

# 用於高端汽車音訊的高度整合 DSP 如何重新定義駕駛體驗



**Manisha Agrawal**  
Product Marketing Manager  
Processors



# 本白皮書探索汽車音訊系統的演進，以及高度整合的音訊數位訊號處理器 (DSP) 如何將過去僅限於豪華車款的先進高端音訊技術普及至入門級車型。

## 摘要

- 1 汽車音訊系統基礎原理**  
了解現代車輛的音訊功能、演進歷程及處理需求。
- 2 汽車音訊系統的演進與先進音訊處理的需求**  
了解系統設計人員在設計高端汽車音訊系統時面臨的挑戰。
- 3 打造高端音響系統如何選擇合適的 SoC 架構**  
閱讀選擇高端音訊設計 SoC 時的關鍵裝置考量
- 4 以 TI DSP 設計高端音訊系統**  
探索專為將高端音訊普及到所有車型而設計的 TI AM62D-Q1 和 AM2754-Q1 DSP 處理器的功能。

## 簡介

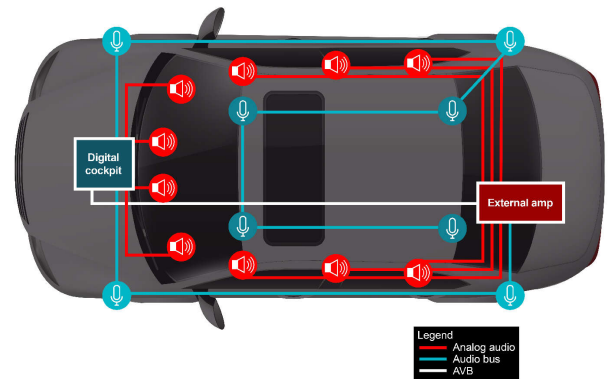
無論是通勤上班、長途旅行，還是日常跑腿代步，汽車早已成為我們生活空間的延伸。因此，高品質的音訊系統功能，包括有效的噪音消除和聲音合成，已不再是奢侈品，而是不可或缺的必需品。

DSP 正是這場音頻革命的核心，確保清晰純淨的音質與震撼的娛樂體驗，讓每一次旅程都變得愉快且無壓力。這些 DSP 是專門設計用於數位訊號處理的系統單晶片 (SoC)，內建 DSP 核心，並整合記憶體、輸入/輸出介面與控制單元等關鍵元件。若要讓所有車輛類型都能使用頂級音訊技術，就必須以務實的方式來設計這類音訊系統。

在這份白皮書中，我們將探討**車用音響系統**的基礎原理、各種音效功能的發展歷程、其所需的處理能力，以及在不同車型上部署 SoC 時應考量的要點。

## 汽車音訊系統基礎原理

在深入探討處理元件與汽車音訊系統設計趨勢之前，讓我們先來看看汽車音訊系統的基本組成部分。這些系統由三個部分組成：主機、外部放大器與揚聲器，如 **圖 1** 所示。



**圖 1.** 配備主機、外部放大器和喇叭的標準汽車音訊系統。

主機是資訊娛樂系統的核心組件。負責管理音訊、導航、連接和使用者介面功能。主機接收來自智慧型手機、衛星收音機和高解析度收音機等來源的音訊訊號，並對這些訊號進行處理，然後傳送至放大器。

外部放大器則負責增強由主機處理後的音訊訊號。它能夠讓聲音更清晰、更響亮。D 類放大器近年來因其高效能和緊湊的外型設計而變得非常流行。

揚聲器將放大後的訊號轉換為可聽見的聲波。

雖然標準的汽車音訊系統能提供不錯的音質，但用於音頻處理的 DSP 卻徹底改變了我們在車輛中聽音樂的方式。這些 DSP 透過精確調整頻率、時間對齊和音量，來提升音質。DSP 還能補償揚聲器的限制和車輛聲學特性，提供精確的控制，並帶來更平衡、愉悅的聆聽體驗。

**圖 2** 至 **圖 4** 展示了在汽車音訊系統中配置 DSP 的三種選項：

- 與主機 SoC 整合。
- 作為主機單元中的獨立元件實現。

- 作為外部功率放大器中的獨立元件安置。

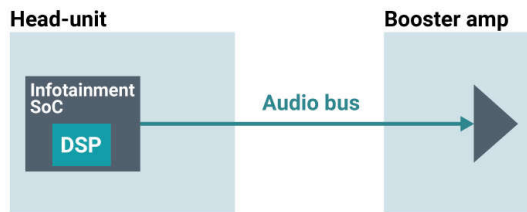


圖 2. DSP 核心整合於主機主 SoC 的簡化示意圖。

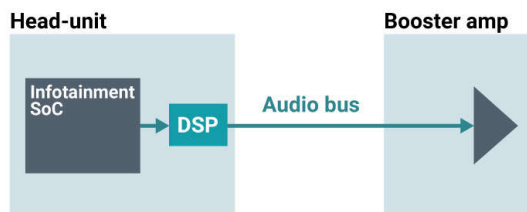


圖 3. DSP SoC 位於主機內部，獨立於主 SoC 的簡化示意圖

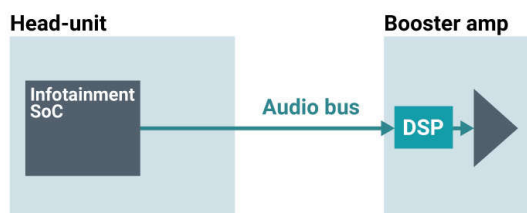


圖 4. DSP SoC 置於外部放大器的簡化示意圖

每個選項都有優缺點。當前汽車音訊系統中最常見的 DSP 實現方式是安裝在外部功率放大器中。此方法可提供許多顯著優勢，例如 DSP 系統設計與快速演進的主機技術脫鉤。此外，這種配置還能最大化系統的可擴展性，並促進車內資訊娛樂電子控制單元 (ECU) 產品系列的音訊系統快速升級。

## 汽車音訊系統的演進與先進音訊處理的需求

汽車音響系統的演進令人驚嘆，從早期的單聲道音效配置，發展到如今擁有先進噪音消除技術的 3D 立體音環境。這一轉變得益於消費者對提升娛樂體驗、個人化舒適性以及更安全駕駛環境的需求不斷增長，同時嵌入式處理器的技術進步也為汽車音訊音響系統的創新提供了可能。讓我們回顧幾項音訊功能的演進歷程，以及滿足消費者需求所需的相應 SoC 性能。

### 提升娛樂體驗，3D 環繞音效與揚聲器數量增加

在早期，汽車音訊系統主要是單揚聲器的單聲道設置，用於 AM 廣播。隨著 FM 廣播和卡帶播放器的引入，車輛開始配備雙揚聲器立體聲音效，提升了聽覺體驗。21 世紀 00 年代，隨著環繞聲系統的推出，汽車音訊系統有了顯著的進步。

如今，高端車型配備了最先進的 3D 環繞音效系統，提供使聽眾仿佛身處音樂廳或電影劇院的音響體驗。然而，這種先進的音頻體驗也帶來了來自 SoC 的大量即時運算需求。

解碼和呈現 3D 環繞音效或空間音頻需要強大的處理能力。為了打造三維聲音效果，先進系統使用多個喇叭陣列，其中包括頭頂喇叭。聲音分佈和個人化音頻區域等功能進一步增加了車內喇叭的數量，已達 32 顆以上。每增加一個喇叭，都會增加處理需求，需要動態調整音頻參數，如均衡器設置、增益和交叉點等。

### 採用主動噪音消除技術的更安靜車內環境

提高使用者舒適度（例如更安靜的車內環境）也是汽車音訊系統演進的主要原因之一。最初，使用橡膠墊和泡沫等隔音材料吸收來自引擎、道路或其他噪音源的噪音。然而，這些被動方法在處理低頻噪音方面存在局限性，並且增加了車輛的重量。

主動式噪音抑制 (ANC) 技術是一項重大進步，它使用麥克風檢測環境噪音，並生成相位相反的聲波來抵消這些噪音。如 圖 5 所示，ANC 技術能讓行車環境更加安靜舒適，且在電動車與油電混合車中尤其重要，因為引擎噪音的消失讓道路噪音變得更加明顯。

處理複雜的 ANC 演算法（如道路噪音消除，RNC）需要高性能的即時運算，並且延遲必須非常低，以避免抵消訊號不同步，從而降低噪音消除的效果。

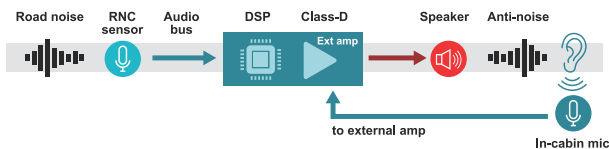


圖 5. 基於嵌入式處理器的 ANC 訊號鏈

### 透過 ICC 系統提升乘客之間對話的清晰度。

車內通訊 (ICC) 系統可大幅提升乘客之間的對話清晰度，特別是在較大或較嘈雜的車內環境中。透過策略性放置的麥克風和先進的 DSP，ICC 系統能夠捕捉並放大語音，確保乘客無需提高音量或轉頭即可輕鬆交流。這項技術不僅提升了改善的旅行體驗，還增強了安全性，讓駕駛人能夠專注於道路。與 RNC 類似，ICC 功能也需要極低延遲的處理，以避免乘客說話時產生回音。

### 透過聲音合成和警示增強安全性

由於混合動力車和電動車的運作幾乎無聲，其音響系統需要引擎聲音合成 (ESS) 等功能，以滿足車輛聲學警示系統 (AVAS) 的需求。混合動力車和電動車製造商必須遵守安全法規，讓音響系統產生人工聲音，以提醒行人車輛的存在。未來，功能安全特性的整合趨勢將朝向國際標準化組織 26262 的汽車安全完整性等級 (ASIL) A 或 ASIL B 風險分類發展。

車內的提示音和警示音也從簡單的嗶嗶聲或音調，演變為提醒駕駛和乘客繫好安全帶或警告車門未關的高級音效。此外，先進駕駛輔助系統的警示功能，例如車道偏離和碰撞警告，也需要音訊支持。隨著車內不同提示音和警示音數量的增加，SoC 需要支援大容量儲存與高速存取，以管理高解析音訊檔案並實現流暢的即時播放，避免中斷。

表 1 總結了現代車輛的各種音訊功能及其處理需求。

音訊功能集	高性能呢效能即時運算	低延遲處理	高速外部記憶體	符合功能安全要求
3D 環繞立體聲	x			
多喇叭訓練	x			
RNC	x	x		
ICC	x	x		
警示和響鈴			x	

音訊功能集	高性能呢效能即時運算	低延遲處理	高速外部記憶體	符合功能安全要求
AVAS			x	x

表 1. 現代車輛的多項音訊功能與對應的處理需求。

## 打造高端音響系統如何選擇合適的 SoC 架構

要讓高端音訊技術普及至所有車型等級，原始設備製造商 (OEM) 必須透過系統可擴充展性來降低整體成本。例如，OEM 可以開發可重複使用的設計，減少元件和線纜數量，並採用緊湊的結構形式。

在選擇高端音訊系統的 SoC 時，有三個關鍵考量因素：運算能力、記憶體整合，以及其他系統元件的整合度。

### 運算能力

在音訊訊號處理中，有兩種類型的核心廣受歡迎：

- 可處理連續工作負載的**通用 CPU 核心**。這些核心具有極高的程式設計靈活性，可以執行 DSP 演算法；然而，它們在成本和功耗效率上並不理想。通常，這些核心用於中低端音訊系統，需要多個 CPU 核心來滿足處理需求。
- 可解決上百萬個複雜數學問題的**專業且高能效的 DSP 核心**。這些核心能夠處理來自音訊、視覺、雷達和聲納感測器的即時資料，最大化每個時脈週期的處理效能。與傳統的基於純量架構的 DSP 相比，採用向量架構的 DSP 核心在音訊處理方面往往能提供更高的性能。並且它們可靈活應用於從低端到高端的數位放大器。然而，DSP 核心的程式設計並不容易，需要熟悉 DSP 硬體特性與軟體最佳化技術，才能實現最佳性能。

### 記憶體整合

要實現高吞吐量的音訊處理，DSP 核心的功能單元需要在每個週期都能存取記憶體。在傳統的 DSP 架構中，L1 快取記憶體支援單週期存取，但由於成本高昂，其容量非常有限。設計人員現在正在尋找創新的 DSP 記憶體架構，讓單週期存取的記憶體容量不再受限於 L1 記憶體的限制。

此外，設計人員更傾向於採用無 DDR 的設計，選擇具有足夠靜態隨機存取記憶體 (SRAM) 的 SoC，以滿足整個應用程式的記憶體需求。然而，由於 SRAM 成本高昂，SoC 中整合的 SRAM 容量通常有限。隨著先進功能（如基於人工智慧 (AI) 的演算法或高解析度音訊檔案的聲音合成）對記

憶體需求的日益增長，將整個音訊應用程式完全整合到無 DDR 的 SoC 中並不總是可行。因此，除了 SRAM 之外，設計人員還需要具有可擴展記憶體選項的 SoC，例如高速低功耗的雙倍資料速率 (DDR) 動態 RAM。

### 整合其他系統元件

除了 DSP 之外，高端音訊系統還需要其他元件來滿足安全性和安全性要求，並與系統的其他部分進行互動。

微控制器是必不可少的，它不僅能符合汽車安全功能的要求，還能執行汽車開放系統架構 (AUTOSAR)，這是一種開放式標準化軟體架構，旨在幫助將 DSP 與系統的其他部分無縫整合。

此外，硬體安全模組、加密加速器和其他元件可以協助滿足電子安全車輛入侵防護應用 (EVITA) 標準的安全性要求。

低延遲的音訊網路則能確保汽車音響系統各組件之間的精確通訊與同步。在需要額外線纜的各種技術中，乙太網路音訊視訊橋接 (AVB) 標準是完美選擇，因為車輛中已經存在用於連接其他 ECU 的乙太網路線纜，這不僅簡化了配線架構，還降低了整體系統的線纜重量和成本。

此外，採用具有可擴充 DSP 性能和記憶體選項的針腳相容 SoC，能夠減少高級汽車音訊系統的研發投入，從而提升音訊設計的效率。

### 以 TI DSP 設計高端音訊系統

TI 打造了專為汽車音訊設計的 DSP 產品系列，旨在解決高端汽車音訊系統的設計挑戰，並幫助工程師以經濟實惠的系統成本實現可擴展的音訊性能。透過我們高度整合且針腳相容的音訊 SoC 系列，高端音響不再僅限於高端車款的專屬配備。設計師使用單一晶片，即可在入門級到高端系統中提供沉浸式的音訊體驗。最終成果就是更安靜的車艙，並且具備能與昂貴家庭劇院系統媲美的高品質音質。

這些高度整合的 SoC，包括 TI **AM2754-Q1 MCU** 和 **AM62D-Q1 處理器**，透過整合 TI 基於向量的 C7x DSP 核心、用於邊緣 AI 處理的神經處理單元、Arm® Cortex®-R5s MCU、可選的 Cortex-A53 核心、記憶體、具備時間敏感網路功能的雙埠乙太網路交換器，以及硬體安全模組 (HSM)，大幅減少了汽車音訊放大器系統所需的元件數量。這些 SoC 符合國際標準化組織 (ISO) 26262 的功能安

全標準，並通過 TI 的功能安全認證。整合式 SoC 不僅能減少元件數量，還能降低物料清單成本，使得設計高端音訊系統變得更加簡單且經濟實惠。

TI DSP 音訊處理器中的 C7x DSP 核心之處理性能是傳統基於純量架構音訊 DSP 的四倍以上。將 C7x 核心與矩陣乘法加速器結合，形成了一個內建的 NPU，能夠處理傳統音訊演算法以及基於邊緣 AI 的音訊演算法。這種高性能使得透過單一 SoC 就能管理多種高級音訊功能，而無需使用多個 SoC。

此外，這些 SoC 提供了可擴展的記憶體選項，讓音訊工程師能夠靈活地使用 TI 的單一音訊處理平台，設計出適用於各種系統的方案。M2754 是一款無 DDR 的 MCU，專為達到最高音訊運算能力而設計。該 MCU 的記憶體架構基於高達 4.5MB 的單週期存取 L2 記憶體，以及高達 6MB 的 L3 記憶體。AM62D-Q1 則是一款基於 DDR 的處理器，專為需要高速外部記憶體的高端音訊設計而打造 AM62D 的記憶體架構包括 1.25MB 的單週期存取 L2 記憶體，以及一個 32 位元的 LPDDR4 控制器，用於擴充高速外部記憶體。

內建的 Arm Cortex-R5 MCU 核心減少了對外部獨立 MCU 的需求，以支援 AUTOSAR 軟體（作為業界標準核心，AUTOSA 軟體可輕鬆從第三方取得）。針對 ISO 26262 標準設計的 SoC，更能因應未來音訊功能安全需求的演進，例如類似 AVAS 功能的需求，從而確保系統設計的前瞻性。

HSM 整合了安全儲存、加密硬體加速、安全 CPU 以及與系統其他部分的硬體介面，滿足 Secure Hardware Extension 1.1 和 EVITA 標準的最高等級要求。

整合的乙太網路交換器具備硬體支援的時間敏感網路等功能，為音訊網路提供了 Ethernet AVB 解決方案。**圖 6** TI 汽車音訊嵌入式處理器的整合元件。

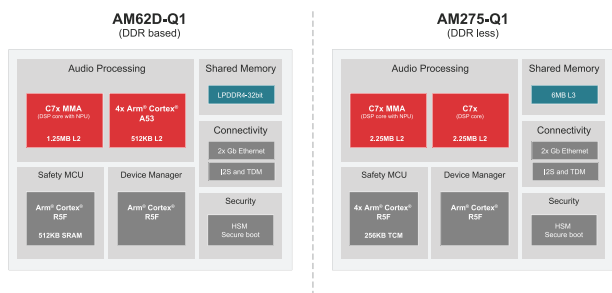


圖 6. AM275-Q1 和 AM62D-Q1 高度整合。

## 結論

車用音訊音響技術已從最初的簡單配置，發展成能大幅提升駕駛體驗的高級音訊音響系統。無論是隨性聆聽，還是對音質有極致追求，這些技術進步都深刻影響著我們的日常通勤與長途旅程。選擇適合音訊的 SoC 架構，能夠將每輛車變成專屬的移動音樂廳，讓每一個音符都清晰純粹，每一個節奏都精準到位。

## 其他資源

- 閱讀技術文章「[設計具有高度整合處理器的高效汽車高端頂級音訊系統](#)」。
- 一覽 TI 全系列端對端[音訊解決方案](#)，其中包括放大器、處理器、轉換器和開關。
- 在 TI 公司部落格文章「[重新定義通勤：先進的音響技術改變您的駕駛體驗](#)」中，了解像 TI 汽車音訊 DSP 這樣的先進半導體，如何提升駕駛體驗。

**重要聲明：**本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. 所有商標均為其各自所有者的財產。

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated