

## Technical White Paper

## 使用 MSPM33C321A-Q1 器件推进汽车设计



Ethan Bloom

## 摘要

德州仪器 (TI) 的 MSPM33C321A-Q1 微控制器为当前的车辆设计和电气化汽车系统提供了一款高性能汽车 MCU 产品。这款汽车微控制器支持 AEC-Q100 1 级要求, 集成 160MHz Arm® Cortex®-M33 CPU ( 具有 DSP、FPU 和 Arm® TrustZone® 安全特性 ) 以及 1MB 双区闪存和 256KB SRAM 等。核心汽车应用包括高级电机控制 ( 最多控制四个直流电机或两个 BLDC 电机 )、车身电子装置、自适应照明系统、仪表盘及其他车辆系统。该器件提供 30 个 PWM 通道、双路 12 位 ADC (9.4Msps) 和双路 CAN-FD 接口, 可实现全面的汽车连接。符合 ASIL B 功能安全要求的特性以及具有 EVITA-light 级网络安全能力的硬件安全防护, 助力满足现代汽车安全要求。集成的安全特性包含加密加速器 ( AES-256、SHA-256 )、不可变信任根以及安全固件更新。AUTOSAR® MCAL 驱动器以及整个 MSP 系列 MCU 的引脚对引脚兼容性, 共同推动可扩展汽车平台的开发。这款下一代汽车 MCU 针对汽车软件发展、安全设计及互联汽车技术进行了优化, 同时致力于为汽车 OEM 及其供应商实现成本效益最大化。

## 内容

|   |   |
|---|---|
| 1 简介.....                               | 2 |
| 2 汽车 MCU 的关键选型考量.....                   | 2 |
| 3 MSPM33C321A-Q1 器件兼具性能与价值.....         | 2 |
| 4 使用 MSPM33C321A-Q1 器件实现强有力的网络安全防护..... | 4 |
| 5 全面的软件平台和生态系统.....                     | 4 |
| 6 结语.....                               | 4 |
| 资源   了解更多并开始使用.....                     | 5 |

## 商标

LaunchPad™ is a trademark of Texas Instruments.

Arm®, Cortex®, and TrustZone® are registered trademarks of Arm and Cortex are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere.

AUTOSAR® is a registered trademark of AUTOSAR GbR.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 简介

汽车市场正在快速变化并稳步增长。近年来，几乎所有车辆子系统都发生了重大转变——应用的技术越来越多。新设计实现了动力传动系统电气化、更智能更安全的车辆，以及越来越以软件为中心的架构——通常称为**软件定义车辆**。因此，即使是在传统的中低端性能汽车 ECU 中，开发人员也需要满足更高的计算和安全防护要求。

相应地，微控制器 (MCU) 在现代车辆中正发挥着越来越关键的作用。在某些情况下，一辆车现在包含超过 300 个 MCU，用于执行从简单的传感或致动到高级电机控制和区域子系统管理等各种功能。由于每辆汽车都存在如此多的 MCU，汽车制造商正在寻求在下一代平台和现有设计中以更低成本实现更高的性能。

德州仪器 (TI) 在通用汽车 MCU 领域的最新投资成果是 MSPM33C321A-Q1 器件。MSPM33C321A-Q1 器件旨在满足汽车市场的最新需求。MSPM33C321A-Q1 器件提供了更强的计算和模拟性能，具备汽车级安全防护特性以应对最新要求，同时保持获得 AEC-Q100 认证的器件当前具有竞争力的成本结构。



图 1-1. 座椅位置与舒适性开关设备



图 1-2. 前照灯与转向信号模块

## 2 汽车 MCU 的关键选型考量

汽车制造商在选择 MCU 时，有几个器件层面的考量因素尤为关键。在先前发布的 [MSP MCU 在汽车应用中的优势](#) 一文中，德州仪器 (TI) 概述了汽车级芯片的三大优先事项：功能安全性、产品可靠性和供应链韧性。

MSPM33C321A-Q1 直接解决了这些问题：该器件支持 ASIL B 级功能安全特性，通过了 AEC-Q100 的可靠性和稳健性认证，并有德州仪器 (TI) 的长期制造和供应链战略作为后盾。这种组合使 OEM 及其供应商能够满怀信心地在高安全要求的应用中部署 MSPM33，且覆盖车辆的整个生命周期。

## 3 MSPM33C321A-Q1 器件兼具性能与价值

尽管对低成本、中端性能器件的需求并非新鲜事，但汽车制造商的期望已经演变。现代设计要求 MCU 支持复杂软件、精确控制、高级通信以及高安全防护水平，同时不会大幅增加系统成本。

德州仪器 (TI) 凭借 MSPM0 系列器件进军汽车通用及低功耗 MCU 市场。MSPM33 系列提供了更强的处理能力、更大的存储器和更高性能的外设，将 MSPM0 系列的低成本、可靠且功能丰富的优势扩展到更高性能领域。尤其是 MSPM33C321A-Q1 器件，其特性集极为强大，可广泛适配各类应用，包括众多车身电子装置中常见的高级电机控制、高度集成的系统模块（如自适应照明系统）等。

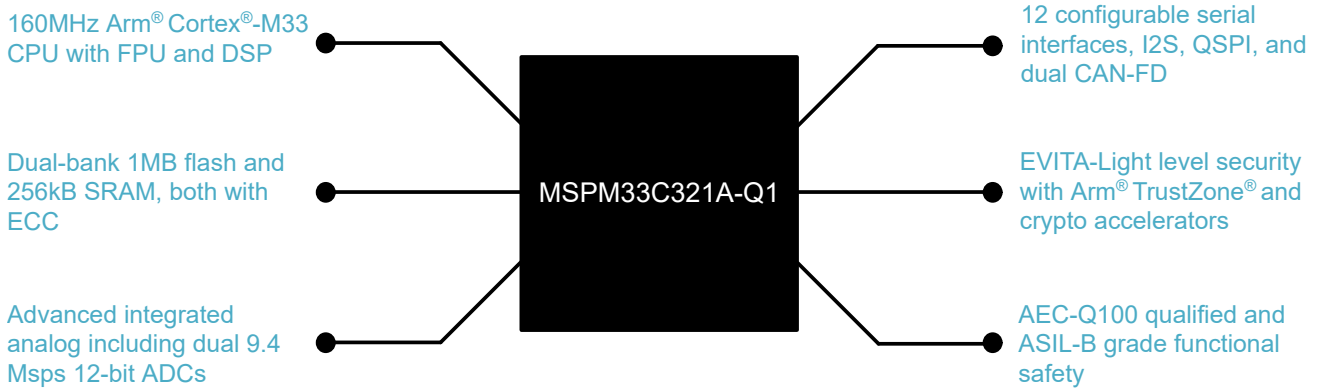


图 3-1. MSPM33C321A-Q1 器件的特性与优势

### 强大的计算能力

MSPM33C321A-Q1 器件基于 160MHz Arm® Cortex®-M33 CPU 而构建，集成了数字信号处理 (DSP) 指令、浮点单元 (FPU) 和 Arm® TrustZone® 技术。这一级别的计算性能可实现基于 FPU 的更复杂的电机控制和信号处理算法、更快的响应速度，并将多种功能整合到单个 MCU 中。执行器控制、传感和通信均可由单个器件处理，从而可能从硬件和软件角度降低开发成本。

### 功能丰富的存储器阵列

双 512kB 闪存区 (总计 1MB) 和 256kB SRAM 构成大容量且稳健的存储器阵列，与 MSPM0 替代方案相比，为更大的软件栈提供了充足空间。该存储器配置支持使用分区闪存操作实现部署现场固件更新，并可在车辆的整个生命周期内支持诊断、功能安全机制及网络安全特性的现场扩展。

### 先进的集成式模拟

集成式模拟传感和控制特性包括可实现快速精确测量的双通道同步采样 12 位 9.4Msps SAR 模数转换器 (ADC)，以及集成数模转换器 (DAC) 的低功耗比较器。总共九个计时器协同支持多达 30 个 PWM 通道，可为座椅、后视镜、前照灯等应用实现高级执行器和电机控制。

### 高度互联且灵活

通过双 CAN-FD 接口和丰富的串行外设 (包括 QSPI 和数字音频接口) 实现可靠通信。可配置的 UART (包括 LIN 支持)、I<sup>2</sup>C 和 SPI 可实现灵活的器件间通信。这些接口相结合，使 MSPM33C321A-Q1 器件能够连接到各种外部器件和存储器组件，这对于区域化架构、高级系统管理和其他应用至关重要。

### 多样化的应用潜力

这些特性相结合，可支持复杂的应用，例如高级电机控制 (最多四个直流电机或两个 BLDC 电机)、精确检测与测量 (通过硬件平均后 >12 ENOB)、图形显示控制及其他复杂的车身电子装置。备用电源域 (VBAT 岛) 增强了功能安全，有助于缓解断电情况并保持关键的系统状态数据。

在各种车身电子装置用例中，MSPM33C321A-Q1 器件可用作座椅位置和舒适模块等应用的高效安全 MCU。MSPM33C321A-Q1 器件结合了高级电机控制计时器、高速 ADC 和灵活的串行通信接口，使单个 MCU 便能控制所有座椅功能，包括位置调节、加热、冷却和位置记忆。MSPM33C321A-Q1 器件也是照明应用的绝佳选择，其 ASIL B 支持功能可控制关键安全系统，如前照灯或制动灯。多维度通信功能使单个 MCU 能够与多个照明模块相连接，而集成式电机控制和模拟传感技术则实现了主动照明控制。该器件的其他可能用例包括简易仪表盘、气候控制显示器和开关设备、HVAC 压缩机、方向盘控制面板或按钮等。

## 4 使用 MSPM33C321A-Q1 器件实现强有力的网络安全防护

高级安全防护已成为现代汽车系统的基本要求。随着互联性增强、软件更新需求提升以及法规要求趋严，OEM 必须针对 MCU 制定全系统统一的安全要求。其中许多要求与独立标准相契合，例如 ISO 21434 和 EVITA 标准。因此，汽车制造商正越来越多地对产品和平台进行重新设计，以纳入具备增强安全功能的 MCU，实现对安全启动、安全通信以及安全固件更新等特性的支持。

MSPM33C321A-Q1 器件通过结合各种软硬件特性来满足这些需求。

- **Arm® TrustZone® 技术**在安全与非安全固件之间实现硬件强制隔离，将关键代码与可信度较低的应用软件隔离开来。
- 该器件上的**硬件安全模块 (HSM)**基于 TrustZone®技术构建，可为敏感应用提供 EVITA-light 级的网络安全性能。
- 支持 AES-256、SHA-256 的**加密加速器**，以及用于 ECDSA 和 ECDH 等算法的公钥加速器 (PKA)，共同实现了有效且高效的身份验证、安全通信和固件完整性检查。
- 德州仪器 (TI) 的**安全密钥预置**意味着可以安全地交换和管理加密密钥，使可信代码仅在验证后才能编程到器件上，从而进一步支持安全系统设计。
- **安全引导和固件更新**使汽车制造商能够在从生产到报废的整个过程中保持对车辆软件的控制和安全防护。

## 5 全面的软件平台和生态系统

软件在汽车系统设计中扮演着主要角色，核心因素包括标准化、互操作性和可扩展性。AUTOSAR® 仍然是汽车 MCU 最广泛采用的软件标准，它支持模块化软件开发，以及应用软件与底层硬件分离。

在最底层，AUTOSAR® 构建于微控制器抽象层 (MCAL) 之上，为 CAN、SPI、PWM 和 ADC 等外设提供标准化驱动程序。对于中端 MCU 而言，高效的 MCAL 实现尤为重要，因为必须仔细平衡存储器与性能，以在最大化性能的同时最小化成本。

德州仪器 (TI) 为 MSP 器件提供免专利费的 MCAL 软件包，符合 AUTOSAR® Classic 标准。这些 MCAL 驱动程序专门针对 MSP 架构进行了优化，包括为 MSPM0 和 MSPM33 器件量身定制的软件包，在紧凑的存储器封装内实现强大的性能和简单的实施方式。

在更庞大的 MSP 产品组合中，德州仪器 (TI) 通过引脚对引脚的封装及 API 级兼容性，在硬件和软件层面均保持可扩展性。MSP 软件平台包括软件开发套件 (SDK)、可视化器件配置工具 (Sysconfig) 以及丰富的外设驱动程序和代码示例。所有 MSP 器件 (从 MSPM0 系列到更复杂、功能更强的 MSPM33 系列) 均具有高度可扩展性。兼容的软件平台支持高效地开发和复用代码，从而降低汽车制造商在基于 MSP 产品组合构建系统时的整体软硬件投入。

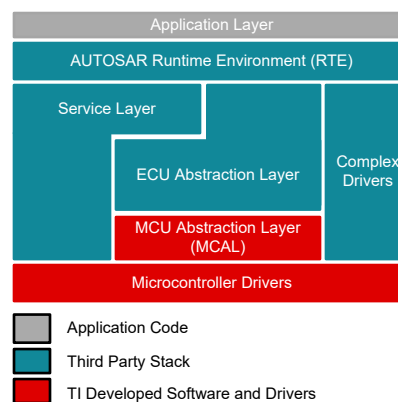


图 5-1. 适用于 MCU 的典型汽车软件栈

## 6 结语

随着汽车系统复杂性的持续增长，汽车制造商正在寻求能够提供更高性能、更强安全性和更稳健功能安全的中端 MCU，同时保持成本效益和长期的可靠性与可依赖性。MSPM33C321A-Q1 器件将 MSP 平台的既有优势扩展到更高性能的汽车应用中，同时不牺牲可扩展性和易用性，从而满足了这些需求。

通过结合先进的器件技术和可扩展的软件生态系统，MSPM33 系列提供了强大的处理能力、高级集成式模拟与控制功能，以及现代安全架构。这些特性为汽车制造商提供了一种实用且面向未来的设计，可广泛应用于各类汽车 ECU，为开发可靠、安全且具有潜在成本效益的高性能系统铺平了道路。

## 资源 | 了解更多并开始使用

如需开始针对您的汽车设计评估 MSPM33C321A-Q1 器件，请订购 MSPM33C321A LaunchPad™ 开发套件！借助 MSPM33 代码示例和用户指南，推进您的汽车设计。您也可以通过以下链接查找其他资源：

- [LP-MSPM33C321A LaunchPad™ 开发套件](#)
- [MSPM33C321A-Q1 产品页面](#) - 数据表、技术参考手册、订购等
- [MSPM0Gx5x9 至 MSPM33C32xx 迁移指南](#)

## 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