC12400-Q1	产品文件夹

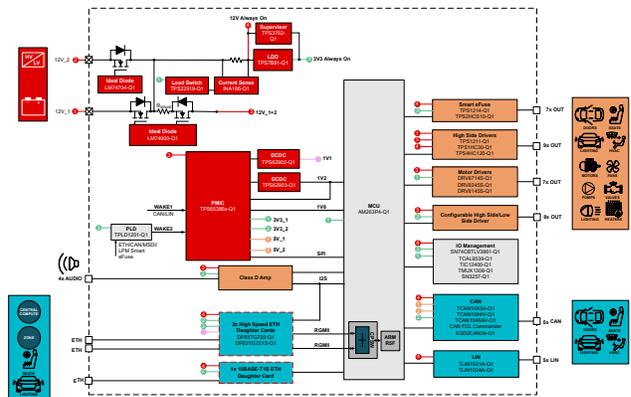
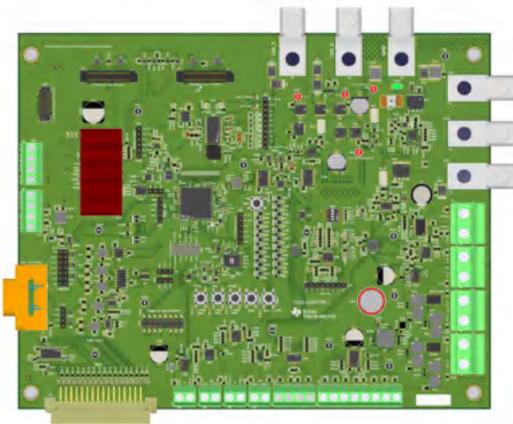


特性

- 具有集成以太网交换机的 MCU，可通过实现以下硬件协议来优化以太网环形拓扑：
 - 802.1Qav、802.1Qbv、802.1cb（部分）、1588 TE 和 802.1Q ALE
- 带有以太网 PHY 硬件时间戳和集成媒体时钟调整的 AVB 以太网音频支持
- 具有系统跛行回家模式 (LHM) 功能的 ASIL D 级 MCU 和 PMIC
- 具有从以太网、CAN、LIN、智能电子保险丝和 MSDI 非板载开关输入唤醒的低功耗模式
- 优化的微控制器 GPIO：
 - 智能电子保险丝和电机驱动器的 SPI 菊花链
 - SPI 和 I2C IO 扩展器

应用

- [区域控制模块](#)



1 系统说明

汽车 OEM 正朝着基于区域的架构发展，其中控制模块基于车辆内的位置，并且软件集中化。这可实现无线更新、更轻松收集车辆数据、节省设计和制造成本以及开辟新的潜在收入来源。有关更多信息，请参阅[软件定义车辆加速推进汽车电子技术的未来发展](#)和[区域架构如何为完全由软件定义的车辆铺平道路](#)应用简报。该参考设计展示了区域控制模块内的各种子系统，例如输入电源保护和分配、负载驱动器、通信和 IO 管理。

该设计采用冗余 12V 输入，这些输入与理想二极管控制器进行或运算，以生成一个 12V 常开电源轨和另一个用于负载断开的 12V 电源轨。12V 常开电源轨用于为 PMIC、MCU、智能电子保险丝、CAN、LIN、ETH 和常开 3.3V LDO 供电。12V 负载断开电源轨为不需要常开运行的负载驱动器（如高侧开关、电机驱动器和 D 类音频放大器）供电。此外，该设计还展示了具有可配置过流保护和可编程熔断器曲线的智能电子保险丝，可针对任何负载曲线优化线束，并提供全面保护。

该区域参考设计展示了在典型区域控制模块中常见的多种类型的负载驱动器，包括高侧驱动器、电机驱动器以及可配置的高侧或低侧驱动器，用于驱动各种执行器，例如电机、风扇、泵、阀门、照明和加热元件。该设计展示了具有高精度电流检测和输出诊断功能的高侧开关和控制器，例如过载和短路保护、欠压锁定 (UVLO) 保护、热关断恢复、接地损耗保护和电池反向保护。TI 的电机驱动器提供电压监测和负载诊断以及过流和过热保护。此外，该设计还采用 D 类音频放大器来演示区域音频。

在区域架构中可以使用各种类型的网络协议，并且该设计通过提供 1000BASE-T1、100BASE-T1、10BASE-T1S、CAN FD、CAN FD Light 和 LIN 来提供多功能性。该电路板具有两个连接器，带有 RGMII 以及高速以太网所需的额外 IO，用以支持以太网环形拓扑和以太网 AVB。这些连接器允许连接子卡以测试各种 PHY。有一个用于 10BASE-T1S 卡的附加子卡连接器。该设计具有三个 CAN FD 收发器，可提供四个端口，并可选择 2 个 UART over CAN。该设计还具有一个 CAN FD Light 控制器，数据速率为 5Mbps。最后，该设计具有两个 LIN 收发器，总共 5 个端口。

转向区域架构会增加单个电路板上的负载驱动器数量，因此需要更多的 GPIO。该设计使用 I2C 和 SPI IO 扩展器和多路复用器来提供额外的 IO。该电路板还提供一个 24 引脚多开关检测接口 (MSDI)，用于在 MCU 断电时进行自主输入和输出监控。最后，该电路板利用可编程逻辑器件将逻辑功能集成到单个封装中，从而减少整体逻辑占用空间。

2 系统概述

有关该参考设计的大量详细信息，包括原理图、BOM、Altium 文件、测试数据等，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

2.1 方框图

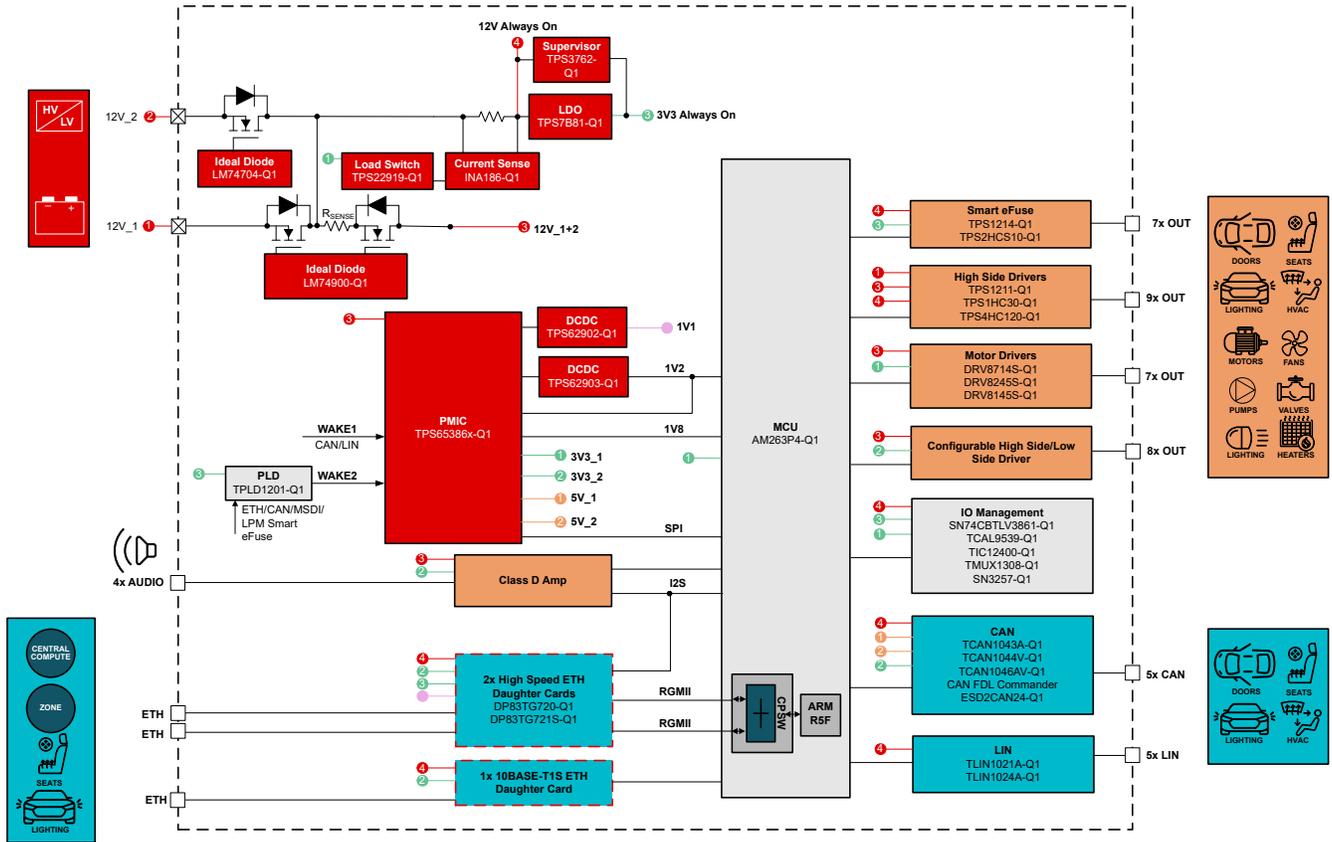


图 2-1. TIDA-020079 方框图

2.2 设计注意事项

2.2.1 冗余输入电源

该设计采用两个适用于冗余 12V 输入的理想二极管：[LM74704-Q1](#) 和 [LM74900-Q1](#)。[LM74704-Q1](#) 驱动外部 N 沟道 MOSFET 以调节正向压降，并在检测到反向电流事件时关断 MOSFET。[LM74900-Q1](#) 的行为类似，但驱动的是背对背 N 沟道 MOSFET 以模拟理想二极管整流器，并具有集成电流检测功能。第一个 MOSFET 提供反向输入保护和输出电压保持，第二个 MOSFET 允许在发生过流或过压事件时断开负载。在我们的系统中，由 [LM74704-Q1](#) 驱动的 N 沟道 MOSFET 的漏极连接到由 [LM74900-Q1](#) 驱动的第一个 N 沟道 MOSFET 的漏极，以生成 12V 常开电源轨。[LM74900-Q1](#) 的第二个 MOSFET 为负载驱动器提供电源，以便在发生过流或过压时断开负载，并在低功耗状态期间断开电源以降低静态电流。

2.2.2 以太网环形拓扑

[AM263P4-Q1](#) 具有集成的 3 端口千兆位以太网交换机（通用平台交换机，CPSW），支持 2 个外部端口，从而实现了以太网环形拓扑。CPSW 在硬件中支持多种功能和协议，以减轻计算资源的负载，实现冗余数据包复制、环形终端和数据包转发。

2.2.3 音频视频桥接 (AVB)

除了以太网环形拓扑之外，区域参考设计还支持以太网音频视频桥接 (AVB) 协议，可通过 [AM263P4-Q1](#)、[DP83TG721S-Q1](#) 和本地 D 类放大器的组合来播放本地音频。[AM263P4-Q1](#) 通过硬件（集成在 CPSW 交换机和可编程实时单元中）和软件的组合支持以太网 AVB 协议，以播放本地数字音频。[DP83TG721S-Q1](#) PHY 实现

IEEE1588v2、802.1AS 时间同步和 IEEE1722 媒体时钟生成功能，可调整本地媒体时钟并将所有必要的音频时钟（包括串行时钟 (SCLK) 和帧同步 (FSYNC) 时钟）输出到 AM263P4-Q1 和 D 类放大器。

AM263P4-Q1 集成 CPSW 以太网交换机支持 AVB 协议，例如 802.1Qav、802.1Qbv 和 IEEE1588 时间戳。此外，可编程实时单元能够支持 Inter-Integrated Circuit Sound (I2S) 来传输本地数字音频数据。通过实现 DP83TG721S-Q1 以太网 PHY，以太网 AVB 硬件物料清单得到简化，去除了额外的时钟发生器或锁相环。

2.2.4 低功耗模式和唤醒

低功耗模式通过限制或关闭非必要功能来降低能耗，从而延长车辆的行驶里程。该设计通过以下方法展示低功耗模式：关闭连接到 LM74900-Q1 输出端的非必要负载驱动器，只有连接到 12V 和 3.3V 常开电源轨（即 PMIC、智能电子保险丝、MSDI、CAN、LIN、ETH）的器件才能接收电源。该设计允许从以太网、CAN、LIN、智能电子保险丝和 MSDI 激活唤醒。要唤醒系统，必须在以太网、CAN 和 LIN 的通信总线上检测到数据包，并且智能电子保险丝上的负载电流增加，或者 MSDI 检测到非板载开关输入。TPS65386x-Q1 PMIC 有两个额定电压高达 40V 的唤醒引脚。图 2-2 显示了 CAN 和 LIN INH 引脚连接在一起，用于将 12V 唤醒信号发送到 WAKE1，而 TPLD1201-Q1 用于聚合发送到 WAKE2 的 3.3V 唤醒信号。

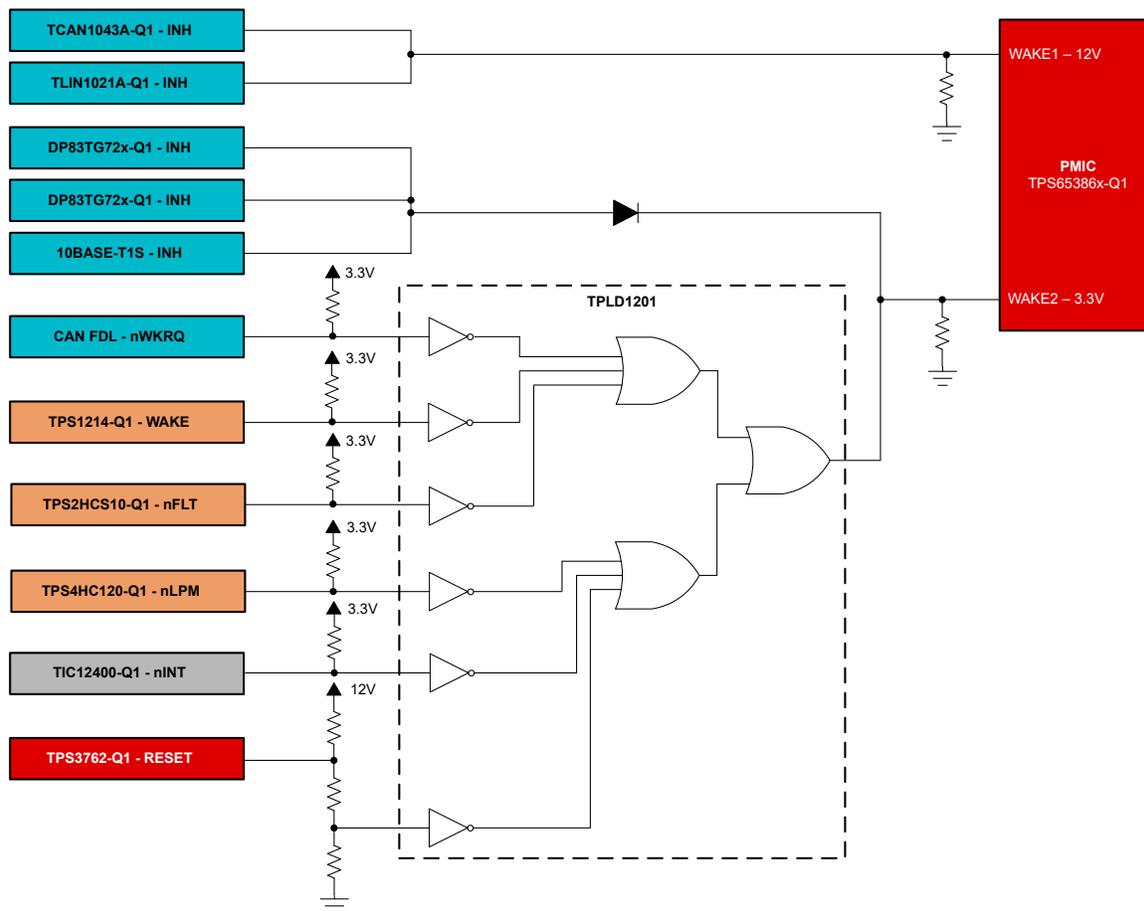


图 2-2. 唤醒图

2.2.5 跛行回家模式

跛行回家模式 (LHM) 是车辆中的一种安全功能，用于在检测到严重故障时维持基本功能。该设计使用 PMIC 来检测安全问题并将系统置于 LHM 中，使输出处于所需的安全状态。PMIC 具有两个 SAFE_OUT 输出，可针对所需的安全条件进行配置。这些输出可以连接到智能电子保险丝的 LHI 引脚，以告诉智能电子保险丝进入 LHM 并进入所需的安全状态 (可配置为 ON 或 OFF)。此外，智能电子保险丝可以检测 SPI 看门狗超时错误 (即 SPI 通信错误)，如果 V_{DD} 丢失，器件会发出故障信号，因为没有 V_{DD} 时不支持 SPI。

2.2.6 SPI 菊花链

该设计展示了通过使用单个 SPI 端口连接多个智能电子保险丝或电机驱动器，实现单独的智能电子保险丝和电机驱动 SPI 菊花链。这些器件可以配置为允许将链中的所有器件的单个芯片选择引脚连接在一起，从而仅使用 5 个引脚 (4 个 SPI, 1 个 FAULT) 即可实现控制和诊断反馈。SPI 菊花链可节省 GPIO 和 ADC 引脚的系统级空间。有关更多信息 (包括测试结果)，请参阅 [使用 SPI 电子保险丝开关减少系统物料清单和 MCU 引脚要求](#) 应用简报。

2.3 主要产品

2.3.1 AM263P4-Q1

AM263P4-Q1 器件是一款四核 Arm Cortex-R5F MCU，最高频率可达 400MHz，并且具有实时控制和可扩展内存。集成的以太网交换机使该 MCU 非常适合使用 MII、RMII 或 RGMII 的以太网环形拓扑。AM263P4 面向使用高级模拟检测和数字驱动模块的未来电机控制而设计。该器件还具有硬件安全管理器 (HSM)，可实现严格的安全架构。

2.3.2 DP83TG721S-Q1

DP83TG721S-Q1 是一款具有 TC-10、802.1AS、高级 TSN 和 AVB 特性的汽车级 1000BASE-T1 以太网 PHY。此器件提供发送和接收数据所需的所有物理层功能，并可灵活支持 RGMII 和 SGMII MAC 接口。DP83TG721S-Q1 支持 OA TC10 低功耗睡眠功能 (具有唤醒转发功能)，可在无需通信时降低系统功耗。该 PHY 集成了 IEEE 1722 CRF 解码，可为 I2S 和 TDM8 生成媒体时钟、FSYNC 和 SCLK，从而使器件成为 AVB 应用的理想选择。

2.3.3 TPS653860-Q1

TPS653860-Q1 是一款汽车级电源管理 IC (PMIC)，适用于微控制器、传感器、收发器和外设的安全相关应用。该器件在开发时考虑了功能安全，系统功能和硬件完整性达到 ASIL D 级。该 PMIC 的额定电压为 2.3V 至 36V，额定电流为 2.8A，并具有一个同步降压/升压前置稳压器、四个 LDO 和两个用于传感器或外设电源的额外受保护 LDO。

2.3.4 TPS2HCS10-Q1

TPS2HCS10-Q1 是一款具有 I²T 导线保护、低 I_Q 模式和 SPI 的汽车级双通道 10mΩ 智能高侧开关。该器件支持 SPI 可配置电容充电模式，适用于配电开关应用中的 ECU 负载。该智能地址保险丝还集成了可编程熔断器曲线，可在持续过载条件下关闭开关，以减少 MCU 的开销。

2.3.5 DRV8245S-Q1

DRV8245S-Q1 是一款适用于汽车应用的 SPI 控制型完全集成式 H 桥驱动器。该器件可配置为单路全桥驱动器或两个独立的半桥驱动器。DRV8245S-Q1 集成了 N 沟道 H 桥、电荷泵稳压器、高侧电流检测和调节、电流比例输出以及保护电路。该器件具有电压监测、负载诊断以及过流和过热保护功能。

2.3.6 TIC12400-Q1

TIC12400-Q1 是一款先进的多开关检测接口 (MSDI)，用于检测汽车系统中的外部开关状态。该器件配有集成的 10 位 ADC，用于对多位模拟开关进行监控，并采用比较器以独立于 MCU 的方式对 24 位数字开关进行监控。TIC12400-Q1 支持所有开关输入的唤醒操作，以允许 MCU 关断，并且可以进入轮询模式，定期对低功耗模式应用的输入状态进行采样。

3 设计和文档支持

3.1 设计文件

有关该参考设计的大量详细信息，包括原理图、完整 BOM 和 Altium 文件，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

3.1.1 原理图

有关该参考设计的大量详细信息，包括原理图、完整 BOM 和 Altium 文件，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

3.1.2 BOM

有关该参考设计的大量详细信息，包括原理图、完整 BOM 和 Altium 文件，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

3.2 工具与软件

工具

[SYSCONFIG](#)

系统配置工具

软件

[AM263P4-Q1 SDK](#)

适用于 Sitara 微控制器的 AM263Px 软件开发套件 (SDK)

3.3 文档支持

- 德州仪器 (TI), [软件定义车辆加速推进汽车电子技术的未来发展营销白皮书](#)
- 德州仪器 (TI), [区域架构如何为完全由软件定义的车辆铺平道路营销白皮书](#)
- 德州仪器 (TI), [区域架构和以太网赋能汽车的未来技术文章](#)
- 德州仪器 (TI), [DP83TC812-Q1-TC10 系统时序管理应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [区域架构和 MCU I/O 扩展应用简报](#)
- 德州仪器 (TI), [在汽车区域模块中使用理想二极管的优先级电源多路复用器应用简报](#)
- 德州仪器 (TI), [借助 SPI 电子保险丝开关缩减系统物料清单并降低 MCU 引脚要求应用简报](#)
- 德州仪器 (TI), [AM263Px 具有可选封装内闪存的 Sitara™ 微控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [DP83TG721x-Q1 具有高级 TSN 和 AVB 的 1000BASE-T1 汽车以太网 PHY 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS653860/61-Q1 适用于安全相关应用的电源管理 IC 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS1214-Q1 具有低功耗模式、负载唤醒、I²t 和诊断功能的低 I_Q 汽车级高侧开关控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS2HCS10-Q1 具有低静态电流导通模式和集成 I²t 导线保护的 11mΩ 汽车类双通道、SPI 控制型高侧开关数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [DRV8245-Q1 具有集成电流检测和诊断功能的汽车级 H 桥驱动器数据表。](#)
- 德州仪器 (TI), [TIC12400-Q1 适用于汽车系统，具有集成式 ADC 和可调湿性电流的 24 路输入多开关检测接口 \(MSDI\) 数据表](#)

3.4 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、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，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](#)。

3.5 商标

E2E™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

4 作者简介

DONOVAN PORTER 是汽车车身电子装置和照明部门的总经理。他拥有德州理工大学的电子工程学士学位。

MADISON EAKER 是汽车专区控制器的系统经理。她拥有范德比尔特大学的电子工程学士学位。

DAVID MARTINEZ 是一名汽车系统工程师，专注于配电盒、嵌入式系统以及区域和车身域控制器。他拥有德州农工大学的电子工程学士学位。

KATE HAWKINS 是一名汽车系统工程师，专注于车辆网络以及区域和车身域控制器。她拥有普渡大学的电子工程学士学位。

MIGUEL ROBERTSON 是一名汽车系统工程师，专注于电源开关以及区域和车身域控制器。他拥有罗斯-霍曼理工学院的电子工程学士学位。

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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司