

ホワイトペーパー

産業機器用の絶縁素子の選択

Kazunari Sato, Senior Staff Engineer, Industrial Analog & Power Business Div., Renesas Electronics Corp.

Michinari Asai, Principal Engineer, Industrial Analog & Power Business Div., Renesas Electronics Corp.

2019年6月

概要

環境対応への取り組みが進む中、産業機器、創エネ/蓄エネ機器におけるインバータは、モータ制御の省電力化や電力変換の低損失化が図れることから、市場成長が続いています。このインバータ回路は、高電圧回路と低電圧の制御回路で構成されているため、この間のアイソレーションが必要となります。本稿では、絶縁素子選定の課題と対応策を、ルネサスの最新のフォトカプラ RV1S9x60A を例に説明します。

はじめに

AC サーボ、インバータ、ロボットコントローラ等の産業機器や太陽光、風力インバータ、蓄電機器等の創エネ/蓄エネ機器では近年、低消費電力化、制御データ量の増加に伴う通信の高速化が求められる一方で、IGBT, SiC MOSFET 等パワーデバイス的高速化に伴いノイズ環境が厳しくなっています。また、安全性と小型化を両立する必要があり、絶縁素子の選択は難しくなっています。本稿では特にマイコン(MCU)間通信や I/O に使用されるルネサス RV1S9x60A を紹介します。



絶縁素子の選択時の課題

高電圧を使用する産業機器、創エネ/蓄エネ機器には省電力化や電力変換の低損失化のため、図1の様なインバータ回路が使用されています。

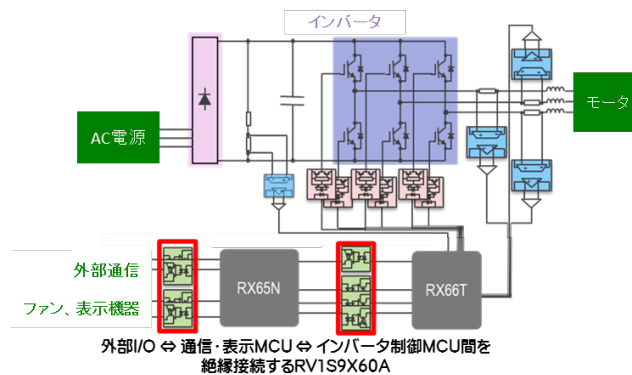


図1. 汎用インバータのインバータ回路

インバータ回路にはさまざまなフォトカプラが使用されています。IGBT ドライバと IPM ドライバは、MCU から IGBT などのパワーデバイスへのインバータ制御信号（PWM）の伝送に使用されます。バスライン電圧モニタとモータ電流検出には、アイソレーションアンプとデルタシグマ変調器が使用されます。また、モータ駆動などパワー部を制御するインバータ制御用 MCU と通信、表示制御用 MCU の高圧部と低圧部の 2 つの MCU を使用する例も多く、この MCU 間の絶縁や I/O 部に通信用カプラが使用されます。

以下に絶縁素子選択の課題を記載します。

環境配慮 ～ 低消費電力、高速、高耐ノイズ

地球温暖化対策が急務の中、世界の電力消費の約 50% がモータ機器と言われており、この電力削減が叫ばれています。また、太陽光、風力インバータや蓄電機器等の創エネ/蓄エネ機器での変換効率向上は脱炭素社会に向け必須です。このため、低消費電力タイプの選定が必要です。また、セット機能向上に伴う制御データ量の増加に対し、絶縁部の通信の高速化も必要です。一方で、IGBT、SiC MOSFET 等パワーデバイスの高速化に伴いノイズ環境も厳しくなっています。

こうした理由から、低消費電力、高速、高耐ノイズのバランスの取れた絶縁素子の選定が必要になります。

高電圧システム

システムの高電圧化は、環境配慮の一環として実施されます。高電圧化による電流損失の低減と電流が減少することによる配線材料(銅(Cu))の使用量低減につながります。実際、汎用インバータの 690V タイプや太陽光パワコンの 1000V タイプのラインナップが拡充されています。こうした高電圧機器に対しては長浴面/空間距離を持ったパッケージが必要です。

厳格化する安全規格

モータ駆動機器の規格である UL508C→UL61800-5-1 へ変更され、AC200V 系機器の強化絶縁の長浴面化が必要に、また、PLC (Programable Logic Controller)等の制御装置の規格である UL508→UL61010-2-201 への変更についても、AC200V 系の強化絶縁対応で長浴面化が必要となっており、使用する絶縁素子について変更が必要になって来ています。

さらに、昨今、機能安全 IEC61508 の要求もあり、多チャンネルの通信において、1 つのチャンネルの破壊や故障が他のチャンネルに影響するかどうかの検証が必要になっています。この対応にはチャンネルごとの独立性確保ができる素子の選定が必要です

小型化と高温動作

工場のフロア効率の向上やロボットの軸数増加に伴い、モータ駆動装置の小型化やコントローラの小型化が要求されています。また、太陽光インバータや蓄電機器についても設置場所の自由度向上のため、そのサイズの削減が必須です。一方で小型化に伴う内部温度の上昇が懸念されます。このため、小型、高温動作の素子の選定が必要です。



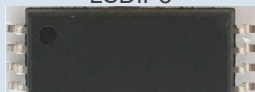
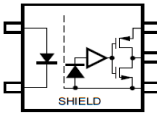
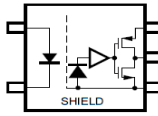
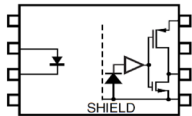
開発期間の短縮

前述のセットの小型化に伴う内部温度の上昇や新しいパワー素子(高速 IGBT, SiC)採用によるノイズ環境の悪化への対策が必要になり、開発期間の長期化やコストの増加が懸念されます。

ルネサス高速カプラ - RV1S9x60A

ルネサスの RV1S9x60A は、高いノイズ耐量を維持し低入力電流で動作し 15Mbps の伝送速度を持つ通信フォトカプラです。前述の諸問題を抱えたお客様のニーズを満たすために、パッケージも各種用意しています。表 1 に RV1S9x60A のパッケージと電気的特性を示します。

表 1. RV1S9x60A のパッケージ・電気的特性概要

型名	RV1S9060A	RV1S9160A	RV1S9960A
パッケージ (沿面距離)	 LSO5 (8.0mm)	 SO5 (4.2mm)	 LSDIP8 (14.5mm)
ピン配置			
電源電圧 (VDD)	2.7 V ~ 5.5 V	2.7 V ~ 5.5 V	2.7 V ~ 5.5 V
絶縁耐圧 (BV)	5000 Vrms	3750 Vrms	7500 Vrms
温度 (最大) (Ta)	125 °C	125 °C	110 °C
スレッシュホールド入力電流 (最大) (IFHL)	2.2 mA	2.0mA	3.8 mA
供給電流 (最大) (IDDL / H)	2.0 mA	2.0mA	2.0 mA
伝達遅延時間 (最大) (tpHL / LH)	60 ns	60 ns	60 ns
パルス幅歪み (最大) (PWD)	20 ns	20 ns	20 ns
伝達遅延スキュー (最大) (tpsk)	25 ns	25 ns	25 ns
瞬時同相除去電圧 (最小) (CMR)	50 kV/us	50 kV/us	50 kV/us

環境配慮 ~ 低消費電力、高速、高耐ノイズ

図 2 に RV1S9x60A の内部ブロックを示します。フォトカプラの入力側には発光素子として AlGaAs LED を使用し、出力側には CMOS IC とフォトダイオードを集積した受光 IC を実装しています。

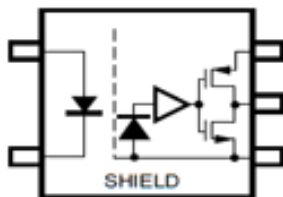


図 2. RV1S9x60 の内部ブロック

RV1S9x60A ではこの受光 IC に関し、微細化ウエハプロセスの採用、回路定数の最適化を行い、消費電力を当社従来品 PS9151 比較し、60%削減を実現。15Mbps という高速通信で、スレッシュホールド入力電流 IFHL は業界最小クラ

スの 2.0 mA (RV1S9160A) 、受光 IC 回路電流 2.0mA_{max} を実現しています。また、RV1S9x60A の CMR(Common mode rejection)は、50kV/us min と当社従来品比 3.3 倍の業界最高クラスを実現しています(図 3)。

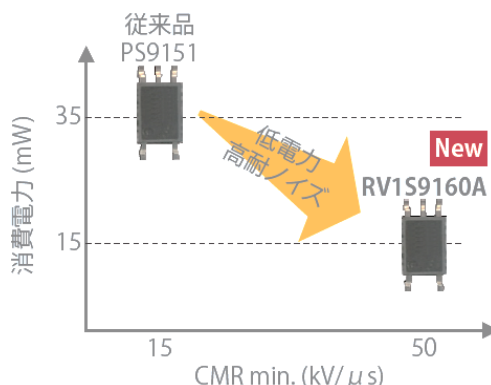


図3. RV1S9160A と従来品の15Mbps製品との比較

フォトカプラ内部のフォトダイオードのファラデーシールド、レイアウト工夫および回路最適化、さらに、図4に示すような分割した抵抗(Ra, Rk)でのLED入力により、コモンモードノイズのカプラ内部の寄生容量の影響を抑制することができ、高いCMRを達成しています。

RV1S9x60Aは低消費電力、高速、高耐ノイズをバランスよく実現しています。

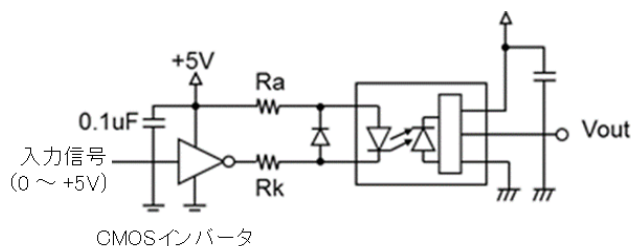


図4. CMRを改善するための分割抵抗入力

高電圧システム

RV1S9x60Aの断面構造を図5に示します。2重モールド構造を採用し、発光素子と受光素子を対向させて100-400um絶縁距離を確保しております。この構造は、デジタルアイソレータの様な10um程度絶縁距離のオンチップ構造とは異なり、入出力間の距離が大きくとれています。また、寿命が尽きた際のモードを考えた場合もフォトカプラはLEDの輝度低下によるもので、絶縁部はオープンモードであるのに対し、デジタルアイソレータは酸化膜破壊、ポリイミド膜破壊に伴う、絶縁部のショートモードであり、感電事故が懸念されます。フォトカプラは、40年以上にわたり絶縁素子として多くの電子機器で使用されており、システムの安全性の向上に貢献しています。

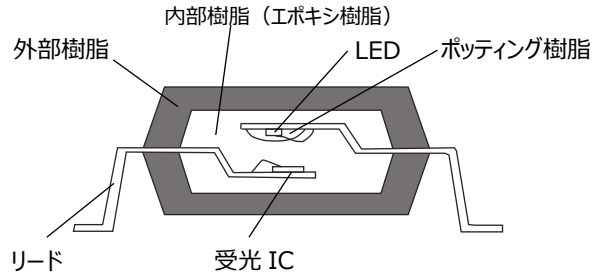


図5. RV1S9x60 の断面構造図

特に、機器の高電圧化に向けた対応として 690V 系産業用インバータや、1000V パワーコンディショナ向けには絶縁距離 0.4mm、沿面距離/空間距離 14.5mm を確保した LSDIP の RV1S9960A がシステムの安全性を確保します。

厳格化する安全規格

モータ駆動機器の規格である UL508C→UL61800-5-1 へ変更により、AC200V 系機器の強化絶縁については、長沿面/空間距離 5.5mm が必要となります。LSO5 の RV1S9060 は沿面/空間距離 8mm を確保しており、この要求に対応します。

PLC (Programmable Logic Controller)等の制御装置の規格である UL508→UL61010-2-201 への変更についても、AC300V 未満の電源へ接続された機器での強化絶縁対応には、絶縁素子で一般的な CTI(Comparative Tracking Index)=175 製品では、6mm 沿面が必要となります。

一方、SO5 の RV1S9160A は CTI=400 のため、沿面距離が 4.2mm に短縮ができ、この部分の小型化が可能です。

小型化、高温動作

RV1S9x60A は、図 6 に示します通り、3 種類のパッケージを準備しており、各アプリケーションの小型化に貢献します。

SO-5 の RV1S9160A は、沿面距離 4.2mm で PLC, I/O や RS485/232 に最適です。特に上述の通り CTI=400 ですので、PLC での従来(UL508)の 100V 系のフットパターンそのまま、AC200V 系への対応が可能です。

LSO5 の RV1S9060A は、沿面距離 8mm で 200V 系および 400V 系 AC サーボやインバータのマイコン間通信や 750VDC 蓄電池に使用できます。8mm 沿面品で一般的な SDIP に対し、パッケージ高さ 30%削減、搭載エリア 25%削減を実現しセットの小型化に貢献します。

LSDIP の RV1S9960A は、14.5mm の沿面距離で 690V 系産業用インバータや、1000V パワーコンディショナに適しています。

RV1S9060A、RV1S9160A では、動作温度は業界最高レベルの 125°C対応、RV1S9960A についても長沿面 (14.5mm)カプラとして最高レベルの動作温度 110°Cに対応し、RV1S9x60A 自体も低消費電力ですので、より高密度実装が可能になります。

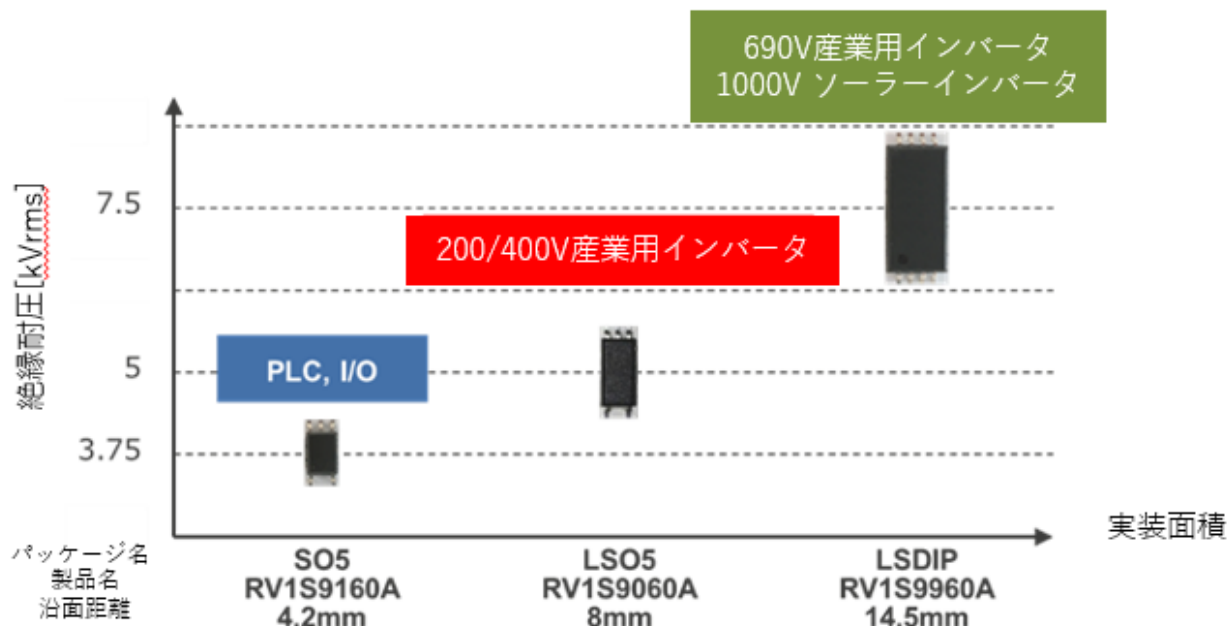


図6. パッケージのバリエーションと絶縁耐圧

開発期間の短縮

これまで述べてきました RV1S9x60A の高温動作、高耐ノイズはハードウェア開発時のレイアウトの自由度向上、開発中の温度やノイズ不具合の抑制およびこれら対策時間の削減に貢献します。

結論

絶縁素子の選択時のさまざまな課題は、低消費電力、高速、高耐ノイズ、およびパッケージのバリエーションを持つルネサスフォトカプラ RV1S9x60 を使用することによって解決されます。

追加のリソース

ルネサスエレクトロニクスフォトカプラ Web サイト : <https://www.renesas.com/products/optoelectronics.html>

ルネサスエレクトロニクスフォトカプラカタログ : <https://www.renesas.com/doc/products/others/r08cp0001jj0150-photocoupler.pdf>

©2019 ルネサスエレクトロニクスアメリカ Inc. (REA) 無断複写・転載を禁じます。Bluetooth は米国 Bluetooth SIG, Inc. の登録商標です。ルネサスはこの商標の使用を許諾されています。その他のすべての商標および商品名はそれぞれの所有者のもので、REA は、ここに記載された情報は提供された時点で正確であると確信していますが、その品質や用途に関していかなるリスクも負っていません。すべての情報は、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行から生じるにかかわらず、いかなる種類の保証もなしにそのまま提供されます (商品性、特定目的への適合性、または非侵害に関する制限なし)。REA は、そのような損害の可能性について助言されたとしても、ここでの情報の使用またはそれに依存することから生じるいかなる直接的、間接的、特殊的、間接的、付随的、またはその他のいかなる損害についても責任を負いません。REA は、予告なしに、製品を中止したり、その製品の設計や仕様、あるいはその他の情報を変更する権利を留保します。すべてのコンテンツは、米国および国際的な著作権法によって保護されています。ここに特に許可されている場合を除き、ルネサスエレクトロニクスアメリカの書面による事前の許可なしに、閲覧者またはユーザーは、いかなる公的または商業目的のために、この資料の修正、配布、公開、送信、派生作品の作成をすることは許可されていません。