

# 电机解决方案

易于操作的电机控制开发环境，缩短上市时间



# 为创建绿色环保社会的 瑞萨电子电机解决方案

瑞萨电子提供的半导体产品在其整个生命周期内对环境的影响极低，这有利于与地球共存和人类与环境的和谐。



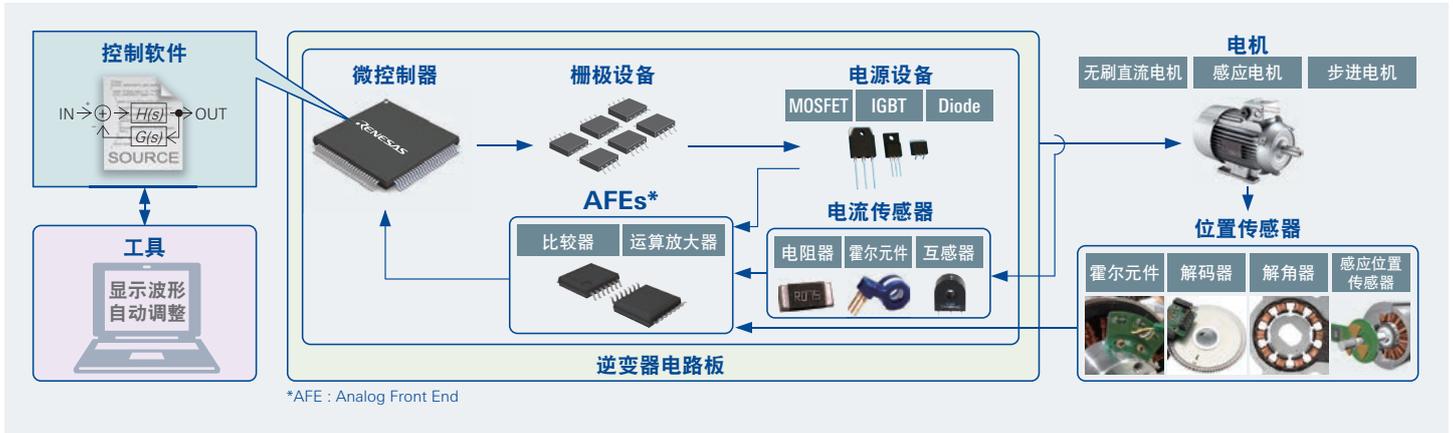
近年来，随着电机应用范围的不断扩大，瑞萨电子电机半导体设备的应用领域越来越广泛。瑞萨电子为客户提供最佳的电机解决方案，以帮助实现绿色环保社会。

## 目录

瑞萨电子电机解决方案	03	电机控制开发支持工具	14
电机类型、控制方法、传感器特点	04	相关设备	16
电机控制方法、传感器	05	MCU 和 MPU	16
电机解决方案阵容	06	电机传感器处理 IC、电机控制 IC	17
每个电机的解决方案	07	电源管理	18
永磁同步电机解决方案	07	电源设备及其他	19
步进电机解决方案	10		
交流感应电机解决方案	12		
磁性传感器解决方案	12		
感应位置传感器解决方案	13		

## 为客户的开发工作提供强有力的支持 电机解决方案

### 基本电机控制配置



### 电机解决方案分类

瑞萨电子电机解决方案由设备、硬件、软件和工具组成。

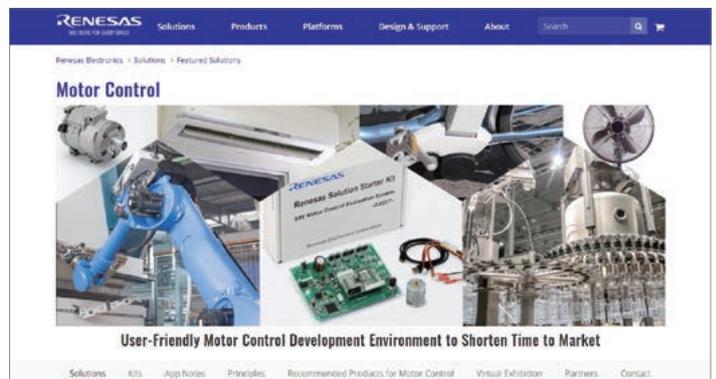


### 高可用性且易于操作

- ▶ 工具与软件可从网络上免费下载，任何人都可以免费使用它们。
- ▶ 您可从网上商店购买解决方案套件，并通过使用从网络下载的支持工具轻松控制电机。



<https://www.renesas.com/solutions/proposal/motor-control.html>



# 电机类型与特点

电机类型多种多样，根据其特点，应用领域也各不相同。瑞萨电子提供永磁同步电机（无刷直流电机）、步进电机和感应电机解决方案。

## 电机类型

电机分类仅为示例，还存在其他各种电机。

### 直流电机

- 有刷电机
- 无刷直流电机 (BLDC)

### 步进电机

- 永磁步进电机 (PM 型)
- 可变磁阻步进电机 (VR 型)
- 混合式同步步进电机 (HB 型)

### 交流电机

- 感应电机 (单相 / 三相)
- 同步电机 (SPM、IPM、SynRM)
- 整流式电机

### 其他电机

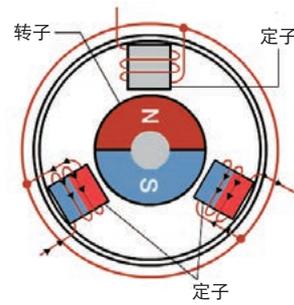
- 超声电机
- 开关磁阻电机

## 电机特点

### 无刷直流电机 (BLDC)

通过使用逆变电路，无需机械触点（电刷）就能旋转的电机。转子采用永磁体，通过位置传感器或无传感器位置估算来检测转子位置，从而控制电机驱动。它具有体积小、产量高、转速高、寿命长等特点，因此广泛应用于家电、OA 设备、汽车和医疗设备等领域。

⇒ 瑞萨电子提供包括无刷直流电机的套件和示例软件。（第 7、8 页）



电机配置

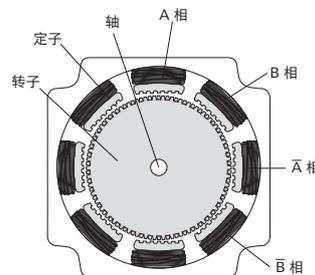


用例

### 步进电机

根据输入到驱动电路的脉冲信号而旋转的电机，主要用于需要位置控制的工业机器人和打印机。步进电机有以下几种类型：转子采用永磁体的 PM 型，转子采用齿轮状铁芯的 VR 型，以及兼有 PM 型和 VR 型特点的 HB 型。一般来说，使用的是不需要反馈的开环控制，但是越来越多的高级应用中需要反馈传感器输出。

⇒ 瑞萨电子提供使用解角器的步进电机解决方案。（第 10、11 页）



电机配置



用例

### 感应电机

可通过电磁感应旋转的电机。它直接向电机输入交流电源，无需特殊驱动装置即可旋转。使用驱动装置（如逆变器）的矢量控制可根据负载实现变速操作和高效操作。主要用于风机、泵、输送机、火车等工业机械。

⇒ 瑞萨电子提供针对风机和泵的感应电机解决方案。（第 12 页）



来源：Nidec Corporation

电机配置



用例

## 电机控制方法

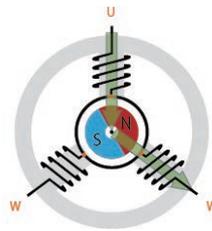
介绍有关驱动电机的方法。瑞萨发布了 120 度传导控制（梯形控制）和矢量控制作为示例软件。每种方法都有自己的特点，需要根据目的进行选择。您可从网上下载，将其作为程序的参考。

### 120 度传导控制（方波控制）

特点

- 控制方法简单，软件负载低
- 由于控制方法不检测电流，易受负载波动的影响
- 精确度和效率低于矢量控制

在此控制方法中，无刷直流电动机三个线圈中的两个线圈通电，可切换六种通电模式。



通电模式	通电相位	产生的磁通
1	U → W	
2	U → V	
3	W → V	
4	W → U	
5	V → U	
6	V → W	

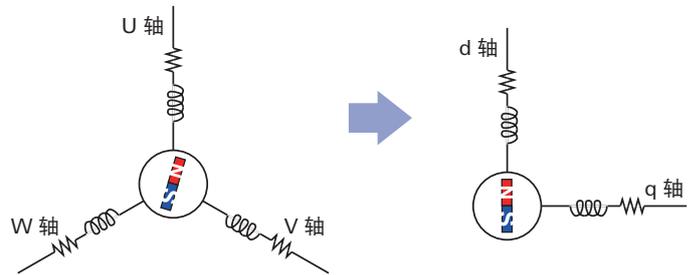
120 度传导控制法的通电模式图示

### 矢量控制

特点

- 可检测电流并执行精细控制的先进控制方法
- 可实现高精度、高效率的控制
- 需要复杂的处理，软件负载高

在此控制方法中，通过向所有三个线圈通电并精细控制旋转磁场，可以达到比 120 度控制法更平稳的驱动效果。矢量控制的特点之一是将三相交流值坐标转换为两相直流值，以便于控制。



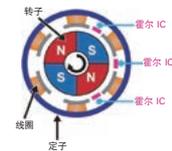
通过矢量控制进行坐标转换的图示（3相电机）

## 电机位置传感器

控制像电扇一样的“电机速度”和控制像机器人一样的“电机位置”所需的传感器是完全不同的。每个传感器都有自己的特点，需要根据应用使用合适的传感器。瑞萨电子提供使用霍尔传感器、编码器、解角器和感应位置传感器的示例软件，这些都是典型的电机控制位置传感器。我们还提供不使用这些位置传感器的“无位置传感器”示例软件。

### 霍尔传感器

- 它主要用作对应于 120 度传导控制通电开关的输出（使用三个霍尔传感器）。
- 它还可控制从霍尔传感器输出的速度。
- 由于其成本低，输出可用于功能安全等目的。



配备霍尔传感器的电机

### 编码器

- 其中包括使用发光 / 训练元素和狭缝的光电编码器以及使用磁性传感器的磁性编码器。
- 有各种各样的选择，从实惠的低分辨率到昂贵的高分辨率。
- 高分辨率编码器用于机器人和交流伺服。
- 此外还有一种用于检测绝对位置的绝对型编码器。



编码器

### 解角器

- 从转子和定子之间的磁场波动来探测位置的传感器。
- 它具有防尘、耐热、耐振等特点，主要应用于汽车和工业领域。
- 解角器数字转换器用于在解角器的输出端获取模拟信号并进行控制。
- 通过校正 / 消除解角器绕组匝数误差和输出信号干扰，从而实现高精度。

⇒ 参见第 10 页，查看解角器数字转换器

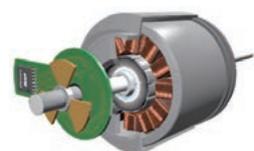


配备解角器的电机

### 感应位置传感器

- 这种位置传感器使用（利用线圈）检测位置的电磁感应。
- 具有很强的防尘、抗热和抗振能力。
- 有些产品无需磁铁即可进行检测，有些产品通过在线圈中添加板型来缩小尺寸。

⇒ 参见第 13 页，查看瑞萨电子感应传感器



感应传感器图示

# 有关电机类型和控制方法的瑞萨电子解决方案

瑞萨电子根据电机类型和控制微电脑提供套件和电机控制软件。由于为每个套件配备的示例软件是不同的，请参考下面对应表中相应的解决方案。

## 由瑞萨电子提供的套件

电机类型	所用的套件名称	参考页面	矢量控制			120 度传导控制	
			无传感器	光电编码器	解角器	无传感器	霍尔传感器
			速度控制	速度 / 位置控制	速度 / 位置控制	速度控制	速度控制
BLDC	Evaluation System for BLDC Motor + CPU 卡 RTK0EMX270S00020BJ	7	✓	-	-	✓	✓
	24V Motor Control Evaluation System for RX23T RTK0EM0006S0121BJ	7	✓	-	-	✓	✓
	Motor Control Evaluation System for RAJ306010 RTK0EML2C0S01020BJ	8	-	-	-	✓	✓
	RZ/T1 运动控制解决方案套件 RTK7910018D0000BU	8	-	✓	-	-	-
步进电机	Evaluation System for Stepping Motor with Resolver RTK0EMX270S01020BJ	10、11	-	-	✓	-	-

## 瑞萨电子套件 + 带编码器的电机

客户需要准备一个带光电编码器的电机。

电机类型	所用的套件名称	参考页面	矢量控制			120 度传导控制	
			无传感器	光电编码器	解角器	无传感器	霍尔传感器
			速度控制	速度 / 位置控制	速度 / 位置控制	速度控制	速度控制
BLDC	Evaluation System for BLDC Motor + CPU 卡 RTK0EMX270S00020BJ	7	-	✓	-	-	-
	24V Motor Control Evaluation System for RX23T RTK0EM0006S0121BJ	7	-	✓*1	-	-	-
	Motor Control Evaluation System for RAJ306010 RTK0EML2C0S01020BJ	8	-	✓	-	-	-

\*1: 磁性编码器也可用。（客户需要准备一个带磁性编码器的电机。）

## 由瑞萨电子提供的示例软件 / 应用说明

电机类型	所用的套件名称	参考页面	矢量控制			120 度传导控制	
			无传感器	光电编码器	解角器	无传感器	霍尔传感器
			速度控制	速度 / 位置控制	速度 / 位置控制	速度控制	速度控制
感应电机	Evaluation System for ACIM	12	✓*2	-	-	-	-
BLDC	24V Motor Control Evaluation system for RX23T + Magnetic sensor	12	-	✓*3	-	-	-

\*2: 需要准备一个感应电机和一个逆变器电路板。

\*3: 需要准备一个无刷直流电机和一个磁性传感器。可能需要使用磁性解码器的电机控制。

## 永磁同步电机解决方案（无刷直流电机）

瑞萨电子提供永磁同步电机解决方案，以支持客户的评估和开发需求。支持的设备不同，因此请选择会使用您首选产品的解决方案。

### Evaluation System for BLDC Motor

提供 CPU 卡、示例软件和开发支持工具，因此客户在购买后能立即进行电机控制。

特点

- 支持高达 DC48V 输出的电机控制套件。
- 兼容瑞萨电子电机工作台，便于调试。
- 具有过流保护功能。
- 各种电机控制 MCU 可以结合可选 CPU 卡进行评估。

套件规格

项目	规格
套件名称	Evaluation System for BLDC Motor
套件模型编号	RTK0EMX270S00020BJ
结构	用于无刷直流电机的 48V 5A 逆变器电路板 无刷直流电机 (TG-55L-KA)
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>额定电压: 48V</li> <li>额定电流: 5A (RMS)</li> <li>保护功能: 过流检测及其他</li> </ul>

示例软件	支持的 MCU
120 度传导控制+速度控制 (霍尔、无传感器)	RX23T、RX24T
矢量控制+速度控制 (解码器、无传感器)	RX13T* <sup>1</sup> 、RX23T、RX24T、RX24U、RX66T、 RX72T、RA6T1
矢量控制+位置控制 (解码器)	RX23T、RX24T、RX24U、RX66T、RX72T、RA6T1

\*1: 仅限无传感器。

### 支持的设备

MCU: RX13T、RX23T、RX24T、RX24U、RX66T、RX72T、RA6T1  
Gate Driver: HIP4086ABZT  
MOSFET: RJK1054DPB、RJK0854DPB  
Regulator: ISL9001AIRNZ

### 24V Motor Control Evaluation System for RX23T

包括 CPU 卡的电机解决方案。作为无刷直流电动机评估系统基础的学习套件可协助您尝试各种控制方法。

特点

- 提供多种 CPU 卡，便于对各种 MCU 进行电机控制。
- 兼容瑞萨电子电机工作台，便于调试。提供各种示例软件。
- 与用于 RL78/G1F 1-shunt 矢量控制和无传感器 120 度传导控制（配备初始位置检测功能）的示例软件兼容。
- 支持使用 RX24T 磁性传感器的矢量控制示例软件和应用说明。

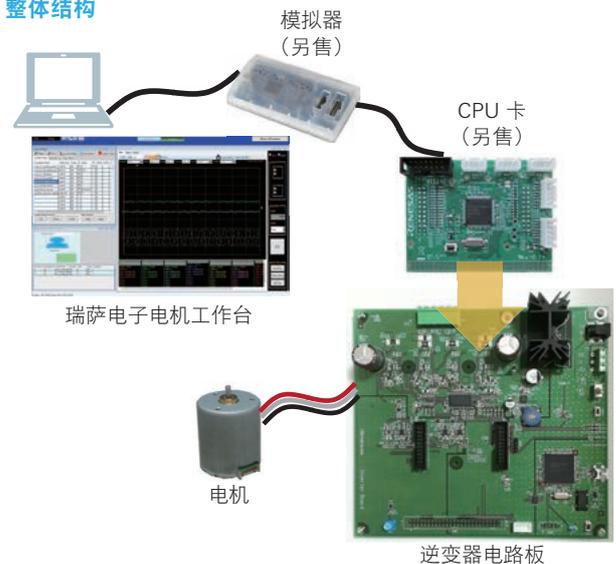
### 支持的设备

MCU: RL78/G1G、RL78/G1F、RL78/G14、RL78/G1M、RX13T、  
RX23T、RX24T、RX24U、RX66T、RX72T  
MOSFET: N0602N-S19-AY



用于无刷直流电机 + CPU 卡的评估系统

### 整体结构



\* 也提供包括此逆变器电路板中 RA6T1 CPU 卡的套件。“用于 RA Family - RA6T1 Group 的电机控制评估系统”



24V Motor Control Evaluation System for RX23T

套件规格

项目	规格
套件名称	24V Motor Control Evaluation System for RX23T
套件模型编号	RTK0EM0006S01212BJ
结构	用于无刷直流电机的 24V 2A 逆变器电路板 RX23T CPU 卡 无刷直流电机 (TG-55L-KA)
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>额定电压: 24V</li> <li>额定电流: 2A (RMS)</li> <li>保护功能: 过流检测及其他</li> </ul>

示例软件	支持的 MCU
120 度传导控制+速度控制 (霍尔、无传感器)	RL78/G1M、RL78/G1G、RL78/G14、 RL78/G1F、RX23T、RX24T
矢量控制+速度控制 (解码器、无传感器)	RL78/G1F* <sup>1</sup> 、RX13T* <sup>1</sup> 、RX23T、RX24T* <sup>2</sup> 、 RX24U、RX66T、RX72T、RA6T1
矢量控制+位置控制 (解码器)	RX23T、RX24T* <sup>2</sup> 、RX24U、 RX66T、RX72T、RA6T1

\*1: 仅限无传感器。  
\*2: 兼容磁性编码器

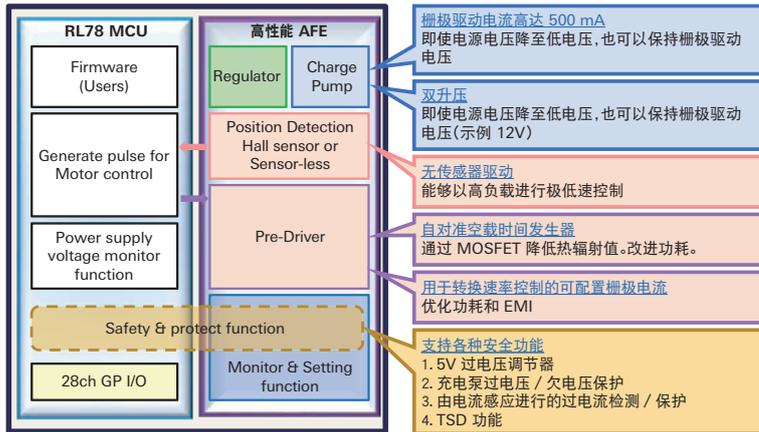
# 永磁同步电机解决方案（无刷直流电机）

## Motor Control Evaluation System for RAJ306010

易于通过瑞萨电子评估电机和示例软件启动电机评估程序。

### 特点

- 系统小型化 [电路板尺寸减小 50%]
- 电机控制评估套件支持 DC: 24V
- 为无刷直流电机提供简单的开发环境



Motor Control Evaluation System for RAJ306010

### 套件规格

项目	规格
套件名称	Motor Control Evaluation System for RAJ306010
套件模型编号	RTK0EML2C0S01020BJ
结构	用于无刷直流电机的 24V 逆变器电路板 无刷直流电机 (TG-55L-KA)
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 额定电压: 24V</li> <li>■ 额定电流: 420mA (RMS)</li> </ul> 使用随附电机

示例软件	支持的产品
120 度传导控制 (霍尔)	RAJ306010
120 度传导控制 + 速度控制 (霍尔)	RAJ306010
120 度传导控制 + 速度控制 (无传感器)	RAJ306010
180 度传导控制 + 速度 / 位置控制 (解码器) *1	RAJ306010

\*1: 请另外准备一台带编码器的电机。

请通过网络向我们咨询可以与 RAJ306001 搭配使用的套件。

### 支持的设备

零件编号	封装	操作电压 (V)	应用
RAJ306010GNP*2	P-HTQFN64 (8mm × 8mm) [terminal compatible]	6 至 42V (LiB: 2 至 10 Cell)	Power tool (36V)、Gardening tool、Cord-less vacuum cleaner (8 至 10 cell)、Cooling-fan (36V)、etc.

\*2: Ta: -40 至 +85°C RAJ306001GNP、RAJ306010GNP Ta: -40 至 +105°C RAJ306001ZGNP、RAJ306010ZGNP

## RZ/T1 运动控制解决方案套件

### 特点

- 封装包括电机控制评估所需的所有零件。
- 支持安全设计, 可用于参考。
- 包括电机实用工具。此工具包括电机参数设置和调整功能。支持多种电机控制方法, 其中包括梯形控制和 S 型曲线加减速控制。
- 通过工业以太网 (EtherCAT、CiA402) 进行伺服控制的示例代码。

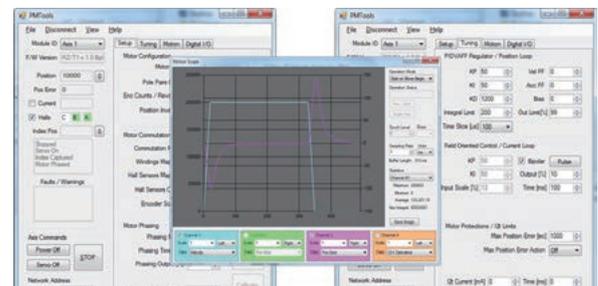
### 套件规格

项目	规格
套件名称	RZ/T1 运动控制解决方案套件
套件模型编号	RTK7910018D00000BU
结构	用于无刷直流电机的 24V 15A 逆变器电路板 带有编码器的无刷直流电机 (MB057GA140)
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 额定电压: 24V</li> <li>■ 额定电流: 15A (RMS)</li> <li>■ 保护功能: 过流检测及其他</li> </ul>

示例软件	支持的 MPU
矢量控制 + 速度控制 (解码器)	RZ/T1
矢量控制 + 位置控制 (解码器)	RZ/T1



RZ/T1 运动控制解决方案套件



运动实用工具

### 整体结构

- RZ/T1 CPU 板, 低压 2 轴驱动逆变器电路板
- 运动实用工具
- AC 伺服电机
- 用于调试的简易探针 (IAR Systems I-jet Lite)

### 支持的设备

- MPU: RZ/T1
- MOSFET: RJK1003DPN
- Receiver: ISL32173E
- Transmitter: ISL32179E
- Transceiver: ISL41387

# 永磁同步电机解决方案（无刷直流电机）

## 推荐产品

### MCU 和 MPU

零件编号	操作频率	主要特点
RL78/G1M	20MHz	8 位 MCU、5V 操作电压、管脚封装较少、专门用于 120 度传导控制
RL78/G1G	24MHz	16 位 MCU、5V 操作电压、管脚封装较少
RL78/G14	32MHz	16 位 MCU、5V 操作电压、管脚封装较少、各种阵容
RL78/G1F	32MHz	16 位 MCU、5V 操作电压、管脚封装较少、内置比较器和 PGA*2
RX13T	32MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压、内置 PGA*2
RX23T	40MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压
RX24T	80MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压、内置 PGA*2、2 电机控制
RX24U	80MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压、内置 PGA*2、2 电机控制
RX66T	160MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压、内置 PGA*2、3、4 电机控制、安全模块
RX72T	200MHz	32 位 MCU、FPU*1、5V 操作电压、内置 PGA*2、3、内置 TFU*4、4 电机控制、安全模块
RA6T1	120MHz	32 位 MCU、Arm Cortex-M4 Processor、内置 PGA*2、3、2 电机控制、安全模块
RZ/T1	300/450/600MHz	32 位 MPU、Arm Cortex-R4 Processor、FPU*1、绝对编码器 I/F、R-IN 引擎

\*1: 浮点单元  
\*2: 可编程增益放大器  
\*3: 伪差分 PGA  
\*4: 三角函数的运算器

### 电机控制 IC（MCU 和栅极驱动器的集成产品）

零件编号	操作频率	主要特点
RAJ306010	32MHz	内置 RL78/G1F、栅极驱动器（6 至 42V）

### 模拟、电源装置

类别	零件编号	主要特点
MOSFET	N0602N-S19-AY	Nch Power MOSFET、60V/100A、 $R_{DS(on)} = 4.6 \text{ m}$
	RJK0854DPB	Nch Power MOSFET、80V/25A、 $R_{DS(on)} = 13 \text{ m}\Omega \text{ max.}$
	RJK1054DPB	Nch Power MOSFET、100V/20A、 $R_{DS(on)} = 22 \text{ m}\Omega \text{ max.}$
	RJK1003DPN-A0	Nch Power MOSFET、100V/50A、 $R_{DS(on)} = 11 \text{ m}\Omega \text{ max.}$
Gate Driver	HIP4086ABZT	3 相 MOSFET 驱动器、80V、500mA
Regulator	ISL9001AIRNZ	2.3 至 6.5V 操作电压、PSRR: 90dB@1kHz、低功率
	ISL9005AIRNZ	2.3 至 6.5V 操作电压、PSRR: 75dB@1kHz、低功率
RS-485/RS-422	ISL32173EFVZ	RS-485/RS-422 接收器、3.0 至 5.5V 操作电压
	ISL3159E	RS-485/RS-422 收发器、3.0 至 5.5V 操作电压、系统可靠性功能
	ISL8485E	RS-485/RS-422 收发器、3.0 至 5.5V 操作电压
RS-422	ISL32179EFRZ	RS-422 发送器、3.0 至 5.5V 操作电压、低功率
RS-485/RS-232	ISL41387IRZ	RS-485/RS-232 收发器、 $\pm 15\text{kV}$ ESD

# 步进电机解决方案

性价比极高的解角器电机控制解决方案

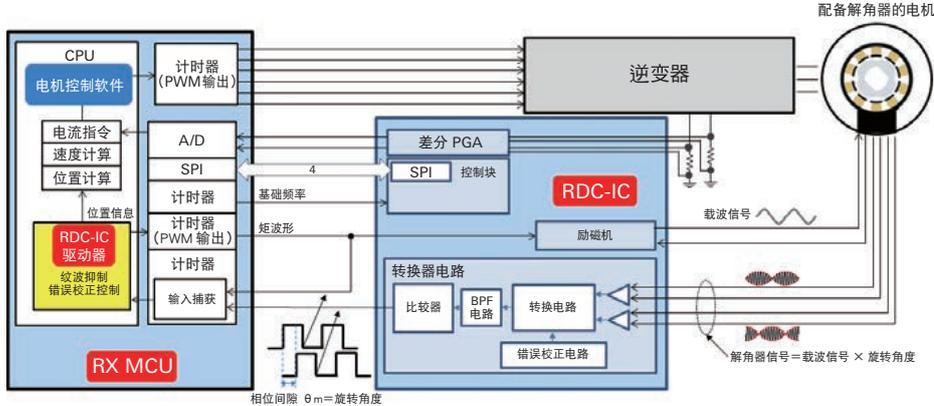
## 解角器电机控制解决方案

解角器型电机控制解决方案工业和消费应用的电机控制系统，它通过结合解角器转数字转换器（RDC）IC 和 RX 系列微控制器（MCU）实现其功能。利用微控制器的驱动软件可以很轻松地控制解角器型步进电机或无刷直流电动机。瑞萨电子提供了解决方案套件、示例代码、开发支持工具和解角器电机的应用说明，因此可以立即启动使用解角器的电机控制。

特点

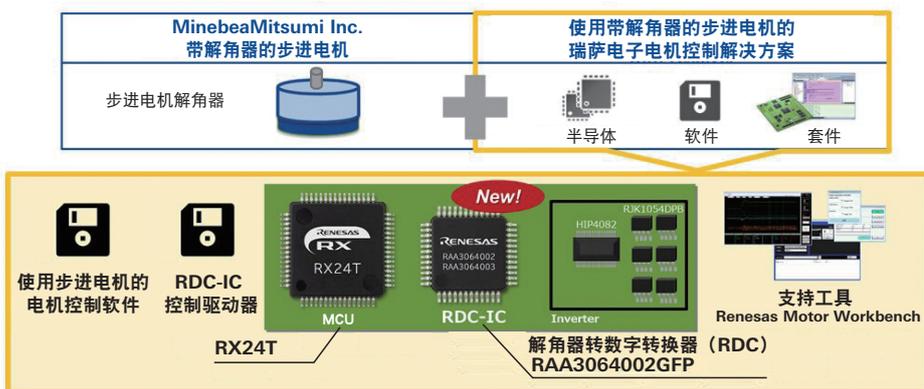
- 即使在高温、多灰或振动的苛刻环境下也可实现高精度电机控制。
- 采用性价比最高的新型解角器控制，以低成本实现高精度控制。
- 解角器信号增益、相位和角度误差通过驱动 API 自动校正，这可与 RX MCU 结合使用，以实现高精度。

系统配置



- 在解角器型电机控制解决方案中，RDC IC 和 RX MCU 将解角器发出的信号作为角度信息进行处理，RX MCU 控制电机。RX MCU 上提供了一个专用的 RDC IC 驱动程序，通过使用 API，解角器可以很轻松地进行处理。
- 使用部分 MCU 功能可以简化 RDC IC，从而降低其成本。

## 带解角器的步进电机的电机控制解决方案



- 配备解角器的步进电机和解角器电机控制解决方案是由 MinebeaMitsumi Inc. 和瑞萨电子合作开发的，可以对通常由开环控制的步进电机实现伺服控制。
- 该解决方案可实现低噪音、低振动、低功耗、最大限度提高电机转矩等优点。
- 现可提供适用于解角器控制和电机控制的 IC、软件开发套件和开发支持工具。

解决方案内容

带解角器的步进电机：MinebeaMitsumi Inc. 制造的新电机

RX24T：用于电机控制的 MCU

解角器转数字转换器：可将解角器输出转换为数字信号的 IC

解决方案套件：提供控制带解角器的步进电机所需的所有项目

支持工具：电机控制调试所必需的开发支持工具

# 步进电机解决方案

## Evaluation System for Stepping Motor with Resolver



Evaluation System for Stepping Motor with Resolver

### 套件规格

项目	规格
套件名称	Evaluation System for Stepping Motor with Resolver
套件模型编号	RTK0EMX270S01020BJ
结构	用于步进电机的 48V 5A 逆变器电路板
	带 RDC IC CPU 卡的 RX24T 带解角器的步进电机 (Minebea Mitsumi)
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>额定电压: 48V</li> <li>额定电流: 2A (RMS)</li> <li>检测功能: 相电流、总线电压</li> <li>保护功能: 过流保护</li> </ul>

示例软件	支持的 MCU
矢量控制+速度控制 (解角器)	RX23T、RX24T、RX66T、RX72M
矢量控制+位置控制 (解角器)	RX23T、RX24T、RX66T、RX72M

- 支持 RS485, CAN、脉冲序列命令、外部设备通信的通用输入 / 输出 (作为套件 I/F 规格)。
- 配备板上模拟器电路 (闪存编程电路)。

## 推荐产品

### MCU

零件编号	操作频率	主要特点
RX23T	40MHz	32 位 MCU、FP* <sup>1</sup> 、5V 运作
RX24T	80MHz	32 位 MCU、FPU* <sup>1</sup> 、5V 运作、PGA* <sup>2</sup> 、2 电机控制
RX66T	160MHz	32 位 MCU、FPU* <sup>1</sup> 、5V 运作、PGA* <sup>2, 3</sup> 、4 电机控制、安全模块
RX72M	240MHz	32 位 MCU、双精度 FPU* <sup>1</sup> 、内置 TFU* <sup>4</sup> 、安全模块、EtherCAT® 兼容

\*1: 浮点单元  
\*2: 可编程增益放大器  
\*3: 伪差分 PGA  
\*4: 三角函数的运算器

### 模拟、电源装置

类别	零件编号	主要特点
RDC-IC	RAA3064002GFP (85°C) RAA3064003GFP (105°C)	单相感应 / 双相输出 矩形波 5/10/20kHz、2.5Vp-p
Motor Driver	HIP4082	80V、1.25A Peak Driver
MOSFET	RJK0854DPB	N-Channel 80V、25A、10mΩ typ.
	RJK1054DPB	N-Channel 100V、20A、17mΩ typ.
AC/DC	ISL6840	1A MOSFET gate driver 60μA 启动电流、最大 100μA 25ns 电流检测到输出传播延迟
DC/DC	ISL85033	带 3A / 3A 连续输出电流的宽 VIN 双标准降压调节器
LDO	ISL80505	500mA LDO
RS-485/RS-422	ISL8485E	±15kV ESD 保护、5V、低功率、高速率限制、RS-485/RS-422 收发器
	ISL3159E	40Mbps、5V、系统可靠性功能、RS-485/RS-422 收发器

# 交流感应电机解决方案

三相感应电机逆变器解决方案提供可嵌入电机控制 MCU 中的逆变器控制软件。通过提供这种具有高开发难度的逆变器控制软件，可以轻松合理地开发出客户所需的逆变器。

\* 该解决方案使用由合作伙伴制造的逆变器电路板，不提供瑞萨电子的套件。

## Evaluation System for ACIM

瑞萨电子可提供 CPU 卡、样本软件、应用程序说明、开发支持工具，并可控制结合逆变器电路板（由合作伙伴制造）的感应电机。

特点

- 具有无速度传感器矢量控制功能，无需速度传感器，可降低材料成本，提高可靠性。
- 兼容瑞萨电子电机工作台（电机控制开发支持工具），便于调试。
- 内置过流/过压/过温保护功能，实现安全评估。
- 各种电机控制 MCU 可以结合可选 CPU 卡进行评估。
- 高压逆变器电路板兼容 AC85 至 265Vrms 输入（需从 Desk Top Lab Co., Ltd 另外购买）。

评估环境规范

项目	规格
结构	T1102 逆变器电路板
	RX13T CPU 卡, RX66T CPU 卡
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 额定电压: AC 85 至 265V</li> <li>■ 额定电流: 15A (RMS)</li> <li>■ 保护功能: 过流保护, 其他</li> </ul>

示例软件	支持的 MCU
矢量控制+速度控制（无传感器）	RX13、RX66T

支持的设备

MCU: RX13T、RX66T

整体结构



# 使用磁性传感器的解决方案

## Motor Control with Magnetic Sensor

通过结合带有磁性传感器的电机来控制电机的解决方案

瑞萨电子发布的可修正传感器输出的示例软件和应用说明可作为使用磁性传感器控制电机的参考。

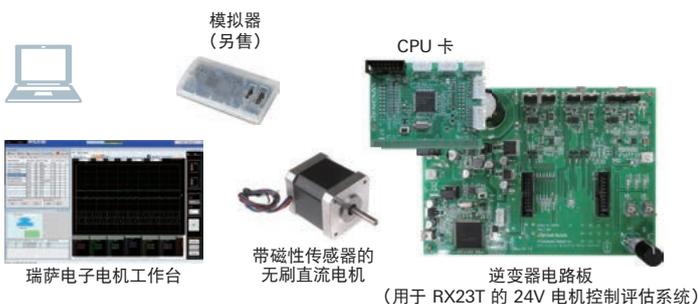
瑞萨电子套件中不提供此解决方案中所用的带磁性传感器的电机。

特点

- 提供模拟输出和数字输出磁性传感器的示例软件和应用说明。
- 模拟输出磁性传感器还具有输出误差校正功能。
- 兼容瑞萨电子电机工作台（电机控制开发支持工具），便于调试。
- 具有过流保护和过电压检测功能（用于安全评估）。

\* 使用 TDK Corporation 生产的磁性传感器来检查此示例软件的运行情况。

整体结构



评估环境规范

项目	规格
结构	用于无刷直流电机的 24V 2A 逆变器电路板
	RX24T CPU 卡 带磁性传感器的无刷直流电机
逆变器规格	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 额定电压: 24V</li> <li>■ 额定电流: 2A (RMS)</li> <li>■ 保护功能: 过流保护, 其他</li> </ul>

示例软件	支持的 MCU
矢量控制+速度控制（磁性传感器）	RX24T
矢量控制+位置控制（磁性传感器）	RX24T

支持的设备

MCU: RX24T  
MOSFET: N0602N-S19-AY

## 使用感应位置传感器的解决方案

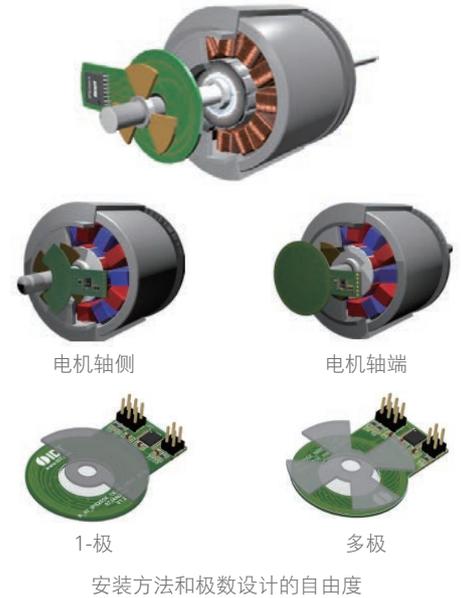
### ■ IPS2200 (感应位置传感器)

这是一款性价比极高的轻薄装置，具有极强的杂散磁场抗扰度，适用于工业电机。可应用于工业和医疗电机换向和机器人领域。

#### 特点

- 用于控制电机（尤其是无刷直流电机）
- 电源电压：3.3V 或 5V
- 支持转速高达 250,000 rpm，低延迟 (<10 $\mu$ s)
- 无磁、轻薄、性价比极高的解决方案
- 极强的杂散磁场抗扰度
- 正弦 / 余弦（模拟）输出
- 支持多极对
- 操作温度：-40°C 至 +125°C
- TSSOP-16

- 这是一个根据线圈电磁感应来检测目标金属位置的传感器。
- IPS2200 的传感元件能够使目标扇区的数量匹配电机的极对，以最大限度地提高精度。扇区可安装在电机的穿轴（轴上）和轴侧（轴外），增加了设计的自由度。
- 与传统解角器相比，它的厚度可薄至十分之一，重量可轻至百分之一。

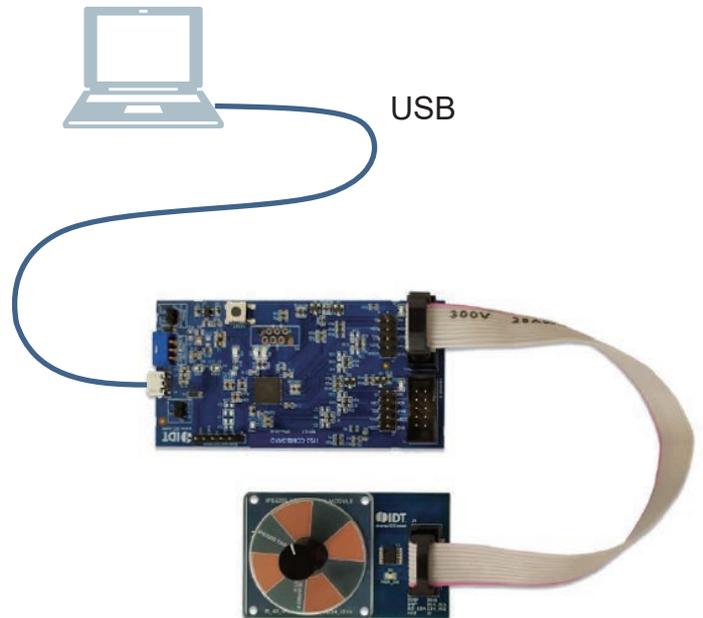
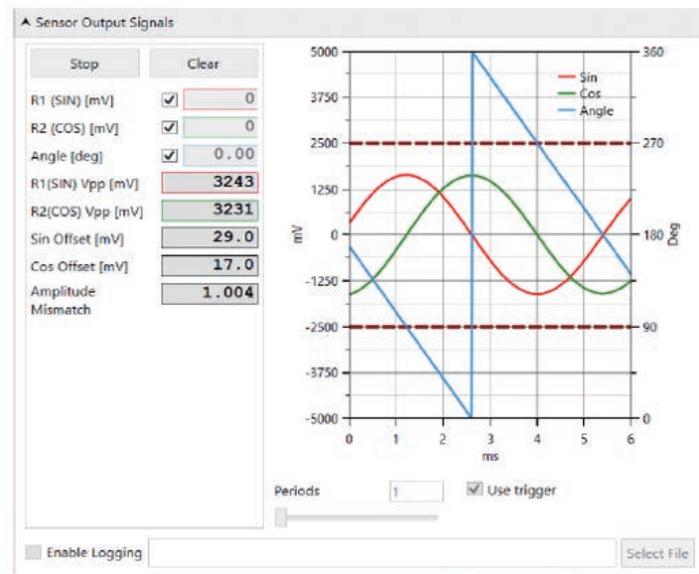


## IPS2200STKIT

这是 IPS2200 的套件，其中包括位置传感器的检测部件和与 PC 连接的接口板。通过结合专用 GUI，您可以很容易地查看角度。

\* 此套件不包括电机。

此套件并非用于执行电机控制，而是检查来自位置传感器的输出信息。



## 感应传感器处理 IC (IPS2200 系列)

零件编号	操作电压	操作温度	额定速度	输出类型	安全功能	封装	提供
IPS2200B11R	3.0V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V	Ta = -40°C 至 +125°C	最大转速 250,000 rpm (电角度)	正弦 / 余弦 (差分或单端)	过压检测、反极性检测 输出与短路保护	TSSOP-16 Pin (5.1mm × 6.4mm)	13" reel - 4000 IC/reel
IPS2200B11W							7" reel - 500 IC/reel

# 电机控制开发支持工具

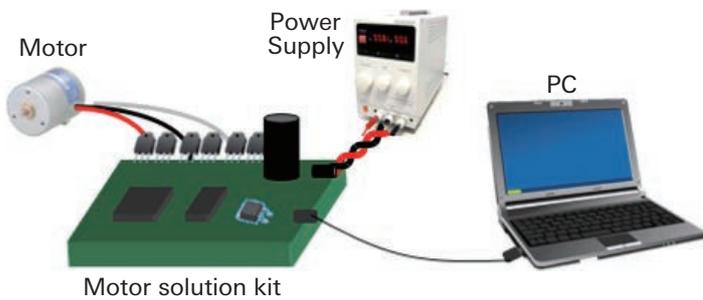
## 瑞萨电子电机工作台

在电机控制领域，我们在软件开发中连接 MCU 和 PC 时不进行测试。当连接 MCU 和 PC 程序停止时测试有危险，因为 MCU 到逆变电路的输出信号停止时会导致大电流流过。因此瑞萨电子提供专用的开发支持工具。

### 产品概览

- 分析仪功能: 运行电机时，动态读取 / 写入变量和波形显示。
- 调谐器功能: 自动识别电机参数和矢量控制所需的控制增益。
- 可得到的输出结果: 分析仪波形显示数据为 csv 格式。调谐器识别结果可输出为 PDF 文件或头文件。

瑞萨电子电机工作台在一台与目标逆变器相连的 PC 上运行，为电机控制发展提供了强大支持。



用例图示

### 分析仪

功能广泛，包括触发、缩放、和指令传输等，用于调试和评估。还可用作用户 I/F。



### 调谐器

无需专门技能即可进行矢量控制。具有手动调节功能，可微调轻松，并可快速检查结果。



### 分析仪

#### 功能

- 驱动电机时，动态写入 / 读取变量
- 驱动电机时，动态显示波形
- 指定触发器和每个带有波形显示的显示设置
- 预先创建并发送操作序列到任意变量
- 由用户定义的批处理按钮

#### 用户反馈

- 非常有用，您可在 MCU 内观察变量。
- 无需停止 CPU 即可进行测试，这一点令人惊讶。这款工具可以实现安全分析操作。

#### 触发 / 缩放功能

可轻松与指挥官进行阶跃响应评估（命令值创建与传输）



显示 8 个通道的变量（每个通道可以指定比例和偏移设置等）

## Tuner

### 功能

- 自动测量电机特有的参数 (电阻、电感、感应电压恒定变量和惯性)
- 自动调整电流 / 速度 / 位置的 PI 控制增益
- 自动调整无传感器矢量控制的期望增益
- 手动调谐以微调每个 PI 控制
- 输出结果为 pdf 文件和电机驱动头文件

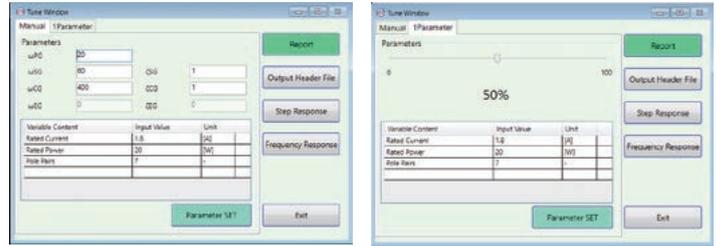


输入信息只有额定电流和极对。



立即使用分仪器检查调整结果  
 可从网上获取 pdf 文件格式的输出调整结果和电机驱动头文件

微调电流 / 速度 / 位置的 PI 增益



### 用户反馈

- 这给我的帮助很大, 之前我在调整数据时遇到很多问题。
- 我可以在购买后**立即启动电机**。
- 非常方便, 只需要**使用电机参数即可**。

## 规格

项目	规格	
所有	支持的 MCU	RX13T、RX23T、RX24T、RX24U、RX66T、RX72T、RA6T1 RL78/G1F、RL78/G14 (仅 RL78 族支持分析仪功能)
	使用环境 (OS)	Windows10
通信	外围、端口	UART 1 ch、DMA (DTC) 端口: TXD、RXD
	通信 I/F	USB2.0 (Communication Device Class)
	通信板	在电机 RSK 通信板以外的环境下使用工具时, 需要工具通信板: W2002 (Desk Top Laboratories Inc.*)
Analyzer	显示波形	8 个通道 (每个通道的比例和偏移设置)、缩放功能 (2 个窗口)、触发模式选项有单一 / 自动 / 正常、波形数据可保存为 csv 格式
	写入 / 读取变量	最多可同时选择 255 个变量
Tuner*1	输入信息	额定功率、仅限极对
	输出信息	电机特有参数 (电阻、电感、感应电压恒定变量和惯性) 和控制增益 输出文件格式: pdf 文件、头文件*2

\*1: 调谐器功能仅适用于电机 RSK 环境。  
 \*2: 支持瑞萨电子发布的电机控制 SW 头文件。如需了解详情, 请参见瑞萨电子电机工作台手册。

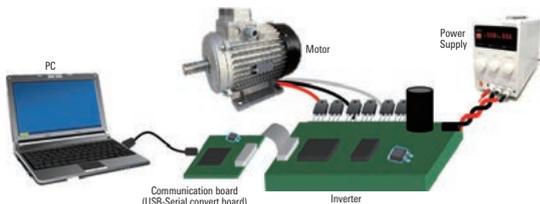
## 使用环境

- Evaluation System for BLDC Motor
- 24V Motor Control Evaluation System for RX23T

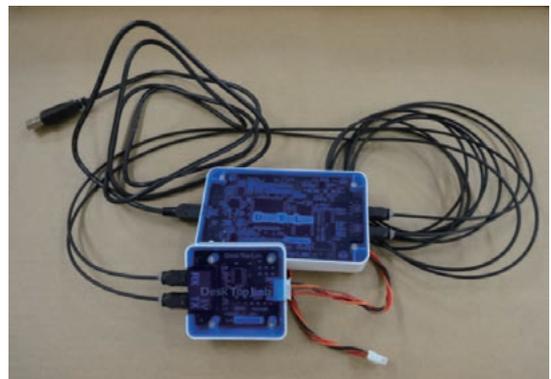


只需通过 USB 将控制 SW 编程的电机 RSK 与您的 PC 连接并启动工具

当在用户环境下使用时, 需要工具通信板



通信板 W2002 ICS++



\* Desk Top Laboratories Inc.

# Desk Top Lab

<http://www.desktoplaboratories.jp/>

## 推荐产品：MCU 和 MPU

### RL78 族

零件编号	管脚数量	ROM (KB)	RAM (KB)	操作频率	电源电压
RL78/G14	30 至 64	16 至 64	2.5 至 5.5	32MHz	1.6 至 5.5V
	80 至 100	96 至 512	12 至 48		
RL78/G1F	24 至 64	32/64	5.5	32MHz	1.6 至 5.5V
RL78/G1G	30 至 44	8/16	1.5	24MHz	2.7 至 5.5V
RL78/G1M	20	4/8	0.512/1	20MHz	2.0 至 5.5V

### RX 族

零件编号	管脚数量	ROM (KB)	RAM (KB)	操作频率	电源电压
RX13T	32 至 48	64 至 128	12	32MHz	2.7 至 5.5V
RX23T	48 至 64	64 至 128	12	40MHz	2.7 至 5.5V
RX24T	64 至 100	128 至 512	16 至 32	80MHz	2.7 至 5.5V
RX24U	100 至 144	256 至 512	32	80MHz	2.7 至 5.5V
RX66T	64 至 144	256 至 1024	64 至 128	160MHz	2.7 至 5.5V
RX72T	100 至 144	512 至 1024	128	200MHz	2.7 至 5.5V

### RZ 族

零件编号	管脚数量	ROM (KB)	RAM (KB)	操作频率	电源电压
RZ/T1	176/320	0	544 至 1568	600MHz	3.0 至 3.6V
RZ/T1-M	112	0	544 至 1568	450MHz	3.0 至 3.6V

### RA 族

零件编号	管脚数量	ROM (KB)	RAM (KB)	操作频率	电源电压
RA6T1	64/100	256/512	64	120MHz	3.0 至 3.6V

## 推荐产品：电机传感器处理 IC、电机控制 IC

### RDC IC (Resolver to Digital Converter)

零件编号	解角器驱动块			转换器块			放大器电路块	控制块		转换错误	电源电压	电源电流	操作环境温度	封装
	输入	激励信号输出	过温检测电路	差分放大器电路	信号转换电路	断开检测电路	差分放大器电路	通信功能	操作频率					
RAA3064002GFP	方波： 5/10/20 kHz	交流电流： 35mA <sub>p-p</sub> (Max.)	内建	可变增益： 2、4、8、 16.5 倍	角度误差校正功能、内部电路误差校正功能	根据信号振幅检测断开	2 ch (支持差分输入)、 可变增益： 10、25 倍	SPI 接口 (最大 1MHz)	4MHz	±0.2°	VDD = 4.5-5.5V、 IOVDD = AVDD	最大操作电 流：20 mA (Typ.)	-40°C 至 +85°C	LQFP-48pin (7mm × 7mm)
RAA3064003GFP													-40°C 至 +105°C	

### 3 相无刷直流电机控制 (RAJ306000 系列)

零件编号	电机驱动电压	MCU	通信 I/F	计时器	保证的操作温度范围	5V 调节器精度	A/D 转换器	预驱动块		安全功能	封装
								栅极驱动峰值电流	升压功能		
RAJ306010GNP/ ZGNP	VM = 6V 至 42V	RL78G1F (Flash ROM: 64KB、RAM: 5.5KB)	3 单元 (SPI: 2ch、 IIC: 2ch、 UART: 1ch)	16 位计时器： 8ch	GNP: Ta = -40°C 至 +85°C、 ZGNP: Ta = -40°C 至 +105°C	5V ± 1% (Ta = 25°C)	9ch (分辨率： 10 位)	500mA 驱动峰值电流 支持高达 500mA、空载 时间调节功 能、栅极电流 调节功能	双升压 / 单升压切换	过温保护、过压 检测、过流检 测 / 保护、输出 相位过流检测 / 保护、低压检 测 / 保护	P-HTQFN-64 Pin (8mm × 8mm)

### 感应传感器处理 IC (IPS2200 系列)

零件编号	操作电压	操作温度	额定速度	输出类型	安全功能	封装	提供
IPS2200B11R	3.0V 至 3.6V 或 4.5V 至 5.5V	Ta = -40°C 至 +125°C	最大转速 250,000 rpm (电角度)	正弦 / 余弦 (差分或单端)	过压检测、 反极性检测输出 与短路保护	TSSOP-16 Pin (5.1mm × 6.4mm)	13" reel - 4000 IC/reel
IPS2200B11W							7" reel - 500 IC/reel

## 推荐产品：电源管理

### ISOLATED PWM

Pout < 200W

\* 用于 200V 降至 24V 等。

零件编号	说明	控制模式	UVLO上升 (V)	UVLO下降 (V)	Vbias max (V)	无载操作电流	PWM 输出数	误差放大器	FET 最大驱动输出电流	开关频率	最大占空比 (%)	封装
ISL6840	工业标准单端	峰值电流模式	7	6.6	20	3.3	1	内置	1	4k 至 2M	96	8Ld MSOP、8Ld DFN
ISL6726	主动钳位顺向式	电流模式	7.65	6.23	22	10	1	-	2	10k 至 1M	80	20Ld QSOP
ISL8840A 至 ISL8845A	高性能·工业标准单端	峰值电流模式	7、8.4、14.3	6.6 至 8.8	30	2.9	1	内置	1	2k 至 2M	48、96	8Ld SOIC、8Ld MSOP

### DC/DC

零件编号	Vin (V)	Vout (min) (V)	Iout (A)	Fsw (Hz)	强制 PWM/PFM 开关	效率 (%)	导通电阻类型 (mΩ)	操作温度范围	封装
ISL85415	3 至 36V	0.6 至 34	0.5	300k 至 2M	✓	最高 94	High: 450 Low: 250	-40°C 至 +125°C	4 × 3 × 1.0 12Ld DFN
ISL85410	3 至 40V	0.6 至 34	1.0	300k 至 2M	✓	最高 96	High: 250 Low: 90	-40°C 至 +125°C	4 × 3 × 1.0 12Ld DFN
ISL854102	3 至 40V	0.6 至 34	1.2	300k 至 2M	✓	最高 93	High: 250 Low: 90	-40°C 至 +125°C	4 × 3 × 1.0 12Ld DFN
ISL85033	4.5 至 28V	0.8	3/3	300k 至 2M	-	最高 93	75	-40°C 至 +85°C	TQFN28

### LDO

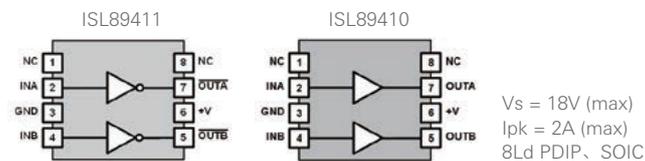
零件编号	说明	输出数	Vin (min) (V)	Vin (max) (V)	Vout (V)	参考电压精度 (%) 整体温度范围	电流限制输出电流 (typ) (mA)	PSRR@ 1kHz (dB)	Iq (μA) typ	压差类型 (mV)	输出噪音 (typ) (μV/rms)	封装
ISL9001A	低 Iq、高 PSRR	1	2.3	6.5	1.5、1.8、2.5、2.8、2.85、3.3	±1.8	475	90	25	200@300mA	30@100μA	DFN8
ISL9005A	低 Iq、高 PSRR	1	2.3	6.5	1.5、1.8、2.5、2.8、2.85、3.3	±1.8	475	75	50	200@300mA	45@100μA	DFN8
ISL9007	低噪音、低 Iq、高 PSRR	1	2.3	6.5	1.8、2.5、2.8、2.85、3.3	±1.8	540	75	50	250@400mA	30@100μA	MSOP8
ISL80505	高性能 0.5A LDO	1	1.8	6	ADJ	±1.8	1200	57	2200	45@0.5A	79@0.5A	DFN8
ISL80510	高性能 1A LDO	1	2.2	6	ADJ	±1.8	1750	48	2200	130@1A	75@1A	DFN8
ISL80410	150mA、40V、低 Iq	1	6	40	ADJ	±1.0	410	66 @100Hz	90	295@150mA	-	EPSOIC8
ISL6719	100V 线偏差电源	1	17	100	ADJ	±3.3	230	-	1100	1800@100mA	-	DFN9
ISL80101A	高性能 1A LDO、可设置电流限制	1	2.2	6	ADJ	±2.0	1620	48	3000	90@1A	100@1A	DFN10

## 推荐产品：栅极驱动器、MOSFET、外围 IC

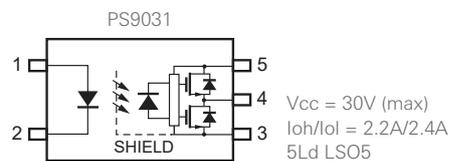
### 栅极驱动器：用于 MOSFET 驱动桥

零件编号	最大模拟 线路电压 (V)	最大偏压 (V)	输入系统 / 输出系统	峰值上拉 / 下拉电流 (A)	打开 / 关闭传播 延迟 (nS)	上升 / 下降时间 (nS)	封装	备注
HIP2211	115	18	2/2	3/4	30/30	6/6	8 Ld SOIC、8/10 Ld 4 × 4 DFN	
HIP4082	95	15	4/4	1.4/1.3	75/55	9/9	16Ld PDIP、16Ld SOIC	
HIP4086A	95	15	6/6	1/1	20/10	10/10	20Ld PDIP、20Ld SOIC	80V、500mA、3-Phase MOSFET Driver

#### MOSFET Driver



#### IGBT Gate Driver Coupler



### 逆变电路：功率 MOSFET

零件编号	Nch/Pch	耐受压	电流	导通电阻 (max)	封装
RJK1054DPB	Nch Single	100V	20A	22mΩ	LFAK
RJK0854DPB	Nch Single	80V	25A	13mΩ	LFAK
RJK0454DPB	Nch Single	40V	40A	4.9mΩ	LFAK
RJK0455DPB	Nch Single	40V	45A	3.8mΩ	LFAK
RJK0456DPB	Nch Single	40V	50A	3.2mΩ	LFAK
NP75N04YUK	Nch Single	40V	75A	3.3mΩ	HSO-8
NP50N04YUK	Nch Single	40V	50A	4.8mΩ	HSO-8
NP30N04QUK	Nch Dual	40V	30A	8mΩ	HSO-8
NP29N04QUK	Nch Dual	40V	30A	10.1mΩ	HSO-8

### 外围 IC：RS-485 收发器

类型	Duplex	零件编号	Data Rate	Supply Voltage	Temp Range	Fail Safe	Hot Plug	备注	
低成本	Transceiver	Half	ISL8485E	10Mbps	5V	-40°C 至 +85°C / +125°C	Open	N	
IEC61000 ESD 保护 全功能	Transceiver	Half	ISL3152E / 55E / 58E	115k / 1M / 20Mbps	5V	-40°C 至 +85°C	Full	Y	最少 2.4V 高输出电压
		Full	ISL3150E / 53E / 56E						
高速、全功能 IEC61000 ESD 保护	Transceiver	Half/Full	ISL3159E / 60E	40Mbps	5V	-40°C 至 +85°C / +125°C	Full	Y	最少 2.1V 高输出电压
			ISL3179E / 80E		3.3V				
±60V 过电压保护	Transceiver	Half	ISL32492E / 95E / 98E	250k / 1M / 15Mbps	5V	-40°C 至 +85°C	Full	Y	±25V 共模电压 最少 2.0V 高输出电压 @5V
		Full	ISL32490E / 93E / 96E						

## Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation or any other use of the circuits, software, and information in the design of your product or system. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses and damages incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
  2. Renesas Electronics hereby expressly disclaims any warranties against and liability for infringement or any other claims involving patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties, by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document, including but not limited to, the product data, drawings, charts, programs, algorithms, and application examples.
  3. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
  4. You shall not alter, modify, copy, or reverse engineer any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses or damages incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copying or reverse engineering.
  5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The intended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
    - "Standard": Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; industrial robots; etc.
    - "High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control (traffic lights); large-scale communication equipment; key financial terminal systems; safety control equipment; etc.
 Unless expressly designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not intended or authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems; surgical implantations; etc.), or may cause serious property damage (space system; undersea repeaters; nuclear power control systems; aircraft control systems; key plant systems; military equipment; etc.). Renesas Electronics disclaims any and all liability for any damages or losses incurred by you or any third parties arising from the use of any Renesas Electronics product that is inconsistent with any Renesas Electronics data sheet, user's manual or other Renesas Electronics document.
  6. When using Renesas Electronics products, refer to the latest product information (data sheets, user's manuals, application notes, "General Notes for Handling and Using Semiconductor Devices" in the reliability handbook, etc.), and ensure that usage conditions are within the ranges specified by Renesas Electronics with respect to maximum ratings, operating power supply voltage range, heat dissipation characteristics, installation, etc. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any malfunctions, failure or accident arising out of the use of Renesas Electronics products outside of such specified ranges.
  7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of Renesas Electronics products, semiconductor products have specific characteristics, such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Unless designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. You are responsible for implementing safety measures to guard against the possibility of bodily injury, injury or damage caused by fire, and/or danger to the public in the event of a failure or malfunction of Renesas Electronics products, such as safety design for hardware and software, including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult and impractical, you are responsible for evaluating the safety of the final products or systems manufactured by you.
  8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. You are responsible for carefully and sufficiently investigating applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive, and using Renesas Electronics products in compliance with all these applicable laws and regulations. Renesas Electronics disclaims any and all liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
  9. Renesas Electronics products and technologies shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You shall comply with any applicable export control laws and regulations promulgated and administered by the governments of any countries asserting jurisdiction over the parties or transactions.
  10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, or any other party who distributes, disposes of, or otherwise sells or transfers the product to a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document.
  11. This document shall not be reprinted, reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
  12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products.
- (Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its directly or indirectly controlled subsidiaries.  
 (Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

(Rev.4.0-1 November 2017)

## SALES OFFICES

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

### Renesas Electronics Corporation

TOYOSU FORESIA, 3-2-24 Toyosu, Koto-ku, Tokyo 135-0061, Japan

### Renesas Electronics America Inc. Milpitas Campus

1001 Murphy Ranch Road, Milpitas, CA 95035, U.S.A.  
 Tel: +1-408-432-8888, Fax: +1-408-434-5351

### Renesas Electronics America Inc. San Jose Campus

6024 Silver Creek Valley Road, San Jose, CA 95138, USA  
 Tel: +1-408-284-8200, Fax: +1-408-284-2775

### Renesas Electronics Canada Limited

9251 Yonge Street, Suite 8309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3  
 Tel: +1-905-237-2004

### Renesas Electronics Europe GmbH

Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany  
 Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

### Renesas Electronics (China) Co., Ltd.

Room 101-101, Floor 1, Building 7, Yard No. 7, 8th Street, Shangdi, Haidian District, Beijing 100085, China  
 Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

### Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.

Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langao Road, Putuo District, Shanghai 200333, China  
 Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

### Renesas Electronics Hong Kong Limited

Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong  
 Tel: +852-2285-6688, Fax: +852-2886-9022

### Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.

13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan  
 Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886-2-8175-9670

### Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.

80 Bendemeer Road, #06-02 Singapore 339949  
 Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

### Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.

Unit No 3A-1 Level 3A Tower 8 UOA Business Park, No 1 Jalan Pengaturcara U1/51A, Seksyen U1, 40150 Shah Alam, Selangor, Malaysia  
 Tel: +60-3-5022-1288, Fax: +60-3-5022-1290

### Renesas Electronics India Pvt. Ltd.

No.777C, 100 Feet Road, HAL 2nd Stage, Indiranagar, Bangalore 560 038, India  
 Tel: +91-80-67208700

### Renesas Electronics Korea Co., Ltd.

17F, KAMCO Yangjae Tower, 262, Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul, 06265 Korea  
 Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5338