

## 論理回路の教育支援システム

2K-3

青柳 敏

米子工業高等専門学校

## 1. はじめに

論理回路の演習は、コンピュータのハードウェアの基本を理解する上で重要である。最近では、教育効果を上げるために実際の回路による演習と併用してパーソナル・コンピュータ上で動作する論理回路シミュレータを利用した演習も行われるようになってきた。このような演習においては、学生の理解度に応じた指導を行うことが望ましい。

そこで、論理回路シミュレータをCAIシステムへと発展させた論理回路教育支援システムを開発することにした。

本システムは、学生の理解度に合わせて論理回路の基礎から応用までの教育を支援することを目的としたシミュレーション型CAIシステムである。

## 2. システムの目標

本システムの目標は、次の3点である。

- (1) 学生が主体となって論理回路について積極的に学習できること。
- (2) 論理回路の動作原理を視覚的に理解できること。
- (3) 学生が作成した論理回路を検証し、誤りに応じたヒントを提示できること。

## 3. システムの概要

本システムでは、主としてポップアップメニュー、ファンクションキーを用いて簡単に操作できるように設計してある。

## 3.1 学習の進め方

学生は基本的に次の手順で学習を進める。

- (1) 学生がポップアップメニューの中から学習したい項目を選択する。本システムでサポートする主な学習項目を表1に示す。
- (2) システムが該当項目に対応した説明と課題の提示を行う。
- (3) 学生がエディタ画面上で、提示された課題に対応する論理回路を構成する。その後、シミュレータ画面上で論理回路をシミュレートし、提示された課題に対応した真理値表

との比較確認を行う。

(4) 学生がヒントを求めた場合、システムは学生の作成した論理回路上に正しい論理回路との相違点をグラフィック表示する。学生は、この情報をもとにエディタ画面上で論理回路を修正する。

表1 学習項目

学習項目	学習内容
論理素子の種類	AND、ORなどの基本的な論理素子の種類と動作を学ぶ。
論理代数と論理回路	論理代数を応用して、基本的な論理回路の実現や簡易化の方法を学ぶ。
組み合わせ回路	マルチプレクサ、デマルチプレクサ、デコーダ、エンコーダ、加算器などの原理を学ぶ。
順序回路	JKフリップフロップを用いた同期式順序回路、非同期式順序回路の原理を学ぶ。

## 3.2 エディタ機能

エディタ画面については省略するが、後で示すシミュレータ画面と一体化されている。

## (1) シンボルの種類

本システムで扱うことの出来るシンボルは、MIL記号に準拠したAND、OR、NAND、NOR、NOTの各論理素子、JKフリップフロップ、HALF-ADDERの各機能素子、外部クロック入力端子、外部手動入力端子、および外部出力端子(タイミング・チャート出力用端子)である。

## (2) 配線方法

配線は接続もとのシンボルの右端(出力端)から接続先のシンボルの左端(入力端)へ向かってカーソル・キーを利用して行う。

## 3.3 シミュレータ機能

シミュレータ画面を図1に示す。シミュレートはイベント・ドリブン方式により行っており、論理回路の動作原理が視覚的にわかるように工夫してある。

## (1) 論理値の表現

論理値としては0及び1の2値のみを扱っている。

本システムでは、論理値0の端子と接続されている配線

を白、論理値 1 の端子と接続されている配線を赤で表示することにより、シミュレーションの進行に伴う各端子の論理値の変化を視覚的に分かりやすく確認できるようにしてある。

また、白黒プリンタへの印刷時には各配線の色の違いを線の太さの違いに変換して印刷する。

(2)シミュレーション・モード

シミュレーション・モードとして前方シミュレーション・モード、後方シミュレーション・モード、及びシングル・ステップ・モードをサポートしている。

前方シミュレーション・モードでは、論理回路の動作状態を時刻の進行とともに時々刻々と論理回路図画面、及びタイミング・チャート画面にグラフィック表示する。後方シミュレーション・モードでは、論理回路の動作状態を過去に向かって時々刻々と論理回路図画面にグラフィック表示する。ステップ・モードでは、論理回路の各端子の論理値が変化する毎にシミュレーションを一時停止する。

これらのモードを活用し、各端子の論理値の変化を繰り返し確認することにより、論理回路の動作原理を充分に理解することが出来る。また、論理回路のデバッグも容易に行うことが出来る。

(3)タイミング・チャートの表示

外部クロック入力端子、外部手動入力端子及び外部出力端子の論理値の変化をタイミング・チャート形式で表示する。

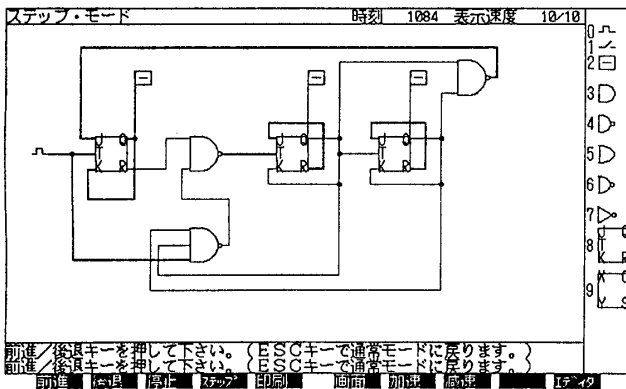


図1 シミュレータ画面

3. 4 検証機能

システムがあらかじめ用意した論理回路はフレーム形式のデータベースとして登録されている。また、学生が作成した論理回路はエディタ完了時にフレーム形式のデータベースとして登録される。これらのデータベースをもとに入力端子から順にそれぞれの論理回路構成上の相違点をチェックし、チェック結果を画面上に表示する。画面上では、

各シンボル及び配線の色の違いにより、論理回路のどこが正しいのか、誤っているのか、未検証なのかを識別できるので、ヒントとして利用することができる。

抽出できる誤りは、シンボルの不足、配線の不足、シンボルの誤り、配線の誤りである。

4. ハードウェア構成

本システムは、PC-9801のMS-DOS上で動作する。また、プリンタを接続することにより画面のハードコピーも可能になる。

5. ソフトウェア構成

ソフトウェア構成を図2に示す。フレーム推論モジュール、検証モジュールはProlog言語、他はC言語で記述してある。

制御モジュールはシステム全体の制御を行う。コースウェア管理モジュールは論理回路に関する教材の表示、学習の進行スケジュールなど、コースウェアの管理を行う。エディタ・モジュールは論理回路図の作成、変更などを行う。シミュレータ・モジュールはシミュレーションの進行をスケジュールする。また、論理回路の各端子の論理値の変化を論理回路図及びタイミングチャート上にグラフィック表示する。フレーム推論モジュールは各素子の論理的な動作に応じて、フレーム推論により論理回路の各端子の論理値の変化を次々と求める。検証モジュールは論理回路の誤りを指摘する。

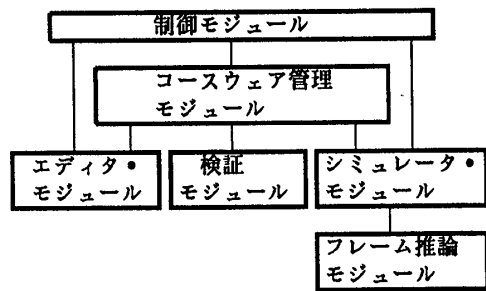


図2 ソフトウェア構成

6. おわりに

今回は論理回路教育支援システムの内、特にエディタ機能、シミュレータ機能、検証機能を中心にプロトタイプを開発した。今後はコースウェアを充実し、より教育効果の高いCAIシステムに改良する。

また、学生の理解度の把握などの知的CAIの機能も順次組み込んでいきたい。