

# RZ/T2H 单芯片实现工业机器人所需的高性能应用处理、多轴电机控制、工业以太网功能

**Koichiro Sugata**, Application Processor Product Marketing Department, Embedded Processing Business Development Division, Embedded Processing Business Unit, Renesas Electronics Corporation

## 概述

伴随工厂对无人化和节约劳动力的需求不断增长，对垂直关节机器人等工业机器人的需求也相应增加。为了实现此类工业机器人，需要配备控制多轴电机的实时性能与多轴电机控制功能、用于机械臂轨迹规划运算与 ROS 等中间件运行的高性能应用处理能力、以及用于连到工厂内部网络的工业以太网。在传统的工业机器人控制器中，使用 FPGA 控制电机，使用高性能 CPU 进行应用处理，使用面向工业以太网的专用芯片。这些设备都需要电源、时钟和内存，零部件数量相当多，这不但使得系统电路和布局设计复杂化，而且还要设计与评估 FPGA 的集成功能。

在本白皮书中，我们将介绍在单芯片上实现多达九轴的电机控制、高性能应用处理、多协议的工业以太网的方法。这种单芯片减少工业机器人中的零部件数量以及显著减少开发工时。

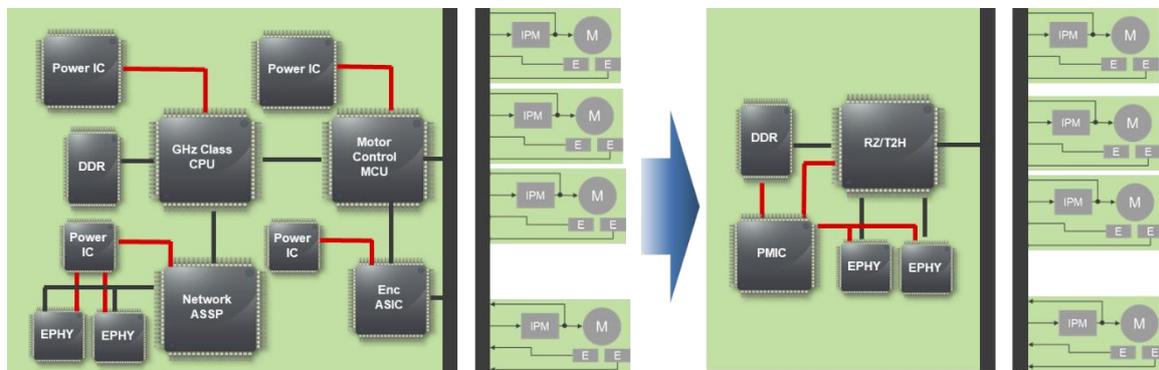


图 1. 通过 RZ/T2H 减少工业机器人零部件数量

## 在单芯片上实现多达九轴的工业机器人所需功能 ~通过最新 CPU、大容量紧密耦合内存和最佳架构实现高实时性能~

在工业机器人所用伺服电机的控制过程中，需要在规定的载流周期内执行电流环路处理，获取流经电机的电流值和位置信息，并设置三相 PWM 定时器的输出。在工业机器人中，这种电流环路处理是依据所装轴的数量执行操作，因此系统需要具备高精度实时性能。然而，传统的工业机器人需要通过可进行并行处理的 FPGA 和多个 MCU 来实现多轴电流环路处理。此外，工业以太网要求设备之间的同步精度，因此还需要配备适用于实时处理的 CPU。

RZ/T2H 处理器搭载 2 个工作频率为 1GHz 的实时 CPU Arm® Cortex®-R52，每个 CPU 搭载大容量紧耦合内存（576 KB），能够消除由于使用缓存而引起的执行时间波动，并且能够实现可靠的高速响应处理。此外，三角函数运算加速器（TFU）和电机控制使用的外设位于低延迟总线（LLPP 总线）上，直接连至 CPU，能够实现 CPU 高速访问，从而可加快电流环路处理。使用瑞萨的示例程序进行实际测量的结果表明，使用单个 CR52 可在 8us 以内执行九轴的电流环路处理，并且使用 RZ/T2H 能够实现 100kHz（= 10us）的载波频率。因此，RZ/T2H 的单个 CR52 可用于九轴电机控制，而另一个 CR52 可用于工业以太网。

此外，多轴电机控制需要 PWM 定时器用于与轴数相应的三相互补输出，需要 Delta-Sigma 调制器用于测量流经电机的电流值，还需要编码器接口用于获取位置信息。此外，PWM 定时器需要在轴间实现同步运行，而 A-format™、EnDat、BiSS®等编码器由于编码器厂商不同其协议也各异。为实现轴数所需的功能，PWM 定时器和多协议编码器之间的同步、FPGA 也被广泛用于此应用。

RZ/T2H 搭载前文所述九轴相应的 PWM 定时器、Delta-Sigma 调制器和编码器接口。九轴对应的 PWM 定时器能够同步运行，编码器接口也支持多协议。利用具备高实时性能和配备丰富电机控制外设的 RZ/T2H，能够减少零部件数量和 PCB 尺寸，还能够缩短原本用于开发 FPGA 相应功能的所需的工时。

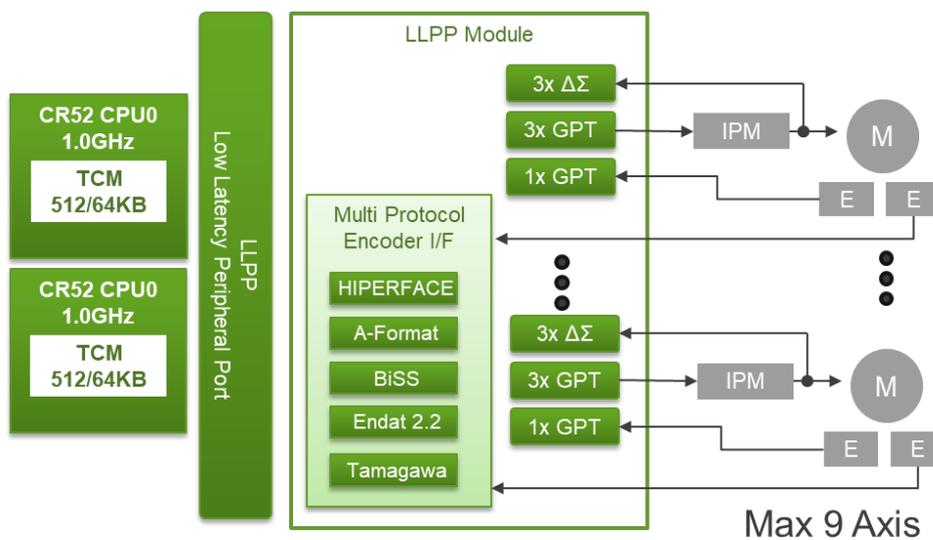


图 2. 九轴高速电机控制的硬件配置

## 高性能应用程序 CPU 实现高速处理

工业机器人控制器不仅需要多轴电机控制，还要实现高速应用处理。除了确保机械臂准确顺畅运动的轨迹规划运算以及基于轨迹规划各轴控制指令运算之外，近年来提供机器人控制用中间件的 ROS、能够与其他制造商或其他版本设备相连的 ORiN 等在 Linux 上运行的开源系统，都需要高性能 CPU 和 DDR 的支持。

RZ/T2H 配备四核 Cortex-A55 1.2GHz 作为执行应用程序的处理器。每个内核都配备 32KB/32KB 的 L1 I/D 缓存以及 1024 KB 的 L3 缓存作为通用缓存。此外，它还搭载了支持 LPDDR4-3200 32 位的 DDR 接口以及用于存储大型程序的 SD/eMMC，并且能够执行 Linux 应用程序。通过四个内核，可将 Linux、RTOS 和 Bare metal 组合起来使用，并支持缓存分区，将 L3 公共缓存的区域分配给每个内核。

以下图表是使用 RZ/T2H 和其他公司产品（搭载四个应用程序 CPU）在 Linux 上运行 UNIXBENCH 的结果。可以看出，RZ/T2H 在各个项目中都获得了 35-75% 的高分。通过采用 RZ/T2H，能够加快各轴电机指令值的更新周期，并处理更为复杂的轨迹规划算法，有助于实现更精确的机器人运动。

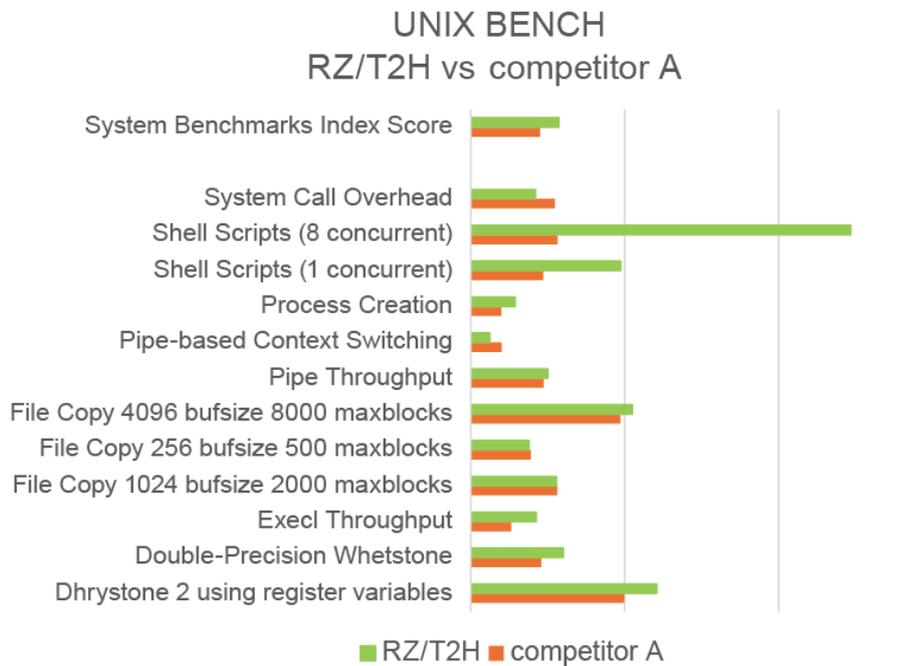


表 1. UNIXBENCH 执行结果

## 多协议支持多种以太网通信

在使用工业机器人的工厂中，利用 EtherCAT、PROFINET 和 EtherNet/IP 等工业以太网专注于实时通信，以便将来自不同厂商的不同设备连接到网络，并且提高设备之间的同步精度。为了多个机器人的同时工作和减少等待时间，设备之间的同步精度对生产效率有重大影响。在传统的工业机器人中，使用专用芯片来支持这些多样化的工业以太网。不仅仅是工业以太网，还需要独立于工业以太网的以太网通信，以便与 PC 和管理系统通信以进行状态监测和软件版本升级，以及连接到外部 HMI 设备。

RZ/T2H 包括四个外部以太网端口、三个千兆以太网 MAC(GMAC)、千兆以太网交换机 (ETHSW) 和 EtherCAT®从控制器 (ESC)，支持 EtherCAT、PROFINET RT/IRT、EtherNet/IP™、OPC UA 等主要工业以太网通信协议以及全新标准 TSN。通过将 GMAC、ETHSW、ESC 等分配给四个外部以太网端口，即可支持多种以太网。例如，两个端口用于工业以太网，另外两个端口可用于通用以太网。如果不需要工业以太网，则最多有三个端口可用于通用以太网，这样就能灵活地设置网络功能。此外，ETHSW 的 TDMA 和 ESC 的 DC (Distribute Clock) 等网络同步信号连接到 RZ/T2H 内的 Event Link Controller (ELC)，外围功能可以低延迟运行，故而也可与连接到网络的不同设备实现同步动作。这样，系统可与连接到网络的设备实现高精度同步动作，从而有望提高生产率。

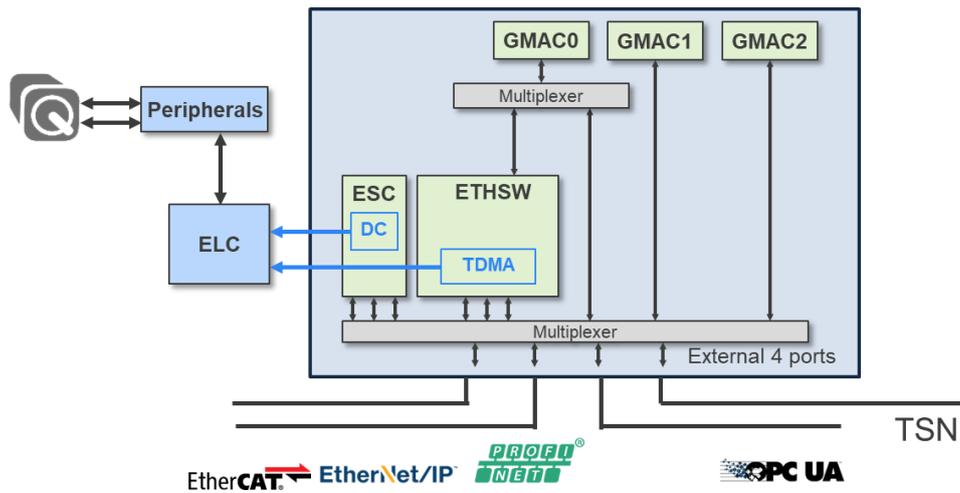


图 3. 支持使用多种协议进行多种以太网通信的硬件配置

## 总结

本白皮书介绍了如何使用 RZ/T2H 提升工业机器人的性能，并大幅减少零部件数量和开发工时的方法。因此，RZ/T2H 的用户不仅可以提升工业机器人的竞争力，还可以缩短上市时间。

我们提供的解决方案能让用户体验如何利用 RZ/T2H 实现九轴电机控制。九轴电机控制用示例程序可从瑞萨公司网站下载。设备所需硬件的 RZ/T2H 评估板、能够驱动九轴电机的逆变器板以及电机可从瑞萨公司在线商店购买。有关产品的详细信息，敬请参阅 RZ/T2H 产品页面。

## 相关信息

[RZ/T2H](#): 先进的高端 MPU，集成了强大的应用处理功能和高精度实时控制性能，高达 9 轴电机控制

[RZ/T2H 评估套件](#): RZ/T2H MPU 的评测和开发套件

[ROS](#): ROS (Robot Operating System)，机器人开发用开源软件

[ORIN](#): ORiN 协会 |超越标准壁垒连接设备和集成系统的中间件

### 重要通知和免责声明

瑞萨电子株式会社及其关联公司（以下简称“瑞萨”）的技术规范和可靠性数据（包括数据手册）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、Web 工具、安全信息以及其他资源“按原样”提供，不保证无瑕疵。瑞萨不做任何明示或暗示保证，包括但不限于产品适销性、特定用途适合性或不侵犯第三方知识产权的保证。

这些资源的适用对象为使用瑞萨产品熟练进行设计的开发人员。以下事宜请自行负责：(1)为您的应用选择合适的产品，(2)设计、验证和测试您的应用，(3)确保您的应用符合适用标准以及安全性等所有其他要求。这些资源如有更改，恕不另行通知。瑞萨仅授权您将这些资源用于开发采用瑞萨产品的应用。严禁复制这些资源或用于其他用途。我们未授予任何其他瑞萨知识产权或任何第三方知识产权的许可。

瑞萨对因使用这些资源而产生的任何索赔、损害、成本、损失或负债概不负责，且瑞萨及其代表的全部损失须由您赔偿。瑞萨的产品仅遵守瑞萨的销售通用条款和条件，或书面签订的其他适用条款。使用瑞萨的任何资源不会扩大或更改这些产品的任何适用保修或保修免责声明。

(Rev.1.0 Mar 2020)

### 公司总部

135-0061, 日本东京江东区  
豊洲 3-2-24, TOYOSU FORESIA  
<https://www.renesas.com>

### 联系信息

有关产品、技术的更多信息，文档的最新版本，或  
离您最近的销售办公室，请访问：  
<https://www.renesas.com/contact-us>

### 商标

瑞萨电子的名称和徽标是瑞萨电子公司的商标。所有商  
标和注册商标均为其各自合法所有者的财产。

© 2024 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.

Doc Number: R01WP0025CC0100