

---

白皮书

# 工业自动化隔离器件选择

Kazunari Sato, 瑞萨电子株式会社工业模拟和电源部门高级工程师

Michinari Asai, 瑞萨电子株式会社工业模拟和电源部门主管工程师

2019年6月

---

## 摘要

随着环境保护的重视程度不断升高，逆变器在工业应用和绿色能源系统中的使用保持快速增长，借此实现低功率电机控制并降低功率转换损耗。这些逆变器包括高压和低压电路控制块，这两类电路块之间需要电气隔离。本文概述了有关隔离器件选择和通信的问题。还将讨论瑞萨电子的最新光电耦合器，并以 RV1S9x60A 为例进行介绍。

## 引言

由于控制所需数据量的增加，交流伺服系统、通用逆变器和机器人控制器等工业自动化设备，以及太阳能逆变器、风力逆变器和电池系统等绿色能源系统，需要更低的功耗和更高的通信速度。另一方面，由于 IGBT 和 SiC MOSFET 等功率器件提供越来越高的切换速度，噪声环境变得更加严峻。此外，还必须满足安全和尺寸的要求。这些因素使得选择隔离器件变得越来越困难。



本文将讨论工业自动化设备和绿色能源系统的隔离要求，并介绍用于在微控制器(MCU)和 I/O 之间通信的瑞萨电子 RV1S9x60A。

## 隔离器件选择的问题

使用高压的工业自动化设备和绿色能源系统常会使用图 1 中的逆变器电路，因为需要实现低功率电机控制并降低功率转换损耗。

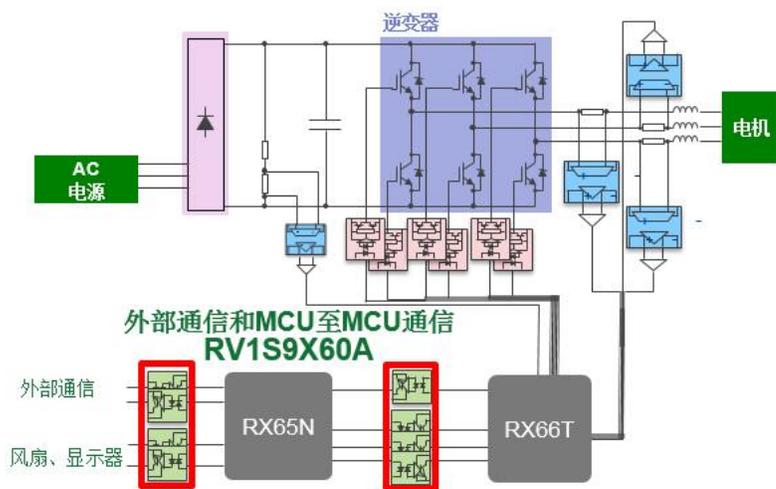


图 1. 通用逆变器的逆变器电路。

逆变器电路中包含各种光电耦合器。IGBT 驱动器和 IPM 驱动器用于将逆变器控制信号(PWM)从 MCU 传送到 IGBT 等功率器件。隔离放大器和  $\Delta$ - $\Sigma$  调制器用于监视总线电压和检测电机电流。逆变器电路可能会有两个 MCU。一个用于高压块中电机驱动的逆变器控制，另一个用于低压块中的通信和显示控制。通信耦合器用于 MCU 和 I/O 之间通信。以下说明了隔离器件的要求以及选择问题。

### 环保~低功耗、高速、高噪音抑制

据称电机设备消耗了世界上大约一半的电力，因此降低电力消耗成为终端用户的一致要求。此外，提高绿色能源系统（如太阳能和风能逆变器以及电力存储设备）的转换效率对于绿色和可再生能源的普及至关重要。因此，必须选择低功耗解决方案。另外，为了应对伴随着系统功能改进出现的控制数据量增加，必须加快隔离块的通信速度。另一方面，随着 IGBT 和 SiC MOSFET 等功率器件的速度提升，噪声环境变得愈加恶劣。

综上所述，需要一系列在低功耗、高速、高噪声抑制之间取得平衡的隔离器件。

---

## 高压系统

在考虑环境因素的情况下实施系统电压不断增加。由于电压的增加，电流的损失将减少；由于电流的减少，布线材料（铜(Cu)）的量也会减少。实际上，690V 型通用逆变器和 1000V 型太阳能控制器的产品系列已经扩展。这样的高压设备需要具有长爬电距离/间隙距离的封装。

## 更严格的安全标准

电机驱动设备的标准 UL508C 已更改为 UL61800-5-1。新标准要求延长 AC200V 设备的爬电距离以加强绝缘。此外，PLC（可编程逻辑控制器）等控制设备的标准 UL508 正在改为 UL61010-2-201。为了响应 AC200V 系统的增强绝缘要求，必须延长爬电距离，并且新的开发需要使用较新的隔离器件来支持这些要求。

最近，由于功能安全标准 IEC 61508 对于多通道通信的要求，必须验证一个通道在破坏或故障时是否影响其他通道。这需要选择能够确保每个通道相互独立的器件。

## 尺寸减小和高温操作

随着工厂车间效率的提高和机器人轴数量的增加，必须减小电机驱动设备和控制器的尺寸。此外，减小太阳能逆变器和存储设备的尺寸对于提高安装位置的灵活性而言也是非常重要的。另一方面，由于更紧凑的设计，内部温度存在升高的可能。因此，必须在小型封装中选择支持高温操作的器件。

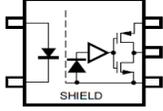
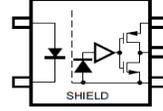
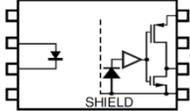
## 缩短开发周期

有人担心，由于新功率器件（高速 IGBT、SiC）的使用，解决内部温度升高和噪声环境恶化所需的措施将增加这些系统的开发时间和成本。

## 瑞萨电子高速耦合器——RV1S9x60A

瑞萨电子 RV1S9x60A 是一款 15Mbps 通信光电耦合器，可在低输入电流下工作时，保持高噪声抑制。此外，这款产品还提供丰富的封装以满足上述客户需求。表 1 概述了封装和特性。

表 1.RV1S9x60A 封装和特性概述

Part Number 型号	RV1S9060A	RV1S9160A	RV1S9960A
封装（爬电距离）	LSO5  (8.0mm)	SO5  (4.2mm)	LSDIP8  (14.5mm)
引脚连接			
电源电压(VDD)	2.7 V - 5.5 V	2.7 V - 5.5 V	2.7 V - 5.5 V
隔离电压(BV)	5 000 Vrms	3 750 Vrms	7 500 Vrms
温度（最大）(Ta)	125 °C	125 °C	110 °C
阈值输入电流（最大）(IFHL)	2.2 mA	2.0mA	3.8 mA
电源电流（最大）(IDDL/H)	2.0 mA	2.0mA	2.0 mA
传播延迟（最大）(tpHL/LH)	60 ns	60 ns	60 ns
脉冲宽度失真（最大）(PWD)	20 ns	20 ns	20 ns
传播延迟偏差（最大）(tpsk)	25 ns	25 ns	25 ns
共模抑制（分钟）	50 kV/us	50 kV/us	50 kV/us

### 环保~低功耗、高速、高噪音抑制

RV1S9x60A 的内部结构如图 2 所示。在光电耦合器的输入侧，安装 AlGaAs LED 并作为发光元件；在输出侧，安装集成了 CMOS IC 和光电二极管的光电探测器 IC。

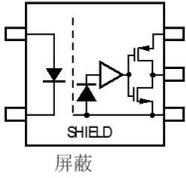


图 2.RV1S9x60 的内部结构

RV1S9x60A 采用小型化晶圆工艺，优化了光电探测器 IC 的电路常数。与传统产品 PS9151 相比，功耗降低了 60%。在 15 Mbps 的高速通信中，阈值输入电流 IFHL 实现了业界出众的 2.0 mA(RV1S9160A)，光电探测器 IC 电路电流为 2.0 mA（最大）。此外，如图 3 所示。RV1S9x60A CMR（共模抑制）达到 50kV/us（分钟），高于我们的传统产品 3.3 倍，业界最佳。

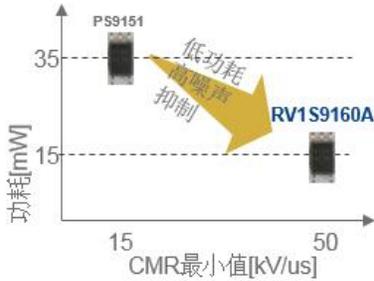


图 3.RV1S9160A 与我们传统的 15Mbps 产品比较

如图 4 所示，利用光电耦合器内部光电二极管的法拉第屏蔽、布局设计和电路优化，以及带有分压电阻（Ra、Rk）的 LED 输入，器件可以抑制共模噪声中光电耦合器内寄生电容的影响，进而实现高 CMR。

RV1S9x60A 平衡了低功耗、高速和高抗噪。

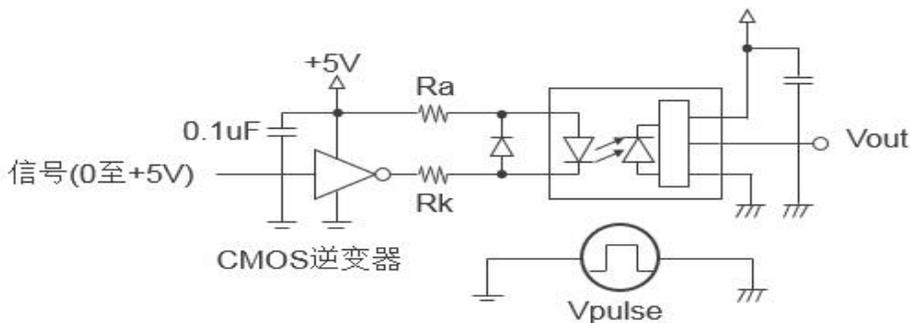


图 4.分压电阻输入以改善 CMR

## 高压系统

RV1S9x60A 的横截面结构如图 5 所示。器件采用双模结构，LED 和光电探测器 IC 面对面，确保绝缘距离为 100-400 微米。这种结构不同于绝缘距离约为 10 $\mu$ m 的片上结构，如数字隔离器，但输入和输出之间的距离更长。此外，如果考虑使用寿命终止时的情况，由于 LED 的亮度降低，光电耦合器的绝缘部分处于打开模式；而数字隔离器会由于氧化膜或聚酰亚胺膜破裂而处于短路模式，可能会导致触电事故。40 多年来，光电耦合器一直作为提高系统安全性的隔离器件使用。

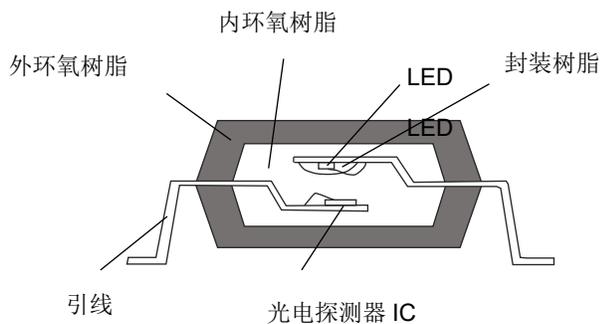


图 5. RV1S9x60 的横截面视图

对于作为高压设备的 690V 工业逆变器和 1000V 功率调节器，LSDIP RV1S9960A 具有 0.4mm 的绝缘距离和 14.5mm 的爬电距离/间隙距离，由此确保安全性。

随着电机驱动设备标准从 UL508C 改为 UL61800-5-1，加强 AC200V 设备绝缘的要求需要 5.5mm 的长爬电距离/间隙距离。LSO5 RV1S9060 的爬电距离/间隙距离为 8mm，可满足此要求。

此外，对于连接到低于 300V AC 电源的设备，PLC（可编程逻辑控制器）等控制设备的标准 UL508 正在改为 UL61010-2-201。新标准要求当 CTI\*=175 的隔离器件用作加强绝缘时，需要提供 6mm 的爬电距离。

由于 SO5 RV1S9160A 的 CTI 为 400，因此爬电距离可以减小到 4.2mm，并且该部件的设计更加紧凑。

\*CTI（比较跟踪指数）

## 缩小尺寸，高温运行

如图 6 所示，RV1S9x60A 准备了三种类型的封装，以便于减少各类应用的尺寸。

SO-5 RV1S9160A 适用于 PLC、I/O 和 RS485/232，爬电距离为 4.2mm。如上所述，其 CTI 为 400，因此可以支持 200V AC，并具有与 PLC 中传统标准(UL508)相同的 100V 引脚类型。

LSO5 RV1S9060A 可用于 200V MCU 和 400V 交流伺服系统与逆变器之间的通信，以及 750 VDC 蓄电池，爬电距离为 8mm。与具有 8mm 爬电距离产品的通用 SDIP 相比，LSO5 封装的高度降低了 30%，安装面积减少了 25%，有助于缩小设备尺寸。

LSDIP RV1S9960A 适用于 690V 工业逆变器和 1000V 太阳能功率调节器应用，爬电距离为 14.5mm。

RV1S9060A 和 RV1S9160A 均支持业界最高的 125°C 工作温度；长爬电距离(14.5mm)耦合器 RV1S9960A 支持 110°C 的最高工作温度；RV1S9x60A 的功耗较低，因此可以实现更高密度的安装。

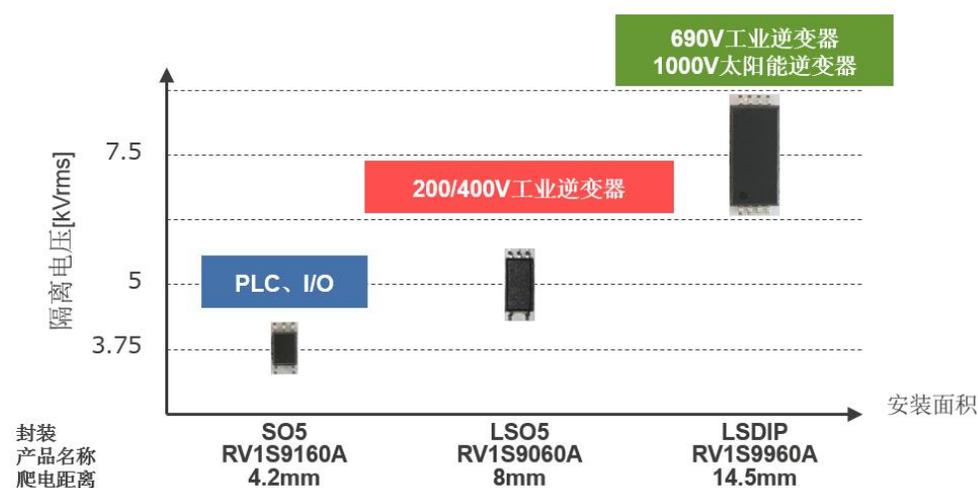


图 6. 封装选项和隔离电压

## 缩短开发周期

如上所述，RV1S9x60A 的高温操作和高噪声抑制特性有助于提高布局的灵活性，控制温度和噪声问题，并减少研究对策的时间。

## 结论

通过使用低功耗、高速度、高抗噪和封装多样的瑞萨光电耦合器 RV1S9x60，能够解决选择隔离器件时遇到的各种问题。

## 其他资源

瑞萨电子光电耦合器网页：<https://www.renesas.com/products/optoelectronics.html>

---

瑞萨电子光电耦合器目录：<https://www.renesas.com/doc/products/others/r08cp0001ej0150-photocoupler.pdf>

© 2019 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. 所有商标或商业名称均是其各自所有者的资产。REA 认为本文档所含的信息在提供时准确无误，但对其质量或使用不承担任何风险。所有信息均按原样提供，不作任何种类的担保，无论是明示、暗示、法定担保，还是因交易、使用或贸易惯例引发的担保，包括但不限于对适销性、对特定目的适宜性或非侵权性的担保。REA 对因使用或依赖本文档所含信息造成的任何直接、间接、特殊、结果、偶然或其他损失概不负责，即使已提示相关损失的可能性亦不例外。REA 保留停止这些产品或更改其产品设计或规范或本文档其他信息的权利，恕不另行通知。所有内容均受美国和国际版权法保护。除非本文明确声明，否则未经瑞萨电子（美国）事先书面许可，不得以任何形式或方式复制本材料的任何部分。访客或用户不得因任何公开或商业目的而修改、分发、发布、传播本材料的任何内容或制作其衍生作品。