

吉田 俊哉
T. Yoshida

近年、プリンタなどのOA機器や携帯電話機などのバッテリー駆動機器などでは、製品自体の機能、性能向上が著しい。これらの機器を制御するマイコンに対する要求も、高機能化、高性能化、低消費電力化とさまざまである。

これらの要求にこたえるため、当社は4ビットから32ビットまでのマイコンを開発し、製品化している。ここでは、16ビットマイコンでありながら32ビットと16ビットのデータおよびアドレスを区別することなく取扱えるTLCS_{TM}-900シリーズ(標準のTLCS_{TM}-900シリーズ、高性能化したTLCS_{TM}-900/Hシリーズ、低電圧/低消費電力化したTLCS_{TM}-900/Lシリーズの3シリーズ)について、コアの展開、アーキテクチャ、開発環境、製品ラインアップについて紹介する。

In recent years, remarkable improvements have been made in the functions and performance of various products including office automation machines such as printers and battery-driven equipment such as portable telephones. There are various requirements for the microcomputers that control these machines and equipment, including high functionality, high performance, low power consumption, and so on.

In response to these requirements, Toshiba has developed and commercialized many types of microcomputers ranging from 4-bit to 32-bit models. This paper focuses on the TLCS_{TM}-900 series 16-bit microcomputer, describing its core development trend, core architecture, development environment, and product lineup.

1 まえがき

近年、プリンタなどのOA機器、携帯電話機などの民生機器では機器の高機能化、高性能化が著しい。すなわち、例えばプリンタではモノクロからカラーへ、携帯電話機ではアナログからデジタルへ、という傾向にある。

一方、これらの機器を制御するマイコンも半導体の微細化技術の進歩により、動作周波数の高速化、低消費電力化を図りつつ内蔵メモリの大容量化が可能になっている。

当社は1991年にTLCS_{TM}-900シリーズのマイコンを製品化して以来、高速化を図ったTLCS_{TM}-900/Hシリーズ、低電圧/低消費電力化を図ったTLCS_{TM}-900/Lシリーズのコアを開発し製品化している。ここではこれらのコア展開、アーキテクチャの特長、開発環境、製品ラインアップについて紹介する。

2 TLCS_{TM}-900シリーズコア展開

図1にTLCS_{TM}-900シリーズのコア展開を示す。また、表1に各シリーズの仕様一覧を示す。

TLCS_{TM}-900シリーズは、8ビットマイコンTLCS_{TM}-90シリーズを基本にニーモニック上位互換性を維持して16ビット

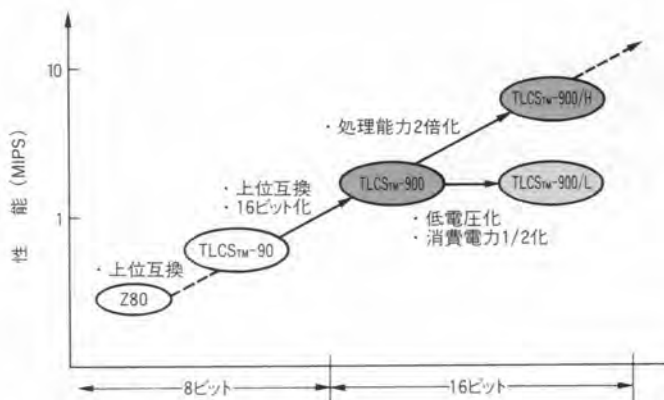


図1. TLCS_{TM}-900シリーズのコア展開 機械語レベルでの完全互換性をもちながら、高速化、低消費電力化を図っている。

Core road map of TLCS_{TM}-900 series

化した。

TLCS_{TM}-900/Hシリーズは、TLCS_{TM}-900シリーズと機械語レベルで完全互換性を維持し、アーキテクチャを改良して性能を約2倍とした。改良の内容については後述する。

TLCS_{TM}-900/Lシリーズは、やはりTLCS_{TM}-900シリーズと機械語レベルで完全互換である。アーキテクチャを変えずに、設計レベルで低電圧・低消費電力化を図り、消費電力を約1/2にした。

表1. TLCS_{TM}-900 シリーズのコア仕様比較
Comparison of TLCS_{TM}-900 series core specifications

コア名称	TLCS _{TM} -900	TLCS _{TM} -900/L	TLCS _{TM} -900/H
最大動作周波数	20 MHz	20 MHz	25 MHz
電源電圧	5 V ± 10 %	2.7 V ~ 5.5 V	5 V ± 10 %
最小命令実行時間	200 ns	200 ns	160 ns
デュアルクロック機能	なし	あり (32 kHz)	なし
クロックギア機能	なし	あり (4 種類)	なし
アドレス空間	16 M バイト	16 M バイト	16 M バイト
命令実行ステート数			
データ転送 LD reg, reg(32ビット)	4	4	2
算術演算 ADD reg, reg(32ビット)	7	7	2
MULA reg, reg(16×16)	31	31	19
論理演算 SLA 7, reg	22	22	5
製品の消費電流 (typ.)	21 mA	19 mA (5 V) 5.5 mA (3 V)	37 mA
(製品型名)	(TMP96C141AF)	(TMP93CM40F)	(TMP95C061AF)

reg : レジスタ

以後、特に断らないかぎりこの論文では TLCS_{TM}-900 シリーズ、TLCS_{TM}-900/H シリーズ、TLCS_{TM}-900/L シリーズを総称して“TLCS_{TM}-900 シリーズ”と呼ぶ。

3 CPU アーキテクチャ

3.1 レジスタセット

図2に TLCS_{TM}-900 シリーズのレジスタセットを示す。

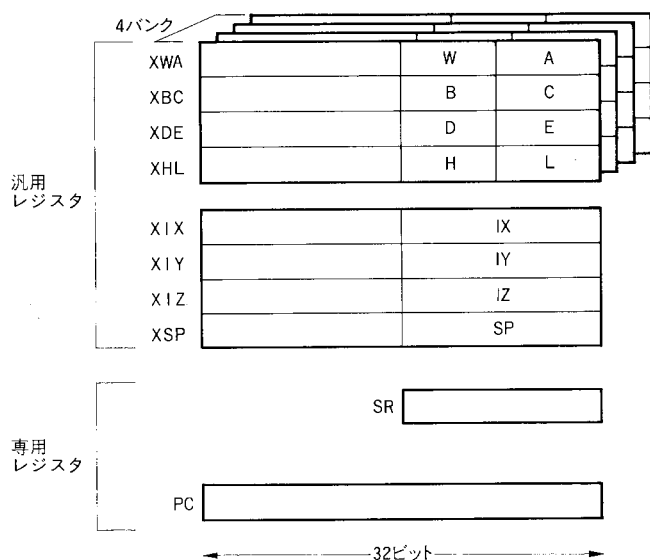


図2. TLCS_{TM}-900 シリーズのレジスタセット 16ビットマイコンながら32ビットの汎用レジスタをもつ。

TLCS_{TM}-900 series register set

TLCS_{TM}-900 シリーズは、16ビットマイコンでありながら32ビットの汎用レジスタを8本もっている。同時に、

これらのレジスタはすべてアドレス計算にも使用可能である。

このため、TLCS_{TM}-900 シリーズは、32ビットと16ビットのデータ、およびアドレスを区別することなく取り扱うことができる。すなわち、32ビット データ/アドレスを取り扱う場合も、命令コードサイズや命令実行時間が増加することがない。

このことは、プログラムがC言語で記述されるようになり、Cコンパイラが標準として扱うデータサイズが8/16/32ビットであることに適合しており、コンパイラのコード生成効率を高めることができるという利点がある。特に64Kバイトを超えるプログラムでその効果が著しく現れる。Dhrystone ベンチマークのコードサイズはアドレス空間64Kバイト以上の設定でコンパイルした場合880バイトである。

3.2 命令セット

表2に TLCS_{TM}-900 シリーズの命令セット一覧を示す。TLCS_{TM}-900 シリーズは89種類の命令がある。命令は組込み用途に必要なと思われる最小限の命令を選択した。

表2. TLCS_{TM}-900 シリーズの命令セット

TLCS_{TM}-900 series instruction set

データ転送	LD PUSH POP LDA LDAR
データ交換	EX MIRR
ブロック転送/サーチ	LDI LDIR LDD LDDR CPI CPIR CPD CPDR
算術演算	ADD ADC SUB SBC CP INC DEC NEG EXTZ EXTS DAA PAA MUL MULS DIV DIVS MULA MINC MDEC
論理演算	AND OR XOR CPL
ビット操作	LDCF STCF ANDCF ORCF XORCF RCF SCF CCF ZCF BIT RES SET CHG TSET BS1
特別演算, CPU 制御	NOP EI DI PUSH-SR POP-SR SWI HALT LDC LDX LINK ULINK LDF INCF DECF SCC
ローテイト/シフト	RLC RRC RL RR SLA SRA SLL SRL RLD RRD
分岐	JP JR JRL CALL CALR DJNZ RET RETD RETI

3.3 コアの構成

図3に TLCS_{TM}-900/H コアの構成を示す。

TLCS_{TM}-900/H コアは次のような手法を採用して TLCS_{TM}-900 コアに対する高速化を採った。

- (1) 命令デコードの一部をワイヤードロジック化
- (2) 内部データバスの32ビット二重化とALU (Arithmetic Logic Unit) の32ビット化 (32ビットレジスタ間演算時間を7ステートから2ステートに)
- (3) 専用の演算ハードウェアを追加 (シフト命令、乗算命令を高速化)

図4に32ビットレジスタ-レジスタ間演算の高速化のようすを示す。

4 開発環境

マイコンでの製品開発に不可欠な開発環境は、当社製以外

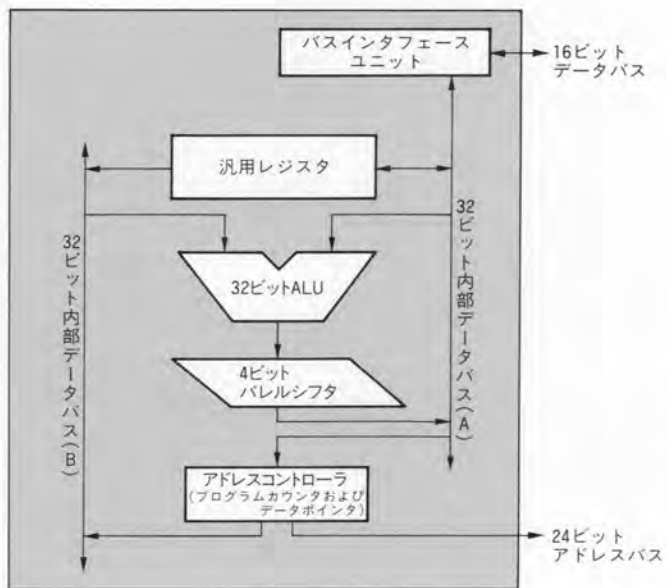


図3. TLCS™-900/H コアの構成 内部データバスを32ビット二重化しALUを32ビット化した。

Block diagram of TLCS™-900/H core

にも国内外の主なサードパーティから供給されている。

以下に当社製の各製品についての特長を述べる。

4.1 C コンパイラ

言語仕様はANSI C 準拠であり豊富な最適化をサポートしている。また、MCU (Micro Controller Unit) 用に言語仕様の拡張も行っている。ホストコンピュータとしてパソコン、エンジニアリングワークステーションが使用可能である。

4.2 エミュレータ

当社は、TLCS™-900 シリーズ用リアルタイムエミュレータとして“RTE model 20”を供給している。また、より高性能、高性能化した“RTE model 25”を開発中である。主な改良点として、ホストコンピュータとコントローラ間の通信を従来のRS-232Cに加え、LAN 接続も可能としたことなど

がある。これらエミュレータ上で動作するソースレベルデバッガもサポートしており、高級言語やアセンブリ言語で記述されたプログラムのデバッグが可能である。また、後述のUDEデバッガもサポート予定である。

4.3 組み込み用 OS

OS (オペレーティングシステム) を使用することにより、プログラムの保守性、信頼性、可搬性を高めることができる。TLCS™-900 シリーズ用としてμITRON (Industrial The Real time Operating system Nucleus) バージョン 3.0 準拠のOSをサポートしている。

4.4 UDE デバッガ

当社の提唱するUDE (Unified Development Environment: 統合開発環境 (開発中)) 思想は、TLCS™-900 シリーズの各コアだけでなく、当社の提供するすべてのマイコン開発環境に共通したユーザインタフェースを実現するものである。

このUDEに準拠し、より複雑化、高機能化するプログラムを効率良くデバッグするために、GUI (Graphical User Interface) 環境のもとウィンドウシステムでのデバッグを可能とするデバッガである。

5 製品ラインアップ

表3にTLCS™-900 シリーズの製品ラインアップと主な応用製品の一覧を示す。

TLCS™-900 コア製品は、標準マイコンとしてプリンタ、ファクシミリなどのOA機器に適している。

TLCS™-900/H コア製品は、特に高性能を要求される高速プリンタなどに適している。

TLCS™-900/L コア製品は、低電圧/低消費電力動作を要求するビデオムービーや携帯電話などのバッテリー駆動機器に適している。

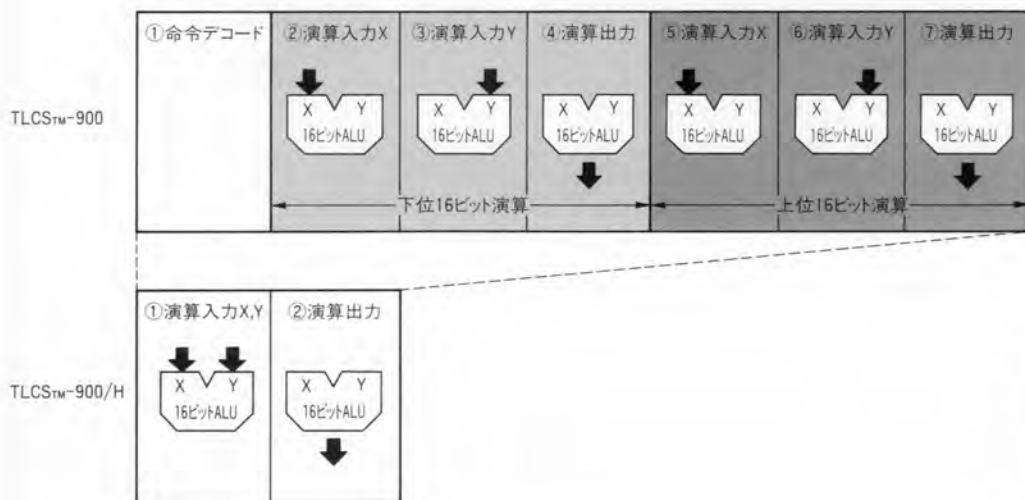


図4. TLCS™-900/Hの32ビット演算の高速化 従来7ステート必要だった処理を2ステートで実行できる。32-bit fast operation of TLCS™-900/H

表 3. TLCS_{TM}-900 シリーズの製品ラインアップ

Product lineup of TLCS_{TM}-900 series

コア名称	ROM	なし			32 K		64 K	128 K	パッケージ	タイム		シリアル ルー/0	A/D コンバータ	D/A コンバータ	DMA サポ(※)	デュアル ロック	DRAM コントラ	低電圧 対応	応用製品例		
	RAM	なし	1 K	2 K	1 K	2 K	2 K	4 K		8 ビット	16 ビット										
TLCS _{TM} -900/H	TMP95C061A								MFP100	4	2	2	4	—	○	—	○	—	カラープリンタ ファクシミリ PPC モータ制御 電子楽器 NC 工作機		
	TMP95C063								MFP144				8	2	○	—	○	—			
TLCS _{TM} -900/L				TMP93CM4I		TMP93CM40	TMP93CS40 (TMP93PS40)	<div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> TMP93CW40F </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"> TMP93PW40F </div>	MFP100	4	2	2	8	—	○	○	—	○	カメラ 移動電話 VTR バーコードリーダ 個人情報機器 ミニプリンタ		
TLCS _{TM} -900					TMP96CM40 (TMP96PM40)				QFP80	4	2	2	4	—	○	—	—	—	PPC モータ制御		
	TMP96C041A	TMP96C141A						QFP80	4				—	○	—	—	—	—	—	プリンタ ファクシミリ PPC	
	TMP96C031Z							QFP64	4				—	○	—	○	—	—	—	—	自販機 温調機器 電子楽器
	TMP96C08I							QFP100	6				—	◎	—	—	—	—	—	—	タイプライタ 計測器

()内: OTP (One Time Programmable read only memory) 品, []: 開発中, (※) ○印: μDMA
DMA: Direct Memory Access, MFP: Mini Flat Package, QFP: Quad Flat Package

6 あとがき

16ビットマイコン TLCS_{TM}-900 シリーズについて紹介した。TLCS_{TM}-900 シリーズには、標準の TLCS_{TM}-900 コア、高性能化した TLCS_{TM}-900/H コア、低電圧/低消費電力化した TLCS_{TM}-900/L コアの3種類のコアがあり、各種アプリケーションに対応した製品を提供している。

今後は、コアごとの派生品を開発しラインアップを増すと

ともに、さらなる高性能化、低消費電力化を図ったコア開発を行う予定である。



吉田 俊哉 Toshiya Yoshida

1984年入社。高位マイコンの開発に従事。現在、半導体システム技術センター マイコン応用技術推進担当主務。
Semiconductor System Engineering Center