

1B-9

計算機構造の教育支援システム

前田達夫, 辻野嘉宏, 都倉信樹

大阪大学

1. はじめに

計算機の動作やアセンブリ言語の教育になにを用いるのがよいかは種々の議論がある。実際の機械が望ましいとはいうものの初心者には複雑すぎ、また、教育用支援のソフトウェアも適当なものが得られない状況である。情報工学科85名の1年生の入門教育用に情報処理技術者試験の仮想計算機をもとに、入出力・割り込みなどの機能を加えたシステムを作成した報告である。

2. 目的

本システムの目的はおよそ次の通りである。

- ① 計算機CPUの内部でデータがどのように流れているかをわかりやすく示すこと。
- ② 入出力の様子を示すこと。
- ③ 割り込みの動作を示すこと。
- ④ アセンブリプログラミングの演習。

3. 基本構成

本システムは、COMETの命令および若干の拡張命令はすべてシミュレート可能である。

講義で用いるためには、さらに入出力機能、割り込み機能などが必要となる。また、同時に、アセンブリプログラムの学習もできるように、シミュレータ、CASLアセンブラ、同リンクからなるシステムを作成した。

本システムのシミュレータは、①実行のステップとして、マイクロステップ単位、1命令単位、連続実行の3種を目的に応じて選べる機能、②プログラム実行を中断してレジスタの値の変更、メモリ内容の表示・変更なども自由にできる機能、③割り込みが起こったことを示すインジケータや出力した値を表示するウィンドウを用意した。

プログラムの実行は、およそ次のようにして行う。

- 1) CASLアセンブラを用いてソースをアセンブルす

る。

- 2) 次にリンクをとおして実行ファイルをつくる。

- 3) 実行ファイルをシミュレータで読みこみ実行する。

4. 拡張機能

計算機の構造を説明する上で、入出力等の外部装置とのやりとりや、入出力をサポートするにあたり必要となってくる割り込み処理は、どのように処理されるか、また、どのようなものを理解させることが必要であり、これらをみせるための機能を追加した。

1) 入出力機能: アセンブリ言語CASLには入出力用のマクロ命令 'IN' 'OUT' のみで、COMETには、I/O命令は存在しない。外部装置との入出力を理解させるため、メモリ空間内に入出力用のI/Oポートを3組用意した。これらは、入力(キーボード)、出力1(ディスプレイ)、出力2(プリンタ)である。これを用いることによってマクロ命令を実現することができ、入出力処理を具体的に理解することができる。また、キーボードから入力したり、画面内ウィンドウに出力結果を表示できる。

2) 割り込み: 0から7までの8レベルの割り込み処理のジャンプ先を示す割り込みベクタを用意した。また、割り込みレベルを制御するマスクを格納するレジスタが必要となるので、COMETのFRレジスタ(2ビット)を16ビットに拡張し、PSWレジスタとし、PSWレジスタの中に、今までのFRレジスタの機能と割り込みマスクそして現在割り込み処理中を示すフラグを格納することにした。

3) 拡張命令: 割り込み機能をサポートするために命令を拡張した。さらに、COMETの命令セットは、すべて、レジスタ・メモリ間演算であるので、プログラムを簡単に書けるようレジスタ・レジスタ間の命令を追加した。それらを表1に示す。拡張命令の内、RTIのみが2語命令で他は1語命令である。

5. 画面構成

本システムの画面構成を図1に示す。上部がCOMETのCPU構造の構成図で、レジスタが使われたり、データバスにデータが流れるとその部分が紫色にかわりデータが行き来していることを示す。下部には、主記憶の状態や命令が何を行っているかなどを示すために4つのウィンドウがある。

- 1) 「Assemble」：現在実行中の命令を中心として7つの命令を16進表示し、また、CASLの命令形式で逆アセンブルして示す。実行が進むと自動的にスクロールする。
- 2) 「Data」：命令がメモリを読み書きすればその番地を中心としてその内容を自動的にスクロールしながら示す。
- 3) 「CRT」：COMETのディスプレイに対しての出力を表示する（I/O出力1）。
- 4) 「PRINTER」：COMETのプリンタに対しての出力を表示する（I/O出力2）。

これによって、I/Oポートに出力した内容の確認や現在実行している命令が何であり、また、どのように処理されるかなどが同時に示されるので理解しやすい。

6. ユーザ・インタフェース

本システムは、学生に簡単に使ってもらえるようにコマンドは1キー式とし、パラメータの入力に対してなるべくキー入力が少なくなるよう考慮した。コマンドは次のようなものが用意されている。

A：ディスアセンブル
B：ブレイクポイント設定・解除
C：オペレーションカウンタ設定
D：メモリダンプ
K：キー入力
L：ロード
M：メモリ変更
O：オペレーション変更
R：レジスタ変更
S：速度切り換え
Q：終了

7. 最後に

現在このシステムは、本学の情報処理教育センターのIBM5540シリーズ上で使用中であり、さらにはどのような機能が講義で役に立つのか自習に必要なのか、また、使いやすさはどうかなどを評価し、今後のシステムに役立てたいと考えている。

表1. 拡張命令表

アセンブラ命令の形	機能
RTI	Pop PC, Pop PSW (割り込み処理からの復帰)
MOV GR, XR	$g \leftarrow x$ (データの転送)
MOV GR, PSW	$g \leftarrow \text{PSW}$
MOV PSW, XR	$\text{PSW} \leftarrow x$
ADDX GR, XR	$g \leftarrow g + x$ (加算)
SUBX GR, XR	$g \leftarrow g - x$ (減算)
ANDX GR, XR	$g \leftarrow g \& x$ (桁ごとのAND)
ORX GR, XR	$g \leftarrow g x$ (桁ごとのOR)
EORX GR, XR	$g \leftarrow g \oplus x$ (桁ごとのEOR)
CPAX GR, XR	$g - x$ (算術比較)
CPLX GR, XR	$g - x$ (論理比較)
BITX GR, XR	$g \& x$ (論理AND比較)
SLAX GR	g の内容を1ビット左へ算術シフト
SRAX GR	g の内容を1ビット右へ算術シフト
SLLX GR	g の内容を1ビット左へ論理シフト
SRLX GR	g の内容を1ビット右へ論理シフト

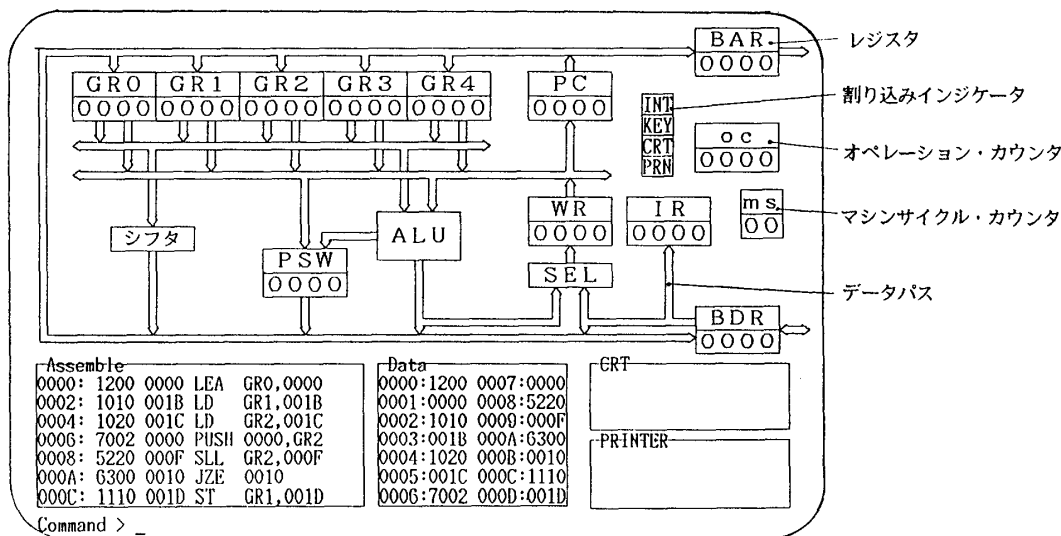


図1. 画面構成