

## 強化絶縁型データ・カプラ

著者：Mark Cantrell, Applications Engineer,  
Analog Devices, Inc.

### 背景

強化絶縁型データ・アイソレータは、単一の絶縁バリアと同様のデータ伝送性能と二重絶縁システム相当の防御性能の両立を目的に設計され、所定の性能を備えることが確認されています。

**感** 電防止策の要諦は、通電中の危険な回路と電気デバイスで構成されたユーザーが触れることのできる導体との間には、二重の独立した絶縁システムに相当するものが必要があるということです。こうした絶縁システムの1つとしては、接地された安全な筐体に単層の内部絶縁を組み合わせる方法があります。もう1つは、冗長性を備えた二重の絶縁システムを構築する方法です。二重絶縁方式を使用した複雑な電気システムを実現するには、信号品質を維持しつつ2層の絶縁にまたがって直流絶縁された通信を必要とします。こうした要請から、2つの冗長な絶縁システムと同等な電氣的強度と信頼性を備えたデバイスに対するニーズが生まれました。これは強化絶縁デバイスと呼ばれ、そのデバイスの構造や、様々な規格に適合するためのタイプ・テスト、製造時における厳しい管理をもって、2つの独立したシステムと同等な安全性を保証します。

本稿は、IEC 60950 および関連する IEC 60747-5-5 と VDE-0884-10 規格の構成およびテスト条件をもとに、フォトカプラとデジタル・アイソレータそれぞれにおける強化絶縁の実現方法を検証し、あわせて、この2種類のアイソレータに対して認められている他の IEC 規格との差異についても考察します。

### 安全絶縁

今日のシステムには絶縁が要求されます。それには、バッテリー充電システムやモーター駆動装置でのハイサイド部品への通信、通信システムでのグラウンド・ループの切断、危険なラインや2次電圧からのユーザー保護など、多くの理由が存在します。絶縁のレベルは、アプリケーションに要求される安全性のレベルによって決まります。機能絶縁は、ユーザーを保護するものではなく、部品が正しく機能するために必要な絶縁だけを提供するものです。基本絶縁は、絶縁が完全に無傷である場合にオペレータを感電から保護するに十分な絶縁レベルを提供します。しかし、危険な電圧から人々を保護する目的においては、以下の2つの独立した絶縁システムの実装が規定で求められています。すなわち、感電防止のための基本絶縁と、障害によって1つの絶縁システムが破たんした場合に作動する補完的な手立てを備え、オペレータの安全を保護することができる冗長システムです。この機能は二重絶縁と呼ばれています。絶縁システムを評価するときの基本的条件は、電氣的機能性ではなく安全性であるため、評価時の故障判定基準は、認定後に絶縁バリアが無傷であるかどうかです。漏電後もデバイスが元の仕様どおりに機能したとしたり、それは望外のことです。

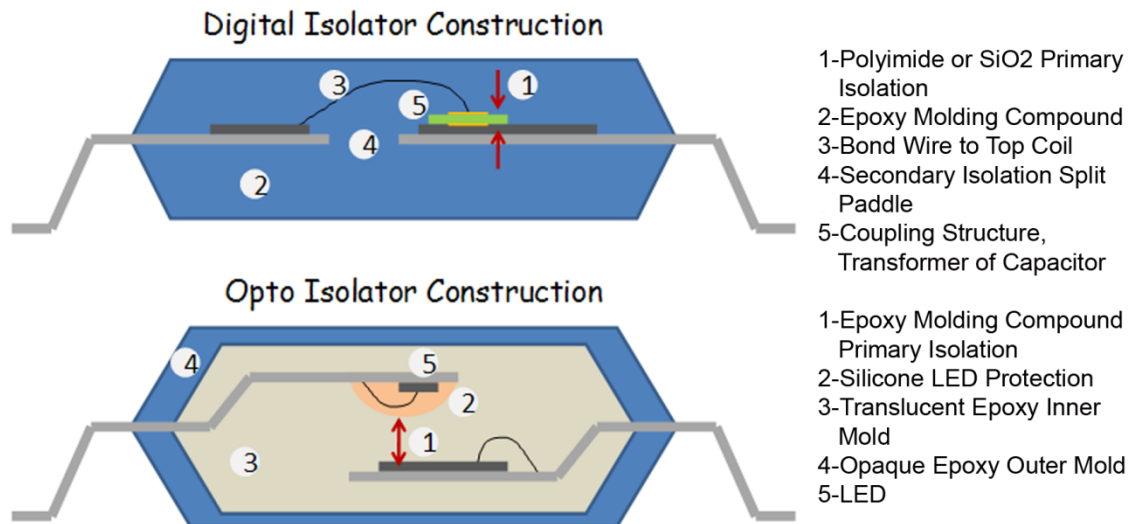


図 1.

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。  
©2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

強化絶縁システムの一例は、電源の帰還制御ループです。この場合、現在の出力電圧レベルについての情報は、AC/DC コンバータの SELV (Safety Extra Low Voltage : 安全超低電圧) 側から電源のライン側に伝わる必要があります。オペレータが電源の SELV 側に接触する可能性があるため、感電しないよう、データ・バスには 2 つの独立した絶縁システムまたは強化絶縁システムを実装する必要があります。抵抗やコンデンサなどの受動部品は、直列に動作させても大幅な機能低下はありません。しかし、バスに 2 つのデータ・アイソレータを配置することは、いくつかの理由から非実用的と言えます。まず、アナログ・データの精度が失われ、デジタル・データには長い伝搬遅延が生じ、ジッタが増加します。次に、2 つの絶縁層の間でカプラ・インターフェースを動作させるには、中間電源が必要になります。データ絶縁デバイスでの、こうした要求を満たすことの困難さが、安全性を犠牲にすることなく、二重絶縁境界にまたがって直接接続する単一コンポーネントに対するニーズを生み出しました。これらは、強化絶縁性を有する部品 (図 1) に分類されます。

### 部品レベルの要件

部品の強化絶縁は、次の 2 つの方法で評価されます。1 つは、沿面距離 (クリーページ)、クリアランス、トラッキング指数など

の、部品の外形寸法です。もう 1 つは、内部的な電気性能です。これらの内部的条件および外形的条件には、全く異なる手法が必要となります。

沿面距離は、コンポーネント・ピンなど、電気的に絶縁された導電性構造間の部品の表面に沿った最短距離です。クリアランスは、コンポーネント内の絶縁された導電性構造間の最短距離ですが、表面には限定されず、途中の溝や山に関係なく測定された経路です。簡単な形状では多くの場合、沿面距離とクリアランス・パスは同じ値になります。イラストでは、JEDEC 規格 SOIC の沿面距離を示します。このスタイルのパッケージは、多くのアイソレーション・デバイスに使用されています。このスタイルのパッケージの場合、沿面距離とクリアランスのパスと長さは同じです。沿面距離は、常にクリアランスと等しいか、大きくなります。絶縁定格にとって重要な、コンポーネントのもう 1 つの外形的特性は、比較トラッキング指数 (CTI) です。これは、電気放電のもとで絶縁材料がどれくらいの電圧で絶縁破壊されるかという指標です。トラッキング電圧が高いほど、安全性を維持しながら沿面距離を小さくできます。

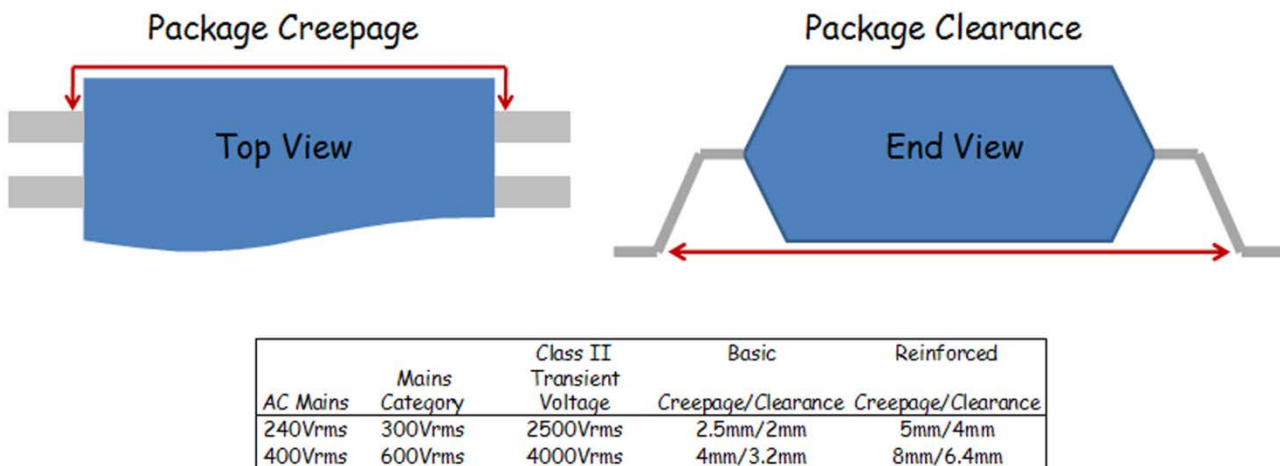


図 2.

外形寸法は、二重絶縁システムの基礎絶縁と付加絶縁によって与えられる絶縁距離と等価であることが必要です。一般に、すべての沿面距離／クリアランス条件は、強化部品では基礎／補足定格の部品の2倍の大きさになります。図2の例は、2つの一般的な動作条件と、必要な沿面距離とクリアランスを示します。この方法を採用した理由は、外部との間隔に関する条件は、外部環境および表面特性、すなわち、想定される汚染物質の量、空気圧、表面放電（トラッキング）による部品表面の侵食具合に左右されるからです。

部品の内部特性に関しては、絶縁の具体的な量や厚さよりも、絶縁性能の方が重要です。メーカーは、デバイスには長期的／短期的な電圧ストレスに耐えるための電気特性が備わっていることを明確に示すことができるからです。

IEC 60950 規格の条件は、オフィスおよび電気通信機器向けのものですが、医療機器の分野においても、かなり広範に適用されています。外側の寸法や材質は、トラッキング指数向けのバルク材料テストおよびマイクロメータを使って容易に検証できます。内部条件については、部品を認定するための3つの方式があります。

- その部品を、あたかも固体絶縁だけで出来ているものとして評価することができます。この場合、絶縁を介しての距離や、接合ジョイントに沿った距離など、すべての内部距離は0.4 mmを超えている必要があります。これは最も簡単な評価方法で、さらなるタイプ・テストは不要です。しかし、これらの条件を満たす高性能データ・カプラを作ることは困難です。0.4 mmの最小絶縁厚さは、すべての強化絶縁デバイスに適用されると広く信じられています。これは事実と異なっており、多くの技術者が混乱する原因となっています。
- 部品がフォトカプラである場合は、IEC 60747-5-5 規格に準拠する必要があります。これは、強化絶縁用のフォトカプラを認定するために特に設計された厳しい規格であり、バッテリーのタイプ・テストと寿命テストがあり、各テストの後には絶縁耐久検証テストもあります。
- その部品を半導体デバイスと見なして評価することもできます。このカテゴリのデバイスには、IEC 60747-5-5 条件に似た、一連のタイプ・テストがあります。フォトカプラ規格のテスト条件はフォトカプラの構造に特に合わせてあるため、この方式はデジタル・アイソレータで用いられます。

強化定格の認定と確認は、以下の3つの手順に従って行われます。

- 材質と寸法が評価され、電気的なタイプ・テストが行われます。テストには、熱サイクリング、期限付き寿命テスト、加熱や破壊的な絶縁障害を引き起こす電氣的オーバーストレスが含まれます。絶縁の品質は、各環境またはテストの後で、電圧耐久テストによってチェックされます。表1は、IEC 60747のタイプ・テストをまとめたものです。

表 1.タイプ・テスト

| Materials    | Electrical            | Mechanical         |
|--------------|-----------------------|--------------------|
| CTI          | Withstand             | Thermal Cycle      |
| Flammability | Partial Discharge     | Thermal Shock      |
|              | Insulation Resistance | Vibration          |
|              | Surge                 | High Temp Storage  |
|              | Overload              | Creepage/Clearance |

- デバイスの寸法確認とタイプ・テストに基づく検査を経て、電圧耐性テストによってデバイスごとの絶縁品質がチェックされます。IEC 60747-5-5 または等価な認証の場合、各デバイスに部分的な放電絶縁品質テストも行われます。
- 材質の組み合わせや寸法が変化していないことを確認し、組立てラインでのすべてのテストが校正済みの機器によって正しく行われていることを検証するため、認証機関によって定期的な監査が行われます。一部のタイプ・テストは、サンプル・ベースで定期的に繰り返され、監査人によって点検されます。

### 絶縁条件の傾向

これまで述べた事柄は、最も広範に適用される規格の1つを基準とするものでした。部品レベルでは、規格によって条件が異なることがあります。1つの規格の中でさえ、版によって変更が加えられることがあります。IECが統一方式を目指しており、この問題は解消されつつありますが、個々の規格委員会には依然として高い独立性があるため、この実現には長い時間が必要になりそうです。システム・レベル規格の運用面での統一が進めば、IEC 60747-5-5 などの部品レベル規格を適用することができます。部品にこのような規格が存在すれば、システム・レベル規格の特定条件の代わりに適用することが可能になります。現在、このような規格はフォトカプラにだけ適用され、他の最新のデジタル・アイソレータには適用されませんが、VDE が作成した規格原案 VDE0884-10 では、IEC 60747-5-5 規格の絶縁テストがデジタル・アイソレータにも適用されます。

いずれの規格も、10 kV以上のレベルでのサージ・テストなどの強化絶縁については厳しい基準を設定しています。極薄の絶縁層ではこの種のテストに合格することができないなど、厳格なテストに適合しなければ、多くのフォトカプラやデジタル・アイソレータは、強化絶縁としての認定を得ることができません。こうした条件を満たすことができない部品は、基本絶縁に適用される IEC 60747-5-2 規格準拠の扱いに戻されるのが一般的です。絶縁型システムの設計者の間では、IEC 60747-5 認定を受ければ、自動的に強化絶縁と認められるものと考えられており、これが新たな混乱の原因となっています。現在、IEC 委員会では、デジタル・アイソレータも IEC 60747-5-5 規格の適用対象となるよう、改訂に取り組んでいます。次の統一規格では、すべての IEC システム・レベル規格にまたがって適用され、将来的な混乱解消に役立つはずで

### 結論

強化絶縁型データ・アイソレータは、単一の絶縁バリアと同様のデータ伝送性能と二重絶縁システム相当の防御性能を両立させることを目的に設計され、所定の性能を備えることが確認されています。外形については、基本絶縁条件の2倍に相当する、部品の沿面距離/クリアランス条件を満たしていなければなりません。内部的には、絶縁最小距離などの固体絶縁の条件を満たし、製造時に広範囲なタイプ・テストと組立てライン・テストを受ける必要があります。詳細な構造的条件ではなく、テストを通じて検証することが可能な強化絶縁定格に準拠することにより、新しい技術が実用化されるたびに規格を改訂することなく、革新的な絶縁技術を認定することが可能になります。

### リソース

アイソレーション製品の情報とリソースについては、[www.analog.com/jp/iCoupler](http://www.analog.com/jp/iCoupler)をご覧ください。

この記事シェア:

facebook

twitter

ツイッターでフォロー: [www.twitter.com/ADI\\_News](http://www.twitter.com/ADI_News)

また、アナログ電子回路に興味のある技術者同士のコミュニティ・サイト「[アナログ電子回路コミュニティ](#)」も是非ご覧ください。

### 著者について

Mark Cantrell は、アナログ・デバイセズ社 (ADI) のデジタル・アイソレーション・グループのアプリケーション・エンジニアです。アナログ・デバイセズに入社する前は、カリフォルニア・イースタン・ラボラトリーズ (California Eastern Laboratories) に6年間勤務し、NEC のフォトカプラとソリッドステート・リレー製品のアプリケーション・サポートを担当していました。また、ロッキード・マーチン・ミサイル & スペース社 (Lockheed Martin Missiles and Space) にも17年間在籍し、放射能影響試験技術者として重力プローブ B 衛星計画に携わりました。インディアナ大学で物理学の修士号を取得しています。電子メールの宛先は、[mark.cantrell@analog.com](mailto:mark.cantrell@analog.com) です。

