

## Application Note

## TAS5431-Q1 の負荷診断について



Trevor Finnigan

## 概要

車載用オーディオ アプリケーションでは、配線フォルトを検出し、スピーカの正常性を監視するために、信頼性の高い負荷診断が重要です。TAS5431-Q1 車載 Class-D アンプは、一般的な配線および負荷フォルトを検出する負荷診断機能を内蔵しています。このアプリケーション レポートでは、これらの機能とその活用方法について詳しく説明します。

## 目次

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1 概要.....                          | 2  |
| 2 TAS5431-Q1 の負荷診断機能.....          | 3  |
| 2.1 検出される負荷フォルトの種類.....            | 3  |
| 2.2 診断シーケンス、タイミング、フォルト応答.....      | 3  |
| 2.3 レジスタの報告.....                   | 5  |
| 2.4 オシロスコープを使用した負荷診断波形の測定.....     | 5  |
| 2.5 ソフトウェアによる負荷診断のトラブルシューティング..... | 8  |
| 2.6 アプリケーション レベルの検討事項.....         | 9  |
| 3 まとめ.....                         | 10 |
| 4 参考資料.....                        | 10 |

## 商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 1 概要

TAS5431-Q1 は、車載認定済みのモノラル Class-D オーディオ アンプであり、負荷診断機能を内蔵して配線とスピーカ負荷の正常性を監視できます。図 1-1 に、このデバイスおよび関連するマイクロプロセッサの代表的なアプリケーション図を示します。

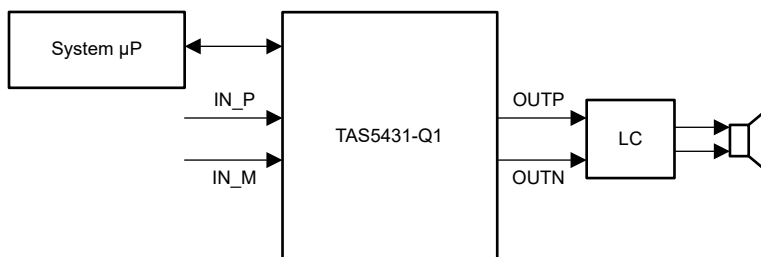


図 1-1. アプリケーション概略図

これらの内蔵診断機能は、4 種類のスピーカまたは配線フォルトを検出し、必要に応じて I<sup>2</sup>C および  $\overline{\text{FAULT}}$  ピン経由でシステム マイクロプロセッサにフォルト状態を通知します。このアプリケーション レポートでは、監視対象のフォルトの種類、診断シーケンスとそれに関連するタイミング、各種フォルト条件に対するアンプの応答など、アンプの負荷診断機能について詳しく説明します。

## 2 TAS5431-Q1 の負荷診断機能

### 2.1 検出される負荷フォルトの種類

TAS5431-Q1 の負荷診断機能は、以下のスピーカ条件を監視します。

- GND への短絡
- PVDD への短絡
- 負荷の両端で短絡
- オープン負荷

### 2.2 診断シーケンス、タイミング、フォルト応答

負荷診断シーケンスは、以下の条件で行われます。

- **STANDBY** ピンのデアサート時
- DC 検出、過電流、過電圧\*、低電圧、過熱イベントからのフォルト回復の直後

\*注: 負荷診断は、過電圧 (OV) イベントの 2 回に 1 回の頻度で実行されます。

テスト シーケンスは次の 4 つのフェーズで構成されています。所要時間の合計は約 **229ms** で、フォルトが存在しないことが前提となっています。

1. 放電フェーズ (約 75ms)
2. ランプアップ (約 52 ms)
3. チェック (約 50 ms)
4. ランプダウン (約 52 ms)

チェック フェーズ中に、OUTP から OUTM へ負荷を介して 10mA が供給され、差動電圧が測定され、負荷の状態を判定します。負荷診断とフォルト検出のスレッシュホルドの仕様については、『[TAS5431-Q1 データシート](#)』を参照してください。

フォルトが検出されずに負荷診断シーケンスが完了すると、オーディオ出力が開始されます。フォルトが検出された場合、または大きな出力容量が存在する場合、チェック フェーズは最大で 5 回繰り返されます。単一の負荷診断シーケンスの持続時間は最大で約 **429ms** になります。フォルトに対する応答は、現在発生しているフォルトの種類によって異なります。

開放負荷:

- オーディオは有効のままです。
- フォルトレジスタ ステータスのみが更新されます。

負荷短絡、PVDD への短絡、GND への短絡:

- 出力は強制的にハイ インピーダンス状態になります
- フォルトがクリアされるまで、負荷診断は無制限に繰り返されます
- フォルトレジスタ ステータスが更新されます
- **FAULT** ピンがアサートされます

負荷診断シーケンスがアクティブの間、ステータスおよび負荷診断レジスタ (0x02) のビット D5 がアサートされます。このビットは、診断チェックに合格するか開放負荷が検出されて負荷診断シーケンスを終了し、オーディオ出力を開始するまでデアサートされません。他の負荷診断フォルトが発生した場合、フォルトが存在し、負荷診断シーケンスが繰り返される期間全体にわたってビットはアサートされたままになります。

診断中に、診断に関連しないフォルト (電圧異常、過熱故障、過電流故障) が発生した場合、デバイスは診断を早期に終了し、これによりスピーカ出力でポップ音またはクリック音が発生する可能性があります。

 [図 2-1](#) に、診断シーケンス、タイミング、フォルト応答を示します。

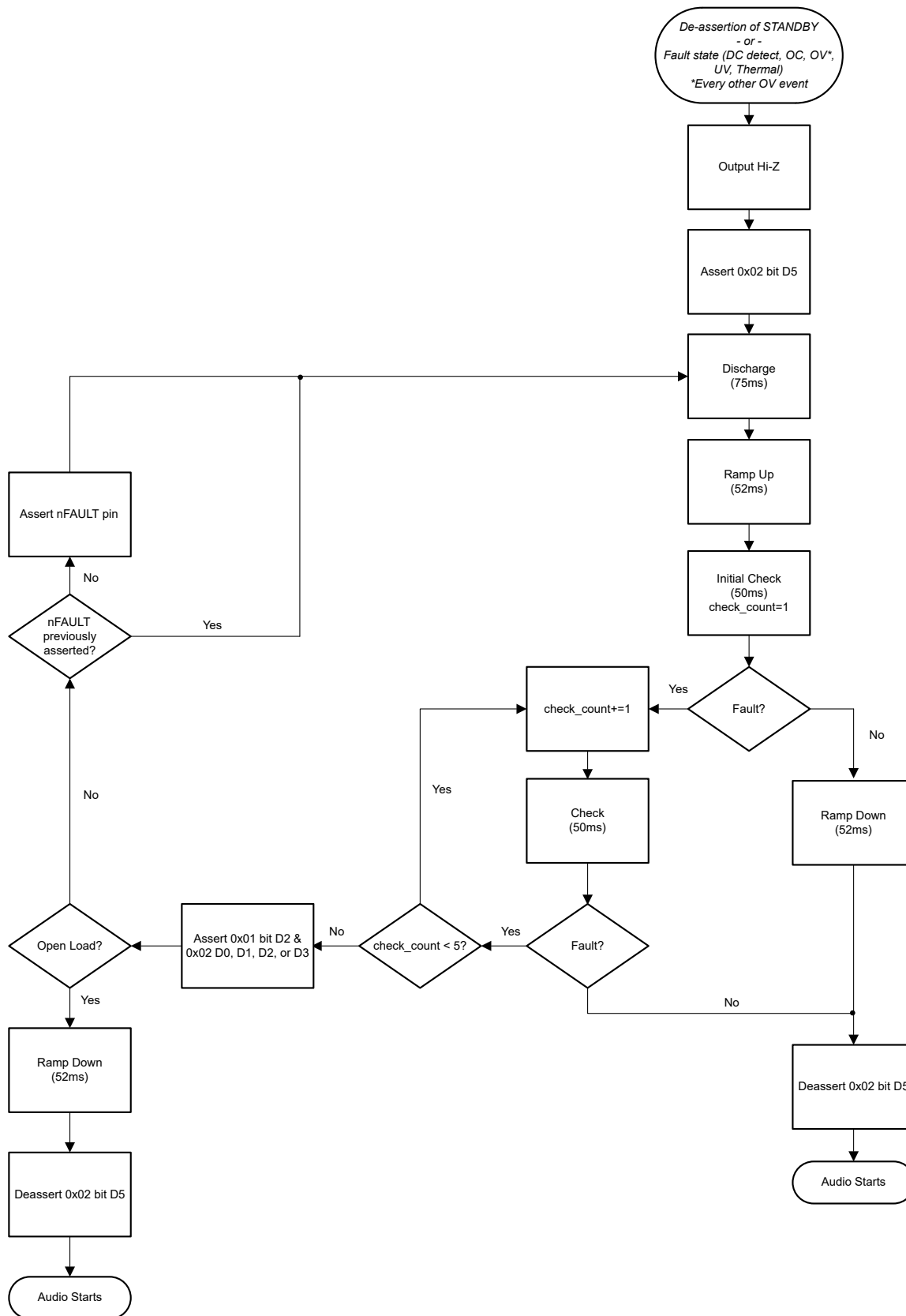


図 2-1. 診断シーケンス、タイミング、フォルト応答のフロー図

## 2.3 レジスタの報告

負荷診断によってフォルトの存在が検出されると、FAULT レジスタ (0x01) のビット D3 がアサートされます。具体的なフォルトの詳細は、表 2-1 に示すように、ステータスおよび負荷診断レジスタ (0x02) に記録されます。

表 2-1. 負荷診断フォルトに関連するステータスおよび負荷診断レジスタのサブセット

| ビット | 条件          |
|-----|-------------|
| D3  | 開放負荷検出      |
| D2  | 短絡負荷検出      |
| D1  | グランドへの出力短絡  |
| D0  | PVDD への出力短絡 |

## 2.4 オシロスコープを使用した負荷診断波形の測定

フォルト シナリオのトラブルシューティングを行う際に、オシロスコープを使用すると、負荷診断シーケンス中に物理的に発生したことを理解しやすくなります。セクション 2.2 に示すように、負荷診断チェック フェーズ中、OUTP から OUTM へ負荷を介して 10mA が供給され、IC によって差動電圧が測定され、負荷の状態を判定します。差動電圧測定の基準点は IC のピンであるため、オシロスコープ プローブを IC ピンのできるだけ近くに配置することが重要です。スピーカ自体をプローブすると、スピーカの配線による電圧降下が無視されるため、結果が不正確になる可能性があります。

以下の一連の図は、正常な条件とさまざまなフォルト条件で想定される診断シーケンスの波形を示しています。

図 2-2 に、8Ω の負荷での合格時の波形を示します。STANDBY のデアサートから診断シーケンスが開始され、シーケンスが完了するまでに約 229ms かかることが分かります。50ms のチェック フェーズ中の電圧差は 80mV であり、これは 8Ω の負荷を流れる 10mA ソース電流で想定される結果です。FAULT ピンは、シーケンス全体にわたってデアサートされたままです。

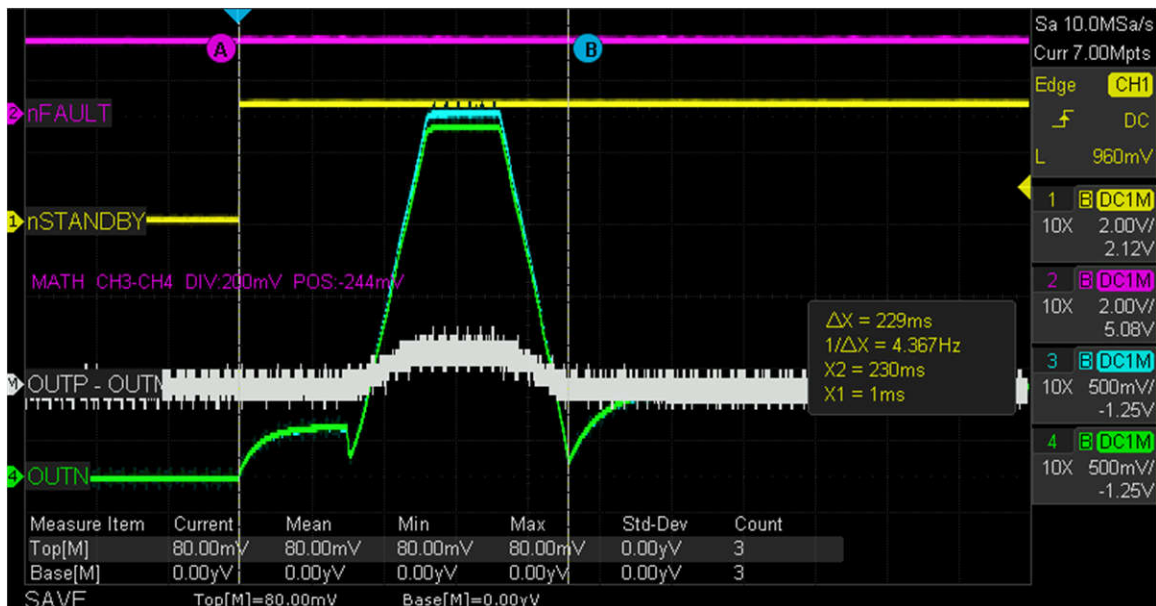


図 2-2. 8Ω の負荷での通常動作のオシロスコープ波形

図 2-3 に、開放負荷フォルトが存在する場合の診断シーケンスの波形を示します。STANDBY のデアサートから診断シーケンスが開始され、シーケンスが完了するまでに約 428ms かかることが分かります。チェック フェーズは 250ms 継続しています。差動電圧は 5.6V であり、これは 560Ω に相当し、データシートに規定されている開路検出スレッショルドを上回っています。FAULT ピンは、シーケンス全体にわたってデアサートされたままです。

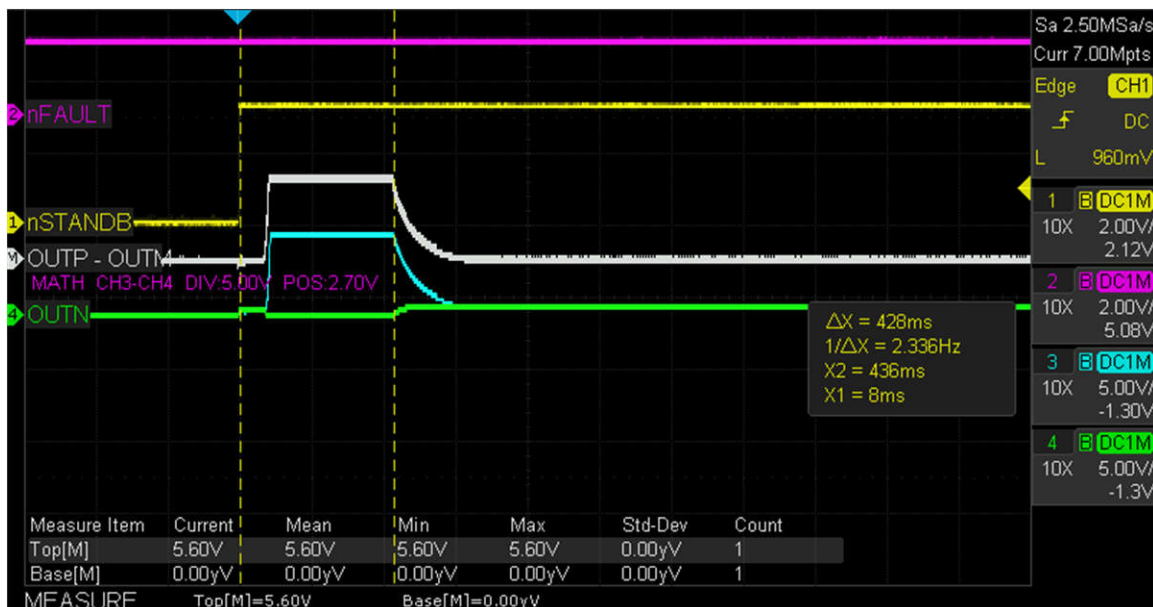


図 2-3. 開放負荷条件のオシロスコープ波形

図 2-4、図 2-5、図 2-6 に、負荷短絡、スピーカ配線の GND への短絡、スピーカ配線の電源への短絡の波形をそれぞれ示します。3 つの波形すべてで、STANDBY のデアサートから初期診断シーケンスが開始され、各診断ラウンドが完了するまでに約 428ms かかることがわかります。最初の診断シーケンスが完了すると FAULT がアサートされます。フォルトが持続するため、アサートされたままになります。フォルトシーケンスは、フォルトが存在している限り、無制限に繰り返されます。

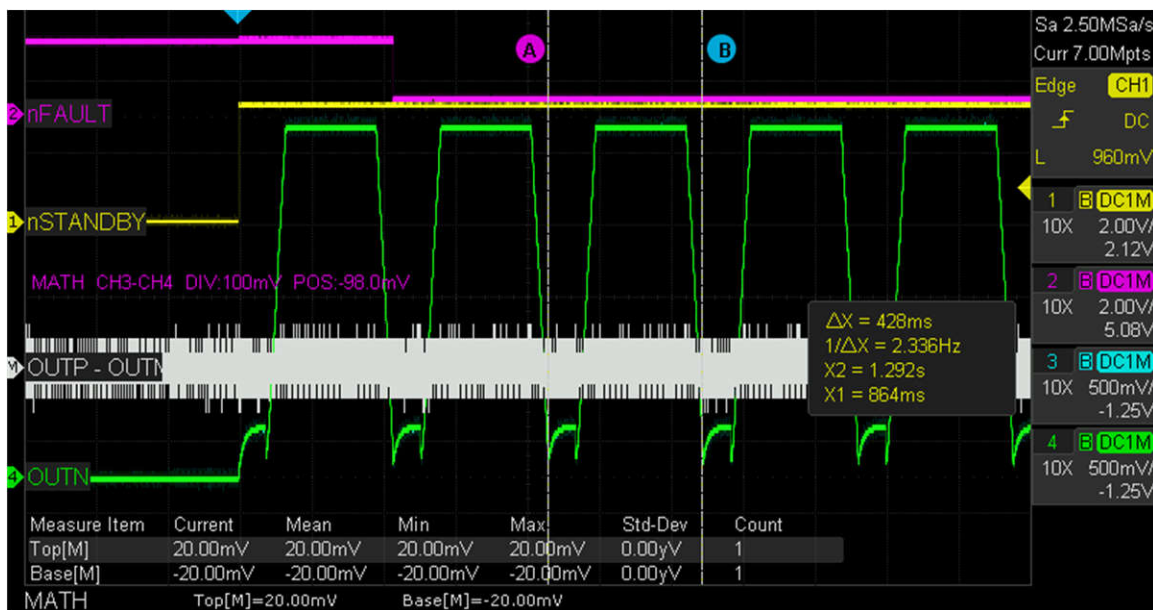


図 2-4. 短絡負荷条件のオシロスコープ波形



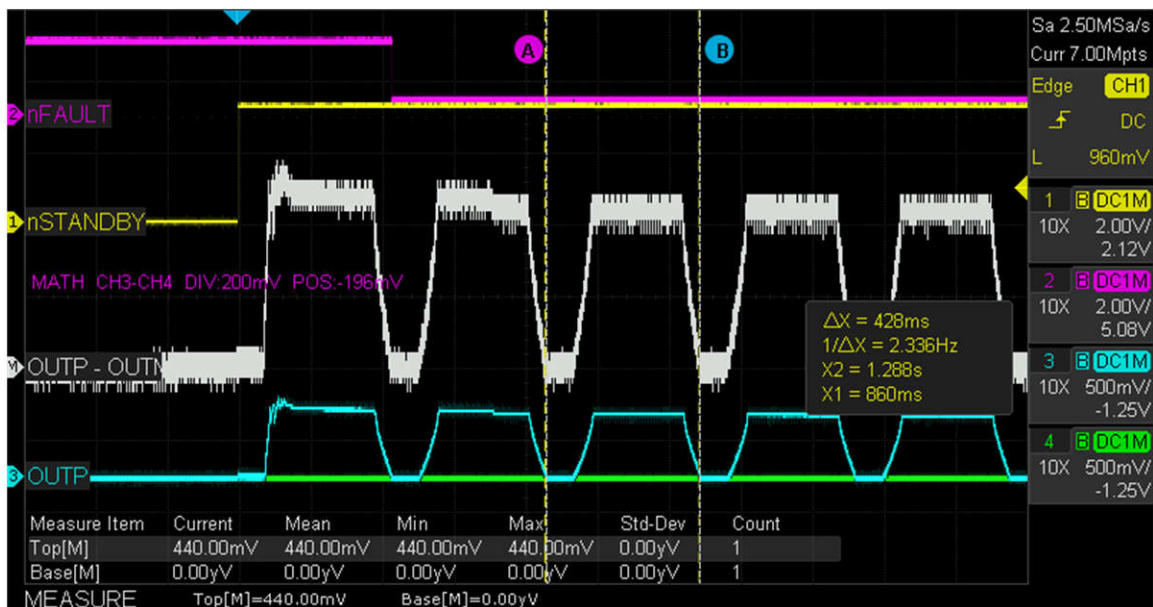


図 2-5. OUTN がグランドに短絡した場合のオシロスコープ波形

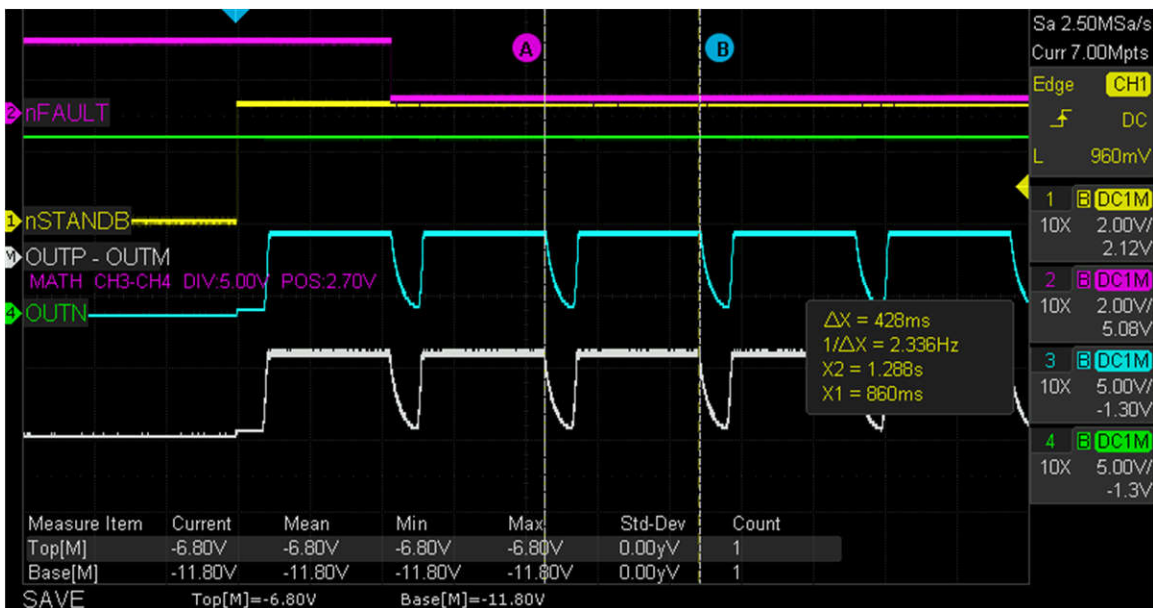


図 2-6. OUTN を PVDD に短絡した場合のオシロスコープ波形

## 2.5 ソフトウェアによる負荷診断のトラブルシューティング

PurePath Console 3 (PPC3) GUI と TAS5431Q1EVM と使用すると、負荷診断フォルトなど、デバイスのステータスを簡単に監視できます。「**Device Monitor & Control**」タブには、デバイスのステータスを監視するためのオプションが 2 つあります。「**Live**」と「**Latched**」です。**Live** モードは、I<sup>2</sup>C を介して診断ステータスを継続的に追跡しますこのモードを使用すると、ステータスレジスタが約 510ms ごとにポーリングされ、デバイスのステータスが GUI に連続的に出力されます。また、**Latched** モードを使用して、必要に応じてワンタイム ステータスをキャプチャすることもできます。図 2-7 に、負荷短絡フォルトが持続的に発生しているために負荷診断を継続して実行しているデバイスの **Live** モードでの PPC3 GUI 出力のスナップショットを示します。

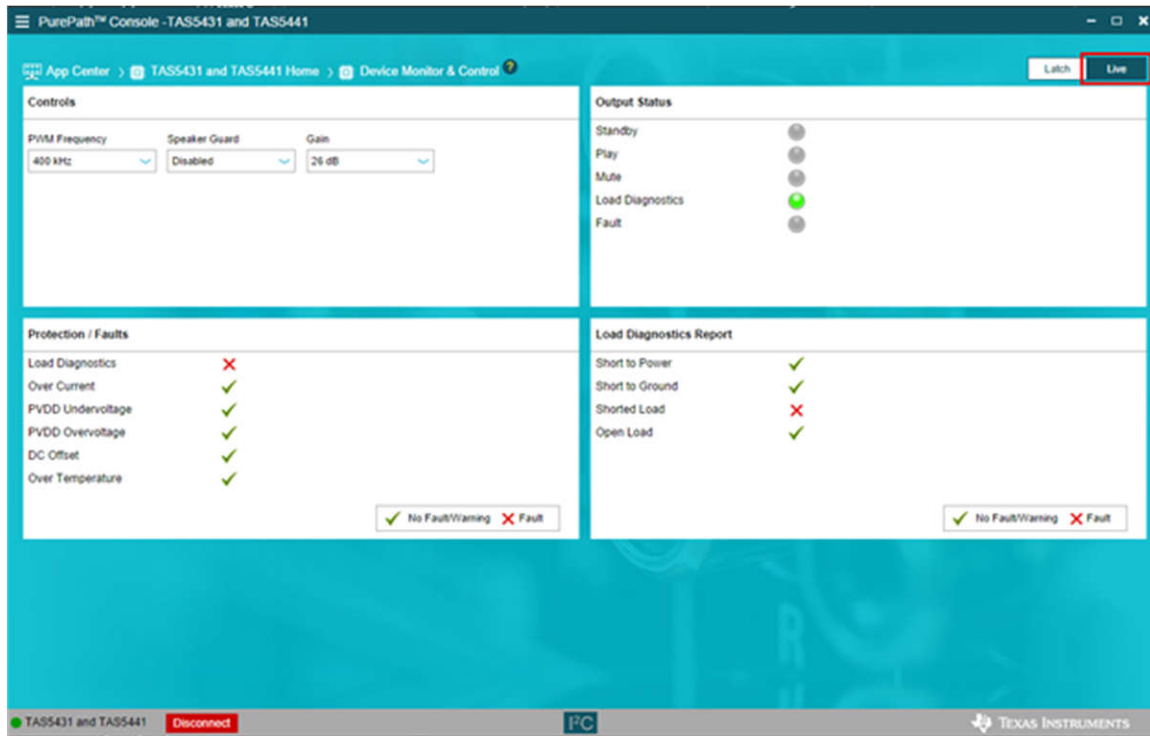


図 2-7. PurePath Console 3 の「Device Monitor and Control」ウィンドウの Live ステータス (短絡負荷フォルトあり)

TAS5431-Q1 を搭載した ECU や車両でも、同様のアプローチを実施できます。システムのマイクロプロセッサを利用することで、TAS5431-Q1 のフォルトレジスタを I<sup>2</sup>C 経由で定期的またはオンデマンドでポーリングし、デバイスと負荷の状態を判定できます。これは、試作テスト時やシステムレベルの診断時に配線とスピーカの正常性を検証するのに役立ちます。



## 2.6 アプリケーション レベルの検討事項

車両に堅牢な故障検出と性能を実装するには、システム インテグレータは TAS5431-Q1 の負荷診断機能の期待される動作を考慮する必要があります。

システム ファームウェアは、スタンバイ終了後、オーディオを有効にする前に、負荷診断の時間を考慮する必要があります。公称のケースで示されているように、負荷診断は約 229ms で完了すると想定されています。ただし、断続的な故障 (トランクがボタンと閉まりスピーカに一時的な外部振動が加わった場合など) の場合は、診断シーケンスの 1 サイクルで最大 429ms かかる可能性があります。負荷診断の完了前にオーディオが有効になっている場合、出力が切り詰められたり、負荷診断の終了時にポップ音が発生する可能性があります。

TAS5431-Q1  $\overline{\text{FAULT}}$  ピンをシステム マイクロプロセッサの I/O に接続するのが最適です。その結果、障害検出の手段として I/O ピンを継続的に監視するように、システム ファームウェアを構成できます。 $\overline{\text{FAULT}}$  のアサートを検出すると、システム マイクロプロセッサは I<sup>2</sup>C 経由で TAS5431-Q1 のフォルトレジスタをポーリングするように設定できます。開放負荷フォルトは  $\overline{\text{FAULT}}$  のアサートをトリガしないことに注意してください。

システム インテグレータが TAS5431-Q1 ステータスレジスタを一定の間隔でポーリングするように選択できる場合があります。この機能は、負荷の状態を理解するのに役立ちます。開放負荷条件の検出が必要なシステムで、フォルトメカニズムによって  $\overline{\text{FAULT}}$  ピンがアサートされない場合でも、ポーリングにより検出が可能になります。一部のアプリケーションでは、スタンバイ終了後、オーディオを有効にする前にフォルトステータスレジスタをポーリングします。これにより、デバイスが負荷診断を実行しておらず、スピーカのフォルトが報告されていないことを確認することができます。さらに、一部のアプリケーションでは、ステータスレジスタをポーリングし、連続したステータスの読み取りで一定回数エラーが発生した場合に診断トラブルコード (DTC) を設定します。フォルトポーリングと報告の実装はシステム要件によって異なり、システムインテグレータの裁量で実装する必要があります。

最後に、システム インテグレータは、OUTx ピンと GND の間の出力容量を考慮し、『TAS5431-Q1 データシート』に記載されている推奨動作条件に従ってシステムを設計することが重要です。これを怠ると、フォールトフリーの設定で負荷診断チェックフェーズが最大 5 回繰り返されることがあります。

### 3 まとめ

TAS5431-Q1 Class-D アンプは、4 種類の一般的な配線と負荷フォルトを検出する負荷診断機能を内蔵しています。このアプリケーション ノートの情報を使用すると、車載エンジニアやシステム インテグレータは、アプリケーション内でこれらの機能を効果的に活用し、システム全体の堅牢性を向上させることができます。

### 4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[車載対応、ロード ダンプ保護機能と I2C 診断機能搭載、TAS5431-Q1 8W、モノラル、デジタル オーディオ アンプ](#)』、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、TI は一切の責任を拒否します。

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