

变频控制的 产品和解决方案

变频器开发工期缩短50%!

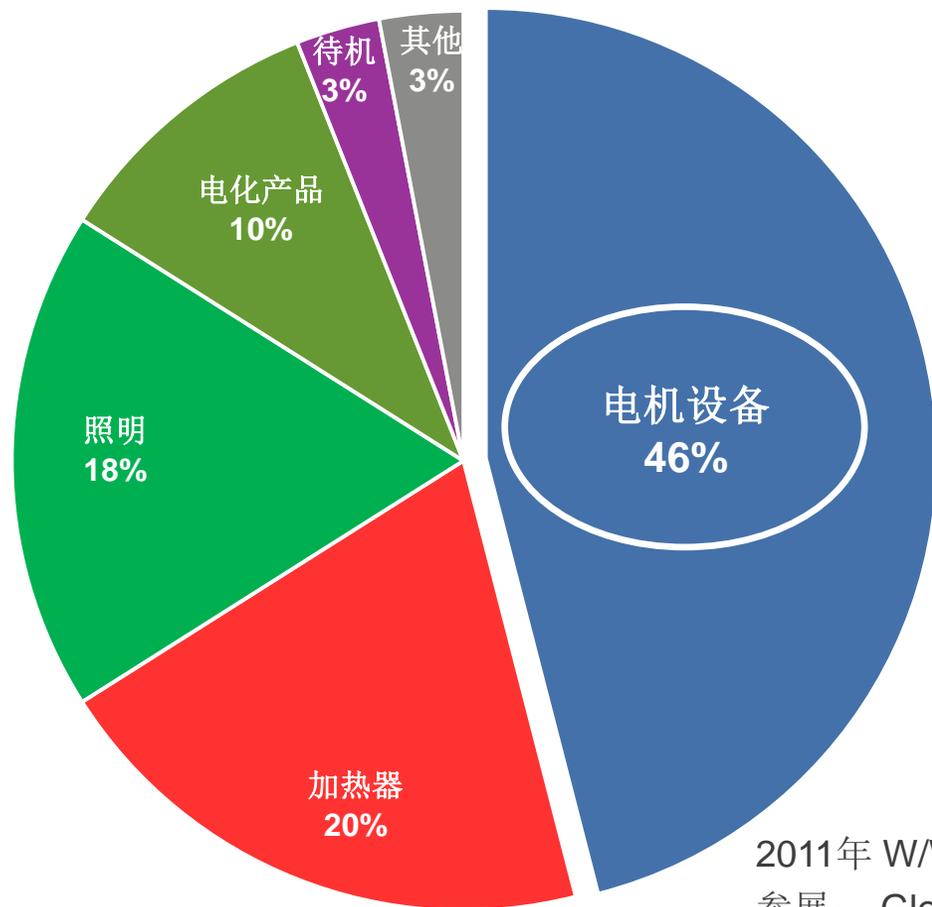
瑞萨电子管理（上海）有限公司
刘涛
高级经理，市场策略中心/工业和家电部/一科
2016年10月27日

主题

- 节省能源必不可少的变频控制 第**3**页
- 简单的电机控制评价套装 第**9**页
- 大幅提高开发效率的开发支持软件 第**12**页
- 实现电机节能静音的产品和解决方案 第**18**页
- 总结 第**37**页

节省能源必不可少的变频控制

电机设备的电力消耗



- W/W电力消耗量 ⇒ 20,330TWh
- 电机带来的电力消耗 ⇒ 总电力消耗量的46%
9,352TWh



将电机的电力消耗削减**1%**，
就能削减相当于**17台核能发电机组（5.5TWh/台）**的耗电量。



电机的节能化能够有效削减电力消耗量。

2011年 W/W电力消耗量 20,330TWh
参展： Global Note OECD/IEA 2011

生活中不可缺少的电机设备

有刷DC电机、无刷DC电机、步进电机、.....



通过变频控制实现电机的节能化

■ 置换步进电机.....相同负载低速驱动时的比较

电机种类	消耗电力
步进电机	2.0 [W]
采用变频器控制的无刷直流 (BLDC) 电机	0.9 [W]

削減1.1W

电力消耗改善约**50%**

■ 单相感应电机的变频器控制化...用于小型冰箱时的电力消耗比较

控制方式	稳定运行时的电力消耗
无变频器控制	62W
变频器控制	48W

削減14W

电力消耗改善约**23%**

变频产品开发的三大课题

硬件：变频器电路设计复杂

- 随着电机和应用不同，电力消耗、功能等也不尽相同
- 电路设计、部件选型、基板设计、抗干扰对策...

软件：电机控制理论难以理解

- 需要理解多种多样的控制方式并从中选择
⇒ 矢量控制、无传感器控制、反馈控制、...
- 涉及范围广，需要知识与专业技术

开发工程：调试与调整很麻烦

- 安全地完成调试需要知识与专业技术
⇒ 电机不能停下，调试板的绝缘、...
- 不同电机与应用需要不同的调整技术

解决课题的三大提案

简单的电机控制评价套装

- 包含变频器、电控板和电机的评价套装，设置后立马运转
- 丰富的免费程序实例

大幅提高开发效率的开发支持软件

- ICS: MCU获取的数据（电流、电压、温度）可实时显示
- ICT: 连接电机，单击页面，仅需10秒就能完成自动调整。

实现电机节能静音的半导体产品和解决方案

- 丰富的针对电机控制的半导体产品线
- 先进的电机控制解决方案

简单的电机控制评价套装

瑞萨电子电机控制评价套装 (RSSK : Renesas Solution Starter Kit)



- **RX23T/24T**
 - 变频板
 - MCU电控板
 - 无刷直流电机
 - 应用文档
 - 软件例程

只要接通电源，立即就能让电机运转



- **RX62T 100pin**
- **RL78/G14 64pin**
 - 变频电控一体板
 - 无刷直流电机
 - E1仿真器
 - 应用文档
 - 软件例程

可以通过程序实例和应用笔记学习电机控制

可供下载的软件及技术资料

● 用于电机控制的程序实例

- 用于无传感器电机的120度方波控制
- 用于霍尔传感器电机的120度方波控制
- 用于无传感器电机的矢量控制
- 用于编码器电机的矢量控制

● 用于开发支持软件的库文件

- 用于显示波形的库文件(RX23T/24T/62T、RL78/G14)
- 用于自动调整的库文件(RX23T/24T RSSK)

● 技术资料（控制算法相关）

仅需下载，并写入到RSSK变频器用套装中，就能立即运转电机进行调试。

能够利用RSSK波形显示软件、自动调整软件进行开发。

软件以源代码形式提供。通过源代码能够理解微型控制器独有的内部设定、矢量控制。

可从瑞萨电子官方网站下载。

大幅提高开发效率的开发支持软件

变频器开发过程中存在的课题



参数调节费时费力，麻烦

电机常数、控制增益、控制理论...



需要测量设备、专业知识

丰富的调整对象、需要专业技术



调试时的限制很多

实时观测控制波形
安全对策（绝缘）、动态解析.....



ICT (In Circuit Tuner)
ICS (In Circuit Scope)
解决问题

无刷直流的控制需要进行21个项目的测量、调整

➤ 电机的固有常数测量 ⇒ 5个项目

电阻、d轴/q轴感应系数、转矩常数、惯量

➤ PI控制的增益调整 ⇒ 10个项目

d轴/q轴电流的PI控制增益与LPF常数、速度PI控制的PI控制增益与LPF常数

➤ 无传感器控制用参数计算调整 ⇒ 2个项目

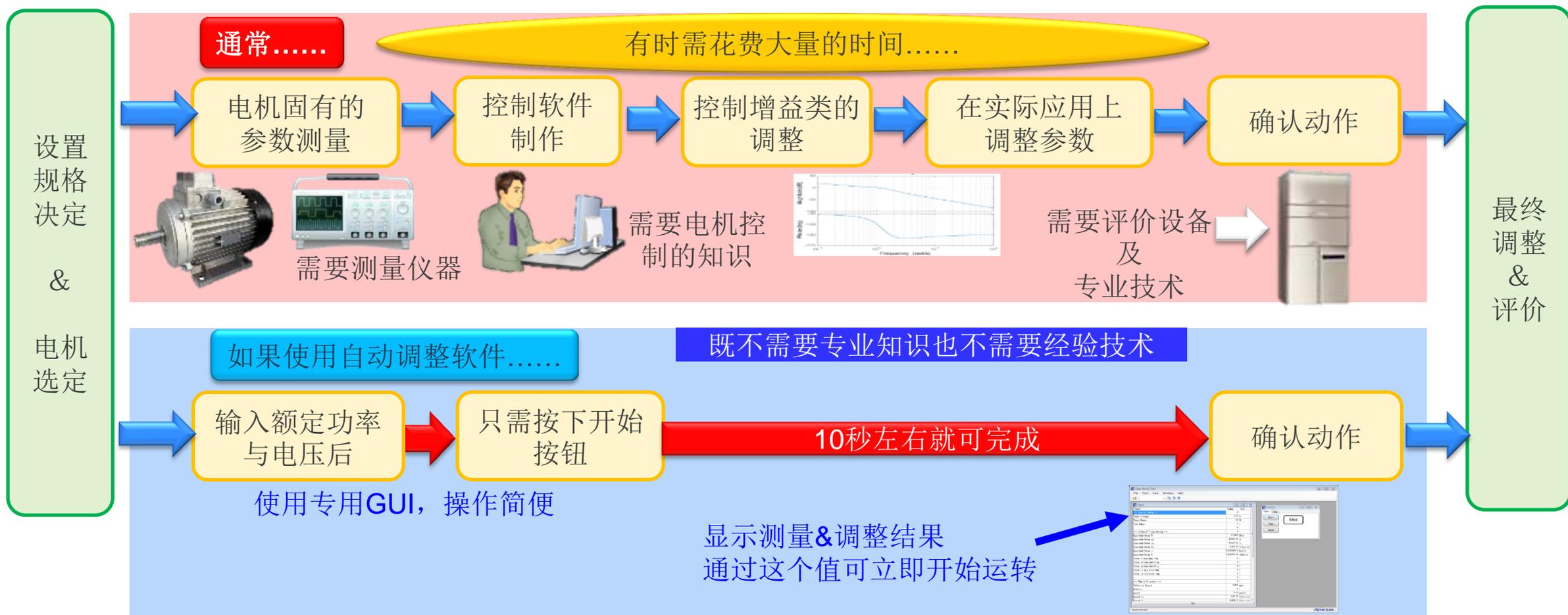
感应电压推定增益、位置推定增益

➤ 用于控制的参数设定 ⇒ 4个项目

最大电流、最大速度、开环驱动时必要的电流、加速度

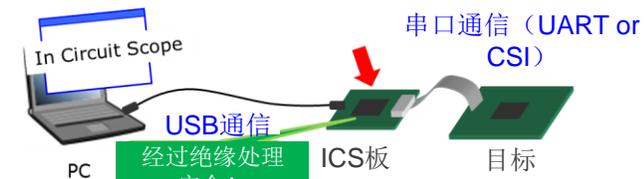
通过ICT(In Circuit Tuner)进行简单调整

无传感器矢量控制运转电机



通过ICS(In Circuit Scope)可简单完成调试

可确保安全性与实时性



传统方式与存在的问题

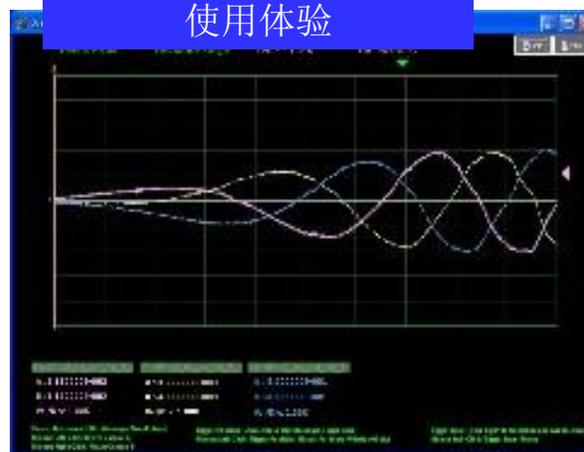
- 要运用示波器和调试器
 - 从电机电流波形难以了解内部状况
 - 在调试器上的观测，伴随程序停止等危险
- 内部数据需要通过外部DA转换器转换
 - I/O端口数有限
 - 从速度精度角度来看，很难选择适合的DA转换器
- 将数据保存在CPU中用Excel等分析
 - 没有实时性
 - 资源需要有余量
 - 步骤繁多麻烦，准备费时



仅需ICS即可解决所有问题！

- 不停止CPU的情况下进行实时调试
- 控制回路与PC得以绝缘，安全
- 所需资源仅UART与DTC，轻便

像示波器一样的
使用体验



变量设置

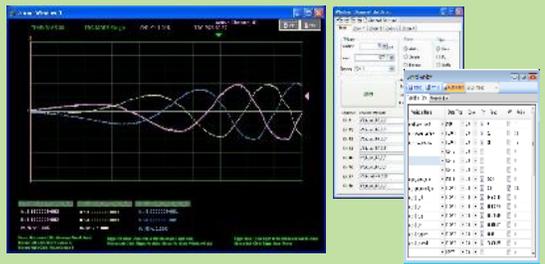
Variable Name	Address	Size	Unit	Scale	Offset	Color
motor_pos	0x00000000	4	rad	1	0	Blue
motor_vel	0x00000004	4	rpm	1	0	Green
motor_acc	0x00000008	4	m/s²	1	0	Red
motor_torque	0x0000000C	4	Nm	1	0	Yellow
motor_status	0x00000010	4	bit	1	0	Purple
motor_error	0x00000014	4	bit	1	0	Orange
motor_pwm	0x00000018	4	bit	1	0	Light Blue
motor_fault	0x0000001C	4	bit	1	0	Light Green
motor_run	0x00000020	4	bit	1	0	Light Red
motor_stop	0x00000024	4	bit	1	0	Light Purple
motor_clear	0x00000028	4	bit	1	0	Light Orange
motor_reset	0x0000002C	4	bit	1	0	Light Yellow
motor_init	0x00000030	4	bit	1	0	Light Cyan
motor_fault_clear	0x00000034	4	bit	1	0	Light Magenta
motor_run_clear	0x00000038	4	bit	1	0	Light Blue-Gray
motor_stop_clear	0x0000003C	4	bit	1	0	Light Green-Gray
motor_clear_clear	0x00000040	4	bit	1	0	Light Red-Gray
motor_reset_clear	0x00000044	4	bit	1	0	Light Purple-Gray
motor_init_clear	0x00000048	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_fault_clear	0x0000004C	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_run_clear	0x00000050	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_stop_clear	0x00000054	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_clear_clear	0x00000058	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_reset_clear	0x0000005C	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_init_clear	0x00000060	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_fault_clear	0x00000064	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_run_clear	0x00000068	4	bit	1	0	Light Blue-Gray
motor_stop_clear	0x0000006C	4	bit	1	0	Light Green-Gray
motor_clear_clear	0x00000070	4	bit	1	0	Light Red-Gray
motor_reset_clear	0x00000074	4	bit	1	0	Light Purple-Gray
motor_init_clear	0x00000078	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_fault_clear	0x0000007C	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_run_clear	0x00000080	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_stop_clear	0x00000084	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_clear_clear	0x00000088	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_reset_clear	0x0000008C	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_init_clear	0x00000090	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_fault_clear	0x00000094	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_run_clear	0x00000098	4	bit	1	0	Light Blue-Gray
motor_stop_clear	0x0000009C	4	bit	1	0	Light Green-Gray
motor_clear_clear	0x000000A0	4	bit	1	0	Light Red-Gray
motor_reset_clear	0x000000A4	4	bit	1	0	Light Purple-Gray
motor_init_clear	0x000000A8	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_fault_clear	0x000000AC	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_run_clear	0x000000B0	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_stop_clear	0x000000B4	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_clear_clear	0x000000B8	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_reset_clear	0x000000BC	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_init_clear	0x000000C0	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_fault_clear	0x000000C4	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_run_clear	0x000000C8	4	bit	1	0	Light Blue-Gray
motor_stop_clear	0x000000CC	4	bit	1	0	Light Green-Gray
motor_clear_clear	0x000000D0	4	bit	1	0	Light Red-Gray
motor_reset_clear	0x000000D4	4	bit	1	0	Light Purple-Gray
motor_init_clear	0x000000D8	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_fault_clear	0x000000DC	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_run_clear	0x000000E0	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_stop_clear	0x000000E4	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_clear_clear	0x000000E8	4	bit	1	0	Light Orange-Gray
motor_reset_clear	0x000000EC	4	bit	1	0	Light Yellow-Gray
motor_init_clear	0x000000F0	4	bit	1	0	Light Cyan-Gray
motor_fault_clear	0x000000F4	4	bit	1	0	Light Magenta-Gray
motor_run_clear	0x000000F8	4	bit	1	0	Light Blue-Gray
motor_stop_clear	0x000000FC	4	bit	1	0	Light Green-Gray
motor_clear_clear	0x00000100	4	bit	1	0	Light Red-Gray

- 变量显示
- 尺寸
- 触发器设置

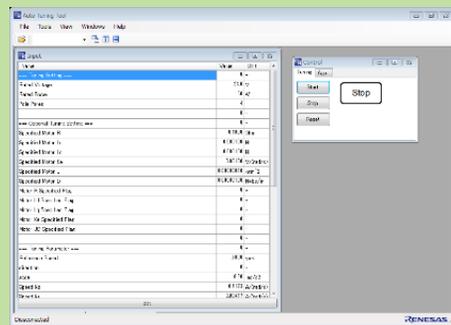


解决客户难题的，便利的开发支持工具群

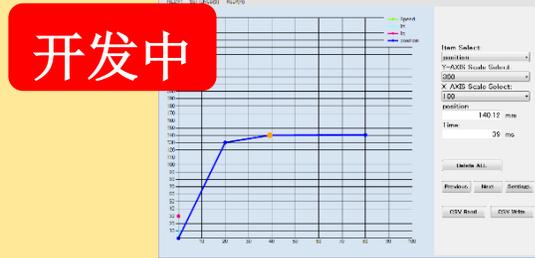
ICS: 调试、调谐、评价过程中可将内部状况以波形实时显示出来。



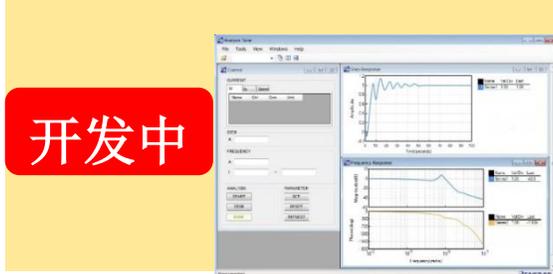
ICT: 自动调整参数测定以及增益。



速度、位置指令生成工具: 有助于调试、相应特性评价的便利工具。



稳定性分析&手动调谐工具: 支持控制性评价及最优化的工具。



持续开发更多的开发支持工具

单相感应电机调整工具: 轻松实现变频器驱动化的便利工具。



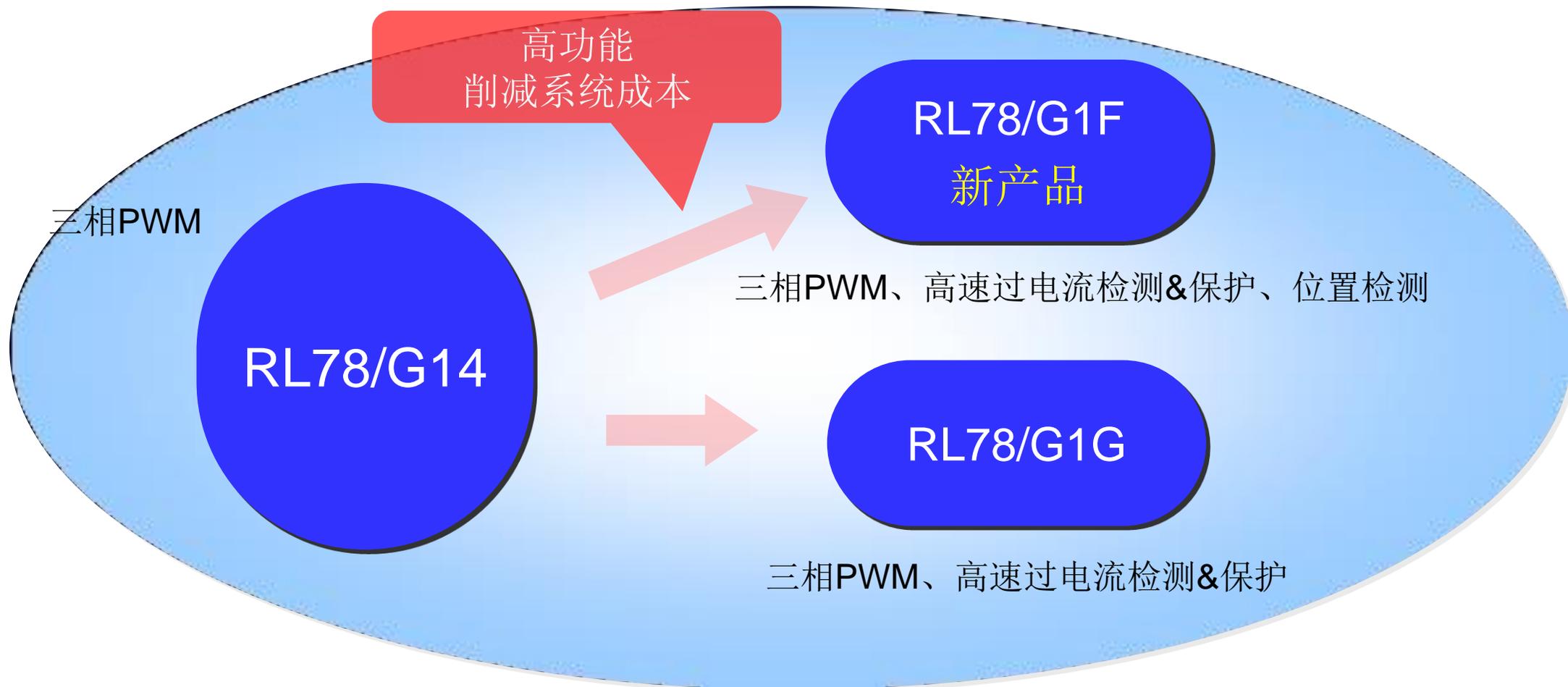
实现电机节能静音的产品和解决方案

变频控制MCU产品线



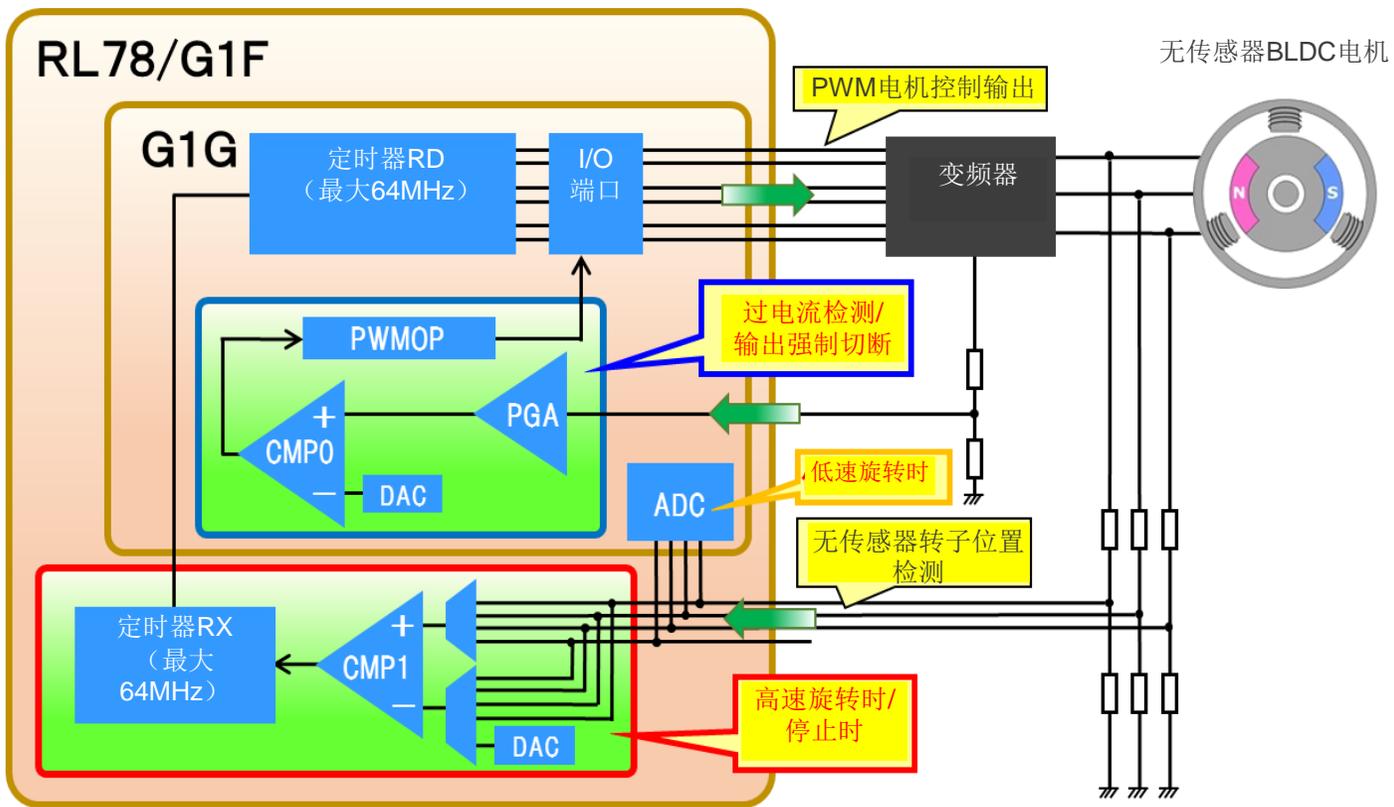
变频控制MCU – RL78/G1x系列

G14, G1F, G1G



通过RL78/G1F, G1G, 进行无传感器变频控制

内置功能可削减外部部件及实现无传感器控制



不需要CPU参与的高速过电流保护功能



无传感器BLDC电机的高速化



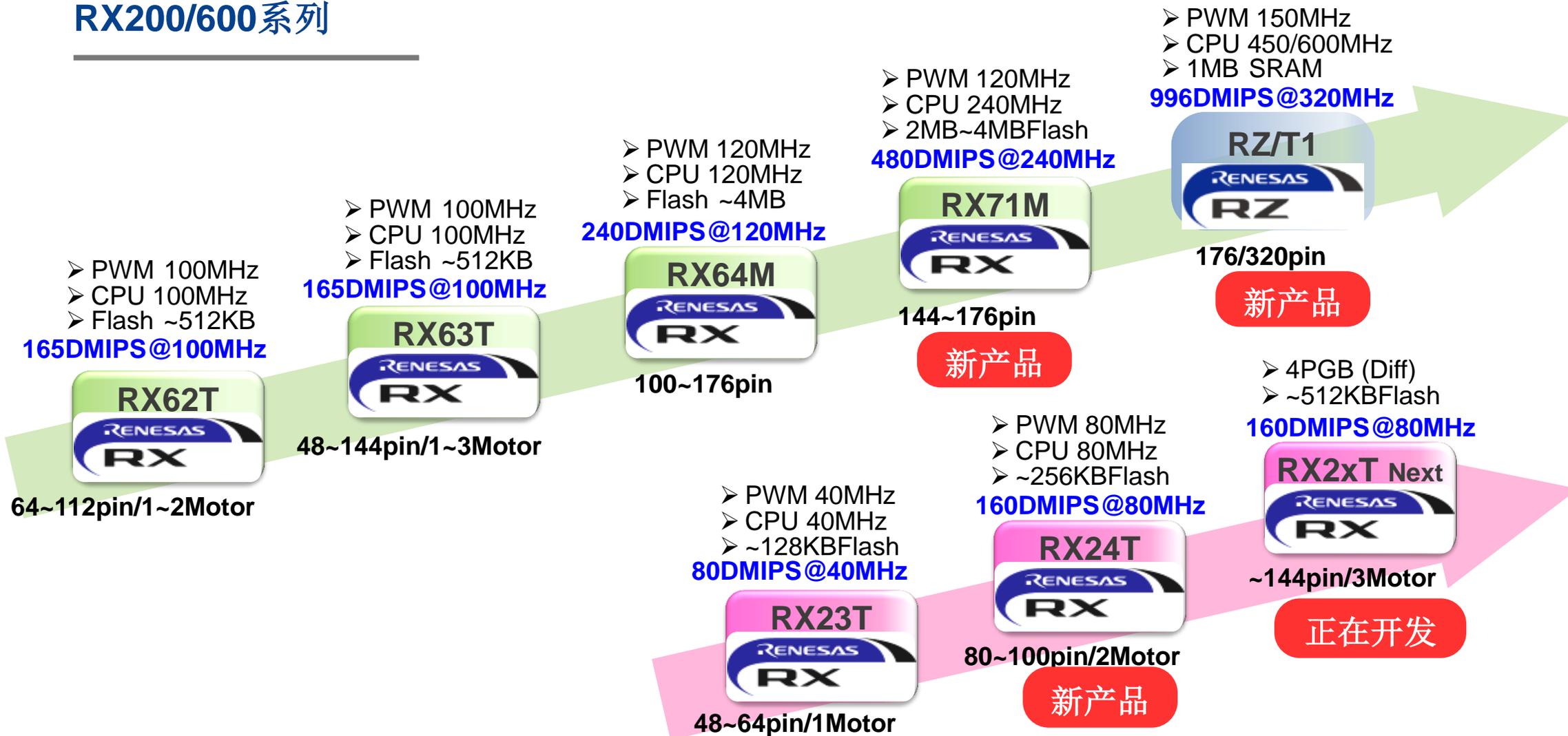
- 削减系统成本
 - 提高设计简便性
 - 提高设计自由度
- 小型化、省接线

 过电流检测/输出强制切断功能 (RL78/G1F, G1G)
 无传感器转子位置检测扩展功能 (RL78/G1F)

* PGA: Programmable Gain Amplifier

变频控制MCU – RX产品线

RX200/600系列



RX系列的CPU内核

CISC与RISC结合的瑞萨电子独创的高性能CPU

CISC微型控制器的特征

Complex Instruction Set Computer

- 丰富的存储器访问指令
- 丰富的指令
- 丰富的寻址模式
- byte可变长度指令
- 编码效率高

- 寄存器构成少
- 1命令/多时钟
- 无流水线处理
- 中断响应性能差

RX的优点

RISC与CISC的技术结合

实现近似CISC的编码效率

- 存储器 \leftrightarrow 存储器指令
- 73inst + DSP + FPU
- 10种寻址方式
- 指令大小：1~8byte

实现近似于RISC的高速化

- 32-bit \times 16个寄存器
- 1周期指令执行
- 5段流水线
- 5时钟的中断响应

RISC微型控制器的特征

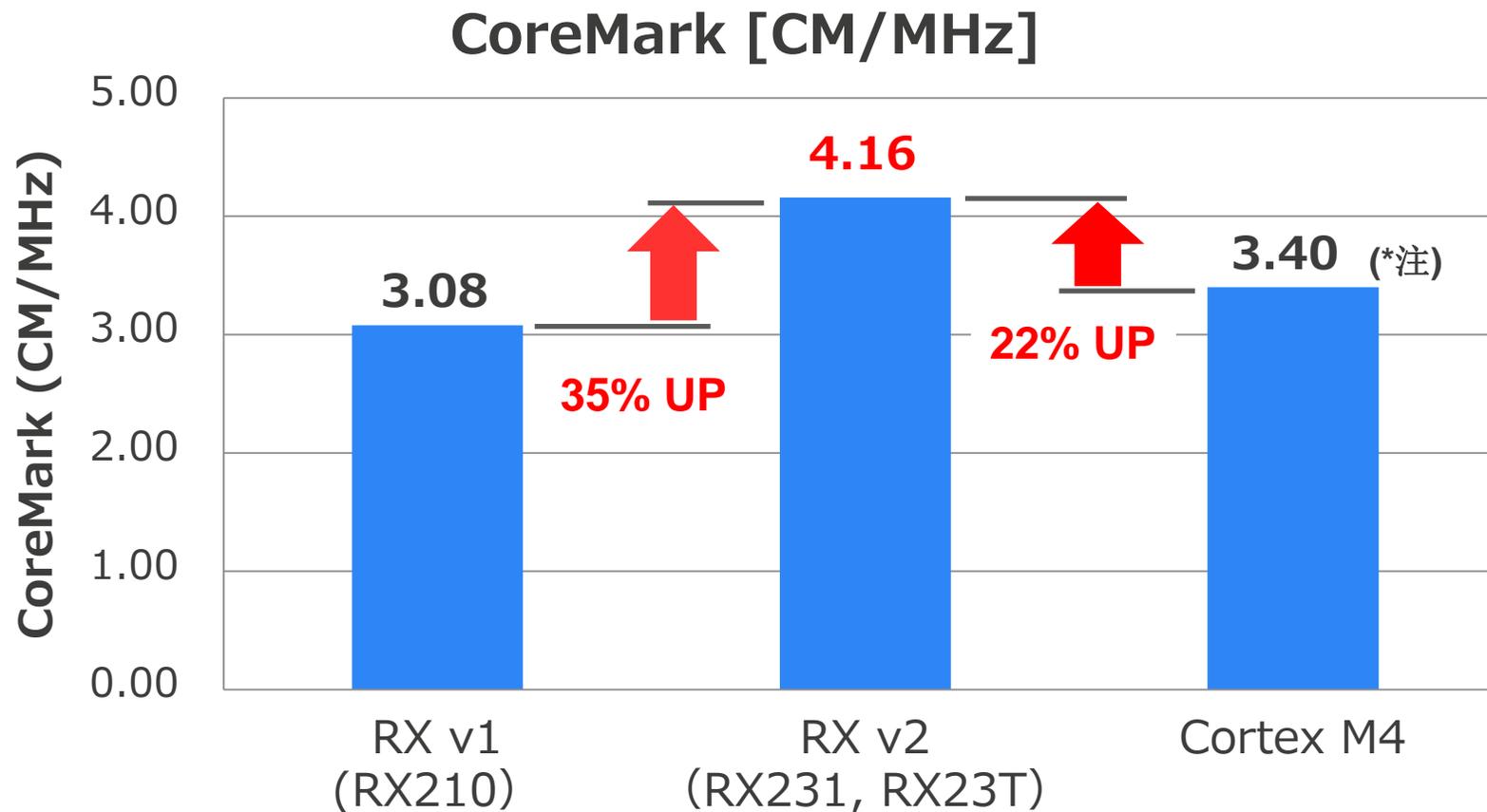
Reduced Instruction Set Computer

- 简单的存储器访问
- 指令少
- 寻址模式少
- 2/4/8固定长度指令
- 编码效率低下

- 多个寄存器构成
- 1命令/1时钟
- 有流水线处理
- 中断响应性能好

RX内核的性能

实现了凌驾于其他品牌32bitCPU之上的性能

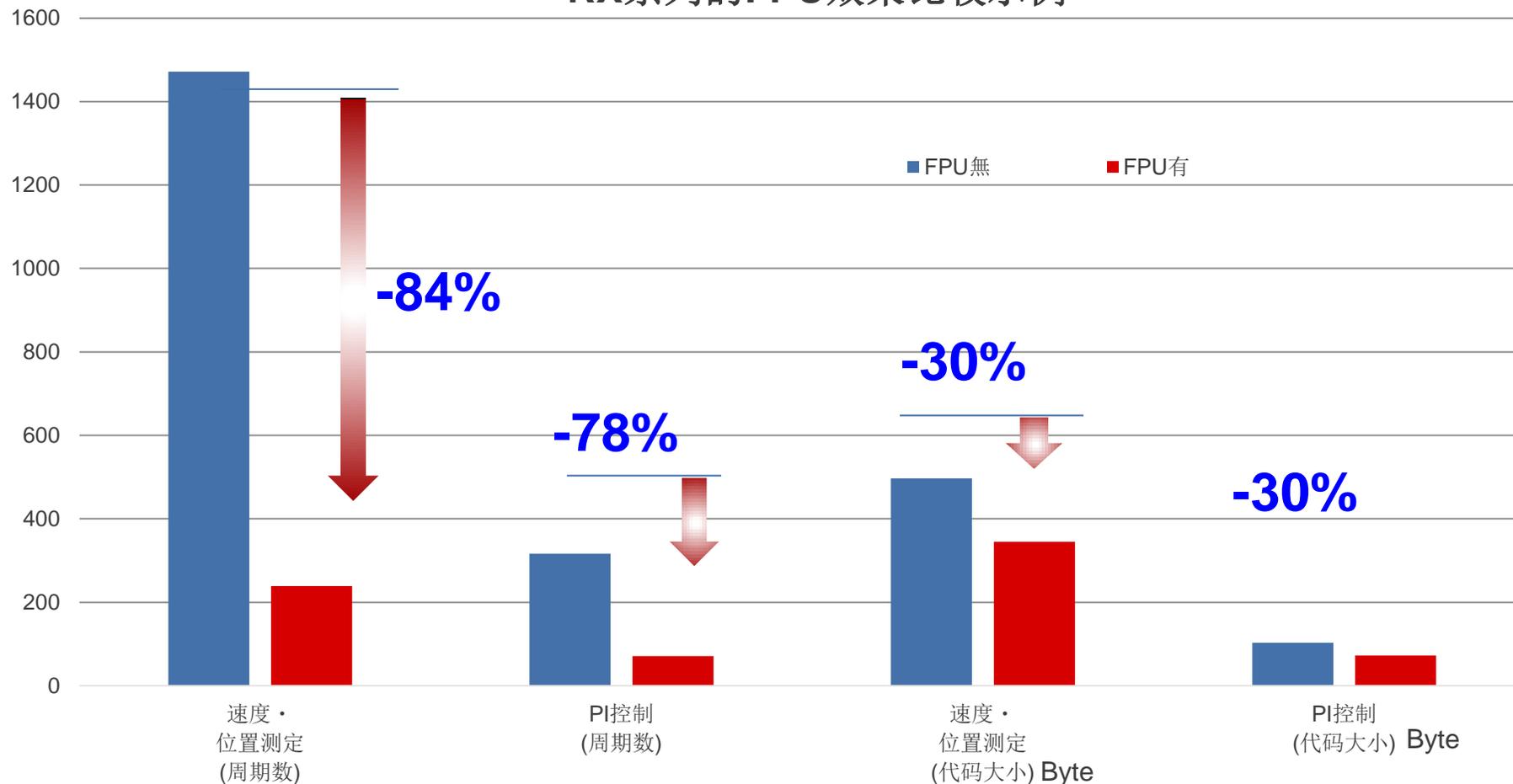


(*注) CoreMark官方网站(<http://www.coremark.org/>)

RX系列的FPU（浮点运算单元）效果

FPU能有效减少复杂数值运算的处理时间和编码容量

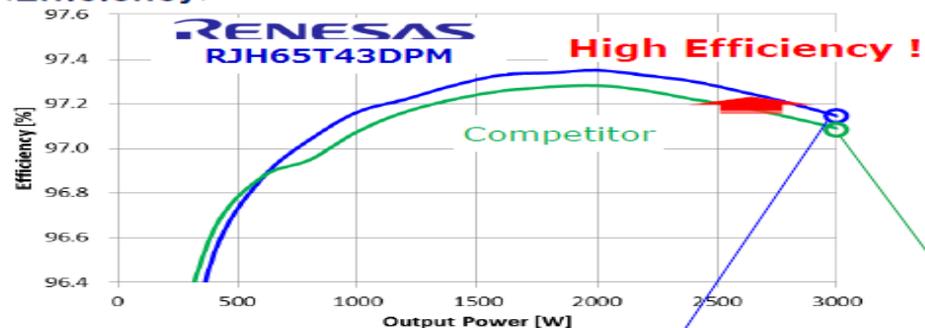
RX系列的FPU效果比较示例



G7H IGBT 产品线

~Comparison for PFC Full Switching Circuit~

<Efficiency>

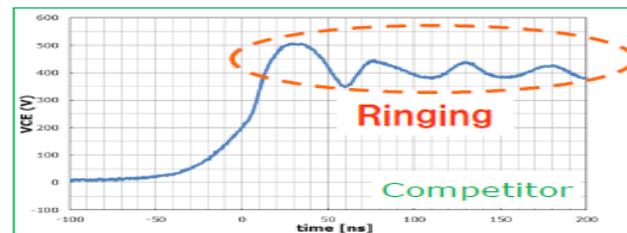
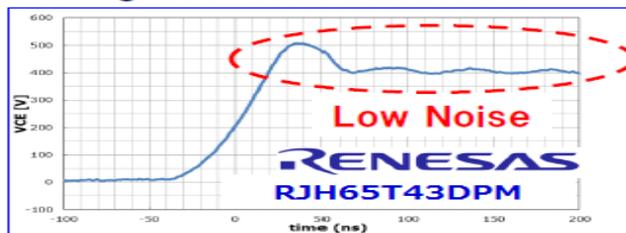


< Test Conditions >
R2A20114 Evaluation board(RENESAS),
Continuous Interleave, Ta=25degC,
Vin=200V(AC60Hz), Vout=390V(DC),
Po(max)=3kW(1.5kW/phase), fsw=30kHz,
Rg=20Ω, Diode:RJU6054TDPPE0

Renesas Evaluation Board

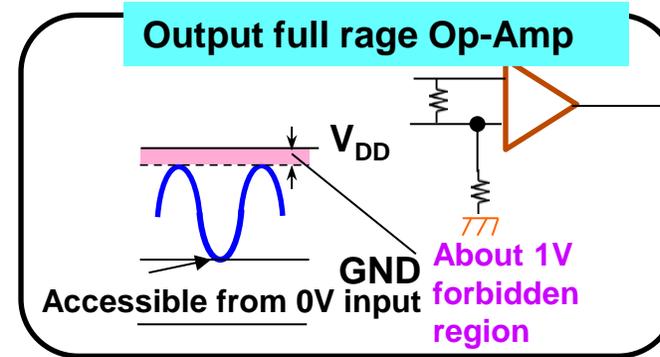
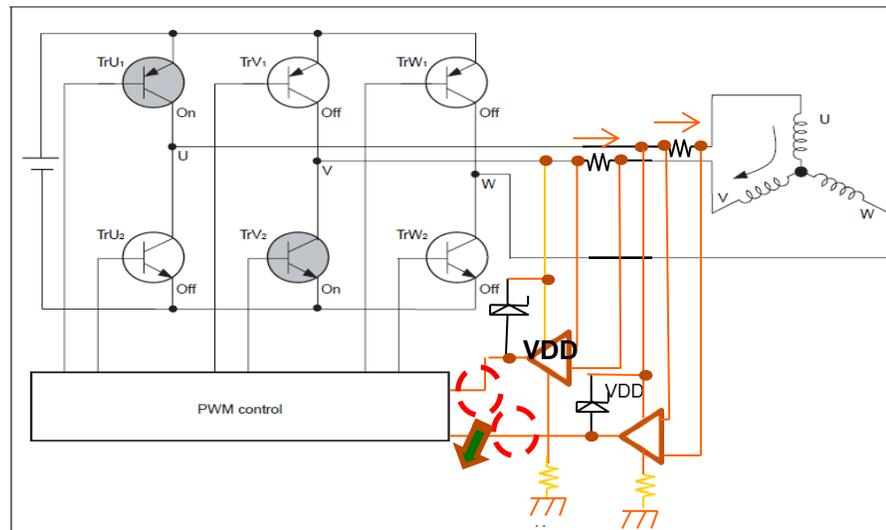


<Switching OFF VCE Waveform>



Vces (V)	IC (A)100C	Vce(sat) [TYP]	Diode	TO-3PFM	TO-247A
650 (G7H)	20	1.8@20A	-	RJP65T43DPM	
	30	1.8@30A	-		RJP65T43DPQ
	40	1.8@40A	Y		RJP65T46DPQ
	45	1.8@45A	Y		RJP65T47DPQ

高精度运算放大器READ2302G

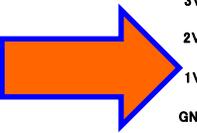
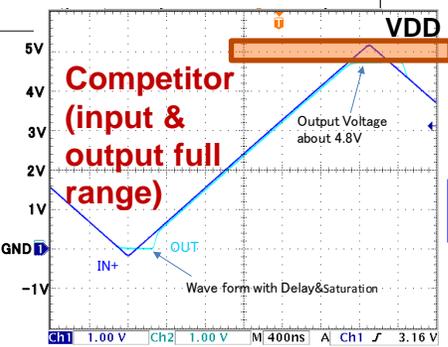
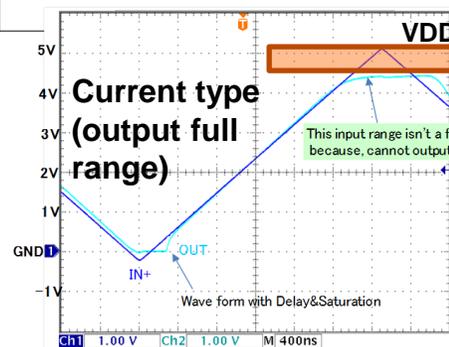


Wide Input range
=>Improve wave profile

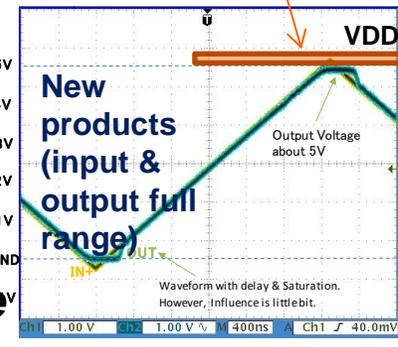
HA1630D06MM

Competitor

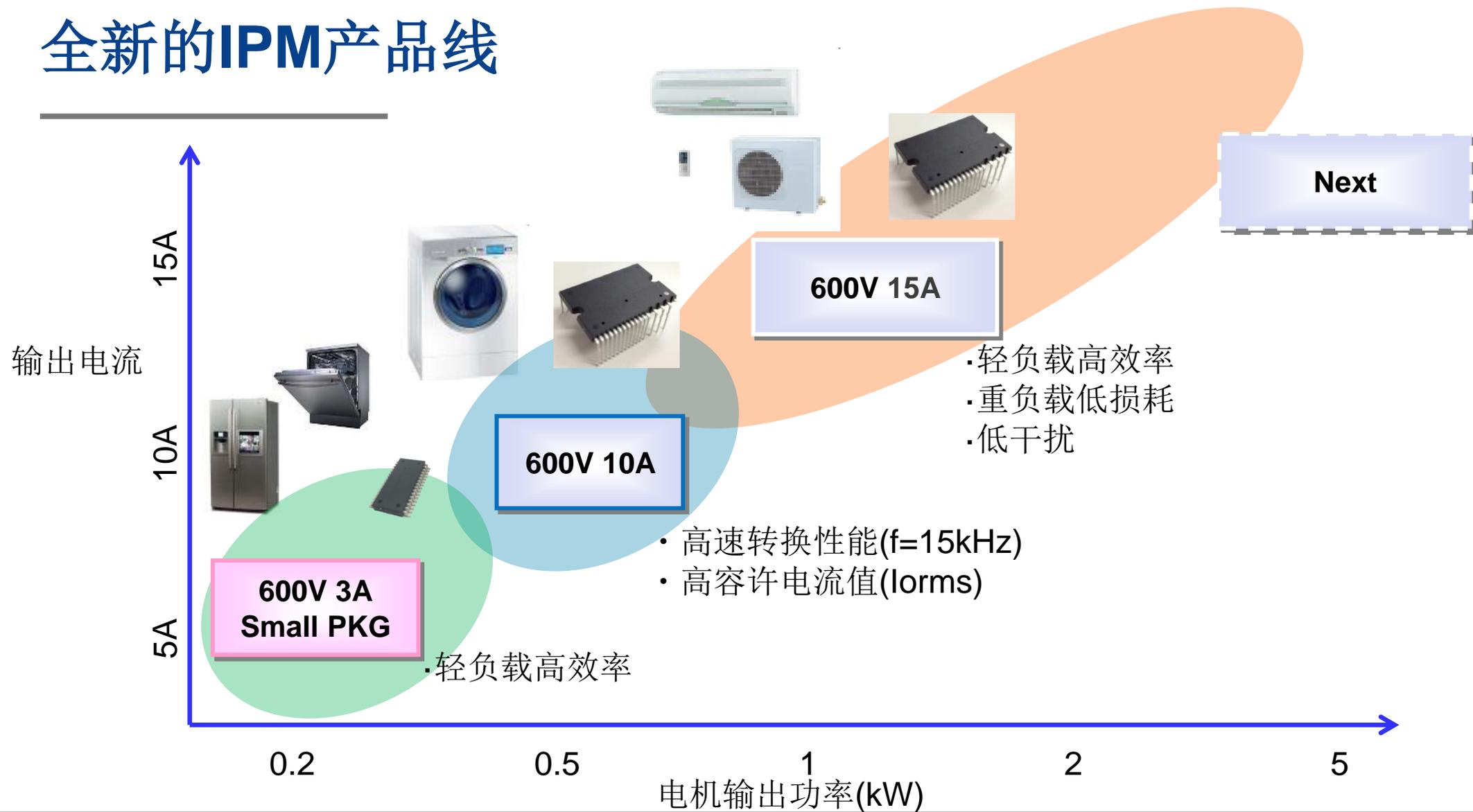
READ2302G



Improve

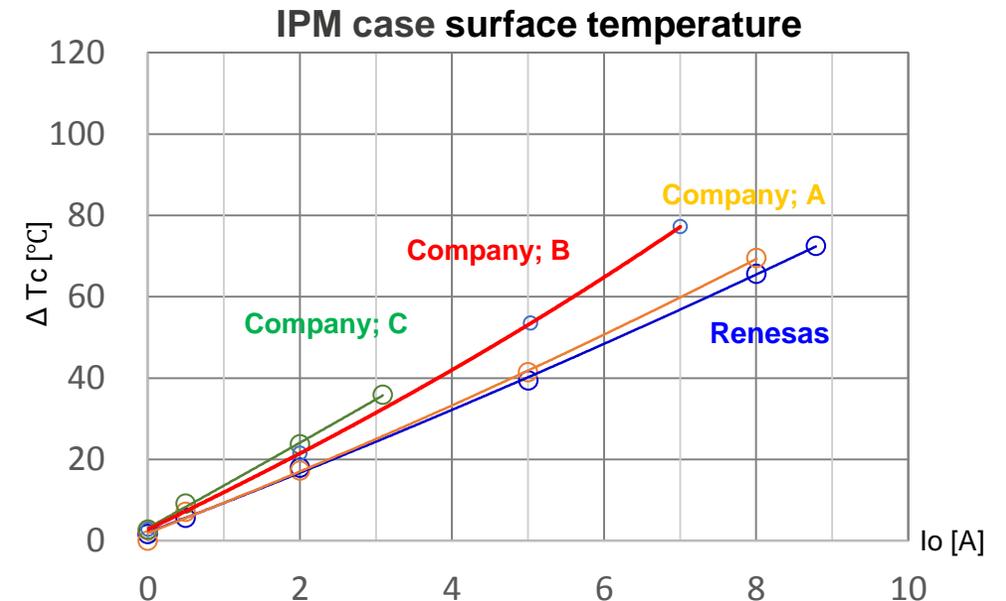
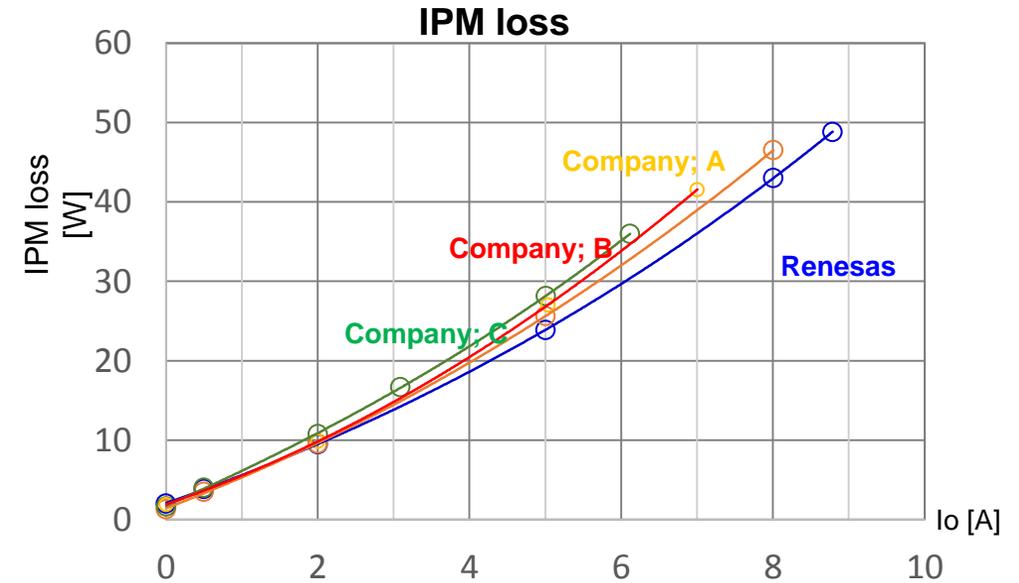


全新的IPM产品线



瑞萨电子IPM的优势

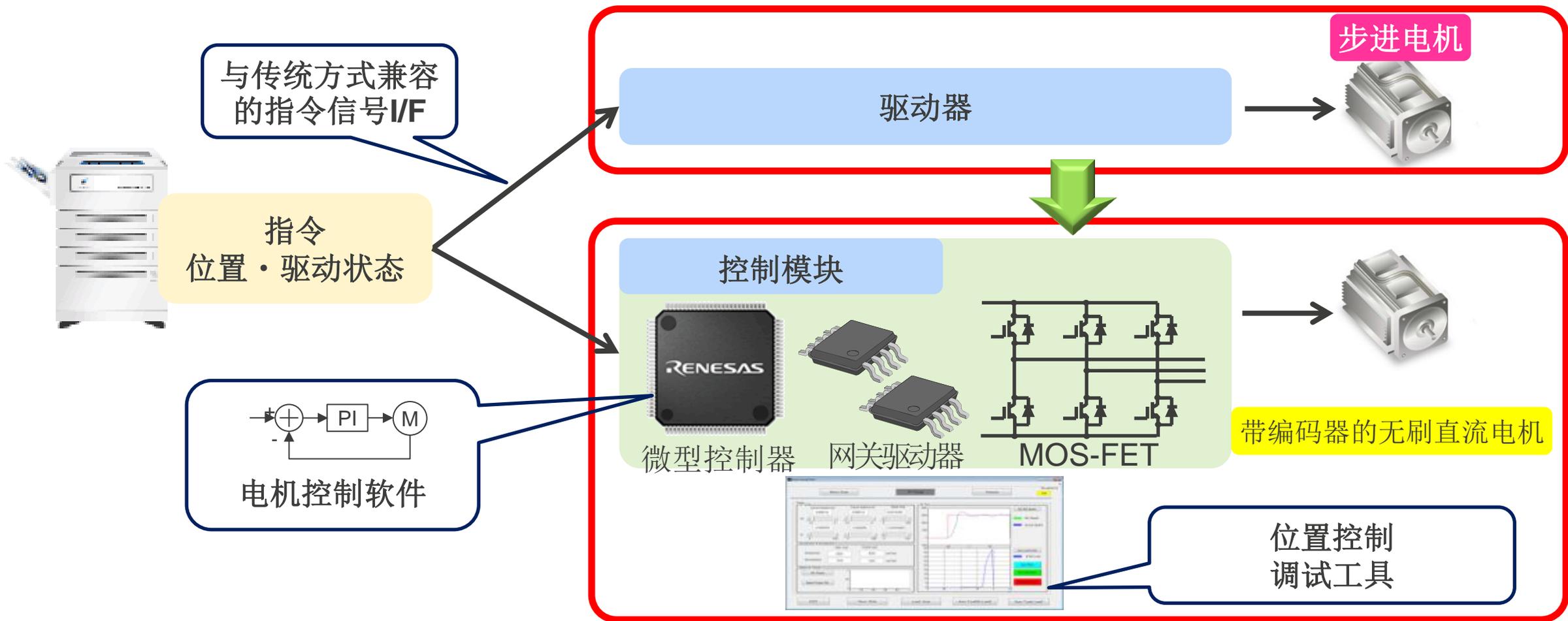
- 高效率 & 低EMI噪声
 - 采用高性能IGBT、FRD，实现低Vce(sat)、高速转换
 - 低噪声，提高EMI特性
- 内置瑞萨高耐压（800V）驱动IC，实现高可靠性
- 瑞萨电子独有功能
 - 上桥测、下桥侧全OFF过电流保护电路
 - 3.3V MCU完全适配（Vth(on)=2.2Vmax）
※其他品牌（Vth(on)=2.6Vmax）
- 配合瑞萨电子MCU的解决方案，开发更轻松
 - 实现MCU和IPM的最优化适配
 - 从开发到量产，提供整体解决方案支持



步进电机置换解决方案

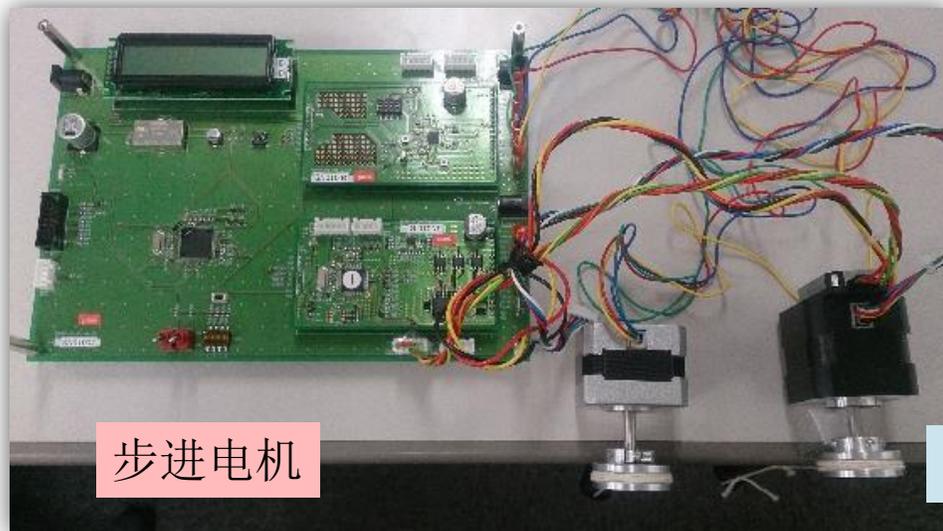
通过ICS调试工具、专用模块就能轻松调试

开发中



步进电机置换解决方案

置换效果消耗电力



步进电机

无刷直流电机

※以1.875rpm、
18.75rpm的速度连续进行上下运动



比较实验

用滑轮使配重上下动作（持续一定时间）进行比较

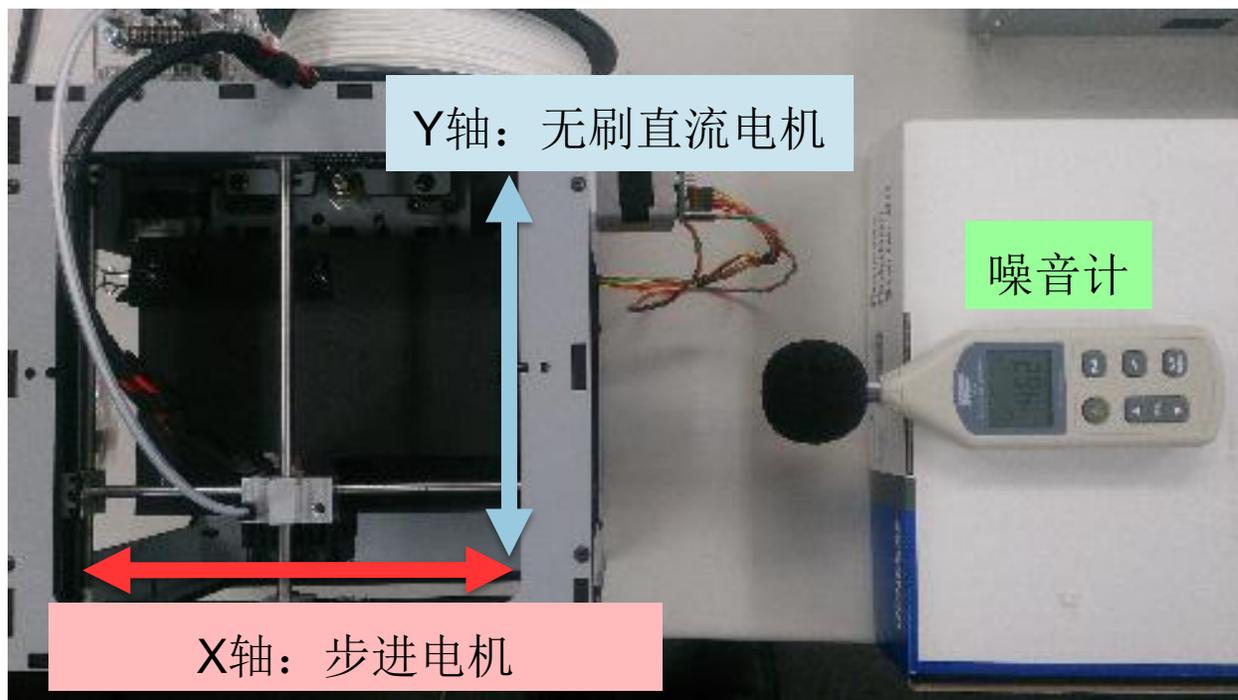
电机种类	驱动电流	消耗电力
步进电机	0.09[A]	2.0[W]
无刷直流电机	0.04[A]	0.9[W]

电力消耗改善约**50%**

步进电机置换解决方案

置换效果比较.....噪音等级

仅将3D打印机的1轴置换为无刷直流电机，比较噪音等级



※本公司实验室参考值

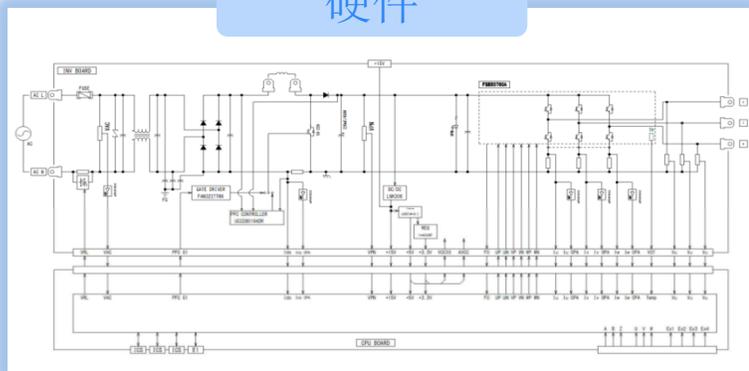
驱动状态	噪音等级
非动作时	约45dB (补偿)
X方向 步进电机	约68dB →电机噪音：约23dB
Y方向 无刷直流电机	约47dB →电机噪音：约2dB

静音性提高约**90%**

单相感应电机的变频化解决方案

发挥单相感应电机便宜的优势

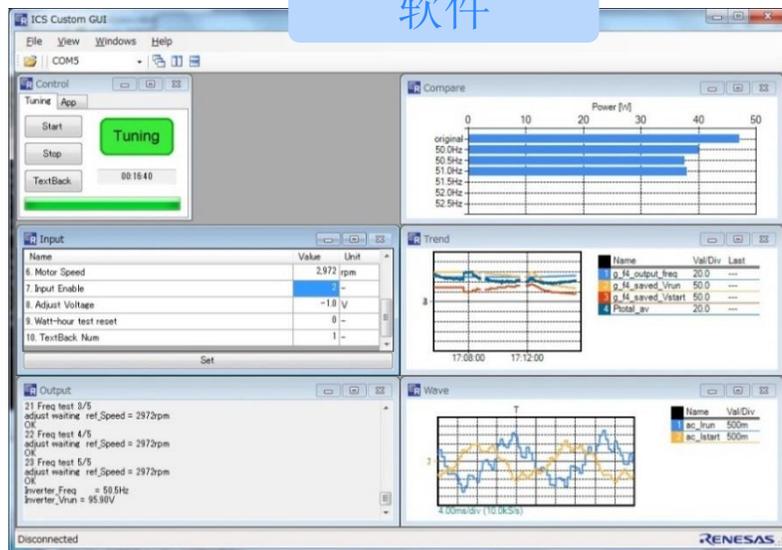
硬件



用于评价的变频板
有不同功率版本



软件



准备了可自动执行初步调整的调试套装

- 可变频驱动
- 高效率驱动

用变频板连接
AC感应电机



自动调整
控制参数

变频控制化
初步调整完成

单相感应电机的变频化解决方案

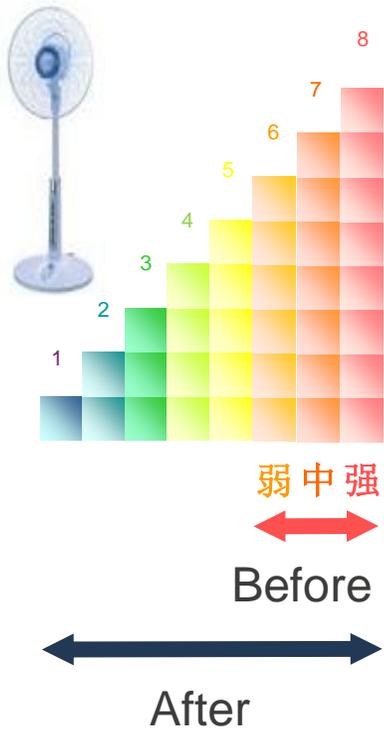
变频化的效果

可变速

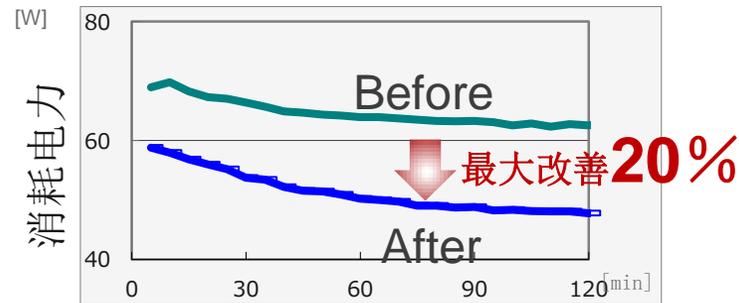
节能

小型冰箱

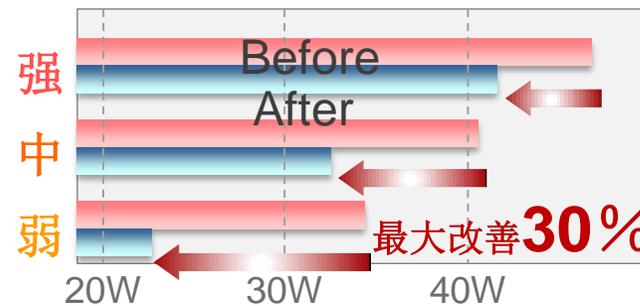
实现无级变速



减少励磁涌流



电冰箱电力消耗改善



电风扇电力消耗改善



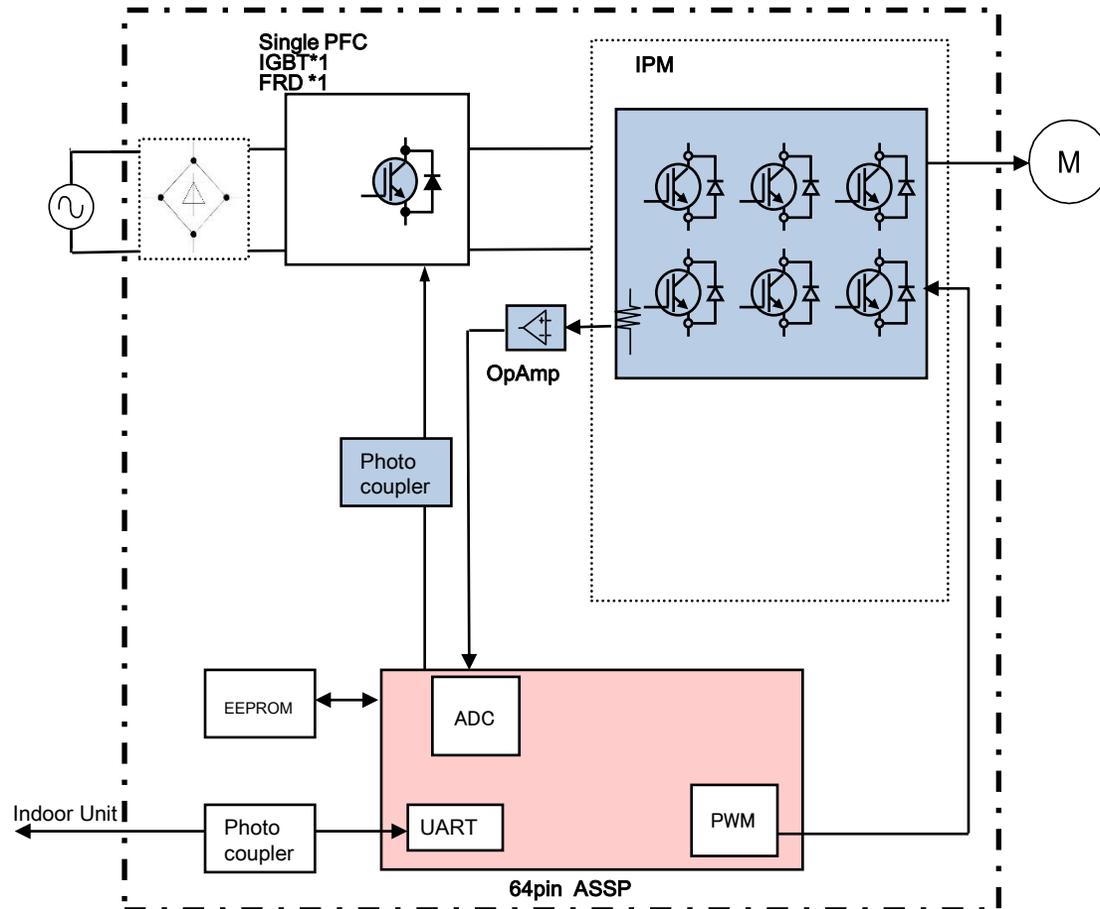
电风扇



全新的一站式变频空调解决方案

单电机驱动

ODU Block Diagram

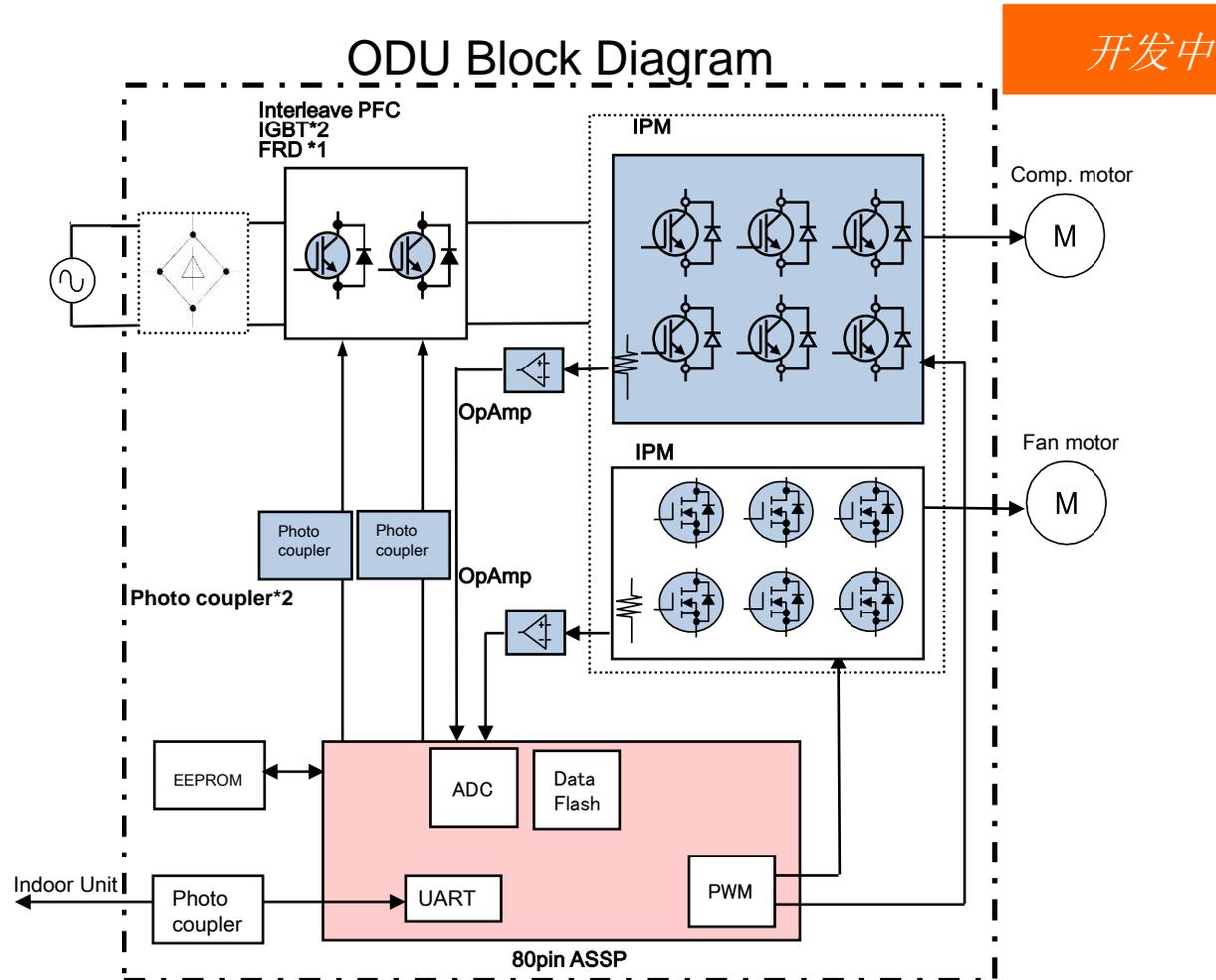


- 高性价比半导体产品组合
- 先进的变频控制技术
- 全面的软硬件开发支持
- 全面保障质量及供货
- 大幅降低客户成本

BOM List	
IC parts	P/N and Spec
ASSP for 1-motor	RX2Z2 64pin ASSP Motor Firmware
IPM for Comp. motor	RBZ015Q060VT2GDD (600V/15A)
Op Amp	READ2302GSP (rail to rail)
Photo coupler for PFC drive	PS9031
IGBT for Single type PFC	RJP65T43DPQ (30A, TO-247)

全新的一站式变频空调解决方案

双电机驱动



BOM List	
IC parts	P/N and Spec
ASSP for 2-motor	RX2Z3 80pin ASSP Motor Firmware
IPM for Comp. motor	RBZ015Q060VT2GDD (600V/15A)
IPM for Fan motor	RBZ003Q060VT0GDA (600V/3A)
Op Amp	READ2302GSP (rail to rail)
Photo coupler for PFC drive	PS9031
IGBT for Single type PFC	RJP65T43DPQ (30A, TO-247)
PFC-IC (*option, Full SW)	Interleave PFC

总结

总结

瑞萨电子为您提供“最佳的变频控制解决方案”

- 高性价比的MCU与模拟及功率器件
- 变频控制的开发支持工具
- 从开发到量产一站式支持

为客户实现：

- 缩短变频器开发周期
- 提高变频器性能
- 削减系统成本

www.renesas.com/zh-cn