

# 産業ロボットに求められる高性能アプリケーション処理、 多軸のモータ制御、産業イーサネットを RZ/T2H ワンチップで実現

ルネサスエレクトロニクス エンベデッドプロセッシングプロダクトグループ

エンベデッドプロセッシングビジネスディベロップメント統括部

アプリケーションプロセッサプロダクトマーケティング部 菅田浩一郎

## 概要

工場における無人化、省人化のニーズの高まりに伴い、垂直多関節型ロボットなどの産業用ロボットのニーズがますます高まっています。この産業ロボットを実現するには、複数軸のモータを制御するためのリアルタイム性能と軸数分のモータ制御機能、ロボットアームの軌道計画算出や ROS などのミドルウェアを実行するための高性能なアプリケーション処理性能、そして工場内のネットワークに接続するための産業イーサネットの対応が必要です。従来の産業ロボットコントローラではモータ制御向けに FPGA、アプリケーション処理向けに高い性能を持つ CPU、そして産業イーサネット向けの ASSP が使用されてきました。これらのデバイスにはそれぞれ電源、クロック、メモリが必要であり部品点数は非常に多く、システムの回路レイアウト設計が複雑なだけでなく、FPGA に搭載する機能の設計/評価も必要です。

本ホワイトペーパーでは、最大 9 軸のモータ制御、高性能アプリケーション処理、そしてマルチプロトコルに対応した産業イーサネットをワンチップで実装し、産業ロボットの部品点数削減や、大幅な開発工数の削減を実現できることを紹介します。

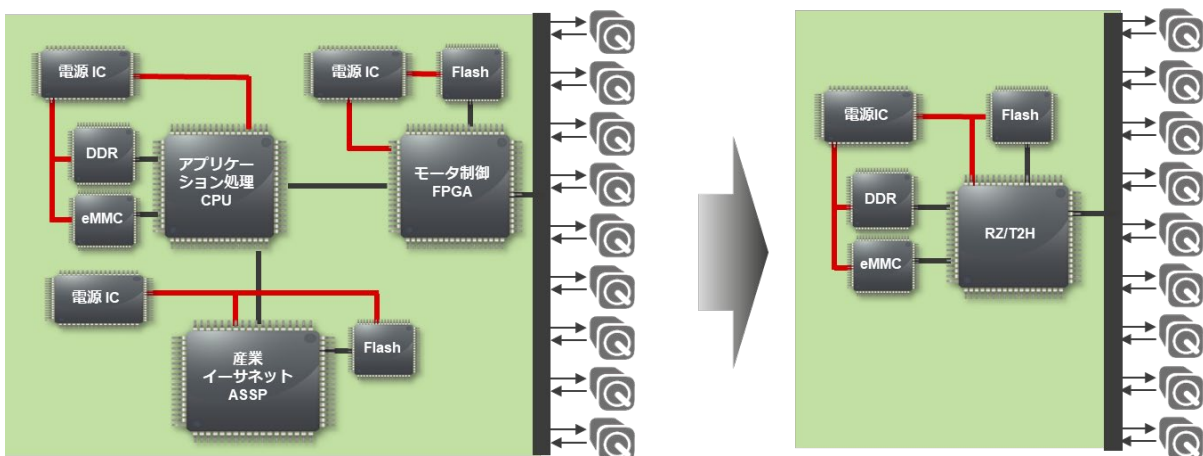


図 1. RZ/T2H による産業ロボットの部品点数削減

## 最大 9 軸の産業ロボットに求められる機能をワンチップで実現

### ~最高性能リアルタイム CPU と、多軸制御に必要な機能を全て搭載~

産業ロボットで使用されるサーボモータの制御では、決められたキャリア周期内に、モータに流れる電流値と、位置情報を取得し、三相 PWM タイマの出力を設定する電流ループ処理を実行する必要があります。そして、産業ロボットではこの電流ループ処理を搭載軸数分実行するため、高精度なリアルタイム性能が求められます。従来の産業ロボットでは並列処理を可能とする FPGA や、複数の MCU を使用して多軸の電流ループ処理を実現していました。また、産業イーサネットでは、機器間での同期精度が求められるため、同様にリアルタイム処理に適した CPU が必要です。

RZ/T2H プロセッサには動作周波数 1GHz のリアルタイム CPU Arm® Cortex®-R52 を 2 個と、大容量の密結合メモリ(576KB)を各 CPU に搭載しており、キャッシュメモリの使用で起こる実行時間のブレをなくし確定的な高速応答処理を実現可能です。さらに、三角関数演算アクセラレータ(TFU)やモータ制御で使用されるペリフェラルは CPU 直結の低遅延バス(LLPP バス)に配置し、CPU から的高速なアクセスを可能とすることで、電流ループの高速化を実現しています。弊社サンプルプログラムを使用して実測した結果、1つの CR52 で 9 軸分の電流ループ処理を 8us 未満で実行でき、RZ/T2H で 100kHz のキャリア周波数(=10us)を実現しました。そのため、RZ/T2H の 1 つの CR52 で 9 軸分のモータ制御を行うことができ、更にもう一つの CR52 で産業イーサネットに対応する事が可能です。

また、複数軸のモータ制御には軸数分の三相の相補出力に対応した PWM タイマ、モータに流れる電流値測定向けのデルタシグマデモジュレータ、そして位置情報取得のためのエンコーダ IF が必要です。また PWM タイマは軸間の同期動作が必要であり、エンコーダは A-format™、EnDat、BiSS®などエンコーダメーカーごとにプロトコルが異なります。必要な軸数分の機能と PWM タイマ間の同期を実現し、マルチプロトコルのエンコーダに対応するため、こちらでも FPGA が多く採用されてきました。

RZ/T2H には、前述した PWM タイマ、デルタシグマデモジュレータ、エンコーダ IF が、9 軸分搭載されています。9 軸分の PWM タイマは同期して動作することが可能であり、エンコーダ IF もマルチプロトコルに対応しています。高いリアルタイム性能と、モータ制御向けの豊富なペリフェラルを搭載した RZ/T2H を使用することで、従来必要であった FPGA を削減し、部品点数と PCB サイズの低減だけでなく、FPGA に搭載する機能の開発工数も削減することが可能です。

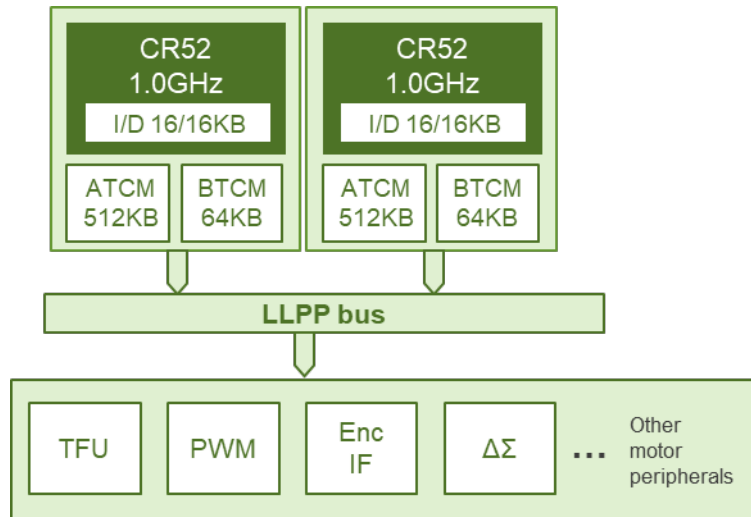


図 2. 9 軸のモータ制御の高速化を実現するハードウェア構成

## 高性能アプリケーション CPU で高速処理を実現

産業ロボットコントローラには複数軸のモータ制御だけでなく、高速なアプリケーション処理も必要です。アームが正確で滑らかな動作を行うための軌道計画算出、軌道計画をもとにした各軸制御への指令値計算に加え、近年ではロボット制御のためのミドルウェアを提供する ROS、他メーカー・バージョンの機器との接続を可能にする ORiN といった Linux 上で動作するオープンソースを実行するために、高性能の CPU と DDR のサポートが必要です。

RZ/T2H はアプリケーション処理用プロセッサとしてクワッド Cortex-A55 1.2GHz を搭載。各コアに 32 KB/32 KB の L1 I/D-キャッシュと、共通キャッシュとして 1024 KB の L3 キャッシュを実装しています。さらに、LPDDR4-3200 32bit をサポートする DDR IF と、大容量のプログラムを格納するための SD/eMMC を備えており、Linux アプリケーションの実行も可能です。また 4 つのコアで Linux、RTOS、ベアメタルを組み合わせ使用することが可能であり、L3 共通キャッシュをコア毎に領域を割り当てるキャッシュパーティショニングにも対応しています。

以下のグラフは RZ/T2H と他社製品(アプリケーション CPU を 4 つ搭載)を使用し、Linux 上で UNIXBENCH を実行した結果です。RZ/T2H は各項目で 35~75% の高いスコアを獲得していることがわかります。RZ/T2H を採用することで、各軸のモータに対する指令値の更新周期を高速化したり、より複雑な軌道計画のアルゴリズムを処理する事が可能になり、より精密なロボット動作の実現に貢献できます。

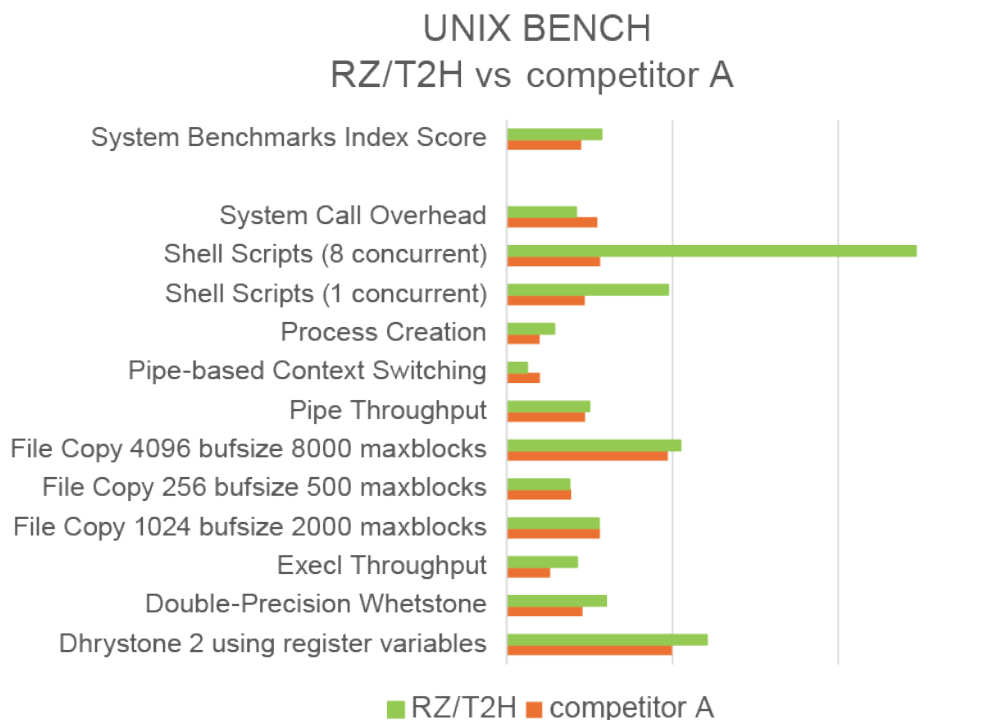


表 1 UNIXBENCH 実行結果

## マルチプロトコルで複数のイーサネット通信に対応

産業ロボットが使用される工場では、様々なメーカーの異なる機器をネットワークに接続し、更に機器間の同期精度を上げるためリアルタイム通信に特化した EtherCAT や PROFINET、EtherNet/IP などの産業イーサネットが使用されています。複数ロボットの同時作業や待ち時間の削減にむけ機器間の同期精度は生産効率に大きく影響します。従来の産業ロボットでは、これら複数の産業イーサネットに対応するため、専用の ASSP が使用されてきました。そして、産業イーサネットだけでなく、状態監視やソフトウェアのバージョンアップのため PC や管理システムと通信、外部の HMI 機器と接続するため、産業イーサネットとは別に独立したイーサネット通信の搭載が必要です。

RZ/T2H には、4 つの外部イーサネットポート、3 つのギガビットイーサ MAC (GMAC) と、ギガビットイーサネットスイッチ (ETHSW)、EtherCAT@スレーブコントローラ (ESC) を搭載しており、EtherCAT、PROFINET RT/IRT、EtherNet/IP™、OPC UA などの主要な産業イーサネット通信プロトコルや次世代規格の TSN (Time-Sensitive Networking) に対応可能です。4 つの外部イーサネットポートに GMAC や ETHSW、ESC などを割り当てることにより複数のイーサネットを実装できます。例えば 2 ポートを産業イーサネットに使用し、残りの 2 ポートを汎用イーサネットに使用することや、産業イーサネットが不要な場合は、最大 3 ポートを汎用イーサネットに使用可能で、柔軟にネットワーク機能を実装できます。また ETHSW の TDMA や ESC の DC (Distribute Clock) などのネットワーク同期信号は RZ/T2H 内の Event Link Controller (ELC) に接続されてい

て、低遅延で周辺機能を動作させることが可能なためネットワークに接続された異なる機器との同期動作も可能です。これによりネットワークに接続された機器と高精度に同期し連動して動作することが可能となり、生産性の向上が期待できます。

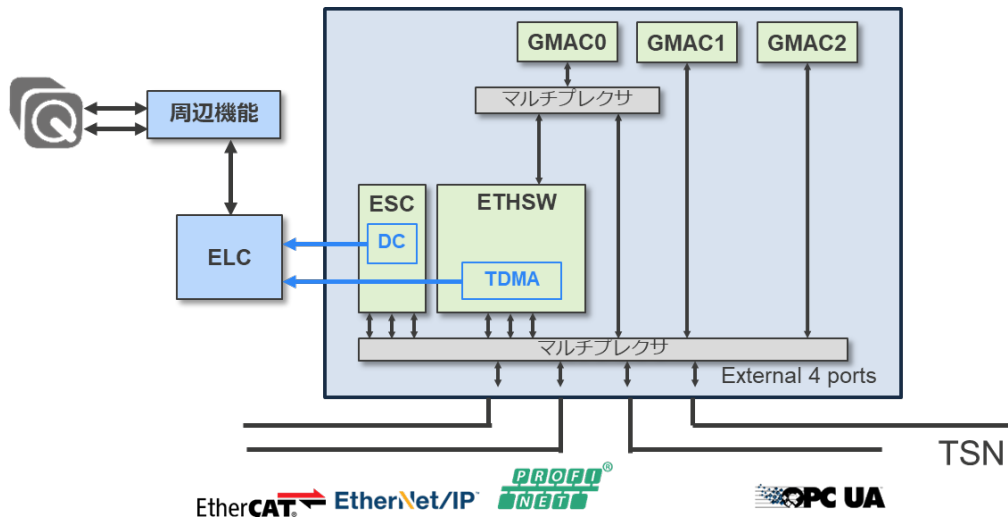


図3 マルチプロトコルで複数のイーサネット通信に対応できるハードウェア構成

## まとめ

本ホワイトペーパーでは、RZ/T2H を活用した産業ロボットの性能向上や、部品点数と開発工数の大幅削減を実現する方法を紹介しています。これにより RZ/T2H のユーザは産業ロボットの競争力強化だけでなく、Time to Market の改善も可能です。

RZ/T2H を活用した 9 軸のモータ制御を体験できるソリューションを提供しています。9 軸モータ制御向けサンプルプログラムはルネサスホームページからダウンロードできます。必要なハードウェアの RZ/T2H の評価ボード、9 軸のモータを駆動可能なインバータボードとモータは、ルネサスオンラインストアから販売しています。詳しくは、RZ/T2H の製品ページをご参照ください。

## 関連情報

[RZ/T2H](#) : 高いアプリケーション処理と高精度リアルタイム制御を統合した先進のハイエンド MPU で 9 軸モータ制御を実現

[RZ/T2H 評価キット](#) : RZ/T2H MPU の評価・開発キット

[ROS](#) : ROS (Robot Operating System) 、ロボット開発に用いるオープンソースソフトウェア

[ORiN](#) : ORiN 協議会 | 規格の壁を越えて設備をつなぎ、システムを統合するミドルウェア

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、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/>