

## Application Note

# 从 TCA9539-Q1 到 TCA9539A-Q1 - 这是一种无缝的升级路径、可直接插入、旨在实现更多功能



Sakshi Markhedkar

## 摘要

[TCA9539A-Q1](#) 是一款下一代 16 位 I<sup>2</sup>C 通用并行输入和输出 (GPIO) 扩展器，基于 [TCA9539-Q1](#) 和 [TCA9539QPWRQ1](#) 的成熟功能构建而成。

[TCA9539A-Q1](#) 支持更宽的电源电压范围、并具有双地址变体（可订购器件型号为 [TCA9539AQPWRQ1](#) 和 [TCA9539BQPWRQ1](#)），可在单个 I<sup>2</sup>C 总线上支持多达八个器件，从而简化了区域和高密度架构中的可扩展 GPIO 扩展。[TCA9539AQPWRQ1](#) 设计为与 [TCA9539-Q1](#) 和 [TCA9539QPWRQ1](#) 引脚对引脚和软件兼容，可在现有汽车设计中轻松替换，同时增强稳健性。

## 内容

<b>1</b>	<b>TCA9539A-Q1 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器简介</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>主要规格比较：TCA9539A-Q1 与 TCA9539-Q1 的比较</b>	<b>3</b>
2.1	I <sup>2</sup> C 编址方案及兼容性	4
2.2	多器件和区域架构	5
<b>3</b>	<b>为什么将中断与 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器结合使用？</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>使用 TCA9539A-Q1 的应用示例</b>	<b>6</b>
4.1	区域控制器	6
4.2	信息娱乐系统及 ADAS 外设控制	6
4.3	汽车车身控制模块 (BCM)	8
4.4	音频及外设监控	9
<b>5</b>	<b>总结</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>参考资料</b>	<b>11</b>

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 TCA9539A-Q1 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器简介

GPIO 扩展器通常用于汽车系统，以提高输入和输出 (I/O) 可用性，同时更大限度地减少微控制器引脚数和布线复杂性。TCA9539-Q1 器件广泛用于车身电子装置及控制模块。可订购器件型号 TCA9539AQPWRQ1 扩展了此产品系列，可直接用于汽车应用，例如：

- 车身控制模块
- 车门、后视镜和座椅控制模块
- 汽车照明和 LED 控制
- 开关和传感器输入监视
- 区域控制器

TCA9539A-Q1 为 I<sup>2</sup>C 总线提供 16 位 GPIO 扩展，该总线的设计电压范围为 1.65V 至 5.5V。主要规格和特性包括：

- 通过 AEC-Q100 认证
- 400kHz I<sup>2</sup>C 快速模式
- 当输入端口改变状态时，中断 ( $\overline{\text{INT}}$  引脚) 被置为有效
- 极性反转
- 硬件  $\overline{\text{RESET}}$  引脚
- 两种 I<sup>2</sup>C 地址方案：TCA9539AQPWRQ1 和 TCA9539BQPWRQ1 在 I<sup>2</sup>C 总线上各支持四个地址或总共支持八个唯一地址。

## 2 主要规格比较：TCA9539A-Q1 与 TCA9539-Q1 的比较

TCA9539AQPWRQ1 设计为与 TCA9539-Q1 和 TCA9539QPWRQ1 引脚对引脚兼容，支持在现有设计中直接替换，而无需在使用 [TCA9539A-Q1 的应用示例](#) 中详述的应用中更改原理图、布局或固件。

表 2-1 列出了与从 TCA9539-Q1 迁移到 TCA9539A-Q1 相关的主要规格。

表 2-1. 比较表：TCA9539-Q1 和 TCA9539A-Q1

参数	TCA9539-Q1	TCA9539A-Q1
电源电压范围	1.65V 至 3.6V	1.65V 至 5.5V
GPIO 数目	16	16
I <sup>2</sup> C 数据速率	高达 400kHz (快速模式)	高达 400kHz (快速模式)
工作温度	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
最高运行结温 (T <sub>J</sub> )	135°C	140°C
可耐受 5V 电压的 I/O	是	是
VOL / IOL VOH / IOH	8mA 时为 0.5V, 10mA 时为 0.7V - 8mA 时为 3.3V, - 10mA 时为 3.2V	8mA 时为 0.5V, 10mA 时为 0.7V - 8mA 时为 4.7V, - 10mA 时为 4.5V
复位引脚	是	是
中断输出	是	是
I <sup>2</sup> C 地址数	四个 (TCA9539QPWRQ1)	八个 • 四个 (TCA9539AQPWRQ1) 和 • 四个 (TCA9539BQPWRQ1)
ESD (HBM)	±2kV	±2kV
ESD (CDM)	±1kV	±1kV
封装	TSSOP-24	TSSOP-24

## 2.1 I<sup>2</sup>C 编址方案及兼容性

TCA9539AQPWRQ1 使用与 TCA9539-Q1 ( 可订购器件型号 TCA9539QPWRQ1 ) 相同的 I<sup>2</sup>C 寻址方案、在更换现有器件时验证了总线级别的完全兼容性。这两款器件都支持通过外部地址引脚可编程的 I<sup>2</sup>C 目标地址。

TCA9539AQPWRQ1 允许使用类似于 TCA9539QPWRQ1 的 A0 和 A1 硬件可选地址引脚在 I<sup>2</sup>C 总线上选择多达四个唯一地址。

由于地址引脚定义和编码不变，因此在从 TCA9539-Q1 迁移到 TCA9539A-Q1 时，无需修改即可重复使用地址引脚上的现有上拉或下拉配置。

**表 2-2. I<sup>2</sup>C 地址方案 : TCA9539-Q1 (TCA9539QPWRQ1) 与 TCA9539A-Q1 ( TCA9539AQPWRQ1 和 TCA9539BQPWRQ1 )**

参数	TCA9539-Q1			TCA9539A-Q1					
	可订购器件型号 TCA9539QPWRQ1			可订购器件型号 TCA9539AQPWRQ1			可订购器件型号 TCA9539BQPWRQ1		
I <sup>2</sup> C 目标地址方案									
I <sup>2</sup> C 目标地址	A1	A0	地址	A1	A0	地址	A1	A0	地址
	L	L	116 (十进制) 74 (十六进制)	L	L	116 (十进制) 74 (十六进制)	L	L	112 (十进制) 70 (十六进制)
	L	H	117 (十进制) 75 (十六进制)	L	H	117 (十进制) 75 (十六进制)	L	H	113 (十进制) 71 (十六进制)
	H	L	118 (十进制) 76 (十六进制)	H	L	118 (十进制) 76 (十六进制)	H	L	114 (十进制) 72 (十六进制)
	H	H	119 (十进制) 77 (十六进制)	H	H	119 (十进制) 77 (十六进制)	H	H	115 (十进制) 73 (十六进制)
I <sup>2</sup> C 地址数	四个地址			四个地址			四个地址		
	八个地址								

## 2.2 多器件和区域架构

在共享总线上使用多个 TCA9539-Q1 GPIO 扩展器（例如车身电子装置和区域控制器架构）的汽车系统中，保持相同的 I<sup>2</sup>C 寻址方案尤为重要。可以将 TCA9539AQPWRQ1 引入这些系统，无需更改 I<sup>2</sup>C 地址映射或软件配置。

对于需要大量唯一 I<sup>2</sup>C 地址的应用，器件还提供相关器件型号，其中可订购器件型号为 TCA9539BQPWRQ1，具有扩展地址能力，允许另外四个唯一的 I<sup>2</sup>C 地址，如表 2-2 所示。如果同时使用 TCA9539AQPWRQ1 和 TCA9539BQPWRQ1，这允许在同一 I<sup>2</sup>C 总线上使用多达八个唯一器件，如图 2-1 所示

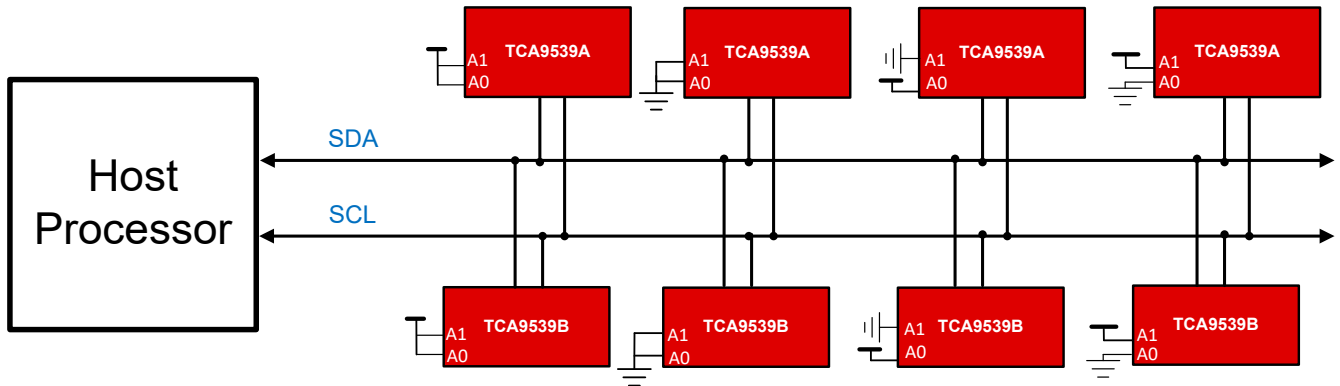


图 2-1. 将 4 个 TCA9539A 及 4 个 TCA9539B 用于多器件和区域架构

尽管 TCA9539AQPWRQ1 作为直接替代产品而设计，但 TI 建议在迁移任何器件时验证系统级要求，例如电源电压、GPIO 负载、上电行为和热裕度。

### 3 为什么将中断与 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器结合使用？

当任何输入状态与相应的输入端口寄存器状态不同时，TCA9539A-Q1 开漏中断输出被置为有效。该中断用于向主机 MCU 或 SoC 指示输入状态已更改，从而提示控制器启动读取操作。这使得主机 MCU 或 SoC 能够以事件驱动的方式运行，而不是连续轮询 GPIO 状态寄存器。

这种中断驱动的操作减少了 I<sup>2</sup>C 的总线流量，降低了软件开销，并可以缩短汽车设计中的系统响应时间。

### 4 使用 TCA9539A-Q1 的应用示例

#### 4.1 区域控制器

区域架构将多种车辆功能整合到集中式控制器中，从而增加了对灵活、可扩展 GPIO 资源的需求。TCA9539A-Q1 可在区域控制器附近实现 GPIO 扩展，同时更大限度地降低布线复杂性。

如图 4-1 所示，使用可配置的寻址，最多八个 TCA9539A-Q1 器件可以共享同一根 I<sup>2</sup>C 总线，从而使设计人员能够根据系统要求的变化扩展 GPIO 数量。中断信令支持事件驱动的架构，可减少软件开销。

器件可轻松地集成 TI 的 SoC ( TIDA-00296 : 汽车车身控制模块驱动器参考设计、区域架构及 MCU I/O 扩展 ) 以及区域控制模块的其他热门供应商产品 ( 参考设计 ) 。

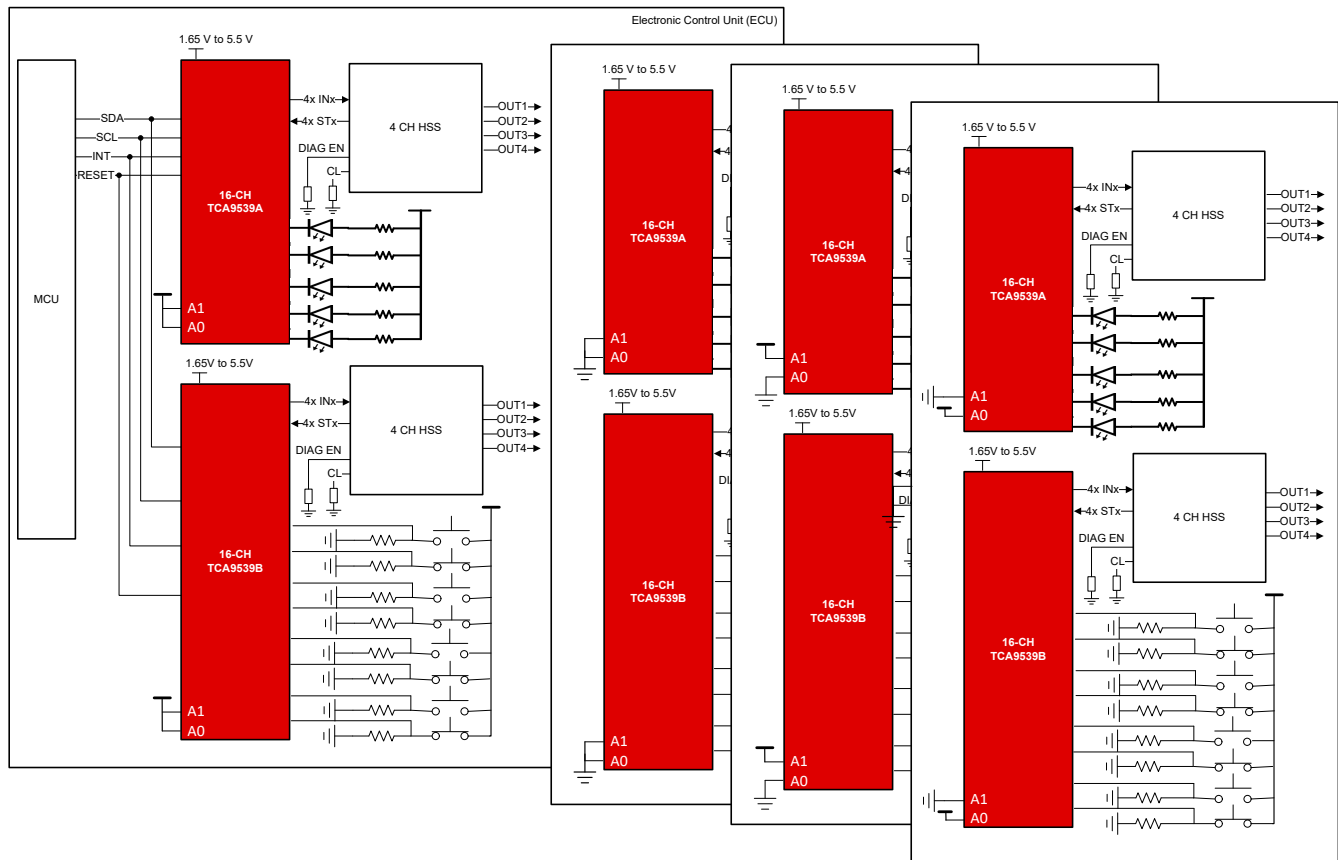


图 4-1. 为区域控制器使用 TCA9539A 及 TCA9539B 的 GPIO 扩展方框图

#### 4.2 信息娱乐系统及 ADAS 外设控制

现代信息娱乐音响主机、数字驾驶舱平台和 ADAS 系统集成了显示屏、串行器和解串器、图像传感器，以及其他需要低速控制和状态监控的外设。GPIO 扩展器通过从主 SoC 卸载启用、复位及模式选择信号来简化此集成。

TCA9539A-Q1 通常通过 I<sup>2</sup>C 连接到信息娱乐系统或 ADAS SoC，用于控制外设使能引脚并监测故障或状态信号，如图 4-2 所示。宽电源电压范围 ( 1.65V 至 5.5V ) 支持汽车平台中常见的混合电压架构。利用中断功能，可以提示检测外设状态变化，而复位引脚则可以实现确定性的系统启动。

该器件可轻松与 TI 的 SoC ( [TIDEP-01008 参考设计](#) , [TPS1HC100-Q1 高效驱动汽车仪表板负载](#) ) 以及其他热门的信息娱乐和 ADAS 供应商 ( 和参考设计 ) 集成, 并可根据需要与多电压系统的 I<sup>2</sup>C 电平转换器或缓冲器配对。

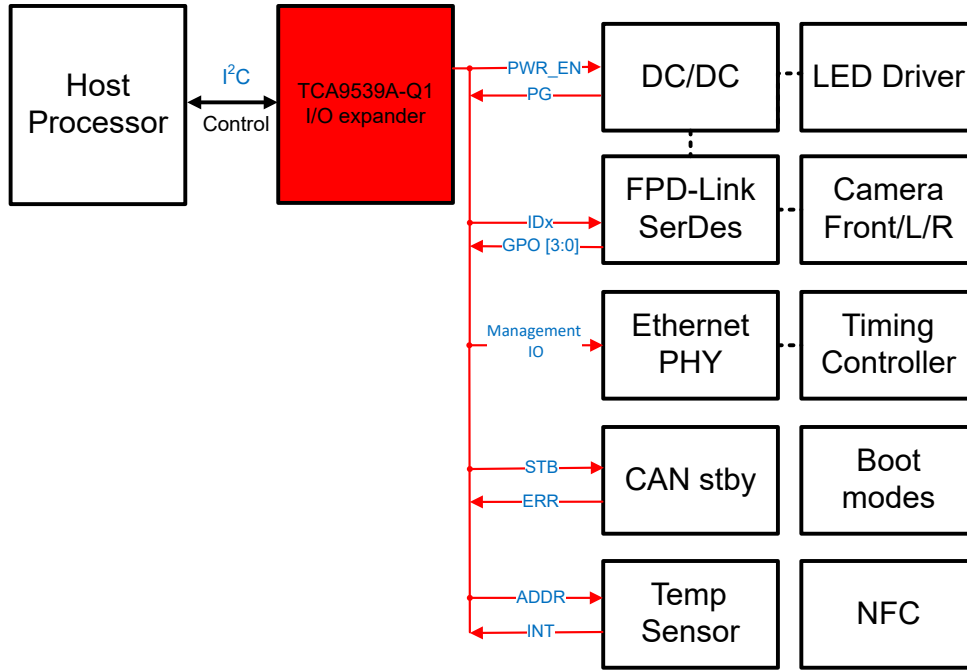


图 4-2. 用于信息娱乐系统及驾驶辅助的 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器方框图

### 4.3 汽车车身控制模块 (BCM)

在汽车车身控制模块中，由于照明控制、开关监控和执行器使能信号等特性内容不断增加，GPIO 可用性通常受到限制。TCA9539A-Q1 可通过 I<sup>2</sup>C 总线提供可扩展的 GPIO 扩展，使设计人员能够在保持灵活性的同时减少 MCU 引脚数。

在该应用中，如图 4-3 所示，TCA9539A-Q1 通过一个 I<sup>2</sup>C 接口连接到主体 MCU。输入引脚用于监控开关状态，而输出引脚控制 LED 和继电器。配置为输出引脚的器件端口支持高达 10mA 的拉电流和 8mA 的灌电流。当输入状态发生变化时，中断输出向 MCU 发送信号，从而减少了对连续轮询的需求。

器件可轻松地集成 TI 的 SoC ( [TIDA-00296 : 汽车车身控制模块驱动程序参考设计](#) ) 以及车身控制模块的其他热门供应商产品。

主要设计注意事项包括正确的中断配置、上电期间的复位行为及 GPIO 加载验证。TCA9539AQPWRQ1 具有引脚对引脚兼容性，可在使用 TCA9539-Q1 的现有 BCM 设计中直接替换，而更宽的电源电压范围支持混合电压架构。

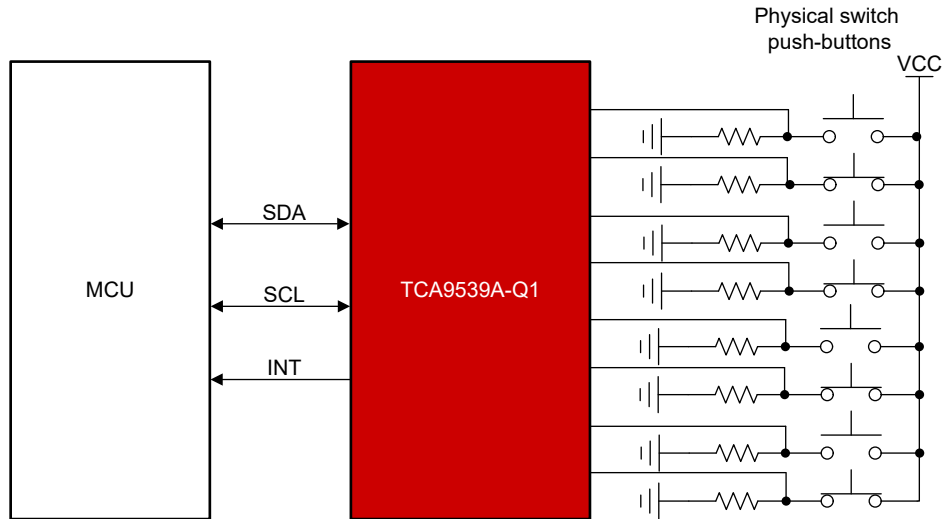


图 4-3. 汽车车身控制模块的 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器方框图

#### 4.4 音频及外设监控

在汽车音频系统中，需要使用 GPIO 来实现编解码器、放大器和 DSP 的使能、故障监控及模式选择。TCA9539A-Q1 通过处理低速控制和监控信号来完善 I<sup>2</sup>S 或 TDM 等高速音频数据接口，如图 4-4 所示。使用基于 I<sup>2</sup>C 的 GPIO 扩展器有助于将控制功能与时间关键型音频数据路径隔离，同时简化系统集成。

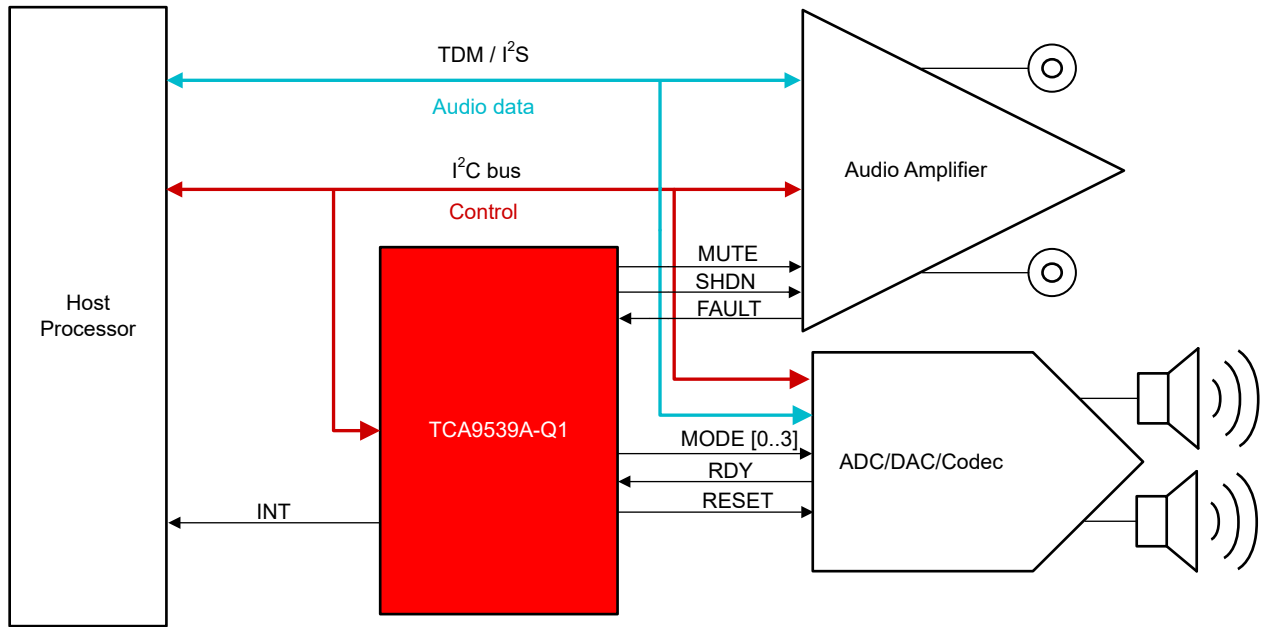


图 4-4. 用于汽车音频及外设监控的 I<sup>2</sup>C GPIO 扩展器方框图

## 5 总结

[TCA9539AQPWRQ1](#) 为 [TCA9539-Q1/TCA9539QPWRQ1](#) 汽车类设计提供了无缝的直接升级，结合了完整的引脚对引脚和软件兼容性以及改进的系统灵活性和稳健性。设计人员可以在不更改原理图、布局或固件的情况下进行迁移，同时立即受益于更宽的 1.65V 至 5.5V 电源电压范围、更多的 I<sup>2</sup>C 地址和更高的热裕度。

凭借快速模式 I<sup>2</sup>C 支持、集成中断信号和硬件重置，该器件能够实现高效的事件驱动操作，从而减少 MCU 开销和总线流量。双地址型号 ([TCA9539AQPWRQ1](#) 和 [TCA9539BQPWRQ1](#)) 允许在单根总线上使用多达八个器件，从而简化了区域和高密度架构中的可扩展 GPIO 扩展。

[TCA9539A-Q1](#) 可减少 MCU 引脚数并更大限度地降低布线复杂性，尤其适合区域和车身域控制器、信息娱乐系统、ADAS 和外设监控。

如果需要较少数量的引脚，[TCA9536-Q1](#) 提供了一种紧凑 (1.08mm<sup>2</sup>)、4 位、成本优化型替代器件，同时 [TCA9539-Q1](#) 扩展了相同的 16 位 I/O 架构，具有高级诊断和功能安全特性，并采用 QFN 封装。

## 6 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [汽车类低电压 16 位 I2C 总线/SMBus I/O 扩展器](#), 数据表。
2. 德州仪器 (TI), [TCA9539-Q1 低电压 16 位 I2C 和 SMBus 低功耗 I/O 扩展器](#), 数据表。
3. 德州仪器 (TI), [汽车车身控制模块驱动器参考设计](#), 参考设计。
4. 德州仪器 (TI), [区域架构和 MCU I/O 扩展](#), 应用简报
5. 德州仪器 (TI), [Jacinto™ ADAS 处理器上的多传感器平台参考设计](#), 参考设计。
6. 德州仪器 (TI), [高效驱动汽车仪表板加载](#), 应用手册。
7. 德州仪器 (TI), [了解 I<sup>2</sup>C 总线](#), 应用手册。

## 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