

高ノイズ環境下における高精度な産業機器に向けた Intelligent Power Module (IPM)駆動用絶縁素子ソリューション

Yasufumi Kakihana, Senior Staff Engineer, IoT & Infrastructure Business Unit, Renesas Electronics Corp.

Michinari Asai, Senior Manager, IoT & Infrastructure Business Unit, Renesas Electronics Corp.

2022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。そして、近年ではSDGsとの関連でますますこの要求が高まり、更に装置の高精度化や小型化が求められています。本稿ではこれらの市場要求を解決するルネサスの最新のIPM駆動用カプラRV1S9x61A、RV1S9x62Aを取り上げます。本製品はインバータのデッドタイムの削減を可能とし、スイッチングロスを低減する高速のパワーデバイスを駆動するのに最適な特性を有した絶縁素子です。

はじめに

インバータは、ロボットコントローラ、工作機械、半導体製造装置、電子部品実装装置などのACサーボや汎用インバータ、そして、太陽光、風力インバータ、蓄電機器等の創エネ/蓄エネ機器等の多くの産業機器に使用されており、その中でIPM (Intelligent Power Module) はインバータを構成しているパワーデバイスとその駆動回路、保護機能を一つのパッケージにした高機能モジュールです。近年、これらの多くの産業機器では高精度化、低消費電力化、そして小型化が求められおり、IPMとして高速のIGBTやSiC MOSFETなどの高速パワーデバイスを使用した製品が開発されています。



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、IGBTやSiC等のパワーデバイスを使用したインバータ回路が使用され、IPMはこれらのパワーデバイス等を高集積化した高性能モジュールです(図1)。そして、IPMドライバはMCUから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。

このとき、高電圧部の主回路と低電圧の制御回路は電気的に絶縁されている必要があるため、このIPMドライバには絶縁素子が使用されます。

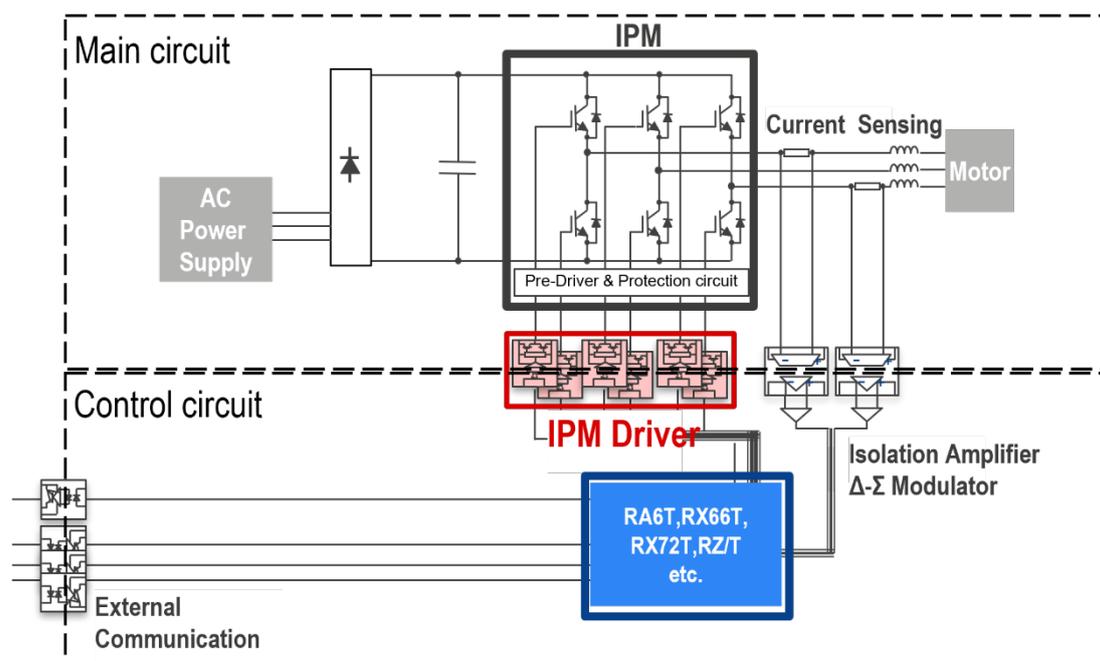


図 1. 汎用インバータのインバータ回路

以下に絶縁素子選択の課題を記載します。

高精度化

インバータは、直流電源に上アームと下アームのパワーデバイスが直列に接続された構成で、上下2つのパワーデバイスのON/OFFをDuty比を変えながら高速に切り替えることで直流から交流への電力変換を行っています。しかし、パワーデバイス、および、その駆動回路には動作遅れが存在し、上アームと下アームを同時にON/OFFを切り替えようとするとターンオンよりもターンオフが遅れた場合、つまり、上アームと下アームが同時にONしてしまった場合には、上アームと下アームの両方のデバイスが直流短絡を起こし回路を破壊する恐れがあります。これを防ぐため、上アームと下アームのON/OFFの切り替わりのタイミングで両方のデバイスが同時にOFFする期間としてデッドタイムが挿入されますが、このために出力電圧にひずみが生じ、特に低速での高精度なコントロールが難しくなります。したがって、デッドタイムを小さくするために、動作遅れが少ないパワーデバイスと同時に、そのパワーデバイスを駆動する高速かつ応答性のばらつきの少ない絶縁素子が必要となります。

低消費電力化

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。この消費電力削減のためにはインバータ内のパワーデバイスのスイッチングロスを削減することが重要ですが、そのためにはパワーデバイスのON/OFFを高速に切り替える必要があるためパワーデバイス出力コレクタ-エミッタ間の dV/dt が大きくなります。この dV/dt が大きくなると上アームサイドのパワーデバイスを駆動する回路のグランド電位が急激に変動するため、特に高速のIGBTやSiC MOSFETを使用する場合は高耐ノイズ（高CMTI (Common mode transient immunity)）の絶縁素子が必要になります。

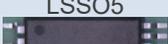
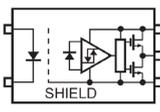
小型化

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。また、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。

ルネサス IPM 駆動用カプラ - RV1S9x61A、RV1S9x62A

ルネサス RV1S9x61A、RV1S9x62A は、前述の諸問題を抱えたお客様のニーズを満たすための低 PDD（2 部品間の伝達遅延誤差）、高ノイズ耐量を有した IPM 駆動用カプラです。RV1S9x61A、RV1S9x62A はそれぞれアクティブハイ、アクティブロウ出力タイプで、Vcc 15V 系の IPM 入力や Vcc 24V 系の I/O に対応しています。小型化や安全規格に対応するためパッケージも各種用意しています。表 1 にパッケージ種類と主な電気的特性を示します。

表 1. RV1S9x61A、RV1S9x62A のパッケージ・電気的特性概要

型名	RV1S9161A / RV1S9162A	RV1S9261A / RV1S9262A	RV1S9061A / RV1S9062A
パッケージ (沿面距離)	SO5  (4.2 mm)	LSSO5  (8.2 mm)	LSO5  (8 mm)
ピン配置			
出力タイプ	Active High / Active Low		
絶縁耐圧 BV	3750 Vrms	5000 Vrms	5000 Vrms
CTI	400		
温度(最大) Ta	125 °C		
電源電圧 Vcc	4.5 V ~ 30 V		
スレッシュホールド入力電流(最大) (IFLH / IFHL)	3 mA / 3 mA	4 mA / 4 mA	4.5 mA / 4.1 mA
供給電流(最大) IccL, IccH	3 mA		
伝達遅延時間(最大) tpHL, tpLH	60 ns		
パルス幅歪み(最大) PWD	20 ns		
2 部品間の伝達遅延誤差(最大) PDD	25 ns		
コモンモード過渡耐性(最小) CMTI	100 kV/us		

高精度化、低消費電力化対応

図 2 に RV1S9x61A、RV1S9x62A 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、出力側にはフォトダイオードと信号処理回路を同一チップ上に構成した受光 IC を用いたトータム・ポール出力の IPM 駆動用カプラです。

RV1S9x61A、RV1S9x62A 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、および、入力段のスピードアップコンデンサ (図 3) 使用により、温度変化を考慮した伝達遅延時間のばらつきを小さくしてデッドタイム短縮を可能としています。

図 4 に RV1S9261A の t_{PLH} 、 t_{PHL} の温度依存性とスピードアップコンデンサ依存性を示します。

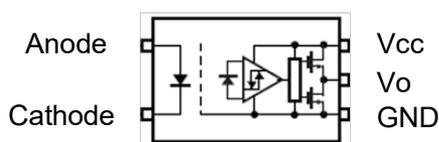


図 2. RV1S9x61A、RV1S9x62A の内部ブロック

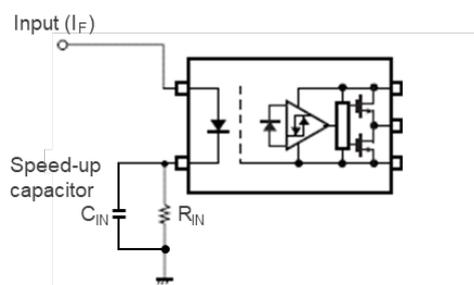


図 3. スピードアップコンデンサ使用例

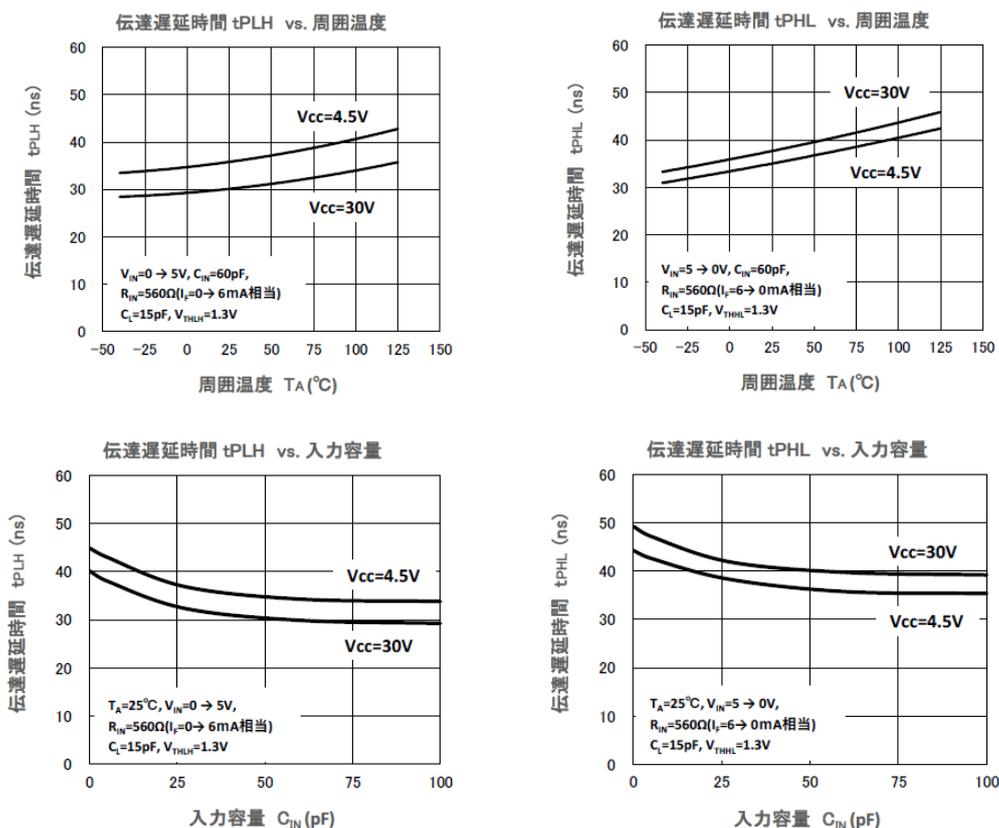


図 4. RV1S9261A の t_{PLH} 、 t_{PHL} 温度依存性とスピードアップコンデンサ依存性

また、装置のスイッチングロスを削減するために高速化したパワーデバイスの急峻な dV/dt による誤動作を軽減することを目的とした高 CMTI（高耐ノイズ）を実現しています。

例えば、RV1S9061A は当社従来品 PS9009 と比較し、2 部品間の伝達遅延誤差を 75%削減、CMTI が 2 倍となっています（図 5）。

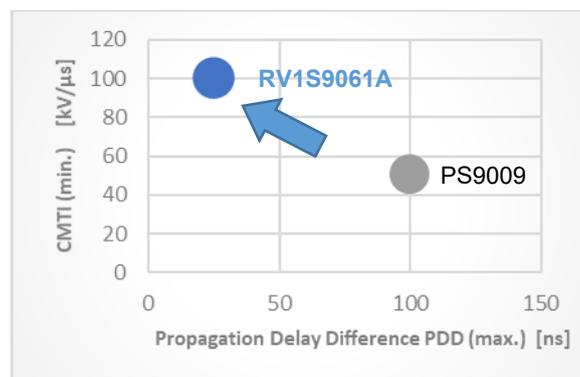


図 5. RV1S9061A と当社従来品 PS9009 との比較

多彩なパッケージ

RV1S9x61A、RV1S9x62A の断面構造を図 6 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 150um 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ます。

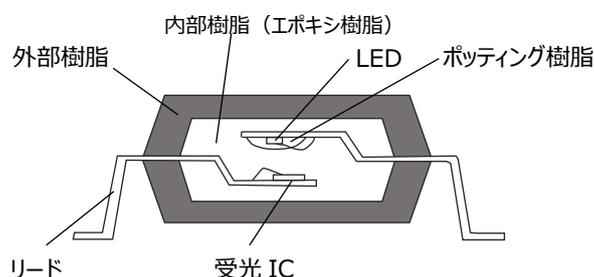


図 6. RV1S9x61A, R1S9x62A の断面構造図

パッケージとしては、表 1 に示す通り、SO5、LSO5、LSSO5 の 3 種類を準備しており、海外安全規格や基板の大きさに合わせて選択可能です。1ch のパッケージのため、IPM の入力ピン配置に合わせてカブラの配置が可能です。

SO5 の RV1S9161A、RV1S9162A は沿面距離 4.2mm で、IPM 駆動用の他、CTI 400 であるため I/O 向けに 200V 系の強化絶縁として使用することが可能です。

また、LSSO5 の RV1S9261A、RV1S9262A は沿面距離 8.2 mm を確保した小型パッケージで、従来の LSO5（沿面距離 8mm）と比較して実装面積 35%削減され、AC400V 系の AC サーボ等の装置に対して、装置の小型化やレイアウト自由度向上などに役立ちます（図 7）。

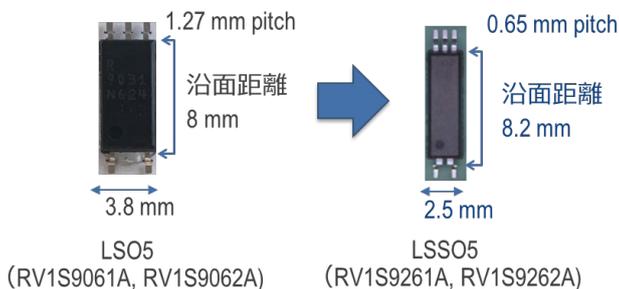


図 7. LSO5、LSSO5 パッケージ比較

結論

産業機器や創エネ／蓄エネ機器の IPM を使用したインバータでは、ルネサスの IPM 駆動用カプラ「RV1S9x61A」および「RV1S9x62A」が、装置の高精度化、低消費電力化、および、小型化に最適なソリューションを提供します。

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/jp/ja/products/interface-connectivity/optoelectronics>

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/jp/ja/document/bro/photocouplers-brochure>

ルネサスエレクトロニクスまたはその関連会社 (Renesas) 無断複写・転載を禁じます。全著作権所有。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あります。ルネサスは、本書に記載されている情報は提供された時点では正確であると考えていますが、その品質や使用に関してリスクを負いません。すべての情報は、商品性、特定の目的への適合性、または非侵害を含むがこれらに限定されないことを含め、明示、黙示、法定、または取引、使用、または取引慣行の過程から生じるかどうかを問わず、いかなる種類の保証もなく現状のまま提供されます。ルネサスは、直接的、間接的、特別、結果的、偶発的、またはその他のいかなる損害についても、そのような損害の可能性について通知された場合でも、本書の情報の使用または信頼から生じる責任を負いません。ルネサスは、予告なしに製品の製造を中止するか、製品の設計や仕様、または本書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、米国および国際著作権法によって保護されています。ここで特に許可されている場合を除き、本資料のいかなる部分も、ルネサスからの事前の書面による許可なしに、いかなる形式または手段によっても複製することはできません。訪問者またはユーザは、公共または商業目的で、この資料の派生物を修正、配布、公開、送信、または作成することを許可されていません。(Rev.1.0 Mar 2020)

本社所在地

〒 135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24
(豊洲フォレシア)
<https://www.renesas.com>

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。
すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄りの営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。
<http://www.renesas.com/contact/>