

# 車載用プレミアムオーディオ向け高集積 DSP が、ドライビングエクスペリエンスを再定義する理由



**Manisha Agrawal**  
Product Marketing Manager  
Processors



# 本ホワイトペーパーでは、車載用オーディオシステムの進化と、かつては高級車に限定されていた高集積オーディオデジタル信号プロセッサ (DSP) が最先端のプレミアムオーディオ技術をエントリーレベルのモデルにどのように導入するかについて説明します。

## 概要



### 車載用オーディオシステムの基本事項

現代の車両のオーディオ機能、時代による変化、およびその処理要件について学びましょう。

1



### 車載用オーディオシステムの進化と高度なオーディオ処理の必要性

車載用プレミアムオーディオシステムを設計する際にシステム設計者が直面する課題について理解しましょう。

2



### プレミアムオーディオシステムを設計における適切な SoC アーキテクチャの選択

プレミアムオーディオ設計に適した SoC を選定する際の重要なデバイスの考慮事項について読んでみましょう。

3



### TI の DSP を使用したプレミアムオーディオシステムの設計

すべてのトリムモデルにプレミアムオーディオを提供するために設計された、TI の AM62D-Q1 および AM2754-Q1 DSP プロセッサの特長について説明します。

4

## はじめに

通勤、ドライブ旅行、またはちょっとした用事を済ませるときなど、車は私たちの生活空間の延長になっています。その結果、効果的なノイズキャンセリングやサウンド合成などの高品質なオーディオシステム機能はもはや贅沢ではなく、必要不可欠なものとなりました。

DSP は、この変革の中心にあり、クリアな音質と没入感のあるエンターテインメント体験を提供することで、移動時間を快適でストレスフリーなものにしています。これらの DSP は、デジタル信号処理専用のシステムオンチップ (SoC) であり、DSP コアに加え、メモリ、入出力インターフェース、制御ユニットなどの追加コンポーネントを搭載しています。すべての車両タイプにプレミアムオーディオ技術を導入するには、この種のオーディオシステムを設計するための実用的な設計アプローチが必要となります。

本ホワイトペーパーでは、**車載用オーディオシステム**の基本事項、各種オーディオ機能が時代の流れと共にどのように進化してきたか、これらの機能の処理要件、および車両タイプごとに SoC を実装する際の検討事項について解説します。

## 車載用オーディオシステムの基本事項

処理コンポーネントと車載用オーディオシステムの設計トレンドについて論じる前に、まず車載用オーディオシステムの基本的構成について見てみましょう。これらのシステムは、**図 1**で示されるようにヘッドユニット、外部アンプ、スピーカの 3 つの部分で構成されています。

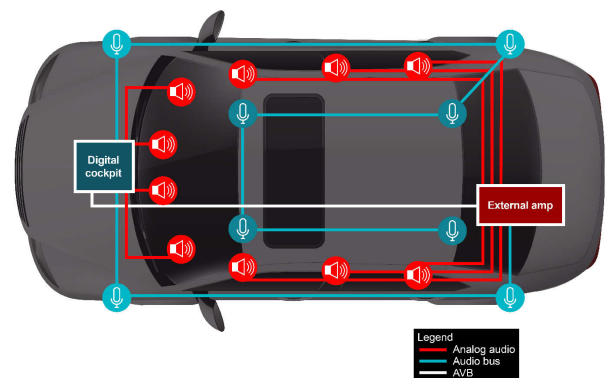


図 1. ヘッドユニット、外部アンプ、スピーカを搭載した標準的な車載用オーディオシステム。

ヘッドユニットは、インフォテインメントシステムの中心的なコンポーネントです。オーディオ、ナビゲーション、接続性、ユーザーインターフェースの機能を管理します。ヘッドユニットは、スマートフォン、衛星ラジオ、HD ラジオのような音源からオーディオ信号を受信し、処理を行った後、アンプに送信します。

外部アンプは、ヘッドユニットで処理されたオーディオ信号を増幅し、音がよりクリアになり、音量も大きくなります。Class-D アンプは、高い効率性かつコンパクトな形状であることから、近年非常に人気が高まっています。

スピーカは増幅されたオーディオ信号を可聴音の音波に変換します。

標準的な車載用オーディオシステムでも十分な音質を得られますが、オーディオ処理用 DSP により、車内での音楽鑑賞のあり方は大きく変わりました。これらの DSP は、周波数、夕時間軸調整、レベルを微調整する方法で、音質を改善します。また、DSP はスピーカの限界や車内の音響特性を補正し、正確な制御とよりバランスのとれた快適なリスニング体験を提供します。

図 2 から図 4 までの図は、車載オーディオシステムにおける DSP の配置オプションを 3 つ示しています。

- ヘッドユニットの SoC に統合。
- ヘッドユニット内の独立したコンポーネントとして実装。
- 外部アンプ内の独立したコンポーネントとして実装。

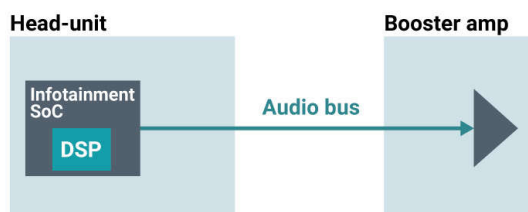


図 2. ヘッドユニットのメイン SoC に統合された DSP コアの簡略図。

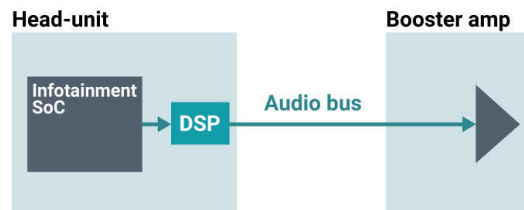


図 3. ヘッドユニット内部でメイン SoC の外側に配置された DSP SoC の簡略図。

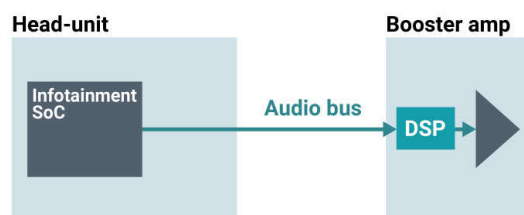


図 4. 外部アンプに收容された DSP SoC の簡略図。

各オプションには長所と短所があります。現在の車載用オーディオシステムで最も一般的な DSP の実装方法は、外部アンプ内への配置です。このアプローチには、急速に進化するヘッドユニット技術から DSP システムの設計を分離するなど、大きな利点があります。また、このオプションは、再利用性とスケーラビリティの最大化ができ、車載インフォテインメント ECU (電子制御ユニット) の全製品ラインアップでオーディオシステムを急速に進歩させます。

### 車載用オーディオシステムの進化と高度なオーディオ処理の必要性

車載用オーディオシステムの進化は目覚ましいもので、基本的なモノラル音声システムから、高度なノイズキャンセリング技術を備えた洗練された 3D オーディオ環境へと発展してきました。より充実したエンターテインメントオプション、パーソナライズされた快適性、安全な運転環境に対する消費者の需要の高まりによって、組み込みプロセッサの技術進歩が車載用オーディオシステムの進化を可能にしています。

いくつかのオーディオ機能セットの進化と、それに対応する消費者の要求を満たすのに必要な SoC 機能について見ていきましょう。

### 3D サラウンドサウンドとスピーカ数の増加によるエンターテインメントの向上

車載用オーディオシステムの初期は、AM ラジオ用の単一スピーカーによるモノラルセットアップが一般的でした。FM ラジオとカセットプレーヤーの導入により、2 スピーカのステレオサウンドが車両に搭載され、リスニング体験が向上しました。2000 年代にはサラウンドサウンドシステムの導入で、大きな進歩が見られました。

高級車両には、最新の 3D サラウンドサウンドシステムが搭載され、コンサートホールや映画館にいるかのようなオーディオ環境を実現しています。ただし、この高度なオーディオ環境を実現するには、SoC のリアルタイムコンピューティング要件の大幅な増加が伴います。

3D サラウンドサウンドや空間オーディオのデコードとレンダリングには、かなりの処理能力が必要です。3 次元の音響空間を創出するために、高度なシステムでは天井スピーカを含む多数のスピーカを使用します。音の分布やカスタマイズされたオーディオゾーンなどの機能により、車両のスピーカ数は 32 以上に増加しつつあります。スピーカの追加ごとに、イコライザ設定、ゲイン、クロスオーバーポイントなどのオーディオパラメータを動的チューニングに必要な処理負荷も増大します。

### アクティブノイズキャンセリング機能による静かな車内空間

ユーザーの快適性、特に静粛性を高めた車内環境も、車載用オーディオシステムの進化を推進する主要因の一つです。初期の段階では、ゴムマットやフォームなどの防音材を使用して、エンジン音や路面ノイズなどの不要な音を吸収していました。しかし、これらのパッシブ方式には限界があり、特に低周波ノイズへの対応や車両重量の増加などの課題がありました。

アクティブノイズキャンセレーション (ANC) は、大きな進歩であり、マイクを使用して周囲のノイズを検出し、その音と逆位相の音波を生成してノイズを打ち消します。ANC により、より静かで快適な乗り心地が実現され、図 5 で示すように、電気自動車やハイブリッド車では、エンジン音がほぼ無音であるた

め、路面ノイズがより目立つことから、その重要性が増しています。

ロードノイズキャンセレーション (RNC) などの複雑な ANC アルゴリズムを処理するには、高性能なリアルタイムコンピューティングが必要となります。極めて低遅延で処理を行うことで、ノイズキャンセレーションの効果を低下させる可能性のある、キャンセル信号の同期外れの発生を回避することができます。

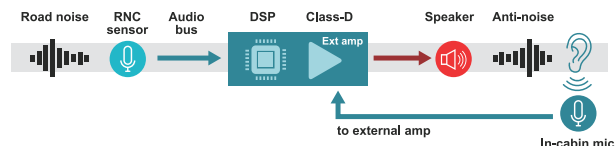


図 5. 組み込みプロセッサをベースとする ANC シグナルチェーン。

### 乗員間の会話を明瞭にする ICC システム

車内コミュニケーション (ICC) システムは、大型車両や騒音の多い環境において、車内での会話の明瞭性を大幅に向上させます。戦略的に配置されたマイクと高度な DSP を採用することで、ICC システムは音声をキャプチャし、増幅することで、乗員が声を張り上げたり振り向いたりせずにスムーズに会話できるようにします。この技術は、移動中の全般的な快適性が向上するだけでなく、ドライバーが路上への集中力を維持できるようにすることで、安全性の向上にもつながります。RNC と同様に、ICC 機能も話している乗員の声のエコーを防ぐために、極めて低遅延な処理能力が求められます。

### 音声合成と警告音により安全性を向上

ハイブリッド車や電気自動車は、そのほぼ無音の動作特性から、エンジン音合成 (ESS) を活用した音響車両警報システム (AVAS) が必要となります。ハイブリッド車と電気自動車のメーカー各社は、安全規制に準拠し、自社のオーディオシステムで人工音を生成して、歩行者に自動車の存在を警告する必要があります。将来的には、機能安全の統合が進み、国際規格 ISO 26262 の自動車用安全度水準 (ASIL) A または B に分類されるリスク分類に向かう傾向にあります。

車内のチャイムや警告音も、単純なビープ音やトーン音から、運転者や同乗者にシートベルトの着用を促したり、ドアが開いたままであることを警告したりするものへと進化しています。車線逸脱や衝突警告などの高度運転支援システム (ADAS)

の警告音も、オーディオが必要です。車内で使用される異なるチャイムや警告音の種類が増えるにつれて、高解像度のオーディオファイルを管理し、リアルタイムでスムーズな再生を実現するために、SoC には大容量のストレージと高速アクセス機能が求められます。

表 1 は、現代の自動車における各種オーディオ機能と、それに必要な処理要件をまとめています。

オーディオ機能セット	高性能のリアルタイムコンピューティング	低レイテンシの処理	高速外部メモリ	機能安全の要件
3D サラウンドサウンド	x			
複数のスピーカトレニング	x			
RNC	x	x		
ICC	x	x		
警告音とチャイム			x	
AVAS			x	x

表 1. 現代の自動車のさまざまなオーディオ機能とその処理のニーズ

## プレミアムオーディオシステムを設計における適切な SoC アーキテクチャの選択

すべての車種にプレミアムオーディオを導入するには、自動車メーカー (OEM) がスケラビリティを活用して、車両全体のシステムコストを削減する方法を見つけることが重要です。たとえば、OEM はコンパクトな形状でコンポーネントやケーブルの数を削減する再利用可能な設計を開発することができます。

プレミアムオーディオシステムで使用する SoC を選択する際には、コンピューティング能力、メモリの統合、その他のシステムコンポーネントの統合という 3 つの検討事項があります。

### コンピューティング能力

オーディオ信号処理のコアには、次の 2 種類が一般的です。

- シーケンシャルワークロードを処理可能な汎用 CPU コア。これらのコアはプログラミングの柔軟性が高く、DSP アルゴリズムを実行できますが、コスト効率や消費電力効率はそれほど優れていません。通常、これらのコアは、処

理ニーズを満たすために複数の CPU コアを必要とする低～中価格帯のオーディオシステムで使用されます。

- 何百万もの複雑な数学的問題を解決できる、特化型で省電力な DSP コア。これらのコアは、オーディオ、ビジョン、レーダー、ソナーセンサなどから取得したリアルタイムデータを処理し、クロックサイクルごとの処理能力を最大化します。ベクトルベースのアーキテクチャの DSP コアは、オーディオ処理用の従来のスカラーベース DSP アーキテクチャと比較して高い性能を発揮する傾向があります。ローエンドからハイエンドのデジタルアンプまで、幅広く対応します。しかし、DSP コアのプログラミングは簡単ではなく、最高の性能を得るには、DSP ハードウェア特性やソフトウェアの最適化技術に精通している必要があります。

### メモリの統合

高スループットのオーディオ処理を実現するには、DSP コアの機能ユニットが毎サイクルでメモリにアクセスできることが重要です。従来の DSP アーキテクチャでは、L1 キャッシュ・メモリはシングルサイクルのメモリアccessをサポートしていませんが、コストが高いためサイズが非常に限られています。設計者は現在、シングルサイクルでアクセス可能なメモリサイズが L1 メモリに制約されない革新的な DSP メモリアーキテクチャを求めています。

また、設計者は、アプリケーションのメモリ全体のニーズを満たす十分なスタティックランダムアクセスメモリ (SRAM) サイズの SoC を備えた DDR レスの設計を好みます。ただし、SoC は高コストのため、統合できる SRAM のサイズは限られています。AI (人工知能) ベースのアルゴリズムや高解像度オーディオファイルを用いた音響合成など、先進的な機能セットのメモリ需要が増加している音を考えると、DDR レスの SoC にオーディオアプリケーション全体を収めることが常に実現可能とは限りません。したがって、SRAM に加えて、設計者は高速で低消費電力のダブルデータレート (DDR) ダイナミック RAM などのスケラブルなメモリオプションを搭載した SoC も必要になります。

### その他のシステムコンポーネントの統合

プレミアムオーディオシステムには、DSP に加えて、安全性やセキュリティ要件を満たし、システムの他の部分と相互作用するための追加コンポーネントが必要です。

マイコンは、自動車の安全機能に準拠するため、また DSP をシステムの他の部分と統合しやすくするために設計されたオープンかつ標準化されたソフトウェアアーキテクチャである AUTOSAR (Automotive Open System Architecture) を実行するために必要です。

ハードウェアセキュリティモジュール、暗号化アクセラレーション機能、その他のコンポーネントは、EVITA (E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications) 規格のセキュリティ要件を満たすのに役立ちます。

低遅延伝送できるオーディオネットワークは、車載用オーディオシステムコンポーネント間の高精度な通信と同期を処理します。追加ケーブルを必要とする各種の技術の中でも、AVB (Ethernet Audio Video Bridging) 規格は最適な選択肢です。イーサネットケーブルは、他の ECU を接続するためにすでに車内に存在しているため、配線アーキテクチャを簡素化し、システム全体のケーブル重量とシステムコストを削減します。

さらに、スケーラブルな DSP 性能とメモリオプションを備えたピンツーピン互換 SoC を採用することで、車載用プレミアムオーディオシステムの研究開発投資を抑えつつ、効率的なオーディオ設計をもたらします。

## TI の DSP を使用したプレミアムオーディオシステムの設計

TI は、車載用プレミアムオーディオシステム設計の課題に対応し、エンジニアが手頃なシステムコストでスケーラブルなオーディオ性能を実現できるよう、車載用オーディオ DSP 製品ラインナップを開発しました。TI の高度に統合されたピン互換のオーディオ SoC ファミリーにより、高級オーディオはもはや高級車専用のものでなくなりました。設計者は、シングルチップを使用して、エントリーレベルからハイエンドのシステムまで、没入感のあるオーディオ体験を提供することができます。その結果、車内の静粛性が高まり、高品質なサウンドは高価なホームシアターシステムにも匹敵します。

テキサス・インスツルメンツの **AM2754-Q1 MCU** や **AM62D-Q1 プロセッサ** を含むこれらの高集積 SoC は、TI のベクトルベースの C7x DSP コア、エッジ AI 処理用のニューラルプロセッシングユニット、Arm® Cortex®-R5F MCU、オブ

ジョンの Cortex-A53 コア、メモリ、TSN (Time-Sensitive Networking) 対応の 2 ポートイーサネットスイッチ、ハードウェアセキュリティモジュール (HSM) を ISO (国際標準化機構) 26262 準拠の TI 機能安全対応 SoC に統合することで、車載オーディオアンプシステムに必要なコンポーネント数を削減します。統合型 SoC の採用により、コンポーネント数の削減と、それに伴う部品表 (BOM) の低減が可能になり、プレミアムオーディオシステムの設計がより簡単かつ低コストになります。

TI の DSP オーディオプロセッサの C7x DSP コアは、従来のスカラーベースのオーディオ DSP と比較して 4 倍以上の処理性能を発揮します。C7x コアと行列乗算アクセラレータを組み合わせることで、従来のオーディオアルゴリズムとエッジ AI ベースのオーディオアルゴリズムの両方を処理できるオンチップ NPU が形成されます。この性能により、複数の SoC を使用する代わりに、単一の SoC 内で複数のプレミアムオーディオ機能を管理できるようになります。

さらに、SoC はスケーラブルなメモリオプションを提供しているため、オーディオエンジニアは TI の単一オーディオ処理プラットフォームを使用して幅広いシステムに対応する柔軟な設計が可能になります。AM2754 は、最高レベルのオーディオ演算能力を実現するよう設計された DDR レスの MCU です。この MCU のメモリアーキテクチャは、最大 4.5MB のシングルサイクルアクセス L2 メモリと最大 6MB の L3 メモリをベースにしています。AM62D-Q1 は、高速外部メモリを必要とするプレミアムオーディオ設計向けの DDR ベースプロセッサです。AM62D のメモリアーキテクチャには、1.25MB のシングルサイクルアクセス L2 メモリと、追加の高速外部メモリ用の 32 ビット LPDDR4 コントローラが搭載されています。

また、オンチップの Arm Cortex-R5 MCU コアは、AUTOSAR ソフトウェアの実行に必要な外部 MCU の数を低減します (AUTOSAR は業界標準のコアであり、サードパーティから容易に入手可能です)。ISO 26262 に対応するために特化した SoC は、AVAS のような機能の進化するオーディオ機能安全要件を満たし、システム設計の将来性をさらに高めることができます。

セキュアストレージ、暗号化ハードウェアアクセラレーション、セキュア CPU、およびシステムの他の部分とのハードウェア

インターフェースを統合した HSM は、Secure Hardware Extension 1.1 および Evita 規格の最高レベルの要件を満たします。

ハードウェアでサポートされている TSN (Time-Sensitive Networking) などの機能を搭載した統合型イーサネットスイッチにより、オーディオネットワーク用のイーサネット AVB ソリューションが実現します。図 6 は、TI の車載用オーディオ組み込みプロセッサの統合されたコンポーネントを示します。

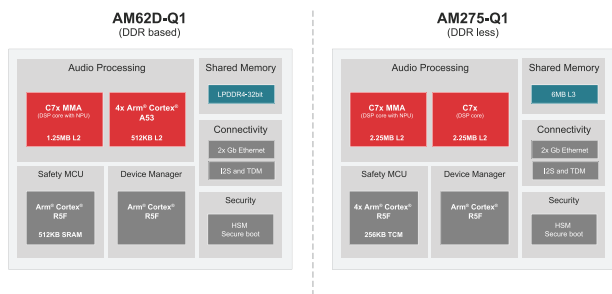


図 6. AM2754-Q1 および AM62D-Q1 の高度な統合。

## まとめ

車載用オーディオは初期のシンプルで基本的な機能から大きく進化し、ドライビングエクスペリエンスを向上させる洗練されたシステムへと大きく発展してきました。カジュアルなリスナーであれ、オーディオファンであれ、こうした技術の進歩が私たちの日々の通勤やドライブ旅行に与える影響は計り知れません。オーディオに適した SoC アーキテクチャを選択することで、あらゆる車両をすべてのビートが完璧な明瞭さと精度で響き渡る個人専用のコンサートホールへと変貌させることができます。

## その他の資料

- 技術記事「[高集積プロセッサを活用した高効率の車載用プレミアムオーディオシステムの設計](#)」をお読みください。
- アンプ、プロセッサ、コンバータ、スイッチなど、TI の[エンドツーエンドのオーディオソリューション](#)の全ラインアップをご覧ください。

**重要なお知らせ:**ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries) in the US and/or elsewhere. すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

- TI の車載用オーディオ DSP などの高度な半導体が、どのようにドライビングエクスペリエンスを向上させるかについては、TI のカンパニーブログ記事「[通勤時間の再定義：先進のオーディオ技術が運転を変える](#)」をご覧ください。

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、ます。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated