

6ZA-8 割り込み機能を考慮した計算機シミュレータ

小野 淳 都倉 信樹
大阪大学大学院基礎工学研究科

1. はじめに

情報工学教育の中で計算機アーキテクチャは、ハードウェアとソフトウェアとの接点となる部分であり、計算機の基礎となる部分であるので、学生にとって学習する事が不可欠なものとして考えられる。

しかし、情報工学を学ぶ学生にとって、計算機の動作は実体で見ることができず学習する事が難しいため、これまでに計算機の内部動作を可視化する計算機シミュレータが多く開発されてきている。本研究では、特に計算機アーキテクチャでも重要な点である割り込み機能に注目し、割り込み機能を学生が学習する事を意図した計算機シミュレータを設計し、開発を行った。

割り込みは、多重プログラミングのための入出力割り込み、時分割処理のためのタイマ割り込み等と広く用いられており、今日ではオペレーティングシステムが割り込み駆動型となっている事からもわかるように、計算機の重要な基本機能となっている⁽¹⁾。割り込み機能を理解する事がオペレーティングシステム、ひいては計算機アーキテクチャの理解が深まっていく事へ繋がると考える。

2. 本研究の目的

本研究では、計算機を抽象化し動作を可視化する事で、視覚的に計算機の基本構造・動作を認識する事のできる計算機シミュレータを作成し、学生の学習支援を行う事を目的とする。

計算機の動作を可視化し、学生の学習支援を

行うシミュレータは多く開発されているが、計算機の割り込み機能に関してはシミュレータの"機能"としては持っているものの、割り込み時の計算機の動作が可視化されず、又割り込み装置の内容が想定されていない⁽²⁾など、学生の学習支援という観点ではあまり考慮されていない。そこで、割り込みが起こった際の計算機の動作及び周辺装置の動作を可視化し、学生の理解を促進させる事にする。

3. シミュレータの設計方針

本シミュレータは情報工学を学ぶ学生を対象としており、学生が計算機の内部構造・動作を学習するために、可視化の容易さ・利便性を考えて設計を行った。

1)アーキテクチャ

シミュレートする計算機には PDP-11 を採用した。これは以下の二点による。

- 現在利用されている計算機にも採用されている技術が多く存在する⁽³⁾
- 現在利用されている計算機ほど複雑ではなくシンプルである⁽³⁾

従来の学習支援用計算機シミュレータでは CASL・COMET シミュレータがよく作成されており、CASL2 からは割り込み機能も仕様に盛り込まれるようになったが、COMET は仮想的な計算機であり、入出力・周辺装置が想定されていないため、適当ではないと判断した。

2)実装

本シミュレータは Java で実装した。Java Applet として Web 上で公開⁽⁴⁾する事により、WWW ブラウザを通してシミュレータが利用可

能となり、利用者がマルチプラットフォームで学習することができる。

5. シミュレータの構成

本シミュレータのユーザインタフェースは以下から成り立っている。

1)プログラム入力部ウインドウ

入力された PDP-11 のアセンブリプログラムのアセンブル及び文法チェックを行う。

2)プログラム実行部ウインドウ

入力されたプログラムを実行し、レジスタ・メモリの値、各命令の実行回数を表示する。

3)CPU 内部動作可視化ウインドウ(図 1)

プログラム実行を行い、実行中のレジスタ間のデータ転送など計算機の内部構造・動作を可視化する。

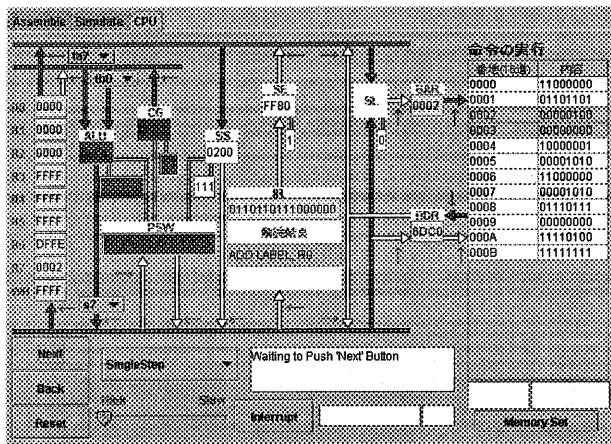


図1 CPU 内部動作可視化ウインドウ

2),3)のウインドウでは、レジスタ・メモリ・バスのデータの値を非表示にし、利用者に値を解答させる演習問題が作成可能となっている。

4)割り込みウインドウ

割り込みを利用者が手動で設定できる。

5)外部装置可視化ウインドウ

抽象化した外部装置(キーボード、プリンタ、クロック等)の動作を可視化する。

6. シミュレータの機能

本シミュレータは、以下の機能を持っている。

- アセンブル・文法エラー表示

- ステップ実行・全実行
- ブレークポイントの設定
- レジスタ・メモリの値、制御信号の変更
- 割り込みの設定

PDP-11 では、標準で各割り込みに対して優先度・割り込みベクトルが準備されているが、本シミュレータでは利用者の手で自由に設定する事が可能となっている。このことにより、例えばタイマ割り込みの優先度を下げ、いつまでもタイマ割り込みの割り込みが実行されず、時計が動かない事をシミュレータ上で表示する等ができ、割り込み機能に対する理解が深まると考えられる。

7. おわりに

PDP-11 の計算機シミュレータを作成し、計算機の内部構造・動作を可視化することによって、割り込み機能を中心とした計算機アーキテクチャの学習支援を行った。現在は、シミュレータを含む教材として開発を行っており、学習内容を考慮したサンプルプログラム、学習効果の高い演習問題の作成に取りかかっている。

また、シミュレータの有効性に関しては、利用者へのアンケートを用いての評価と、利用者のシミュレータへのアクセス頻度、演習問題の解答状況から利用者の理解度を把握しての評価等を検討している。

参考文献

- (1)橋本昭洋：「計算機アーキテクチャ」,昭晃堂, 1995
- (2)渡辺博芳, 荒井正之, 武井恵雄：”CPU とアセンブラ授業のための事例に基づくプログラム評価支援システム”, 情報処理学会研究報告, コンピュータと教育, No.54 pp.33-40, 1999
- (3)R. H. Eckhouse Jr.著, 中西 正和訳：「ミニコンピュータシステム入門」, 培風館, 1978
- (4)本シミュレータのホームページ：<http://www.tok.ics.es.osaka-u.ac.jp/~a-ono/PDP11/PDP11.html>