

4W-2

画面上で計算機の構築可能な
教育用計算機シミュレータ

杉本直樹、阪田全弘、松浦敏雄、吉岡信夫、的場裕司
(大阪大) (日電) (大阪大) (大工大) (甲南大)

1. はじめに

優れたユーザインタフェースを提供するものとして、ビットマップディスプレイやマウスが注目されているが、計算機のハードウェア構成や動作原理を教育する為のツールで、これらを活用したものは現在あまり見あたらない。これらの教育においては、学習者のレベルに応じて、計算機の動作をいろいろなレベルで観察できる方が望ましいし、また、学習者が自分で計算機を構築できれば、さらに教育効果も高まるであろう。

そこで、画面上で計算機の回路図を描くことによって計算機を構築でき、その動作をいろいろなレベルで観察できる教育用の計算機シミュレータをSmalltalk-80を用いて作成することにした。

Smalltalk-80を用いた理由は、計算機の構成要素をオブジェクトとすることで、計算機の動作を自然に記述でき、ディスプレイやマウスに関するクラスを活用してユーザインタフェースの良い計算機シミュレータを作成できると考えたからである。

2. システムの特徴

本システムは教育用ツールとして次のような特徴を持つ。

(1) 画面上でインタラクティブに回路を構築できる。また、実際にシミュレータを動かして、回路に修正を加えることも簡単にできる。

(2) デバイスの拡張が可能である。これは現在あるデバイスをもとに、その組み合わせられた回路をマクロパッケージとして定義でき、新たなデバイスとして使用できる。この機能により、いろいろなレベルでのモニタが可能となる。

(3) インタラクティブなモニタが可能である。モニタしたいデバイスについてビュー(ウィンドウ)をオープンでき、デバイスの保持値の他にブレイクポイントの状態等を簡単にみることができ、またその変更も容易である。

本システムは、教育用ツールとして次のような利用法が考えられる。

(1) あらかじめ作成された計算機回路をいろいろシミュレートすることにより、計算機の動作原理を体験的に学ぶことができる。ソフト、ハード両面の学習が期待できる。

(2) 定義されているデバイスを使用して、計算機の構築を実験できる。実際の回路では発見しにくい配線ミスも、モニタ用のビュー等により、より容易にチェックできるので、学習者の理解を助けることができる。

3. シミュレータの概要

3.1 素子

本シミュレータで扱える素子は

基本ゲート (AND, OR, NOT ...)

機能デバイス (レジスタ、マルチプレクサ、メモリ ...)

であり、それぞれをオブジェクトとして構成することで、システムの自然な記述が可能である。また、いくつかの素子を組み合わせられた回路もマクロパッケージ化することができる。

3.2 シミュレータの構造

論理回路では、現実の動作は並列に動くが、Smalltalkは本質的にシングルプロセスであり正確な並列処理は難しい。遅延時間の正確を期すために、本シミュレータでは、イベントドリブンで実行している。つまり、メッセージセンドにより次に起こるイベントをキューにつないで置き、全体の実行を管理するクラス Executer が遅延時間の順序で、イベントを起こす。

3.3 シミュレータの機能

startボタンによるクロックの連続動作の他に、stepボタンにより1クロックの実行、またプログラムカウンタにブレークポイントを設定することで、1インストラクションでの実行も可能である。

導線を含めて各デバイスごとに、モニタ用のビュー（ウィンドウ）をオープンすることができるので、特定のデバイスを観察することが可能である。また、ブレークポイントも、値の変更時、ある特定の値になった時、ある特定のポートの値の変更時など、いろいろ設定することができるので、自分の組んだ回路がどのように動くか調べることができる。

4. ユーザインタフェース

教育的な用途への応用を考慮して、ビットマップディスプレイとマウスを多用し、キーボードは文字の入力以外には使用しない方針でユーザインタフェースを設計した。多くの操作は画面上のスイッチ、ポップアップメニュー等での選択により実行できる。これはSmalltalkにすでに存在するクラスを利用することで容易に実現できた。またマルチウィンドウを利用して、機能ごとにビュー（ウィンドウ）を用意した。回路を構築する時には、デバイスボックス（ビュー）をオープンし、その中でデバイスをセレクトし、コンストラクトボードに配置する。シミュレート時はコマンドボード、デバイスインスペクタをオープンして操作する。以下に各ビューについて簡単に説明する。

4.1 コンストラクトボード

計算機の回路を構築する場所。後述のデバイス

ボックスで何かデバイスがセレクトされているときに、マウスをクリックすることで、そのデバイスを配置することができる。またすでに画面上に表示されているデバイスの移動、消去も簡単に行える。縦横のスクロールを利用することにより、表示画面よりも大きな範囲を使用できる。

4.2 デバイスボックス

計算機的设计に用いるデバイス（レジスタ、メモリ、…）が表示されているビュー。上記のコンストラクトボード上での作成時に、このビューをオープンし、使いたいデバイスをマウスのクリックでセレクトして使用する。

4.3 コマンドボード

シミュレート時の操作、start, step, stop等を入力するボタンがあるビュー。

4.4 デバイスインスペクタ

シミュレート時のデバイスの状態をみるためのビュー。トレースやブレークポイントの状態も同時に表示できる。

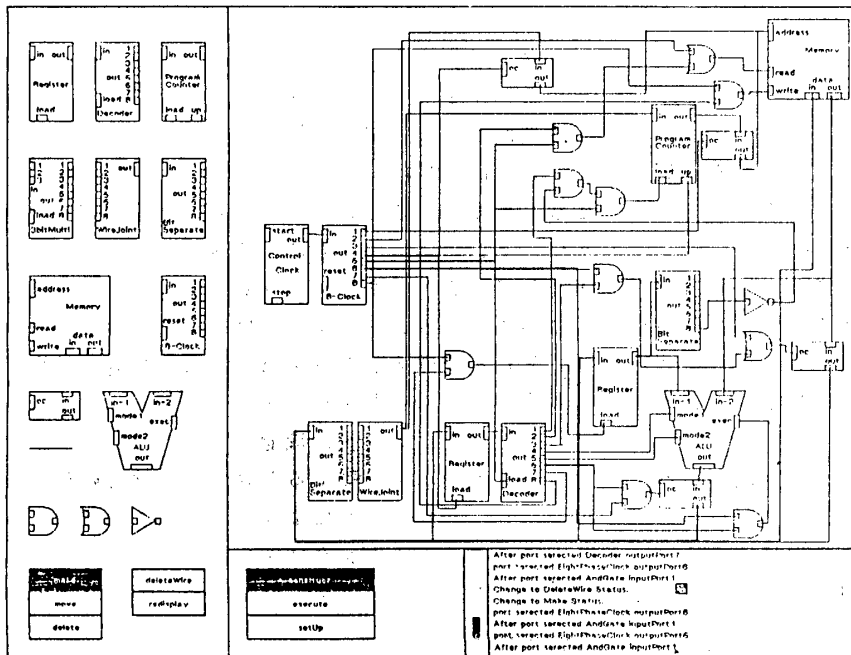
5. あとがき

計算機、論理回路をインタラクティブに構築し、その動作を視覚的にモニタできるシミュレータについて、その機能と特徴を説明した。現在は下図のようなプロトタイプが動いている。今後はプロトタイプ作成時の経験をもとに、より使い易いシステム

の作成、および教育上の利用法について考えていく予定である。

参考文献

- (1) Adele Goldberg and David Robinson: "Smalltalk-80, The language and its Implementation", Addison Wesley (1983)
- (2) 杉本明 安部茂: オブジェクト指向言語VEGAMSによる構造レベルハードウェアのモデル化、コンピュータソフトウェア、Vol.3, No.3 (1986)、pp.71-85.



シミュレータの画面表示例