

MELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラ スタンダードモデル“R12CCPU-V”

渡部裕史*
水野 浩*

MELSEC iQ-R Series Standard Model C Controller Module

Hiroshi Watanabe, Hiroshi Mizuno

要 旨

製造ラインでは、シーケンサだけではなく、パソコンやマイコンボード等が各種制御装置や情報処理に使用されており、採用機種／部品の生産中止・OSの改廃に伴う維持管理コストの増大などが課題となっている。

C言語コントローラは、それらの課題を解消した、リアルタイムOS(Operating System)VxWorks^(注1)上でC言語プログラミングによって各種処理を実現する製品である。しかしながら、現行のC言語コントローラでは高度なリアルタイム性や制御精度を必要とするマイコンボードの置き換えができないケースがある。また、市場ではコントローラの高性能化による生産性向上(タクトタイムの短縮等)のニーズが高まっている。

今回、従来のシーケンサ“MELSEC Qシリーズ”から“MELSEC iQ-Rシリーズ^(注2)”へとプラットフォームを刷

新し、C言語コントローラ“Q12DCCPU-V”の後継機種として、制御性能・機能の強化を図ったMELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラスタンダードモデル“R12CCPU-V”の開発を行った。この製品は、従来のC言語コントローラの課題を解決するため、次の特長を備える。

- (1) 演算性能・メインメモリ容量・システムバス性能・通信性能の向上
- (2) リアルタイム性能の向上
- (3) 制御精度の向上
- (4) 信頼性・メンテナンス性の向上

本稿では、今回開発したR12CCPU-Vについて述べる。

- (注1) VxWorksは、Wind River Systems, Inc. の登録商標である。
 (注2) 2014年6月に発売開始した三菱シーケンサの新シリーズである。新開発した高速バスシステムやエンジニアリングツールによって、製造業におけるTCO(Total Cost of Ownership)削減を実現する。

性能・機能の向上

- ・演算性能・メモリ容量・システムバス性能・通信性能の向上
- ・リアルタイム性能の向上
- ・制御精度の向上
- ・信頼性・メンテナンス性の向上

専用開発環境による開発効率化

- ・CW Configurator (設定・モニタツール)
- ・CW Workbench (開発環境)
- ・専用ライブラリ関数

MELSEC iQ-R/Qシリーズの160種類以上のユニットを活用してシステムを構築

MELSECシリーズの堅牢なハードウェア

- ・耐振動
- ・耐衝撃
- ・使用周囲温度 0~55℃
- ・MELSEC iQ-R/Qシリーズと共通の耐環境基準
- ・シーケンサCPUと同等のRAS機能

MELSECシリーズの豊富な資産を活用

RAS : Reliability Availability Serviceability

MELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラスタンダードモデル“R12CCPU-V”の特長

新たに開発したR12CCPU-Vでは、従来機種であるQ12DCCPU-VIに対して、演算性能、メインメモリ容量、システムバス性能、通信性能、リアルタイム性能、制御精度、信頼性、メンテナンス性を向上させた。また、従来機種と同様に、専用開発環境による開発効率化、MELSECシリーズの堅牢なハードウェア、MELSECシリーズの豊富な資産の活用といった特長を備えている。

1. ま え が き

パソコンやVME(Versa Module Eurocard)ボードに代表されるマイコンボードを使用している製造現場では、採用機種／部品の生産中止・OSの改廃に伴う維持管理コストの増大が課題となっており、今までに開発したC言語の資産を活用しつつ長期安定供給・高信頼な汎用コントローラに置き換えたいという要求が高まっている。このような要求に対し、三菱電機では米国ウインドリバーシステムズ社のリアルタイムOS VxWorksを標準搭載したC言語コントローラ“Q06CCPU-V”の2006年発売を皮切りに、表1に示すように、市場ニーズに応える形で性能・機能を強化した製品を順次リリースしてきた。

マイコンボードの置き換えには制御性能の優れたQ12DCCPU-Vが、パソコンの置き換えには情報処理性能の優れたQ24DHCCPU-V/VG/LSが採用されてきた。しかしながら、制御用途では現行のC言語コントローラでは性能不足のために、高度なリアルタイム性や制御精度を必要とするマイコンボードの置き換えができないケースがある。また、市場からはコントローラの高性能化による生産性向上(タクトタイムの短縮等)のニーズが高まっている。

これらの課題を解決するために、従来のMELSEC QシリーズからMELSEC iQ-Rシリーズへとプラットフォームを刷新し、制御性能・機能の強化を図ったMELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラスタンダードモデル

表1. C言語コントローラのラインアップ

発売年	製品形名	特長
2006年	Q06CCPU-V	初代C言語コントローラ MPU：SH-4、メインメモリ：32MB
2009年	Q12DCCPU-V	iQ Platform対応制御性能強化モデル MPU：SH-4A、メインメモリ：128MB
2012年	Q24DHCCPU-V	情報処理性能強化モデル MPU：Intel Atom ^(注3) Processor + SH-4A メインメモリ：512MB
2013年	Q24DHCCPU-LS	Q24DHCCPU-VのOS非搭載モデル (パートナー提供OSを組み込み可能)
2014年	Q24DHCCPU-VG	Q24DHCCPU-Vに表示ポートを搭載したモデル

MPU：Microprocessor Unit
(注3) Intel ATOMは、Intel Corp. の登録商標である。

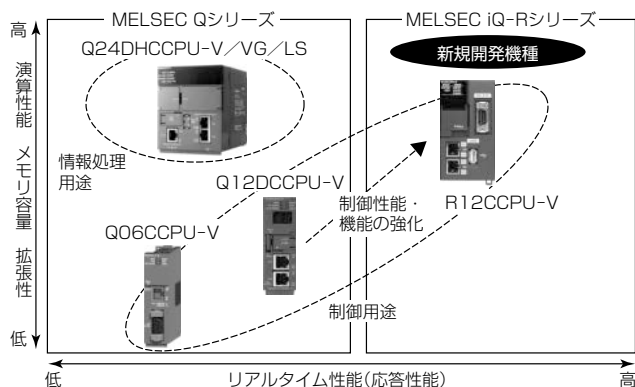


図1. 各製品の位置付け

“R12CCPU-V”の開発を行った。現行製品及び新規開発機種的位置付けを図1に示す。

本稿では、新たに開発したC言語コントローラの特長と、現行製品における課題及び課題解決のためにC言語コントローラに搭載した技術・機能について述べる。

2. 現行C言語コントローラの課題

この章では現行のC言語コントローラ“Q12DCCPU-V”が抱える課題について述べる。半導体、FPD(Flat Panel Display)、太陽光パネル等の製造装置では制御性能が重要視されており、これまでリアルタイム性が高く制御性能の優れたQ12DCCPU-Vが数多く採用されてきた。しかし、Q12DCCPU-Vは発売から既に5年が経っており、最新のパソコンやマイコンボードと比べて性能・機能が見劣りしてきている。そのため、次に示す市場からの要求に対応することが困難になってきた。

2.1 演算性能・メインメモリ容量・システムバス性能・通信性能の向上

製造装置ではコスト競争力を向上させるために、各工程のタクトタイムの短縮に取り組んでいる。コントローラに対しても処理時間短縮のため、演算性能・メインメモリ容量・システムバス性能・通信性能の強化が求められている。

2.2 リアルタイム性能の向上

搬送制御では、リアルタイムOSを搭載したマイコンボードで搬送物のロード／アンロード時の位置決めを行っているケースがある。位置検出後のロード指示や、処理の完了通知からアンロード指示では、数10μs程度で応答する必要があるため、C言語コントローラに置き換える場合は、位置決めユニットからの割り込みによるイベントドリブンのプログラミングへの対応が求められる。

2.3 制御精度の向上

プロセス制御では、製造品質向上のためにマイコンボードを使用して一部の工程の処理時間を均一化しているケースがある。このボードをC言語コントローラに置き換えるためには、I/O制御のジッタ(I/Oの制御指示を呼び出して実際にI/Oが変化するまでのばらつき)を小さくし、制御精度を上げる必要がある。

2.4 信頼性・メンテナンス性の向上

製造装置で、生産ラインの稼働率向上は重要なファクターになっており、使用するコントローラへの信頼性向上や、トラブル発生時の早期復旧によるダウンタイム短縮が求められている。

3. 新C言語コントローラの仕様と特長

2章の課題を解決するため、MELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラスタンダードモデル“R12CCPU-V”を新たに開発した。まずはこの章で仕様と特長を述べ、2章の

課題に対する改善内容を4章で述べる。

3.1 仕様

R12CCPU-Vの仕様を表2に、外観を図2に示す。

3.2 MELSECシリーズの堅牢なハードウェア

C言語コントローラは、MELSEC iQ-R/Qシリーズの他のユニットと共通の耐環境性を持ち、耐久性の低いファンも使用しない。また、シーケンサCPUと同等のRAS機能を持つため、パソコンやマイコンボードを使用したシステムよりも高信頼かつ堅牢なシステムを構築することができる。

3.3 MELSECシリーズの豊富な資産を活用

C言語コントローラは、MELSEC iQ-RシリーズのCPUユニットであり、MELSEC iQ-R/Qシリーズの実績ある160種類以上の豊富なユニットを活用してシステムを構築できる。また、シーケンサCPUやモーションCPUとのマルチCPUと連携した高精度な制御や、CC-Link IEによる情報系から生産現場までのシームレスな高速通信が実現可能である。

表2. R12CCPU-Vの仕様

項目	仕様
シリーズ	MELSEC iQ-Rシリーズ
MPU	ARM Cortex ^(注4) -A9(2コア)
メインメモリ	DDR3-SDRAM 256MB
標準ROM	12MB
バックアップRAM	4 MB
通信インタフェース	RS-232 : 1ch Ethernet ^(注5) (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T) : 2ch
外部メモリインタフェース	SD/SDHC
OS	VxWorks 6.9(出荷時組み込み済)
プログラミング環境	CW Workbench, CW Configurator, Wind River Workbench 3.3(Wind River Systems, Inc. 製)
プログラミング言語	C, C++

DDR3-SDRAM : Double Data Rate 3-Synchronous Dynamic Random Access Memory

(注4) Cortexは、ARM Ltd. の登録商標である。

(注5) Ethernetは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

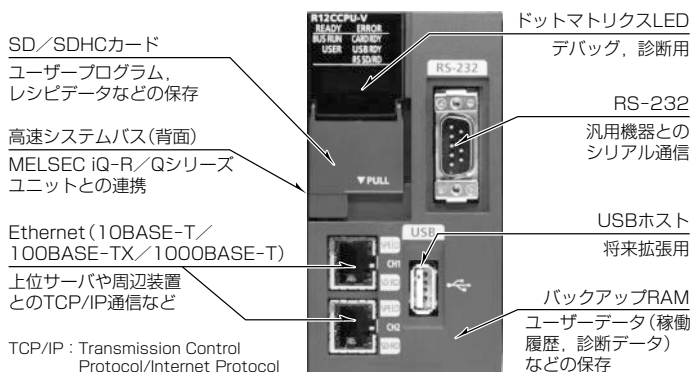


図2. R12CCPU-V



図3. CW Configuratorの画面

3.4 専用開発環境による開発効率化

顧客の開発効率向上のため、次に述べるC言語コントローラの専用開発環境を提供している。

(1) CW Workbench(プログラミングツール)

CW Workbenchは、ユーザーアプリケーションのプログラミングを行うためのツールである。ウインドリバーシステムズ社のOEM(Original Equipment Manufacturing)製品となり、従来高価であった組み込みシステム開発環境を、低コストで導入することが可能となっている。プログラム編集からコンパイル、ソースコードデバッグまでの基本機能を備えており、アプリケーションを容易に構築可能である。

(2) CW Configurator(設定・モニタツール)

C言語コントローラ自身の設定やC言語コントローラユニットが管理するネットワークユニットやインテリジェント機能ユニットをプログラムレスで設定できるツールである。またC言語コントローラで発生したエラーやユーザーアプリケーションで発生したイベント履歴の確認、ネットワーク診断によるケーブル断線や通信状態などの確認をする診断機能を備えている(図3)。さらに、各装着ユニットの状態のモニタデータ入力による簡易デバッグや動作確認が可能である。このツールによってシステムを容易に構築・保守することが可能となり、開発コストを削減できる。

(3) 専用ライブラリ関数

C言語コントローラユニットの制御やMELSEC iQ-R/Qシリーズの各種ユニットにアクセスするための専用ライブラリ関数を提供している。これによってハードウェアを意識することなく、関数をコールするだけでユニットに簡単にアクセスすることが可能である。ユニットアクセスのためのドライバ開発は不要であり、ドライバ開発に必要な開発コストを削減できる。

4. 新C言語コントローラの技術と機能

この章では、2章で述べた課題を解決するために、新たなC言語コントローラに搭載した技術と機能について述べる。以下Q12DCCPU-Vを“従来機種”，R12CCPU-Vを“新機種”という。

4.1 演算性能・メインメモリ容量・システムバス性能・通信性能の向上

(1) 演算性能の向上

MPUは高速な演算処理を可能とするため、ARM Cortex-A9(2コア)を採用した。動作周波数・コア数ともに従来機種の2倍となり、演算処理時間の大幅な短縮を実現した。

(2) メインメモリ容量の向上

メインメモリには従来機種に比べてアクセス速度2.4倍、容量2倍のDDR3-SDRAMを採用し、プログラム及び大容量データの高速処理を可能にした。

(3) システムバス性能の向上

MELSEC iQ-Rシリーズの特長である高速システムバスを搭載し、図4に示すようにMELSEC Qシリーズの従来機種と比較して、CPUユニット間のデータ更新周期を1/4に、各ユニットへのアクセス速度を約40倍に向上した。この高速システムバスによって、C言語コントローラとモーションCPUの連携速度が上がり、より精度の高い駆動制御が実現可能となった。また、各ユニットへのアクセスを高速化したことで、システム全体の処理時間を短縮し、タクトタイムの短縮を図っている。

(4) 通信性能の向上

従来2ch搭載しているEthernetポートについては、従来機種では最大100Mbpsであった通信速度を最大1Gbpsに高速化した。通信速度向上によって、周辺装置から収集した大容量のデータを随時上位システムに送信してより高度な生産管理を行うことで、生産性・製造品質を向上させることが可能となる。

4.2 リアルタイム性能の向上

MELSEC iQ-Rシリーズでは、インテリジェント機能ユニットがイベントを検知した際に、インテリジェント機能ユニットからC言語コントローラユニットへ割り込み通知を行える機能を追加し、マイコンで一般的なイベントドリブン型のプログラミングに対応した。これによって、従来のポーリング方式で生じていたポーリング周期のジッタが削減されるため、高いリアルタイム性が要求される搬送制御等へのC言語コントローラ適用が可能となる。

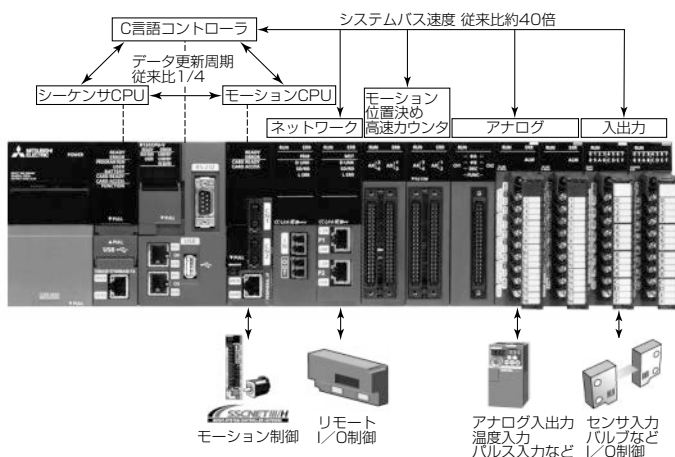


図4. システムバス性能向上のイメージ図



図5. LED表示機能の比較

4.3 制御精度の向上

OSは2コアのMPUに対応しており、タスク及び割り込みごとにどちらのコアで処理するか選択することができる。処理タイミングが重要な特定の処理を常時一方のコアに割り付けることから、安定した処理タイミングで実行することが可能となる。この仕組みによってI/O制御のジッタを少なくすることで、高い制御精度が要求されるプロセス制御等へのC言語コントローラの適用が可能となる。

4.4 信頼性・メンテナンス性の向上

(1) ハードウェアECCの搭載

メインメモリであるDDR3 SDRAM及びMPUや各ICの内蔵メモリにハードウェア ECC (Error Checking and Correction: 1ビットエラーの検出・自動訂正, 2ビット以上のエラー検出) を搭載することで信頼性を向上させ、製造装置の動作異常によるダウンタイムを削減する。ハードウェアECCではECC符号の生成、照合処理を専用回路で実施することによって、アクセス性能を低下させることなく信頼性の向上を実現している。

(2) ドットマトリクスLEDによるエラー表示

従来機種では顧客(ユーザープログラム)が任意に表示可能な2桁の7セグLEDを搭載していたが、新機種では縦7×横20のドットマトリクスLEDを搭載し表現力を向上させた(図5)。また、表示内容は、顧客(ユーザープログラム)による任意表示に加え、C言語コントローラで発生しているエラーコード表示を選択できる動作選択モード機能を搭載した。エラーコードの表示によって、診断ツールを接続せずにエラー要因を特定することができるため、装置のダウンタイムを短縮することが可能となる。

(3) バッテリー交換不要

従来機種ではバックアップRAMにSRAM (Static Random Access Memory) を採用していたが、新機種では電源OFF時にバッテリーレスでデータ保持が可能なMRAM (Magnetoresistive RAM) を採用したため、従来機種では数年ごとに必要であったバッテリー交換が不要となり、バッテリー交換に伴うメンテナンスコストを削除できる。

5. む す び

C言語コントローラの課題とMELSEC iQ-RシリーズC言語コントローラスタンダードモデル“R12CCPU-V”による対応について述べた。MELSEC iQ-Rシリーズに新C言語コントローラを製品ラインアップに追加したことによって、顧客は更なるタクトタイムの短縮・歩留まりの改善・稼働率の向上が図れるようになる。

今後も顧客からのニーズを忠実に反映し、使い勝手と付加価値の向上を目指した製品開発を実施し、“進化と継承”というコンセプトに従ったコントローラを創りあげてゆく所存である。