

# 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

<a href="#">TIDA-020079</a>	设计文件夹
<a href="#">AM263P4-Q1、DP83TG721S-Q1</a>	产品文件夹
<a href="#">TPS653860-Q1、TPS2HCS10-Q1</a>	产品文件夹
<a href="#">DRV8245S-Q1、TIC12400-Q1</a>	产品文件夹

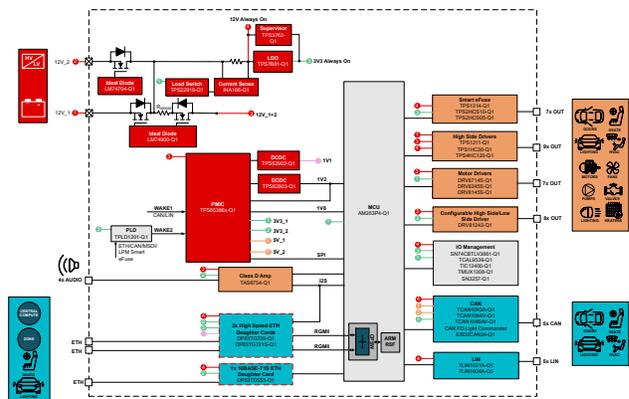
请咨询 TI E2E™ 支持专家

### 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

### 2.1 方框图

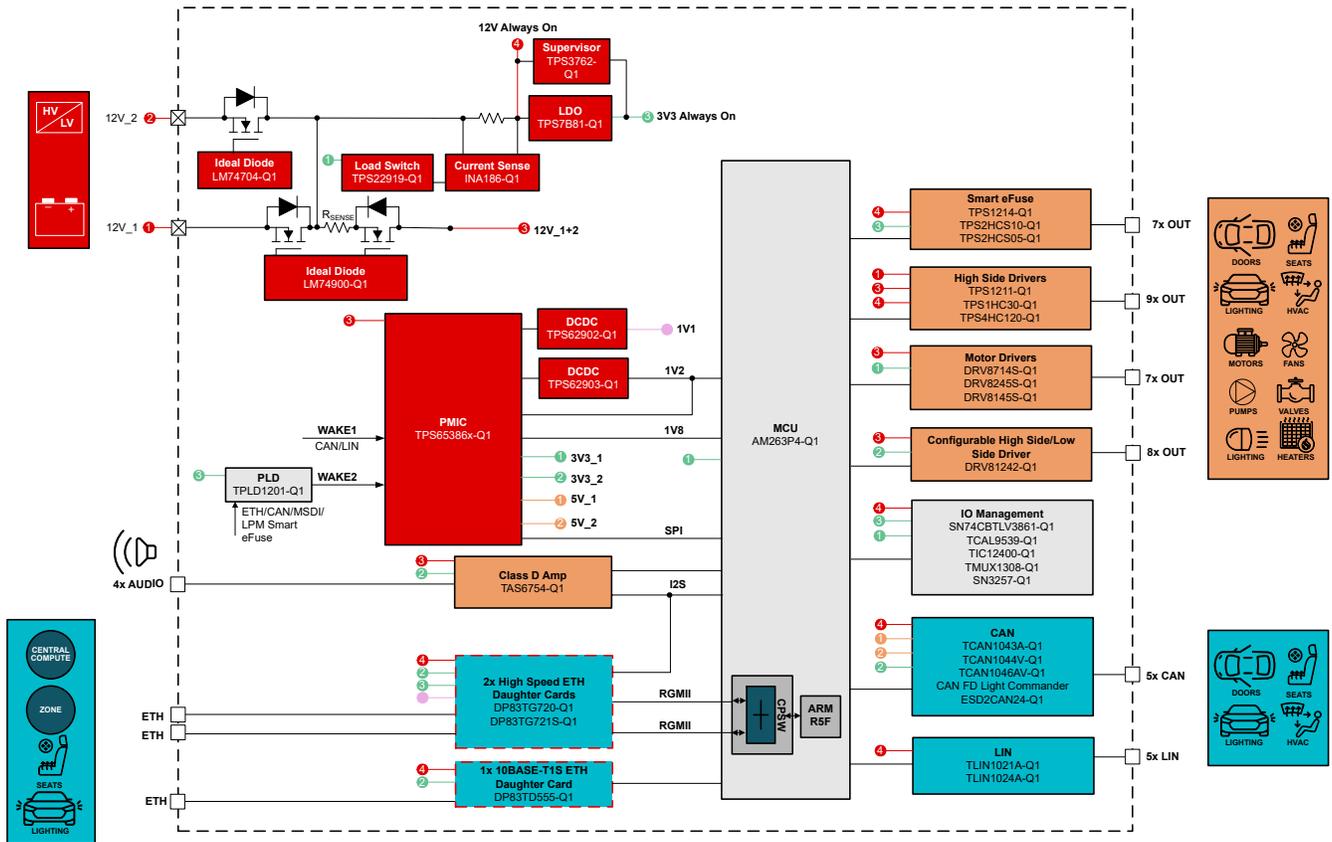


图 2-1. TIDA-020079 方框图

## 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 输入的理想二极管控制器：[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。在该系统中，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。

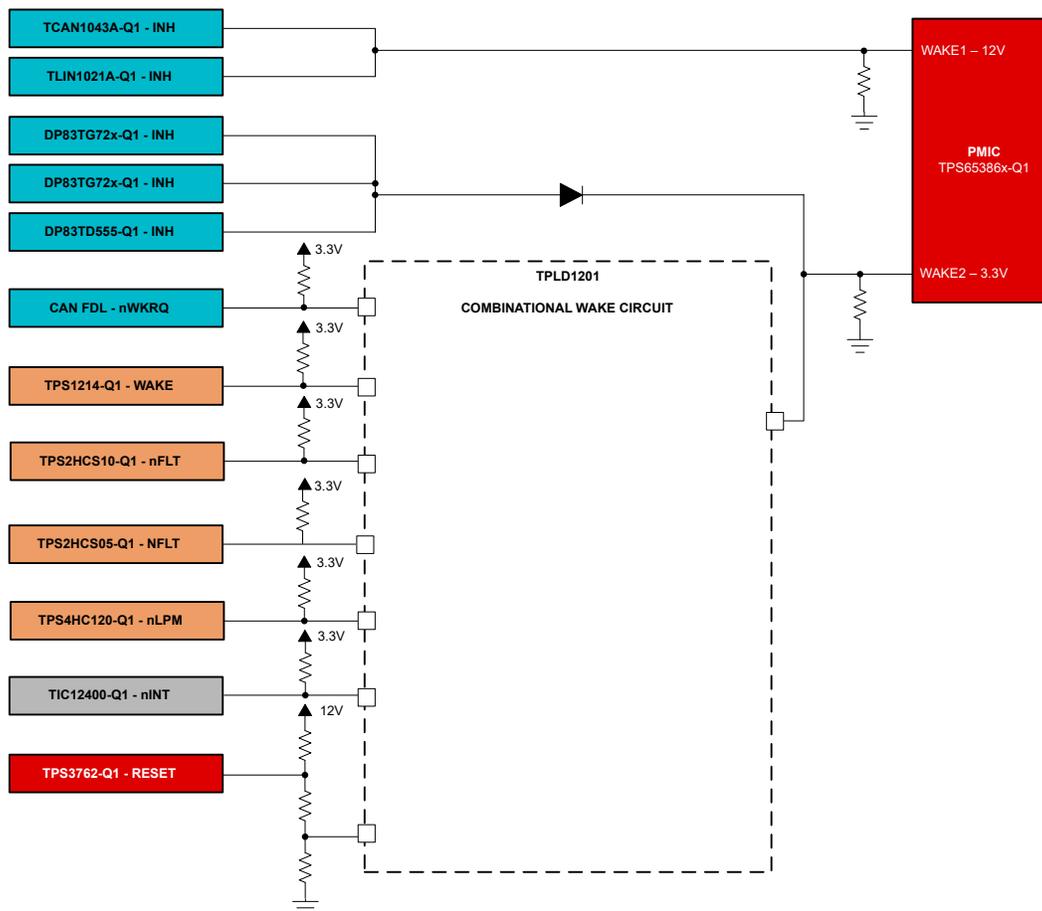


图 2-2. 唤醒图

图 2-3 详细示出了 TPLD1201-Q1 中刷入的唤醒电路。大多数引脚在系统睡眠期间均为低电平有效，因此如果在任何引脚上观察到信号低电平，则 wake 2 会被置为高电平，从而唤醒 PMIC。

TPSxHCSxx-Q1 系列确实需要额外的逻辑，因为唤醒信号仅针对 100  $\mu$ s 激活，这短于 PMIC 的唤醒抗尖峰脉冲时间。为了克服这一挑战，TPSxHCSxx-Q1 唤醒引脚使用 D 型触发器锁存 3ms，使 PMIC 能够查看 TPSxHCSxx-Q1 唤醒事件。

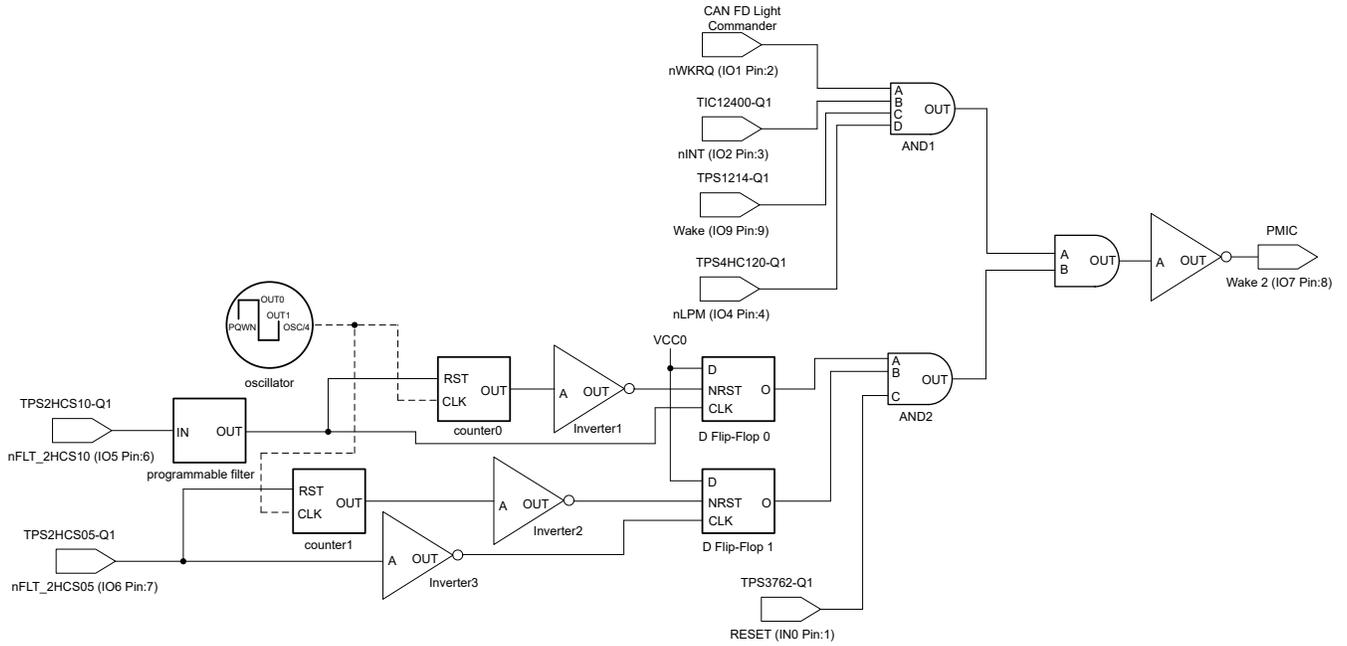


图 2-3. TPLD 唤醒逻辑

### 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。

### 2.2.7 重置聚合

为了执行系统复位，设计中有两个开关。SW2 用于上电复位 (POR)，SW4 用于 MCU 的热复位。

图 2-4 详细说明了用于确定必须复位哪些器件的逻辑电路。

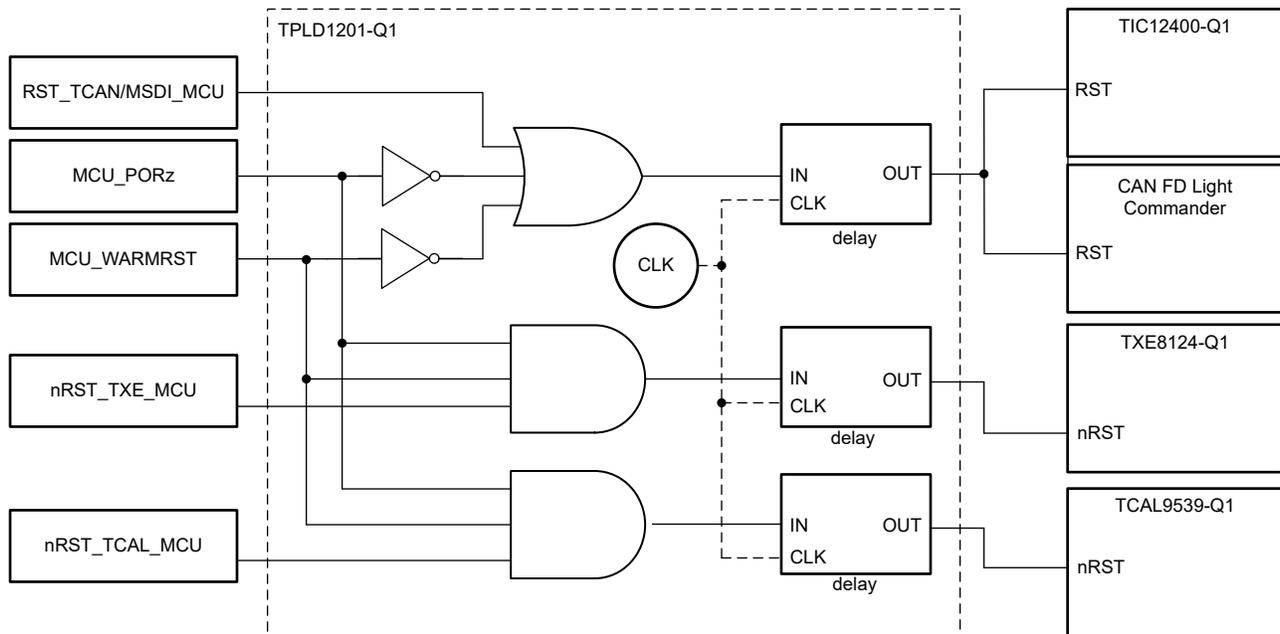


图 2-4. TPLD1201-Q1 复位电路

## 2.3 重点产品

### 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 DP83TD555J-Q1

**DP83TD555J-Q1** 是一款符合 IEEE802.3cg 10BASET1S 和 Open Alliance (OA) TC10、TC14 标准的串行外设接口 (SPI) MAC-PHY 以太网收发器。该器件支持通过非屏蔽双绞线电缆进行 10Mbps 多点或点对点半双工通信，具有扩展共模电压容差。该器件使用 OA SPI 与主机控制器或交换机进行通信。DP83TD555J-Q1 集成了 IEEE802.3 介质访问控制器 (MAC)，让带 SPI 的微控制器可使用 10BASE-T1S 总线无缝连接到以太网网络。DP83TD555J-Q1 包含 TC10 唤醒和睡眠功能，可实现高效的系统级功耗。

### 2.3.4 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。

### 2.3.5 TPS2HCS10-Q1

**TPS2HCS10-Q1** 是一款具有 I<sup>2</sup>T 导线保护、低 I<sub>Q</sub> 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。

### 2.3.6 TPS2HCS05-Q1

**TPS2HCS05-Q1** 器件是一款通过串行外设接口 (SPI) 控制的双通道智能高侧开关，适用于配电和执行器驱动应用。该器件集成了强大的保护功能，可在短路或过载情况下提供输出线路和负载保护。该器件具有可通过 SPI 配置的过流保护功能，以及足够的灵活性，可支持需要大浪涌电流的负载并提供改进的保护。此外，该器件还集成了可编程熔断器曲线 (电流与时间的关系)，可在持续过载条件下关闭开关。这两个特性相互配合，可针对任何负载曲线优化线束，并提供全面保护。

### 2.3.7 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。

### 2.3.8 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。

### 2.3.9 LM74900-Q1

**LM74900-Q1** 理想二极管控制器可驱动和控制外部背对背 N 沟道 MOSFET，从而仿真具有电源路径开/关控制及过流和过压保护功能的理想二极管整流器。在电源路径中使用了第二个 MOSFET 的情况下，该器件允许在发生过流和过压事件时使用 HGATE 控制将负载断开（开/关控制）。

### 2.3.10 LM74703-Q1

**LM74703-Q1** 是一款符合汽车 AEC Q100 标准的理想二极管控制器，与外部 N 沟道 MOSFET 配合工作，可作为理想二极管整流器利用 20mV 正向压降实现低损耗反极性保护。

### 2.3.11 INA186-Q1

**INA186-Q1** 是一款汽车类、低功耗电压输出电流检测放大器（也被称为电流分流监控器）。此器件常用于监控直接连接到汽车类 12V 电池的系统。INA186-Q1 可在独立于电源电压的  $-0.2V$  至  $+40V$  的共模电压下感测分流器上的压降。此外，输入引脚还具有 42V 的绝对最大电压。

### 2.3.12 TPS7B81-Q1

**TPS7B81-Q1** 是一款低压降 (LDO) 线性稳压器，专为高达 40V 的  $V_{IN}$  应用而设计。此器件在轻负载下的典型静态电流仅为  $2.7\mu A$ ，是为备用系统中微控制器和控制器局域网和本地互连网络 (CAN/LIN) 收发器供电的出色设计。这些器件具有集成的短路和过流保护功能。

### 2.3.13 TPS3762-Q1

**TPS3762-Q1** 是一款具有  $4\mu A$   $I_{DD}$ 、0.9% 精度、快速检测时间 ( $5\mu s$ ) 和内置自检功能的 65V 输入电压监控器。该器件可直接连接到 12V、24V 汽车电池系统，用于持续监测过压 (OV) 和欠压 (UV) 条件；由于使用内部电阻分压器，TPS3762-Q1 的总体尺寸非常小。支持宽迟滞电压选项，可忽略较大的电压瞬变并防止出现错误的复位信号。

### 2.3.14 TPS62903-Q1

**TPS62903-Q1** 是一款高效、小巧、灵活且易用的同步直流/直流降压转换器。2.5MHz 或 1.0MHz 的可选开关频率支持使用小型电感器，并提供快速瞬态响应。该器件在整个运行温度范围内支持  $\pm 1.5\%$  的高  $V_{OUT}$  精度，并通过 DCS-Control 拓扑提高负载瞬态性能。3V 至 18V 的输入电压范围支持多种标称输入，例如 12V 电源轨、单节或多节锂离子电池以及 5V 或 3.3V 电源轨。

### 2.3.15 TPS62902-Q1

**TPS62902-Q1** 是一款高效、小巧、灵活且易用的同步直流/直流降压转换器。2.5MHz 或 1.0MHz 的可选开关频率支持使用小型电感器，并提供快速瞬态响应。该器件在整个运行温度范围内支持  $\pm 1.5\%$  的高 VOUT 精度，并通过 DCS-Control 拓扑提高负载瞬态性能。3V 至 18V 的输入电压范围支持多种标称输入，例如 12V 电源轨、单节或多节锂离子电池以及 5V 或 3.3V 电源轨。

### 2.3.16 TPS7B4256-Q1

**TPS7B4256-Q1** 是一款单片集成低压降 (LDO) 电压跟踪器。该器件采用 8 引脚 SOIC 和 HSOIC 封装。TPS7B4256-Q1 旨在为汽车环境中的非板载传感器供电。由于提供非板载电源的电缆发生故障的风险较高，因此器件配备了集成保护功能，可应对电池短路、反极性、输出至地短路（电流限制）和过热（热关断）等故障情况。该器件采用背对背 PMOS 拓扑，无需使用外部二极管，即可帮助防止出现导致反向电流的故障情况。该器件可承受 45V（绝对最大值）输入电压，并能经受住汽车负载突降瞬态条件的考验。

### 2.3.17 TPS1211-Q1

**TPS1211-Q1** 是一款具有保护和诊断功能的 45V 智能高侧驱动器。该器件具有强大的 3.7A 峰值拉电流 (PU) 和 4A 峰值灌电流 (PD) 栅极驱动器，可在大电流系统设计中使用时使用并联 FET 进行电源开关。将 INP 用作栅极驱动器控制输入。该器件具有精确的电流检测（在 30mV 下精度为  $\pm 2\%$ ）输出 (IMON)，可用于能源管理的系统设计。该器件集成了具有 FLT\_I 输出的两级过流保护，具有完全可调的阈值和响应时间。可以配置自动重试和锁存故障行为。该器件具有远程过热保护，具有 FLT\_T 输出。TPS1211-Q1 将预充电驱动器 (G) 与控制输入 (INP\_G) 集成。此功能支持必须驱动大容性负载的设计。在关断模式下 (EN/UVLO < 0.3V)，控制器的总关断电流为 0.9 $\mu$ A（典型值）。

### 2.3.18 TPS1HC30-Q1

**TPS1HC30-Q1** 器件是一款具有全方位保护的高侧电源开关，它集成有 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专用于对各类负载进行智能控制。该器件凭借着精确的电流检测和可编程电流限制特性在市场上脱颖而出。

### 2.3.19 TPS4HC120-Q1

**TPS4HC120-Q1** 是一款汽车级四通道智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为满足 12V 汽车电池系统的要求而设计。低 RON (120m $\Omega$ ) 可更大限度地降低器件在驱动各种输出负载时的功率耗散，在启用全部四个通道时，电流高达 2A；在仅启用一个通道时，电流为 2.5A。该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。这些功能可在发生故障（如短路）时提高系统的稳健性。TPS4HC120-Q1 采用可选电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。该器件可根据 ILIM 引脚上使用的外部电阻器提供 10 种电流限制设置 (0.25A 至 5A)。该器件还可提供精确的负载电流检测，以提高负载诊断功能（如过载和开路负载检测），从而更好地进行预测性维护。

### 2.3.20 TPS2HC08-Q1

**TPS2HC08-Q1** 是一款双通道智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为满足 12V 汽车电池系统的要求而设计。低 RON (9.4m $\Omega$ ) 可更大限度地降低器件在驱动各种输出负载时的功率耗散，在同时启用两个通道时，电流高达 7.5A DC；在仅启用一个通道时，电流为 10A DC。该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。TPS2HC08-Q1 采用可调电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。

### 2.3.21 TPS1HC04-Q1

**TPS1HC04-Q1** 是一款单通道智能高侧开关，具有集成的 NMOS 功率 FET 和电荷泵，专为 12V 汽车电池系统而设计。驱动高达 15A DC 的宽输出负载电流范围，低导通电阻 (4.9mΩ) 可最大程度地降低器件功耗。该器件集成了多种保护功能，如热关断、输出钳位和电流限制。**TPS1HC04-Q1** 采用可调电流限制电路，可通过减小驱动大容性负载时的浪涌电流并尽可能降低过载电流来提高系统的可靠性。可调电流限值可以使用 **ILIM** 引脚上的外部电阻器在 (15A 至 45A) 范围内进行调节。该器件在启动时针对容性负载提供热调节电流限制，并针对电机浪涌或灯泡应用提供非稳压电流限制

### 2.3.22 DRV8714S-Q1

**DRV871x-Q1** 系列器件是适用于驱动多个电机或负载的高度集成多通道栅极驱动器。该器件集成了 4 个 (**DRV8714-Q1**) 或 8 个 (**DRV8718-Q1**) 半桥栅极驱动器、驱动器电源、电流分流放大器和保护监测器，可降低系统的总体复杂性和成本并减小尺寸。智能栅极驱动架构可管理死区时间以防止击穿、控制压摆率以降低电磁干扰 (EMI) 并优化传播延迟以提升性能。提供的输入模式可实现独立的半桥或 H 桥控制。可在不同驱动器之间多路复用四个 PWM 输入，并提供 SPI 控制。

### 2.3.23 DRV8145S-Q1

**DRV814x-Q1** 器件系列是完全集成式半桥驱动器，可广泛应用于汽车领域。这种采用 BiCMOS 大功率工艺技术节点设计的单片功率封装器件系统提供了出色的电源处理能力和热性能，不仅封装尺寸小巧、易于布局，还可提供 EMI 控制、精确的电流检测和诊断功能，稳健性较高。该系列提供相同的引脚功能和可扩展的  $R_{ON}$  (电流能力)，可支持不同的负载。

### 2.3.24 DRV81602-Q1

**DRV81602-Q1** 是一款具有保护和诊断功能的 8 通道低侧和高侧驱动器。该器件为控制继电器、LED、灯具和电机而设计。具有菊花链的串行外设接口 (SPI) 用于控制和诊断负载及器件。两个带有映射功能的输入引脚可对输出进行直接控制。该器件支持使用跛行回家功能激活失效防护。集成式 PWM 发生器可驱动 LED，而灯泡浪涌模式可驱动大电容负载。每个输出上的钳位电路会在关闭电感负载期间耗散能量。该器件支持各种保护特性，例如欠压、过压、短路和开路负载检测。**DRV81602-Q1** 具有高度集成以及嵌入式保护和诊断功能，因此非常适合汽车车身和动力总成应用。

### 2.3.25 TPS1214-Q1

**TPS1214-Q1** 是一款具有保护和诊断功能的低 IQ 智能高侧驱动器。它有两个集成栅极驱动器，分别具有 0.5A 拉电流和 2A 灌电流 (GATE) 以及 100 μA 拉电流和 0.39A 灌电流 (G)。当 LPM 为低电平时，低功耗路径保持导通，而主 FET 以 20μA (典型值) 的  $I_Q$  被关断。使用放置在 **CS2+** 和 **CS2-** 之间的 **RBYPASS** 电阻器调整自动负载唤醒阈值。在 **EN/UVLO** 处于低电平时，IQ 降至 1 μA (典型值)。该器件具有精确的电流检测 ( $\pm 2\%$ ) 输出 (**IMON**)，具有使用外部 **RSNS** 电阻器和 **FLT** 指示的基于  $I_2t$  的可调过流和短路保护。可以配置自动重试和锁存故障行为。该器件还具有基于 NTC 的温度检测 (**TMP**) 和用于外部 FET 过热检测的监控输出 (**ITMPO**) 输出。

### 2.3.26 TCAN1043A-Q1

**TCAN1043A-Q1** 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器, 符合 ISO 11898-2:2016 高速 CAN 规范的物理层要求。该器件支持传统 CAN 和 CAN FD, 数据速率高达 8 兆位/秒 (Mbps) (TCAN1043A-Q1) 或 5Mbps (TCAN1043AT-Q1)。TCAN1043A-Q1 可通过 INH 输出引脚选择性地启用系统上可能存在的各种电源, 从而减少整个系统级别的电池电流消耗。这使得在低电流睡眠模式中, 功率传送到除 TCAN1043A-Q1 以外的所有系统元件, 同时对 CAN 总线进行监控。检测到唤醒事件时, TCAN1043A-Q1 通过将 INH 驱动至高电平来启动系统。TCAN1043A-Q1 具有一个 SWE 计时器, 可在无操作 4 分钟 ( $t_{\text{INACTIVE}}$ ) 后, 从待机模式安全转换为睡眠模式。如果 MCU 出现故障, 无法将器件转换为正常模式, 其可以保证器件转换为低功耗的睡眠模式。

### 2.3.27 TCAN1044-Q1

**TCAN1044-Q1** 是一款高速控制器局域网 (CAN) 收发器, 符合 ISO 11898-2:2016 高速 CAN 规范物理层要求。TCAN1044-Q1 收发器支持传统 CAN 和 CAN FD 网络, 数据速率高达 8 兆位/秒 (Mbps)。TCAN1044V-Q1 包括通过 VIO 引脚实现的内部逻辑电平转换功能, 允许将收发器 I/O 直接连接到 1.8V、2.5V、3.3V 或 5V 逻辑电平。此类收发器支持低功耗待机模式, 并且可通过符合 ISO 11898-2:2016 所定义唤醒模式 (WUP) 的 CAN 来唤醒。TCAN1044-Q1 收发器还包括保护和诊断功能, 支持热关断 (TSD)、TXD 显性超时 (DTO)、电源欠压检测和高达  $\pm 58V$  的总线故障保护。

### 2.3.28 TCAN1046V-Q1

**TCAN1046V-Q1** 是一款双路高速控制器局域网 (CAN) 收发器, 符合 ISO 11898-2:2016 高速 CAN 规范的物理层要求。TCAN1046V-Q1 收发器支持传统 CAN 和 CAN FD 网络, 数据速率高达 8 兆位/秒 (Mbps)。TCAN1046V-Q1 包括通过 VIO 端子实现的内部逻辑电平转换功能, 允许将收发器 IO 直接连接到 1.8V、2.5V、3.3V 或 5V 逻辑 IO。两个 CAN 通道通过待机引脚支持独立的模式控制。这提供了在不影响其他 CAN 通道状态的情况下将每个收发器置于低功耗状态、待机模式的功能。在待机模式下, TCAN1046V-Q1 可通过 ISO 11898-2:2016 定义的唤醒模式 (WUP) 实现远程唤醒。TCAN1046V-Q1 收发器还包括很多保护和诊断功能, 支持热关断 (TSD)、TXD 显性超时 (DTO)、电源欠压检测和高达  $\pm 58V$  的总线故障保护。

### 2.3.29 SN3257-Q1

**SN3257-Q1** 是一款汽车级互补金属氧化物半导体 (CMOS) 开关, 支持高速信号, 具有低传播延迟。SN3257-Q1 提供 2:1 (SPDT) 开关配置, 具有 4 信道, 是 SPI 和 I2S 等多通道协议的理想选择。此器件可在源极 (SxA、SxB) 和漏极 (Dx) 引脚上支持双向模拟和数字信号, 并且能够传递高于电源电压 (最高  $V_{DD} \times 2$ ) 的信号, 最大输入和输出电压为 5.5V。SN3257-Q1 具有一个低电平有效 EN 引脚, 用于同时启用和禁用所有通道。当 EN 引脚为低电平时, 会根据 SEL 引脚的状态选择两个开关路径之一。SN3257-Q1 的信号路径上高达 3.6V 的关断保护功能可在移除电源电压 ( $V_{DD} = 0V$ ) 时提供隔离。如果没有该保护功能, 开关可通过内部 ESD 二极管为电源轨进行反向供电, 从而对系统造成潜在损坏。失效防护逻辑电路允许在施加电源引脚上的电压之前, 先施加逻辑控制引脚上的电压, 从而保护器件免受潜在的损害。两个逻辑控制输入均具有兼容 1.8V 逻辑的阈值, 从而确保 TTL 和 CMOS 逻辑兼容性。逻辑引脚上带有集成下拉电阻器, 无需外部元件, 因此可减小系统尺寸并降低系统成本。

### 2.3.30 TLIN1021A-Q1

**TLIN1021A-Q1** 是一款本地互连网络 (LIN) 物理层收发器。LIN 是支持汽车车载网络的低速通用异步收发器 (UART) 通信协议。TLIN1021A-Q1 变送器支持高达 20 kbps 的数据速率。收发器通过 TXD 引脚控制 LIN 总线的状态, 并通过开漏 RXD 输出引脚报告总线的状态。该器件具有限流波形整形驱动器, 用于降低电磁辐射 (EME)。TLIN1021A-Q1 旨在为 12V 应用提供支持, 具有宽输入工作电压范围。该器件支持低功耗睡眠模式, 并可通过 LIN、WAKE 引脚或 EN 引脚唤醒功能从低功耗模式唤醒。该器件可以通过 TLIN1021A-Q1 INH 输出引脚选择性地启用节点上会存在的各种电源, 从而在整个系统级别减少电池电流消耗。

### 2.3.31 TLIN1024A-Q1

**TLIN1024A-Q1** 是一款四路本地互连网络 (LIN) 物理层收发器, 集成了唤醒和保护功能, 符合 LIN 2.0、LIN 2.1、LIN 2.2、LIN 2.2A 和 ISO/DIS 17987 - 4 标准。LIN 是一种单线双向总线, 通常用于数据传输速率最高为 20kbps 的低速车载网络。TLIN1024A-Q1 旨在为 12V 应用提供支持, 具有更宽的工作电压范围和额外的总线故障保护。TLIN1024A-Q1 接收器支持高达 100kbps 的数据传输速率, 从而更快速地执行内联编程。TLIN1024A-Q1 使用一个可降低电磁辐射 (EME) 的限流波形整形驱动器将 TXD 输入上的 LIN 协议数据流转化为 LIN 总线信号。接收器将数据流转化为逻辑电平信号, 此信号通过开漏 RXD 引脚发送到微处理器。睡眠模式可实现超低电流消耗, 该模式允许通过 LIN 总线或 EN 引脚实现唤醒。

### 2.3.32 TAS6754-Q1

**TAS6754-Q1** 是一款四通道数字输入 D 类音频放大器, 具有 1L 调制功能, 每个 BTL 通道仅需一个电感器, 与传统设计相比省去四个电感器, 从而缩小了系统尺寸并降低了成本。此外, 与传统的 D 类调制方案相比, 1L 调制可降低开关损耗。TAS6754-Q1 集成了直流和交流负载诊断功能, 可确定所连接负载的状态。在音频播放期间, 可通过适用于每个通道的输出电流检测功能来监控状态, 并通过 TDM 以超小的延迟将测量结果报告给主机处理器。该器件在播放音频时, 通过独立于主机和音频输入的实时负载诊断功能来监控输出负载状况。TAS6754-Q1 器件为每个通道提供一个额外的低延迟信号路径, 在 48kHz 条件下提供最高快 70% 的信号处理速度, 从而支持时间敏感型有源噪声消除 (ANC) 和道路噪声消除 (RNC) 应用。

### 2.3.33 TMUX1308-Q1

**TMUX1308-Q1** 是通用互补金属氧化物半导体 (CMOS) 多路复用器 (MUX)。TMUX1308-Q1 是 8:1、单通道 (单端) 多路复用器, 而 TMUX1309-Q1 是 4:1 双通道 (差分) 多路复用器。这些器件可支持源极 (Sx) 和漏极 (Dx) 引脚上 GND 到 VDD 范围的双向模拟和数字信号。

### 2.3.34 TPLD1201-Q1

**TPLD1201-Q1** 是 TI 可编程逻辑器件 (TPLD) 系列器件中的一款, 具有多用途可编程逻辑 IC, 支持组合逻辑、顺序逻辑和模拟块。TPLD 提供了一个完全集成的低功耗方法来实现常见的系统功能, 例如时序延迟、电压监控器、系统复位、电源序列发生器、I/O 扩展器等。此器件具有可配置的 I/O 结构, 扩展了混合信号环境中的兼容性, 减少了所需的分立元件的数量。系统设计人员可以通过 Inter-Connect Studio 创建电路并配置宏蜂窝、I/O 引脚和互连, 方法是临时模拟非易失性存储器或对一次性可编程 (OTP) 进行永久编程。TPLD1201-Q1 由硬件和软件生态系统提供支持, 配备应用手册、参考设计和设计示例。如需了解详情和访问设计工具, 请访问 [ti.com](http://ti.com)。

### 2.3.35 SN74CBTLV3861-Q1

**SN74CBTLV3861** 提供十位高速总线开关。此开关具有低导通状态电阻，可以最短传播延迟建立连接。该器件配置成一个 10 位总线开关。当输出使能 (OE) 为低电平时，10 位总线开关打开，端口 A 连接到端口 B。当 OE 为高电平时，开关断开，并且在两个端口之间存在高阻抗状态。该器件专用于使用  $I_{off}$  的局部断电应用。 $I_{off}$  功能可确保器件断电时具有破坏性的电流不会回流。该器件可在关断时提供隔离。为了确保上电或下电期间的高阻抗状态，应通过一个上拉电阻器将 OE 连接至 VCC；该电阻器的最小值由驱动器的电流吸收能力来决定。

### 2.3.36 TXE8124-Q1

**TXE81XX-Q1** 器件为四线串行外设接口 (SPI) 协议提供通用并行输入/输出 (I/O) 扩展功能，并可在 1.65V 至 5.5V VCC 电压范围内工作。该器件在 3.3V 至 5.5V 电压下支持 10MHz，在 1.65V 至 5.5V 电压下支持 5MHz。当开关、传感器、按钮、LED 和风扇需要额外使用 I/O 时，I/O 扩展器 (如 TXE81XX-Q1) 可提供简单方法。

TXE81XX-Q1 器件的 I/O 端口可提供旨在增强 I/O 速度、功耗和灵活性的附加特性。此类附加特性包括：使能/禁用上拉和下拉电阻器、可锁存输入、可屏蔽中断、中断状态寄存器、可编程漏极开路或推挽输出，以及由 FAIL-SAFE 引脚使能的失效防护寄存器模式。

### 2.3.37 TCAL9539-Q1

**TCAL9539-Q1** 器件可为两线双向 I2C 总线 (或 SMBus) 协议提供通用并行输入/输出 (I/O) 扩展，并可在 1.08V 至 3.6V VCC 电压范围内工作。该器件支持 100kHz (标准模式)、400kHz (快速模式) 和 1MHz (快速+ 模式) 的 I2C 时钟频率。当开关、传感器、按钮、LED、风扇等设备需要额外使用 I/O 时，I/O 扩展器 (如 TCAL9539-Q1) 可提供简单方法。TCAL9539-Q1 具有灵活的 I/O 端口，可提供旨在增强 I/O 速度、功耗和 EMI 性能的附加特性。此类附加特性包括：可编程输出驱动强度、可编程上拉和下拉电阻器、可锁存输入、可屏蔽中断、中断状态寄存器和可编程开路。

## 3 硬件、软件、测试要求和测试结果

### 3.1 硬件要求

需要以下硬件方可使用 TIDA-020079：

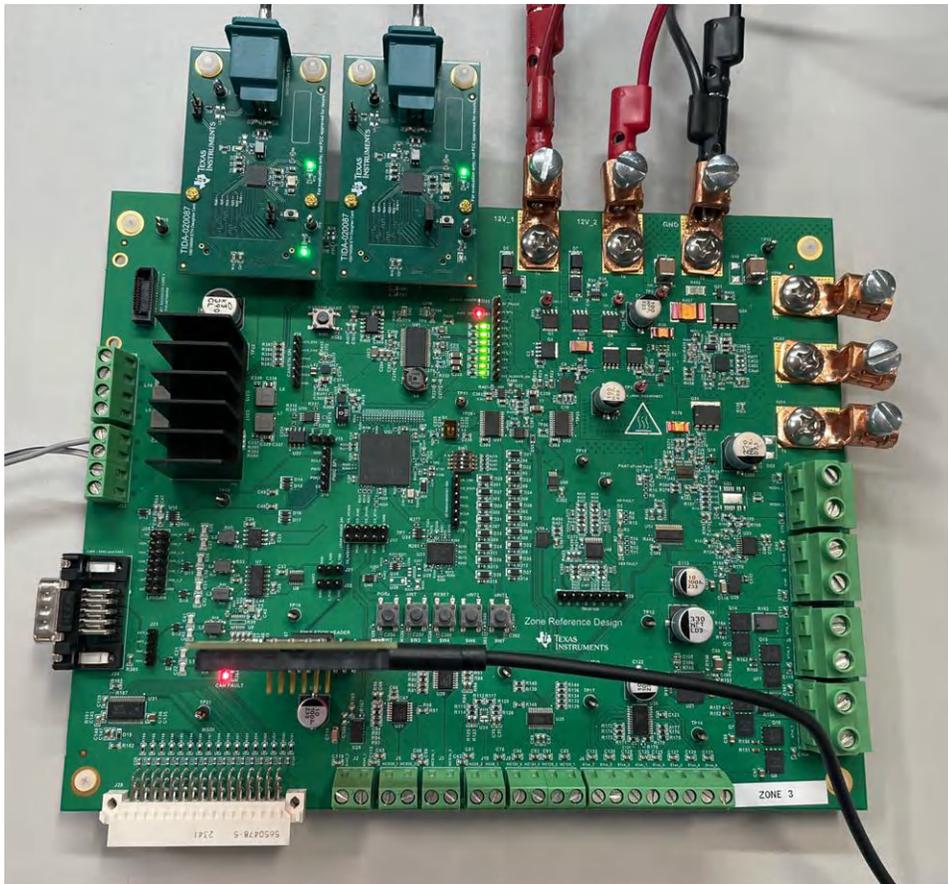
- TIDA-020079 区域参考设计
- 12V 电源
- [XDS110ISO-EVM](#)：用于对 AM263P-Q1 MCU 进行编程

### 3.2 软件要求

此设计包括用于测试不同功能的固件。要查看此固件，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

### 3.3 测试设置

[图 3-1](#) 展示了 TIDA-020079-Q1 的典型设置。必须为 12V\_1 提供 12V 电源，以便为设计中的所有元件完全供电。12V\_2 可用作冗余电源端口。



**图 3-1. TIDA-020079 板设置**

使用 XDS110-ISO EVM 时，可以将 TIDA-020079 固件加载到 AM263P-Q1 上。TIDA-020079 固件包含用于测试 [图 3-2](#) 中包含的每个功能集的不同测试。

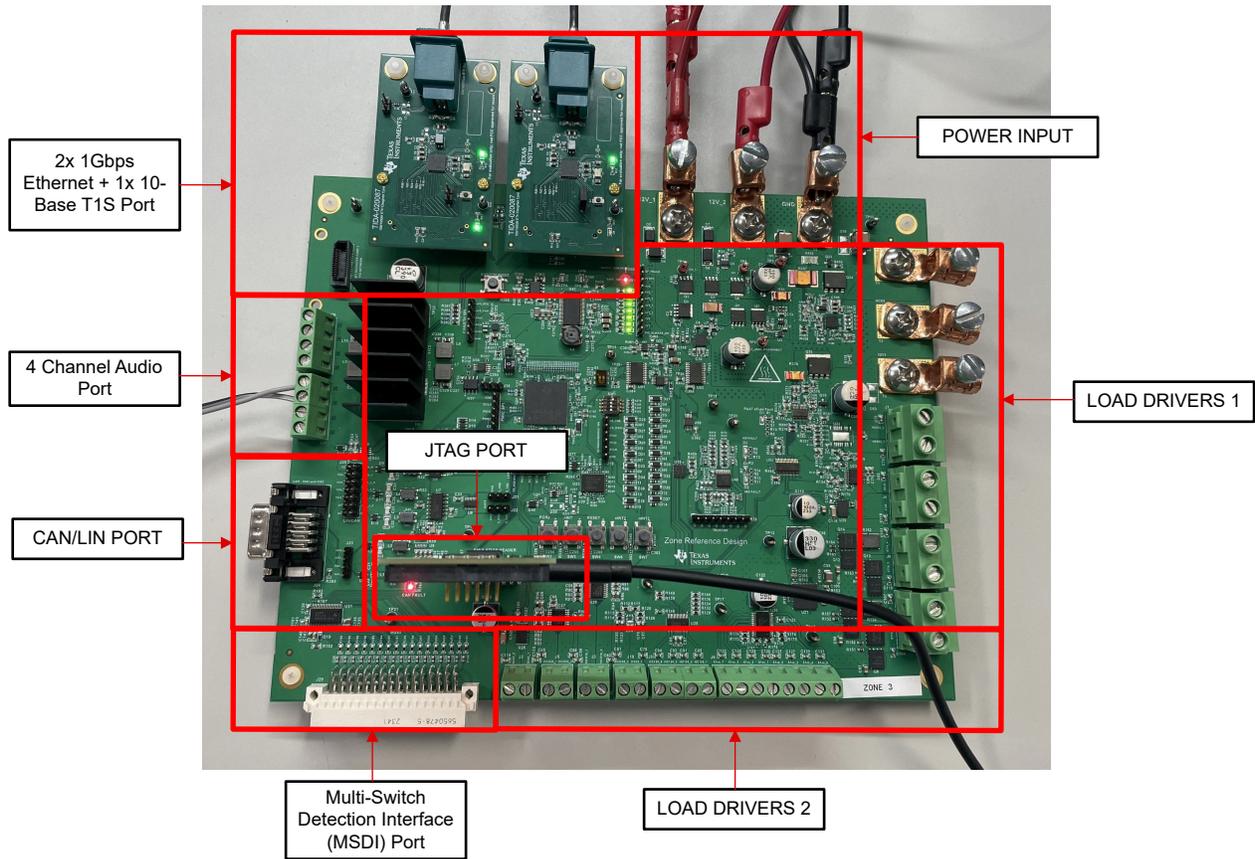


图 3-2. TIDA-020079 特性图

### 3.4 测试结果

#### 3.4.1 冗余输入电源

此参考设计采用冗余输入电源，并由理想二极管控制器提供保护。

该系统运行旨在确保当该区域转换到低功耗模式时，12V 输入电源中只有一个继续向下游负载供电，而另一个电源关闭。在此测试中，关闭一个 12V 电源以模拟电源损耗，而第二个电源保持打开状态。在示波器上监控 12V 电压轨。图 3-3 显示了当电源一关断时，第二个电源继续为下游负载的 12V 电源轨供电，而不会中断。

在更全面的系统中，模块软件必须考虑所有输出的负载电流，以避免剩余电源过载。

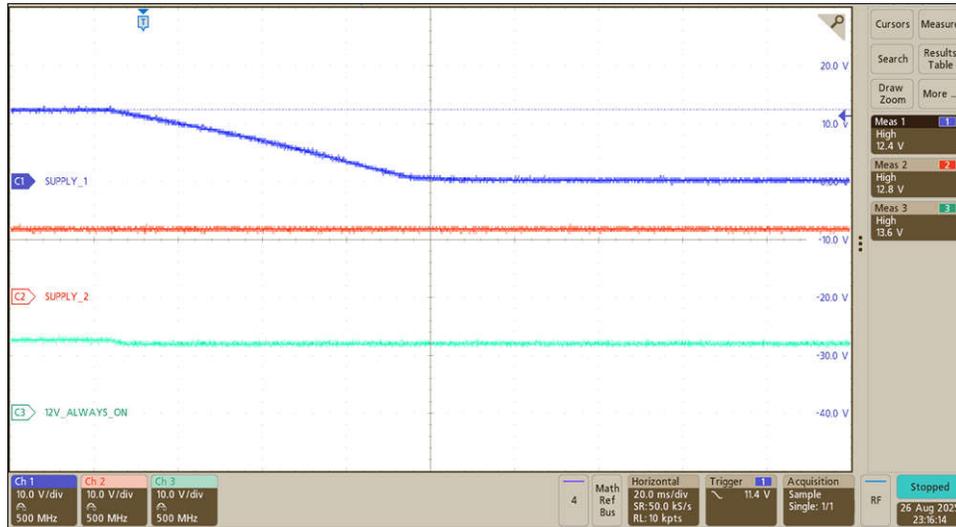


图 3-3. 冗余电源测试

### 3.4.2 电源序列

此测试涵盖 TIDA-020079 从关闭状态完全唤醒所需的时间。12V\_always\_on 电源轨为 PMIC (TPS653860-Q1)、常开型 LDO (TPS7B8133-Q1) 及 5V 跟踪 LDO (TPS7B4256-Q1) 供电。该 PMIC 提供 6V 降压/升压输出 (6V0\_BB)，然后为 1.2V 降压转换器 (TPS62903-Q1) 和 1.1V 降压转换器 (TPS62902-Q1) 供电。6V 降压/升压输出也为多个 PMIC LDO 供电，包括 3.3V LDO1 (3V3\_1)、3.3V LDO2 (3V3\_2)、5V LDO1 (5V0\_1)、1.8V LDO (1V8)、5V LDO2 (5V0\_2)，和未使用的 5V LDO (PLDO2\_OUT)。

PMIC 通过一次性可编程 (OTP) 设置及 SPI 进行配置。在此设计中，OTP 配置成为 6V0\_BB、3V3\_1 上电，并启用 1.1V 和 1.2V 电源轨。为 MCU 上电需要 3V3\_1 及 1.2V。当 MCU 开启时，其他 PMIC 电源轨通过 SPI 开启。

电源序列测试从电路板完全断电开始。上电时，PMIC 上的 WAKE1 和 WAKE2 被置为有效，从而将 PMIC 从关闭状态转换为运行状态。然后，图 2-1 所示的电源轨从 6V 降压/升压前置稳压器上电。

生成的唤醒序列被拆分成两个示波器截图。图 3-4 示出了默认情况下启用的电源轨，通过 PMIC OTP 设置或 12V 常开域启用。图 3-5 中显示了由软件启用的所有 PMIC 电源轨 (A0 和 A1 除外)，其中时序基于一性可编程设置。

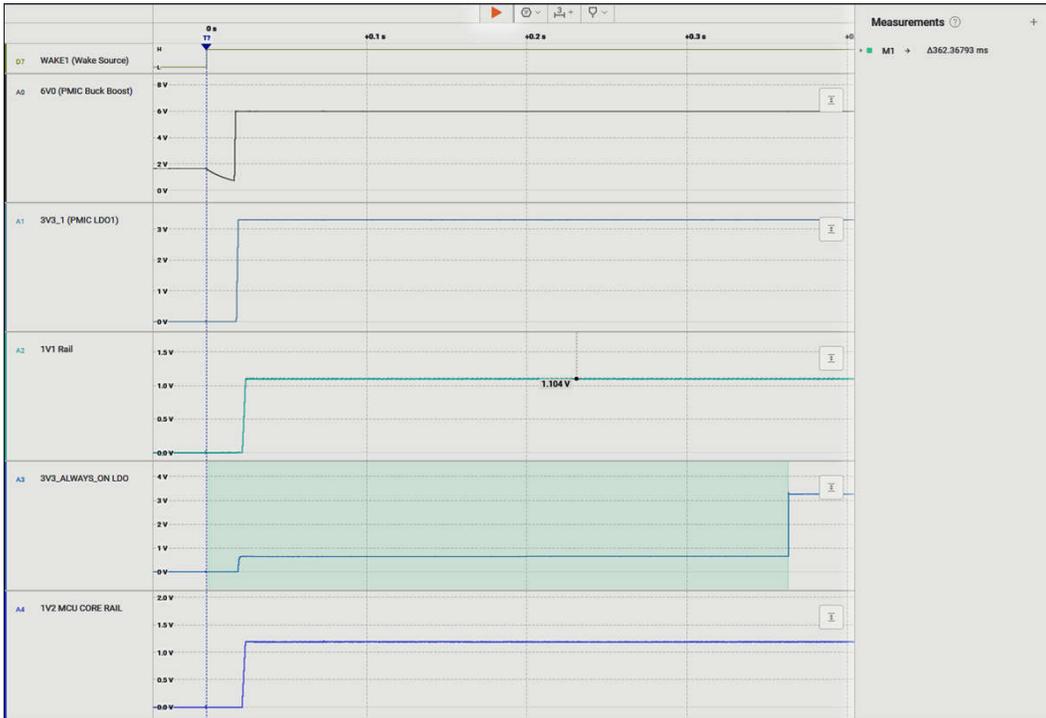


图 3-4. 电源序列 ( 唤醒启动 )

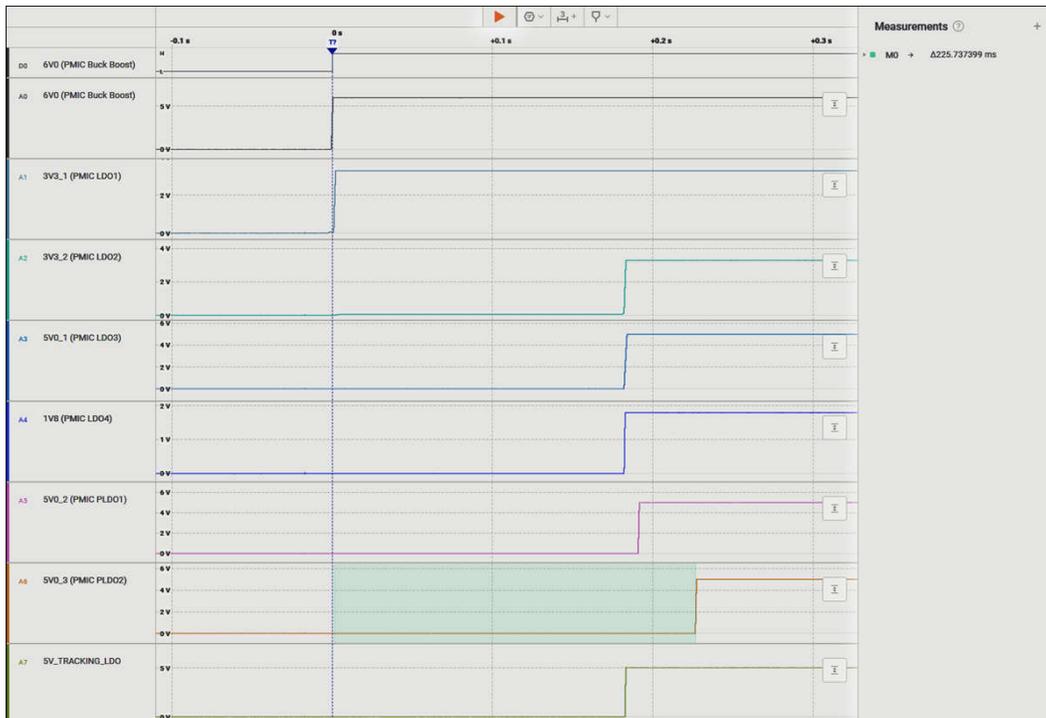


图 3-5. 电源序列 2 ( 唤醒序列结束 )

如上所示，大多数 PMIC 电源轨在 180ms 后大约同时变为高电平。PLDO2 在 225ms 标记时变为高电平，因为 PLDO2 是软件启用的最后一个电源轨。所有 MCU 外设驱动程序都设置完成后，PLDO2 被启用。

### 3.4.3 重置聚合

为了测试使用 TPLD1201-Q1 实现的系统复位电路，我们通过分析不同的复位源如何复位电路的差异部分来执行一些测试。考虑进行复位的主要元件是 IO 扩展器和 CAN FD Light Commander。图 2-4 展示了 TPLD1201-Q1 复位电路。

这些测试包括将各种信号拉高或拉低，具体取决于元件的复位信号是在高电平有效还是低电平有效情况下工作。TXE8124-Q1 和 TCAL9539-Q1 低电平有效，TIC12400-Q1 高电平有效。

在图 3-6 所示的第一个测试中，NRST\_TXE\_MCU 被 MCU 拉低。如数字逻辑所示，只有 TXE8124-Q1 在 TPLD1201-Q1 中设置的适当延迟后才会复位。

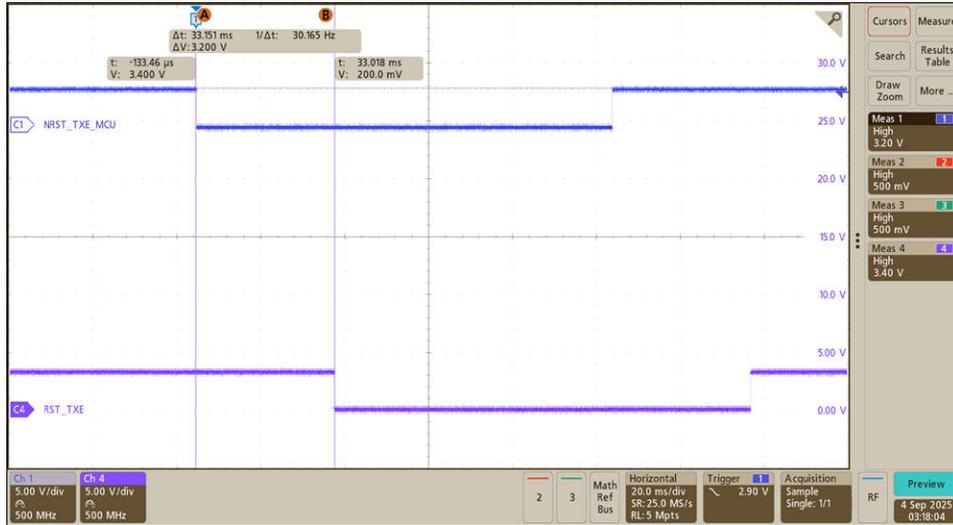


图 3-6. TXE 复位

在图 3-7 中详述的第二项测试中，PORZ 被拉至最低电平，这会触发 MCU 和 IO 扩展器上的复位。具体而言，在此示波器屏幕截图中，仅显示 TIC12400-Q1 正在复位。

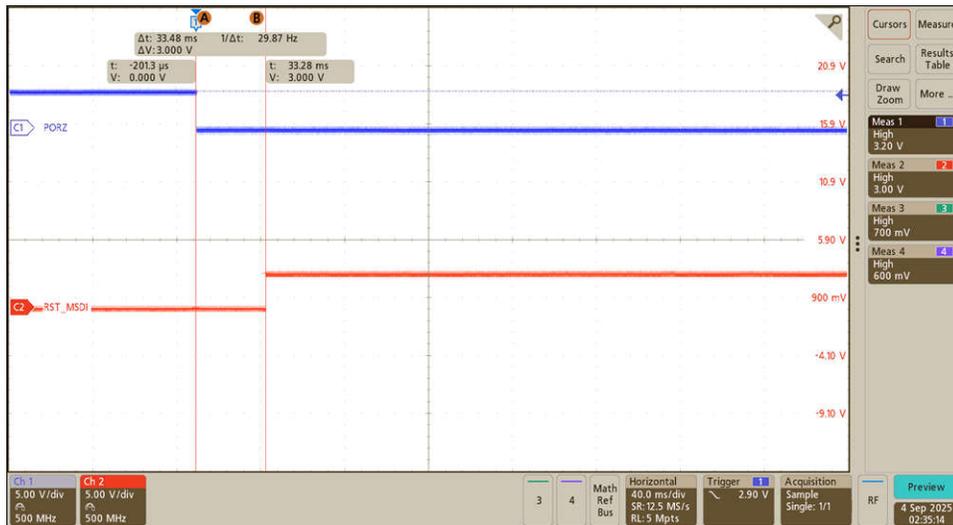


图 3-7. PORZ 复位

在图 3-8 所示的最终测试中，MCU 上会触发热复位事件，从而在 TPLD1201-Q1 中设置延迟后将 WARMRST 输入拉低。尽管这同样会触发所有组件的复位，但将所有 IO 扩展器复位为默认状态，PORZ 和 WARMRST 之间存在差异。PORZ 完全清除所有寄存器内容，并模拟电路板从断电状态中恢复时的电路板状态。相反，WARMRST 会部分复位 MCU 上的某些寄存器，并复位 IO 扩展器的所有寄存器。

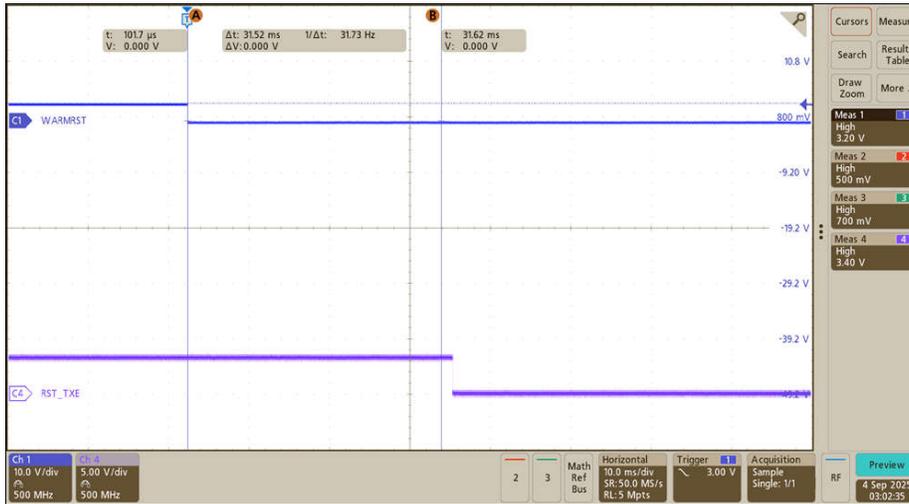


图 3-8. WARM RST

### 3.4.4 低功耗模式测试

低功耗模式对于在熄火或停车状态期间节省电力至关重要，尤其是对于电动汽车。系统会保持在这种低静态电流状态，直到给定事件提示该区域暂时唤醒，以便通过为 ECU 提供更多电源、运行全面的软件算法或任何需要全功率的响应做出响应。以下是区域控制模块中提示系统转换至主电源状态的典型事件：

- CAN 唤醒
- LIN 唤醒
- 以太网唤醒
- 高侧开关，智能电子保险丝唤醒
- IO 扩展器唤醒
- 监控器或系统诊断唤醒

尽管 AM263P-Q1 没有可用的低功耗模式，但系统通过关闭 PMIC 电源轨以及由 12V 负载断开电源轨供电的所有元件来尽可能降低 IQ，从而满足此要求。这意味着 MCU 在低功耗模式下处于关闭状态。由 12V 和 3.3V 常开电源轨供电的某些元件的唤醒信号由 TPLD 低功耗模式电路进行监控，以考虑不同的唤醒事件。

### 3.4.4.1 低功耗模式静态电流

表 3-1 汇总了低功耗模式下不同常开组件的总电流消耗。

表 3-1. 低功耗模式  $I_Q$  分布

器件	子系统	板上计数	电源轨	$I_Q$ ( $\mu A$ )
LM74704-Q1	电源 (理想二极管控制器)	1	VBAT	80
TPS653860-Q1	电源 (PMIC)	1	VBAT	45
TPS7B81-Q1	电源 (3.3V 常开型 LDO)	1	VBAT	2.7
TCAN1043-Q1	CAN	1	VBAT	15
TLIN1021A-Q1	LIN	1	VBAT	9
DP83TG721-Q1	以太网	2	VSLEEP	16
TPS2HCSxx-Q1	负载驱动器	2	VBAT	4.5
			VDD	14
TPS1214-Q1	负载驱动器	1	VBAT	20
TPS4HC120-Q1	负载驱动器	1	VBAT	每通道 $20 \mu A$ (所有通道 $80 \mu A$ )
TIC12400-Q1	IO 扩展	1	VBAT	7.5
			VDD	1.5
预期总数				460.7 $\mu A$

测得的低功耗模式电流是  $512.6 \mu A$ 。由于增加了无源器件和电阻分压器，测量值略高于预期值。

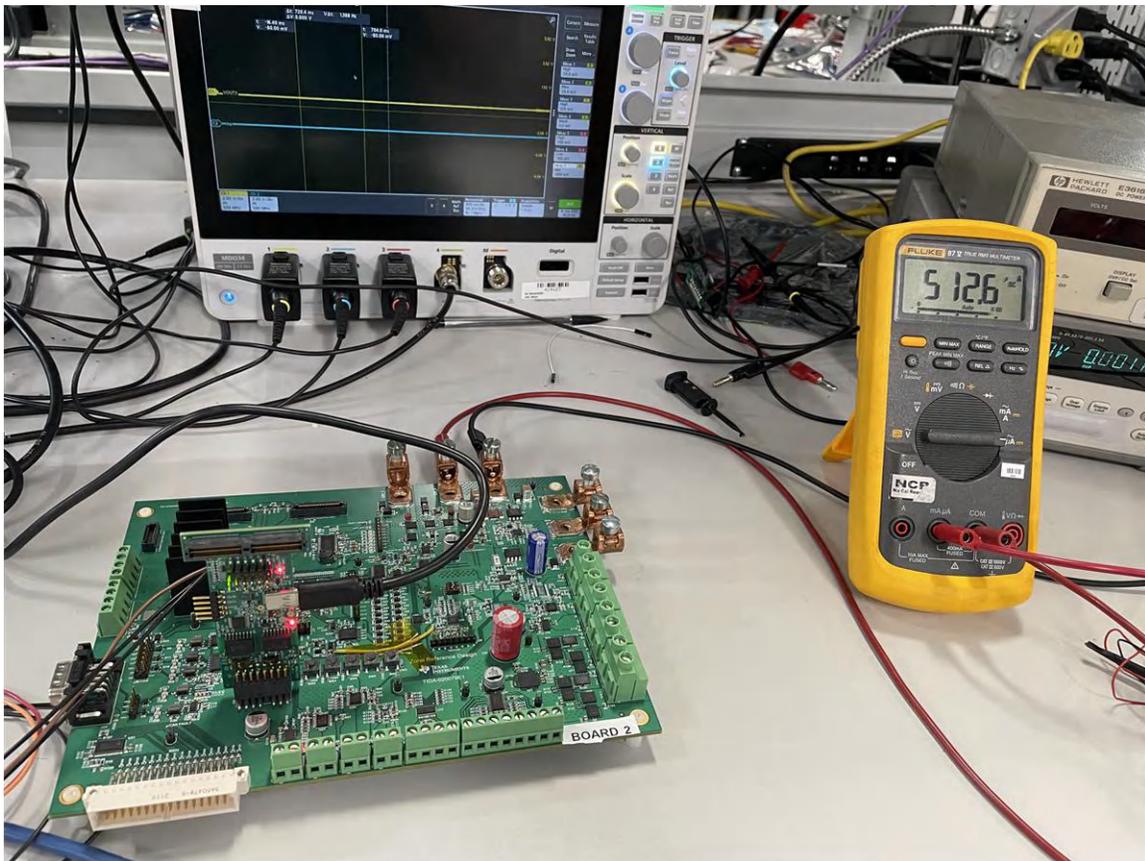


图 3-9. TIDA-020079 低功耗模式静态电流

### 3.4.4.2 唤醒测量结果

本节详细介绍了针对表 3-2 中包含的几种不同唤醒事件测量的系统唤醒时间。请注意，这些唤醒时间主要受 PMIC 的影响，其具有两种不同的唤醒抗尖峰脉冲时间设置。WAKE1 配置为 16ms 的抗尖峰脉冲时间，WAKE2 配置为 2ms 的抗尖峰脉冲时间。

所有这些测量的唤醒时间通过测量从唤醒源置为有效到 PMIC 降压/升压转换器开启的时间来捕获。

表 3-2. 唤醒测量摘要

器件	唤醒信号	最短唤醒时间 ( PMIC 唤醒抗尖峰脉冲时间 )	系统唤醒时间
TCAN1043-Q1	唤醒 1	16ms	18ms
TLIN1021-Q1	唤醒 1	16ms	17.6ms
TPS1214-Q1	唤醒 2	2ms	3.6ms
DP83TG721-Q1	唤醒 2	2ms	约 3.6ms ( 未测试 )
TPSxHCSxx-Q1	唤醒 2	2ms	3.637ms
TPS4HC120-Q1	唤醒 2	2ms	3.561ms
TIC12400-Q1	唤醒 2	2ms	约 3.6ms ( 未测试 )
TPS3762-Q1	唤醒 2	2ms	约 3.6ms ( 未测试 )

### 3.4.4.3 CAN 唤醒

第一个唤醒源测试采用 CAN 唤醒。在低功耗模式期间，CAN 总线保持隐性状态，因为所有节点都在低功耗模式下运行。边缘节点可以向区域控制模块上的 TCAN1043-Q1 发送消息，以启动唤醒序列。

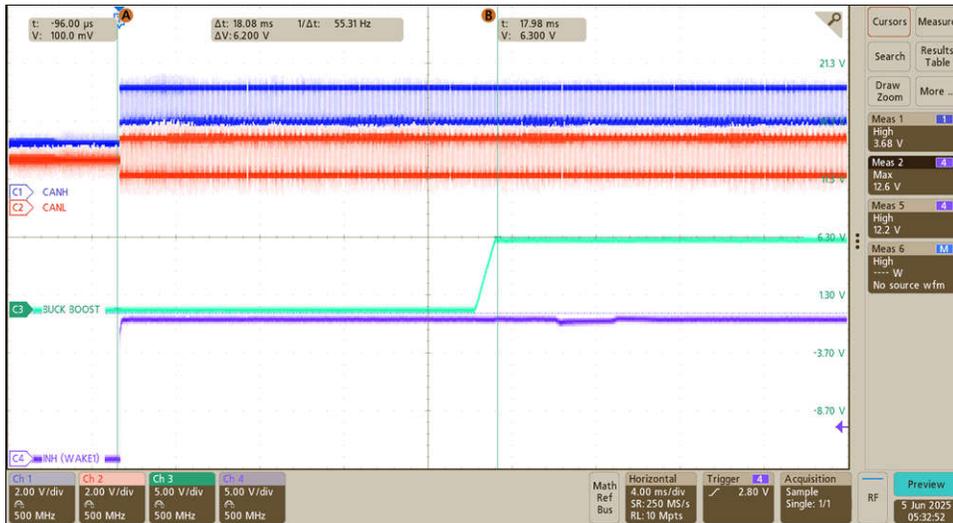


图 3-10. CAN 唤醒

### 3.4.4.4 LIN 唤醒

图 3-11 展示了一个使用 TLIN1021A-Q1 的 LIN 唤醒示例。在低功耗模式期间，LIN 总线保持隐性状态 ( 高电平 )；但是，任何连接的 LIN 节点都可以将 LIN 总线拉至显性状态 ( 低电平 )。LIN 总线被拉至低电平 50 μs，以便将 TLIN1021A-Q1 转换为工作模式，从而将 Wake 1 拉至高电平并在大约 18ms 后唤醒 PMIC。在这种情况下，所有 LIN 节点和区域控制模块应在 18ms 后准备好进行通信。

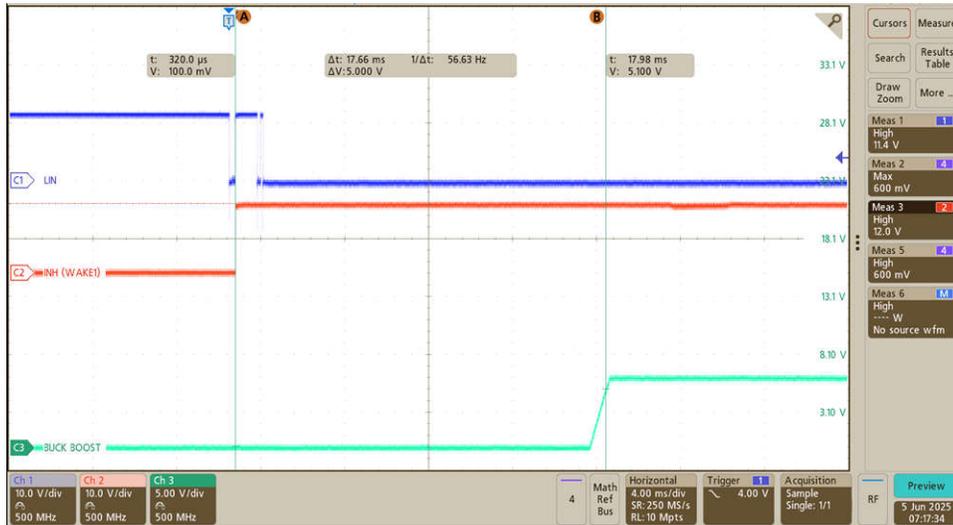


图 3-11. LIN 唤醒

### 3.4.4.5 高侧开关控制器唤醒

在低功耗模式下，当器件输出上的负载电流增大时，TPS1214-Q1 可自动唤醒系统。此负载唤醒事件会将 TPS1214-Q1 的 WAKE 引脚连接至 TPLD1201-Q1 内置的逻辑电路。当负载电流增加时，WAKE 引脚变为低电平，这会触发 TPLD 电路将 PMIC wake 拉至高电平并为 MCU 上电。在系统唤醒期间，TPS1214-Q1 会自动从使用旁路路径转换至有效路径，以支持满载运行。

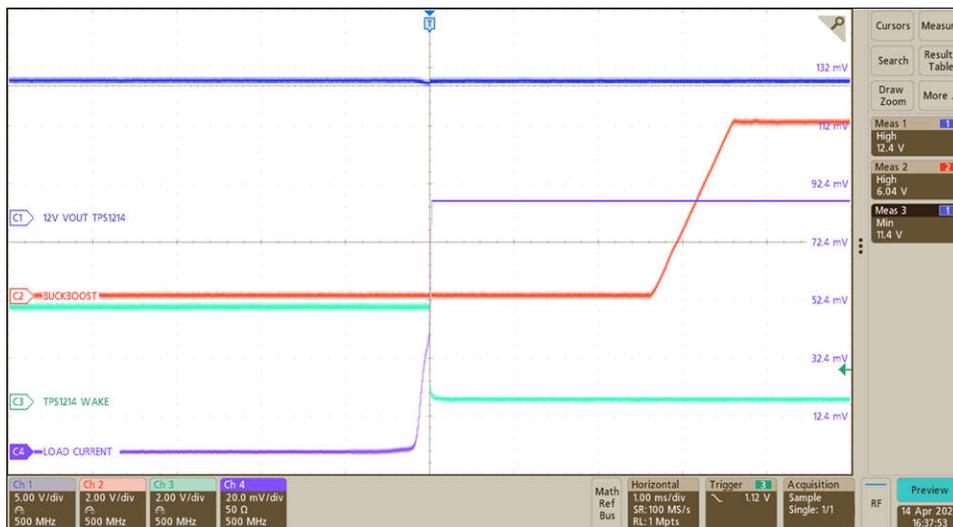


图 3-12. TPS1214-Q1 自动负载唤醒

### 3.4.4.6 智能电子保险丝唤醒

在 LPM 期间，当任一器件输出的负载电流增加时，TPS2HCS10-Q1 可以自动唤醒 MCU。该负载唤醒事件会将 TPS2HCS10-Q1 的 nFLT 引脚连接至 TPLD1201-Q1 内置的逻辑电路。当负载电流增加时，nFLT 引脚变为低电平，从而触发 TPLD 电路将 PMIC wake 拉至高电平。在系统唤醒期间，TPS2HCS10-Q1 会自动从旁路路径向负载输送电流转换为有源路径，从而支持满载运行。

与其他负载驱动器相比，TPS2HCS10-Q1 需要 TPLD1201-Q1 内的额外逻辑来唤醒 MCU。当 TPS2HCS10-Q1 在任一输出端出现负载电流增加时，100 μs 的 nFLT 引脚变为低电平，因此 TPLD1201-Q1 输出也会在 100 μs 上保持高电平。但是，由于配置的干扰时间，PMIC 需要在 WAKE 引脚上具有至少 2ms 的脉冲才能唤醒。为了克服这一挑战，TPLD1201-Q1 内添加了额外的逻辑，通过将该值锁存 3ms，捕获在下降沿 TPS2HCS10-Q1 nFLT 引脚从高电平到低电平的转换。

通过将 TPLD1201-Q1 唤醒输出锁存为高电平，使其脉冲时间远高于 PMIC 所需的时间，现在可使用 TPS2HCS10-Q1 唤醒系统。图 3-13 展示了当器件输出电流增加时，TPS2HCS10-Q1 的 nFLT 引脚从高电平转换为低电平，而 TPLD 将输出保持高电平 3ms 以触发 PMIC WAKE。

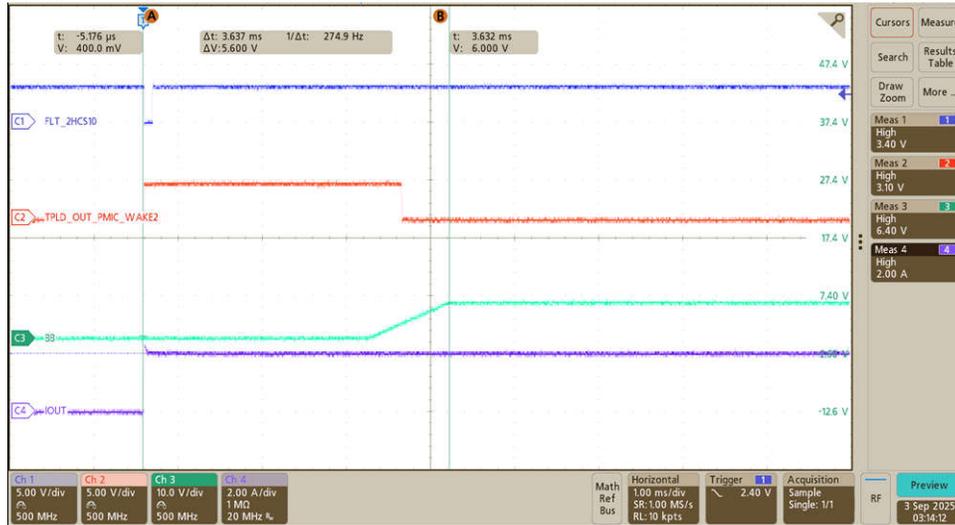


图 3-13. TPS2HCS10-Q1 自动负载唤醒

#### 3.4.4.7 高侧开关唤醒

更简单的高侧开关也可唤醒系统。在低功耗模式下，当负载电流在四个输出中的任何一个上增加时，TPS4HC120-Q1 将唤醒系统。当负载电流增加时，TPS4HC120-Q1 的 nLPM 引脚连接到 TPLD1201-Q1 内置的逻辑电路，即可发生此负载唤醒事件。当 nLPM 引脚变为低电平时，这会触发 TPLD 电路将 PMIC wake 拉至高电平。在系统唤醒期间，TPS4HC120-Q1 输出自动从由旁路路径向负载输送电流转换为活动路径，支持满载运行。

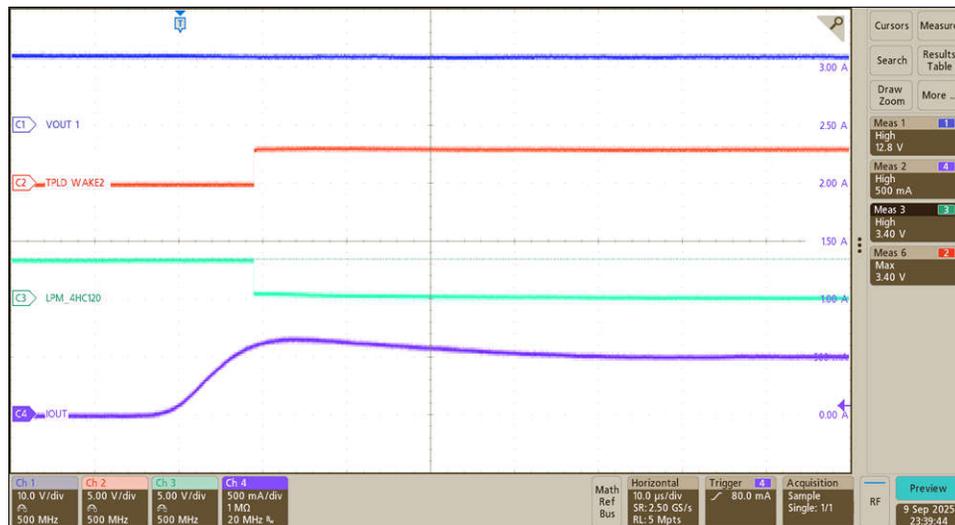


图 3-14. TPS4HC120-Q1 自动负载唤醒

## 4 设计和文档支持

### 4.1 设计文件

#### 4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-020079](#) 中的设计文件。

#### 4.1.2 布局

要下载布局（包括板层图、Gerber 文件和装配文件），请参阅 [TIDA-020079](#) 中的设计文件。

#### 4.1.3 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-020079](#) 中的设计文件。

### 4.2 工具与软件

#### 工具

<a href="#">Code Composer Studio</a>	Code Composer Studio™ 集成式开发环境 (IDE)
<a href="#">SYSCONFIG</a>	系统配置工具
<a href="#">TPLD-ICS</a>	适用于 TI 可编程逻辑器件的 InterConnect Studio

#### 软件

要下载 TIDA-20079 固件，请申请访问 [安全资源](#) 文件夹。

[AM263P4-Q1 SDK](#) 适用于 Sitara 微控制器的 AM263Px 软件开发套件 (SDK)

### 4.3 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)，[DP83TD555J-Q1 汽车类 10BASE-T1S 多点 OA SPI MAC-PHY 以太网收发器数据表](#)
- 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、I<sup>2</sup>t 和诊断功能的低 I<sub>Q</sub> 汽车级高侧开关控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[具有集成 I<sup>2</sup>T 有线保护和低功耗模式的 TPS2HCS10-Q1 11.3mΩ 汽车类双路 SPI 控制型高侧开关数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[具有集成 I<sup>2</sup>T 有线保护和低功耗模式的 TPS2HCS05-Q1 5mΩ 汽车类双路 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](#)
- 德州仪器 (TI)，[具有断路器、欠压和过压保护以及故障输出功能的 LM749x0-Q1 汽车理想二极管数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[LM74703-Q1、LM74704-Q1 具有外部 FET 运行状况指示的汽车理想二极管控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[INA186-Q1 符合 AEC-Q100 标准且具有皮安级 IB 和使能引脚的 40V、双向、高精度电流检测放大器数据表](#)

20. 德州仪器 (TI), [TPS7B81-Q1 汽车类 150mA、非电池、超低 I<sub>Q</sub> \(3μA\)、低压降稳压器数据表](#)
21. 德州仪器 (TI), [-TPS3762-Q1 具有内置自检和锁存器的汽车级 65V 窗口 \(OV 和 UV\) 监控器数据表](#)
22. 德州仪器 (TI), [TPS62903-Q1 具有 +165°C T<sub>J</sub> 的 3V 至 18V、3A、汽车类低 I<sub>Q</sub> 降压转换器数据表](#)
23. 德州仪器 (TI), [TPS62902-Q1 具有 +165°C T<sub>J</sub> 的 3V 至 18V、2A、汽车类低 I<sub>Q</sub> 降压转换器数据表](#)
24. 德州仪器 (TI), [TPS7B4256-Q1 汽车级具有 6mV 跟踪容差的 70mA、40V 电压跟踪 LDO 数据表](#)
25. 德州仪器 (TI), [TPS1211-Q1 具有保护和诊断功能的 45V 汽车级智能高侧驱动器数据表](#)
26. 德州仪器 (TI), [TPS1HC30-Q1 30mΩ 5A 单通道汽车智能高侧开关数据表](#)
27. 德州仪器 (TI), [TPS4HC120-Q1、120mΩ、2A、四通道汽车智能高侧开关数据表](#)
28. 德州仪器 (TI), [TPS2HC08-Q1、9.5mΩ、双通道汽车智能高侧开关数据表](#)
29. 德州仪器 (TI), [TPS1HC04-Q1 4.9mΩ 单通道汽车智能高侧开关数据表](#)
30. 德州仪器 (TI), [DRV871x-Q1 具有宽共模内嵌式电流检测放大器的汽车类多通道智能半桥栅极驱动器数据表](#)
31. 德州仪器 (TI), [DRV8145-Q1 具有集成电流检测和诊断功能的汽车级半桥驱动器数据表](#)
32. 德州仪器 (TI), [DRV81602-Q1 : 适用于汽车继电器、LED、照明和电机控制的 8 通道、40V、700mΩ、完全受保护、可配置低侧和高侧驱动器数据表](#)
33. 德州仪器 (TI), [TCAN1043A-Q1 具有睡眠模式的汽车类低功耗故障保护 CAN FD 收发器数据表](#)
34. 德州仪器 (TI), [具有 1.8V I/O 支持和故障保护功能的 TCAN1044-Q1 汽车类 CAN FD 收发器数据表](#)
35. 德州仪器 (TI), [TCAN1046V-Q1 汽车类故障保护型双 CAN 收发器数据表](#)
36. 德州仪器 (TI), [SN3257-Q1 具有 1.8V 逻辑电平的汽车类 5V 低传播延迟、2:1 \(SPDT\)、4 通道开关数据表](#)
37. 德州仪器 (TI), [TLIN1021A-Q1 具有抑制和唤醒功能的故障保护 LIN 收发器数据表](#)
38. 德州仪器 (TI), [具有显性状态超时的 TLIN1024A-Q1 四路本地互连网络 \(LIN\) 收发器数据表](#)
39. 德州仪器 (TI), [TAS6754-Q1 具有电流传感和实时负载诊断功能的 1L 调制、2MHz 数字输入 4 通道汽车 D 类音频放大器数据表](#)
40. 德州仪器 (TI), [TMUX13xx-Q1 具有注入电流控制功能的汽车级 5V、双向 8:1、单通道和 4:1、双通道多路复用器数据表](#)
41. 德州仪器 (TI), [TPLD1201-Q1 具有 8-GPIO 的汽车级可编程逻辑器件数据表](#)
42. 德州仪器 (TI), [SN74CBTLV3861-Q1 低电压 10 位 FET 总线开关数据表](#)
43. 德州仪器 (TI), [具有中断输出、复位输入和 I/O 配置寄存器的 TXE81XX-Q1 汽车级 16 位和 24 位 SPI 总线 I/O 扩展器](#)
44. 德州仪器 (TI), [TCAL9539-Q1 具有中断输出、复位和配置寄存器的汽车类低电压 16 位 I2C 总线、SMBus I/O 扩展器数据表](#)

#### 4.4 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](#)。

#### 4.5 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。

## 5 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。

## 6 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

<b>Changes from Revision * (December 2024) to Revision A (January 2026)</b>	<b>Page</b>
• 为 TIDA-020079 添加了测试设置及几个测试结果。.....	<b>1</b>

## 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