

## SCALE-2 ゲートドライバコアの直接並列接続

### はじめに

並列接続された IGBT は、従来、共通のドライバで駆動し、IGBT ごとに個別のゲートとエミッタ抵抗を備えていました。並列接続された IGBT モジュールを駆動する別のアプローチは、各モジュールで個別のドライバを使用する方法です。図 1 に、共通ドライバ コアを使用した IGBT モジュールの従来の並列接続と、SCALE-2 ドライバ コアの直接並列接続との違いを示します。

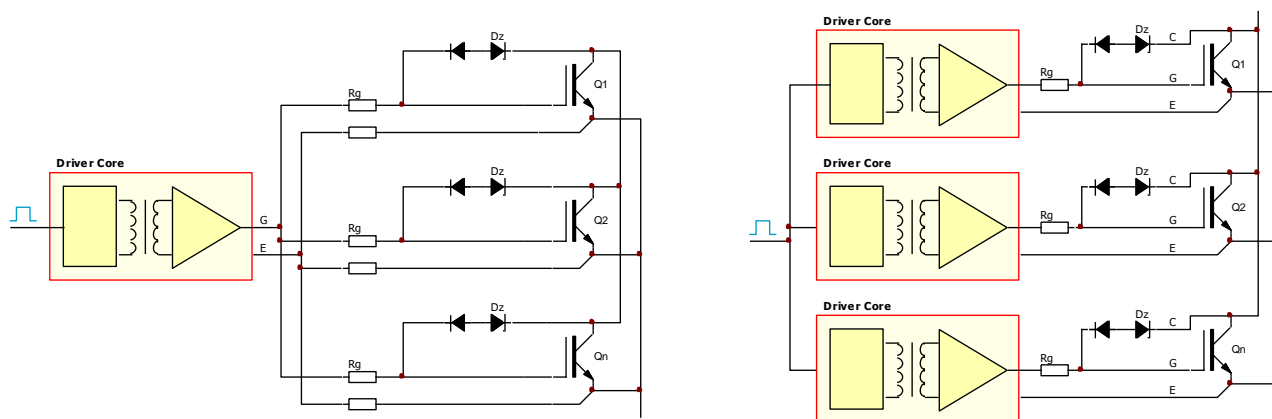


図 1: 従来の並列接続 (左) と、トランス インターフェースを備えた個別の SCALE-2 ゲートドライバコアを使用した 3 つの IGBT モジュールの直接並列接続 (右)

トランス インターフェースを備えた SCALE-2 ドライバでは、公差が狭く、信号伝搬遅延(通常 80 ns  $\pm$  4 ns) 及び遅延 ジッター (通常  $\pm$ 1-3 ns 以下) が非常に小さくなっています。ゲート ドライバの直接並列接続は、このような CONCEPT の SCALE-2 技術によって可能になっています。このため、トランス インターフェースを備えた以下の SCALE-2 ドライバ コアは、並列接続された IGBT モジュールで過度の電流の不均衡を発生させることなく、直接並列接続できます。

- 2SC0108T
- 2SC0435T
- 2SC0650P
- 1SC2060P

2SD300C17 は直接並列接続には適していません。

このアプリケーション ノートでは、直接並列接続の利点について簡単に説明し、直接並列接続処理で SCALE-2 ドライバ コアを使用する方法を示します。

## アプリケーション ノート

### 直接並列接続の利点

IGBT ドライバの直接並列接続は、並列接続された複数の IGBT モジュールに共通のドライバを使用する従来の並列接続と比較して以下のような利点があります。

- 最適なスイッチング動作、最小限のスイッチング損失。
- 使いやすく、安全で信頼性の高い概念。
- 出力の増減設定がシンプル。並列接続された IGBT モジュールの数が増えても、使用できるスイッチング周波数が減少することはありません。
- ゲートの結合がないため、IGBT の相互発振の可能性がない。
- モジュールの基板を介して流れ出るコンデンサ均等化電流の影響がない。
- ゲート ケーブルでのインダクティブ カップリングの影響がない。
- 機器を簡単に並列接続に拡張可能 (後から行うことも可能)。
- IGBT モジュールのディレーティングが最小かつ利用率が最大。
- セットアップが容易で、ケーブルがからまることもない。

### 直接並列接続で SCALE-2 ドライバ コアを使用する方法

CONCEPT では、SCALE-2 ドライバ コアを並列で使用する際に、以下の手順を推奨しています。

- すべてのドライバを同じハードウェア構成 (ゲート抵抗、デサチュレーション保護、アクティブ クランプ、ブロッキング コンデンサなど) で使用する必要があります。
- ドライバの動作の対称性を確保するため、並列接続されたすべてのドライバの電源電圧 VCC 及び VDC (利用可能な場合) が同じ電圧ソースから供給されている必要があります (図 2 を参照)。
- ディレー差異を十分に小さくするには、並列接続されたすべてのドライバの入力信号 INA 及び INB の両方が、同じ論理バッファ (ドライバ) から来ている必要があります (図 2 を参照)。
- ディレー ジッターを最小にするには、INA 及び INB のスルー レートを十分に高くする必要があります (0.25 V/ns 以上)。特に、短いパルスの抑制などのために入力信号 INA 及び INB が RC 回路でフィルタされる場合、シュミットトリガ バッファを使用して INA 及び INB で高いスルー レートを作る必要があります。
- 追加のディレー差異を約 2 ns 未満に保つには、ホスト基板からドライバ コネクタへのインターフェース ケーブルの長さの差が、並列接続されたすべてのドライバで 40 cm 未満である必要があります。
- すべてのドライバは、ダイレクト モードで動作する必要があります。ハーフブリッジ モード (利用可能な場合) は、SCALE-2 ドライバの並列動作には適していません。
- 異常ターンオフの場合、並列接続されたすべてのドライバのブロッキング時間が経過するようにするために、並列接続されたドライバの異常フィードバックがリセットされるまで待機する必要があります。図 2 の該当する回路を使用して、この要件を満たすことができます。
- デサチュレーション保護のスレッショールド レベルは、IGBT 過電流は検出されず、IGBT 短絡のみが検出されるような高いレベルに設定する必要があります。推奨値は、 $V_{th} = 10.2 \text{ V}$  ( $R_{th} = 68 \text{ k}\Omega$ ) です。さらに、最悪条件下においてコレクタ電流範囲全体で異常ターンオフが誤って発生しないように、応答時間は十分に高くする必要があります (通常 6-9  $\mu\text{s}$ )。
- 正確な異常診断を可能にするために、並列接続されたドライバのステータス出力 SO1 及び SO2 を個別に評価できます。一緒に接続することもできます。

## 通常動作でのシステム動作

異常フィードバックのない通常のスイッチング動作では、並列接続されたドライバを、並列接続がない場合と同じ方法で使用できます。並列接続されたすべての IGBT モジュールは、同時にスイッチをオン・オフされます。ラボの測定では、小さな信号デレー差異 (5 ns 以下) や負のゲート電圧の小さな差異 (0.4 V 以下) により、ターンオフ及びターンオン時のコレクタ電流やスイッチング損失がわずかに再配分されることが示されています。ただし、ほとんどの場合コンバータの機械的な構造が優先されるため、これによる影響は軽微で、対称性もありません。

## 短絡状態でのシステム動作

短絡が発生した場合、並列接続されたすべてのドライバが短絡を同時に正確に検出するわけではないものと想定できます。最初に短絡を検出したドライバは、異常フィードバックを該当する SOx 出力に送信し、該当する IGBT のスイッチをオフにします。その後、並列接続されたすべてのドライバにターンオフ コマンドをただちに送信することをお勧めします。

ただしラボの測定では、デレー差異が 2  $\mu$ s 以下の、短絡状態における非同期的なターンオフは問題ないことが示されています。低インダクタンス (約 70 nH) 及び高インダクタンス (1.5  $\mu$ H 以上) の両方の短絡が考慮されています。ただし、CONCEPT ではユーザーがそれぞれのアプリケーションでこの点を確認することをお勧めしています。

## 供給低電圧の場合のシステム動作

供給低電圧の場合、該当するドライバは異常フィードバックを該当する SOx 出力に送信し、ただちに該当する IGBT のスイッチをオフにします。その後、並列接続されたすべてのドライバにターンオフ コマンドをただちに送信することをお勧めします。短いデレーの後、該当する IGBT のスイッチがオフになります。

並列接続された IGBT ドライバが 2 つある場合は、以下の一次側回路をお勧めします (1 つのチャンネルのみが表示されています)。さらに、いずれかのドライバで異常状態が検出されてから 7  $\mu$ s 以内に、PWM 信号をオフにする必要があります。

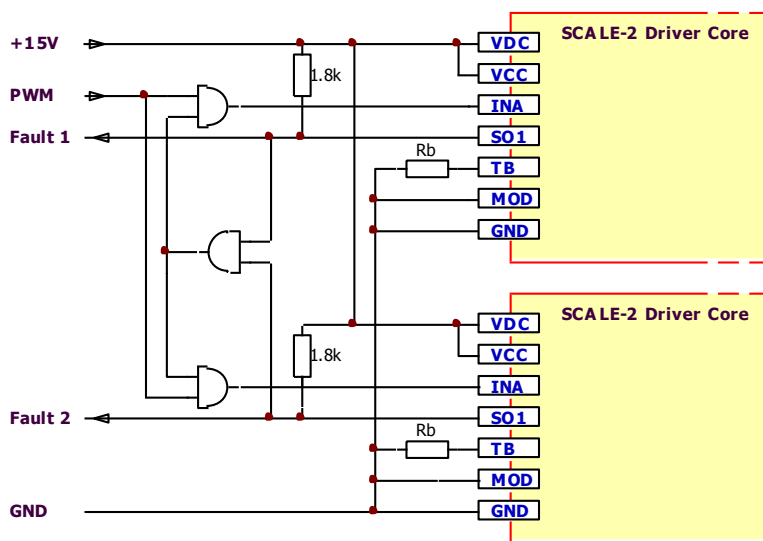


図 2: 並列接続されたゲートドライバが 2 つの場合に推奨される一次側インターフェースの例

## アプリケーション ノート

## コンバータの構造

並列接続された IGBT モジュールを駆動する際は、動作の対称性を確保することが大切です。これらのモジュールの動作の対称性は適切に設計されたコンバータを使用することによって実現できるということが、ハーフブリッジ トポロジの測定で示されています。特に以下の点を考慮する必要があります。

- 動作の対称性を確保するため、コンバータは並列接続された IGBT モジュールに対してできるだけ対称になるように設定する必要があります。並列接続された各 IGBT モジュールの DC リンク浮遊インダクタンスは特に一致している必要があります (図 3 の  $Ls1 \approx Ls2$ ,  $Ls5 \approx Ls6$ )。
- すべての並列接続された IGBT モジュール ( $Ls4$  小) 間の接続でインダクタンスを低くすることが大切です (負荷端子の  $Ls5$  と  $Ls6$  は除く)。また、ターンオフ時のコレクタエミッタ過電圧を低減するために浮遊インダクタンス  $Ls1$ ,  $Ls2$  及び  $Ls3$  を最小限に抑えることも有効です。

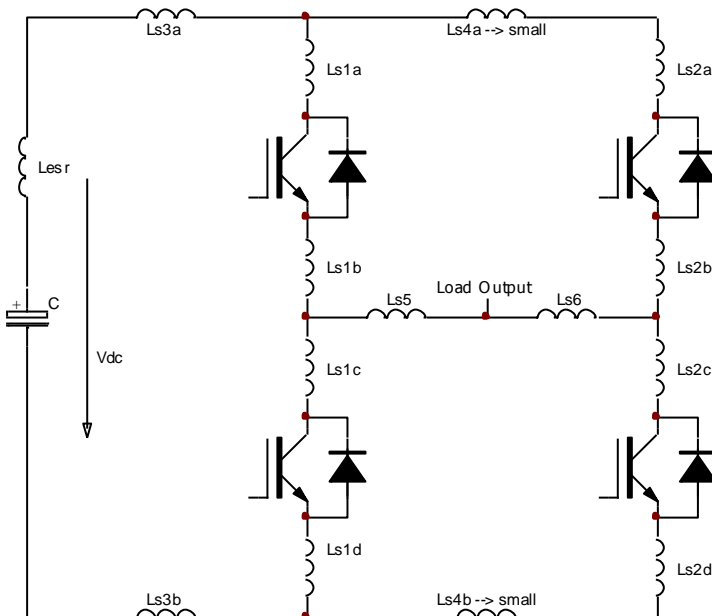


図 3: ハーフブリッジトポロジと浮遊インダクタンス

いずれの場合も、並列接続されたすべての IGBT モジュールのコレクタエミッタ電圧とコレクタ電流を測定して、対称性を確認することをお勧めします。

## 免責条項

このアプリケーション ノートにはデバイスの仕様が記されていますが、デバイスが特定の特性を保証するものではありません。引き渡し、性能、適合性に関して、明示的または黙示的かを問わず、いかなる保証もしていません。

CT-Concept Technologie AG は、いつでも事前の通告なしでその技術的データ及び製品仕様に変更を加える権利を有しています。CT-Concept Technologie AG の引き渡しに関する一般的な利用条件が適用されます。

## メーカー

CT-Concept Technologie AG  
Intelligent Power Electronics  
Renferstrasse 15  
CH-2504 Biel-Bienne  
Switzerland

電話 +41 - 32 - 344 47 47  
ファックス +41 - 32 - 344 47 40

電子メール [Info@IGBT-Driver.com](mailto:Info@IGBT-Driver.com)  
インターネット [www.IGBT-Driver.com](http://www.IGBT-Driver.com)

© 2009...2010 CT-Concept Technologie AG - Switzerland.  
当社は事前の通告なしで任意の技術的変更を加える権利を有しています。

All rights reserved.  
版 2014-03-17