

信号・電源の 完全統合アイソレータの アプリケーションと利点



Vikas Kumar Thawani

Systems engineer
Isolation, Interface Group
Texas Instruments

Anand Reghunathan

Applications engineer
Isolation, Interface Group
Texas Instruments

電源・信号の統合された絶縁ソリューションが 本当に役に立つためには、高い絶縁性能と同時に、 高効率、高出力、低エミッションに対応する必要があります。

絶縁とは、システムの2つの部分の間で信号と電力の伝達を許しながら、直流 (DC) と不要な交流 (AC) を阻止する手段です。絶縁は、作業員や低電圧回路を高電圧から保護するほか、ノイズ耐性の向上、通信サブシステム間のグラウンド電位差の処理など、さまざまなアプリケーションで使用されています。

CMOSあるいはTTLレベルの入出力を持ったアイソレータは、デジタル・アイソレータと呼ばれます。デジタル・アイソレータは信号の絶縁を行います。2つの電圧ドメイン間で完全に絶縁するには、電源の絶縁も必要になります (図1参照)。

絶縁型電源を生成する従来の手法では、DC/DCコンバータを使用し、フライバック、プッシュプル、各トポロジでトランスを駆動します。2次側の脈流信号が整流され、フィルタを通過することで、絶縁された直流源が生成されます。フォトカプラを用いた1次側へのフィードバックにより、ライン・レギュレーションとロード・レギュレーションを実現します。DC/DCコンバータが開ループ構成で動作する場合は、低ドロップアウト・レギュレータ (LDO) が、コンバータ出力のポスト・レギュレータとして使用されます。このディスクリット部品を用いる方法の欠点は、ソリューション全体 (トランスおよび他の部品) が基板面積を多く占有することです。また、効率の良い安定した絶縁型電源の設計は困難です。

図2に示すような、ファクトリー・オートメーションで使用されるプログラマブル・ロジック・コントローラ (PLC) のアナログ入力モジュールを考えてみましょう。

アナログ入力モジュールは、フィールドからのセンサ・データをPLCにインターフェイスします。フィールド・トランスミッタから受信されたアナログ入力により、温度や圧力などの物理量を電気的信号に変換します。アナログ入力モジュールに到達する信号は0 ~ 5V、0 ~ 10V、±10V、または4 ~ 20mAになります。これらの入力信号にはグループ絶縁またはチャネル間絶縁を行うことができます。

PLCは過酷な産業環境下での動作が要求されます。フィールド・センサをPLCから物理的に分離すれば、グラウンド電位差が生じ、結果として絶縁が必要になります。センサ信号はデジタル・ドメインへと変換され、デジタル・アイソレータ経由で制御ドメインに結合されます。

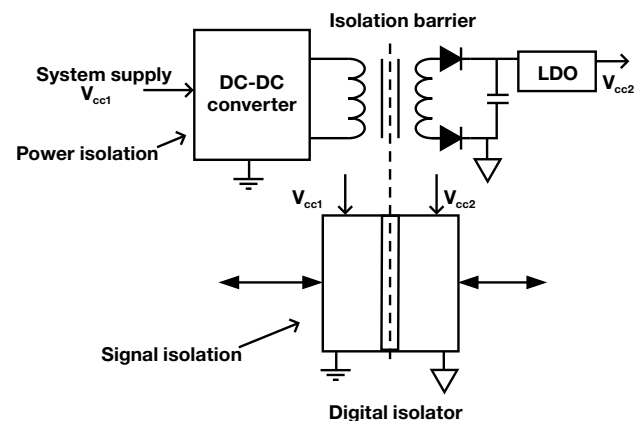


図1: 信号と電源の絶縁

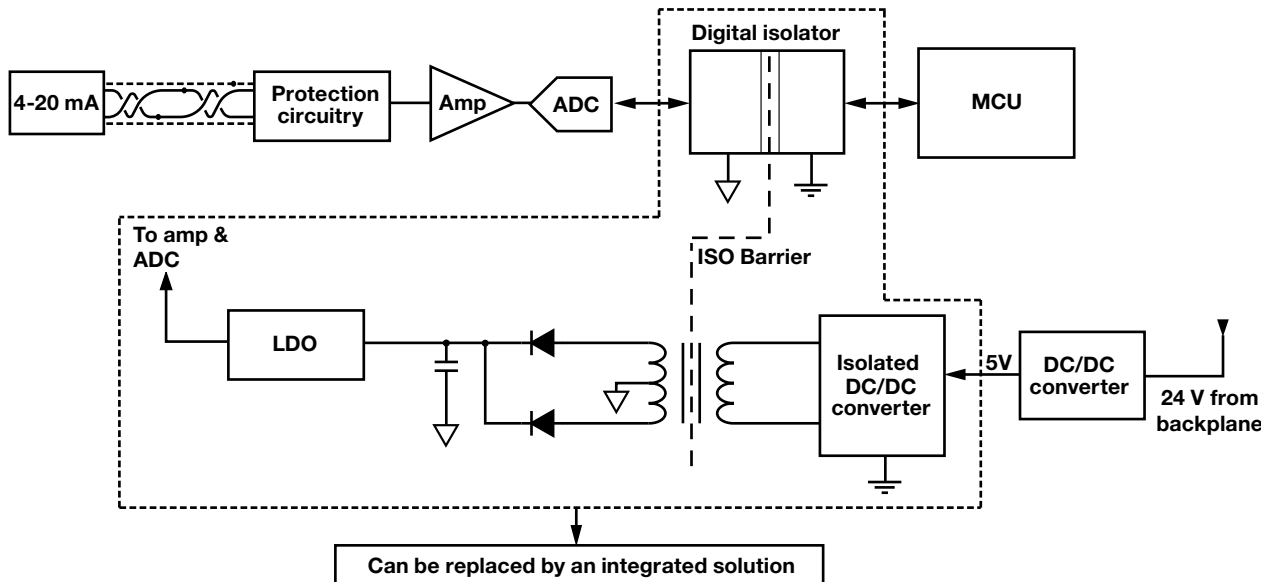


図2: PLCアプリケーションのアナログ入力モジュールには、信号と電源の絶縁が必要

図2に示すように、絶縁型DC/DCコンバータは、バックプレーンから電源を取り、アンプやA/Dコンバータ(ADC)などの信号処理部品用に絶縁された電源を生成します。信号と電源の絶縁をワンパッケージ化したデバイスは、図2の点線内のディスクリート部品すべてを内蔵し、ソリューション・サイズを大幅に縮小することができます。

信号絶縁付きの完全統合型電源

図3に、DC/DCコンバータを内蔵したnチャンネル・デジタル・アイソレータの概念ブロック図を示します。データ・チャンネルは、容量性アイソレーションによって絶縁され、電源の絶縁にはチップ・スケール・トランスが使用されています。

信号・電源の統合絶縁の利点

今日入手可能なさまざまなソリューションでは、DC/DCコンバータとマイクロトランスを単一パッケージ内に組み込み、信号絶縁チャンネルを内蔵しています。このようなソリューションにより、下記を含む、システム・エンジニアが直面していた設計上の課題が解決されます。

- **基板面積の縮小** シングルチップ・ソリューションの第1の利点は、基板面積の縮小です。

電力段、トランス、整流ダイオード、絶縁フィードバック、デジタル・データ絶縁チャンネルが、同一デバイスに内蔵され、ソリューション・サイズは大幅に削減されます。

デジタル・アイソレータ・パッケージのサイズは、絶縁定格、沿面距離、空間距離に依存するため、これらの追加部品を同一パッケージに内蔵することが可能になり、コンパクトなソリューションになります。

表面積の縮小に加え、平面トランスを使用することで、統合ソリューションのz軸、つまり、高さがさらに低く(約3mm)になります。ディスクリート・トランスを用いた場合、この2~3倍の厚さになることもあります。

図4に、統合による基板面積の削減を示しました。

- **容易な認定取得** 統合の第2の利点は、顧客による安全性認定の取得が容易になることです。この絶縁デバイスは、各種機関による認定が必要なシステムに組み込まれます。ディスクリート・ソリューション部品が多く使用されていると、システム・レベルでの安全性に関連する認定にはさらに時間を要します。統合ソリューションを使えば、信号と電源の絶縁が、VDE (Verband der Elektrotechnik) 0884-11およびUL (Underwriters Laboratories) 1577のような部品規格に準拠して一緒に認定されるため、最終製品の認定プロセスを短縮するには有効です。

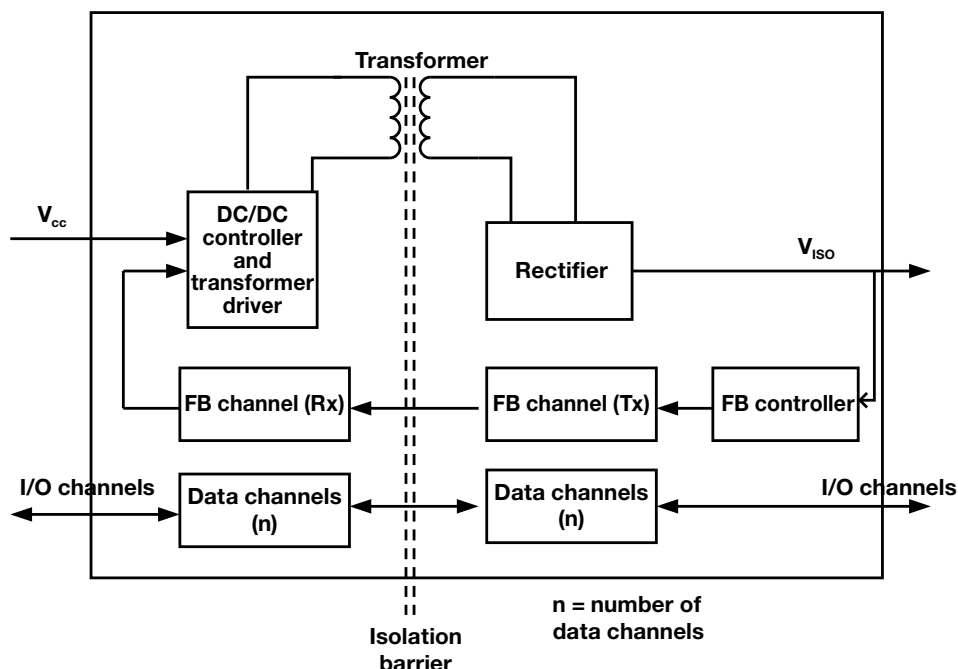


図3: 信号・電源の統合アイソレータのブロック図

ディスクリート・トランスを用いて、IEC (International Electrotechnical Commission) 61800-5-1 (モータ駆動)、IEC 61010-1 (試験および計測)、および IEC 60601 (医用電気機器の安全性) などの最終装置の各種安全規格に準拠することは困難です。強化電源絶縁用に認定されたトランスはめったに入手できず、入手できたとしてもサイズが大きく、高価であるからです。

- 簡潔性と堅牢な設計** 最後に、統合ソリューションを採用すれば、システム設計が大幅に簡素化されます。ライン/ロード・レギュレーション用フィードバック、および電源保護機構 (過負荷保護、短絡保護、過熱シャットダウン、ソフト・スタートなど) をすべてチップに内蔵することができるからです。かさばるトランスを搭載した基板は、振動テストで良好な結果が得られません。このように、基板レベルの信頼性も統合ソリューションを使えば改善できます。

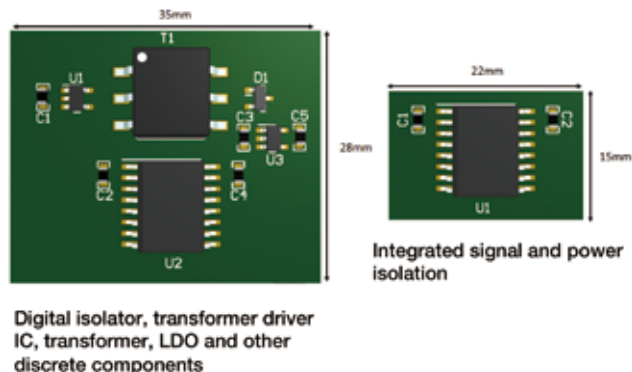


図4: ディスクリート・ソリューションと比較した、統合ソリューションによる基板面積の削減

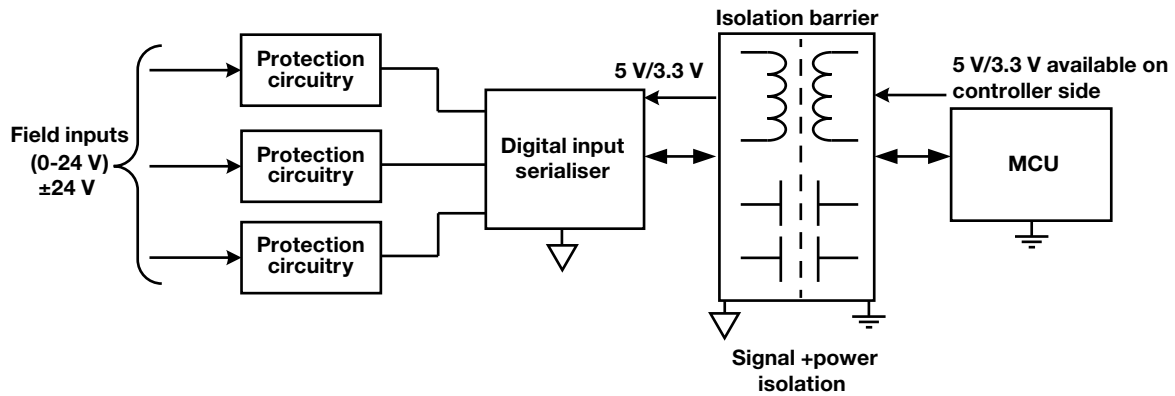


図5: 信号と電源の絶縁付きPLCデジタル入力モジュール

その他のアプリケーション例

- PLC (プログラマブル・ロジック・コントローラ)** PLCは、ファクトリー・オートメーションと産業用プロセス制御で不可欠です。PLCは、デジタルとアナログの入出力モジュールを使用し、工場フロアにあるセンサ、アクチュエータ、および他の機器とインターフェイスします。図5に、PLCデジタル入力モジュールの実装例を示します。

デジタル入力には、プッシュ・ボタン、近接スイッチ、光センサ、圧力スイッチなどがあります。従来の設計手法では、入力データを直列にし、デジタル・アイソレータ経由で制御ドメインへ結合していました。信号と電源を絶縁するデバイスがあれば、フィールド側の電源は別途必要ありません。

センサからのデータがPLC通信モジュールに到着すると、通常はRS-485によって、図6に示すように、中央制御ステーションにデータを転送します。絶縁を行うことで、異なるグラウンド電位に接続されている可能性がある離れたRS-485ノードに対して堅牢な通信を行うことが可能です。

そのような状況では、バックプレーンからの24Vを5V/3.3Vに降圧できます。信号・電源の統合絶縁機能を持つデバイスでは、制御信号を絶縁しながら、バス側のRS-485トランシーバ用の電源を生成することができます。PLCアプリケーションでの統合ソリューションの重要な利点は、基板面積が縮小し、システム設計が容易になることです。

- 試験、計測、メータリング**

図7に、計測アプリケーション内の絶縁されたデータ・アキュイジション・システムを示します。

データ・アキュイジション・システムでは、多くの場合、信号をシステム・コントローラから電氣的に絶縁する必要があります。測定場所に存在する可能性があるコモンモードの高電圧が、制御ドメインに到達しないよう防止する必要があります。また、絶縁により、フィールド側信号とシステム・コントローラとの間に形成されるグラウンド・ループがすべて取り除かれます。

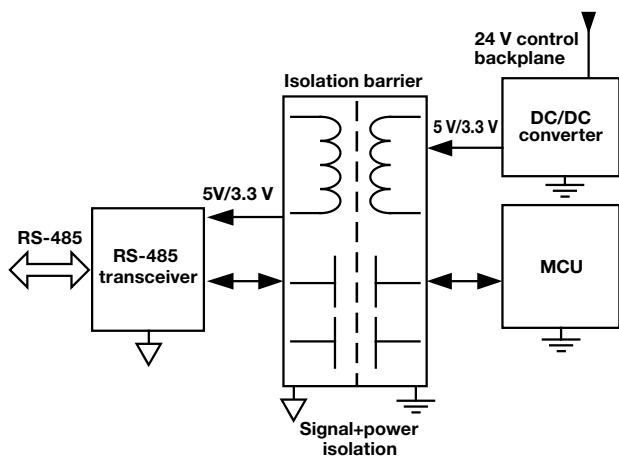


図6: 信号と電源の絶縁付きPLC内の絶縁されたRS-485通信

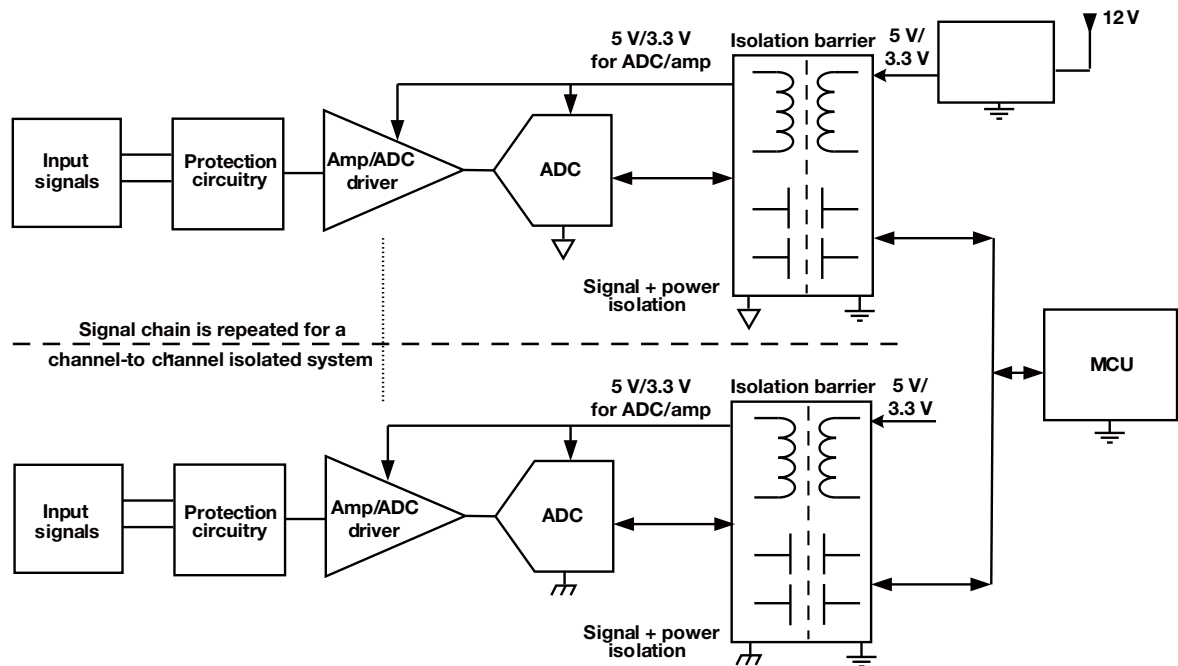


図7: 統合型の絶縁信号・電源ソリューションによって、試験および測定におけるチャンネル間絶縁を簡素化

信号の絶縁と統合された絶縁電源によってアナログ・フロントエンドに給電し、基板上の面積を節約します。チャンネル間絶縁されたデータ・アキュイジションでは、相互からの複数信号の測定と絶縁が必要です。信号・電源の統合絶縁機能を持つデバイスを使えば、基板上で各チャンネル用に個別の電源を生成する必要がなくなります。この結果、基板上に複数個のトランスを実装する必要がないため、データ・アキュイジション・システムの小型化に有効です。

AC商用電源の電圧と電流の測定を行うメータリング・アプリケーションには、高電圧の強化絶縁が必要になります。統合ソリューションを使用すれば、強化絶縁規格のトランスが不要になり、システム・コストを削減できます。

● 医療用心電図(ECG)フロントエンド

医療装置では、患者保護のため絶縁は重要です。 ECG (図8参照) 測定中、患者にはリードが複数接続されます。このシグナル・チェーンは、微弱な信号を捕捉して、デジタル化処理し、信号を絶縁バリア越しにシステム・コントローラへ渡せるよう、堅牢でなければなりません。

アナログ・フロントエンドは、通常、基板上の絶縁されたDC/DCコンバータにより給電されます。信号絶縁を内蔵し、アナログ・フロントエンドに絶縁電源を供給するデバイスを使えば、実装面積を小さくすることができ、医療ア

プリケーションでは特に有益です。医療安全規格は、絶縁性能の要求が最も厳しく、ディスクリートな電源トランスは高コストになります。このように、統合ソリューションは、システム・コストを削減できます。

統合ソリューションの問題点

内蔵された小型トランスを使用して高効率の電力変換を達成することは困難です。スイッチング周波数は、ソリューション・サイズを小型にするため、非常に高い周波数にする必要があり、電力段でのスイッチング損失が増大します。さらに、スイッチング周波数が高くなると、放射性エミッションが生じ、統合デバイスを使用するアプリケーションをCISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) 22などのエミッション規格に適合させることが難しくなります。

統合された電力段で効率が制限されることのもう1つの問題は、接合部温度を上昇させないと、限られた負荷電流にしか対応できないことです。内部温度上昇は、特に周囲温度が高い環境で動作する場合、制限事項になりえます。統合ソリューションが実用的なソリューションとなるには、高い絶縁性能を提供しつつ、高効率、高出力、低エミッションに対応する必要があります。

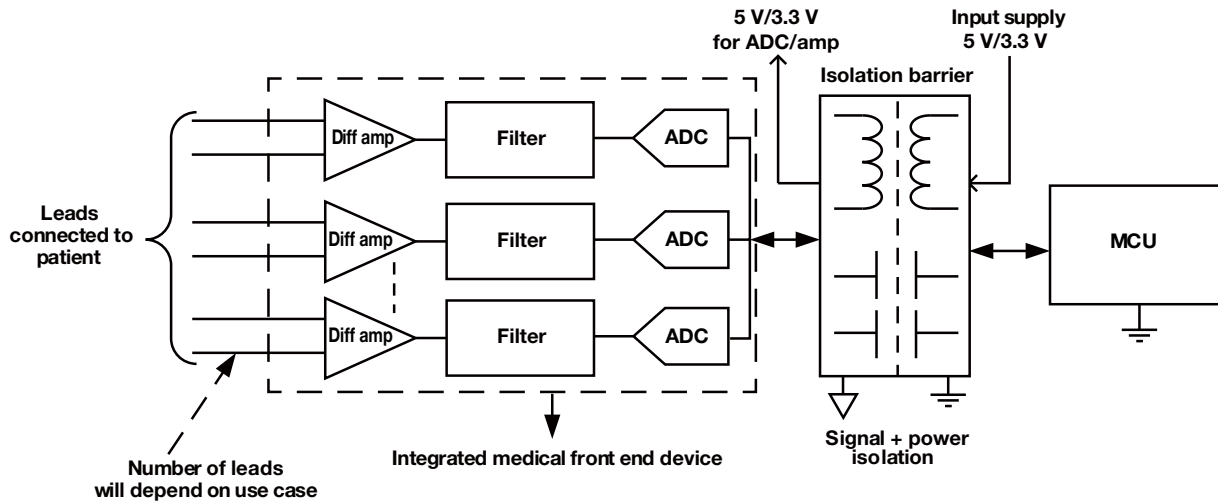
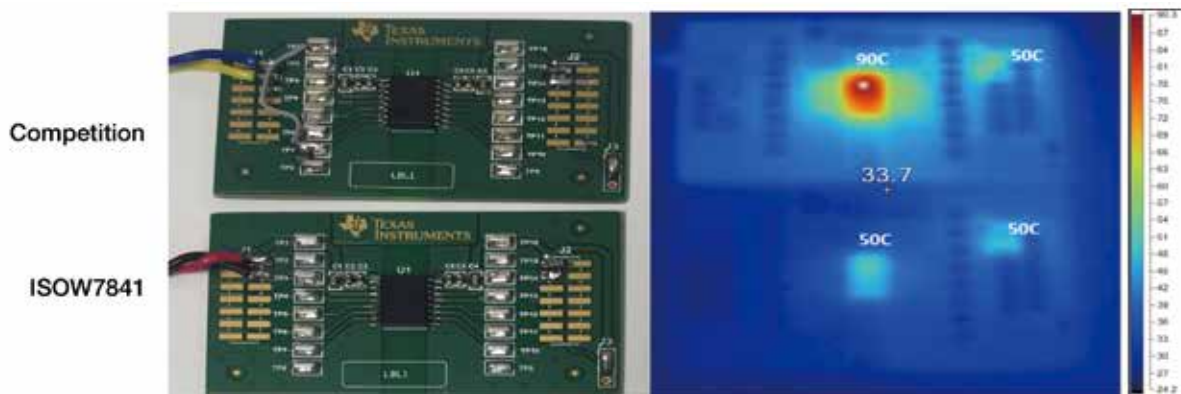


図8: 統合型信号・電源ソリューションは、ECGアプリケーションにおける医療安全基準を満たすために有効

TIのソリューション

テキサス・インスツルメンツの **ISOW7841** は、高効率、低エミッションのDC/DCコンバータを内蔵した4チャンネルの強化型高性能デジタル・アイソレータ・ファミリの製品です。デジタル・アイソレータは、最大100Mbps、伝搬遅延は16ns未満で動作します。内蔵されたDC/DCスイッチモード・コンバータには、最新の回路技術を採用することで、電力損失を減らし、効率を向上させ、5V入力で130mA、3.3V入力で75mAの負荷電流に対応します。内蔵された閉ループ・フィードバックにより、優れたライン/ロード・レギュレーションが得られます。特殊なエミッション削減手法が実装されており、エミッション規格への適合をサポートします。

本デバイスは、市場の類似ソリューションと比較して、最大80%効率が高く、同一負荷電流の供給に対してチップ温度は最大で40°C低くなっています(図9参照)。ISOW7841は、複雑な基板設計の必要なしに、CISPR 22 Class Bエミッションに適合可能であり(図10参照)、同種の統合ソリューションと比べてエミッションは10dB以上小さくなります。



ISOW7841 has 40C lower temperature vs a competing solution while delivering 80 mA at 5 V

図9: ISOW7841は、5Vで80mAを給電する場合、競合ソリューションよりも40°C低温

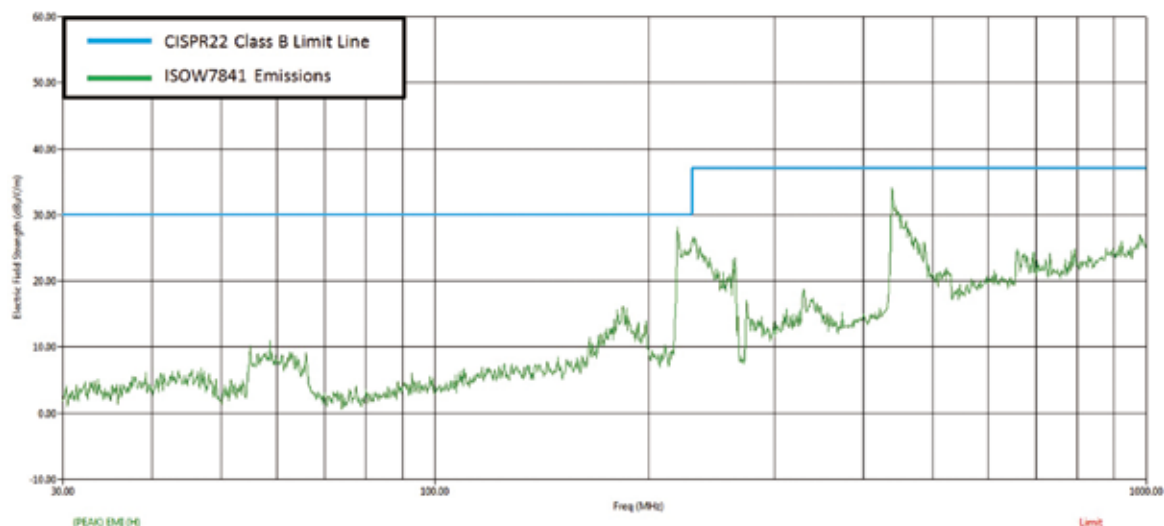


図10: ISOW7841は80mA負荷時に、CISPR 22 Class Bエミッション・マスクに適合

ISOW7841は、16ピン SOIC (Small-Outline Integrated Circuit) ワイド・ボディ・パッケージで供給され、沿面距離/空間距離を8mmにすることが可能です。一時的過電圧は5kVRMS (UL 1577) に最長60秒耐え、動作電圧は最大1,000VRMS、サージ電圧は10kVPK (VDE 0884-10規格準拠) です。これらのデバイスでは、600Vを超える比較トラッキング指数 (CTI) (材料グループI) のパッケージ・モールドを使用しており、同一沿面距離を持つデバイスと比較してシステム・レベルで高い動作電圧で動作可能です。

ISOW7841デバイスは、業界をリードする絶縁性能とともに、優れた電力性能と電気的特性を提供します。

結論

信号・電源の完全統合アイソレータは、各種アプリケーションにおいて、基板面積の縮小、システム・コストの低減、認定の簡素化、複雑さの減少、堅牢性の向上によって、システム設計が簡単になります。しかしながら、統合にはそれ自身の問題があります。統合ソリューションが真に役立つためには、高い絶縁性能を提供しつつ、高効率、高出力、低エミッションに対応する必要があります。

参考文献

1. [ISO7841、ISO7741](#)の各製品フォルダ
2. [ISOW7841データシート](#)
3. [絶縁用語集](#)
4. [ADS8681 SAR ADC、ADS1294 ADC with ECG front end、ADS1220 delta-sigma ADC](#)の各製品フォルダ

S-0107

ご注意：

本資料に記載された製品・サービスにつきましては予告なしにご提供の中止または仕様の変更をする場合がありますので、本資料に記載された情報が最新のものであることをご確認の上ご注文下さいようお願い致します。

TIは製品の使用用途に関する援助、お客様の製品もしくはその設計、ソフトウェアの性能、または特許侵害に対して責任を負うものではありません。また、他社の製品・サービスに関する情報を記載していても、TIがその他社製品を承認あるいは保証することにはなりません。



TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的で、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁護または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。