

适用于优质汽车音频的高度集成 DSP 如何重新定义驾驶体验



Manisha Agrawal
Product Marketing Manager
Processors

本白皮书探讨了汽车音频系统的发展，以及高度集成的音频数字信号处理器 (DSP) 如何将曾经是豪华车专属的尖端优质音频技术引入入门级车型。

内容概览

- 

1 汽车音频系统的基础知识
了解现代车辆的音频功能，这些功能随时间推移的演变以及对应的处理要求。
- 

2 汽车音频系统的发展和对先进音频处理的需求
了解系统设计人员在设计优质汽车音频系统时面临的挑战。
- 

3 在设计优质音频系统时选择合适的 SoC 架构
了解选择用于优质音频设计的 SoC 时的关键设备注意事项
- 

4 使用 TI DSP 设计优质音频系统
探索 TI AM62D-Q1 和 AM2754-Q1 DSP 处理器的功能，这些功能旨在为所有车型配置带来优质音频。

简介

无论是上下班通勤、旅行还是简单的跑腿，我们的车辆已经成为我们生活空间的延伸。因此，有效的噪音消除和声音合成等高质量音频系统功能已不再是奢侈品，而是必需品。

DSP 是此次变革的核心、可提供清晰的声音和身临其境的娱乐体验，让旅程愉快而轻松。这些 DSP 是专门为数字信号处理而设计的片上系统 (SoC)，包括 DSP 内核和其他元件，例如内存、输入/输出接口和控制单元。如果要使所有车型都能使用优质音频技术，就需要采用实用的方法来设计此类音频系统。

在这篇白皮书中，我将讨论汽车音频系统的基础知识、各种音频功能随着时间的推移如何发展、这些功能的处理要求以及在不同车型中实施 SoC 时的注意事项。

汽车音频系统的基础知识

在讨论处理元件和汽车音频系统设计趋势之前，让我们先来了解一下汽车音频系统的基本组件。这些系统由三个部分组成：音响主机、外部放大器和扬声器，如图 1 中所示。

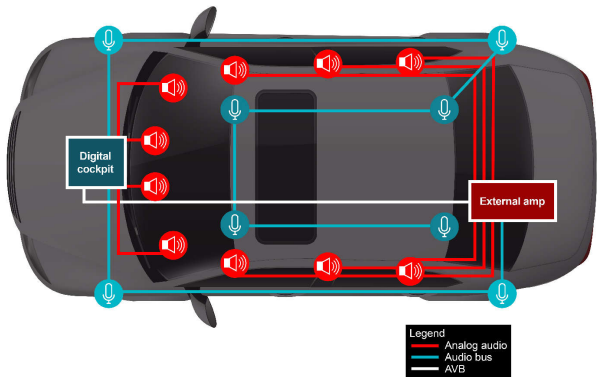


图 1. 具有音响主机、外部放大器和扬声器的标准汽车音频系统。

音响主机是信息娱乐系统的中央元件。音响主机用于管理音频、导航、连接和用户界面功能。主机从智能手机、卫星无线电和高清广播等来源接收音频信号；处理这些信号；并将这些信号发送到放大器。

外部放大器会增强主机处理的音频信号。这样一来，声音会变的更清晰、更响亮。近年来，D 类放大器因其效率高、外形小巧而广受欢迎。

扬声器会将放大的信号转换为可闻声波。

虽然标准的汽车音频系统可以提供不错的音质，但用于音频处理的 DSP 彻底改变了我们在车内听音乐的方式。这些 DSP 通过微调频率、时间校准和声压级别来提高声音质

量。DSP 还可以补偿扬声器的限制和车辆声学，提供精确的控制和更平衡、更愉悦的聆听体验。

图 2 至 图 4 展示了在汽车音频系统中放置 DSP 的三种选项：

- 与音响主机 SoC 集成。
- 作为音响主机中的分立式元件实现。
- 安装为外部放大器中的分立式元件。



图 2. 音响主机主 SoC 中集成的 DSP 内核的简化图。

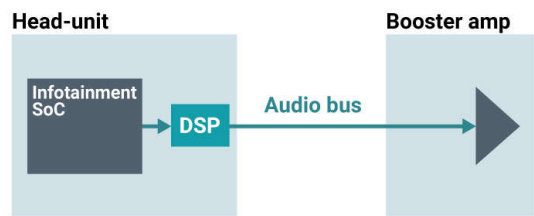


图 3. 位于音响主机内、主 SoC 外部的 DSP SoC 的简化图。

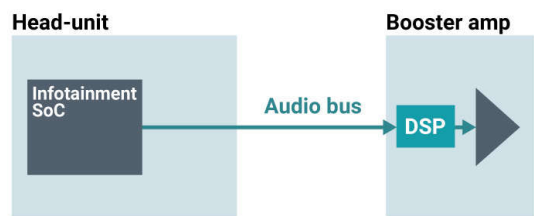


图 4. 位于外部放大器内的 DSP SoC 的简化图。

每个选项各有其优缺点。当前汽车音频系统中最常见的 DSP 实现是在外部放大器中。这种方法具有显著的优势，例如将 DSP 系统设计与快速发展的主机技术分离。该选项还充分提高了可重用性和可扩展性，并促进了车载信息娱乐电子控制单元 (ECU) 组合中音频系统的快速发展。

汽车音频系统的发展和对先进音频处理的需求

汽车音频系统的发展令人瞩目，从基本的单声道设置转变为具有先进降噪技术的复杂 3D 音频环境。随着消费者对增强娱乐选项、个性化舒适度和更安全驾驶环境的需求不断增长，嵌入式处理器的技术进步使得汽车音频系统的进步成为可能。

让我们回顾一下几种音频功能集的演变，以及满足消费者需求所需的相应 SoC 功能。

通过 3D 环绕声和增加扬声器数量增强娱乐体验

在早期，汽车音频系统采用用于 AM 收音机的单扬声器单声道设置。FM 收音机和盒式磁带播放器的推出为车辆带来了双扬声器立体声，增强了聆听体验。随着 21 世纪环绕声系统的推出，汽车音频系统取得了重大进步。

高端汽车如今配备了最先进的 3D 环绕音响系统，可为听众打造仿佛置身于音乐厅或电影院的音频体验。然而，与这种先进的音频体验相伴的是对 SoC 的实时计算能力需求的显著增加。

解码和渲染 3D 环绕声或空间音频需要强大的处理能力。为了创造三维音景，先进的系统会使用扬声器阵列，其中包括顶置扬声器。声音分布和个性化音频区域等功能将使车辆中的扬声器数量进一步增加，达到 32 个或更多。每个额外的扬声器都会增加对音频参数（如均衡器设置、增益和交叉点）动态调节的处理要求。

配备主动降噪功能，使车厢更安静

用户的舒适度，例如更安静的车厢，也是汽车音频系统发展的主要原因。最初，橡胶垫和泡沫等隔音材料吸收了来自发动机、道路或其他噪音源的扰人声音。然而，这些被动方法有局限性，特别是在处理低频噪音方面，并且增加了车辆的重量。

一项重大进步是有缘噪声消除 (ANC)，这一技术使用麦克风检测环境噪音并产生具有相反相位的声波来抵消噪音。如图 5 所示，ANC 可打造更安静、更舒适的驾乘体验，并且已被证明对电动和混合动力汽车至关重要，因为这些汽车没有发动机噪音，这会使道路噪音更加突出。

处理道路噪声消除 (RNC) 等复杂的 ANC 算法需要以非常低的延迟进行高性能实时计算、以避免消除信号的不同步生成，这会降低噪声消除的有效性。

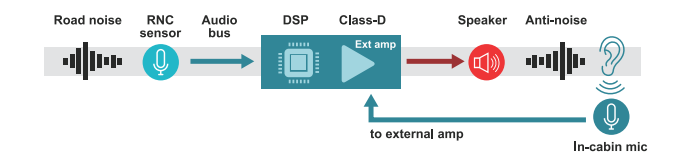


图 5. 基于嵌入式处理器的 ANC 信号链。

利用 ICC 系统使乘客之间的对话清晰可闻。

车载通信 (ICC) 系统可显著提高车辆内通话的便利性和清晰度，尤其是在较大或嘈杂的环境中。通过采用策略性放置的麦克风和先进的 DSP，ICC 系统可以捕捉和放大语音，确保乘客无需提高声音或转头即可轻松交流。这项技术不仅改善了整体出行体验，还可以使驾驶员能够专注于路况，从而提高了安全性。与 RNC 类似，ICC 功能也需要非常低的延迟处理，以避免说话的乘客发出回声。

通过声音合成和警报增强安全性

由于混合动力和电动汽车的音频系统运行时几乎无声，因此需要具备诸如用于声学车辆警报系统 (AVAS) 的发动机声音合成 (ESS) 等功能。混合动力和电动汽车制造商必须遵守安全法规，并让其音频系统产生人造声音来提醒行人注意车辆的存在。功能安全特性的未来集成趋势是朝着国际标准化组织 26262 的汽车安全完整性等级 (ASIL) A 或 ASIL B 风险分类迈进。

车内的铃声和警报也从简单的哔哔声或音调发展到提醒驾驶员和乘客系好安全带，或警告车门仍处于打开状态。车道偏离和碰撞警告等高级驾驶辅助系统警报也需要使用音频。随着车辆中不同铃声和警报的数量不断增加，SoC 对支持高速访问的大容量存储的需求也在不断增加，以便管理高分辨率音频文件并实现流畅的实时播放而不会中断。

表 1 总结了现代车辆的各种音频功能及其处理需求。

音频功能集	高性能和实时计算	低延迟处理	高速外部内存	功能安全要求
3D 环绕立体声	x			
多扬声器训练	x			
RNC	x	x		
ICC	x	x		
警报和提示音			x	
AVAS			x	x

表 1. 现代车辆的各种音频功能及其处理需求。

在设计优质音频系统时选择合适的 SoC 架构

如要将优质音频系统引入所有车型配置，需要原始设备制造商 (OEM) 找到合适的方法，通过可扩展性来降低车辆整体系统成本。例如，OEM 可以开发可重复使用的设计，采用紧凑外形以减少元件和电缆数量。

优质音频系统选择 SoC 时需要考虑三个因素：计算能力、内存集成和其他系统元件的集成。

计算能力

用于处理音频信号的常用内核有两种：

- **通用 CPU 内核**，这类内核可处理连续工作负载。这些内核在编程方面具有出色的灵活性，可执行 DSP 算法，但是不具成本效益或功耗较低。通常情况下，这些内核会用在中低端音频系统中，而此类系统需要多个 CPU 内核来满足处理需求。
- **专用的低功耗 DSP 内核**，这类内核能解决数百万个复杂的数学问题。这些内核可以处理来自音频、视觉、雷达和声纳传感器的实时数据，能够充分提高每个时钟周期的处理能力。与基于标量的传统 DSP 架构相比，采用基于矢量的架构的 DSP 内核具备更高的音频处理性能，同时具有出色的扩展性，在低端和高端数字放大器上均表现良好。然而，DSP 内核并不容易编程，需要熟悉 DSP 硬件功能和软件优化技术才能实现最佳性能。

内存集成

实现高吞吐量音频处理需要 DSP 内核的功能单元每个周期访问内存。在传统的 DSP 架构中，L1 缓存支持单周期内

存访问，但由于成本高昂，其大小非常有限。设计人员现在正在寻找创新的 DSP 内存架构，其中单周期可访问内存大小不受 L1 内存限制。

设计师还更喜欢采用无 DDR 设计，其中 SoC 具有足够的静态随机存取存储器 (SRAM) 大小，可以满足其整个应用程序的内存需求。然而，SoC 集成的 SRAM 大小有限，因为它们成本高昂。由于基于人工智能 (AI) 的算法或高分辨率音频文件的声音合成等高级功能集对内存的需求不断增长，将整个音频应用程序装入无 DDR 的 SoC 中并不总是可行的。因此，除了 SRAM 之外，设计人员还需要具有可扩展内存选项的 SoC，例如高速低功耗双倍数据速率 (DDR) 动态 RAM。

其他系统元件的集成

除了 DSP 之外，优质音频系统还需要其他元件来满足安全要求，并与系统的其他部分进行交互。

为了符合汽车安全功能并运行汽车开放系统架构 (AUTOSAR)，微控制器必不可少。AUTOSAR 是一种开放的标准化软件架构，旨在帮助促进 DSP 与系统其余部分的集成。

硬件安全模块、加密加速和其他元件有助于满足电子安全车辆入侵保护应用 (EVITA) 标准的安全要求。

低延迟音频网络将处理汽车音频系统元件之间的音频信号的精确通信和同步。在需要额外电缆的不同技术中，以太网音频视频桥接 (AVB) 标准是理想之选，因为车辆中已经存在用于连接其他 ECU 的以太网电缆，从而简化了布线架构并降低了整体系统电缆重量和系统成本。

此外，具有可扩展 DSP 性能和内存选择的引脚兼容 SoC 可以减少优质汽车音频系统的研发投资，从而提高音频设计的效率。

使用 TI DSP 设计优质音频系统

TI 创建其汽车音频 DSP 产品组合旨在应对高端汽车音频系统设计难题，并帮助工程师以经济实惠的系统成本实现可扩展的音频性能。得益于我们高度集成的引脚兼容音频 SoC 系列，高级音频不再是高端车辆的专属。无论是入门级系统还是高端系统，设计人均可使用单芯片打造身临其

境的音频体验。结果是车厢内更加安静，同时提供与昂贵的家庭影院系统相媲美的高音质。

这些高度集成的 SoC，包括 TI 的 **AM2754-Q1 MCU** 和 **AM62D-Q1 处理器**，通过将 TI 基于矢量的 C7x DSP 内核、用于边缘 AI 处理的神经处理单元、Arm® Cortex®-R5s MCU、可选的 Cortex-A53 内核、内存、具有时间敏感网络的双端口以太网交换机和硬件安全模块 (HSM) 集成到符合国际标准化组织 (ISO) 26262 TI 功能安全标准的目标 SoC 中，有助于减少汽车音频放大器系统所需的元件数量。集成式 SoC 可以减少元件数量，从而减少物料清单，从而支持以更轻松、更实惠的方式设计优质音频系统。

在处理性能方面，与基于标量的传统音频 DSP 相比，TI DSP 音频处理器中的 C7x DSP 内核可带来四倍以上的提升。C7x 内核与矩阵乘法加速器结合，构成了一个片上神经处理单元，用于处理传统音频算法和基于边缘 AI 的音频算法。得益于这种性能，我们可以在单个 SoC 内管理多个高级音频功能，而无需使用多个 SoC。

此外，SoC 还提供可扩展的存储器选项、使音频工程师能够灵活地使用 TI 的单一音频处理平台来设计各种系统。AM2754 是一款无 DDR MCU，旨在实现卓越的音频计算能力。MCU 的内存架构包含高达 4.5MB 的单周期访问 L2 内存和高达 6MB 的 L3 内存。AM62D-Q1 是一款基于 DDR 的处理器，适用于需要高速外部存储器的优质音频设计。AM62D 的内存架构包含 1.25 MB 的单周期访问 L2 内存，以及用于额外高速外部内存的 32 位 LPDDR4 控制器。

在支持 AUTOSAR 软件方面，片上 Arm Cortex-R5 MCU 内核减少了对外部分立式 MCU 的需求（作为业界通用内核，AUTOSAR 软件可从第三方轻松获得）。符合 ISO 26262 标准的 SoC 能够进一步确保系统设计满足 AVAS 类功能不断发展的音频功能安全要求。

HSM 集成了安全存储、加密硬件加速、安全 CPU 和连接到系统其余部分的硬件接口，符合安全硬件扩展 1.1 和 EVITA 标准的最高级别要求。

集成式以太网交换机采用了具有硬件支持的时间敏感网络和其他功能，为音频网络提供了以太网 AVB 解决方案。图 6 显示了 TI 汽车音频嵌入式处理器的集成元件。

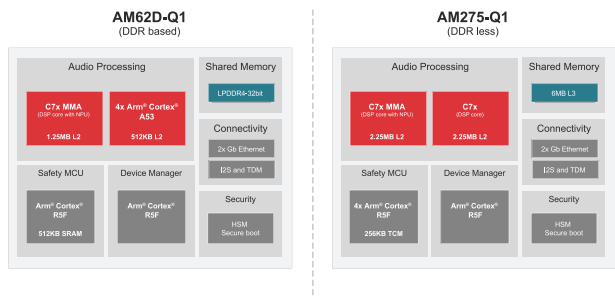


图 6. AM2754-Q1 和 AM62D-Q1 集成概述。

结语

汽车音频已经取得了长足的进步，它最初非常简单，现已发展成为能够提升驾驶体验的复杂系统。无论您是普通听众还是音响发烧友，都不能否认这些发展对我们的日常通勤和公路旅行的影响。通过选择合适的音频 SoC 架构，我们可以将每辆汽车转变为个人音乐厅，令每个节拍都变得清晰而精确。

其他资源

- 阅读技术文章“[使用高度集成的处理器设计高效的汽车优质音频系统](#)”。
- 了解 TI 全系列[端到端音频解决方案](#)，包括放大器、处理器、转换器和开关。
- 参阅 TI 公司博客文章“[重新定义通勤：使用先进的音频技术重塑您的驾乘体验](#)”，了解 TI 汽车音频 DSP 等先进半导体如何提升驾乘体验。

重要声明: 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。建议客户在订购之前获取有关 TI 产品和服务的最新和完整信息。TI 对应用帮助、客户的应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不负任何责任。有关任何其它公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的认可、保证或授权。

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. 所有商标均为其各自所有者的财产。

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