



# U8マイコンについて

長友 憲一郎  
宮野 知己

高坂 龍児  
高田 淑朗

近年のデジタル家電製品の高機能化に伴い8ビットマイコンが高性能化する一方、マイコンが駆動していない状態の超低消費電力の要求も高まっている。

沖電気では、高性能化と超低消費電力の両ニーズに応えるため、オリジナルの8ビットマイコンアーキテクチャであるU8コアを開発し、8ビットマイコンにこれを搭載した商品を実現した。

本稿では、U8コアと、これを搭載して超低消費電力を実現するマイコン、およびそのソフトウェア開発環境の特徴と有用性について解説する。

## シリコン・プラットフォーム・アーキテクチャに基づく設計

U8コアはシリコン・プラットフォーム・アーキテクチャ(SPA)の考え方に基いて設計されている。このSPAとは、厳密に定義され構成されたLSIのハードウェア・プラットフォームのもとにソフトウェアを組合わせてLSIシステムを構築しようというアーキテクチャである<sup>1)</sup>。

今日のLSIの微細化と製造技術の進歩にともなう集積度の昂進により、LSIは1~2年のうちに陳腐化してしまう。他方、そのLSIのもとでアプリケーションを実現するソフトウェアは容易には更新できない。いいかえれば、ソフトウェアの観点からは、既存のソフトウェアをそのまま活用しながら、新たに要求される機能を実現する部分を容易に追加しうることが求められ、またLSIの観点からは、より進んだ性能と、また、より多くの機能を集積することが求められるのである。このプラットフォームの上にロジックやメモリを集積して構築されたLSIでは、それらの構成にかかわらず、ソフトウェアは共通に実行することができる。SPAの考え方をとることにより、このようにソフトウェアとハードウェアとは概念上、分離され、ハードウェアはより進んだプロセスを使用してLSI化することが可能となり、ソフトウェアは流用性が格段に向上した<sup>2)</sup>。

このSPAの思想を徹底するために、U8コアはRTL(Register Transfer Level)で記述されている。U8コア

はシンセサイザブルなコアであり、プロセス依存性の少ない設計となっているのである。

## U8コアのアーキテクチャ概要

U8コアのUはUnified Core(ユニコア)に由来し、8は8ビットマイコンのビット長に由来している。マイコンは一般に8ビット、16ビット、32ビット、それぞれアーキテクチャが異なる。しかしユニコア・アーキテクチャは、ビット長が8、16、32と異なっても、同一の命令体系を持ち、バイナリ・コードが、ビット長の異なるコアの間で互換性を持つように設計されている。このようにビット長の異なる複数のコアを、統一したアーキテクチャの下に構成するという意味でUnified(統一された)コアと呼び、その8ビット版をU8と名づけた。

U8コアは3段のパイプラインを持つRISC(Reduced Instruction Set Computer)アーキテクチャのコアとして設計されている。算術演算、論理演算、ビット処理など、すべて一旦、レジスタをとおして処理されるように当初は設計された。しかし、いくつかのアプリケーション・プログラムをこのコアにインプリメントして、このアーキテクチャを評価した結果に基づいて、アーキテクチャの改良を行った。組込み機器を制御するプログラムは演算処理よりもプログラムの流れを制御する比率が大きいことから、これらの処理に適した命令体系に変更したのである。具体的には、メモリ上のビットを直接操作する命令やメモリ内容のインクリメント命令、デクリメント命令を追加した。その結果、コード効率は改善され、また約70パーセントの命令が1クロックで実行でき、高いパフォーマンスを実現できるようになった。

U8コアのゲート規模はおよそ10Kゲートであり、パフォーマンスは、Drystone(CPUの性能を測るベンチマークテストの1つ)による評価で32MHz動作のときおよそ10MIPSとなった。CISC(Complex Instruction Set Computer)アーキテクチャを採用しているこれまでの8ビットマイコンのコアや16ビットマイコンのコアと比較すると、U8コアは同等のコード効率と、2~3倍のパ

パフォーマンスとなっている。

また演算回路とデータ・バス幅とを16ビットに拡張したU16コアは、U8コアと比較して、データを処理するパフォーマンスは2倍となり、ビット処理やバイト処理などを含むパフォーマンスは組込み機器を制御するアプリケーションの場合、約1.4倍程度向上する。

### U8コアの特長

U8コアは、ローパワーを意識して設計されたオリジナル8bitRISCコアであり、その特長は以下のとおりである。

#### (1) パイプラインRISCアーキテクチャ

図1に示したように、命令フェッチ (IF)、命令デコード (ID)、命令実行 (EX) の3段パイプラインRISCアーキテクチャを採用し、ほとんどのバイト命令処理が1クロックで動作する。これにより、処理速度の高速化と命令実行時間短縮による、消費電力の抑制が可能である。

#### (2) 豊富な命令セット

転送、算術演算、論理演算、比較、メモリ操作、分岐、条件分岐、コール/リターン、スタック操作、シフト命令など、100種の命令セットを用意し、さまざまなアプリケーションに柔軟に対応できる命令セットである。

#### (3) C言語を考慮した命令、レジスタ構成の採用

8bit×16本の汎用レジスタを有し、8ビットながら、16ビット長と32ビット長の算術演算/ロード/ストア/スタック操作をサポートしており、C言語との親和性の高い命令体系およびレジスタ構成となっている。

#### (4) メモリ操作・メモリビット操作命令を搭載

従来型のロード/ストア型RISCアーキテクチャにはない、メモリのインクリメント/デクリメント/ビット操作を行う命令を用意している。これにより、従来型のRISCアーキテクチャよりも高速なメモリ操作が可能である。

#### (5) コプロセッサのサポート

通信LSIや音声LSIへの応用を考慮して、DSPや暗号回路等のアタッチメントを想定した、コプロセッサ接続専用バス、コプロセッサとU8コア間のレジスタ転送命令、およびコプロセッサとメモリ間のダイレクト転送命令を用意している。これにより、従来型のRISCアーキテクチャにはない、コプロセッサとメモリ間の高速なデータ転送が可能である。

#### (6) 高速な割り込み移行処理

マスカブル割り込み、ノンマスカブル割り込み、ソフトウェア割り込みの3種の割り込みに対応し、各割り込みごとに、割り込み発生時の状態保持用のレジスタをU8コア内部に用意している。割り込みが発生すると、割り込み発生時の状態を、割り込み移行サイクル中に上記レジスタに退避することにより、割り込み移行サイクルが3サイクルで完了し、従来と比較してより高速な割り込み移行処理が可能である。

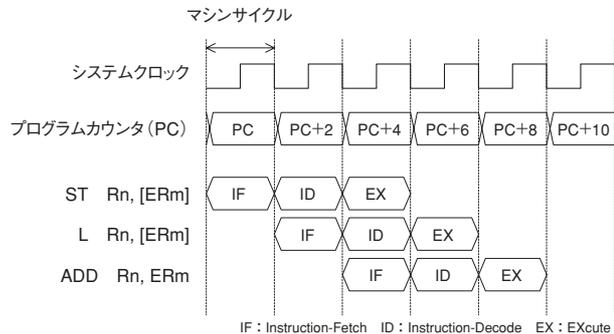


図1 3段パイプラインRISCアーキテクチャ

### ML610501/ML610503の機能

U8コアを搭載した汎用のマイコン商品としてML610501が商品化され、ML610503が開発中である。それぞれの諸元を表1に、ML610503のブロック図を図2に示す (94ページ)。

ML610501は、HALT時の消費電流1.5μA、32KHz動作時においても6μAと省電力で動作可能なことから、デジタルスチルカメラや携帯機器などのバッテリー駆動型アプリケーションにおける待機時間の電流を抑制するようなサブマイコンとして最適である。また、6mm×6mmサイズの超小型64ピンBGAパッケージを採用しており、省スペース化にも貢献できると考えられる。また、現在開発中の、ML610503は、ML610501に比べ、動作周波数の高速化、RAM、I/Oの増強の他に、リアルタイムクロックを内蔵していることが最大の特徴である。

携帯機器においては、時刻情報を持つためにリアルタイムクロックを外付けするか、時計プログラムを組み込む必要があるが、リアルタイムクロック用LSIを外付けする場合には、そのための実装スペースと通信用ポートが必要になる。また、これを制御するマイコンに時計プログラムを組み込む場合には、時計プログラムのプログラミングと評価が必要になり、顧客側での開発負担も大きく、加えて、リアルタイムクロック単体よりも消費電

表1 ML610501/ML610503の諸元

	ML610501	ML610503 (under development)
Power Supply/Clock	2.7~3.6V/5MHz	2.7~3.6V/10MHz
	1.8~3.6V/4MHz	1.8~3.6V/4MHz
Supply Current	1.5 $\mu$ A@32KHz(HALT)	2 $\mu$ A@32KHz(HALT)
		0.4 $\mu$ A@32KHz(RTC Only)
Minimum instruction execution time	30 $\mu$ s(32KHz system clock)	30 $\mu$ s(32KHz system clock)
	200ns(5MHz system clock)	100ns(10MHz system clock)
Internal ROM	48KB	48KB
Internal RAM	2048B	4096B
I/O port	IN:8	IN:8
	I/O:33	I/O:48
Timer	8-bit $\times$ 4	8-bit $\times$ 4
	Watch Dog Timer	Watch Dog Timer
	Time base Counter $\times$ 2	Time base Counter $\times$ 2
SIO Port	UART $\times$ 1	UART $\times$ 1
	Shift clock $\times$ 1	Shift clock $\times$ 1
	I2C $\times$ 2(master)	I2C $\times$ 1(master)
ADC	10-bit $\times$ 10	10-bit $\times$ 12
PWM	16-bit $\times$ 1	16-bit $\times$ 1
Interrupt Controller	external:8	external:8
	internal:15	internal:15
Operating temperature	-20 $^{\circ}$ C ~ +70 $^{\circ}$ C	-20 $^{\circ}$ C ~ +70 $^{\circ}$ C
RTC (Real Time Clock)		SEC, MIN, HOUR, WEEK, YEAR
Package	64PIN BGA(6mm $\times$ 6mm)	84PIN BGA(6mm $\times$ 6mm)
	64PIN BGA(7mm $\times$ 7mm)	

流が大きくなってしまふことが問題となる。しかし、ML610503は、CPUとは独立して動作するリアルタイムクロックを内蔵したことで、CPUがHALTやSTOP状態にあっても、単体のリアルタイムクロック並の省電力(0.4  $\mu$  A)で動作可能である。

### U8マイコンの統合開発環境

U8マイコンを使用した組み込みシステム開発向けのソフトウェアデバッグ、および、システム評価を支援するための開発環境である、U8統合開発環境について概説する。構成を図3に示す。

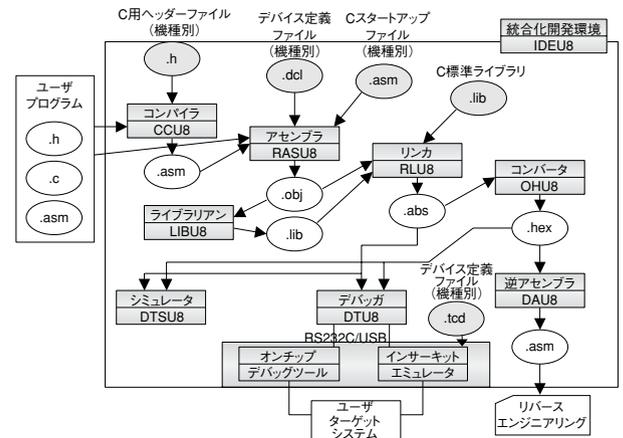


図3 U8統合開発環境の構成

#### (1) U8統合開発環境

U8統合開発環境は、Cコンパイラ、アセンブラパッケージおよびデバッガなどの開発支援ソフトウェアを1つに統合し、さらにプロジェクト管理機能、プログラミングエディタなどのソフトウェア開発を向上させるための機能を持っている。U8統合開発環境は、エディタによるプログラム作成からコンパイル、アセンブル、リンクに至るプログラム開発工程や、デバッガを使用したプログラムデバッグ工程を1つに統合したツールとして使用可能である。

#### (2) Cコンパイラ (CCU8)

CCU8は、ANSI標準に準拠したCコンパイラであり、多彩なコマンドラインオプションによって、目的の組み込みシステムに適したコードを生成するために最適化する機能が用意されている。さらにU8コア固有の命令やメモリ構造を生かして効率のよいコードを生成するために、専用のpragma（コンパイラに特定の情報を渡すための擬似命令）も用意されている。

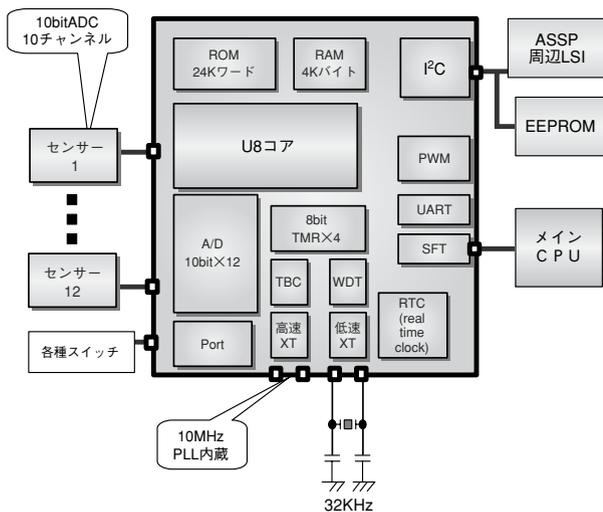


図2 ML610503ブロック図

(3) アセンブラパッケージ (MACU8)

MACU8アセンブラパッケージは、アセンブラ、リンカ、ライブラリアン、オブジェクトコンバータの総称で、アセンブリ言語で記述されたU8のプログラムをオブジェクトコードに変換するソフトウェアである。

(4) シミュレータ (DTSU8)

DTSU8シミュレータは、CCU8コンパイラおよびMACU8アセンブラパッケージで作成したプログラムを評価、デバッグするためのソフトウェアツールである。U8マイコンの動作をPC上で命令レベルのシミュレーションを行い、高度で使いやすい対話形式のデバッグ環境を提供する。

(5) デバッガ (DTU8)

DTU8デバッガは、DTSU8シミュレータと同じGUI (Graphical User Interface) を持ったソフトウェアで、インサーキットエミュレータに接続してアプリケーションプログラムのデバッグおよび評価を支援する。

(6) インサーキットエミュレータ

インサーキットエミュレータは、デバッグ対象マイコンと同等の機能をリアルタイムでエミュレートするハードウェアである。また、アプリケーションプログラムのデバッグおよび評価を効率良く行えるように表2に示すデバッグ機能を有する。

表2 インサーキットエミュレータのデバッグ機能

機能	仕様
インタフェース	USB：USB 1.1準拠
エミュレーション機能	リアルタイムエミュレーション ステップエミュレーション (ステップイン/ステップオーバー)
ブレーク機能	ハードウェアBP (パスカウント付き)、 ソフトウェアBP、RAMデータマッチ、 強制ブレーク、外部ブレーク
トレース機能	トレース情報：実行アドレス、PSW、 RAMアドレス、RAMデータ、プローブ
リアルタイム表示機能	リアルタイムエミュレーション中の RAMの表示
実行時間測定機能	内部タイマによる実行時間の測定 実行サイクル計測による実行時間の 測定
プローブケーブル機能	ブレーク信号入力、同期信号出力、 トレースデータ入力

U8マイコンの現状と今後

これまでに、汎用品のU8マイコンであるML610501とML610503について簡単に述べたが、バッテリー駆動のメータ用マイコン、音声合成制御用などのカスタムマイコンや特定用途向けのLSIに内蔵され始めている。

このように、U8コアの主な特徴である、低省電力でパフォーマンスが高いということから、今後も、システムLSIへのU8コアの適用はますます広がることが期待できる。 ◆◆

参考文献

- 1) 向井：システムLSI開発の課題と対応—SPAの意義と戦略—, 沖電気研究開発184号, Vol.67 No.3, pp.3-6, 2000年10月
- 2) 来住 他：μPLAT®のハードウェア開発, 沖電気研究開発184号, Vol.67 No.3, pp.45-48, 2000年10月

筆者紹介

長友憲一郎：Kenichiro Nagatomo. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部 システム開発2部 第2チームリーダー  
高坂龍児：Ryuji Kousaka. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部システム開発2部 第1チームリーダー  
宮野知己：Tomomi Miyano. 株式会社沖テクノコラージュ システム本部システム開発2部 第2チーム  
高田淑朗：Toshio Takata. 株式会社沖テクノコラージュ 常務取締役