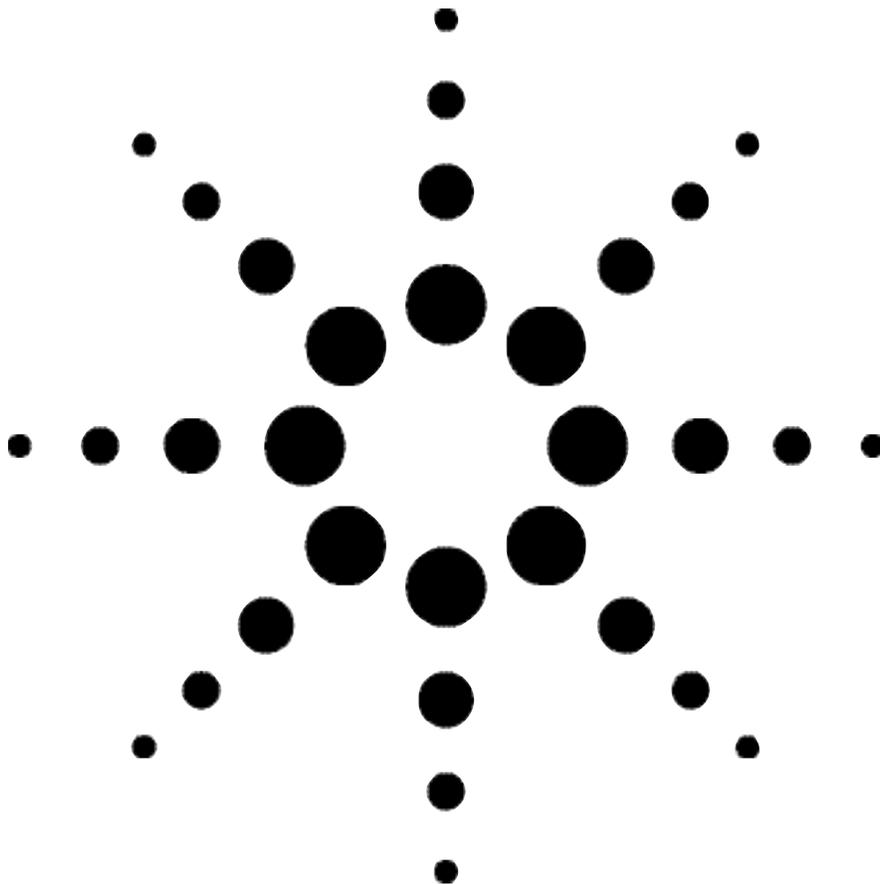


フォトカプラを用いた 産業用電気機器の堅牢な 絶縁

アプリケーション・ レポート



Jeremy Seah Eng Lee、 Alexander Jaus、
Patrick Sullivan、 Chua Teck Bee

Agilent Technologies
Semiconductor Products Group
Optical Communication Solution Division



はじめに

自動化の進む産業界において、企業は、自動化された生産設備に何らかの問題が生じれば、普通は自動生産システムの運転を停止することになります。システムが停止すれば、膨大な資金の損失や機会の逸失を招くだけでなく、余分な資源や資金をシステムの復旧と再稼働のために費やさなければならなくなります。こうした問題は、電磁妨害や高圧サージへの対策、安全基準など、初期設計段階で考慮すべき要素が十分でないことが原因になって生じていることもあります。

Ethernet¹ 技術が発達して産業界に広く普及してきた現在、一度オフィス用に設計されたハードウェアを工場で使用するような頑丈なハードウェアに変えなければならぬとしたら、それはかなり大きな挑戦となります。Ethernet がフィールドバス・レベルとデバイス・レベルに組み込まれるようになってきたことも考慮に入れると、レシーバ側で受け取るデータ精度の重要性がこれまで以上に高まっています。

フォトカブラは、産業用ネットワーク・システムにおいてさまざまな目的で広く使用されており、多様な電圧レベルが混在する電気回路が、相互に電氣的に独立またはガルヴァニック的に²分離された状態を保ちながら、1つのシステムとして機能するのに役立っています。また、高速フィールドバスの中で、フォトカブラは、データのエラーを低減するとともに、内部接続された装置を保護するのにも役立ちます。産業用通信分野におけるフォトカブラの用途としては、各種機器の入出力部、センサや温度制御システムの信号絶縁、スイッチング電源、自動制御システム、インバータ・モータ駆動システム、計測機器や、医療用機器の絶縁などがあります。

本レポートでは、安全で堅牢な産業用システムを構築する際に考慮すべき重要な要素としての絶縁について説明します。

フォトカブラの基本

基本的なフォトカブラは、**発光ダイオード (LED)**、**フォトディテクタ**、および光学的に透明な誘電体**フィルム**で構成されています。電流が LED に流れると、LED が発光し、誘電体フィルムを通してフォトディテクタと結合します。フォトディテクタは、受け取った光量に比例した大きさの電流を発生させます。この電流は、任意の機能を実行するように、さまざまな回路によって操作できます。フォトカブラの主な働きの一つは、回路の一方の側に生じる高電圧や急激な電圧変化が原因で回路の他方の側に引き起こされる構成部品の損傷や信号の歪みを防止することです。この機能は、2 つのシステム間を電氣的に独立した状態に保ちながら、必要な信号を光により伝達することによって実現されます。

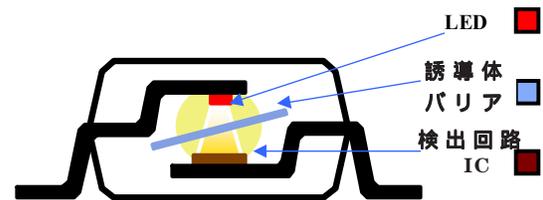


図 1、アジレントのフォトカブラの断面図

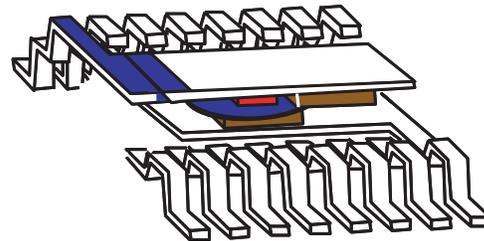


図 2、フォトカブラの側面図

¹ **Ethernet:** Xerox Corporation によって開発された、複数のコンピュータを高速ネットワークにより相互接続するための技術。Ethernet は、多様なコンピュータ間のネットワークを構成できるほか、数多くの民生コンポーネントを利用できるため、LAN の分野で普及しています。

² **ガルヴァニック・アイソレーション (分離):** 絶縁隔壁越しに電圧とノイズのアイソレーションを実現する構造、または材料技術。

回路設計者が回路を設計する際に、アイソレーションに関連した次の 3 つの問題に直面することがあります。

- **電圧・電流過渡**：構成部品を破壊する恐れのある**高い電流/電圧サージ**で、時として感電したり、人命に影響を与えたりする可能性があります。通常は、2つの回路またはシステム間で発生する短時間の強烈なサージです。
- **グラウンド・ループ電流**：グラウンド電位の異なる相互接続回路間で発生する不要信号です。通常この電流は、グラウンド電位の異なるさまざまな接続回路で構成された通信ネットワークで発生します。そうした通信システムでは、グラウンド間の電位差により、内在するさまざまなノイズ要素が組み合わされた交流 (AC) または直流 (DC) のグラウンド・ループ電流が生じる可能性があります。電位差が大きければ、装置 (通信ポートなど) の損傷、伝送エラー、またはデータ信号の劣化の原因となります。最悪の場合、回路が過熱して焼損し、構成部品が破損して、人体に致命的な影響を及ぼすほどの感電を招く恐れがあります。
- **高電圧レベルシフト**：デジタル IC の動作電圧が低くなるほど、敏感な電子機器を高電力機器から分離するデバイスの必要性も高くなります。信頼性の高い情報交換を確実にを行い、異なるグラウンド基準電位間でのループ電流の発生を防ぐには、アイソレーション技術が不可欠です。たとえばモータ制御用途の場合、モータの電子システムは、低電圧の制御回路と高電圧回路の 2 つの部分で構成されています。こうしたシステムでは、各々の回路を、スイッチングによる過渡ノイズとコモンモード・ノイズの両方から保護し絶縁することが重要です。同時に、回路インターフェースおよびフィードバック回路にも**レベルシフトと信号アイソレーション機能**を設ける必要があります。

(A) アイソレーション・デバイスの安全規格

装置と製品の一貫した安全性を確保するために、国際的な安全規格が作られています。これらの安全規格では、感電、機械的危険要因、火災、および電磁妨害の各分野における一般的な安全について定めています。システムや構成部品については、個別の部品およびさまざまな応用装置におけるアイソレーション安全規格が策定されています。産業分野のシステム・レベルでの安全規格としては、国際的な規格である IEC 604³ (International Electrotechnical Commission)、米国規格の UL508⁴ (Underwriters Laboratories)、および欧州規格 EN 50178⁵ (欧州連合) があります。フォトカブラの部品レベルの安全規格としては、国際規格の IEC 60747-5-2、米国規格の UL 1577、および欧州規格の EN 60747-5-2 があります。

将来的には、IEC (International Electrotechnical Commission) の主導によってフォトカブラの規格が維持され、世界共通の基準となることが知られています。IEC 60747-5-2 の認定を受けるには、環境、機械的構造、アイソレーション、および電気的特性など、フォトカブラに対する所定の厳しい試験を受ける必要があります。部品としての合格基準は、上限が 5pC の**部分放電 (PD) 試験**をパスすることです。

絶縁は、部品が機能を停止するまで電気の流れを阻止する材料の性能として定義されます。よって、絶縁は製品の安全性設計において重要な要素となります。製品の安全性に関する基本的な要件は、感電する危険のある回路を、他の回路や、ユーザが触れる可能性がある部分、または接続されている装置の特定の部品から切り離すことです。回路は、通常の動作時だけでなく、障害が発生した状態でも**安全**でなければなりません。安全性に関して、「**基礎絶縁**⁶」と「**強化絶縁**⁷」は明確に区別されます。

³ IEC 604: 産業用装置および機械の国際標準 (Web サイト <http://www.iec.ch>)

⁴ UL 508: 産業用装置および機械の米国標準 (Web サイト <http://www.ul.com/>)

⁵ EN 50178: 産業用装置の欧州標準 (Web サイト <http://www.newapproach.org/>)

⁶ **基礎絶縁**: 感電に対する基本的な保護手段を施すために、**損傷していない**部品に適用される絶縁規格 (<http://www.601help.com/Disclaimer/glossary.html>)

⁷ **強化絶縁**: IEC 60601-1 で規定される条件下で**二重絶縁**に相当する、感電に対して一定の保護を与える、**損傷していない**部品を用いた単一の絶縁システム (<http://www.601help.com/Disclaimer/glossary.html>)

● **基礎絶縁**

フォトカプラに対するドイツの安全規格 VDE 0884 は、IEC/EN/DIN EN 60747-5-2⁸ に置き換わり、2004 年 1 月に発効しました。これは、光絶縁型デバイスに直接適用される安全規格です。この規格は、本来光アイソレータにのみ関係するものですが、磁気バリアまたは容量性バリアなどの他のアイソレーション技術を使用するデバイスも、フォトカプラの安全規格に対する認証を取得してきました。ただし、それらに対する認識は「**基礎絶縁**」の範囲だけに限られ、このレベルの絶縁では「**フェールセーフ動作**」を実現することはできません。

つまり、それら非光アイソレータは、IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 に従い、「**基礎絶縁**」対応としての認証を取得しても、感電に対する基本的な保護手段を備えているに過ぎません。したがって「**フェールセーフ**⁹」と見なすことは不可能であり、そのようなデバイスを強化絶縁用部品としてユーザに提供することは適切ではありません。モノリシック型空心トランスを用いたアイソレータを供給しているあるメーカは、そのデータシートにある絶縁特性の脚注の中で、「This isolator is suitable for basic electrical isolation only (このアイソレータは基本的な電気的アイソレーション目的にのみ適しています)」と記しています。この技術は、IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 規格が定めるような光学的アイソレーション技術ではないため、「**Basic Electrical Isolation (基本的な電気的アイソレーション)**」についてのみ認証団体によって承認されていることとなります。前述のとおり、定義に基づく基礎絶縁では、特定の障害状態ではアイソレータとして機能しなくなったり、故障したりすることが予想されます。

● **強化絶縁**

要求される絶縁レベルは、構成部品の障害発生時の故障モードに大きく左右されます。「**強化絶縁**」の認証は、「**フェールセーフ**」部品に対してのみ与えられます。つまり、「**強化絶縁**」は、感電からの保護だけでなく、ユーザが触れても差し支えなく安全な、フェールセーフ設計でもあります。

アジレント・テクノロジーは、これまで 30 年以上にわたるフォトカプラの製造実績を持

ち、フォトランジスタから 50 MBd という業界最速のフォトカプラまで、幅広い製品を取り揃えています。アジレントは、ピーク動作電圧 1414 V にも対応できる製品を持つ、リ・ディング・サプライヤの 1 つです。アジレントのフォトカプラ製品は、UL1577 (Underwriters Laboratories)、CSA (Canadian Standard Association)、および IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 (International Electrotechnical Commission, European Union, German National Standard) など、部品レベルの安全規格における認証を受けています。UL および CSA の定格は、1 分間の瞬時誘電体耐圧に基づいており、IEC/EN/DIN EN の定格は、連続動作電圧と、過渡過電圧に基づいています。

図 3 は、アジレントのフォトカプラが、「**フェールセーフ**」レベルの高電圧アイソレーション能力を備えていることを示すデータシートの一例です。

IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Insulation Related Characteristics (Option 060)

Description	Symbol	HCPL-772X Option 060	HCPL-072X Option 060	Units
Installation classification per DIN VDE 0110/1.89, Table 1 for rated mains voltage ≤ 150 V rms for rated mains voltage ≤ 300 V rms for rated mains voltage ≤ 450 V rms		-	-	
Climate Classification		55/85/21	55/85/21	
Pollution Degree (DIN VDE 0110/1.89)		2	2	
Maximum Working Insulation Voltage	V _{ORM}	630	560	V peak
Input to Output Test Voltage, Method b† V _{ORM} × 1.875 = V _{PR} , 100% Production Test with t ₀ = 1 sec, Partial Discharge < 5 pC	V _{PR}	1181	1050	V peak
Input to Output Test Voltage, Method a† V _{ORM} × 1.5 = V _{PR} , Type and Sample Test, t ₀ = 60 sec, Partial Discharge < 5 pC	V _{PR}	945	840	V peak
Highest Allowable Overvoltage† (Transient Overvoltage, t ₀ = 10 sec)	V _{ORM}	6000	4 000	V peak
Safety Limiting Values (Maximum values allowed in the event of a failure, also see Thermal Derating curve, Figure 11)				
Case Temperature	T _S	175	150	
Input Current	I _{SINPUT}	230	150	mA
Output Power	P _{SOUTPUT}	600	600	mW
Insulation Resistance at T _S , V ₀ = 500 V	R ₀	≥ 10 ⁹	≥ 10 ⁹	

† Refer to the front of the optocoupler section of the *Isolation and Control Component Designer's Catalog*, under Product Safety Regulations section IEC/EN/DIN EN 60747-5-2, for a detailed description.
Note: These optocouplers are suitable for "safe electrical isolation" only within the safety limit data. Maintenance of the safety data shall be ensured by means of protective circuits.
Note: The surface mount classification is Class A in accordance with CECC 00802.

suitable for "safe electrical isolation"

図 3.アジレント製フォトカプラ HCPL-0720 データシートからの抜粋

⁸ IEC/EN/DIN EN 60747-5-2: (Web サイト <http://www.cenelec.org/>)

⁹ **フェールセーフ**: 障害が発生したり、システムで障害が検出された場合に、システムの処理や構成部品を自動的に安全な状態にするシステムの終了モード。(http://homepage.mac.com/antallan/gistf.html)

(B) 高圧絶縁の信頼性

フォトカプラは、高電圧が存在する環境でよく使用されます。高電圧環境でのアプリケーションに関する指針として、多くの安全標準規格が業界向けに策定されていますが、絶縁装置に関しては、電気的および熱的ストレスに起因する故障メカニズムと、経年変化に関する理解が十分でなかった場合、機器の信頼性を欠くことがあります。

高電圧回路と他方の回路を分離するアイソレーション・デバイスが、どれくらいの時間良好な絶縁を維持できるかを調べるための評価テストを実施しました。テストでは、デバイスの信頼性を評価するため、高電圧での性能と、絶縁維持性を調べました。実施された高電圧寿命テストは、破壊試験と位置づけ、他社（A社）製の磁気アイソレータ・デバイスには常時 2.5 KV_{ac} の高電圧を印加し、アジレントのフォトカプラには、データシートの仕様に基づいて 3.75 KV_{ac} の電圧を印加しました。機器の寿命は、アイソレーション・バリアが破壊されるまで、または被テストサンプルが破壊されるまで、1 時間毎に測定しました。

他社（A社）製の磁気アイソレータ部品は、テスト用に無作為で数個選択しましたが、下の表に示すテスト結果のとおり、被テストサンプルは 8.5 ~ 10.5 時間で故障しました。一方、アジレントのフォトカプラは、3.75 KV_{ac} の高電圧でも 168 時間以上の耐性を示しました。他社（A社）製磁気アイソレータとアジレントのフォトカプラのテスト結果を表 1 に示します。

(C) 静電気放電

高速論理回路で部品が故障する主な原因の 1 つは、**静電気放電（ESD）**です。ESD は、デバイスまたはボードの取り扱い方法が適切でなかったとき、あるいは、インターフェースの設計上の欠陥や、デバイスのインターフェース部分で高電圧スパイクを発生させるような雷など、さまざまな状況で発生します。デバイスが ESD によって損傷を受けると、影響を受けたデバイスが機能不全に陥ったり、特性が劣化したりして、故障率が高くなります。修理するには、損傷した部品を交換するしかありません。

フォトカプラは、特に 2 つのシステムが電気的條件の厳しい環境で結ばれているときなど、ESD に対する優れた保護能力を持ちます。フォトカプラによってグラウンドを分離できるので、電気的にノイズの多い環境で浮いた状態になっている場合でも、各システムは互いに電気的に中立の状態を維持することが可能です。こうした用途の例として、モータ制御、スイッチング電源、産業用ネットワーク、医療機器などがあります。

光アイソレーション技術と磁気アイソレーション技術の性能を比較評価するため、ESD テストを実施しました。テストでは、双方の技術のアイソレータに ESD パルスを印加し、その影響を評価しました。IEC-6100-4-2 規格のテスト要件に従い、無作為に選択した他社（A社）製磁気アイソレータのサンプル 5 個の入力側と出力側の端子を、図 4 ステップ 1 のように各々一緒に短絡し、入力側に ESD パルスを加えました。その後、入力側と出力側の間の電気抵抗を測定し（図 4、ステップ 2）た結果を、表 2 に示します。

表 1、高電圧寿命テスト結果

	高電圧	
	2.5KV _{ac}	3.75KV _{ac}
	磁気アイソレータ	フォトカプラ
他社（A社）製 3チャンネル・デバイス	8.5 時間で故障	
他社（A社）製 4チャンネル・デバイス	10.5 時間で故障	
アジレント製デジタル高速 CMOS 部品（25 MBd）		168 時間経過後も故障なし
アジレント製デジタル高速 CMOS 部品（50 MBd）		168 時間経過後も故障なし

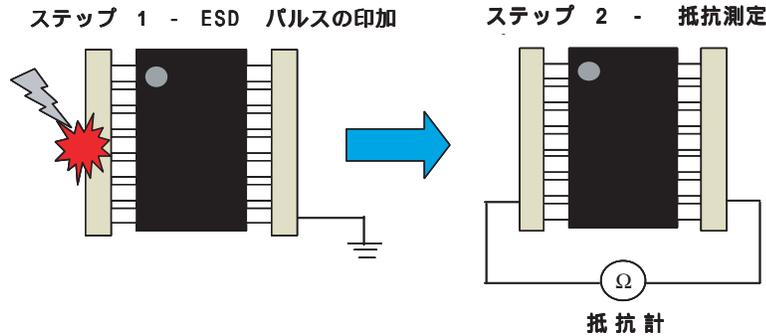


図 4、ESD テスト

● テスト結果

他社 (A 社) 製磁気アイソレータ 5 個の入力側に ESD パルスを印加してテストを実施しました。ESD 電圧レベルを 5.5 KV から 0.5 KV ずつ機器が故障または絶縁破壊するまで徐々に上げました。デバイスの故障は、入出力間の抵抗を測定したときに、電気抵抗が極端に低い値を示すことで判断できます。つまり、被テスト・デバイスが短絡したことを表します。次に、アジレント製のフォトカプラ 3 個も同じ手法を用いてテストしましたが、結果は、11 KV レベルの ESD 電圧でも、絶縁破壊は発生しませんでした。ただし、約 11.5 KV の ESD 電圧レベルでは、フォトカプラの外部でアーク放電が生じたため、それ以上のテストは行いませんでした。

表 2 より、他社 (A 社) 製磁気アイソレータ 5 個のうち 3 個は、約 10 KV で絶縁破壊が発生し、残りの 2 個はそれぞれ 6.5 KV と 8.0 KV の ESD 電圧レベルで故障したことが分かります。このことから、他社 (A 社) 製磁気アイソレータは、アジレントのフォトカプラよりも ESD の影響を受けやすいと言えます。またテスト結果より、フォトカプラの絶縁能力が、ESD の影響を受け難いことも明らかになりました。

故障原因を調査するため、故障したデバイスを開封しました。その結果、図 5 のように、トランス IC とドライバ IC に焼損の痕跡が見られました。これは、磁気絶縁デバイスに対する ESD の影響として、パンチスルー現象が被テスト・デバイスに損傷を与えたことを示しています。

表 2.

他社 (A 社) - 磁気アイソレータ

S/N	ESD 電圧レベル KV	入出力間抵抗 k	備考
1.	6.5	4.7	短絡
2.	10.0	9.3	
3.	10.0	191.2	
4.	8.0	11.1	
5.	10.5	13.9	

アジレント HCPL-314J フォトカプラ

S/N	ESD 電圧レベル KV	入出力間抵抗 k	備考
1.	11.5	-	外部アーク放電が発生
2.	11.5	-	
3.	11.5	-	

ドライバ IC - 焼き付き



トランス IC - 焼損



図 5、他社 (A 社) 製磁気アイソレータの焼損跡

(D) 電磁妨害 (EMI)

電磁妨害 (EMI) は、正常な電子放射を障害、劣化、または妨害することにより、電子電気機器の正常な動作を妨げる電磁気的な障害と定義できます。EMI は、ある種の電子戦争のように故意に引き起こされる場合と、スプリアス放射や応答、混変調、環境妨害 (雷など)、および地球外要因 (太陽黒点など) のように、意図せずして生じる場合があります。高周波妨害 (RFI) は、EMI の一種で、高周波放射 (通常は狭帯域) により装置の動作に問題を発生させます。高周波妨害は、携帯電話や電力線、変圧器、医療用機器、電気機械式スイッチなど、産業界にさまざまな発生源が存在します。

EMI には、**放射性 EMI** と **伝導性 EMI** の 2 つの形態があります。放射性 EMI は、発生源から空气中を伝播して受信側に影響を与える妨害であるのに対し、伝導性 EMI は導体経路に沿って伝わります。両者とも正常な信号に影響を与え、装置やデバイスの正常な動作を障害する可能性があります。一般にこのような障害は、**電磁妨害** または **EMI 障害** として分類されます。

EMI 問題への取り組みは大きな課題です。電磁妨害が疑われる場合、問題を解決するための最初のステップは、影響を受けているデバイスに妨害エネルギーが伝送されているメカニズムが、放射、伝導、または誘導のどれなのかを解明することです。原因を除去 (物理的な分離) したり、無線通信回路を遮蔽するなどして、誘導されるエネルギーの量を制限すれば、改善を図ることができます。これにはコストもかかります。潜在的な EMI 問題を回避するには、EMI に敏感でないか、あるいは影響を受けない部品を選択するか、EMI 結合の影響を最低限に抑えるようにレイアウトを最適化し、適切な遮蔽を施すことです。

市場に出回るさまざまなアイソレータやカブラを見ると、その多くが CMOS またはバイポーラ IC で構成されているのが分かります。今日利用できる技術間の違いの決め手となる結合方式は、光学的に結合されたアイソレータ (フォトカブラ)、磁気的に結合されたアイソレータ (磁気カブラ)、および容量結合アイソレータ (容量結合カブラ) です。これらは、強い電磁場に遭遇すると、それぞれ異なる振舞いをします。LED とフォトダイオードの組み合わせからなるフォトカブラは、光学的結合のため、電磁妨害には強いことが知られていますが、磁気アイソレータは、その微細構造と磁気結合のため、EMI 耐性に関しては制限があります。磁気結合カブラの障害は、電界強度が異なるさまざまな周波数においてのみならず、DC レベルの

電磁場 (0 Hz) においても発生する可能性があります。

設計者が特に考慮すべきことは、設計する回路または装置における潜在的な EMI の問題を避けることです。特に、産業機器環境やモータ制御機器の近隣で使用する装置の場合は注意が必要です。**フォトカブラ**は、優れた EMI 耐性を持ち、現在市場で入手可能な他のすべてのアイソレータに比べて一段と強い電磁場にも耐えることができることから、最善の選択肢と言えます。

要旨と結論

優れた産業用システムを設計するにあたり、装置および構成部品の安全性は重要な要素であり、高電圧（DC 48 V、AC 110 V 超）が関係する場合には、特に重要な要素の 1 つとなります。これらのシステムは、通常、モータのスタータ、サーボ駆動装置、プログラマブル・ロジック・コントローラ、電力変換装置などの周辺に配置されるため、システムの設計には人体にとっての安全な環境の確保を最大限考慮することが大切です。さらに、システムの重要な働きとして、冒頭で述べたような、復旧に多額のコストがかかる構成部品の損傷による機械の故障に対し、**フェールセーフ**であることが期待されています。

アジレントのフォトカブラは、これまで 30 年以上にわたり産業界に定着し、多くの産業用機器の中で使用されており、そうした用途の要求を満たす信頼性の高いフェールセーフ部品と認められています。本レポートでは、安全で堅牢な産業用システムを構築する際の、以下の 4 つの点について議論しました。

- 絶縁用部品を対象としたさまざまな安全規格において、アジレントのフォトカブラがフェールセーフ動作を実現する「強化絶縁」とされていること。
- システムが高電圧サージに曝されたとき、構成部品の故障頻度を最小限に抑える高電圧絶縁の信頼性。アジレントのフォトカブラは、3.75 KV_{ac} の高電圧にも故障することなく、最低でも 168 時間耐えることができます。
- システムの性能劣化や誤動作の原因となる静電気放電（ESD）。11 KV の ESD 電圧レベルでも、アジレントのフォトカブラは絶縁破壊故障を何ら示しませんでした。
- 電磁妨害（EMI）もまた、産業用システムの故障原因となります。アジレントのフォトカブラは、優れた耐電磁性能を示すことが実証されており、EMI の影響をほとんど受けません。

回路設計者が絶縁用部品を選択する際、そのサイズ、低電力、およびコストを最初に考えることがあります。高電圧に対する絶縁と、不要な信号を分離することが絶縁の基本的な要件であることを念頭に置く必要があります。この点において、前述の 4 つのポイントは、安全で信頼性の高い産業用システムを設計する際、絶縁用部品の重要な選択基準となります。

参照資料

[1] Agilent Regulatory Guide for Isolation Circuits

Publication number: 5989-0342EN

Web link: <http://www.agilent.com/view/optocouplers>

Page 61 to 69

[2] Agilent High Speed CMOS digital optocoupler datasheet

Publication number: 5989-0790EN

Web link: <http://www.agilent.com/view/optocouplers>

Page 6, IEC/EN/DIN EN 60747-5-2 Insulation Related Characteristic (Option 060)

[3] ESD Considerations in High Speed Circuits

Integrated Device Technology, Inc.

Application Notes AN-123

Web link: http://www1.idt.com/pcms/tempDocs/AN_123.pdf

[4] Isolation and Safety Standards for Electronic Instruments

National Instrument Developer Zone

Web link: <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/6D1C1BE6590C0D4A86256C1A0078763C?opendocument>

[5] IEC/UL 60950-1 Application Guideline 3.1.9-1

CENELEC released a standard, EN50116 that defines the routine electrical safety tests and their procedures to be applied during or after the manufacturing process of IT equipment certified or declared as complying with EN60950.

Web link: <http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/6D1C1BE6590C0D4A86256C1A0078763C?opendocument>

www.agilent.com/ semiconductors

For product information and a complete list of distributors, please go to our web site.

For technical assistance call:

Americas/Canada: +1 (800) 235-0312
or (408) 654-8675

Europe: +49 (0) 6441 92460

China: 10800 650 0017

Hong Kong: (+65) 6756 2394

India, Australia, New Zealand: (+65) 6755 1939

Japan: (+81 3) 3335-8152(Domestic/International), or 0120-61-1280(Domestic Only)

Korea: (+65) 6755 1989

Singapore, Malaysia, Vietnam, Thailand, Philippines, Indonesia: (+65) 6755 2044

Taiwan: (+65) 6755 1843

Data subject to change.

Copyright © 2004 Agilent Technologies, Inc.

August 24, 2005

5989-1774JA



SUNSTAR 商斯达实业集团是集研发、生产、工程、销售、代理经销、技术咨询、信息服务等为一体的高科技企业，是专业高科技电子产品生产厂家，是具有 10 多年历史的专业电子元器件供应商，是中国最早和最大的仓储式连锁规模经营大型综合电子零部件代理分销商之一，是一家专业代理和分销世界各大品牌 IC 芯片和电子元器件的连锁经营综合性国际公司，专业经营进口、国产名厂名牌电子元件，型号、种类齐全。在香港、北京、深圳、上海、西安、成都等全国主要电子市场设有直属分公司和产品展示展销窗口门市部专卖店及代理分销商，已在全国范围内建成强大统一的供货和代理分销网络。我们专业代理经销、开发生产电子元器件、集成电路、传感器、微波光电元器件、工控机/DOC/DOM 电子盘、专用电路、单片机开发、MCU/DSP/ARM/FPGA 软件硬件、二极管、三极管、模块等，是您可靠的一站式现货配套供应商、方案提供商、部件功能模块开发配套商。商斯达实业公司拥有庞大的资料库，有数位毕业于著名高校——有中国电子工业摇篮之称的西安电子科技大学（西军电）并长期从事国防尖端科技研究的高级工程师为您精挑细选、量身订做各种高科技电子元器件，并解决各种技术问题。

微波光电部专业代理经销高频、微波、光纤、光电元器件、组件、部件、模块、整机；电磁兼容元器件、材料、设备；微波 CAD、EDA 软件、开发测试仿真工具；微波、光纤仪器仪表。欢迎国外高科技微波、光纤厂商将优秀产品介绍到中国、共同开拓市场。长期大量现货专业批发高频、微波、卫星、光纤、电视、CATV 器件：晶振、VCO、连接器、PIN 开关、变容二极管、开关二极管、低噪晶体管、功率电阻及电容、放大器、功率管、MMIC、混频器、耦合器、功分器、振荡器、合成器、衰减器、滤波器、隔离器、环行器、移相器、调制解调器；光电子器件和组件：红外发射管、红外接收管、光电开关、光敏管、发光二极管和发光二极管组件、半导体激光二极管和激光器组件、光电探测器和光接收组件、光发射接收模块、光纤激光器和光放大器、光调制器、光开关、DWDM 用光发射和接收器件、用户接入系统光收发器件与模块、光纤连接器、光纤跳线/尾纤、光衰减器、光纤适配器、光隔离器、光耦合器、光环行器、光复用器/转换器；无线收发芯片和模组、蓝牙芯片和模组。

更多产品请看本公司产品专用销售网站：

商斯达微波光电产品网：[HTTP://www.rfoe.net/](http://www.rfoe.net/)

商斯达中国传感器科技信息网：<http://www.sensor-ic.com/>

商斯达工控安防网：<http://www.pc-ps.net/>

商斯达电子元器件网：<http://www.sunstare.com/>

商斯达消费电子产品网：<http://www.icasic.com/>

商斯达实业科技产品网：<http://www.sunstars.cn/> 射频微波光电元器件销售热线：

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室

电话：0755-83396822 83397033 83398585 82884100

传真：0755-83376182 (0) 13823648918 MSN: SUNS8888@hotmail.com

邮编：518033 E-mail:szss20@163.com QQ: 195847376

深圳赛格展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 电话：0755-83665529 25059422

技术支持：0755-83394033 13501568376

欢迎索取免费详细资料、设计指南和光盘；产品凡多，未能尽录，欢迎来电查询。

北京分公司：北京海淀区知春路 132 号中发电子大厦 3097 号

TEL: 010-81159046 82615020 13501189838 FAX: 010-62543996

上海分公司：上海市北京东路 668 号上海赛格电子市场 D125 号

TEL: 021-28311762 56703037 13701955389 FAX: 021-56703037

西安分公司：西安高新开发区 20 所(中国电子科技集团导航技术研究所)

西安劳动南路 88 号电子商城二楼 D23 号

TEL: 029-81022619 13072977981 FAX:029-88789382