

## Application Note

TCA9617 の I/O ポートにおいて ICT が誘導する電氣的オーバー  
ストレスの防止

Mark Chen, Tyler Townsend

## 概要

このアプリケーション ノートでは、ICT (イン サーキット テスト) 環境中に TCA9617 で観察された障害メカニズムについて説明します。この問題は、デバイスの永久的な損傷のせいで、I/O ポートが Low から動かなくなる状態 (特に SDAB、SCLB、またはその両方で) として表れます。

調査の結果、根本原因はシステムの通常動作ではなく、ICT の設定によって生じる信号品位の問題であることが判明しました。ICT ホストとデバイス間のパターン長が長いと、信号遷移時に過剰なオーバーシュートとアンダーシュートが発生しました。過渡電圧がデバイス ピンの絶対最大電圧定格を超えた結果、電氣的オーバーストレス (EOS) による損傷が発生した場合もありました。

次の 2 つの効果的な緩和方法が確認されました：

1. ICT 信号路に約 200Ω の直列抵抗を追加して、リングングを減衰させてオーバーシュート/アンダーシュートを低減。
2. ICT テスト パターンを変更して、プッシュプルの代わりにオープンドレインドライバを使用する。

この資料では、観察された動作、根本原因の分析、推奨される緩和法について説明します。

## 目次

1 概要.....	2
2 障害分析.....	2
2.1 元の ICT 設定.....	4
2.2 是正措置.....	4
2.3 検証結果.....	5
2.4 推奨事項.....	5
3 まとめ.....	6
4 参考資料.....	6

## 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

TCA9617 は双方向 I<sup>2</sup>C/SMBus 電圧レベルトランスレータで、通常は異なる電圧ドメイン間の通信を必要とするシステムで使用します。ICT (インター サーマット テスト) 中、一部のユニットで、永久的損傷のために SDAB/SCLB が Low から動かなくなる動作が発生し、機能通信の障害が発生しました。オシロスコープによる調査では、ICT の設定のせいで I/O ピンに過剰なオーバーシュートおよびアンダーシュート事象が生成されたことが確認されました。

## 2 障害分析

オシロスコープによる測定において、ICT 動作中に著しいオーバーシュートとアンダーシュート事象が記録されました。ワーストケースでは、オーバーシュートが 8.62V、アンダーシュートが -4.28V と測定されましたこれらの値は、V<sub>IO</sub> - I<sup>2</sup>C バス電圧の範囲において、それぞれデータシートの絶対最大定格の 6.5V および -0.5V を超えています。したがって、過渡スパイクにより、デバイスのピンが電氣的オーバーストレス状態にさらされます。オーバーシュート動作については、この資料の [図 2-2 注 \(1\)](#) を参照してください。アンダーシュート動作については、この資料の [図 2-3](#) を参照してください。

絶対最大値 V<sub>IO</sub> 仕様の超過に加え、B 側で Low から High にエッジが遷移する間、ICT のドライバと TCA9617 B 側のペDESTAL の間に信号の競合が存在しています。ペDESTAL の動作は、TCA9617 データシートの [図 6-4](#)、[図 7-1](#)、または [図 8-2 ポイント 2](#) に見られ、「アプリケーション情報」で説明されています。

On the B-side bus of the TCA9617B, the clock and data lines have a positive offset from ground equal to the V<sub>OLB</sub> of the TCA9617B. After the eighth clock pulse, the data line is pulled to the V<sub>OL</sub> of the target device, which is close to ground in this example. At the end of the acknowledge, the voltage level rises only to the low level (V<sub>OLB</sub>) set by the driver of the TCA9617B for a short delay, while waiting for the A side bus to rise above 30% of V<sub>CCA</sub>. Once the A-side reaches 30% of V<sub>CCA</sub>, the B side is released and the pullup resistors on the bus pull the bus high.

図 2-1. TCA9617B データシートのセクション 8.1 アプリケーション情報 - ペDESTAL 動作の説明

TCA9617 が B 側から A 側に駆動される際は、オープンドレインドライバ構成を想定しています。B 側のオープンドレインドライバがバスを解放すると、B 側のプルアップ抵抗が V<sub>CCB</sub> にプルアップします。この期間中、バッファが電圧ペDESTAL に到達します (~V<sub>OLB</sub> = 0.53V (標準値))。A 側が V<sub>CCA</sub> の 30% を超えるまで、B 側はこの V<sub>OLB</sub> のままです。この状態になると、B 側は V<sub>OLB</sub> に保持されなくなり、プルアップ抵抗を介して V<sub>CCB</sub> まで完全に上昇できます。B 側で Low から High にエッジが遷移する間にプッシュプルドライバを使用すると、ペDESTAL 電圧 (V<sub>OLB</sub>) とプッシュプルドライバの間に競合が存在するようになり、大量の電流がバッファに流れ込みます。この資料の「[図 2-2](#)」を参照してください。

表 2-1. ワーストケースの測定

パラメータ	測定値	データシートの上限
オーバーシュート	8.62V	6.5V
アンダーシュート	-4.28V	-0.5V



図 2-2. ICT からのオーバーシュートスパイクのテスト

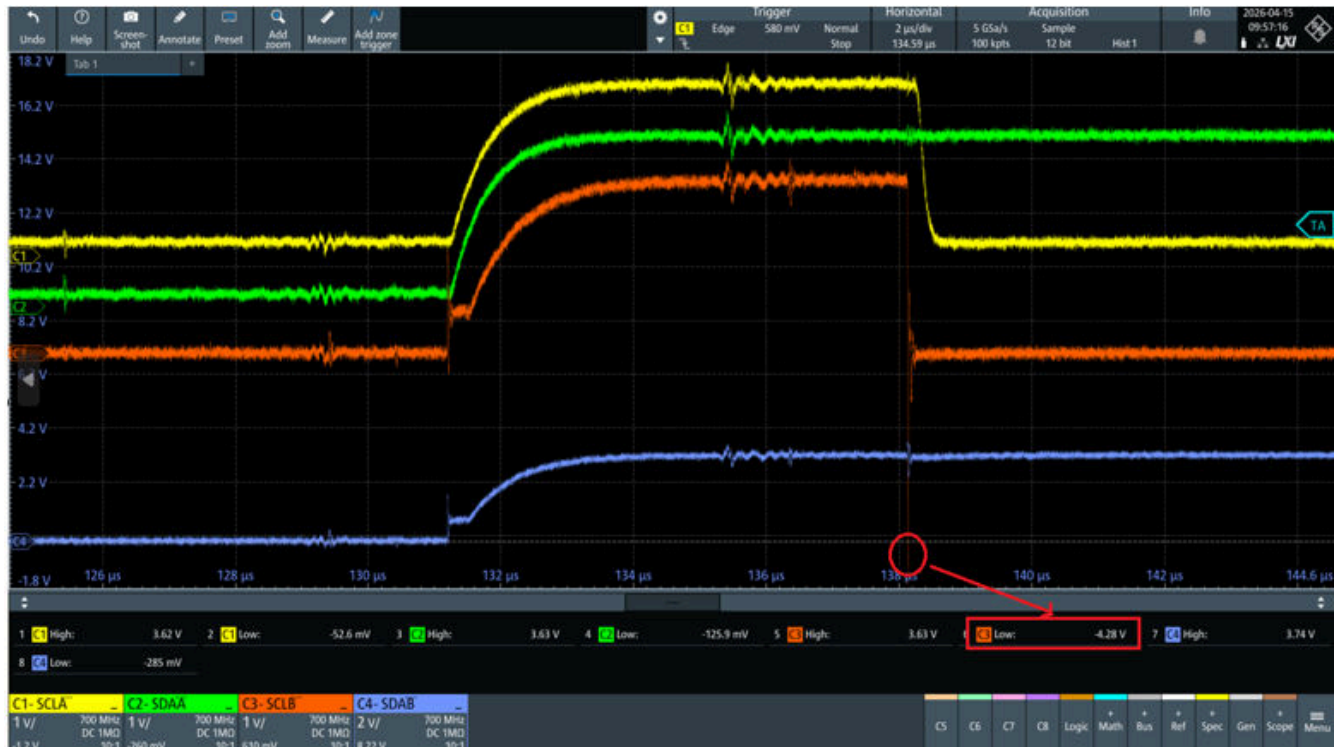


図 2-3. ICT からのアンダーシュートスパイクのテスト

## 2.1 元の ICT 設定

元の MAIN ICT プログラムでは、以下の内容を実行します：

1. A 側から B 側のテスト
  - a. パターンをオンに駆動 (SDAA および SCLA、SDAB および SCLB の出力を測定)
  - b. 00 / 01 / 10 / 11、SDAA = 0、SCLA = 0、次の SDAA = 0、SCLA = 1 ...
2. B 側から A 側のテスト
  - a. パターンをオンに駆動 (SDAB および SCLB、SDAA および SCLA の出力を測定)
  - b. 00 / 01 / 10 / 11、SDAB = 0、SCLA = 0、次の SDAB = 0、SCLB = 1 ...
3. 両方のテストで、正確な出力パターンを測定 (00 / 01 / 10 / 11)

その後、テストはデバイスの反対側の対応パターンを読み取って機能を検証しました。テスト中、ICT システムは、強力なエッジレート遷移を使用してロジック High とロジック Low の両方の状態をアクティブに駆動しました。

ハードウェア設定では、直列抵抗は SDAA、SCLA、SDAB、SCLB チャンネルに接続されていません。

## 2.2 是正措置

ICT 動作中の電氣的ストレスを低減するために、2 つの重要な是正措置が実施されました。最初の修正では駆動パターンがから変更されました

元のパターン：

00 / 01 / 10 / 11

以下に置換：

00 / 0X / X0 / XX

ここで、「X」は「無関係」状態を表します。このアプローチに更新されると、ロジック High 状態はテスト (オープンドレインドライバ) ではアクティブに駆動されなくなりました。代わりに、既存のプルアップ抵抗を使用して出力を High に上げることができました。これによりエッジレートの急峻性が大幅に低下し、Low から High への遷移時のオーバーシュート生成が最小限に抑えられます。オープンドレインを使用しても、B 側の TCA9617 からのペDESTAL 電圧との競合も解決できます。

ソフトウェアの変更に加え、ハードウェアにも ICT テストプラットフォームの SCLA、SDAA、SCLB、SDAB に 200Ω の直列抵抗を追加する変更が加えられました。これらの抵抗により、長い ICT 相互接続構造によって生じるエッジレートの低減、反射のダンピング、LC 共振の抑制が実現しました。この抵抗はバッファに対する電流も制限します。



図 2-4. ソフトウェアおよびハードウェアを変更した新しい ICT 設定では、オーバーシュート/アンダーシュート動作が軽減され、B 側ペDESTALの競合が解消されます

### 2.3 検証結果

更新した ICT 設定を実装すると、波形の品質が大幅に向上しました。ワーストケースのオーバーシュートは 8.62V から 3.54V に減少し、ワーストケースのアンダーシュートは -4.28V から -0.35V に改善されました。すべての測定電圧は、データシートにあるデバイスの絶対最大仕様の範囲内でした。ペDESTALの競合がなくなりました。

オシロスコープの測定でも、リングング振幅と過渡スパイク エネルギーが大幅に低減されています。新しい ICT 法を実装して直列抵抗を追加した生産試験では、それ以上の I/O 損傷や Low から動かなくなる状態は観測されませんでした。

表 2-2. 測定前および測定後

パラメータ	測定値 (ICT 変更前)	測定値 (ICT 変更後)	データシートの上限
オーバーシュート	8.62V	3.54V	6.5V
アンダーシュート	-4.28V	-0.35V	-0.5V

### 2.4 推奨事項

TCA9617B または TCA9617A および類似の I<sup>2</sup>C デバイスの ICT 検証の場合、テキサス インストルメンツでは可能な限り固定物のケーブル長を最小限に抑えることを推奨しています。ケーブルやパターン相互の接続が長いと誘導性および容量性の寄生成分が発生し、ICT テスタからの強力なドライバにより過剰なリングングが誘発される環境となります。ペDESTALの競合やデバイスの絶対最大電圧を超える可能性のあるオーバーシュートを防止するには、ICT 中はオープンドレインドライバを実装してプッシュプルドライバの使用を避ける必要があります。リングング、過渡ストレス、上限電流を低減するため、直列ダンピング抵抗を追加することを推奨します。さらに、TCA9617B または TCA9617A のシステムレベルの実装では、データシートの電圧および電流仕様に関する推奨動作条件内で常に動作するように設計する必要があります。

### 3 まとめ

システムレベルの設計では、TCA9617 バッファの使用を評価するために、ICT (インター サーマット テスト) または類似の機能テストがしばしば使用されます。TCA9617A、TCA9617B、および類似のデバイスは、常にデータシートの推奨動作条件内で動作させる必要があります。このようなテスト プラットフォームのハードウェアとソフトウェアを開発する際には、バッファに印加される信号が B 側のバッファのペダスタル オフセットに干渉しないように、またはデータシートの絶対最大条件を超えるオーバーシュート、アンダーシュート、または過電流イベントなどの電氣的オーバーストレス イベント (EOS) を誘発しないように、詳細に確認する必要があります。これらのパラメータを監視することで、バッファの寿命が保証されます。

### 4 参考資料

1. テキサス インストルメンツ、『[TCA9617B レベル変換 FM+ I2 C バス リピータ](#)』、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、

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