



摘要

内容

1 简介.....	1
2 汽车芯片的三个准入壁垒.....	1
3 MSPM33 在汽车 BEL 应用中的优势.....	1
3.1 硬件和芯片级特性.....	2
3.2 软件和生态系统支持	2
3.3 MSP 边缘 AI 功能.....	2
4 MSPM33C32 概述.....	2
5 前照灯应用.....	4
6 车身控制模块应用.....	5
7 资源.....	6

商标

TinyEngine™ is a trademark of Texas Instruments.

Bureau Veritas® is a registered trademark of Bureau Veritas.

AUTOSAR® is a registered trademark of AUTOSAR GbR.

Tresos® is a registered trademark of Elektrobit Automotive GmbH.

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

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

全球汽车行业正处于技术变革的关键阶段，车身电子装置和照明领域正成为 MCU 创新的主要战场。微控制器单元 (MCU) 已从简单的外设开关演变为可支持下一代车辆舒适度、外观造型和安全性的神经网络。得益于智能座舱、动态 LED 矩阵照明以及分区控制架构的快速普及，车身电子装置如今在整车半导体用量中占据很大比重。这一战略转变正在从根本上重塑供应链，市场需要高效率、多通道 MCU 来管理复杂的车厢自动化和自适应照明系统，同时为全球汽车制造商提供本地化供应安全性。

2 汽车芯片的三个准入壁垒

与消费类电子产品不同，汽车级半导体必须跨越三项严苛门槛：

1. 功能安全 (ISO 26262)：ASIL B 现在是车身和舒适性控制的基线。对于车窗防夹功能失效这类高风险故障，单点故障覆盖率需达到 90% 及以上，以避免人员受伤。
2. 可靠性 (AEC-Q100)：芯片经过严苛测试，包括 2,000 小时的高温老化 (125°C) 测试、1,000 次热循环测试 (- 55°C 至 150°C) 以及 50G 机械振动测试。芯片必须具有 10 年以上使用寿命，故障率低于 1 FIT。
3. 供应链弹性：为满足 3 到 5 年汽车开发周期要求，供应商须配置专用独立生产线，以实现 15 年以上的长期稳定供货。

3 MSPM33 在汽车 BEL 应用中的优势

MSPM33 专为符合 ASIL B 标准的汽车系统而设计，通过兼顾安全性、成本优势与轻量化开发，助力车身电子市场升级。

3.1 硬件和芯片级特性

这些优势均为在芯片中硬件原生设计，在晶圆制造阶段实现，并通过元件级车规认证验证：

- 出色的单核自检架构
 - 通过直接集成到单核芯片布局中的独特硬件驱动自检机制，实现 ASIL B 功能安全目标，无需传统的锁步第二内核。
- 硬件物料清单 (BOM) 成本降低 40%
 - 单核设计显著减小了裸片尺寸并优化了封装，与采用双核锁步设计的市场竞争对手相比，硬件 BOM 成本减少了高达 40%。
- 通过 AEC-Q100 1 级车规认证
 - 该芯片完全符合严苛汽车环境要求，可在 -40°C 至 125°C 的宽工作温度范围内提供电气和机械稳定性。
- 汽车级零缺陷制造
 - 在专门的制造和组装工厂中制造，遵循严格的 IATF 16949 和 ISO 9001 质量管理体系，并由 Bureau Veritas® (BV) 进行全面审计，防止发生硬件和系统故障。

3.2 软件和生态系统支持

该层由在芯片上运行的软件栈以及为加快客户合规认证和缩短上市时间而提供的全面文档组成：

- 生产就绪型微控制器抽象层 (MCAL) 软件支持
 - 包含开箱即用的 MCAL 软件，可提供在标准 AUTOSAR 基本软件层中定义的基本核心元件。
- 第三方汽车开放系统架构 (AUTOSAR®) 生态系统兼容性
 - 提供与行业标准第三方 AUTOSAR 开发套件 (如 Elektrobit (EB) Tresos®) 的原生兼容性，从而显著降低软件迁移障碍。
- 精简的设计和重用效率
 - 利用模块化和分层软件架构来简化客户端开发周期，从而创建安全、高效且高度可重用的汽车电子系统。
- 可供审计的合规性和交付文档
 - 提供全面的 ISO 26262 功能安全包；客户还可以通过 [ti.com](https://www.ti.com) 申请并立即下载完整的生产件批准程序 (PPAP) 文档。

3.3 MSP 边缘 AI 功能

MSP 边缘 AI 微控制器通过集成名为 TinyEngine™ NPU 的专用硬件加速器，在低延迟和高能效方面提供出色的性能。这种具有成本效益的设计支持各种神经网络层和混合数据类型 (包括 8 位、4 位和 2 位权重)，同时具有灵活的 CPU 和 DMA 集成能力，可将不受支持的层无缝卸载回主 CPU。

MSP 微控制器支持三种主要的机器学习模式，可在边缘高效处理传感器数据：分类、故障和异常检测以及回归。

- 分类旨在将未知的一维、多维或二维图像数据分类为预定义的类别，例如从 3 轴加速度计识别运动类型或识别形状。
- 故障和异常检测侧重于识别一维和多维时间序列数据中的异常系统行为，支持 ECG 节律分析、电弧故障检测和电机预测性维护等应用。
- 最后，回归功能可将传感器输入 (包括 PIR，音频和电压数据) 映射到连续标度而不是离散类别，从而使系统能够根据实时输入数据预测未来的连续状态。

4 MSPM33C32 概述

首款 MSPM33C32xx-Q1 已上市：

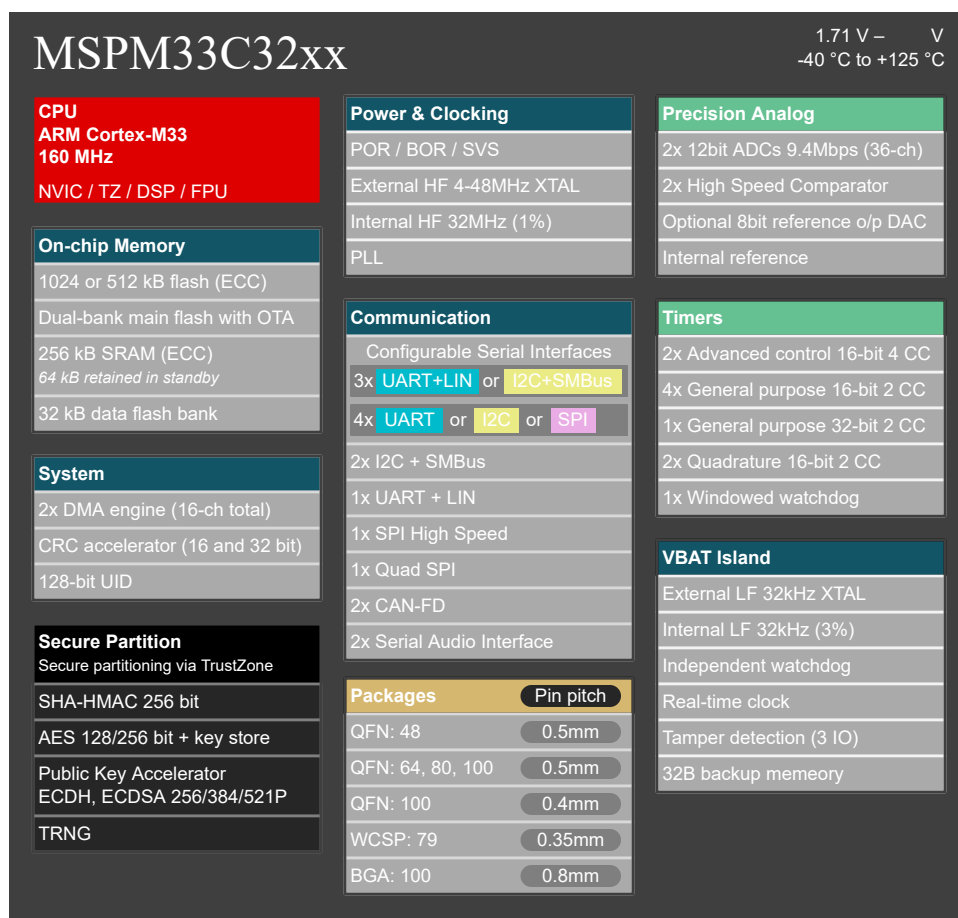


图 4-1. MSPM33C32xx-Q1 (ASIL B) 是一款 160MHz M33C MCU，支持高达 1MB 闪存，集成了安全启动、QSPI 和音频 TDM MCU

- 高级计算引擎
 - 内核：160MHz Arm® Cortex®-M33 CPU，搭载了 TrustZone®、浮点单元 (FPU) 和 DSP 扩展。
 - 存储器架构：集成了高达 1MB 的双组主闪存 (可实现无缝 OTA 和地址交换固件更新) 及 256KB SRAM。这两个存储器都具有完整的硬件纠错码 (ECC) 保护功能。
 - 数据存储：内置 32KB 数据闪存组。
- 集成式高性能模拟
 - 双通道 SAR ADC：两个 12 位 SAR ADC，可实现高达 8Msps 的高吞吐量，总共支持高达 36 个通道。
 - 模拟比较器：两个高速、低功耗模拟比较器，配有内部和可选 8 位基准输出 DAC。
- 控制计时器和执行器
 - 电机控制：高级控制计时器，可驱动多达四个直流电机或两个 BLDC 电机。
 - 计时器套件：完整的计时器阵列，包括两个高级控制 计时器 (16 位 4 CC)、四个通用计时器 (16 位 2 CC)、一个通用计时器 (32 位 2 CC) 和两个正交编码器计时器 (16 位 2 CC)。
- 稳健的连接接口
 - 双路 CAN-FD：两个 CAN-FD 控制器，可提供高达 5Mbit/s 的高速汽车网络吞吐量。
 - 四通道 SPI (QSPI)：一个 QSPI 接口，以 20MBps 的速率提供高吞吐量数据存储和显示连接。
 - UNICOMM 架构：灵活、可重新配置的串行接口，支持多达 8 个 UART、5 个 SPI 或 9 个 I²C 实例。
 - 音频接口：两个串行音频接口，支持高达 4 个串行音频通道，支持 I²S 和 16 个 TDM 时隙。
- 器件安全和系统安全

- 硬件信任根：通过平台安全架构 (PSA) 2 级认证，采用物联网平台安全评估标准 (SESIP)，通过安全启动和安全固件安装，实现不可篡改信任根 (RoT)。
- 加密加速器：适用于 AES-256、SHA-256、ECDH 和 ECDSA 的专用硬件执行单元，内置 32 位真随机数生成器 (TRNG)。
- 故障管理：双 DMA 引擎 (共 16 个通道)、CRC 硬件加速器 (16 位和 32 位)、128 位 UID 以及窗口和独立看门狗计时器 (WDT)。
- VBAT 隔离电源域
 - 具有一个隔离的电池备份域，其中嵌入了独立看门狗、实时时钟 (RTC)、外部和内部低频 32kHz 振荡器、32B 备份存储器以及篡改检测 (三个 IO)。
- 物理规格
 - 温度等级通过 AEC-Q100 一级车规认证，适用于严苛工作环境 (温度范围：-40℃ 至 125℃)。
 - 电源电压：宽工作电压范围，1.71V 至 3.63V。
 - 封装选项：采用 48 引脚 VQFN (7mm x 7mm、0.5mm 间距)、64 引脚 LQFP (12mm x 12mm、0.5mm 间距)、80 引脚 LQFP (14mm x 14mm、0.5mm 间距)、100 引脚 LQFP (16mm x 16mm、0.5mm 间距)、100 引脚 LQFP (14mm x 14mm、0.4mm 间距) 以及 100 引脚 nFBGA (9mm x 9mm、0.8mm 间距)。

5 前照灯应用

1. 丰富的定制外设
 - 20 个 PWM 通道：可驱动多个 LED 灯串、矩阵、冷却风扇和步进电机 (用于灯光位置调节)。
 - 20 个 ADC 通道：提供同步多通道采样，以实现精确的 NTC 温度和电压监控。
2. 密集的通信矩阵
 - 四个 CAN-FD：实现与车身控制模块 (BCM) 或非板载网络的高速主干通信。
 - 四个 SPI：是高级 LED 驱动器 (例如 TPS92682 和 TPS92520) 高速多通道控制的优秀选择。
 - 三个 UART 和两个 I2C：与本地 DC/DC 稳压器和辅助传感器无缝连接。
3. 高性能和计算能力
 - 搭载 FPU 的 160MHz Cortex®-M33：具备充足的高密度运算能力，可无延迟地运行复杂的矩阵 LED/ADB 像素级控制算法。
4. 高级安全性和存储器
 - Arm TrustZone 和不可更改 RoT：确保固件免遭黑客攻击，提供安全启动和硬件隔离分区。
 - 搭载 ECC 的大容量存储器：高达 1MB 的闪存和具有纠错码 (ECC) 的 256kB SRAM，可防止因恶劣汽车 EMI 而导致数据损坏。
5. 无缝汽车生态系统
 - AUTOSAR 支持：包括 MCAL 驱动程序，可加速标准汽车软件开发。

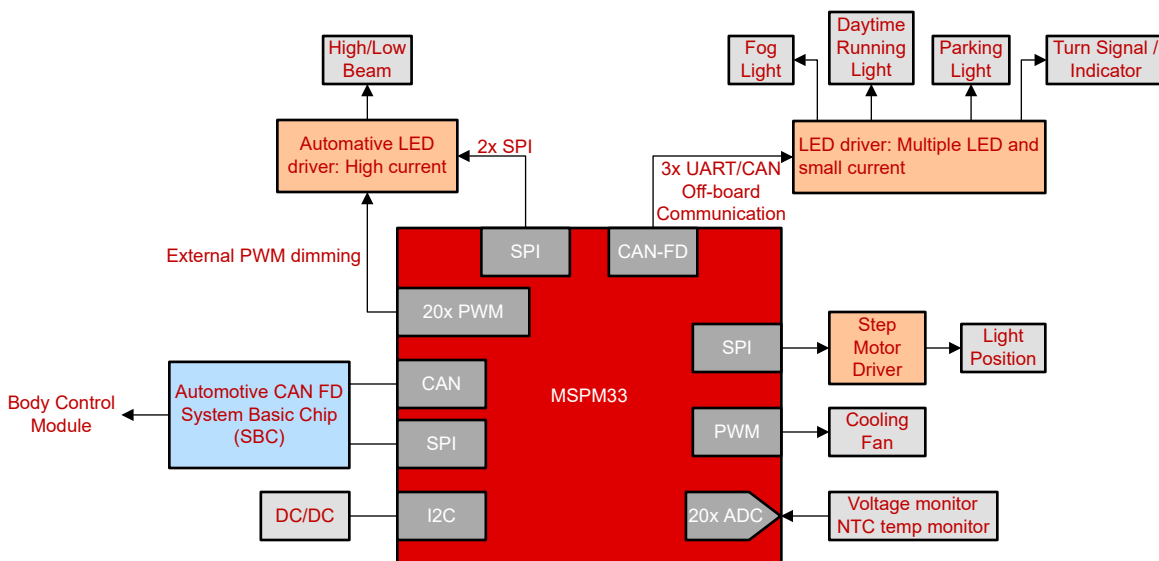


图 5-1. 前照灯应用方框图

6 车身控制模块应用

1. 稳健的域网关 (通信)

- CAN-FD 和 LIN 集成：同时管理高速主干车辆数据 (通过 SBC) 以及本地化低成本照明和后视镜网络。
- 双 I2S 接口：直接驱动两个扬声器驱动器，以输出迎宾铃声、盲区警报或操作咔嚓声。

2. 高速存储器扩展 (计算和存储器)

- XSPI：连接到高速外部闪存以存储复杂的动态光图像阵列 (投影灯) 和高质量音频文件。

3. 全面的输入和输出协调

- MSDI 集成 (通过 SPI)：从多开关检测接口轻松聚合数十种物理开关状态 (车窗、锁定和解锁、儿童锁)。
- 电机控制 (通过 SPI 或 PWM)：无缝控制车窗升降器、软关闭器和车门把手等重负载车身电机的智能栅极驱动器 (DRV 系列)。
- 模拟监控 (ADC 或 I2C)：从环境温度和位置传感器收集多通道输入。

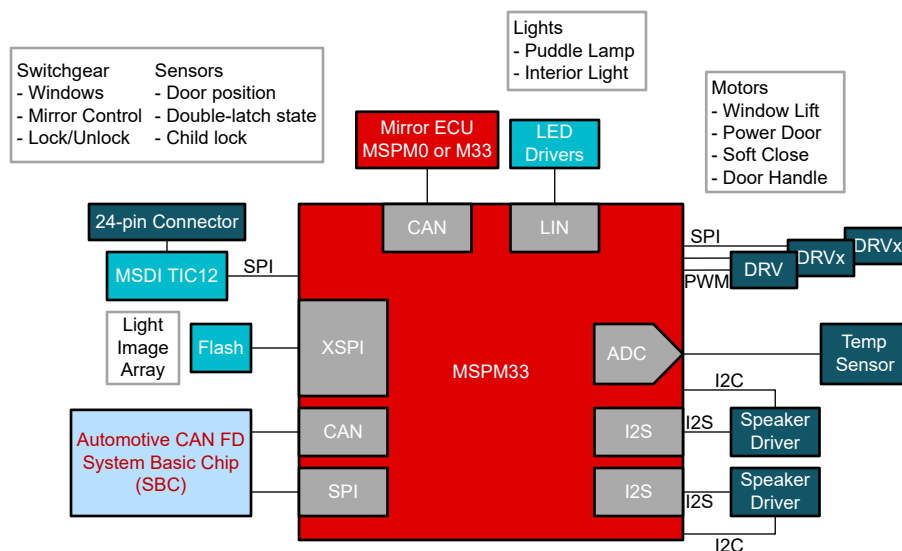


图 6-1. 车身控制模块应用方框图

7 资源

请联系销售团队以获取 mySecure 中的文档，以帮助开发您的项目。

- 德州仪器 (TI), [MSPM33C321A-Q1](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [LP-MSPM33C321A](#), 产品页面。
- 德州仪器 (TI), [功能安全](#) 网页。
- 德州仪器 (TI), [MCAL 访问链接](#)、MCAL (可根据要求提供)。
- 德州仪器 (TI), [EB 工具访问链接](#), EB 工具 (可根据要求提供)。

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