高性能マイクロコンピュータHシリーズ用 開発支援ツール

Development Tools for High Performance Microcomputer H Series

従来,日立製作所が製品化してきた6800系,68000系マイクロコンピュータの開発支援ツールは,アセンブラなどの低水準言語を対象とし,マイクロコンピュータファミリーごとに異なるユーザーインタフェースを持っていた。

このたび、高性能マイクロコンピュータHシリーズの製品化に合わせて、高級言語を対象とし、はん(汎)用インタフェースを持つ開発支援ツールを製品化した。本開発支援ツールはホスト計算機上でプログラム開発に使われるクロスソフトウェアと、ユーザーシステムの実時間実行及びデバッグに使われるエミュレータから構成される。

クロスソフトウェアの開発に当たっては、ユーザーインタフェースである言語仕様に国際標準規格(案)を採用し、ユーザープログラムの応用システム間の流用を容易にした。またエミュレータについては、マイクロコンピュータ依存部と非依存部に分割することによって、Hシリーズに新ファミリーが加わった場合も非依存部の交換だけでエミュレータを使用可能にした。

ユーザーはこれらの開発支援ツールを使うことによって, 応用システムを効率よく開発することができる。

鳴島正親* Masachika Narushima

矢部栄一* Eiichi Yabe 茶木英明* Hideaki Chaki

長瀬賢一* Ken'ichi Nagase

1 緒 言

近年、半導体プロセスの微細化が進むに従ってマイクロコンピュータの機能や性能がますます向上し、応用システムも高度化している。このため、ユーザーからは、応用システムを効率よく開発するための支援ツールに対するニーズが高まっている。

半導体各社はこのニーズに対応するため、各種開発支援ツールの整備に力を入れている。日立製作所は従来から6800系、68000系マイクロコンピュータの開発支援ツールを製品化してきたが、これらのツールはアセンブラなどの低水準言語を対象とし、マイクロコンピュータファミリーごとに異なるユーザーインタフェースを持つという欠点があった。

そこで、日立製作所が独自アーキテクチャを持つ高性能マイクロコンピュータHシリーズを製品化するのに伴い、新しい観点から開発支援ツールの見直しを行った。開発支援ツールの設計に当たっては、HシリーズCPU(Central Processing Unit)の特長を生かしたユーザーフレンドリーな製品群の提供を基本思想とした。

本論文では、Hシリーズの各開発支援ツールとして、Cコンパイラ^{1),2)}、アセンブラ³)、リンケージエディタ⁴),5)、シミュレータデバッガ⁶)及びエミュレータ 7 などについて、それらの機

能と特長,標準化の考え方などを説明する。

2 開発支援ツールの概要

Hシリーズの開発環境を図1に示す。Hシリーズ開発支援ツールは、ホスト計算機上で実行されるクロスソフトウェアと、ユーザー実機に直結されるインサーキットエミュレータASE (Adaptive System Evaluator)から構成される。

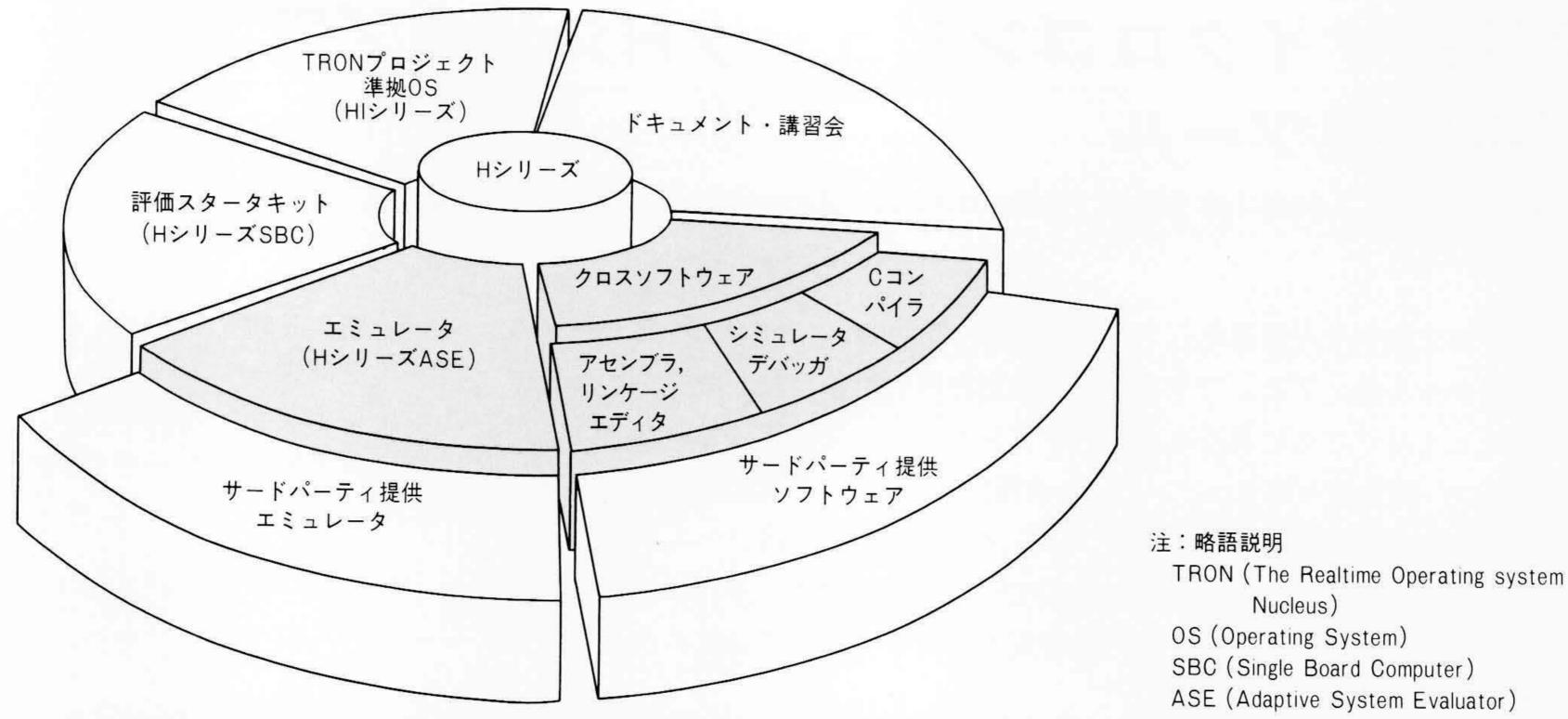
クロスソフトウェアには、CPUアーキテクチャを最大限に 活用したオブジェクト効率の高いCコンパイラ、構造化アセン ブリ機能を持つアセンブラなどがある。

Hシリーズ開発支援ツールでは、従来のマイクロコンピュータ開発支援ツールと比べ、エミュレータのほかに新たにソフトウェアシミュレータを開発し、ホスト計算機上で一貫したプログラム開発ができるようにした。

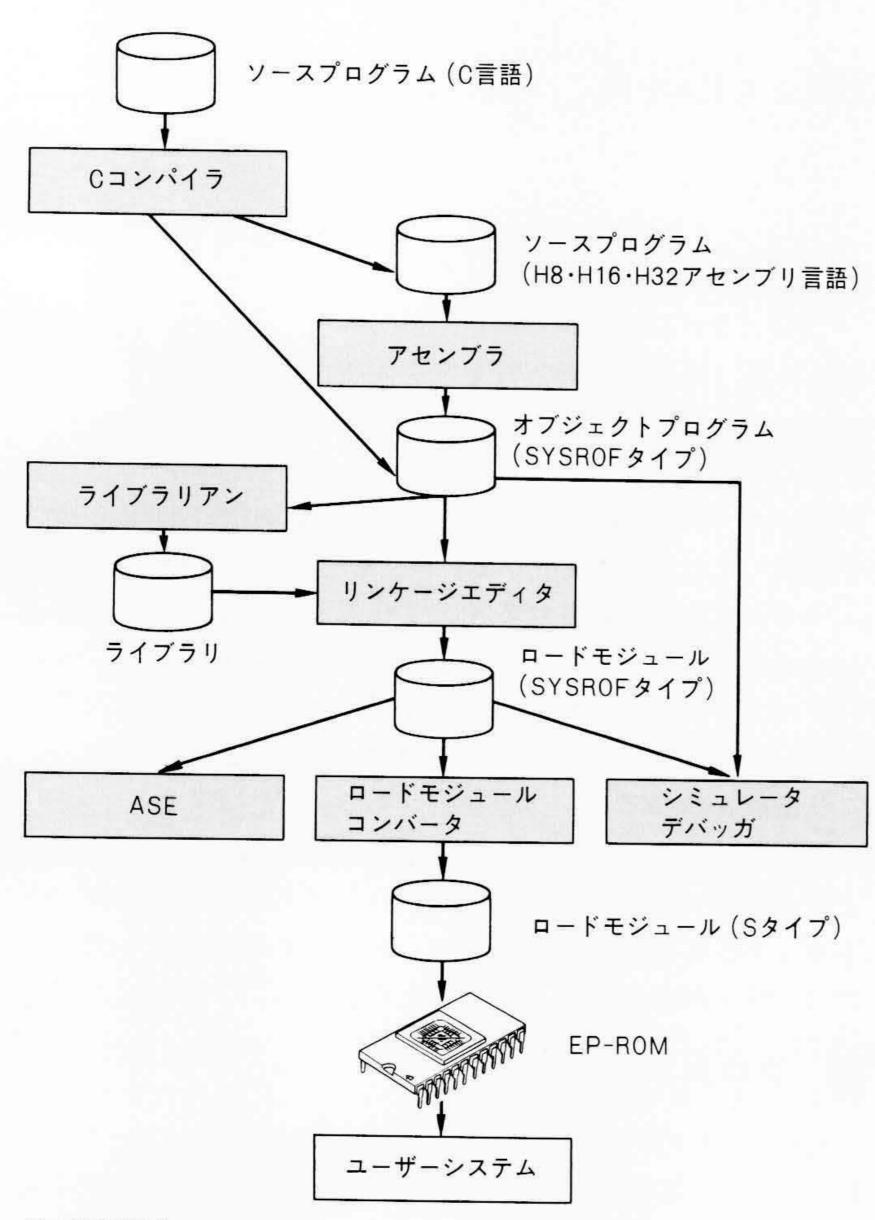
13 クロスソフトウェア

Hシリーズのプログラム開発手順を図2に示す。ユーザーは Hシリーズに共通なC言語又はH8・H16・H32用アセンブリ言 語でプログラムを記述する。Cコンパイラ、アセンブラ及びリ ンケージエディタはこのソースプログラムを読み込み、ユー

^{*} 日立製作所武蔵工場



図I Hシリーズの開発環境 Hシリーズ開発支援ツールは、ホスト計算機上で実行されるクロスソフトウェアと、ユーザー実機に直結されるエミュレータから構成される。



注:略語説明

SYSROF (Symbol-information Standard Relocatable Object Format)
EP-ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

図 2 Hシリーズのプログラム開発手順 Cコンパイラ, アセンブラ及びリンケージエディタはソースプログラムを読み込み, ユーザーの応用システム上で実行可能なロードモジュールに変換する。

ザーの応用システム上で実行可能なロードモジュールに変換する。ホスト計算機上で作成したロードモジュールを、エミュレータを介してユーザー実機上にダウンロードしデバッグすることができる。

3.1 Cコンパイラ

HシリーズCコンパイラは、C言語で記述されたソースプログラムをHシリーズの各マイクロコンピュータ用のオブジェクトプログラムに変換する。

3.1.1 言語仕様

HシリーズCコンパイラはANSI (American National Standard Institute)のC言語標準規格案®に基づいた言語仕様を採用しているため、ユーザーはマイクロコンピュータ間のソフトウェアの移行をスムーズに行うことができる。

ANSIの言語仕様は、一般的なC言語仕様、例えばB.W. Kernighamなどの仕様⁹⁾に加え次の機能を持っている。

(1) 構造体型, 共用体型, 列挙型の記述

構造体型,共用体型,列挙型のデータを関数の引き数やリターン値として記述することができる。

(2) 関数の原型の宣言

関数の返す型や引き数の数及び型をチェックするため、原型を宣言することができる。HシリーズCコンパイラはこの原型宣言を用いて、従来のC言語ではあいまいであった型チェックを厳密に行っている。

3.1.2 Cコンパイラの特長

HシリーズCコンパイラは次のような特長を持っている。

(1) 効率のよいオブジェクトの生成

Hシリーズマイクロコンピュータファミリーの持つレジスタバンク、高機能命令などの特性を生かし、効率のよいオブジェクトプログラムを生成する。

(2) デバッグ情報の出力

Cソースプログラムに対応したデバッグ情報を出力する。日

表 | 構造化アセンブリ制御文 ユーザーは構造化アセンブリ制御文を用いることによって、アセンブラレベルで構造化プログラミングを行うことができる。

No.	分 類	構 造	記述方法			
		IF	.IF〔.サイズ〕〔:ディスプレースメントサイズ〕(条件式) 〈ステートメントリスト1〉 〔.ELSE〔:ディスプレースメントサイズ〕 〈ステートメントリスト2〉 .ENDI			
2	選択	SWITCH	.SWITCH(.サイズ)(オペランド) .CASE(:ディスプレースメントサイズ) 条件1 〈ステートメントリスト1〉 〔.BREAK〕 .CASE(:ディスプレースメントサイズ) 条件2 〈ステートメントリスト2〉 〔.BREAK〕			
3	反 復	WHILE	.WHILE(サイズ)(:ディスプレースメントサイズ)(条件式) 〈ステートメントリスト〉 .ENDW			
4		REPEAT	.REPEAT 〈ステートメントリスト〉 .UNTIL〔.サイズ〕(条件式)			
5		FOR	.FOR(.サイズ)(:ディスプレースメントサイズ)(カウンタ=初期値,終値(,[I+/-I)増分値)) 〈ステートメントリスト〉 .ENDF			
6		CONTINUE	.CONTINUE(:ディスプレースメントサイズ)			
		BREAK	.BREAK(:ディスプレースメントサイズ)			

立製作所製のシミュレータデバッガ及びASE (Adaptive System Evaluator)はこのデバッグ情報を用いたC言語レベルのプログラムデバッグをサポートしている。

(3) ROM化できるオブジェクトの生成

機器組込み用にROM(Read Only Memory)化できるオブジェクトプログラムを生成する。

3.2 アセンブラ

Hシリーズアセンブラシステムはプリプロセッサとアセンブラから構成され、アセンブリ言語で書かれたソースプログラムを、Hシリーズの各マイクロコンピュータ用のオブジェクトプログラムに変換する。

3.2.1 言語仕様

実行命令,制御命令のニーモニックはIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)で規定された命名規則10)に準拠し、Hシリーズマイクロプロセッサ間で統一された命令体系になっている。

3.2.2 アセンブラの特長

Hシリーズアセンブラは次のような特長を持っている。

(1) 豊富なアセンブラ制御機能

引き数やマクロ内変数を自由に定義できるマクロ制御文など、約30種類の制御命令を備えている。

(2) 構造化アセンブリ機能

構造化アセンブリ制御文を**表1**に示す。構造化アセンブリ制御文には、選択機能を持つIF文、SWITCH文、反復機能を持つWHILE文、REPEAT文、FOR文、CONTINUE文、更にこれらの文の終了を示すBREAK文がある。ユーザーは構造

化アセンブリ制御文を用いることによって、アセンブラレベルで構造化プログラミングを行うことができる。

3.3 リンケージエディタ

Hシリーズリンケージエディタシステムは、複数個のオブジェクトプログラムを結合・再配置するリンケージエディタ、ライブラリを管理するライブラリアン、ロードモジュールのフォーマット変換を行うロードモジュールコンバータの三つのプログラムから構成される。

3.3.1 OM/LMフォーマット

HシリーズのOM/LM (Object Module/Load Module)フォーマットは、財団法人日本規格協会が標準化を進めている SYSROF (Symbol-information Standard Relocatable Object Format) (11) に準拠している。SYSROFを構成する情報を表2に示す。SYSROFはプログラム開発環境と実機テスト環境との間の情報交換用OM/LMフォーマットとして設計されており、多くのマイクロコンピュータ及びプログラミング言語に適用できるよう、アドレス形式、ソフトウェア構成、変数属性などについて豊富な表現能力を持っている。

3.3.2 機能概要

Hシリーズリンケージエディタシステムの機能概要を以下に述べる。

(1) プログラムリンク

リンケージエディタによるオブジェクトモジュールの結合 方法を図3に示す。リンケージエディタは、オブジェクトモ ジュール内の同一セクションどうしを結合する。

(2) ライブラリ管理

表 2 SYSROFを構成する情報 SYSROFはアドレス形式,ソフトウェア構成,変数属性などについて豊富な表現能力を持っている。

分 類	情 報 種 別	種別コード	分	類	情 報 種 別	種別コード
	完備度・サブセッティング情報	00		基本情報	型情報	36
	ヘッダ情報	04			行番号情報	38
IJ	ヘッダサブ情報	05	デバッ	#	デバッグユニットサブ情報	40
	ユニット情報	06			プログラム構造サブ情報	42
ン	ユニットサブ情報	07			基本型情報	44
	セクション情報	08			手続きパラメータ情報	46
ク	セクションサブ情報	09		ブー	関数パラメータ情報	48
	外部参照シンボル情報	0C			数え上げ情報	4A
情	外部定義シンボル情報 14	L		構造体情報	4C	
	セクション要素ヘッダ情報	IA	グ	情	配列情報	4E
報	オブジェクト情報	IC	1-		ポインタ情報	50
	リロケーション情報	20	情		範囲情報	52
n	トレーラ情報	7F	報	報	集合情報	54
バッグ サルナ	デバッグユニット情報	30			浮動小数点情報	55
報 基本情報	プログラム構造情報	32			その他の型情報	56
	シンボル情報	34				

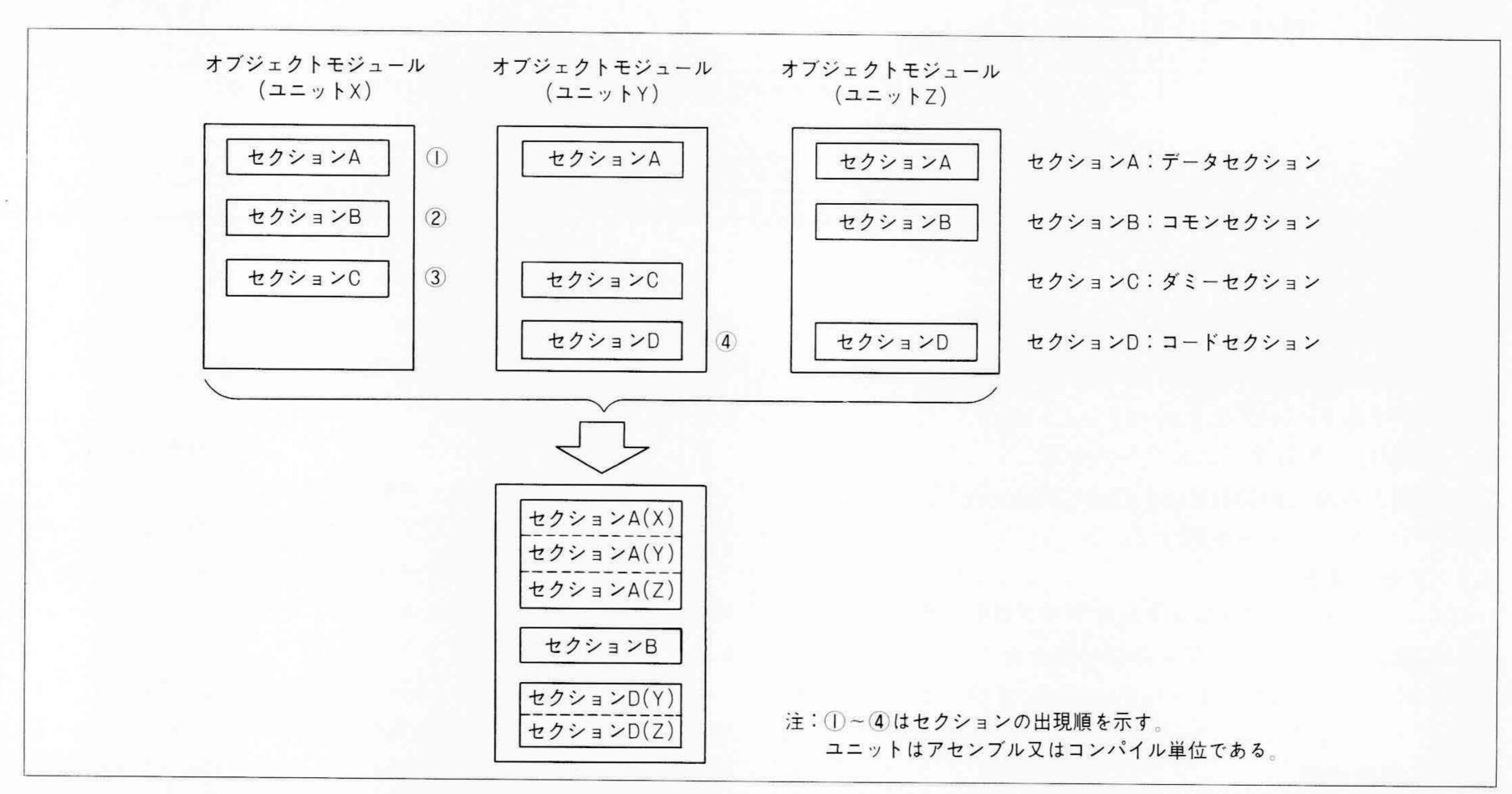


図3 オブジェクトモジュールの結合方法 リンケージエディタは、オブジェクトモジュール内の同一セクションどうしを結合する。

ライブラリアンは、複数個のオブジェクトモジュールを一 括してライブラリに登録する。

(3) ロードモジュールコンバージョン

ロードモジュールコンバータは、リンケージエディタが出力したロードモジュールを、市販のEP-ROM (Electrically Programmable Read Only Memory)プログラマへ入力可能なSタイプオブジェクトに変換する。

3.4 シミュレータデバッガ

シミュレータデバッガは、Hシリーズマイクロコンピュータのオブジェクトプログラムをホスト計算機のメモリ上にロードし、あたかもCPUが命令を実行するように、プログラムカウンタに従って命令を逐一模擬実行していく。シミュレータ

デバッガの機能概要を**表3**に示す。一時的に命令実行を中断するためのブレークポイントの設定、命令実行時のトレース内容の表示、レジスタやメモリ内容の表示、変更などができるため、シミュレーションと同時にプログラムデバッグも行うことができる。

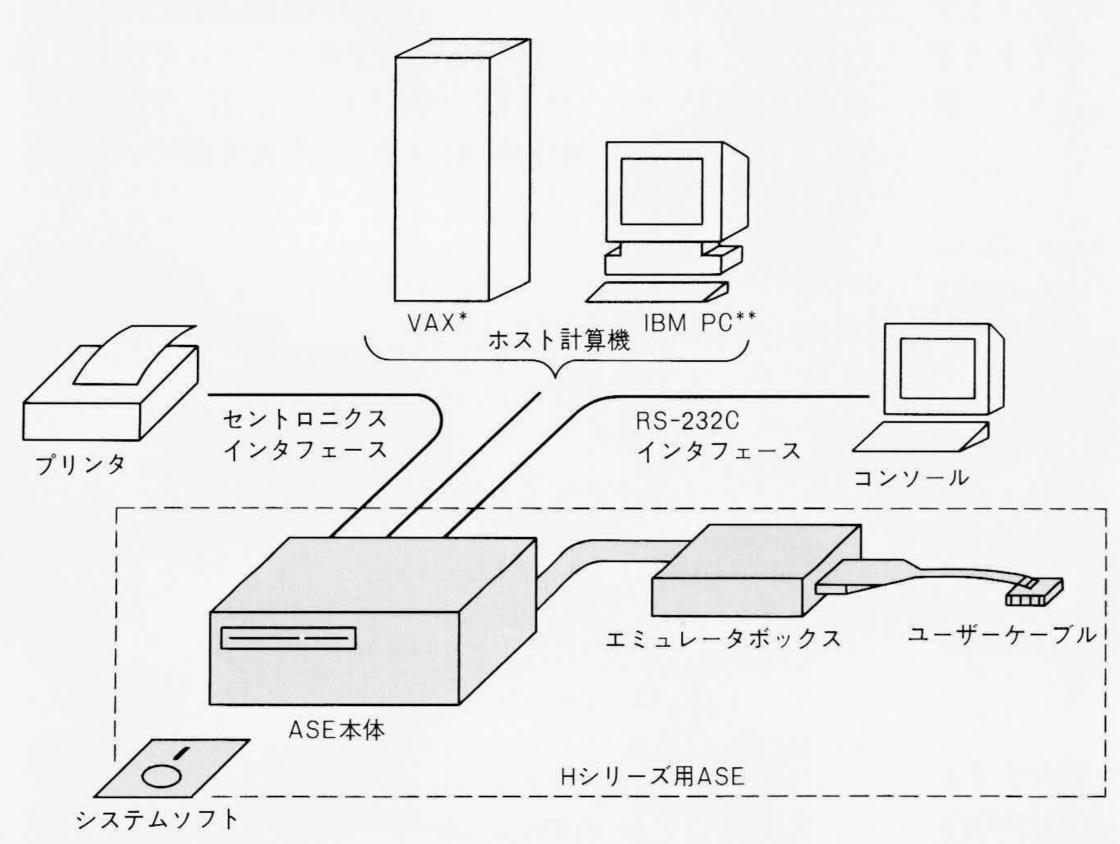
4 エミュレータ

4.1 システム構成

Hシリーズ用ASEはマイクロコンピュータ応用システムを 効率よく開発するためのインサーキットエミュレータである。 Hシリーズ用ASEのシステム構成を図4に示す。Hシリーズ用 ASEは、Hシリーズに共通なASE本体、各マイクロコンピュ

表 3 シミュレータデバッガの機能 シミュレータデバッガを使用することによって、シミュレーションと同時にプログラムデバッグを行うことができる。

No.	内容		容		明		
Ī	ブレークポイント 最大 8		 命令実行アドレス(通過回数 メモリ範囲のアクセス(R, クポイント 最大 8 本 メモリのデータ値 レジスタのデータ値 実行順序を指定(命令実行) 		クセス(R, W, RW時) 値 タ値	, W, RW時)	
2	トレース	内容の表示	最大1,023命令分	命令実行アドレアクセスデータ命令ニーモニッはん用レジスタ(専用レジスタ	ク		
3	メモリ、レジスタ内容の表示、設定、変 メモリ、マップ機 数モリ内容の逆アセンブ		リ マ ッ プ 機 能 ●ユーザープログラムで使用するメモリ領域の設定(バイト単位で設定可能)		設定(バイト単位で設定可能)		
4	CPUの模擬実行機能			● 各命令のシミュ● レジスタバンク			
5	l 行	アセン	v ブ ラ 機 能	● アセンブリ言語	レベルで, 1行ごとにプログ	ラムの修正を行える機能	
6	ファイル入出力機能			200	を, 開始アドレス以降にロー レス範囲の内容を, 指定され	ドする機能 たファイルにセーブする機能	
7	Н	E L	P 機 能	● 全コマンド名の	表示		



注: * VAX(米国DEC社の登録商標) ** IBM PC(米国IBM社の登録商標)

図4 Hシリーズ用ASEのシステム構成 Hシリーズ用ASEは、Hシリーズに共通なASE本体、各マイクロコンピュータごとに代わるエミュレータボックス及びユーザー実機との間のケーブルから構成される。

ータごとに代わるエミュレータボックス及びユーザー実機との間のケーブルから構成される。ASE本体は、ホスト計算機及びコンソールとの間のシリアルインタフェースを2ポート、プリンタとの間のセントロニクス仕様インタフェースを1ポート持っている。このほか、オプションとしてエミュレーションメモリやパーソナルコンピュータ用インタフェースソフトが準備されている。

4.2 機能概要

Hシリーズ用ASEの仕様を表4に示す。Hシリーズ用ASEは、ユーザーシステムのハード・ソフト両面でのデバッグ効率を向上させるため、以下のような機能を持っている。

(1) リアルタイムエミュレーション機能

Hシリーズ用ASEは、各Hシリーズマイクロコンピュータを 最高動作周波数でリアルタイムにエミュレートする。ユーザ

表 4 Hシリーズ用ASEの仕様 Hシリーズ用ASEは、各Hシリーズマイクロコンピュータを最高動作周波数でリアルタイムにエミュレートする。

項目 形名		HI6(HD64I0I6)用 ASE	H8(HD6475328)用 ASE	H32(HD642032)用 ASE		
サポートクロック		4.608, 8, 9.216 MHz 外部クロック	6.25, 9.8304, I2.5 MHz 外部クロック	20 MHz 外部クロック		
エミュレーションメモリ		SRAMメモリボード…5 DRAMメモリボード…4	SRAMメモリ…256 kバイト(標準)			
ブレーク		ハードウェアブレーク…2箇所 ソフトウェアブレーク…255箇所 ハードウェアPCブレーク…4箇所(オプション)	ハードウェアブレーク…2箇所 (PCブレーク含む) ソフトウェアブレーク…255箇所	ハードウェアブレーク…2箇所 PCブレーク…2箇所 ソフトウェアブレーク…255箇所		
リアルタイムトレース容量		4,096サイクル				
シリアル	コンソール インタフェース	RS-232Cインタフェース 2,400, 4,800, 9,600, 19,200 bps				
インタフェース	ホスト インタフェース	300, 6	,200 bps			
プリンタインタフェース		セントロニクス仕様				
ユーザーインタフェース (サポートパッケージ)		CP-84	CP-84	PGA-135		
5 インチフロッピー ディスクドライバ		記憶容量…約1.2 Mバイト 記憶方式…MFM方式 記憶フォーマット…IBMフォーマット				
ASE寸法	本 体					
	エミュレータボックス	幅211×奥行330×高さ84(mm)	幅443×奥行401×高さ133(mm) 幅210×奥行320×高さ74(mm)			

注:略語説明 SRAM(Static RAM)

PC(Program Counter)

DRAM(Dynamic RAM)

MFM (Modified Frequency Modulation)

ーはASEのリアルタイムエミュレーション機能とブレーク機能,トレース機能を組み合わせて、プログラムを効率よくデバッグすることができる。また、設定したポイントでトリガ信号を出力しながらユーザープログラムを実行したり、一定時間ごとにリセットを入力することもできる。

(2) パラレルモード機能

エミュレーション実行中に,ユーザープログラムをブレークしなくてもトレース情報の表示,ブレークポイントの設定やメモリ内容の表示・変更ができる機能をパラレルモード機能と言う。ユーザーは、パラレルモード機能によって、機械の制御系のようにブレークできないシステムを容易にデバッグすることができる。

(3) シンボリックデバッグ機能

Hシリーズ用ASEは、ホストコンピュータから出力される アセンブラやC言語のデバッグ情報を使い、ラベルや行番号を 使用したソースプログラムのデバッグを可能にする。

(4) コマンドチェイン機能

ASEに内蔵した5インチフロッピーディスクを使用することによって、登録したコマンド列を順次実行させるコマンドチェイン機能を使用できる。

5 結 言

日立オリジナルマイクロコンピュータHシリーズの開発支援 ツールについて機能仕様を中心に述べた。

Hシリーズ開発支援ツールではC言語, アセンブリ言語などの言語仕様, 及びオブジェクトモジュール・ロードモジュールフォーマットに国際標準規格(案)を採用し, ユーザープログラムの応用システム間の流用を容易にした。またエミュレータについては, マイクロコンピュータ依存部と非依存部に

分割することによって、Hシリーズに新ファミリーが加わった 場合も非依存部の交換だけでエミュレータを使用可能にした。

今後は、ユーザーの身近にある計算機上でプログラム開発ができるようにホスト計算機の種類を拡大し、Hシリーズマイクロコンピュータの製品展開に同期した開発支援ツールの提供を行う予定である。

参考文献

- 1) Hシリーズ C言語マニュアル, 日立製作所(1987-9)
- 2) VAX/VMS 641016 Cコンパイラ ユーザーズマニュアル, 日立製作所(1987-9)
- 3) VAX/VMS 641016 アセンブラ ユーザーズマニュアル, 日立 製作所(1987-8)
- 4) VAX/VMS Hシリーズ リンケージエディタ ユーザーズマニュアル, 日立製作所(1987-8)
- 5) VAX/VMS Hシリーズ ライブラリアン ユーザーズマニュア ル, 日立製作所(1987-7)
- 6) VAX/VMS 641016 シミュレータ・デバッガ ユーザーズマニュアル,日立製作所(1987-8)
- 7) VAX/VMS 641016 ASE ユーザーズマニュアル, 日立製作所 (1988-3)
- 8) ANSI: Draft Proposed American National Standard for Information Systems-Programming Language C (X3J11/86-074).
- 9) B.W. Kernigham, D.M. Ritchie: The C Programming Language, 1978, Prentice-Hall, INC.
- 10) IEEE: Standard for Microprocessor Assembly Language (IEEE Std. 694, 1985).
- 11) SYSROF-87.3 Specification, March 1987, INSTAC (Information Technology Research & Standardization Center) of Japan Standard Association.