

省エネに貢献する C2000DSPソリューション

橋爪 保美 須藤 健一

1998年の「エネルギーの使用の合理化に関する法律」いわゆる“省エネ”法の改正により、国内電力消費量の半分以上を占めると言われているモータの高効率化が求められている。この実現のため、冷蔵庫やエアコンなどに搭載されるコンプレッサモータをはじめとするACモータでは、従来の誘導モータから高効率な永久磁石形同期モータへと替わり、またモータの駆動方式も120度矩形波駆動からモータ巻線利用率が高く、また低振動、低騒音化にも有効な180度正弦波駆動に移行している。これに伴い、モータ駆動用マイコンにも高い処理能力が要求されている。特に内部が高温・高圧になるコンプレッサモータは、ロータ位置検出センサの取付けが困難であり位置センサレスで駆動しなければならないため、更に高い処理能力が要求されている。これらの製品には、モータ制御に必要な高機能ペリフェラルを内蔵したTEXAS INSTRUMENTS（以下TIと略す）製のC2000シリーズDSP（以下C2000DSPと略す）が数多く採用されている。

当社では、日本TIのサードパーティに加入し、いち早くC2000DSPモータ制御IP（Intellectual Property）や先行ソフトウェア開発・機能検証用として利用可能なDSP評価ボードを開発し提供している。

本稿では、これらのC2000DSPソリューションについて紹介する。

C2000DSP組み込みソフトウェアの現状

C2000DSPの応用対象となるACモータの各種制御を行うには、数十kHz周期で各種演算処理を実行できるリアルタイム性が要求される。このため従来のプログラム開発は、DSPハードウェア機能、実行性能等を十分に理解した熟練の開発者によって最適化されたアセンブリ言語での開発が中心であった。アセンブリ言語による開発では、プログラム構造が開発者に依存し、プログラムの再利用性が低く一定の品質確保が難しくなるなどの問題がある。また開発者にある程度のスキルが要求されるため慢性的な開発者リソース不足となっている。

昨年、C2000DSPの品揃えとして、デバイスの動作性

能が従来の3倍以上のC28xxシリーズがリリースされた。C28xxシリーズでは内部のアーキテクチャや命令体系も見直され、C言語での実行性能が飛躍的に向上している。またコンパイラを含む統合開発環境も大幅に向上し、C言語によるプログラム開発環境も整備されてきたことにより、今後のC2000DSPのプログラム開発は、特別な実行速度を要求される場合を除き、C言語を中心とした開発に移行すると考えられる。

C2000DSPプラットフォーム

前述したような慢性的な開発者リソース不足の環境下においても、短期間で高品質な製品を開発するには、あらかじめ統一された設計思想に沿って開発したソフトウェアIPなどのミドルウェア、基本ドライバ、RTOS（Real Time Operating System）などから構築されるプラットフォーム化された開発環境を使用することが有効である。

当社では、このような思想に基づいて、C28xxシリーズの性能を最大限に発揮できるC2000DSP開発プラットフォームを構築した。その構成を図1に示す。C2000DSP開発プラットフォームは、RTOS、デジタルモータコントロールIP（以下DMC-IPと略す）、インタフェースIP（以下IF-IPと略す）、C2000DSPハードウェアコントロールライブラリ（以下HDC-Libと略す）、から構成される。各プログラムソースは、汎用性、再利用性を考慮し全てC言語で開発している。

(1) RTOS

C28xxシリーズを搭載するシステムでは、モータ制御などの単機能制御だけでなく、従来、他のマイコンで処理していた通信プロトコル処理やユーザインタフェース処理などもDSPで行い、システム全体のコストを低減する傾向にある。

プラットフォームとして使用するRTOSとしては、このような複合処理に強く、通信制御IPなどのミドルウェアラインナップが豊富で、しかもリアルタイム性が高い

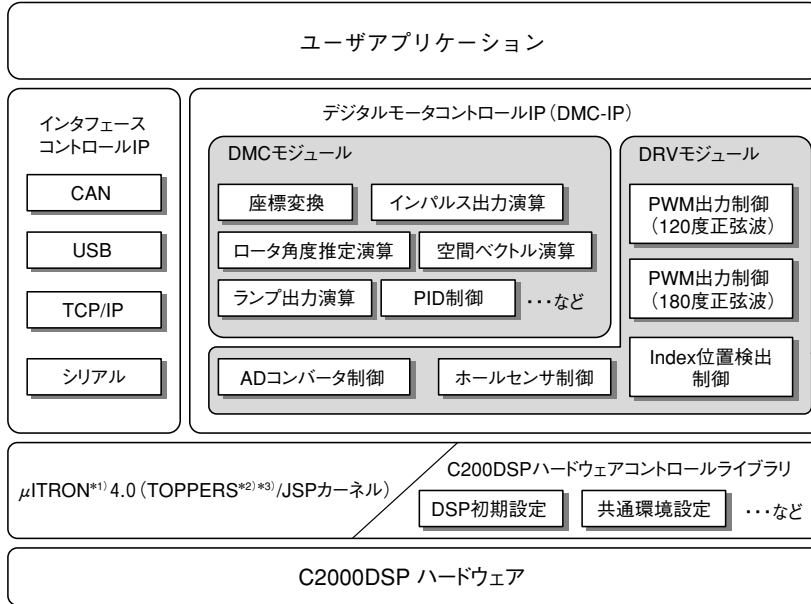


図1 C2000DSP開発プラットフォーム構成図

ことが要求される。また組み込み用途市場で広く採用されているRTOSであることも重要なファクタとなる。

当社では、これら要求を満足するRTOSとしてμITRON4.0仕様スタンダードプロファイル規定に準拠したTOPPERS/JSPカーネルを採用した。

(2) DMC-IP

DMC-IPは、DMCモジュールとドライバ（以下DRVと略す）モジュールから構成され、モータの種類ごとにライブラリとして提供している。その構成を表1（36ページ）に示す。

DMCモジュール群は、ハードウェアに依存しない論理層に位置し、再利用性、拡張性を重視し、利用条件やインタフェースを統一した基本モジュールから構成される。基本モジュールは、空間ベクトル制御モジュールや座標変換モジュール、PID制御モジュールなど、モータ制御で必要となる基本アルゴリズム単位に用意され、モータ種類ごとに必要となるモジュールを組合せ、DRVモジュールと共にライブラリを構成する。

DRVモジュールは、ハードウェアに依存するドライバ層に位置し、モータ相電流検出や誘起電圧検出するためのADコンバータ制御やモータ駆動するためのPWM制御などハードウェアの基本機能単位に用意され、DMCモジュールと同様に、モータ種類ごとに必要となるモジュールを組合せ、ライブラリを構成する。

(3) IF-IP

IF-IPは、C2000DSP内蔵ペリフェラルであるCAN (Controller Area Network), SCI (Serial Communication Interface) に対応したIF-IPをはじめとし、ネットワーク化にも対応できるようにTCP/IPなどのライブラリを用意し、前述したDSPで複合処理する製品を開発する際のソフトウェア開発をサポートしている。

(4) HDC-Lib

HDC-Libは、C2000DSPの性能を最大限に発揮できるように最適化されたライブラリとして提供している。HDC-Libは、C2000DSPの内蔵ペリフェラルの設定やGPIO (General Purpose Input/Output) 設定などの初期化ライブラリから構成される。

C2000DSP評価ボード

制御ソフトウェアの先行開発や機能検証を行う各種評価ボードは数多く市販されているが、モータ制御をはじめとするパワーエレクトロニクス分野のソフトウェア開発を考慮して作られたボードは非常に少ない。

当社では、沖電気の製品開発で培ったノウハウ、設計資産を基に、DSP周辺およびモータ制御に必要な入出力機能を実装したC2000DSP評価ボードを開発し提供している。

(1) C2000DSP評価ボードの特徴

C2000DSP評価ボードの外観を写真1に示す。本評価

*1)TRONはThe Real-Time Operating System Nucleusの略称です。μITRONはMicro Industrial TRONの略称です。 *2)TOPPERSはToyoHashi Open Platform for Embedded Real-time Systemsの略称です。TOPPERS/JPSはTOPPERS Just Standard Profileの略称です。 *3)TOPPERSは特定非営利活動法人TOPPERSプロジェクトの登録商標です。

表1 DMC-IP構成

モジュール	概要	DMC-IP							
		誘導モータ		永久磁石形同期モータ					
		正弦波駆動	120度矩形波駆動	180度正弦波駆動					
センサ付	センサレス	センサ付	センサレス	センサ付	センサレス	センサ付	センサレス		
DMC	clarke	3相⇒2相変換(120°位相系⇒90°位相系)		√	√			√	√
	impulse	インパルス出力演算(時間トリガ出力)					√		
	ipark	固定座標系⇒回転座標系変換		√	√			√	√
	park	回転座標系⇒固定座標系変換		√	√			√	√
	pid_reg3	PID制御(過積分対応版)		√	√	√	√	√	√
	rampgen	ランプ出力演算(角度出力用)		√	√	√	√	√	√
	rmp2cntl	ランプ出力演算(符号付整数出力用)				√	√		
	rmp3cntl	ランプ出力演算(符号無し減算方向整数出力用)				√	√		
	rmpcntl	ランプ出力演算(1Qmathデータ出力用)		√	√	√	√	√	√
	sless120	BLDCモータ120°矩形波駆動センサレス制御&速度検出					√		
	smopos	スライディングモードオブザーバロータ角度推定演算							√
	smopos_const	スライディングモードオブザーバロータ角度推定用定数演算							√
	speed_est	速度検出(角度推定器使用)			√		√		√
	speed_fr	速度検出(QEPエンコーダ with Index信号使用)		√		√		√	
	speed_pr	速度検出(キャプチャ信号使用)		√		√		√	
	svgen_dq	空間ベクトル演算(dg軸制御)		√	√			√	√
svgen_mf	空間ベクトル演算(周波数制御)		√	√					
volt_calc	VBUS-相電圧演算		√	√	√	√	√	√	
DRV	120PWM	BLDCモータ120°矩形波駆動用PWM出力				√	√		
	180PWM	BLDCモータ180°正弦波駆動用PWM出力		√	√			√	√
	ADC11	ADC制御 DCバス電圧測定							√
	ADC88B	ADC制御 バイポーラ電流検出 各相誘起電圧、電流、DCバス電圧測定		√	√			√	
	ADC88U	ADC制御 各相誘起電圧、電流、DCバス電圧測定				√	√		
	BDCPWM	DCモータH駆動用PWM出力							
	DVEN	FPGA内蔵PWM出力制御 DVEN有効時、DSP_PWM出力⇒駆動回路出力、LED点灯		√	√	√	√	√	√
	HALL3CNT	BLDCモータ3相ホールセンサ制御&速度検出					√		
	IR2171	ODDM-F2812 電流検出用IR2171制御		√	√	√	√	√	√
	QEP_INDEX_CNT	BLDCモータ2相センサwithIndex位置検出&速度検出		√		√		√	

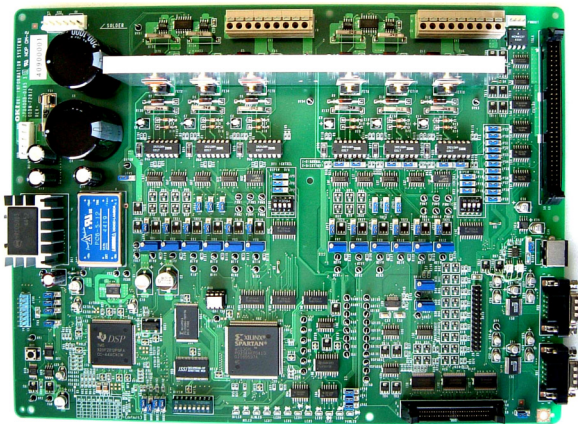


写真1 C2000DSP評価ボード外観図

ボードは、プログラムのバグなどによりプログラムが暴走した場合でも、モータの駆動回路の破壊を防止する機能を有するなど、パワーエレクトロニクス分野での使用を考慮している。その他に本ボードは以下のような特徴を有している。

- ① 外部メモリとして、フラッシュROM, SRAMを実装し、システム規模に応じたソフトウェア開発を可能としている。
- ② モータ制御に必要な入出力機能として、6相分のモータ駆動回路、モータ相電流検出回路、誘起電圧検出回路を実装し、各種モータを実際に接続しての評価を可能としている。
- ③ 機能拡張用として外部拡張バス、外部インバータ接続インタフェースを実装し、拡張基板や外部インバータ装置との接続を可能としている。

(2) 添付ドキュメント, ソフトウェア

C2000DSP評価ボードには、サンプルプログラム、回路図を添付し、開発期間の短縮、スムーズな量産への移行をサポートしている。

サンプルプログラムとして、ブラシレスDCモータの速度制御プログラムをソースレベルで添付している。ソフトウェア開発者は、DSP内蔵ペリフェラル制御や、モータ制御アルゴリズムの開発を、本プログラムをベースに行

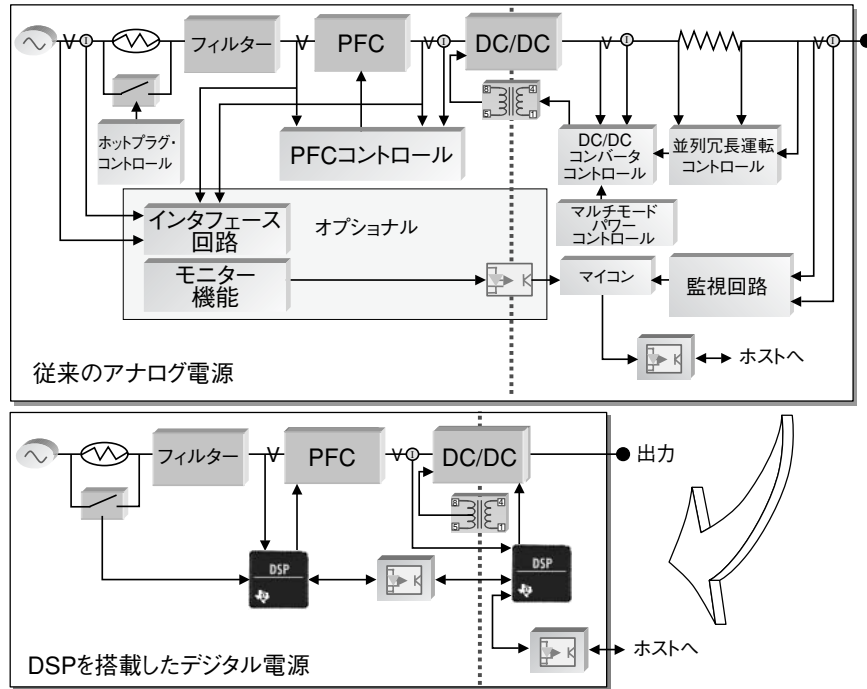


図2 デジタル電源応用例

うことにより開発期間を短縮することが可能となる。

ボード回路図もドキュメントとして添付しているため、本回路図を基に製品に搭載する量産ボードの開発を行うことにより、スムーズな量産移行が期待できる。またDSP外部に実装している外部メモリやADコンバータなどの周辺デバイス制御プログラムもライブラリとして添付しているため、各デバイスの詳細なハードウェアを理解していなくても基本的なハードウェア知識でプログラムの開発を進めることができる。

C2000DSPプラットフォームの拡充

C2000DSPはモータ制御の他にデジタル電源への適用も可能である。デジタル電源への応用例を図2に示す。

電源装置にC2000DSPを採用することによって、力率改善（PFC）制御による電源効率の向上、2次側の負荷変動応答性の改善が可能となる。またこれらの電力制御だけではなく、インテリジェントなマネジメント機能、アクティブ・インラッシュ制御、複数電源の並列制御、電流シェアリングなどの付加機能の実現も可能となる。製造面では、DSPを採用することにより、部品点数の削減が可能となり製品コスト低減に貢献できる。またソフトウェア制御によりアナログ部品のばらつきを押さえることもできるため、量産時の動作安定性の向上も期待できる。

高い電源変換効率が要求される太陽光発電装置の市場

普及も急速に進んでおり、デジタル電源へのニーズは更に高まることが予想される。

当社では、このようなニーズに応えるためデジタルパワーコントロールIPの開発も行っており、C2000DSP開発プラットフォームに拡充している。評価ボードにおいては、前述したモータ制御用途向けに開発した評価ボードにPFC機能を盛り込み、電力制御からモータ駆動制御のソフトウェア開発をトータル的にサポートする評価ボードも、沖パワーテックと共同で開発している。

あ と が き

当社では、今後もC2000DSPソリューションの充実を図り、市場の変化や技術の発展を背景とした新しいニーズに対応していきたいと考えている。 ◆◆

● 筆者紹介

橋爪保美：Yasumi Hashizume. 株式会社沖情報システムズ ハードウェア開発第2部 開発第2チーム
 須藤健一：Kenichi Sutoh. 株式会社沖情報システムズ ハードウェア開発第2部 開発第2チーム