

# 車載用オーディオで アンプのサイズと熱負荷を 最小にするための 設計上の検討事項



Gregg Burke  
Product Marketing  
Texas Instruments

# 自動車のインフォテインメント・システムに組み込まれるオーディオ・ソリューションは、一般的な4チャンネル・オーディオ(フロント・スピーカー 2個、リア・スピーカー 2個)から、外部アンプ不要で合計6または8個のスピーカーを駆動する新しいソリューションまで、さまざまです。

インフォテインメント・システムの多チャンネル・システムには、以下が含まれる場合があります。

- センター・スピーカー
- 独立したツイーター/ミッドレンジ/ウーファー用スピーカー
- インストルメント・クラスタのチャイム/警告音
- 半自動運転モード動作中に、ハンドル/ブレーキ操作をするようドライバに警告するなど、情報伝達のための追加スピーカー

実際、20個ものスピーカーを搭載する高級車両モデルもあります。このようなオーディオ・システムのスピーカーは通常、車のトランク近くに設置された外部アンプによって駆動されます。また、このようなオーディオ・システムには、アクティブ・ノイズ・キャンセラなどの高度な音響アルゴリズムが内蔵され、よりパーソナライズされたオーディオ環境を提供しています。

自動車メーカーは、後続するモデル年式毎に、さらに多くの電子機器を追加しています。インフォテインメント・システムから直接6～8個のスピーカーを駆動する必要性と相まって、今ではダッシュボードの裏は、かつてないほど貴重な空間になっています。従って、オーディオ・ハードウェア設計者にとって、低発熱で小型化された車載用オーディオ・アンプの開発が重要になっています。このホワイト・ペーパーでは、オーディオ・アンプの全体サイズに影響する4つの要因を説明します。

- 効率/熱性能
- スイッチング周波数
- インダクタのサイズ
- パッケージ設計

## 効率/熱性能

設計者は、従来、Class-ABリニア・オーディオ・アンプを用いてカー・ラジオを設計してきました。Class-ABリニア・アンプは、確立された最近のClass-Dスイッチング技術よりも効率面ではるかに劣ります。図1にその差異を示します。

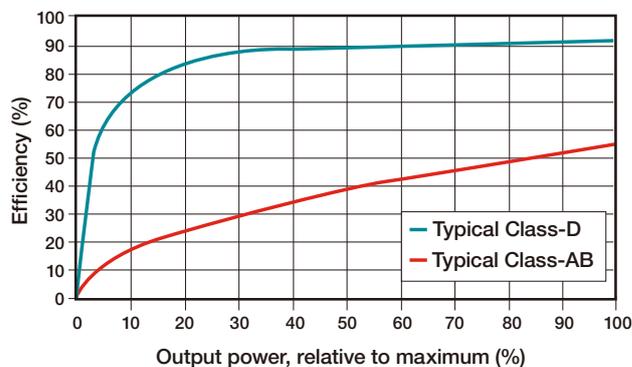


図1: Class-DとClass-ABの効率

Class-ABの効率低下は、内部の熱発生増加に直結し、オーディオ・アンプの外への放熱が必要になります。Class-AB設計では大型ヒート・シンクが必要になるため、車載用オーディオ・アンプ・システムのソリューション・サイズを継続的に小型化する課題にも悪影響を与えます。

Class-Dアンプは、はるかに少ない発熱で同一出力を達成できるため、小型であり複雑でないヒート・シンクを使って、消費電力を周辺環境へ放熱できます。

## スイッチング周波数

ダッシュボード裏の比較的狭い空間に設置された電子機器の数により、すぐ近くで干渉する信号を回路が発生する可能性が高まっています。最終的に、このような課題に対応するため、最新のラジオやオーディオ・アンプでは、AMバンドでの優れた電磁干渉 (EMI) 耐性が必要になります。

アメリカでは、AMラジオ局は535kHz ~ 1705kHzの周波数帯で放送しています。既存のClass-Dオーディオ・アンプ設計は通常、400kHz ~ 500kHzの範囲の基本スイッチング周波数で動作します。このような低いスイッチング周波数のClass-Dアンプ設計では、**図2**に示すように、直接AMバンドに現れる高調波が生じます。

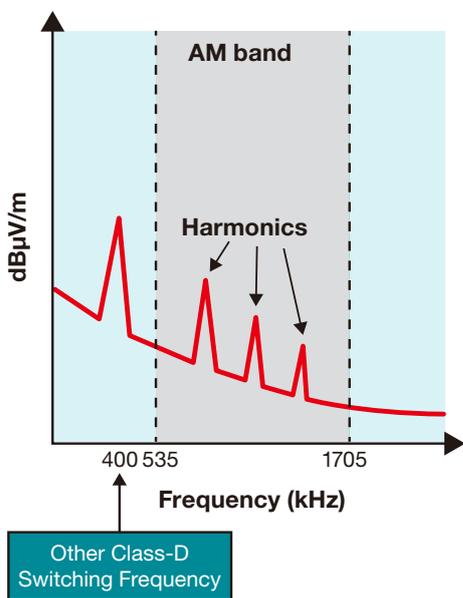


図2：一般的な400kHzのClass-Dアンプの高調波

これらの高調波はAM受信機の感度低下をもたらす干渉信号を発生し、AMラジオ局の受信を妨害します。Class-Dアンプ設計でAMバンドを回避する方式を取れば、このような高調波の影響が軽減されます。

Class-Dオーディオ・アンプには、アンプ出力からのパルス幅変調 (PWM) 信号を所望のアナログ・オーディオ信号に変換する再構築フィルタが必要です。このような出力フィルタは、一般的なブリッジ結合負荷 (BTL) アンプ回路では、**図3**に示すようにインダクタ (L) とコンデンサ (C) から構成されています。これは、Class-Dアンプの出力段での高速スイッチング過渡からのEMI最小化に有効です。

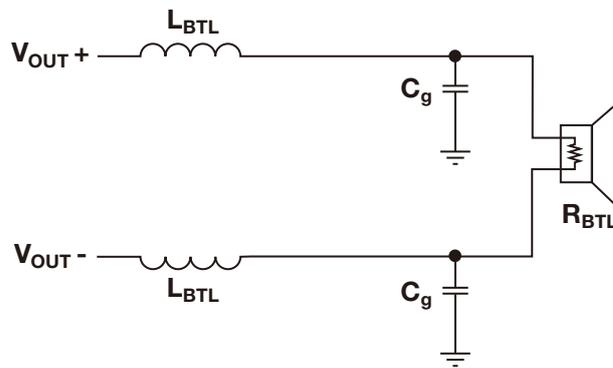


図3：Class-DアンプのBTL回路

車載用Class-Dオーディオ・アンプで動作スイッチング周波数が2.1MHzのものは、**図4**に示すようにAMバンドより上で十分なマージンが確保されます。この設計は、AMバンドと干渉する低い周波数でのスパイクがなく、AMバンドを回避する方式が不要になります。

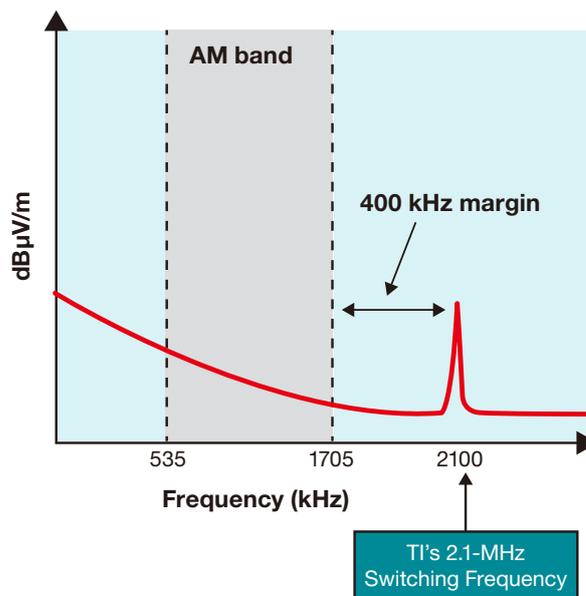


図4：2.1MHzの高いスイッチング周波数

2.1MHzのスイッチング周波数には、結果としてリップル電流が減少するため出力フィルタのインダクタンス値を小さくできるメリットもあります。同じ電流定格に対してインダクタンスが小さいと、インダクタは小型になり、プリント回路基板 (PCB) 面積、そしてEMIフットプリントも減少します。



図5: スイッチング周波数に対するインダクタのサイズ比較

## インダクタのサイズ

車載用 Class-D オーディオ・アンプに対して、適切な PWM 復調フィルタ特性を確保するために LC フィルタに必要なインダクタの値は、スイッチング周波数に依存します。図5に示すように、400kHz の車載用オーディオ・アンプでは通常  $10\mu\text{H}$  または  $8.2\mu\text{H}$  のインダクタ値を使用します。2.1MHz の高いスイッチング周波数のアンプ設計では、 $3.3\mu\text{H} \sim 3.6\mu\text{H}$  の範囲の小型で軽量のインダクタを活用できます（各アンプの出力電力が同じであると仮定）。

前述のように、一般的なカー・ラジオ設計には、フロント・スピーカー 2 個とリア・スピーカー 2 個を駆動するために最低でも 4 つのチャンネルがあります。この簡単な構成では、先ほど図3で示したように、チャンネル毎にインダクタが 2 個必要になるため、車載用 Class-D アンプにはインダクタが 8 個必要です。したがって、各インダクタのサイズが 8 倍になり、PCB サイズと設計重量の全体にかなり影響を与えます。一般的な基準として、 $8.2\mu\text{H}$  のインダクタを  $3.3\mu\text{H}$  に変更すると、PCB 上のインダクタのスペースを 85% 以上、重量で 85% 以上を削減できます。

## パッケージ設計

オーディオ・アンプに関するもう 1 つの考慮事項として、車載用インフォテインメント・システムのソリューション・サイズ全体に大きな影響を与えるのが、アンプのパッケージ設計です。

正方形型のパッケージ設計では、パッケージの下部に入力があり、アンプの両側それぞれに LC フィルタ付きのオーディオ出力が直交して 2 本ずつ配置されます。図6でわかるように、このようなパッケージ設計では、PCB のフットプリント全体が大幅に増加します。

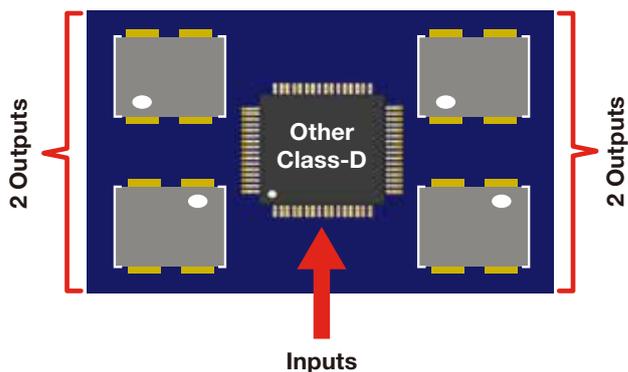


図6: 4チャンネル・オーディオ・アンプの正方形型のパッケージ設計

「フロースルー」型のオーディオ信号設計を持った長方形型のパッケージを選択した方が優れています。図7は、アナログ信号がチップの片側にあるアンプにどのように入力されるかを示しています。オーディオ信号はアンプの反対側で増幅され、信号はそこから外付けの出力フィルタに送られます。

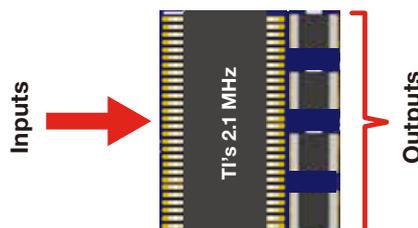


図7: 4チャンネル・オーディオ・アンプのフロースルー・パッケージ設計

**TPA6304-Q1**オーディオ・アンプは、2.1MHzの高いスイッチング周波数を用いた、TIのBurr-Brownテクノロジーを特徴とするClass-Dアンプです。TPA6304-Q1は、3.3μHの合金インダクタとフロースルー・パッケージ設計を組み合わせ、4チャンネル車載用Class-Dアンプでわずか17mm×16mmのソリューション・サイズを実現します。図8をご覧ください。



図8：4チャンネルClass-Dアンプ・ソリューション、TPA6304-Q1

TPA6304-Q1は、図9に示したように、システム・ソリューション全体を実装するための受動部品すべてを含めても、従来のClass-ABアンプよりさらに小型です。

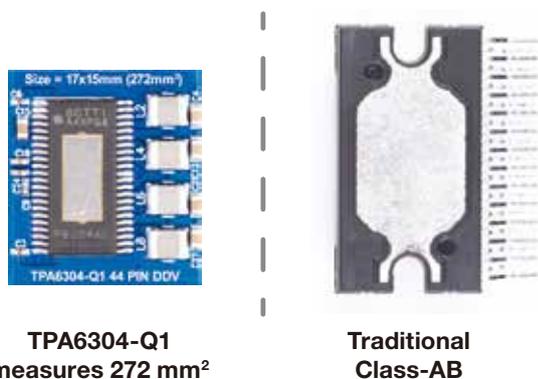


図9：Class-ABアンプと比較した、Class-DアンプTPA6304-Q1のソリューション・サイズ

## まとめ

自動車に電子機器が追加されるごとに、ダッシュボード裏の既に限られた狭い空間内全体の熱シグネチャは増加します。そのため、より小型のオーディオ・ソリューションを低発熱で実装することが、車載用オーディオ・ハードウェア設計者の課題です。オーディオ・アンプの効率は、将来のインフォテインメント・システム設計では、ますます重要になるでしょう。

TPA6304-Q1なら、車載用Class-ABオーディオ・アンプを簡単に置き換えることができます。2.1MHzのスイッチング周波数と超小型のソリューション・サイズによって、Class-Dの効率をClass-ABのシステム・コストで実現できます。

## 関連Webサイト

[TPA6304-Q1の詳細](#)

[Class-ABからClass-Dへの移行の詳細](#)

## 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、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す。(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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 ([www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html](http://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html))、または [ti.com](http://ti.com) やかかる TI 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。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。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社