

電気自動車警告音システム

著者：Andreas Pellkofer

はじめに

従来の燃焼エンジン車は、低速走行時でもエンジン音を発します。歩行者やその近くにいる人々は通常、車両が見えない場合、タイヤ音や他の放射ノイズを聴覚によって識別することにより、車両が接近しているか離れていくかを認識します。

電気自動車 (EV) は、エンジン音を発しません。ハイブリッド電気自動車 (HEV) やプラグイン・ハイブリッド電気自動車 (PHEV) は、低速走行時や従来型の内燃エンジン (ICE) の始動前は、ほぼ無音で走行します。これらの車両が 19mph 未満の速度で走行する場合、音はほとんど聞こえません。高速の場合は、タイヤの音が支配的になります。

国際管理機関は、PEV や HEV が電動モードで動作している際に、視覚障害者、歩行者、自転車に乗っている人がこれらの車両の接近を感知し、どの方向から接近しているかを判断できる最低レベルの音を定める法律を検討しています。

この法案の例は、米国運輸省道路交通安全局 (NHTSA) の Web サイトに掲載されています。

電気自動車の警告音システム (EVWSS) は、歩行者に EV、HEV、PHEV の存在を警告するように設計された一連の音を生じます。運転手は警告音を発することができます (車のクラクションの音に似ていますが、それほど緊急的なものではありません)。ただし、低速時それらの警告音は、自動的に有効にならなくてはなりません。このような音としては、人工音をはじめ、現実のエンジン音や砂利の上を走行する音を模した音など様々なものがあります。

アナログ・デバイセズは、高度なアプリケーション向けに、EV 用の車室内エンジン音と外部エンジン音の 2 種類のソリューションを提供しています。ADSP-BF706 をベースにしたソリューションと、エントリーレベルのシステム向けに ADAU1450 SigmaDSP® をベースにしたソリューションの 2 つです。これらのソリューションは、サウンドを合成し、走行速度に応じて周波数、音量などのパラメータを調整することが可能で、オーディオ・パワーアンプにオーディオを送信することができます。特定の法律の条件に応じて、警告音は燃焼エンジン音や他の合成音を使用してシミュレーションすることができます。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

©2018 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

アナログ・デバイセズ株式会社

本 社 / 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話 03 (5402) 8200
大 阪営業所 / 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
電話 06 (6350) 6868
名古屋営業所 / 〒451-6038 愛知県名古屋市西区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 40F
電話 052 (569) 6300

目次

はじめに.....	1	EVWSS ライブラリの機能.....	6
改訂履歴.....	2	SigmaDSP ベースのソリューション.....	7
Blackfin ベースのソリューション.....	3	SigmaStudio.....	8
ADSP-BF706 Blackfin+プロセッサの EVWSS ソフトウェア・アーキテクチャ.....	6	まとめ.....	9
ソフトウェア・コンポーネント.....	6		

改訂履歴

5/2018—Revision 0: Initial Version

BLACKfin ベースのソリューション

ADSP-BF706 Blackfin+ Processor[®]は、オーディオ処理と CAN (Control Area Network) バスへのインターフェースのシングルチップ・ソリューションを提供します。アナログ・デバイセズは ADSP-BF706 で動作する CAN ソフトウェア・スタックを開発しました。これにより、最小限の労力で自動車グレードのデモを行うことができます (ベクトル CAN スタックも使用可能)。更に、ハードウェアとソフトウェアを網羅するリファレンス設計を提供し、パラメータのライブ・チューニングのために SigmaStudio[™]との互換性を持たせています。

図 1 は、ADSP-BF706 内部の様々な処理ブロックを示しています。外部波形のオーディオ・ファイル (WAV) には、特徴的なエンジン音またはオーディオ・トーンが保存されます。外部シリアル・ペリフェラル・インターフェース (SPI) から最大 25 の WAV ファイルに同時にアクセスできます。これらのファイルは、デジタル信号プロセッサ (DSP) 内部で周波数シフトされミックスされてから、ダイナミック・ボリューム・コントロールが付与されます。

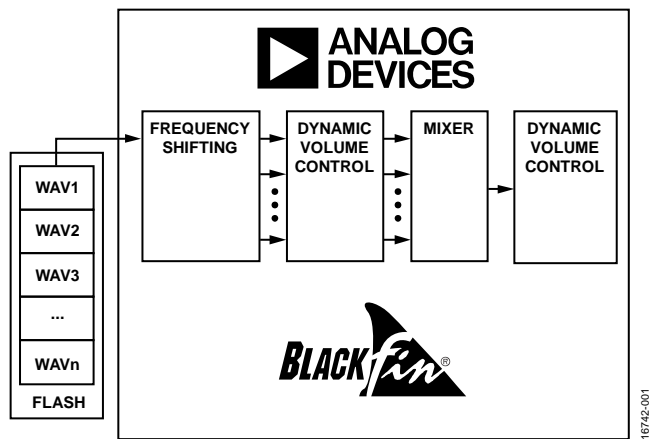


図 1. Blackfin+ プロセッサの処理ブロック

ADSP-BF706 は、外部メモリへ高速でシンプルなアクセスが可能なメモリ・マップド SPI インターフェースを使用しているため、このアプリケーションでは外付けの DDR (Double Data Rate) メモリは不要です。SPI フラッシュ・メモリから最大 25 の WAV

ファイルに同時にアクセスできます。多数の WAV ファイルにアクセスできるため、より現実的なエンジン音を生成するのに役立ちます。

ADSP-BF706 は、米国 NHTSA で勧告されている最大 16 倍のピッチ・シフトを実装することも可能で、車速が増加するにつれて出力音の周波数を上昇させます。ADSP-BF706 は、CAN バスからの車速入力が増加するのに伴い、音量を動的に制御することができます。

詳細なシステム・ブロック図を図 2 に示します。Power By Linear[™] LT8602 モノリシック同期整流式クワッド降圧レギュレータは、12V の車載バッテリー電源から供給を受けて、システムに必要なすべての電圧レールを供給します。2MHz のスイッチング周波数により、ノイズに鋭敏な周波数帯域、例えば AM 帯域を回避できます。LT8602 の 3V~42V の入力電圧範囲は、コールド・クランクおよびスタート・ストップ・シナリオによって、最小 3V の入力電圧と 40V を超える負荷ダンブ・トランジェントを安定化する必要がある車載アプリケーションに最適です。

図 3 は別のシステム・ブロック図を示しており、数を減らしたペリフェラルやコネクタおよび 1 個の自動車専用コネクタで関連するすべての信号を伝送しています。この構成では、小型フォーム・ファクタのボードの設計が可能になります。

このシステム・ソリューションでは、ADSP-BF706 がマイクロコントローラとオーディオ・プロセッサとして機能するため、システム部品表 (BOM) のコストが削減されます。

詳細については、ソフトウェア・ダウンロード・パッケージに含まれている EVWSS v1 デモ・マニュアルと EVWSS v2 デモ・マニュアルを参照してください。このソフトウェア・パッケージ (EVWSS-BF_SRC-Rel2.0.0) は、アナログ・デバイセズの Web サイトの Software Request Form ページから入手できます。ADSP-BF706 の詳細については、ADSP-BF70x Blackfin+[™] Processor Hardware Reference および ADSP-BF7xx Blackfin+[™] Processor Programming Reference を参照してください。

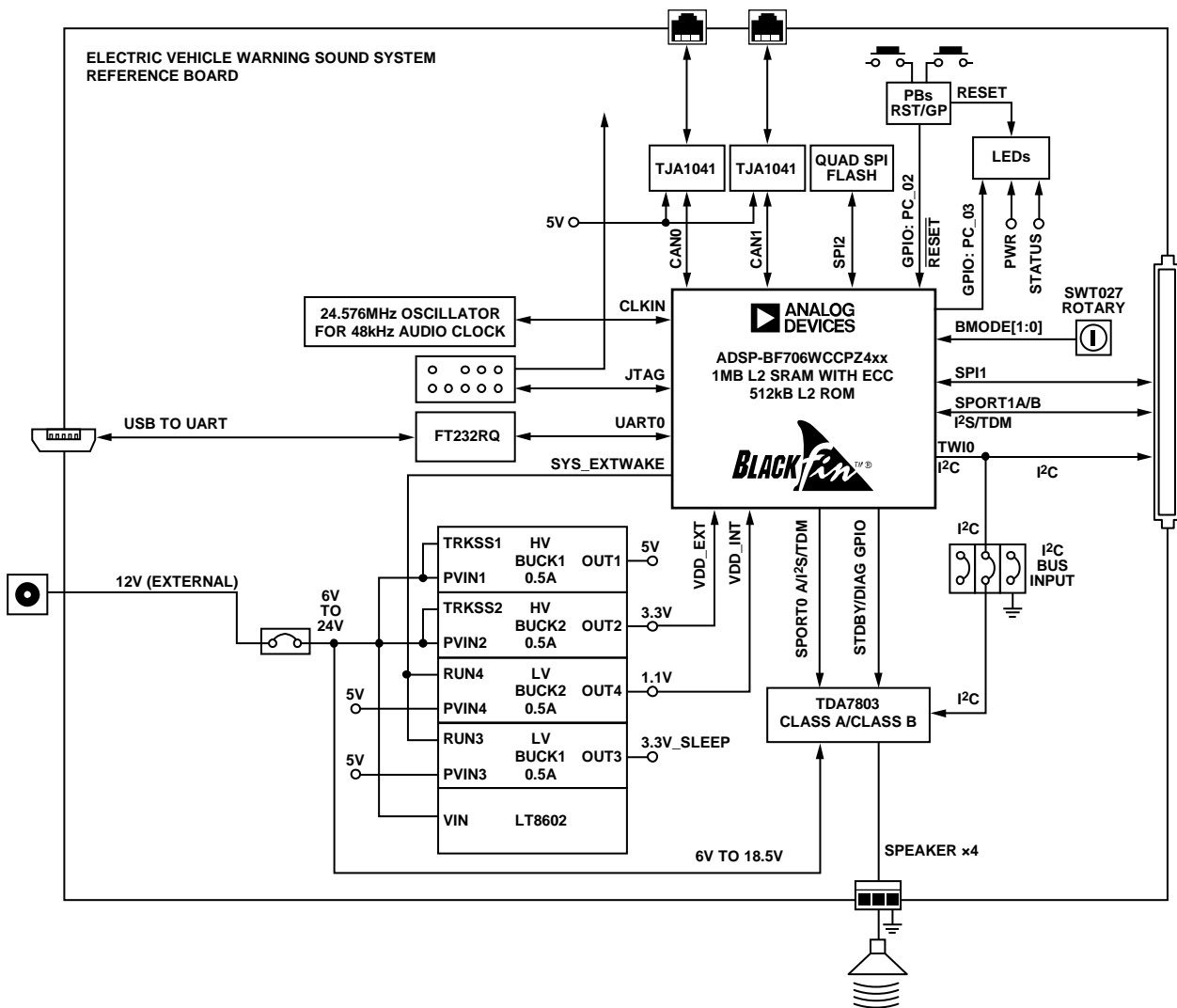


図 2. Blackfin+プロセッサを搭載したフル機能ボードの詳細システム・ブロック図

16742-002

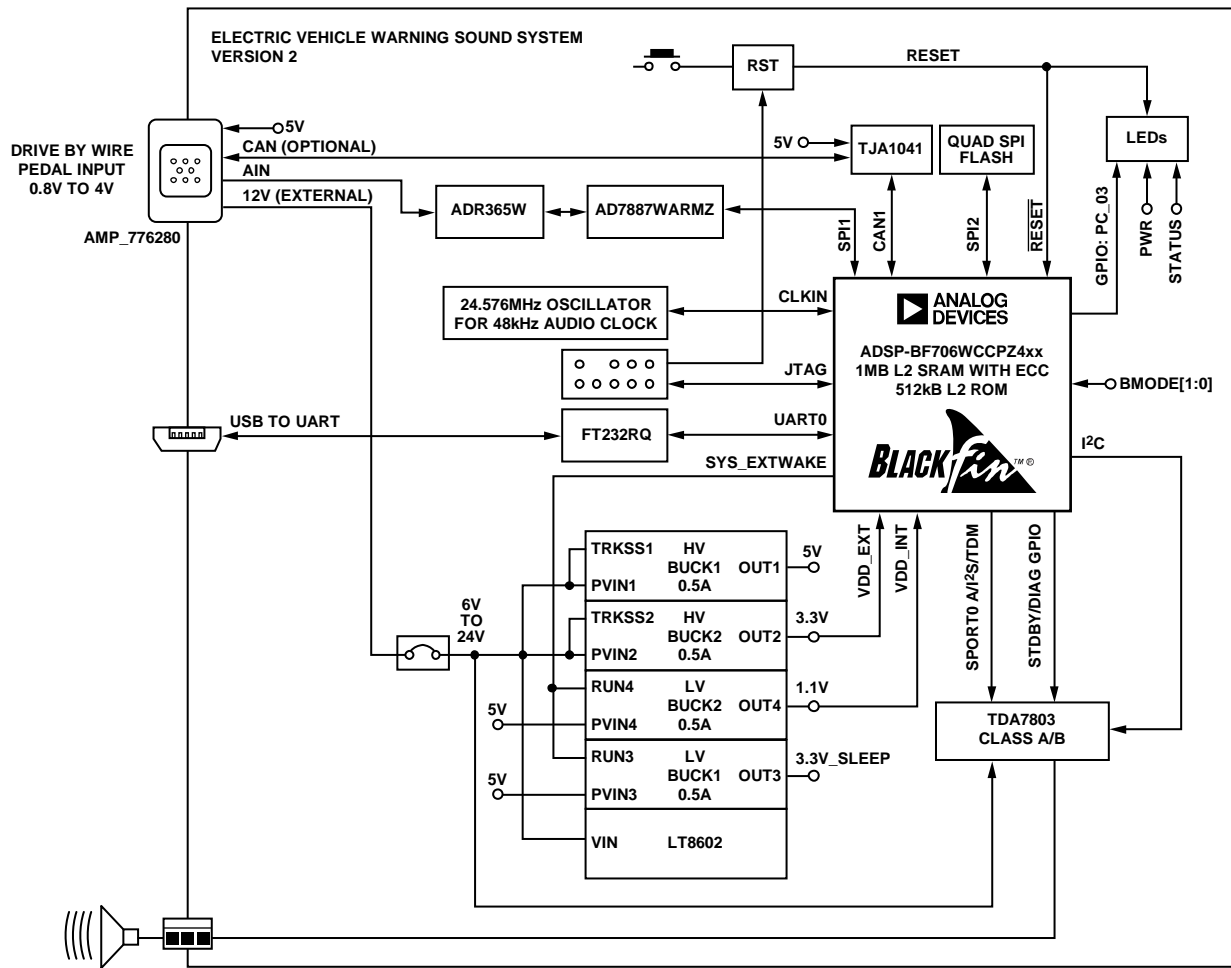


図 3. Blackfin+プロセッサを搭載しコンポーネント数を削減したフォーム・ファクタ・ボードの詳細システム・ブロック図

ADSP-BF706 BLACKFIN+プロセッサの EVWSS ソフトウェア・アーキテクチャ

EVWSS ソフトウェア・アーキテクチャは、ADSP-BF706 のハードウェア・アーキテクチャに基づいています。プロセッサがハードウェア・アーキテクチャに依存する理由は、メモリ・マップド SPI によるものです。ADSP-BF706 は、メモリ・マップド SPI を使用してフラッシュ・メモリから直接読み取ることができます。この機能により、EVWSS ライブラリの複雑さが軽減し、警告音の生成でのメモリ・アクセスが効率的になります。

ソフトウェア・コンポーネント

EVWSS ソフトウェア・アーキテクチャは、図 4 に示すコンポーネントで構成されています。

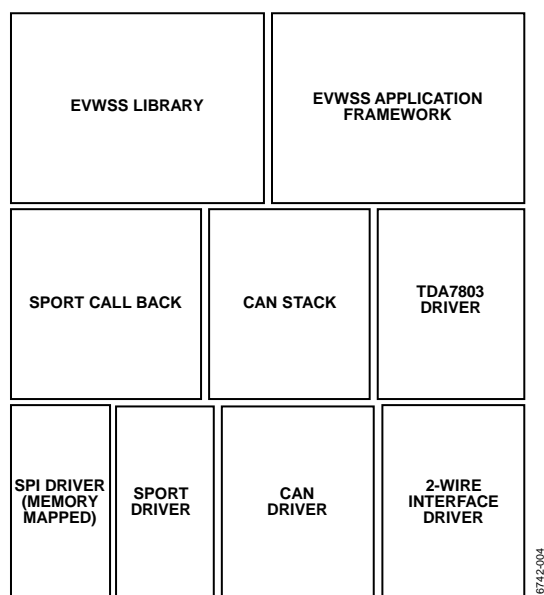


図 4. EVWSS ソフトウェアのアーキテクチャ・ブロック図

ここでは、ソフトウェア・コンポーネントについて詳しく説明します。SPORT コールバック機能は、オーディオ・データ・サンプル・レートにマッピングされ、SPORT トランシーバーの割り込みサービス・ルーチン (ISR) コンテキストで実行され、フラッシュ・ファイル (SPI メモリ・マップド) を読み取り、EVWSS ライブラリを使用してオーディオを操作し、更に修正したオーディオを SPORT トランシーバー・インターフェースに送ります。EVWSS ライブラリには、警告音を合成する様々な機能があります。また、EVWSS ライブラリは、CAN スタック (またはデバッグ用のユニバーサル非同期レシーバー/トランスミッタ (UART) インターフェース) からの車速入力を受け取ります。TDA7803 ドライバは、外部パワー・アンプを制御し

て警告音を発生させます。EVWSS アプリケーション・フレームワークは、システム・ペリフェラル、CAN スタック、および TDA7803 ドライバを設定します。

EVWSS ライブラリの機能

以降で、EVWSS ライブラリの機能について説明します。詳細については、ソフトウェア・ダウンロード・パッケージに含まれている Electronic Vehicle Warning Sound System リリース・ノートを参照してください。

ピッチ・コントロール

ピッチ・シフトとは、制御入力に基づいてオーディオ信号のスペクトルをシフトする概念のことです。EVWSS アプリケーションでは、車速入力に応じて WAV ファイルのベース・ピッチがシフトします。

周波数変調と振幅変調

エンジン音は吸気、圧縮、動力 (膨張)、排気などのエンジン・ストロークに依存します。これらのストロークによって、純粋なトーンの代わりに周波数変調されたトーンが生成されます。周波数シフトを実現するために、サンプル全体にわたってピッチ・シフト・パラメータを変化させます。

このアプリケーションには、2 種類の変調 (鋸歯と三角) が含まれています。鋸歯変調では、周波数が最低から最高へ上昇した後、ジャンプして最低に戻ります。三角変調では、周波数が最低から最高へ上昇した後、最低まで同様の傾斜で下降していきます。

多数のオーディオ・ミキシング

オーディオ・ミキシングでは、車速に関して様々なゲインを設定します。

WAV ファイルの再生

必要な WAV ファイルはフラッシュに存在しますが、動的条件に応じて WAV ファイルの一部を再生または停止することができます。

SigmaDSP ベースのソリューション

エントリーレベルのアプリケーションでは、ADSP-BF706 プロセッサの代わりに ADAU1450 SigmaDSP プロセッサを使用できます。評価の目的上、[EVAL-ADAU1452](#) 評価用ボードを使用することができます。

図 5 は、SigmaDSP プロセッサ内の様々な処理ブロックを示しています。

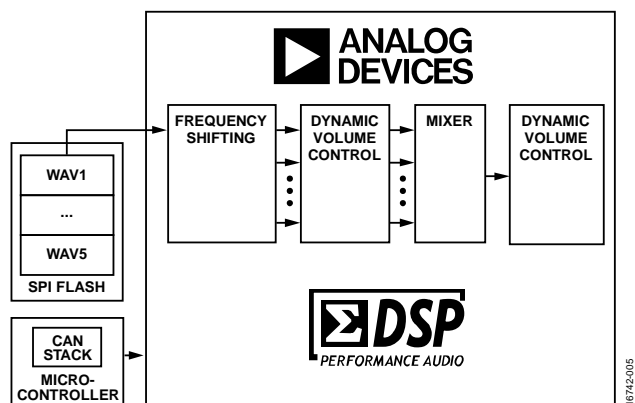


図 5. SigmaDSP プロセッサの処理ブロック

ADAU1450 では、SigmaStudio プログラミング環境を使用して、次のソフトウェア条件がサポートされています。

- マルチ・トーン生成
- 最大 64 レンジのダイナミック・ボリューム・コントロール
- サウンド・ミキシング
- リミッタ
- 車速の増加につれてオーディオ・ピッチが上昇するピッチ・シフト
- SPI フラッシュ・メモリから最大 5 個の WAV ファイルを同時再生

アナログ・デバイセズは SigmaStudio にエンジン音シミュレータ・モジュールを提供し、エンジン音のチューニングを簡素化し、必要とする外部の同時 WAV ファイルの数を減らしています。エンジン音シミュレータは、内部で最大 32 の高調波を生成することができます。これらの高調波の次数および振幅は、グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) を介してプログラムすることができます。エンジン音シミュレータ・モジュールは SigmaStudio で提供され、アナログ・デバイセズの Web サイトの Software Request Form ページからリクエストできます。

SigmaStudio は CAN ソフトウェア・スタックをサポートできないことに注意してください。外部マイクロプロセッサが必要です。

SigmaStudio

SigmaStudio は、もともと SigmaDSP プロセッサのポートフォリオ用に設計されたグラフィカル・プログラミング環境です。このソフトウェアには、車載アプリケーション専用開発されたアルゴリズムのライブラリが組み込まれています。GUI によってチューニング・プロセスが簡素化され、コードを記述する必要なしにその場で変更できるコントロールとフィルタ係数が提供されます。SigmaStudio は、アナログ・デバイセズの Web サイトの SigmaStudio ページからダウンロードできます。

まとめ

アナログ・デバイセズは、エントリーレベル・システムと、車室内エンジン音と外部エンジン音をサポートする高度なエンジン音システムの包括的なソリューションを提供しています。このアプリケーション・ノートは、意思決定プロセスを容易にし、市場投入までの時間を短縮することを目的としています。アナログ・デバイセズは、ラピッド・プロトタイピングと製品開発に必要なソフトウェア・コンポーネントを含む、フル機能のシステム・ソリューションを提供しています。

I²C は、Philips Semiconductors 社（現在の NXP Semiconductors 社）が独自に開発した通信プロトコルです。