

Application Note

UCC5880-Q1 を使用してモジュールの DS 短絡障害を検出する方法



Hangjie Wang

概要

EV/HEV におけるインバータ技術の継続的な反復とアップグレードにより、ユーザーはインバータシステムの FuSa (機能安全) と動作信頼性に対するより厳しい要件を課しています。インバータのコア スイッチング デバイスである IGBT パワーモジュールは短絡障害を起こしやすいため、事前に故障をチェックせずにシステムを直接起動すると、二次側短絡、過電流の影響、熱暴走などの二次側事故が発生しやすくなり、ドライブ回路、バッテリー、負荷モーターに不可逆的な損傷が生じ、さらに個人の安全上の危険につながる可能性があります。そのため、絶縁ドライバは、構成モードで IGBT モジュールの短絡故障の非破壊検出を完了して、潜在的な故障を事前に防止する必要があります。この文書では TI の高性能絶縁型ゲートドライバである UCC5880 に注目し、IGBT モジュールの短絡障害検出方式を設計し、その方式の原理とハードウェア設計と構成プロセスを詳細に説明します。これにより、ユーザーのモジュールの短絡故障の安全な検出と、モジュールの損傷後の二次側事故の防止に役立ちます。

目次

1 概要と背景.....	2
1.1 機能要件.....	2
1.2 UCC5880-Q1 の主な特長.....	2
1.3 SW 構成モードの検出プロセス.....	6
1.4 主要な構成パラメータ.....	6
2 テスト結果.....	7
3 まとめ.....	8
4 参考資料.....	8

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 概要と背景

現在の EV/HEV 大電力インバータ アプリケーションのシナリオでは、過電流、過電圧、過熱、デバイスの経年劣化、その他の要因に起因して、IGBT または SiC モジュールの短絡障害が発生する可能性があります。従来のドライバ方式は、システム動作中の DESAT による短絡保護回路のみを実現し、起動前にモジュールの障害が発生しているかどうかを検出できません。障害が発生した状態での動作は、直接二次側故障につながり、システムの安全性リスクが大幅に増加します。したがって、予防的安全検出は業界の厳しい需要になっています。

1.1 機能要件

非破壊的 DS 短絡検出を実現するには、以下の機能要件を満たす必要があります。

1. 絶縁型ドライバ チップは、構成モード (スイッチング動作状態ではない) で IGBT モジュールの短絡故障検出を完了しなければなりません。
2. 検出プロセスは非破壊的であり、IGBT モジュール、駆動回路、メイン回路に損傷はありません。
3. 検出パラメータは構成可能で、電圧と電流のレベルが異なる IGBT パワー モジュールとの互換性があります。
4. 短絡障害を検出した後、故障を直ちにラッチし、故障信号をアップロードして、システムの起動を禁止します。
5. この方式は高度に統合されており、多くのペリフェラル デバイスを追加する必要がなく、ハードウェア回路設計を簡素化して、システムの信頼性を保証できます。

1.2 UCC5880-Q1 の主な特長

TI UCC5880 は、大電力 IGBT と SiC MOSFET 向けに特別に設計された高絶縁型で構成可能なゲートドライバです。その搭載機能は、IGBT の短絡障害検出の要件と完全に一致しており、[図 1-1](#) および以下にコア機能を示します。

1. 非飽和 (DESAT) 短絡検出回路を内蔵、110ns の超高速故障応答、検出スレッショルドは SPI 経由で 4V ~ 14V の範囲で構成できます。
2. 10 ビットの高精度 ADC を搭載しているため、DESAT ピン電圧をリアルタイムでサンプリングし、障害判定に正確なデータを提供できます。
3. SPI シリアル構成インターフェイスをサポートしているため、構成モードでスレッショルド、ブランキング時間、その他のパラメータを設定できます。
4. 包括的な自己診断機能と故障保護機能を備えています。
5. 150V/ns という非常に高いコモン モード過渡耐性 (CMTI)、優れた電氣的絶縁性能は、高電圧と大電力のインバータのシナリオに最適です。
6. INP 入力、構成モードで未知の動作を防止し、非破壊検出を実現するために無視されます。

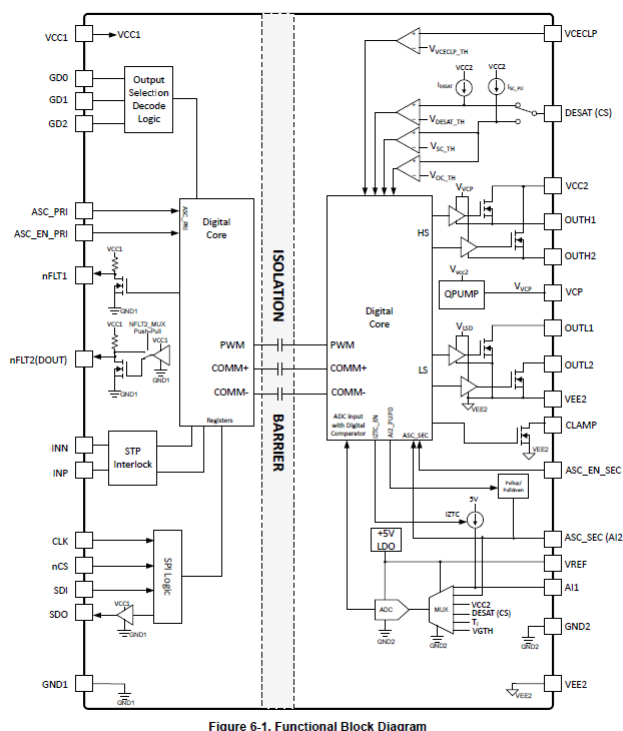


Figure 6-1. Functional Block Diagram

図 1-1. UCC5880-Q1 のブロック図

通常の IGBT モジュールがオフ状態のとき、コレクタ エミッタはハイ インピーダンスを示し、VCE 電圧はバスの高電圧に近くなります。IGBT モジュールが短絡障害を起こすと、コレクタとエミッタはロー インピーダンス導通状態になり、VCE 電圧は 0V に近づきます。

この方式では、UCC5880 の DESAT 検出機能に基づき、構成モードの DESAT ループ経由で IGBT コレクタに弱い検出電流を印加し、**#none#** に示すようにコレクタ エミッタ間の電圧信号を収集し、サンプリングされた電圧をチップの内蔵 ADC およびコンパレータによってプリセットされた障害スレッシュホールドと比較して、IGBT に短絡障害が発生しているかどうかを判定します。IGBT は導通動作なしのプロセス全体でオフ状態になっており、非破壊検出が実現されます。**#none#** に詳細な回路を示します。

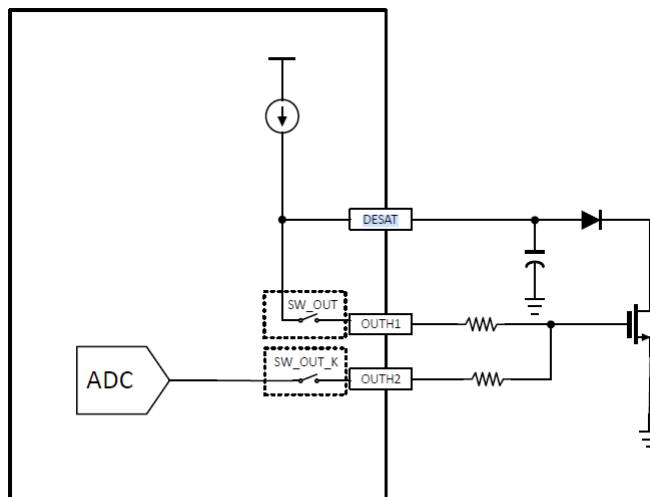


Figure 6-31. VGTH Monitor Effective Circuit

図 1-2. VGTH モニタの実効回路

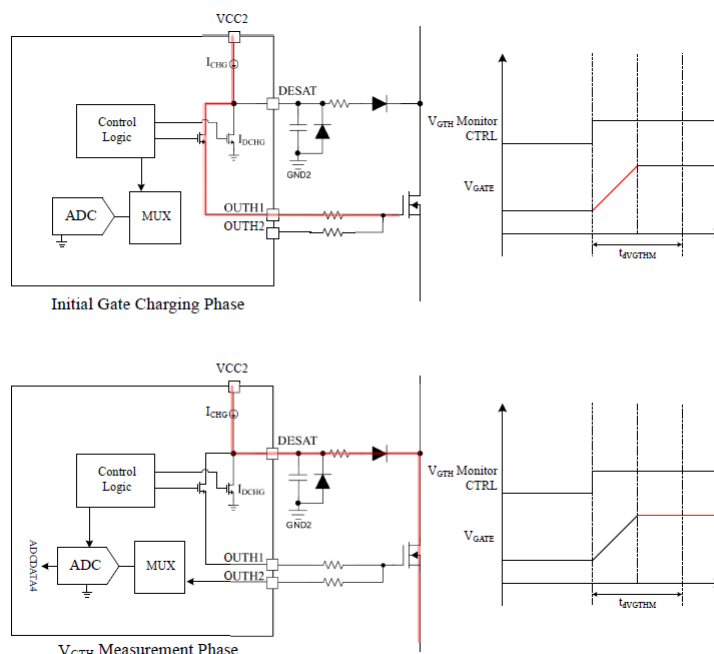
Figure 6-29. V_{GTH} Monitoring Circuit and Process

図 1-3. 監視回路および進行状況

DS 短絡のある場合とない場合の ADC 読み取り値を表 1-1 に示し、テスト波形を図 1-4 に示します。

表 1-1. DS 短絡ありとなしでの電圧サンプリングの比較

項目	ADC 値
DS 短絡なし	ADC 値は、データシート セクション 6.3.5.7 パワー スイッチ スレッショルド測定 (VGTH) の式を使用して計算できます。
DS 短絡あり	ゲート電圧は 0 に近くなります

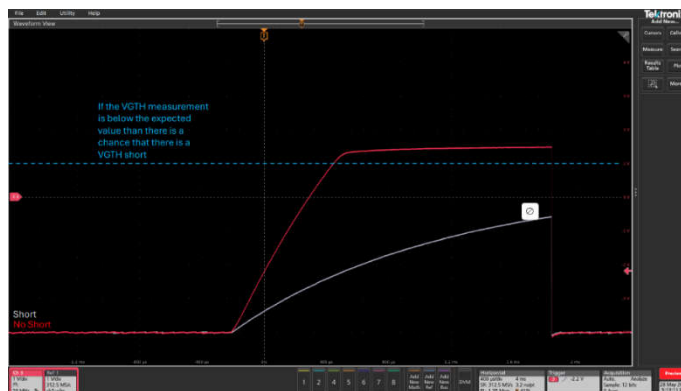


図 1-4. DS 短絡ありとなしでの電圧サンプリングの比較

ハードウェア回路設計

#none# に DESAT 検出ループを示します。UCC5880 DESAT ピンは、電流制限抵抗とファストリカバリ ダイオードを経由して IGBT コレクタに接続しています。電流制限抵抗は検出電流をマイクロアンペア レベルで制御し、ファストリカバリ ダイオードは逆高電圧を絶縁し、フィルタ コンデンサは干渉を抑制して、安定した電圧サンプリングを確認します。ADC の値は、システムとモジュールの条件によって異なります。デバイスをデータシートの仕様内に維持するには、データシートに従って操作することをお勧めします。

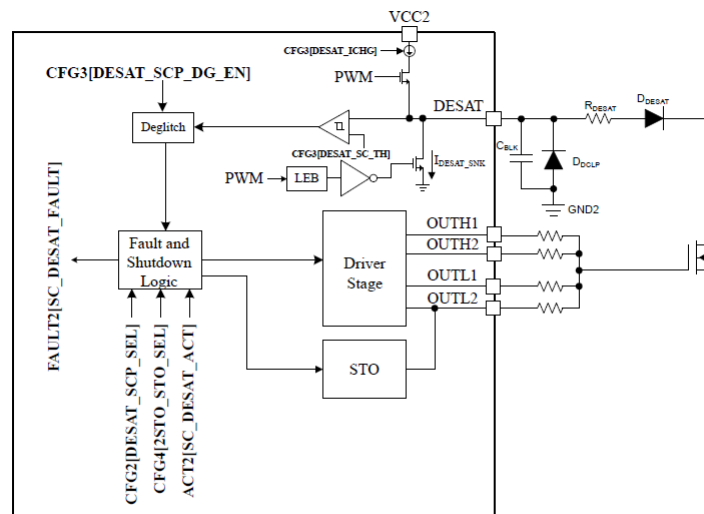


Figure 6-32. Block Diagram for DESAT Function

図 1-5. DESAT 機能のブロック図

1.3 SW 構成モードの検出プロセス

主な SW 構成を以下に示します。

1. システムの初期化:メイン制御 MCU が電源を投入し、UCC5880 を初期化し、SPI 通信を有効にして、チップを構成モードに設定します。
2. パラメータ構成:SPI 経由で DESAT 検出スレッショルド、ADC サンプルング パラメータ、故障ブランキング時間、故障ラッチ イネーブルを構成します。
3. 検出ループの起動:UCC5880 は、DESAT 検出ループをオンにし、弱い検出電圧を印加して、電圧信号が安定するのを待ちます。
4. 電圧サンプルングと判定:内蔵の ADC は DESAT ピン電圧をサンプルングし、あらかじめ設定されたスレッショルドと比較します。
 - a. サンプルング電圧 > 故障スレッショルド:IGBT モジュールは正常です。
 - b. サンプルング電圧 ≤ 故障スレッショルド:IGBT モジュールに短絡障害があります。
5. 故障処理:
 - a. 通常の場合は、構成モードを終了し、システムは正常に起動できます。
 - b. 失敗した場合は、故障をラッチして故障信号をアップロードします。
6. 故障リセット:故障が解消すると、MCU は SPI 経由でリセット コマンドを送信して故障ラッチをクリアし、検出プロセスを再度実行します。

1.4 主要な構成パラメータ

主な構成パラメータは、以下を参照してください。

1. DESAT 障害検出スレッショルド:IGBT モデルに応じて柔軟に調整。
2. ADC サンプルング モード:10 ビット、高精度 DESAT 電圧チャネル サンプルング。
3. 故障ブランキング時間:誤検出を防止するために干渉信号をフィルタリング。
4. 駆動出力ラッチ:INP 入力、構成モードで未知の動作を防止するために無視されます。
5. 高信頼性:優れた絶縁性能と干渉防止能力。産業用や自動車の過酷な動作条件に適しています。

2 テスト結果

このセクションでは、ISO ゲートドライバ IC である UCC5880-Q1 に基づく DS 短絡故障検出の実験波形についてまとめています。テスト波形は、UCC5880 が予測される時間枠内でドレインソース間短絡イベントを正確に検出できることを反映しています。

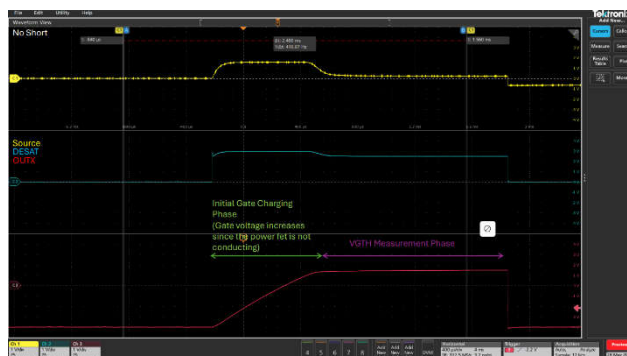


図 2-1. DS 短絡テスト波形なし



図 2-2. DS 短絡テスト波形あり

3 まとめ

この方式により、テキサス インストルメンツの **UCC5880** 絶縁型ドライバ チップをベースとする構成モードで IGBT モジュールの短絡故障を正確な非破壊検査で検出できるため、ユーザーは短絡障害に関する事前安全検出要件を達成できます。これは基本的に、モジュールの障害に起因する二次側の事故を排除し、インバータ システムの機能安全と運用の信頼性を大幅に向上させます。

4 参考資料

1. テキサス インストルメンツ、『[UCC5880-Q1 車載アプリケーション用の高度な保護機能を搭載した絶縁型 20A 調整可能ゲートドライバ IGBT/SiC MOSFET ゲートドライバ 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みいかなる保証も、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](https://www.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