

## Application Brief

ISOW7741 で CISPR 32 放射エミッション制限を  
満たす方法

Koteshwar Rao

Applications Lead, Isolation, Interface Products

## DC/DC コンバータ内蔵デジタル・アイソレータ

ISOW7741 は絶縁型 DC/DC コンバータ内蔵のデジタル・アイソレータで、図 1 に示すように、1 つの SOIC パッケージに電源トランスを統合しています。内蔵の DC/DC コンバータは、デバイスの 2 次側 (絶縁側) 用に絶縁電源を生成します。絶縁型 DC/DC コンバータと電源トランスを 1 つのパッケージに統合しているため、このデバイスは非常にコンパクトなソリューションです。また、ディスクリート・ソリューションと比較して、電源全体の設計に伴う複雑さも大幅に緩和されます。このようなデバイスは、PLC、通信モジュール、産業用輸送機器、医療機器、エネルギー・メータなど、多くの産業用アプリケーションで広く使用されています。

ISOW7741 の DC/DC コンバータは、約 25MHz でスイッチングすることで電源トランスのサイズを削減しており、小型の SOIC パッケージに統合することができます。このスイッチング周波数では、スイッチング・コンバータのスペクトル成分が、CISPR 32 などの一部の電磁干渉 (EMI) 規格による規制の対象となる可能性があります。

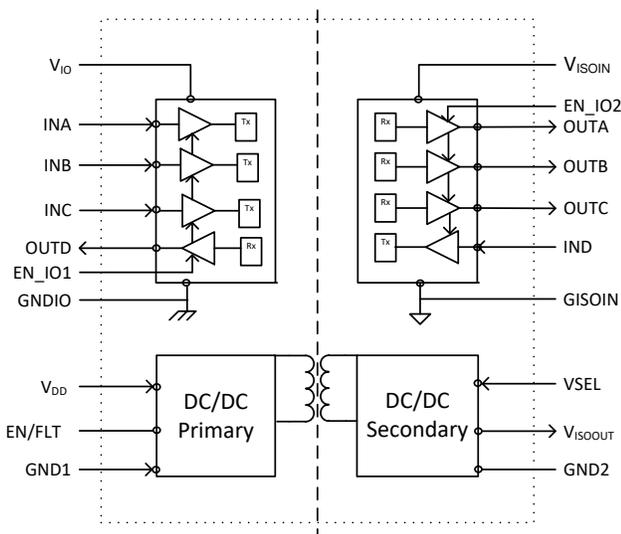


図 1. ISOW7741 の内部ブロック図

## CISPR 32 エミッション規格の概要

CISPR 32 は、マルチメディア機器 (MME) に対する国際的な無線妨害規格です。この規格は、無線スペクトルを適切なレベルで保護するための要件を指定し、測定の実現性と結果の反復性を確保するための手順を規定しています。ほとんどの産業用最終製品の認証機関は、最終製品が関連する最終製品規格の認定を受けるための要件の 1 つとして、最終製品が CISPR 32 に準拠することを要求しています。そのため、製品設計者は製品を設計する際に、これらの EMC 要件を考慮することが重要です。

この規格では、2 種類のエンド・ユーザー環境に関連する 2 つの機器クラスが定義されています。

- Class B の要件は、住宅環境において放送サービスを保護することを目的としています。主に住宅環境で使用することを意図した機器は、Class B の制限に適合する必要があります。
- Class A の要件は、Class B 以外の機器すべてに適用され、Class A の機器は緩和された Class A の制限に準拠する必要があります。

## CISPR 32 に適合する PCB レイアウト設計ガイドライン

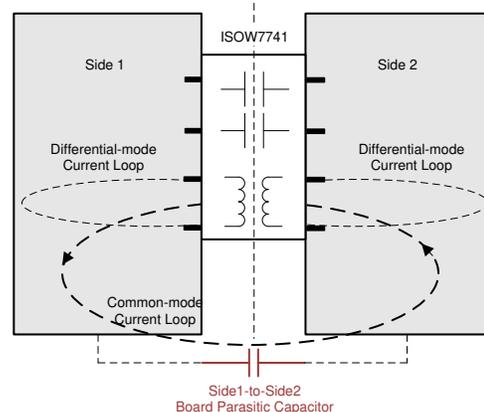


図 2. PCB 上で ISOW7741 を使用した同相および差動モードの電流ループ形成

電磁放射は、図 2 に示すように、特定の PCB 上のスイッチング・アイソレータから、同相電流ループまたは差動モード電流ループとして放射されることがあります。PCB を慎重に設計し、適切な部品を選択することにより、これらの

放射を最小限に抑えます。これらの方法のいくつかを以下に説明します。

### 1. デカップリング・コンデンサ

デカップリング・コンデンサは、差動ノイズをフィルタリングし、電圧リップルを最小限に抑える重要な役割を果たします。これらのコンデンサは、ISOW7741 の DC/DC コンバータ内のさまざまな機能ブロックに必要な瞬間的なピーク電流も供給します。これらのコンデンサの値をコンバータのスイッチング周波数に合わせて注意深く選択しないと、コンデンサは効果的に機能しません。ISOW7741 では、DC/DC コンバータの電源ピン (VDD/GND1 および VISOOUT/GND2) から 1mm 以内の距離に 0.01 $\mu$ F のコンデンサを配置する必要があります。10MHz~100MHz の周波数では、等価直列抵抗 (ESR) が最小のコンデンサを使用するのが最適です。ISOW7741 では、0.01 $\mu$ F のコンデンサから 2~4mm の位置に 10 $\mu$ F 以上のバルク・コンデンサを配置する必要があります。ノイズ・フィルタリングを改善するため、10 $\mu$ F の直前にオプションの 1 $\mu$ F コンデンサを使用してください。0.01 $\mu$ F のコンデンサとバルク・コンデンサの間に 2~4mm の間隔があるため、これらのコンデンサ間に等価直列インダクタンス (ESL) が作成され、差動  $\pi$  型フィルタが形成されます。これらの値の異なる 3 つのコンデンサの組み合わせにより、広い周波数帯域でスイッチング・ノイズが除去されます。

ISOW7741 のデジタル・アイソレータ部分 (VIO/GNDIO および VISOIN/GISOIN) には、他のデジタル・アイソレータと同様に、電源ピンに 0.1 $\mu$ F のデカップリング・コンデンサのみが必要です。追加のコンデンサも役立ちますが、オプションです。これらのコンデンサすべてにより、スイッチング・コンバータからの差動放射が最小限に抑えられます。

**重要:** これらのコンデンサはすべて ISOW7741 デバイスと同じ PCB 層に配置してください。図 3 に、推奨されるデカップリング・コンデンサの配置を示した PCB レイアウトの例を示します。

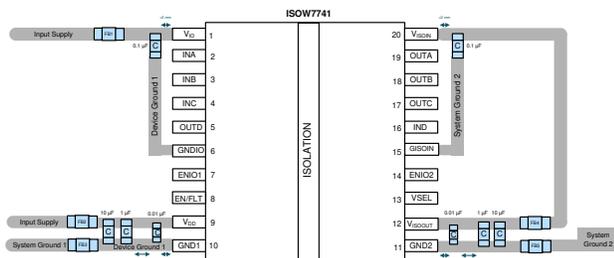


図 3. PCB ISOW7741 レイアウトの例

### 2. フェライト・ビーズ

ISOW7741 のトランスの 1 次側巻線と 2 次側巻線は、パッケージ内では非常に近接しているため、これらの巻線の間には寄生容量が形成されます。DC/DC コンバータの高速スイッチング電流が、この寄生容量を介して結合され、絶縁システムの 1 次側と 2 次側の間に同相電流が発生します。1 次側と 2 次側は完全に絶縁されているため、図 2 に示すように、電流は PCB レベルの寄生容量を介して大きなリターン・ループを形成します。この大きな電流ループは、絶縁システムで放射エミッションを発生させる可能性があります。エミッション・メカニズムを理解するもう 1 つの見方は、基板の 2 つの絶縁部品がダイポール・アンテナ・トランスミッタを形成するという事です。PCB のサイズが大きいと、大きな電流ループが形成される可能性があります。そのような大きな電流ループが原因で放射が増加し、実際の最終用途における付近のシステムや、放射線準拠試験中に放射線測定アンテナで拾われる可能性があります。

フェライト・ビーズ (FB) は、同相電流ループによる放射エミッションを最小限に抑えるために不可欠です。図 3 に示すように、ISOW7741 の DC/DC コンバータとシステムの他の部分との間に FB を挿入することで、大きな同相電流ループのパスを切断し、短い電流ループのみが形成されるように制限できます。パスにこのような FB を追加することにより、特定の周波数が大幅に減衰され、スイッチング・ノイズが遮断されます。これらの FB は、スイッチング周波数とその高調波周波数で最高のインピーダンス (1k $\Omega$  超) を実現するように選択します。

### 3. キープアウト・ゾーン (KOZ)

「フェライト・ビーズ」で説明したように、FB は大きな同相電流ループの形成を減衰させて遮断します。FB はデバイスを PCB の他の部分から分離しますが、FB の前後にあるすべての電源プレーンとグランド・プレーンが PCB 全体で分離されたままになるようにしてください。FB の前後にあるプレーンのこの分離空間が、FB の長さより大きいことを確認します。これにより、代替同相電流ループが形成されることはなくなります。十分な分離空間がないと、プレーン間の容量性結合により代替同相電流ループが形成されて、FB がバイパスされます。最良のシナリオは、FB 内のデバイス・ピンに電源プレーンまたはグランド・プレーンを直接生成しないようにすることです。図 4 に、内部プレーンと外部プレーンを十分なスペースを確保して分離したキープアウト・ゾーンを示します。

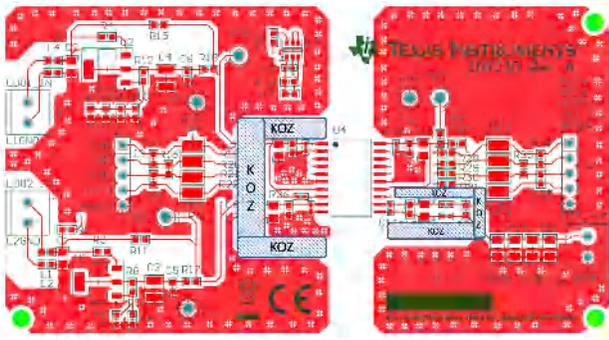


図 4. ISOW7741DFMEVM PCB レイアウトのキーア  
ウト・ゾーン (KOZ)

### 放射エミッション・テストのガイドライン

放射の主な理由は、基板上にアンテナが形成されることです。システムの電源投入に使用する長いケーブルや、パラメータの測定に使用するプローブが、アンテナのように機能し、エミッションの読み取り値が高くなることがあります。エミッションに使用する設定が、最終的なシステムの動作条件を忠実に再現していることを確認することが重要です。そのため、システムに接続されているケーブルをできる限り短くするか、実際のシステム使用条件に応じたものにします。最終的なシステムで使用する予定の保護接地 (PE) に基板または金属シールドを直接接続または容量性接続する場合は、それらを EMI テスト中にも使用する必要があります。

DUT から離れた場所に配置された電源から長いワイヤで接続されている場合は、DUT の近くに同相チョーク (CMC) を配置し、長いワイヤによってエミッションが不必要に悪化しないようにすることを推奨します。CMC の代わりにケーブルにフェライト・コア・クランプ・フィルタを使用して、エミッション測定への影響を最小限に抑えます。これらのフィルタを使用すると、実際のセットアップのエミッションが測定され、長いケーブルの影響は無効になります。負荷抵抗など基板に必要な追加部品は、長いワイヤを使用して基板に接続するのではなく、基板に直接半田付けします。

このような長い配線を回避するもう 1 つの方法は、テスト対象機器 (EUT) が DC 電源で動作している場合に、バッテリーから短いワイヤを使用して EUT に電源を供給することです。図 5 に、ISOW7741DFMEVM の評価基板に 9V のアルカリ電池を短いワイヤで接続して電源を供給しているところを示します。



図 5. バッテリーを使用した ISOW7741DFMEVM のエミ  
ッション・テスト構成

CISPR 32 規格によると、放射エミッションの制限は疑似ピーク制限として規定されていますが、迅速に結果を得るため、ピーク検出器の測定値を使用するのが一般的です。ISOW7741 デバイスでは、すべての電力を単一の周波数に集中させる代わりに、クロック・ディザリングを使用して小帯域の周波数でスイッチング周波数を変化させます。このような手法を使用すると、疑似ピーク・スキャンを実行したときに、非常に良好な結果が得られます。

まずピーク検出器の測定値を取得し、ワーストケース測定の周波数を求めることをお勧めします。その後、選択したワーストケース周波数で疑似ピーク測定値を求め、CISPR 32 疑似ピーク制限ラインから真のマージンを推定します。

### 放射エミッション・テスト結果

図 6 に、図 5 に示すテスト構成で 5V 入力、5V 出力、VISOOOUT に 100mA 負荷を使用した場合の ISOW7741DFMEVM の CISPR 32 テスト結果を示します。図 7 に、図 5 に示す同じテスト構成で 3.3V 入力、3.3V 出力、VISOOOUT に 50mA 負荷を使用した場合の結果を示します。これは、ISOW7741 の放射エミッションが周囲のノイズ・レベルを大きく上回ることはなく、ピーク・エミッション測定でも CISPR 32 Class B の制限を十分に満たしていることを示しています。

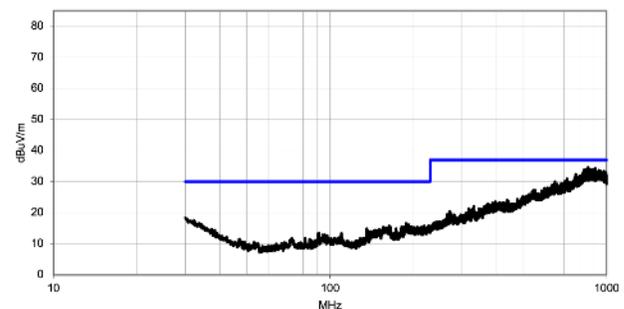


図 6. 5V 入力、5V 出力、100mA 負荷での放射エミ  
ッションの結果

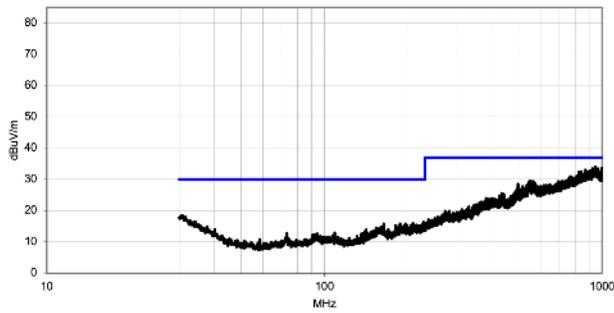


図 7. 3.3V 入力、3.3V 出力、50mA 負荷での放射エミッションの結果

### まとめ

ISOW7741 などの DC/DC コンバータを内蔵したデジタル・アイソレータは、コンバータのスイッチング周波数が MHz の範囲であり、トランスのサイズを小さくすることができます。この高周波スイッチングにより、内蔵デバイスの放射エミッションが CISPR 32 周波数スペクトルの帯域内に発生する可能性があります。PCB が大きく、ケーブルが長いと、DC/DC コンバータ内蔵の絶縁型電源ソリューション全体の放射が悪化します。ISOW7741 は、特許取得済みの対称型設計アーキテクチャとクロック・デザインにより、放射エミッション性能を最適化しています。推奨されるデカップリング・コンデンサとフェライト・ビーズの配置ガイドラインに従い、推奨されるキープアウト・ゾーンを維持することで、エミッションをさらに改善できます。これらの推奨事項により、大型 PCB と長いケーブルの放射エミッション結果への影響が低減され、最終製品が CISPR 32 規格のエミッション制限に準拠できるようになります。

## 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