

## Application Note

# 車載シートシェイカー アプリケーションにおける TI オーディオアンプの使用



Justine Smith

### 概要

本稿では、車載シートシェイカーシステムにおける TI オーディオアンプの適用について検討します。このシステムは、シートの振動を通じて、安全警告、オーディオ強化、そして高級車における快適性機能のためのフィードバックを提供します。このドキュメントでは、線形共振アクチュエータ (LRA)、偏心回転質量 (ERM) モータ、ソレノイドを取り上げ、これら 3 つの主要な振動技術が、従来のオーディオスピーカの要件とよく適合することを示します。Class-D オーディオアンプを活用することで、車載設計者は統合されたオーディオインフラを用いて、従来のスピーカと振動要素の両方を効率的に駆動できます。本稿では、チャネル数、必要な出力電力、追加機能に基づいて適切な TI アンプを選定するための基準を示し、これらの新興のシートシェイカー アプリケーションに使用可能な車載認定デバイスの一部を紹介します。

## 1 はじめに

高級車では、運転手の体験を向上させるとともに、さらなるフィードバックや支援を提供することが求められています。このようなフィードバックを提供する方法の一つとして運転席を振動させるシェイカーが用いられています。これらの振動は、後退時の衝突警告やレーンアシストといった安全警告として利用できるほか、オーディオの低音強調など、快適性向上の機能にも活用されます。最上位クラスの車両では、この技術を腰部のマッサージ機能として利用することもできます。同じ技術は、ドライビングシミュレータやアミューズメント施設のアトラクションにも応用できます。

シート振動は一般的なモータドライバでも実現できますが、オーディオアンプはシステム内の既存のオーディオインフラと親和性が高いため、システム設計者にとって魅力的な選択肢となります。適切に選定されたマルチチャネルClass-Dアンプであれば、振動要素に必要な電力を供給すると同時に、従来のオーディオスピーカーも駆動できます。振動効果のために選択された周波数は、一般的にオーディオ帯域幅(20Hz ~ 20kHz)内にも含まれており、この用途に最適です。

## 2 振動荷重のタイプ

振動要素は、一般的に次の3種類のいずれかに分類されます：リニア共振アクチュエータ(LRA)、偏心回転質量(ERM)モータ、またはソレノイド。

### 2.1 リニア共振アクチュエータ(LRA)

LRAは、従来のスピーカーのコイル構造に最も近い設計です。電磁石に印加された電圧により、加えられたAC信号に応じて、ばねに固定された質量が振動します。必要な電圧は通常低く(2Vrms)、移動する質量によって生じる力は線形方向のみに作用するため、明確に定義された方向性のある力が得られます。ただし、この力はLRAの共振周波数付近で大きく向上する一方で、有意な力を発生させられる周波数範囲は制限されてしまいます。LRAの共振周波数は一般的に100Hz ~ 300Hzの範囲にあります。LRAはスピーカーと構造が似ており、交流信号を使用するため、オーディオアンプと一緒に組み合わせることができます。

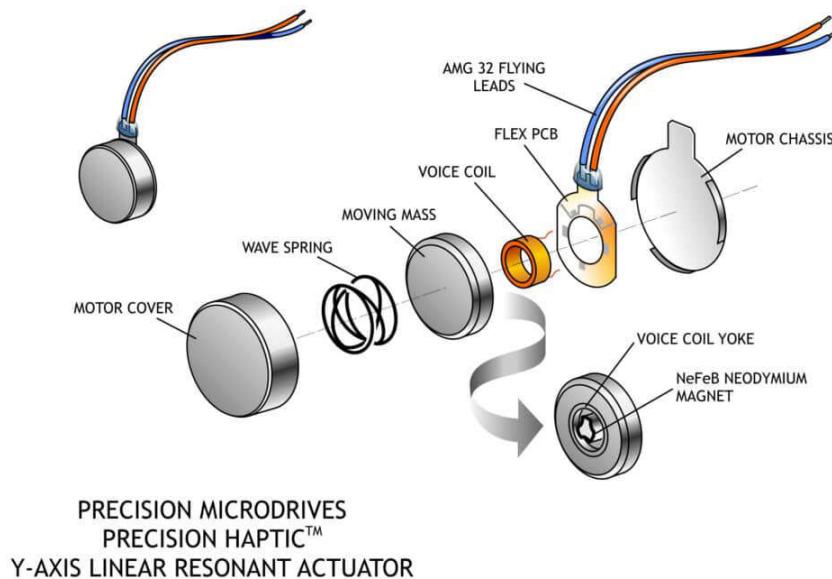


図 2-1. Precision Motordrives™ 提供による LRA のアーキテクチャ

## 2.2 偏心回転質量 (ERM)

ERM はブラシ付き DC モータと同様に動作し、DC 電圧を用いてアンバランスな質量を回転させます。発生する力は方向性を持たず、また質量の立ち上がりおよび減速が遅いという特性があります。その結果、得られる感触は LRA ほどシャープでも明確でもありません。ただし、ERM には LRA のような共振による制約がなく、より高い周波数で振動させることで、発生する力を高めることができます。オーディオは通常 AC 専用のアプリケーションですが、TI のオーディオアンプはハイパスフィルタを無効化することで、出力に DC 信号を駆動することも可能です。

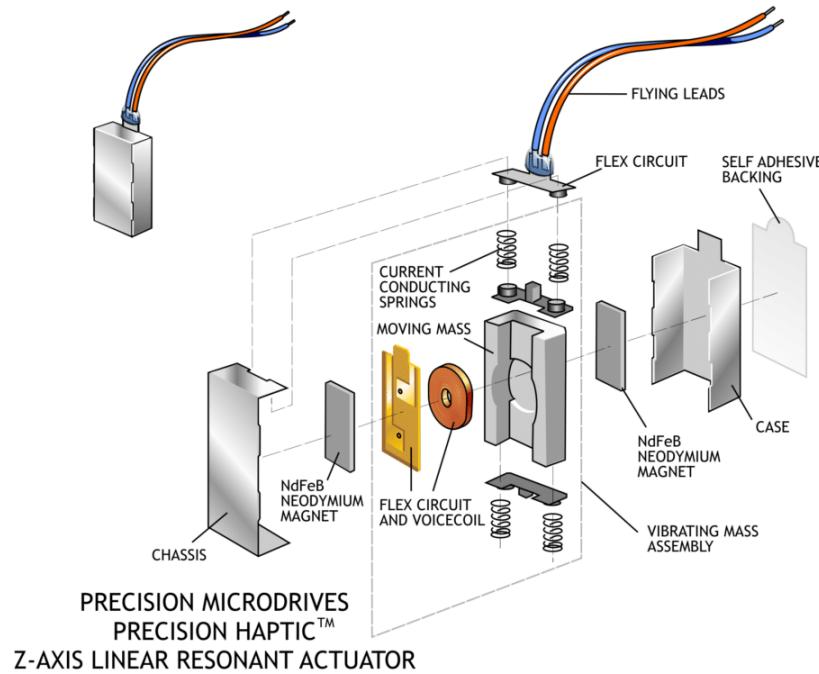


図 2-2. Precision Motordrives™ 提供による ERM のアーキテクチャ

## 2.3 ソレノイド

ソレノイドには、力を発生させるためのさまざまな種類があり、プッシュ/プル型、ラッチ/双安定型、比例型などがあります。各タイプはいずれも DC または AC 信号を用いて力を発生させますが、これらはいずれもオーディオ アンプでサポートされています。各タイプの詳細については、こちらをご覧ください。使用するソレノイドの種類にかかわらず、Class-D アンプで用いられる H ブリッジは、これらのソレノイドを駆動するドライバとしても機能します。

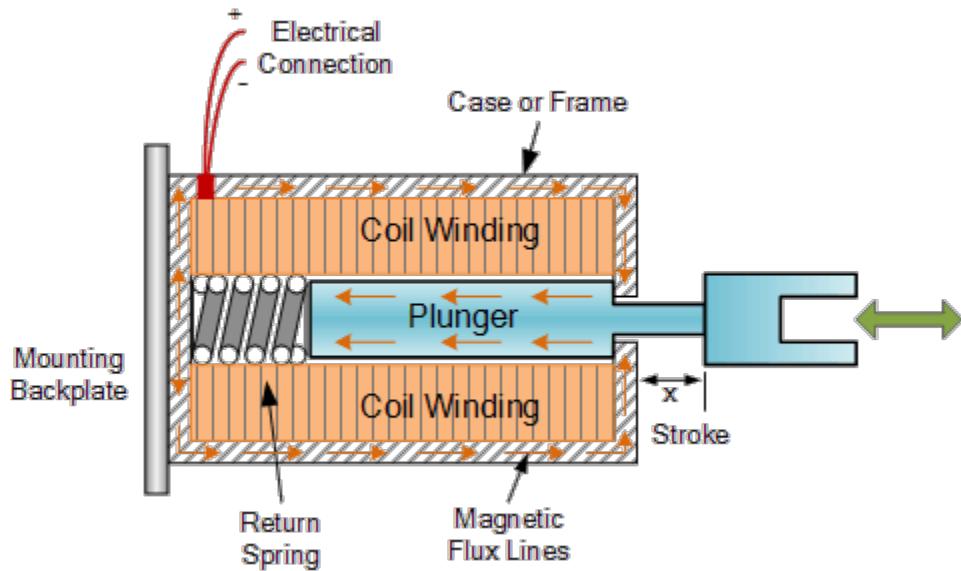


図 2-3. Aspencore, Inc.© 提供によるソレノイドのアーキテクチャ

### 3 TI のオーディオ アンプを選択

LRA、ERM、ソレノイドは、一般的に、オーディオ スピーカのインピーダンスと同程度の範囲に収まる DC インピーダンスを持っています:  $4\Omega - 16\Omega$ 。そのため、ほぼあらゆる Class-D オーディオ アンプで、これらの負荷を容易に駆動できます。適切なデバイスを選定するためには、さらに検討すべきパラメータがいくつかあります。評価基準には、以下が含まれますが、これらに限定されるものではありません:

- チャネル数
- チャネルあたりの出力電力
- 電源電圧
- オーディオ入力ソース (アナログまたはデジタル)
- 動的処理 (イコライザ、圧縮など)
- 負荷診断

TAS6424E-Q1 は、必要なアクチュエータに加えて車載スピーカーも駆動できる能力を備えており、この種のアプリケーションに適したデバイスです。共通の設計により、スピーカー負荷を容易に駆動できるだけでなく、同じデジタル オーディオ バスから追加のチャネルを用いてアクチュエータを駆動することも可能です。

このアプリケーション向けの主要デバイスについての簡単な選定ガイドについては、[表 3-1 を参照してください。](#)

**表 3-1. 車載アンプの主要デバイス**

デバイス	チャネル数	チャネル当たりの出力電力: THD < 10% @ 4Ω	電源電圧	主な特長
TAS6424E-Q1	4	75W	4.5V~26.4V	2MHz スイッチング、負荷診断、40V ロードダンプ対応
TAS6754-Q1	4	30W	4.5V~19V	1L 変調、電流検出、リアルタイム負荷診断、40V ロードダンプ対応
TAS6684-Q1	4	54W	4.5V~45V	最大 13A/ チャネル、電流検出およびリアルタイム負荷診断、50V ロードダンプ対応
TAS6422-Q1	2	75W	4.5V~26.4V	2MHz スイッチング、負荷診断、40V ロードダンプ対応
TAS6511-Q1	1	30W	4.5V~19V	1L 変調、電流検出、リアルタイム負荷診断、40V ロードダンプ対応

## 4 まとめ

LRA、ERM、ソレノイドは、従来のスピーカと多くの電気的特性、機械的特性を共有しています。そのため、自動車シートに見られるような振動負荷アプリケーションは、TI の車載用アンプで対応することができます。TI のオーディオ ポートフォリオは、チャネル数、出力電力、その他の利便性機能に関するさまざまな要件を網羅しており、オーディオ システムと併せて振動負荷を使用できるようにしています。

## 5 参考資料

- x テキサス インスツルメンツ、[ハプティクス:ERM および LRA アクチュエータ向け、プロシュア。](#)

高精度マイクロドライブ、振動モーター — ERM および LRA — 高精度マイクロドライブ、Web ページ。

[Piezo.com](#)、[ハプティクス アクチュエータ:ピエゾと ERM および LRA の比較、ブログ。](#)

カスタムコイル、[ソレノイド:作業原理、タイプ、およびアプリケーション、Web ページ。](#)

エレクトロニクス チュートリアル、[ソレノイド:作業原理、タイプ、およびアプリケーション、Web ページ。](#)

テキサス インスツルメンツ、[TAS6424E-Q1 45W、2MHz デジタル入力対応 4 チャネル 車載 Class-D オーディオアンプ \(ロードダンプ保護および I2C 診断機能搭載\) データシート\(Rev. A\)](#)、データシート。

テキサス インスツルメンツ、[TAS6754-Q1 1L 変調、2MHz デジタル入力、電流センス機能およびリアルタイム負荷診断機能付き 4 チャネル車載用 Class-D オーディオアンプ](#)、データシート。

テキサス インスツルメンツ、[TAS6684-Q1 - 45V、13A デジタル入力対応 4 チャネル車載 Class-D オーディオアンプ \(電流検出およびリアルタイム負荷診断機能搭載\) データシート \(Rev. A\)](#)、データシート。

テキサス インスツルメンツ、[TAS6422-Q1 75W、2MHz デジタル入力対応 2 チャネル 車載 Class-D オーディオアンプ](#)、データシート

テキサス インスツルメンツ、[TAS6511-Q1 - 50W、2MHz デジタル入力対応 1 チャネル 車載ヒートシンク不要 Class-D オーディオアンプ \(電流検出およびリアルタイム負荷診断機能搭載\) データシート](#)

## 重要なお知らせと免責事項

TI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默示保証、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、明示的または默示的にかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 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、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 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、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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月