

Design Guide: TIDA-010264

MCU ベースのスーパーキャパシタ・バックアップ付き医療用アラームのリファレンス・デザイン

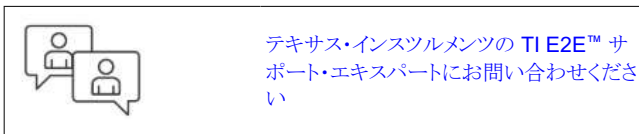


概要

このリファレンス・デザインは、MSPM0G1507 または MSPM0G3507 マイクロコントローラ (MCU) を使用した、一般的な医療用アラームの例で、プライマリ・アラーム、バックアップ・アラーム、ビジュアル・アラーム機能を示し、IEC 60601-1-8 に準拠した開発を支援します。この MCU は、内部または外部のフラッシュからオーディオを読み取り、D/A コンバータ (DAC) 波形をオーディオ・アンプに出力します。システムへの電力供給が停止している間も、バックアップ・ピエゾ・ブザーと、リアルタイム・クロック (RTC) を内蔵した MCU は、スーパーキャパシタから電力の供給を受け続けます。

リソース

TIDA-010264	デザイン・フォルダ
MSPM0G1507	プロダクト・フォルダ
MSPM0G3507	プロダクト・フォルダ
TPS61094, TPA6211A1	プロダクト・フォルダ

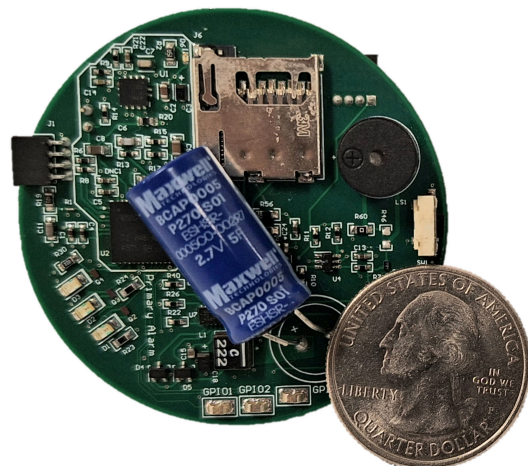
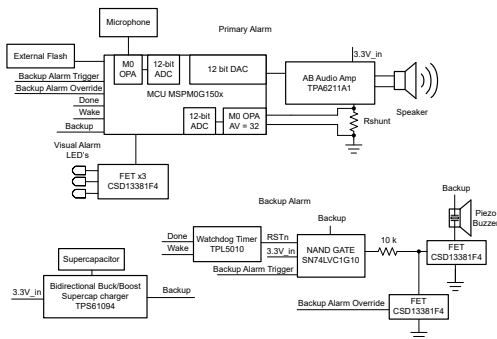


特長

- IEC 60601-1-8 ベースのプライマリ・アラーム・システム、バックアップ・アラーム・システム、ビジュアル・アラーム・システム
- 128KB の内部フラッシュ搭載、外部フラッシュへの接続オプション、標準アラームとカスタム アラームを再生可能
- 内蔵 DAC を使用した、周波数を調整できる (48kHz 以上に対応) 12 ビットのハイファイ・オーディオ
- スーパーキャパシタ・バックアップを使用した、3 分を超えるバックアップ・アラーム
- 3 つのビジュアル・アラーム LED: 高、中、低優先度
- スペースに制約のある医療アプリケーションに適した、直径 49mm の小さな外形

アプリケーション

- 点滴用ポンプ
- マルチパラメータ・メディカル・モニタ
- 呼吸補助装置
- 透析装置
- 麻酔供給システム



1 システムの説明

医療アラーム・システムは、ほとんどの医療機器、特に集中治療室 (ICU) で使用される機器で必須のサブシステムです。患者の安全のため、これらの医療機器は国際電気標準会議 (IEC) によって制定された要件に準拠している必要があります。IEC 60601-1-8 規格では、プライマリ・アラーム、冗長電源バックアップ・アラーム、ビジュアル・アラーム・インジケータなど、これらのシステムに必要なアラーム関連の要素について詳しく説明しています。この設計では、MSPM0G1507 または MSPM0G3507 マイクロコントローラを使用して、IEC 60601-1-8 ベースの医療用アラームを実現し、プライマリ・アラーム、バックアップ・アラーム、およびビジュアル・アラーム機能を提供します。図 2-1 は設計ブロック図を表しています。

2 システム概要

2.1 ブロック図

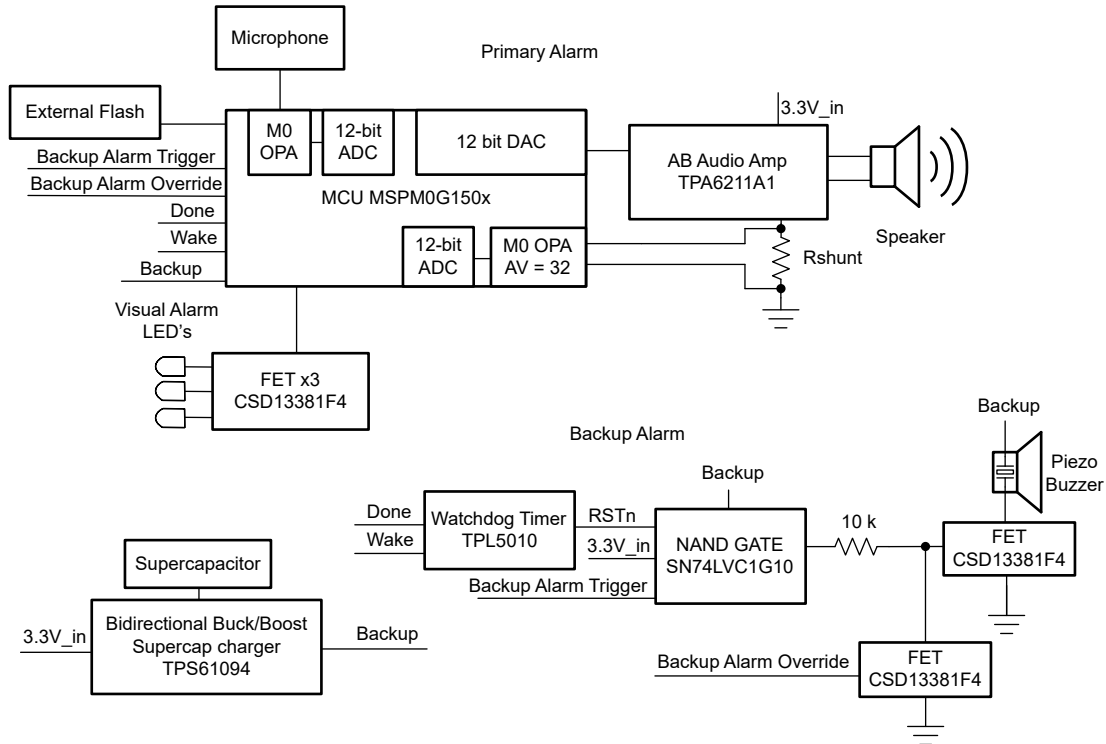


図 2-1. TIDA-010264 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 プライマリ・アラーム回路 - 電流センシング

図 2-2 に、TPA6211A1 クラス AB オーディオ・アンプを使用したプライマリ・アラーム回路を示します。

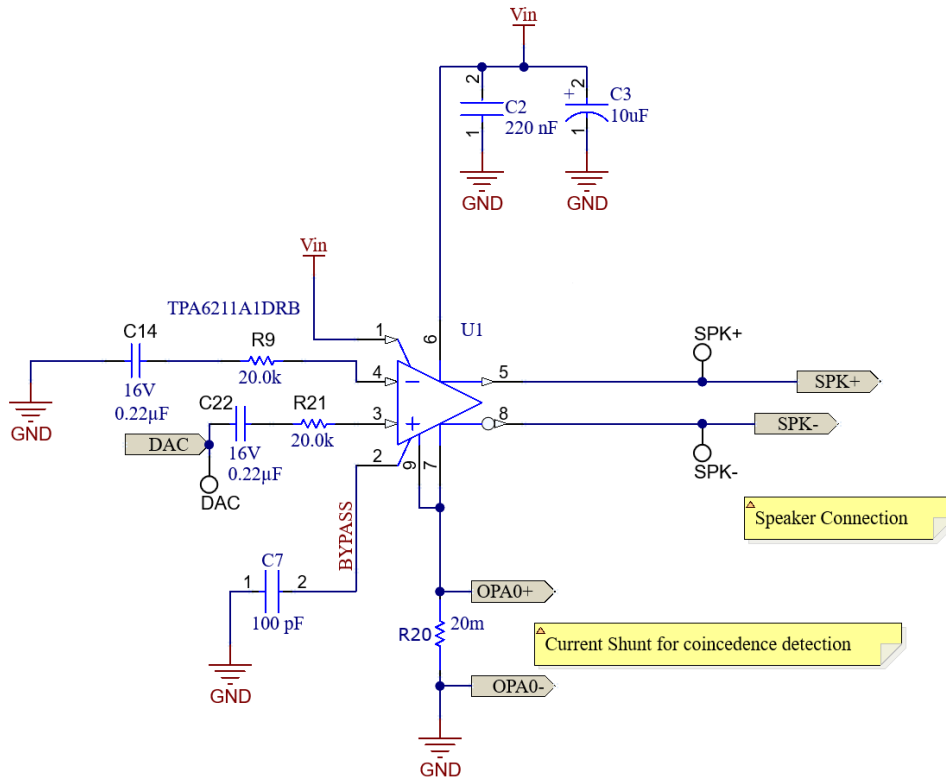


図 2-2. プライマリ・アラームのアンプ回路

ローサイド電流センシングは、シャント抵抗 R20 を使用して実装され、MSPM0 MCU の内部オペアンプによって電圧増幅されます。内部で構成された非反転ゲインは 32 です。その後、MCU の 12 ビット ADC がこの値をデジタル化します。このデータを使用して、オーディオ・アンプでオーディオが再生されているときに、スピーカが接続されているかどうかを検出できます。テストにおいて、高優先度のアラーム状態、4Ω スピーカ、3.3V 入力電圧で、最大電流の測定結果は約 0.6A でした。アナログ電流波形については、図 3-5 を参照してください。

シャント抵抗に関しては 20mΩ でテストを行い、0.6A の電流がシャント抵抗に流れ ADC のステップ数は約 496 となりました。追加のゲインが必要な場合は、より大きなシャント抵抗を使用するか、外付け抵抗を使用することでゲインを設定可能です。

式 1 に、シャント抵抗と電流に対する最大 ADC 出力電圧スイングと ADC ステップ数を示します。

$$V_{\text{shunt}} = R_{\text{shunt}} \times I_{\text{shunt}}$$

$$V_{\text{ADC}} = 32 \times (R_{\text{shunt}} \times I_{\text{shunt}})$$

$$\{R_{\text{shunt}} = 20 \text{ m}\Omega, I_{\text{shunt_max}} \cong 0.6 \text{ A}\} \rightarrow V_{\text{ADC max}} = 0.384 \text{ V}$$

$$\text{Max \# ADC Steps} = \frac{V_{\text{ADC max}}}{V_{\text{REF}}} \times 4095$$

$$\{V_{\text{REF}} = 3.3 \text{ V}\} \rightarrow \text{Max \# ADC Steps} = 496$$

(1)

2.2.2 マイクロフォンの回路 - 一致検出

周囲のノイズやプライマリ・アラームからの音響フィードバックなど、環境からのフィードバックを加えられるように、オプションのマイクを追加しました。図 2-3 に、マイクロフォンの回路と、MSPM0 の構成済みオペアンプへの接続を示します。

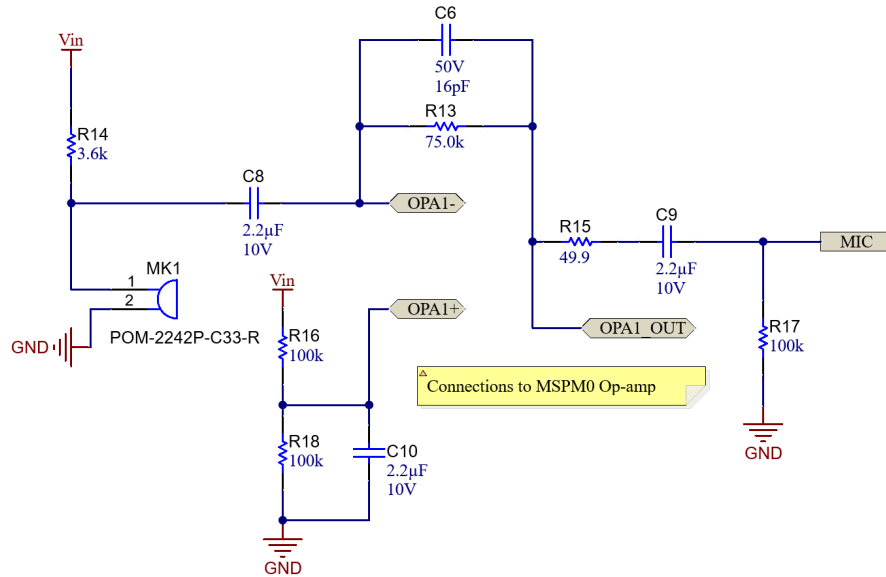


図 2-3. マイクロフォンの回路

2.2.3 バックアップ・アラーム回路

図 2-4 に、バックアップ・アラーム回路を示します。この回路は、主電源が失われた場合、または MCU によってアラームがトリガされた場合に、バックアップ・アラームをトリガします。外部ウォッチドッグ・タイマ TPL5010 は、システムが応答を停止した場合に MCU をリセットします。セカンダリ・アラーム・オーバーライド Q5 ゲートが MCU により HIGH にされると、NAND ゲート U4 への他の入力に関係なく、バックアップ・アラームがオフになります。これにより、MCU は必要に応じてアラーム回路を完全に制御できるようになり、たとえば、要求されている 3 分が経過した後でアラームをディスエーブルにすることもできます。

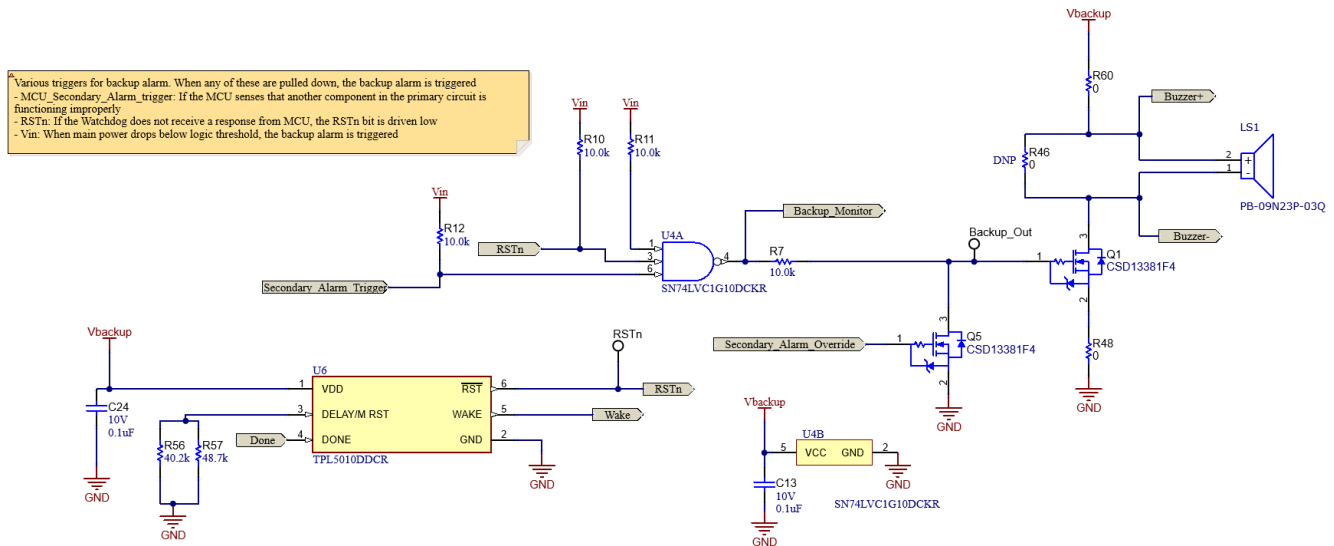


図 2-4. バックアップ・アラーム回路

2.2.4 スーパーキャパシタの充電回路

図 2-5 に、スーパーキャパシタの充電およびバックアップ電源の回路図を示します。

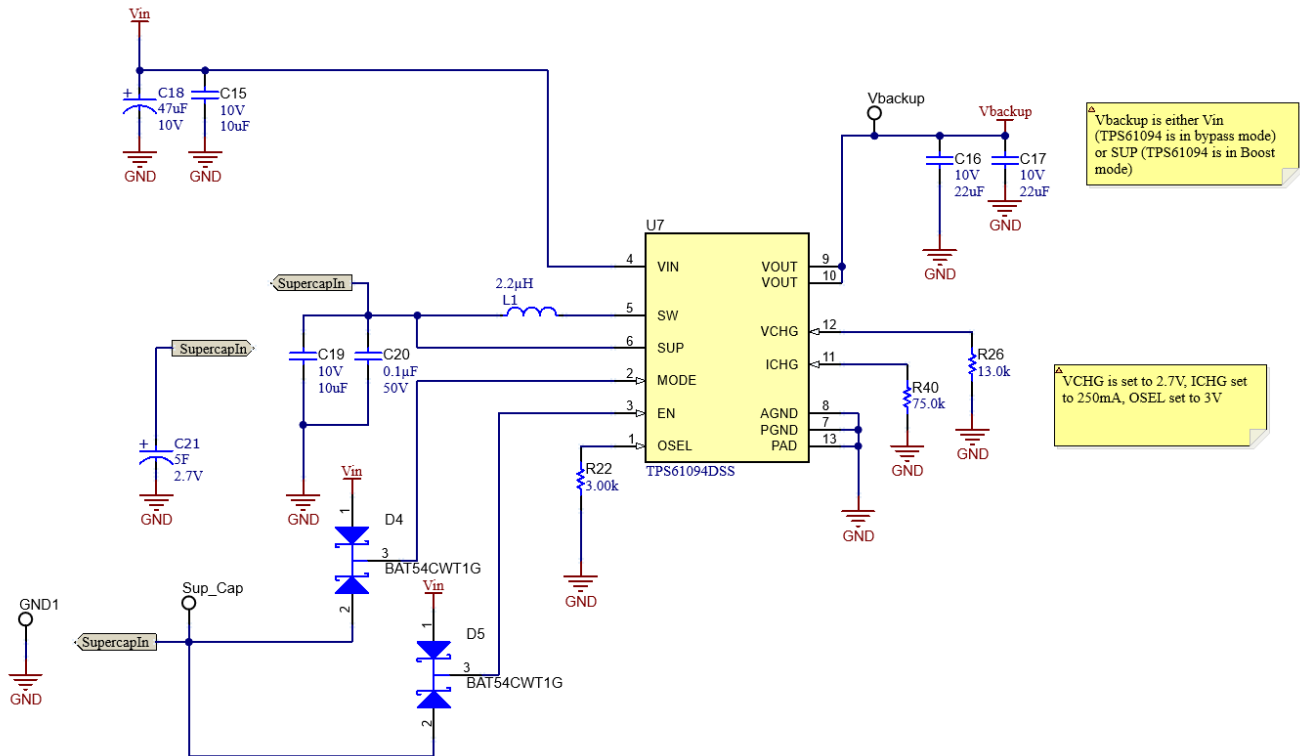


図 2-5. スーパーキャパシタの充電回路

TPS61094 が動作するスーパーキャパシタの最小電圧は 0.7V なので、スーパーキャパシタのエネルギー容量の一部は利用できません。

定格 5V 未満のスーパーキャパシタに使用できるスーパーキャパシタ・エネルギー・ストレージを、式 2 に示します。

$$E_{\text{Joules}} = \frac{1}{2} \times C \times V^2 - \frac{1}{2} \times C \times (0.7 \text{ V})^2 \quad \{\text{Supercapacitor } V_{\text{CHG}} < 5 \text{ V}\}$$

$$E_{\text{Joules}} = \frac{1}{2} \times C \times V^2 - 0.245 \times C \quad \{\text{Supercapacitor } V_{\text{CHG}} < 5 \text{ V}\} \quad (2)$$

この設計では、スーパーキャパシタの電圧は 2.7V、容量は 5F であり、17 ジュールのエネルギー・ストレージを提供します。TPS61094 では、スーパーキャパシタの最大充電電圧は 5V です。式 3 に、選択したスーパーキャパシタの定格が 5V 以上の場合に使用できるエネルギー・ストレージを示します。

$$E_{\text{Joules}} = \frac{1}{2} \times C \times (5 \text{ V})^2 - 0.245 \times C \quad \{\text{Supercapacitor } V_{\text{CHG}} \geq 5 \text{ V}\}$$

$$E_{\text{Joules}} = 12.255 \times C \quad \{\text{Supercapacitor } V_{\text{CHG}} \geq 5 \text{ V}\} \quad (3)$$

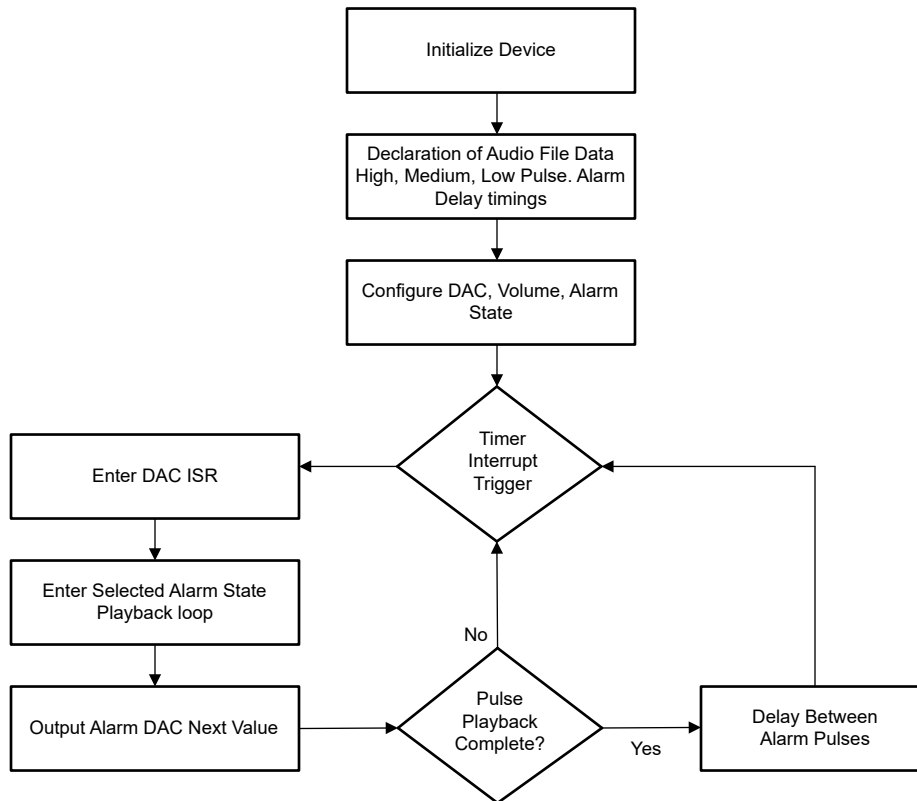
表 2-1 に示すように、自動降圧モードに移行してスーパーキャパシタを充電するには、 V_{IN} を目標の V_{OUT} より 100mV 高くする必要があります。このため、目標の V_{OUT} は 3V に設定しました。これは、OSEL ピンに 3kΩ 抵抗を接続することで設定しています。入力電圧 V_{IN} が目標電圧を下回ると、昇圧動作を開始します。電力遷移波形については、図 3-7 と図 3-8 を参照してください。

表 2-1. 動作モード

モード	EN	モード	バイパス	昇圧	降圧	機能
強制バイパス	0	0	✓	×	×	バイパス MOSFET をオン、昇圧コンバータまたは降圧コンバータをオフ、 $V_{\text{OUT}} = V_{\text{IN}}$
完全なシャットダウン	0	1	×	×	×	バイパス切断、昇圧コンバータまたは降圧コンバータをオフ、 $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$
強制降圧	1	0	✓	×	✓	スーパーキャパシタまたはバックアップ・バッテリーを充電しながら、降圧コンバータをイネーブル、バイパス MOSFET をオン、 $V_{\text{OUT}} = V_{\text{IN}}$
自動昇圧または降圧	1	1	✓	×	✓	降圧コンバータ、イネーブル。 $V_{\text{IN}} > \text{target } V_{\text{OUT}} + 100\text{mV}$ かつ $V_{\text{OUT}} > \text{target } V_{\text{OUT}}$ のとき、スーパーキャパシタは降圧コンバータで充電されます
	1	1	✓	✓	×	昇圧コンバータおよびバイパスがイネーブル。 $V_{\text{OUT}} + 100\text{mV} > V_{\text{IN}} > \text{target } V_{\text{OUT}}$ かつ $V_{\text{OUT}} = \text{target } V_{\text{OUT}}$ のとき、 V_{OUT} は両方の V_{IN} からバイパスを経由し、昇圧コンバータによりスーパーキャパシタから供給されます。
	1	1	×	✓	×	昇圧コンバータ、イネーブル。 $V_{\text{IN}} < \text{target } V_{\text{OUT}}$ のとき、 V_{OUT} はスーパーキャパシタから昇圧コンバータにより電力を供給されます。

2.2.5 ソフトウェアのフローチャート

図 2-6 に、ソフトウェアのフローチャートを示します。


図 2-6. ソフトウェアのフローチャート

2.3 主な使用製品

2.3.1 MSPM0G150x

MSPM0G150x マイクロコントローラ (MCU) は、最大 80MHz の周波数で動作する拡張 Arm® Cortex®-M0+ 32 ビット・コア・プラットフォームをベースにした MSP 高集積超低消費電力 32 ビット MCU ファミリの一部です。このようにコスト的に最適化された MCU は、高性能のアナログ・ペリフェラルを統合し、-40°C~125°C の拡張温度範囲をサポートし、供給電圧範囲 1.62V~3.6V で動作します。

MSPM0G150x デバイスは、最大 128KB の組込みフラッシュ・プログラム・メモリ (ECC (誤り訂正符号) 内蔵)、最大 32KB の SRAM (ECC およびハードウェア・パリティ付き) を搭載しています。また、メモリ保護ユニット、7 チャンネル DMA、演算アクセラレータに加えて、2 つの 12 ビット 4MSPS ADC、構成可能な内部共有電圧リファレンス、1 つの 12 ビット 1MSPS DAC、リファレンス DAC を内蔵した 3 つの高速コンパレータ、ゲインをプログラム可能な 2 つのゼロドリフト・ゼロクロスオーバー・オペアンプ、1 つの汎用アンプなど各種の高性能アナログ・ペリフェラルも内蔵しています。これらのデバイスは、2 つの 16 ビット高度制御タイマ、5 つの汎用タイマ (QEI インターフェイス用の 1 つの 16 ビット汎用タイマ、STANDBY モード用の 2 つの 16 ビット汎用タイマ、1 つの 32 ビット汎用タイマ)、2 つのウィンドウ付きウォッチドッグ・タイマ、アラームとカレンダー・モードを備えた 1 つの RTC など、インテリジェントなデジタル・ペリフェラルも搭載しています。これらのデバイスは、データ整合性と暗号化ペリフェラル (AES、CRC、TRNG)、および拡張通信インターフェイス (4 つの汎用非同期レシーバ・トランスミッタ (UART)、2 つの I2C、2 つのシリアル・ペリフェラル・インターフェイス) を提供します。

テキサス・インスツルメンツの MSPM0 低消費電力 MCU ファミリーは、アナログおよびデジタル回路をさまざまなレベルで内蔵したデバイスで構成されているため、お客様はプロジェクトのニーズを満たす MCU を見つけることができます。

MSPM0 MCU ファミリーは、ARM Cortex-M0+ プラットフォームと包括的な超低消費電力のシステム・アーキテクチャを組み合わせたもので、システム設計者は性能向上と消費電力低減を同時に実現できます。

2.3.2 TPS61094

TPS61094 は、スーパーキャパシタ管理機能を搭載した I_Q 60nA の昇圧コンバータです。このデバイスは、スマート・メーター・アプリケーションやスーパーキャパシタ・バックアップ電源アプリケーション向けの電源設計を実現します。

TPS61094 は入力電圧範囲が広く、最大 5.5V の出力電圧を供給できます。TPS61094 を降圧モードで使用してスーパーキャパシタを充電する場合、2 個の外付け抵抗によって充電電流と充電終了電圧をプログラムできます。TPS61094 を昇圧モードで動作させる場合、1 個の外付け抵抗を使って出力電圧をプログラムできます。

自動昇圧または降圧モード (EN = 1, MODE = 1) 中に入力電源が印加されると、本デバイスは入力電圧を出力にバイパスし、同時にバックアップ・スーパーキャパシタを充電できます。入力電源が切り離された場合、または出力目標電圧を下回った場合、TPS61094 は昇圧モードに遷移し、バックアップ・スーパーキャパシタから出力電圧をレギュレートします。このモードでは、TPS61094 は 60nA の静止電流を消費します。

TPS61094 は完全なシャットダウン・モード (EN = 0, MODE = 1) と強制バイパス・モード (EN = 0, MODE = 0) をサポートしています。完全なシャットダウン・モードでは、TPS61094 は負荷を入力電源から完全に切り離します。強制バイパス・モードでは、TPS61094 はバイパス・スイッチ経由で負荷を入力電圧に直接接続することで消費電流を 4nA に低減し、バッテリー寿命を延長します。

2.3.3 TPA6211A1

TPA6211A1 は、プリント基板 (PCB) の占有面積がわずか 20mm² でありながら、ほとんどの用途で最低 3Ω のインピーダンスのスピーカを駆動するように設計された 3.1W モノラル完全差動アンプです。本デバイスは 2.5V~5.5V で動作し、静止電流はわずか 4mA です。TPA6211A1 は省スペースの 3mm × 3mm SON (DRB) および 8 ピン MSOP-PowerPAD™ (DGN) IC パッケージで供給されます。

20Hz ~ 2kHz で -80dB の電源電圧除去、RF 整流耐性の向上、小さな PCB 面積、最小限のポップ音での高速起動といった特長から、TPA6211A1 は PDA およびスマートフォン・アプリケーションに最適です。

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

3.1 ハードウェア要件

表 3-1 に、必要なテスト装置の詳細を示します。

表 3-1. テストに使用した装置

装置	定格	説明
DC 電源	3.3V、1A	デバイスの入力電力
スピーカ	4Ω	プライマリ・アラーム音の出力
SPI フラッシュ・プログラマ	-	カスタム・オーディオの SPI フラッシュへのプログラミング用
MSPM0 プログラマ	-	任意の MSPM0 LaunchPad™ または XDS110 デバッグ・プログラマ

3.2 ソフトウェア要件

3.2.1 ソフトウェアの概要

3.2.1.1 MSPM0 MCU のプログラミング

MCU をプログラムするには、MSPM0 プログラマの GND、NRST、SWDIO、SWCLK ピンを J3 コネクタに接続します。外部 3.3V DC 電源をアラーム基板の V_{IN} および GND 接続につなぎます。プログラマをホスト・コンピュータに接続したら、Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE) でプログラムします。

3.2.1.2 外部 SPI フラッシュのプログラミング

外部フラッシュにオーディオを書き込むには、SPI フラッシュ・プログラマが必要です。プログラマを J2 コネクタに接続します。オーディオをフラッシュする前に、SPI プログラマが 3.3V で動作していることを確認してください。

3.3 テスト設定

表 3-2 に、TIDA-010264 の基板接続を示します。

表 3-2. TIDA-010264 の基板接続 (テスト用)

コネクタ	説明
V_{IN} 、GND	DC 電源、3.3V に接続
SPK+、SPK-	4Ω スピーカに接続
SPI フラッシュ・プログラマ	J2 に接続
MSPM0 プログラマ	J3 に接続

3.4 テスト結果

このセクションでは、この設計の機能を検証するために使用されているテスト手順について説明します。

3.4.1 プライマリ・アラーム波形

MSPM0 12 ビット DAC 出力を、高優先度のアラーム状態での再生中に測定した波形を図 3-1 に示します。基本周波数、立ち上がり時間、立ち下がり時間、パルス間隔などの主要な波形特性は、IEC 60601-1-8 の要件を満たすように内部で測定されています。

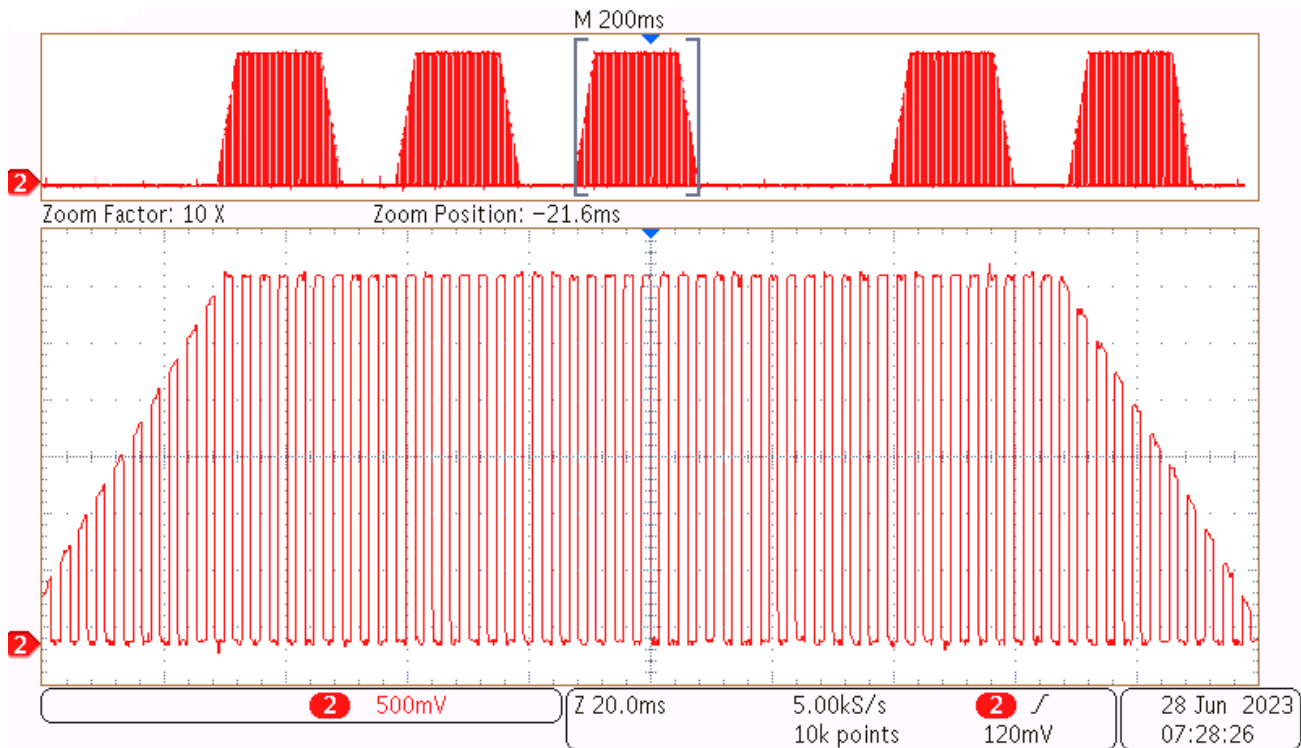


図 3-1. 高優先度のアラーム状態での DAC 波形

図 3-2 に、スピーカの正端子と負端子から測定された高優先度のアラーム波形を示します。

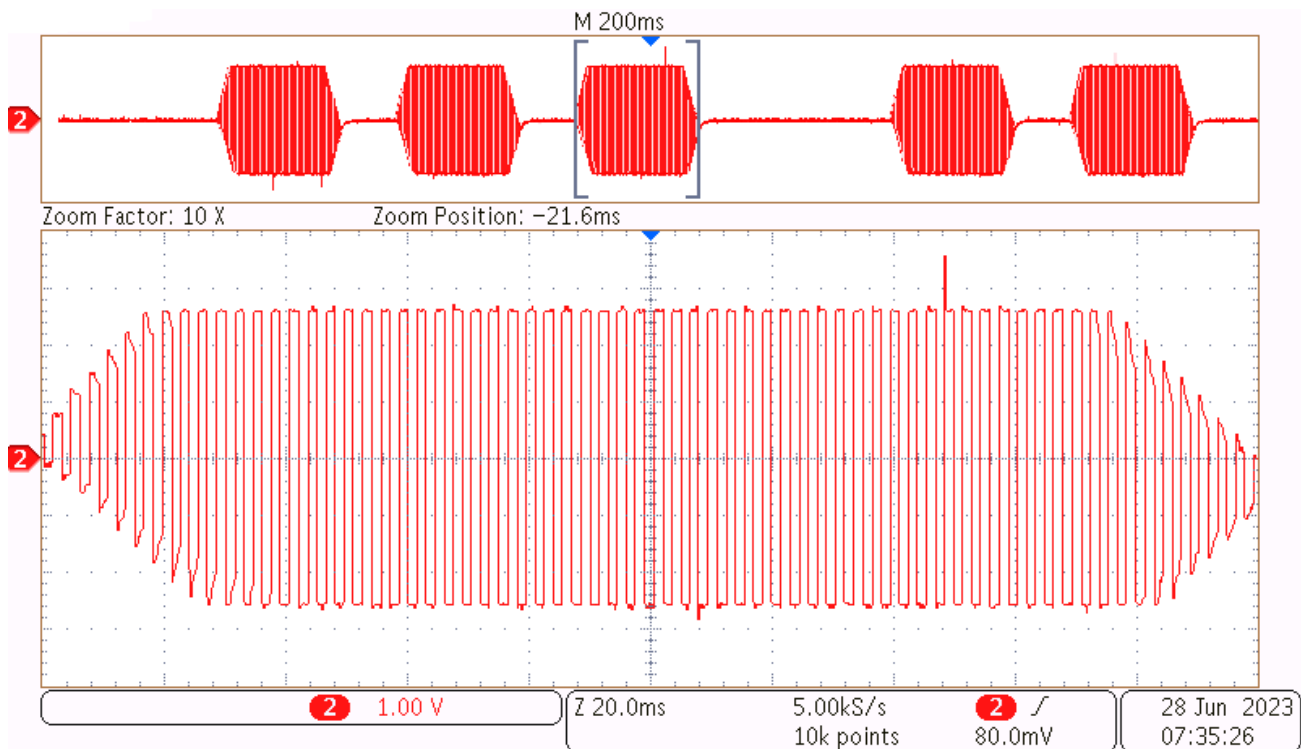


図 3-2. 高優先度のアラーム状態でのスピーカ波形

図 3-3 に、スピーカの正端子と負端子から測定されたカスタム・オーディオ波形の例を示します。

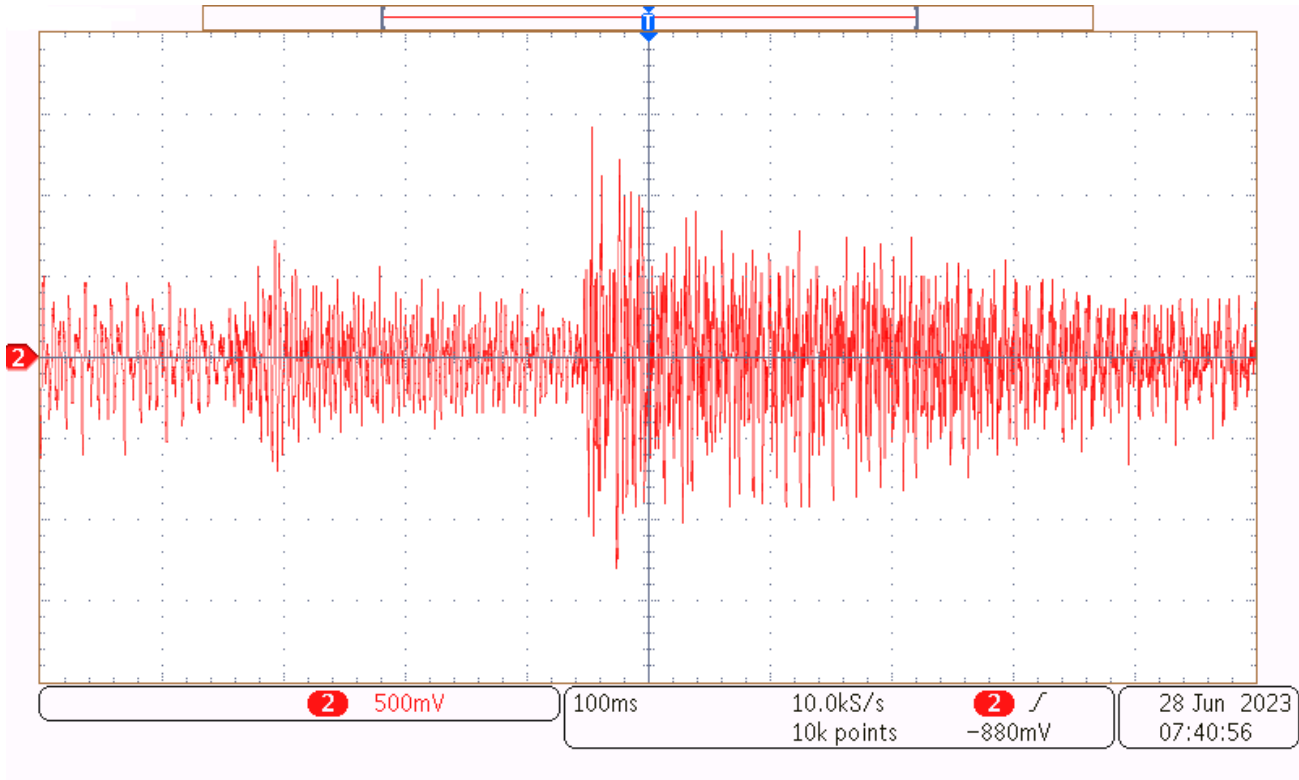


図 3-3. カスタム・オーディオ・スピーカの波形

3.4.2 プライマリ・アラームの高調波テスト

図 3-4 に、高優先度のアラーム状態での高調波成分を示します。IEC 60601-1-8 の要件を満たすには、最低 4 つの高調波が基本周波数の振幅の $\pm 15\text{dB}$ である必要があります。この高優先度のアラーム状態でのテストに必要な範囲内で 8 つの高調波が測定されています。

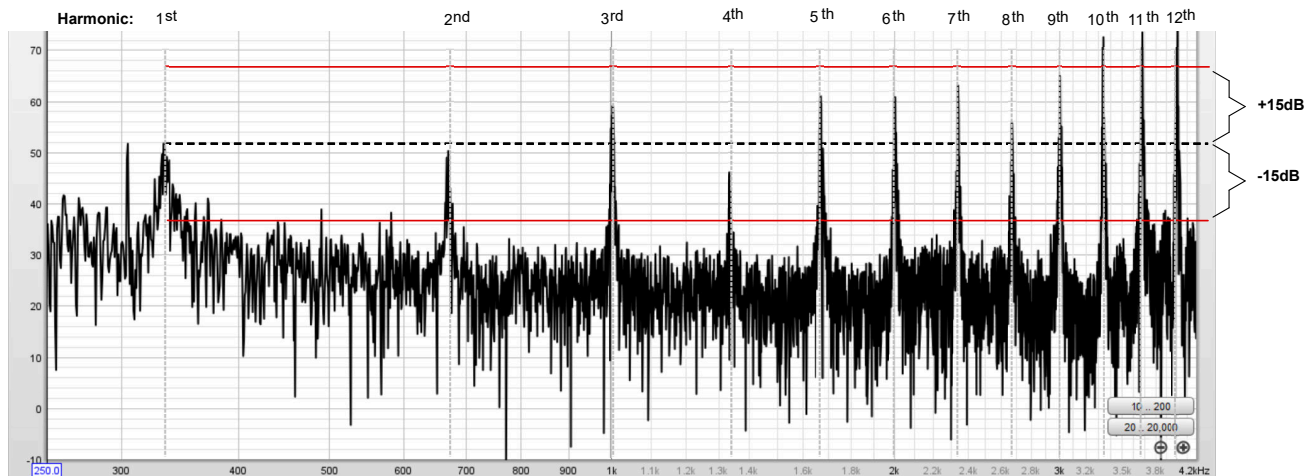


図 3-4. 高優先度のアラーム状態での高調波テスト

3.4.3 一致検出

MSPM0G150x の内部オペアンプ出力を測定することで、一致検出回路をテストしました。図 3-5 に示すパルスは、TPA6211A1 の消費電流測定による高優先度のアラーム状態での波形を示しています。スピーカが故障している場合 (切断されている場合など)、電流波形は大幅に減少します。

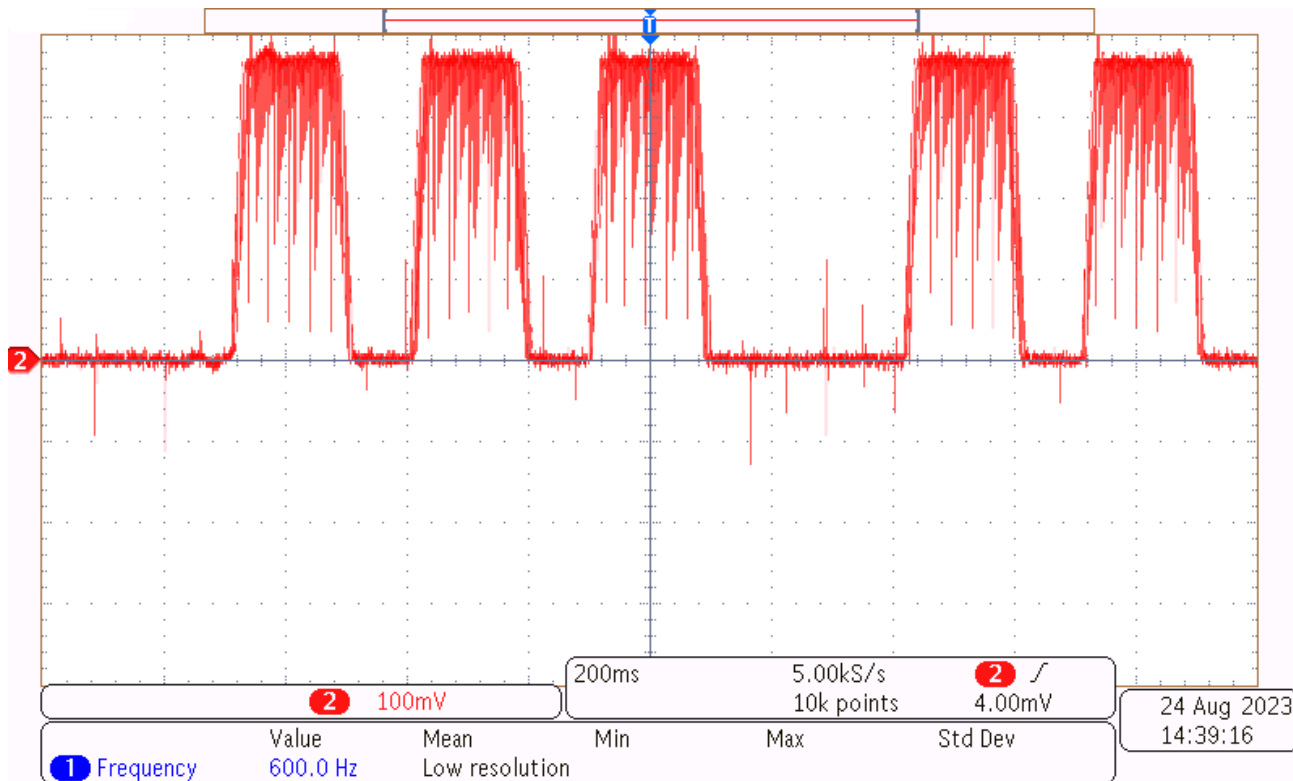


図 3-5. 高優先度のアラーム状態での電流検出波形

図 3-6 に、高優先度のアラーム状態でのマイクロフォンのアナログ信号出力を示します。この信号は MSPM0 の ADC でデジタル化でき、プライマリ・アラーム信号の音響測定が可能になります。マイクロフォンを使用して周囲のノイズ・レベルを測定することもでき、プライマリ・アラームの音量レベルを調整することができます。

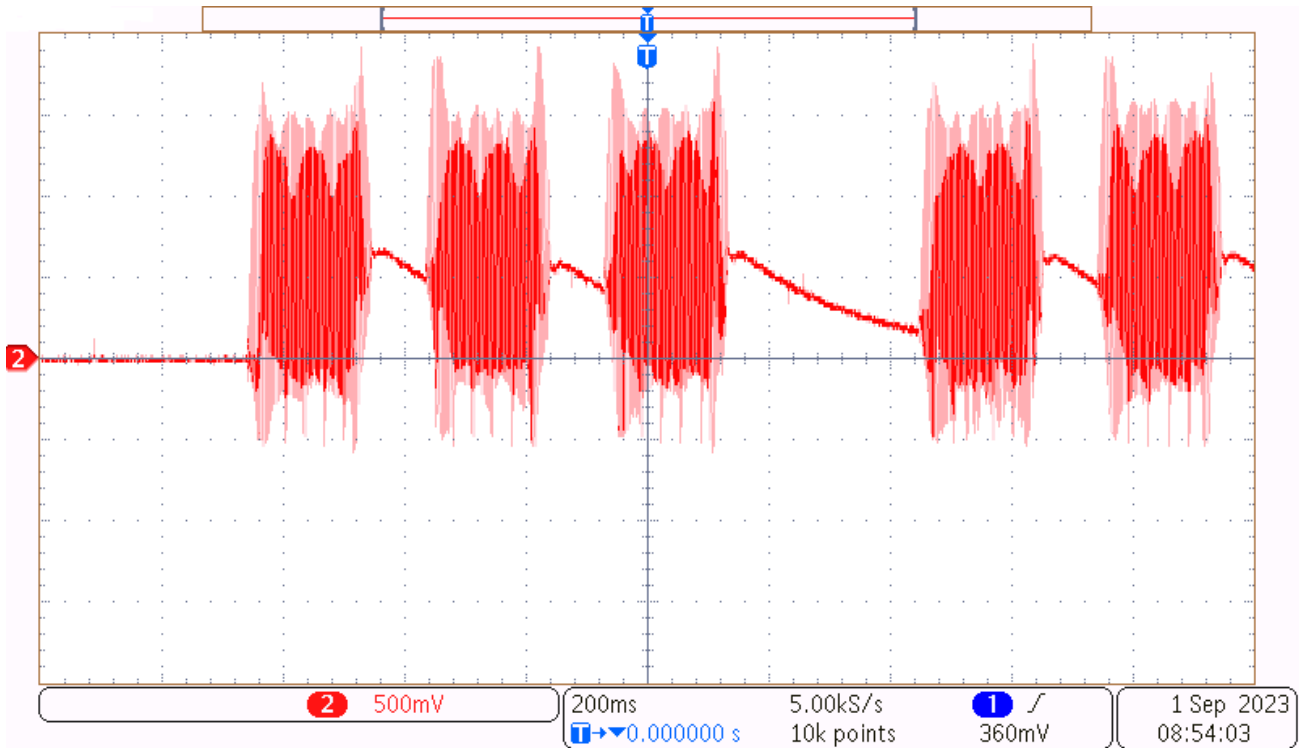


図 3-6. 高優先度のアラーム状態でのマイクロフォンの波形

3.4.4 バックアップ電源の遷移

図 3-7 に、外部 3.3V 電源から 3V スーパーキャパシタ・バックアップ電源への遷移を示します。

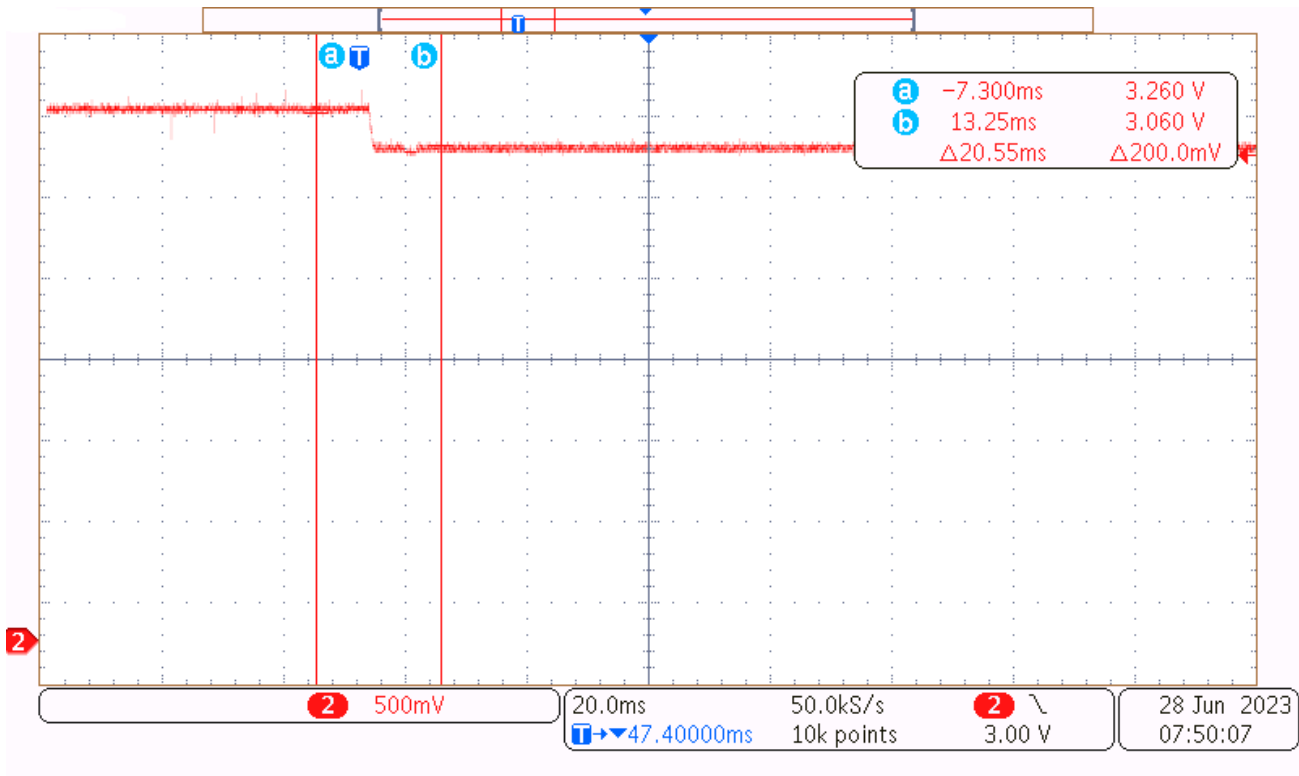


図 3-7. 外部電源からバックアップ電源へ

図 3-8 に、3V のスーパーキャパシタ・バックアップ・モードから外部 3.3V 電源へ戻る遷移を示します。

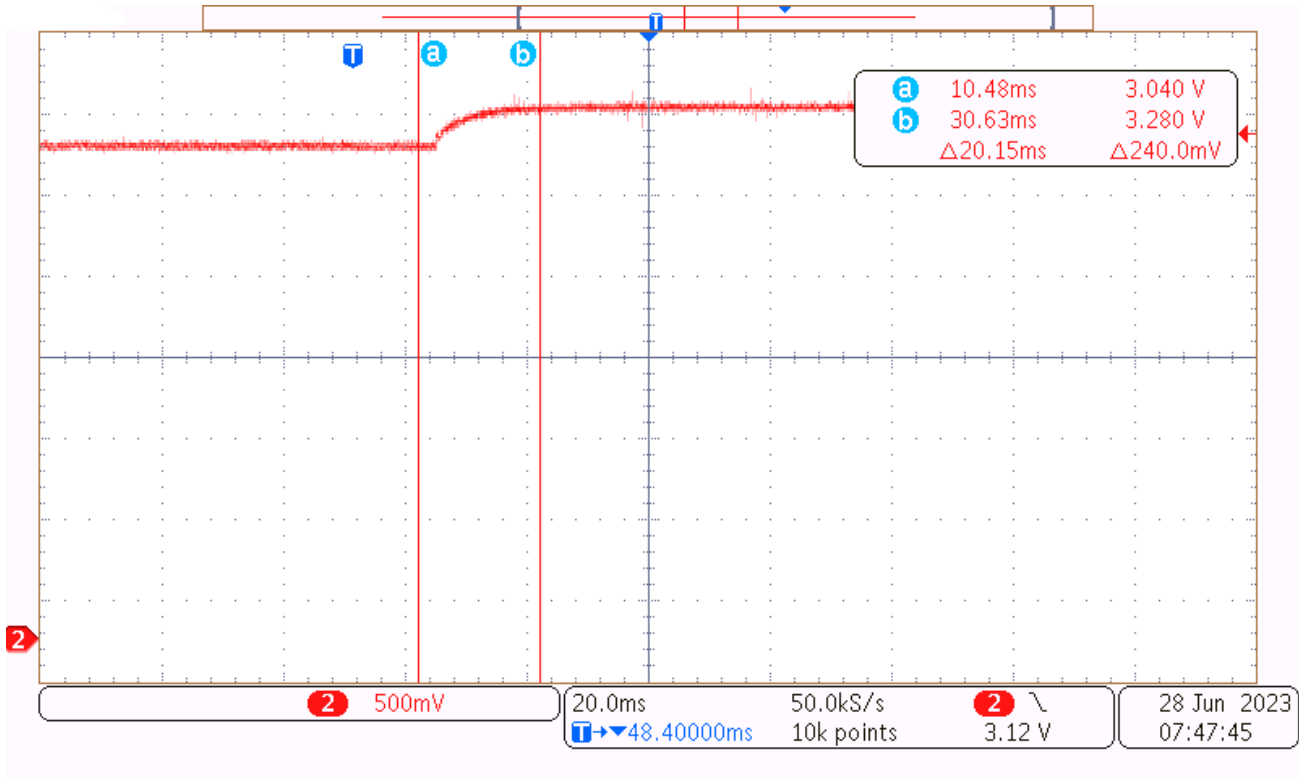


図 3-8. バックアップ電源から外部電源へ

3.4.5 アラーム音圧レベルとバックアップ・アラームの実行時間

表 3-3 は、音源から 1 メートル離れた場所で測定された、プライマリおよびバックアップのアラーム音レベルを dBA 単位で示しています。また、バックアップ・アラーム・ブザーに特定の直列抵抗を接続した場合のアラームの実行時間もこの表に示します。

表 3-3. プライマリ・アラームおよびバックアップ・アラームのサウンド・レベル

アラームの種類	サウンド・レベル (1m での dBA)	実行時間
プライマリ	73.3	連続 (ライン電源)
バックアップ (0Ω 直列抵抗)	68.8	2.7V、5F のスーパーキャパシタで 2 分 50 秒
バックアップ (43Ω 直列抵抗)	66.3	2.7V、5F のスーパーキャパシタで 3 分 52 秒

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 設計ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010264](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-010264](#) の設計ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

ツール

Code Composer Studio™

Code Composer Studio は、テキサス・インスツルメンツのマイコンとプロセッサ向けの統合開発環境 (IDE) です。Code Composer Studio は、組み込みアプリケーションの開発およびデバッグに必要な一連のツールで構成されています。Code Composer Studio は、Microsoft® Windows®、Linux®、macOS® のデスクトップからダウンロードできます。この製品は、[TI デベロッパー・ゾーン](#) にアクセスし、クラウド環境で使用することもできます。

ソフトウェア

TIDA-010264- MSPM0G150x-FW

このダウンロード可能なファームウェアと、[TIDA-010264](#) リファレンス・デザインで使用されているオンボードの MSPM0G150x は、IEC 60601-1-8 規格に準拠した医療用アラームの設計を開発するのに役立ちます。

4.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、『[MSPM0 ベースの医療用アラーム設計](#)』アプリケーション・ブリーフ
2. テキサス・インスツルメンツ、『[ハードウェア・ベースのスマート DAC 医療用アラーム設計](#)』アプリケーション・ブリーフ
3. テキサス・インスツルメンツ、『[スマート DAC による医療用アラーム設計の明確化](#)』アプリケーション・ブリーフ
4. テキサス・インスツルメンツ、『[医療用アラーム設計の明確化、第 1 部:IEC60601-1-8 規格の要件](#)』TI E2E™ フォーラム
5. テキサス・インスツルメンツ、『[医療用アラーム設計の明確化、第 2 部:設計へのインプットと既存の手法](#)』TI E2E™ フォーラム
6. テキサス・インスツルメンツ、『[TPS61094 スーパーキャパシタ管理機能搭載、60nA 静止電流、昇圧コンバータ](#)』データシート
7. テキサス・インスツルメンツ、『[MSPM0G150x ミックスド・シグナル・マイクロコントローラ](#)』データシート
8. テキサス・インスツルメンツ、『[TPA6211A1 3.1W モノラル完全差動オーディオ・パワー・アンプ](#)』データシート
9. テキサス・インスツルメンツ、『[TPL5010 ウォッチドッグ機能付き Nano-Power システム・タイマ](#)』データシート

4.4 サポート・リソース

[テキサス・インスツルメンツ E2E™ サポート・フォーラム](#) は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

4.5 商標

TI E2E™, PowerPAD™, LaunchPad™, Code Composer Studio™, E2E™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited, Inc.

Microsoft® and Windows® are registered trademarks of Microsoft Corporation.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

macOS® is a registered trademark of Apple Inc.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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、

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](#)、または [ti.com](https://www.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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated