

インフィニオン ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ デザイン ガイド

本書について

適用範囲と目的

本書では、インフィニオンの ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータを紹介し、高電圧 (HV) アプリケーションでガルバニック絶縁を設計するシステムエンジニアに向けた設計ガイドラインを示します。

対象者

本書は、HV アプリケーションにおける絶縁目的でインフィニオンのデジタル アイソレータを使用する設計エンジニアを対象とします。

目次

目次

本書について	1
目次	2
1 クアッド チャネル デジタル アイソレータの紹介	3
1.1 絶縁技術	3
1.2 製品の特長	3
1.3 製品バリエーション概要	4
2 ISOFACE™ デジタル アイソレータのセレクションガイド	5
3 PCB 設計ガイドライン	8
3.1 PCB 材料	8
3.2 基板層スタック	8
3.3 レイアウトの考慮事項	9
4 ISOFACE™ デジタル アイソレータの代表的なアプリケーション	10
4.1 クアッド チャネル デジタル アイソレータを使用したアプリケーション	10
改訂履歴	13
免責事項	14

1 クアッド チャネル デジタル アイソレータの紹介

1 クアッド チャネル デジタル アイソレータの紹介

ガルバニック絶縁は、レベルシフト機能を提供し、電気ノイズ耐性を向上させ、HV アプリケーションの安全性を確保します。産業用アプリケーションでの絶縁に対する要求がますます高まる中、インフィニオンテクノロジーは、正確なタイミングおよび低消費電力動作を確保しながら高い堅牢性を提供する、第1世代の ISOFACE™ デジタル アイソレータを発表しました。

1.1 絶縁技術

インフィニオンの最初のデジタル アイソレータ ファミリは、インフィニオンの特許技術であるコアレス トランス (CT) 技術を使用して、異なる電圧領域を横断する信号を分離します。この技術は、Figure 1 に示すように、半導体製造プロセスを利用して、二酸化ケイ素 (SiO_2) 絶縁バリアで分離された金属スパイラルからなるオンチップトランスを統合する電磁結合絶縁技術です。オンチップコアレス トランスは、入力チップと出力チップ間の信号伝送に使用されます。さらに、グリッチフィルタ、通信変調、ウォッチドッグ、低電圧ロックアウト (UVLO) などの機能が統合されており、高電圧やノイズが存在する過酷な産業環境においても、堅牢でフェイルセーフなデータ伝送を実現します。

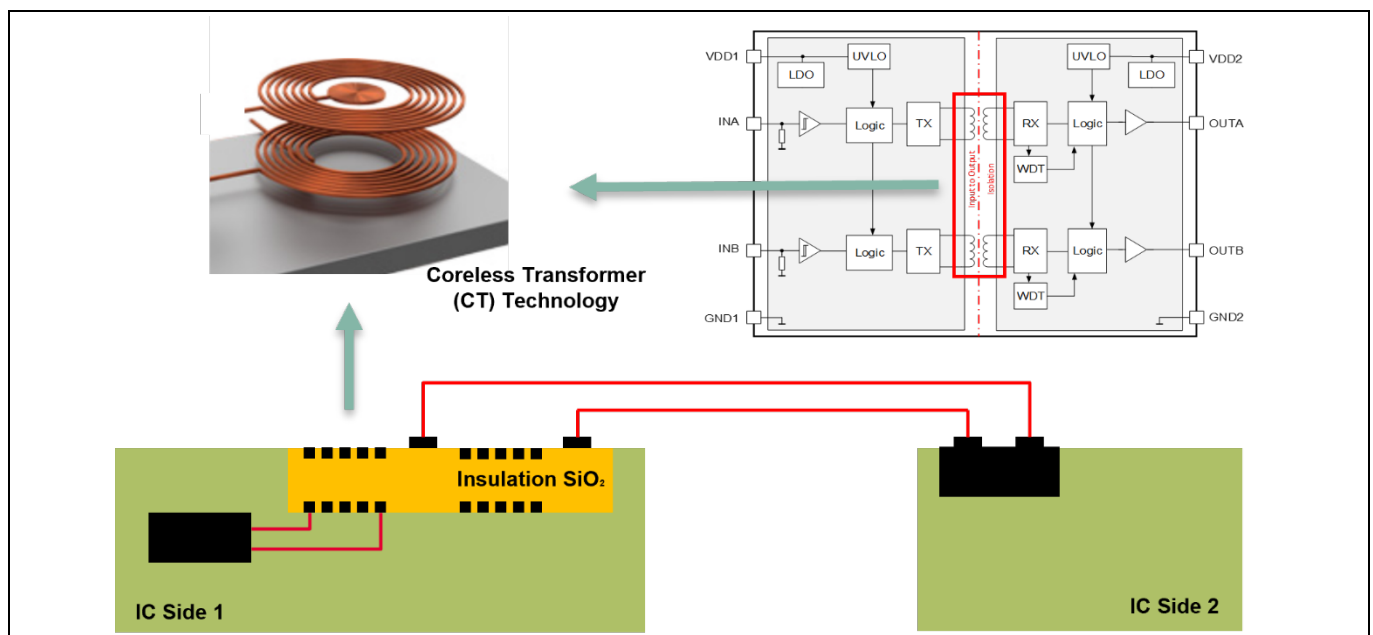


Figure 1 ISOFACE™ デジタル アイソレータ製品に使用されるインフィニオンの CT の断面図

1.2 製品の特長

インフィニオンの ISOFACE™ デジタル アイソレータは、産業用アプリケーションの厳しい要件を満たすように設計されており、次のような特長を備えています。

- 100 kV/ μs 超の高いコモンモード過渡耐性 (CMTI)
- デフォルトのフェイルセーフ出力はハイまたはローのオプションを提供
- 2.7 V~6.5 V の広い動作電源電圧 (絶対最大定格 7.5 V)
- 高精度なタイミング性能: 伝搬遅延 26 ns (Typ)、拡散-5/+6 ns のスピード
- 低消費電力: 最大 6.4 mA (3.3 V、1 Mbps 時)
- 比較トラッキング指数 (CTI) が 600 V 以上、材料グループ I

1 クアッド チャネル デジタル アイソレータの紹介

1.3 製品バリエーション概要

Table 1 に示すように、チャネル構成, フェイルセーフのデフォルト出力状態, 出力イネーブルの極性がそれぞれ異なる製品バリエーションを用意しています。

Table 1 インフィニオン ISOFACE™ クアッド チャネル デジタルアイソレータ ファミリの製品バリエーション

製品番号	チャネル構成	デフォルト の出力状態	出力 イネーブル	絶縁定格	パッケージ
4DIR0400H	順方向 4 逆方向 0 (4+0)	低	アクティブ High	$V_{ISO} = 5700 V_{RMS}$ (UL1577 Ed. 5)	PG-DSO-16 ワイドボディ 10.3 x 10.3 mm
4DIR0401H		高			
4DIR1400H	順方向 3 逆方向 1 (3+1)	低			
4DIR1401H		高			
4DIR2400H	順方向 2 逆方向 2 (2+2)	低	アクティブ Low		
4DIR2401H		高			
4DIR1420H	順方向 3 逆方向 1 (3+1)	低			
4DIR1421H		高			

最適なターゲットアプリケーション:

- 通信/サーバー用アプリケーション用の AC/DC 電源ユニット (PSU)
- パワーステージ内蔵 GaN (GaN-IPS) 用ハイサイドフローティングドライバークラーク制御
- 絶縁 UART/CAN/SPI 通信

2 ISOFACE™ デジタル アイソレータのセクションガイド

ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ ファミリから適切なデバイスを見つけるのは難しくありません。一定の共通機能を備えていますが、さまざまな産業用アプリケーションの要件に対応するようにチャンネル構成やデフォルト出力状態が異なるためです。

• データレート

ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ ファミリは、最大 40 Mbps の単一データレートを提供し、スイッチドモード電源 (SMPS) アプリケーションのゲートドライブ信号の絶縁や低/中速通信インターフェースの絶縁に適しています。Table 2 に、所定のデータレートに適したアプリケーションをまとめます。

Table 2 データレート最大 40 Mbps の ISOFACE™ デジタル アイソレータに適したアプリケーション

ISOFACE™ デジタル アイソレータ	製品番号	最大データ レート	SMPS アプリケーション	絶縁通信インターフェース
クアッド チャネル デジタル アイソレータ	4DIRx4xxH	40 Mbps	最大スイッチング 周波数 20 MHz	絶縁 UART, CAN および SPI 通信 ¹

• 絶縁仕様の要件

絶縁耐圧は、沿面距離、空間距離、比較トラッキング指数 (CTI)、汚染度などのパッケージ要件とともに、主にアプリケーションに適したデジタルアイソレータを選択するのに使用されるパラメータです。

例えば、インフィニオンの ISOFACE™ 4DIRx4xxH デジタル アイソレータは、最小 8 mm の沿面距離と空間距離を備え、600 V 以上の CTI は、UL 1577 に準拠した 5700 V_{RMS} 絶縁電圧 (V_{ISO}) に耐えられます。これらの製品は、強化絶縁を必要とするアプリケーションに適しています。Table 3 に、ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータの絶縁仕様の概要を示します。

Table 3 ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータのアイソレーション仕様

ISOFACE™ デジタル アイソレータ	製品番号	最小沿面距離 および 空間距離	適切な絶 縁タイプ	最大絶縁電圧 V _{ISO} (UL 1577)	最大使用電圧 (V _{IOWM})	最大サージ 絶縁電圧 (V _{IOSM})
クアッド チャネル デジタル アイソレータ	4DIRx4xxH	8 mm	強化絶縁	5700 V _{RMS}	800 V _{RMS} ²	11 kV _{pk}

¹ 最大通信速度は、デジタルアイソレータ、トランシーバ、およびケーブルによる PWD と完全ループ遅延に依存します。

² 強化絶縁、汚染度 2、材料グループ I

2 ISOFACE™ デジタル アイソレータのセクションガイド

• チャネル構成

チャネル構成の決定とは、チャネル数とその方向を選択することです。例えば、4+0 (4 つの順方向チャネル) のクアッド チャネル デジタル アイソレータは、ハーフブリッジやフルブリッジなどの電力変換器のトポロジで、ゲート駆動信号転送 (ローサイドスイッチやハイサイドスイッチなど) を分離するのに適しています。一方、3+1 (順方向 3、逆方向 1) クアッド チャネル デジタル アイソレータは、多くの場合 SPI (シリアルペリフェラルインターフェース) 通信に必要です。一方、2+2 (順方向 2、逆方向 2) は、フォルト フィードバック付きの絶縁ゲート駆動信号転送に使用できます。Table 4 は、ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータで可能なさまざまなチャネル構成と、それに対応するアプリケーションをまとめたものです。

Table 4 ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータのチャネル構成とアプリケーション

ISOFACE™ デジタル アイソレータ	絶縁要件	製品番号	チャネル構成	適したアプリケーション
クアッド チャネル デジタル アイソレータ	最大 5700 V _{RMS} の 絶縁電圧 (V _{ISO}) による 強化絶縁	4DIR04xxH	順方向 4 逆方向 0 (4+0)	フルブリッジの トポロジによる SMPS アプリケーション
		4DIR14xxH	順方向 3 逆方向 1 (3+1)	SMPS アプリケーション、 絶縁 SPI および RS-485 通信インターフェース
		4DIR24xxH	順方向 2 逆方向 2 (2+2)	SMPS アプリケーション、 絶縁 UART および CAN 通信インターフェース

• フェイルセーフのデフォルト出力状態

フェイルセーフのデフォルト出力状態は、デジタル アイソレータの入力チャネルが無電源または入力ピンがオープンである場合の出力状態を示します。この出力状態は、アプリケーションに応じて適切なデジタル アイソレータを選択するための重要な基準です。一般的に、デジタル アイソレータが SMPS アプリケーションなどでゲート駆動信号を絶縁するのに使用される場合、デフォルトの低出力状態が好まれます。デジタル アイソレータの出力は、出力側で何らかのエラーが発生しても、安全にオフの状態を保ちます。一方、通信インターフェースを絶縁する場合は、デフォルトの高出力状態にするのが望ましいです。Table 5 に、さまざまなアプリケーションに適したデフォルトの出力状態をまとめます。

Table 5 アプリケーションごとの ISOFACE™ デジタル アイソレータの望ましいデフォルト出力状態

アプリケーション	デフォルト出力状態	製品番号
SMPS アプリケーションにおけるゲート駆動信号の絶縁	低	4DIRx4x0H
CAN, UART, SPI, RS-485 などの通信インターフェースの絶縁	高	4DIRx4x1H

• コモンモード過渡耐性

CMTI は、デジタル アイソレータがグランド間の電位差の速い変化に耐えられる能力として定義されます。CMTI の値が高く、通常 kV/μs で指定される場合、高いスイッチング周波数での高速過渡対応という危機的状況下でも、堅牢な絶縁技術、失敗のないデータ伝送が可能なことを示します。

インフィニオン ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ デザインガイド

2 ISOFACE™ デジタル アイソレータのセクションガイド

ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータは、現在市販されている製品の中で、最高レベルの CMTI 最小値 100 kV/μs を実現しており、高い dv/dt (100 kV/μs 以上) SiC/GaN を用いた高電力密度設計や、高い同相ノイズを持つモーター コントロール アプリケーションに最適な選択肢です。

Figure 2 に、主要パラメータとアプリケーション要件に応じて、ISOFACE™ デジタル アイソレータ ファミリから最適なデバイスを選択する方法の概要を示します。

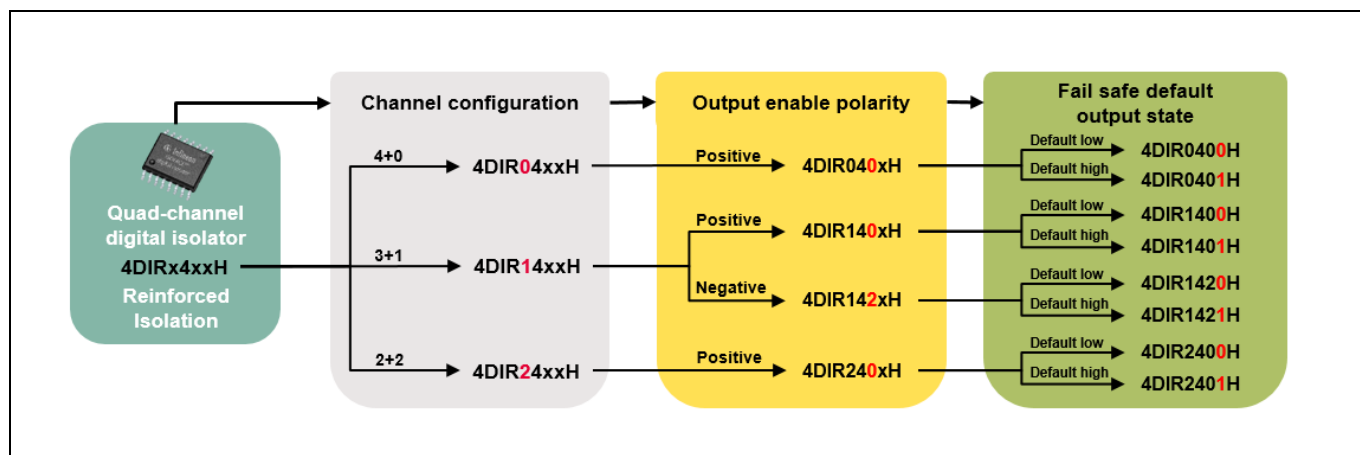


Figure 2 ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ セクションガイド

3 PCB 設計ガイドライン

3 PCB 設計ガイドライン

3.1 PCB 材料

インフィニオンのクアッド チャネル デジタル アイソレータは、最大データレートが 40 Mbps のため、PCB には一般的に使用される FR-4 素材が適します。わずかな吸湿性、信頼性の高い絶縁性、高い機械的強度という特性から、他の代替品よりも推奨します。

3.2 基板層スタック

40 Mbps までの高データレートのデジタル アイソレータを使用したシステムで低 EMI 性能の実現には、以下のような 4 層基板設計によるシステムアプリケーション基板の設計が強く推奨されます。

- 第 1 層: 高速層
この層は、信号入力や信号出力などの高速信号トレースを対象とします。
- 第 2 層: グランド層
グラウンド層を 1 層挟むことで、シールド効果を発揮します。
- 第 3 層: 電力層
この層は、デジタルアイソレータのすべての電源トレースを対象とします。
- 第 4 層: 低速層またはグラウンド層
低速の信号線がない場合は、この層をグラウンド層として設計することで、シールド性を高められます。

基板層スタックを Figure 3 に示します。

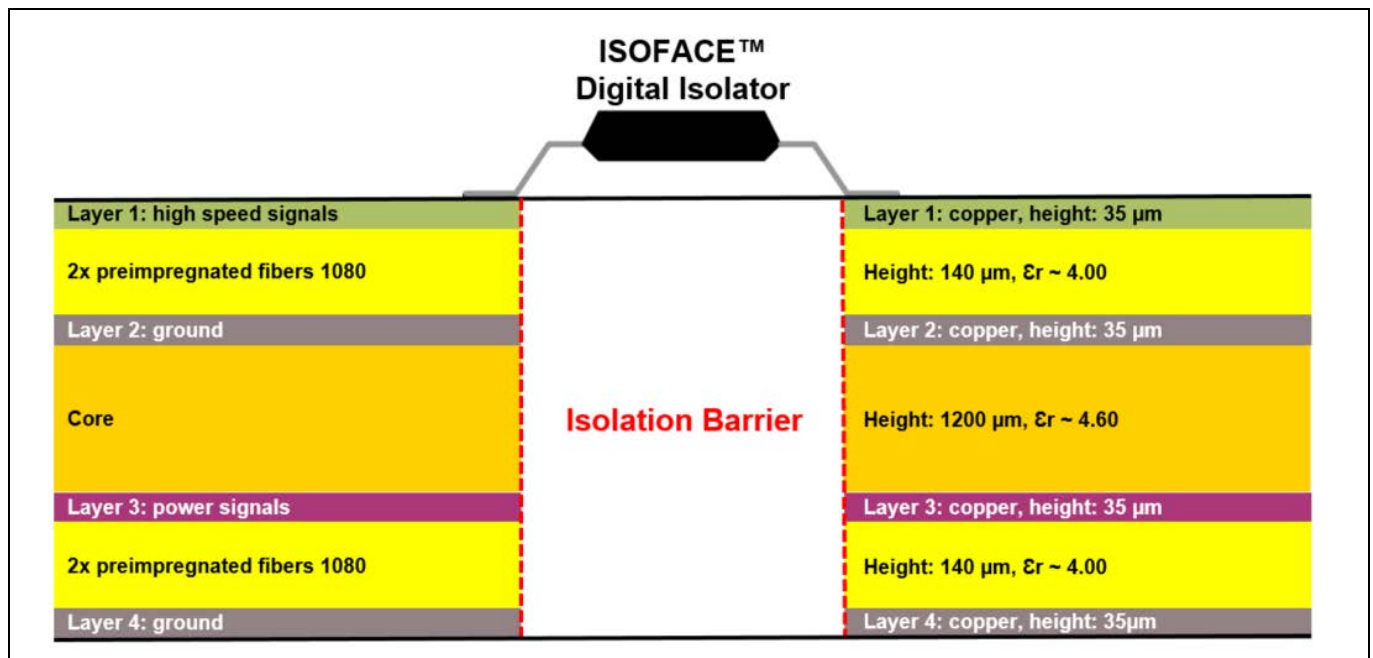


Figure 3 デジタル アイソレータを使用したシステム設計の基板層スタック

3 PCB 設計ガイドライン

3.3 レイアウトの考慮事項

ISOFACE™ デジタル アイソレータをデータレートの高い HV アプリケーションで設計する際、安全で失敗のないデータ伝送を実現する上で、レイアウト上の重要な考慮事項がいくつかあります。Figure 4 に示すように、ISOFACE™ 4DIR1400H の例では、デジタル アイソレータはハイトレース、電源、およびサイレントグラウンドに接続する必要があります。

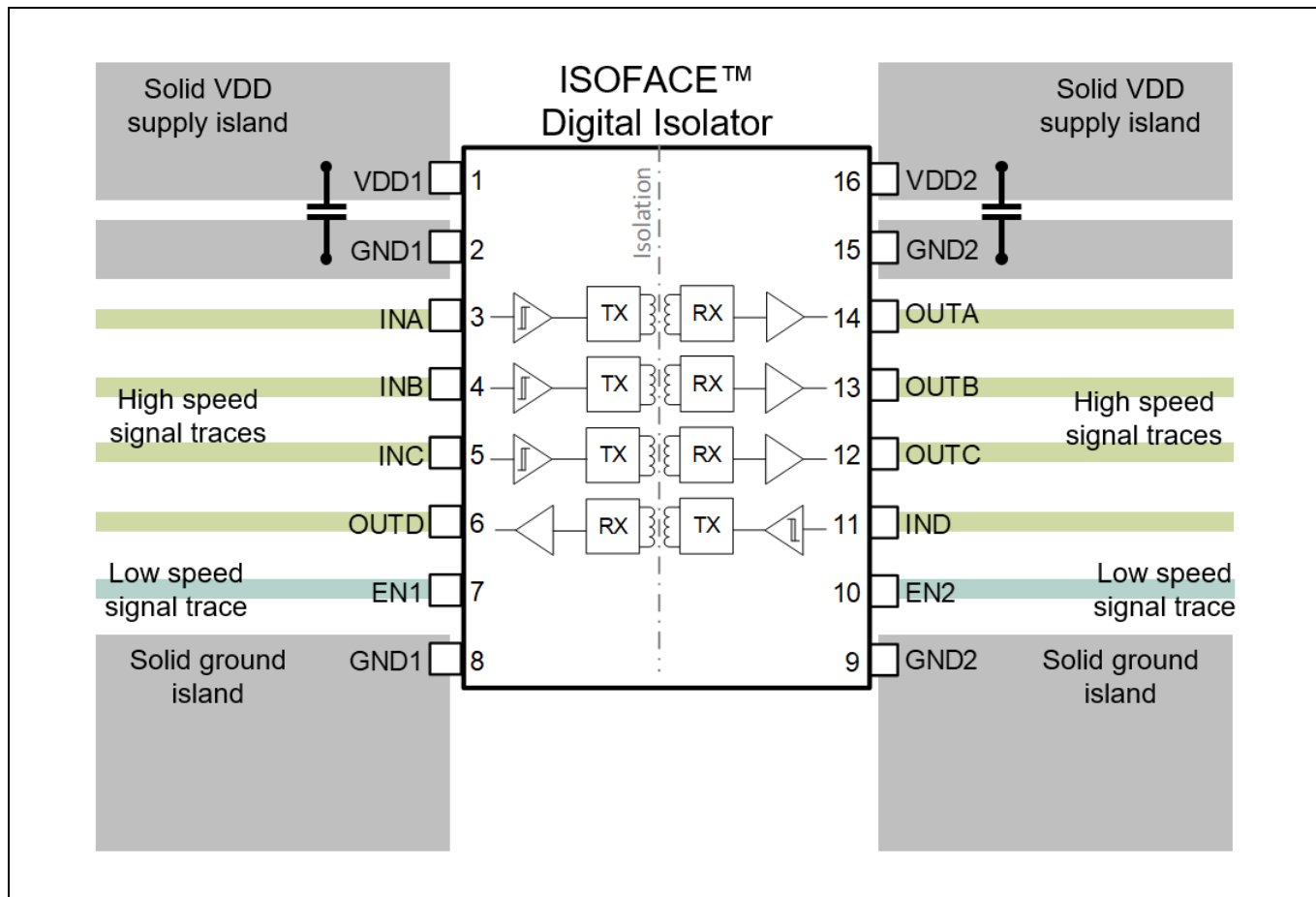


Figure 4 ISOFACE™ デジタル アイソレータを使用した設計におけるレイアウト上の考慮事項

以下にまとめたように、守るべきルールがあります。

- 特に高速データ転送時において、ピーク値の高い電流が VDD ピンに流れ込むため、電源 VDD ピンに直接電源アイランドを配置して、トレースによるインダクタンスを低減してください。
- 高周波用バイパスコンデンサは、できるだけ VDD 端子と GND 端子の近くに配置してください。スムーズな出力信号を得るために、高いデータレートでは 100 nF と 1 μ F の 2 つのバイパスコンデンサを両側に使用することを強く推奨します。
- PCB の放熱を促進するため、グラウンドピンに直接ソリッドグラウンドアイランドを配置してください。
- 高速信号の配線は最上層で行い、ビアを使用しないことで、ノイズの発生やデータ伝送に影響を与える寄生容量を低減してください。
- 低速信号は寄生効果を許容できるため、下層に配線してください。

4 ISOFACE™ デジタル アイソレータの代表的なアプリケーション

4 ISOFACE™ デジタル アイソレータの代表的なアプリケーション

ISOFACE™ デジタル アイソレータは、HV 向けに機能絶縁と安全絶縁の両方を提供します。非絶縁型ゲートドライバとともに、特に GaN-IPS のような高い柔軟性と統合された通信が必要な SMPS アプリケーションに適しています。トランシーバとの組合せや単体での使用も可能で、絶縁型通信インターフェースに適しています。

4.1 クアッド チャネル デジタル アイソレータを使用したアプリケーション

ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータは、広い電源範囲、高い CMTI、600 VRMS 以上の CTI を特長とし、SMPS アプリケーションおよび絶縁通信インターフェースの両方において、高いノイズ耐性で堅牢なデータ伝送を実現します。

• 4DIR1400H を使用したテレコム/サーバ電源ユニット

通信機器やサーバの SMPS アプリケーション用の電源ユニット (PSU) は、安定した低 DC 電圧出力が得られる AC-DC コンバータです。最近の PSU 設計のトレンドは、コストを最適化しながら電力密度を高めることです。高効率な PSU にとって重要なパラメータであるため、制御メカニズムや通信能力に柔軟性があるデジタルコントローラが広く使用されています。入出力間の安全絶縁を確保するため、PWM ゲート制御信号の転送や絶縁バリア越しの追加通信には、絶縁強化型デジタルアイソレータがよく使用されます。

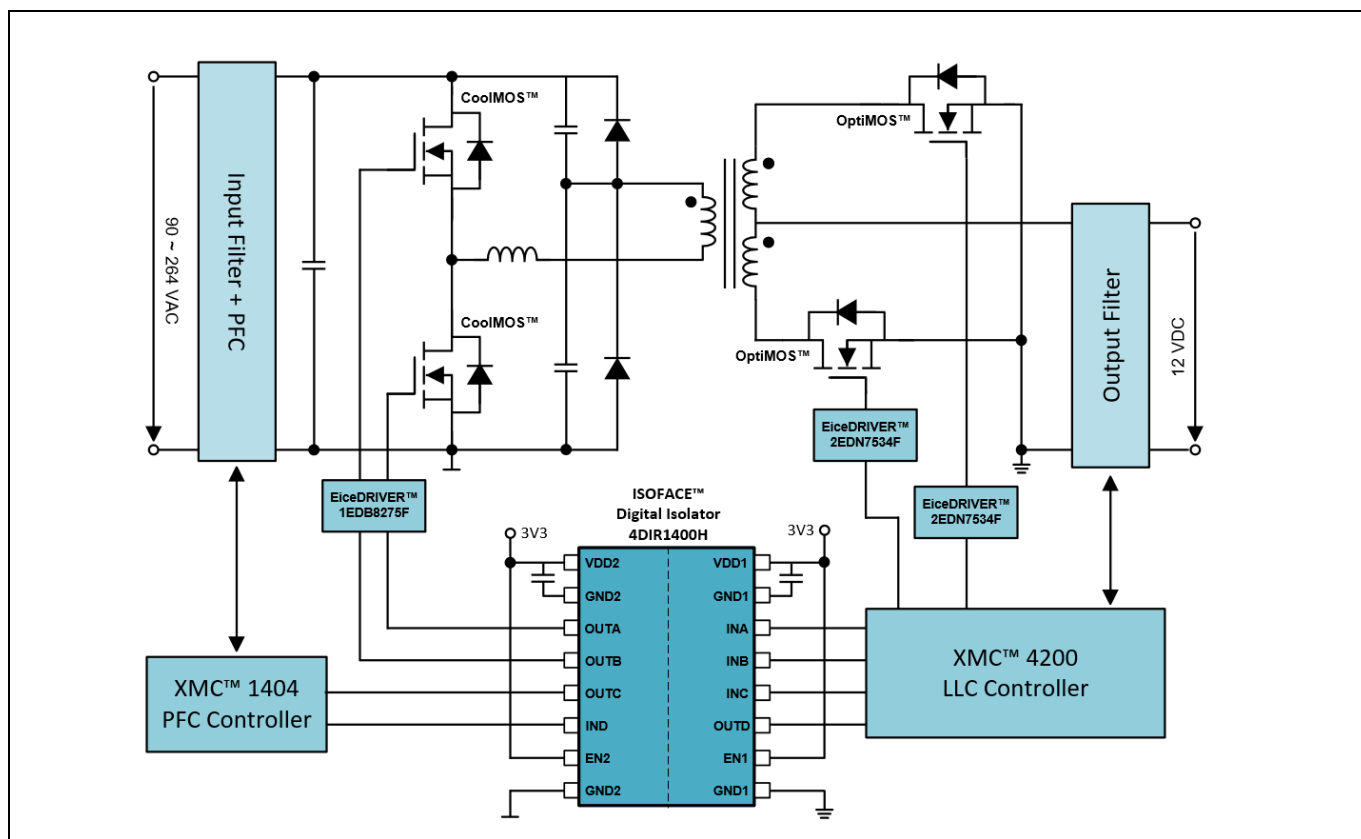


Figure 5 4DIR1400H を使用したサーバ用 AC-DC PSU

4 ISOFACE™ デジタル アイソレータの代表的なアプリケーション

一例として、Figure 5 に絶縁型 PSU 向けのインフィニオンのソリューションを示します。このソリューションでは、力率改善 (PFC) ステージを制御するために一次側に XMC™ マイクロコントローラを採用し、LLC ハーフブリッジ コンバータを制御するために二次側に XMC™ マイクロコントローラを採用しています。二次側に配置されたデジタル LLC コントローラは、最高効率を達成するための正確な同期整流を保証します。ハーフブリッジのゲート駆動信号 (ハイサイドとローサイド) は、デジタルアイソレータ 4DIR1400H の 2 つの順方向チャンネルを通して一次側に転送されます。残りの 2 チャンネルは、LLC と PFC デジタルコントローラ間の UART 通信に使用されます。この UART 通信には、効率的な出力レギュレーションと保護を目的とした入力電圧、バス電圧、出力電圧、電流の情報が含まれます。

インフィニオンの XMC™ マイクロコントローラ、EiceDRIVER™ ゲートドライバ IC、および OptiMOS™、CoolMOS™、CoolSiC™、CoolGaN™ などのパワースイッチの包括的ポートフォリオと組み合わせることで、最新のパワーエレクトロニクスアプリケーションで高まる絶縁要件を満たす完全なシステムソリューションが実現します。

• 絶縁型 CAN 通信

CAN (Controller Area Network) 通信は、産業用や自動車用アプリケーションで広く使用されています。物理層では 1 対のケーブル (2 本の通信線) だけでデータ伝送が可能という利点があります。ISOFACE™ クアッド チャネル デジタル アイソレータ 4DIR2401H は、スタンバイモード制御などの追加機能を備えた絶縁型 CAN または UART インターフェースにおける安全性の確保またはノイズ干渉の防止に関して、ガルバニック絶縁を実現する最良の選択肢として優れています。この信頼性の高いアイソレータは、高い CMTI と非常に低いパルス幅歪み (PWD) を提供し、信頼性の高い通信を実現する上で重要な特長を備えています。

さらに、アイソレータのデフォルトの高出力状態により、障害発生時にも通信ライン (アイドル状態では通常ロジックハイ) がブロックされずに済むため、入力側の電源が落ちる可能性を防ぎます。2 つのチャンネル (1 つは順方向、もう 1 つは逆方向) は CAN 通信に使用され、残りの 2 つのチャンネルはスタンバイやモード制御などの GPIO 用途に使用できます。2 チャンネル (順方向 1、逆方向 1) は CAN 通信に使用され、残りの 2 つのチャンネルはスタンバイやモード制御などの GPIO 用途に使用できます。

インフィニオンの CAN トランシーバ TLE9251 とともに、絶縁型 CAN インターフェースの例を Figure 6 に示します。ISOFACE™ 4DIR2401H をコントローラとトランシーバの間に配置し、ガルバニック絶縁を実現します。

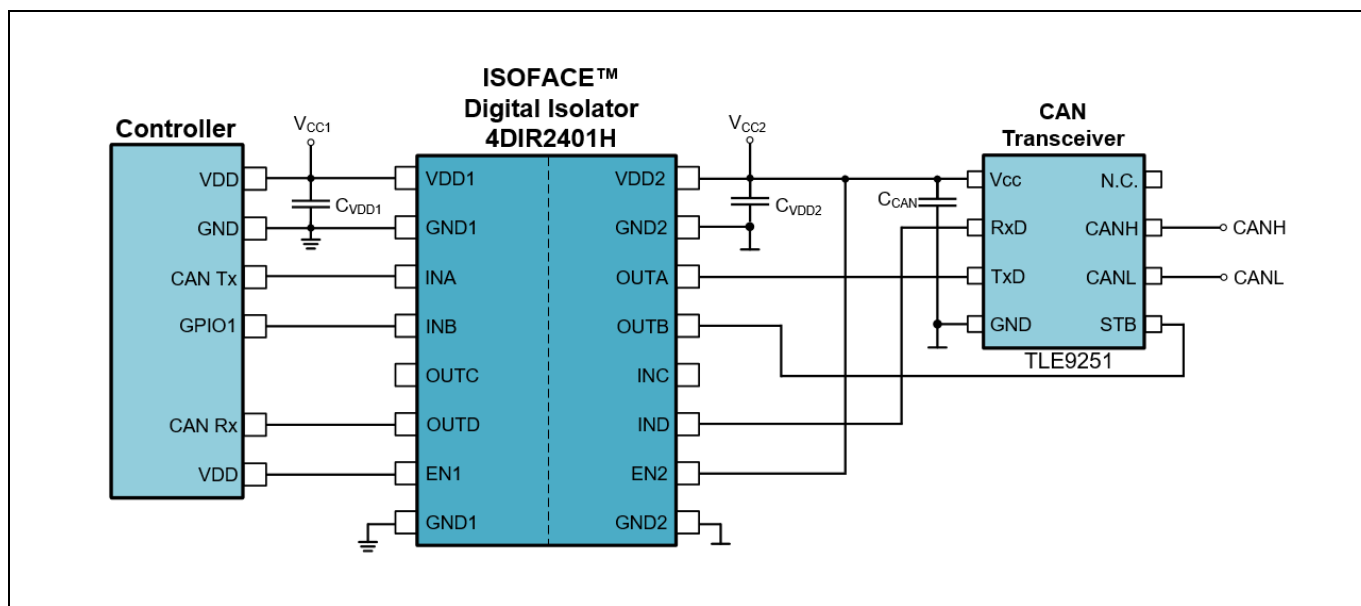


Figure 6 ISOFACE™ 2DIB1411F を使用した絶縁型 CAN 通信

4 ISOFACE™ デジタル アイソレータの代表的なアプリケーション

● 絶縁型 SPI 通信 4DIR1421H

SPI は、センサーやメモリーストレージデバイスなどの周辺 IC とマイクロコントローラとの間で最も広く使用されているインターフェースの 1 つです。異なるグラウンドを持つシステム間で通信が行われる場合、絶縁にはデジタルアイソレータが使用されます。Figure 7 に、ISOFACE™ 3+1 デジタルアイソレータ 4DIR1421H を使用した典型的な絶縁 SPI を示します。マスター側に負のイネーブルピン /EN1 があるため、マスターデバイスの /CS ピンに直接接続できます。これにより、変換機の必要性が減少します。

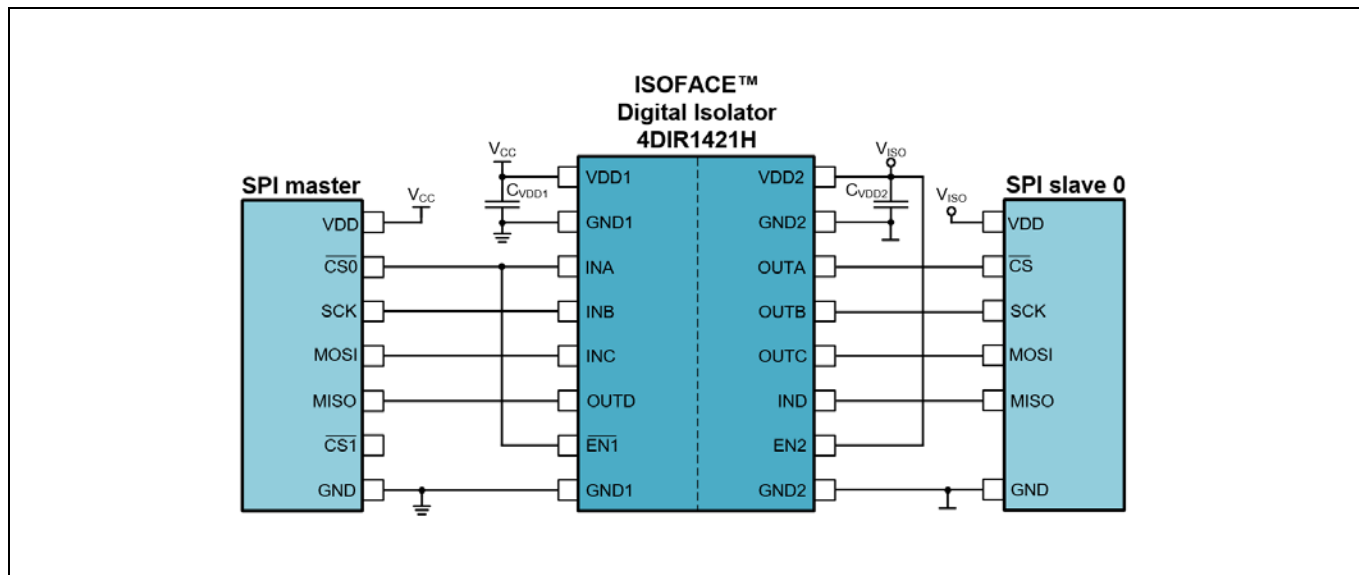


Figure 7 4DIR1421H を使用した絶縁型 SPI 通信

● 4DIR1400H を使用した絶縁型 RS-485 通信

RS-485 インターフェースは幅広い産業用オートメーションシステムで使用されており、その主な利点は優れたノイズ耐性とケーブル長の長さです。RS-485 は、一般的に複数のシステムの接続に使用されるため、各システムとバス間の絶縁が必要です。RS-485 通信バスに接続するためにはトランシーバが 1 台必要のため、Figure 8 に示すように、トランシーバとローカルシステムコントローラの間には ISOFACE™ デジタルアイソレータ 4DIR1400H を配置する必要があります。

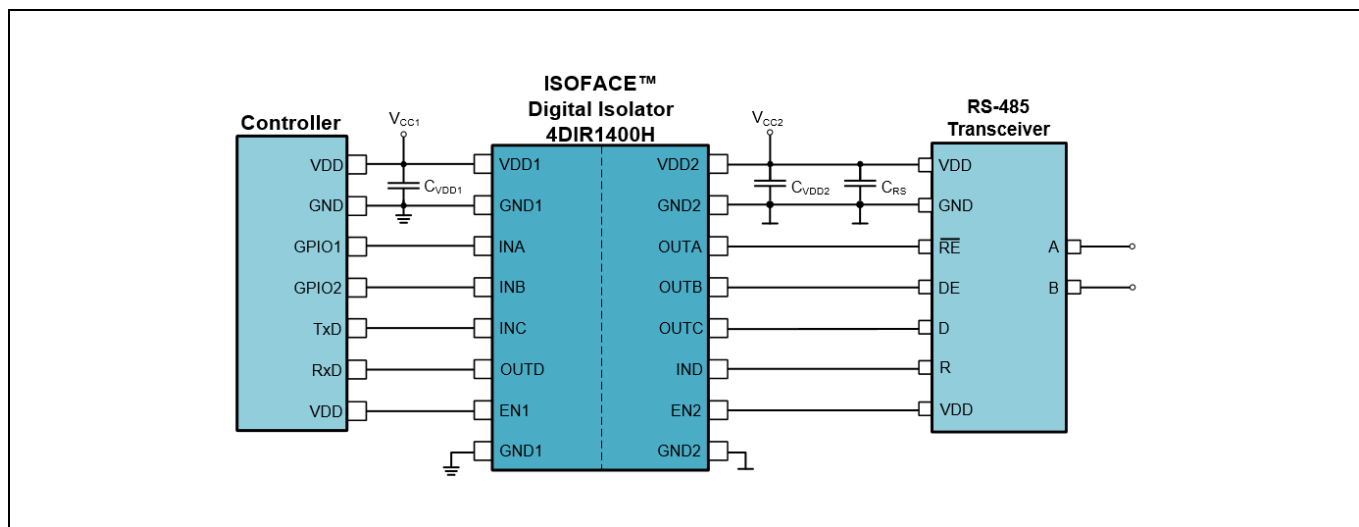


Figure 8 4DIR1400H を使用した絶縁型 RS-485 インターフェース

改訂履歴

改訂履歴

版数	発行日	変更内容
V 1.0	2023-12-14	これは英語版 Infineon ISOFACE™ quad-channel digital isolators design guide V1.0 を翻訳した日本語版 V1.0 です。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2023-12-14

Published by

Infineon Technologies AG

81726 Munich, Germany

© 2023 Infineon Technologies AG.

All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?

Email: erratum@infineon.com

Document reference

DG_2307_PL21_2308_215147_JA

重要事項

本手引書に記載された本製品の使用に関する手引きとして提供されるものであり、いかなる場合も、本製品における特定の機能性能や品質について保証するものではありません。本製品の使用前に、当該手引書の受領者は実際の使用環境の下であらゆる本製品の機能及びその他本手引書に記された一切の技術的情報について確認する義務が有ります。インフィニオンテクノロジーズはここに当該手引書内で記される情報につき、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項

技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。

インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。