

# 回路シミュレータを用いた電気・電子回路教育\*

岡田 学\*\*

## Education of Electric and Electronic Circuit with Circuit Simulator

Manabu OKADA

キーワード: 回路シミュレータ, 電気回路, 電子回路, マルチメディア教育

### 1. はじめに

機械工学科では4学年の工学実験に「直流回路」, 「オシロスコープによる測定」, 「デジタル回路I」, 「デジタル回路II」等の電気・電子回路実験を取り入れて電気・電子工学を実践的に教育している。しかし, 電気・電子回路は動作の様子が視覚的に捉えにくく, そのために苦手意識を持つ学生が少なくない。そこで, 電気・電子回路実験にパソコンを使った回路シミュレータを補助教材として取り入れ, 電気・電子回路実験に対する学生の理解の向上を図った。

### 2. 実験の内容

#### 2-1 従来の電気・電子回路実験

機械工学科では平成9年度までもデジタル回路の実験にロジックシミュレータを使用していた。これはシミュレーションの対象をゲートシンボルによるデジタル回路に限定したものである。このシステムは以下の理由で使用の継続が困難になっていた。

1. シミュレータを動作させるためのパソコン(富士通 FM-16 $\beta$ )は平成9年度の時点ですでに12年使用されており, 老朽化によって以後の使用が難しい状況であった。
2. シミュレータはMS-DOS用のソフトウェアであり, ハードウェアを他機種に移行するのは非常に困難であった。
3. 新たな周辺機器(プリンタ等)やソフトウ

ェアを導入しようとしても, FM-16 $\beta$ 用のものはすでに入手不可能であった。

#### 2-2 現在の電気・電子回路実験

電気・電子回路に関する工学実験のうち, 「デジタル回路I」では, 平成10年度から全ての実験を回路シミュレータで行っている。この実験ではデジタル回路の基礎的な概念と, 真理値表, 論理式とブール代数, ゲートシンボルなど, デジタル回路に関する基本的な知識を実験を通して実践的に習得することを目的としている。回路シミュレータを使うと, 実物を使って実験するより回路の作成・修正が素早くできるので, 工学実験の限られた時間の中でより効率的に学ばせることができる。

さらに, この実験はデジタルICを使って実際に回路を作成する「デジタル回路II」と組み合わせられており, デジタル回路の概念から実際の回路作成までを効果的に教育することができる。

平成10年度から使用している回路シミュレータはInteractive Image Technologies Ltd. のElectronics Workbench(以後EWBと表記)<sup>1)</sup>という製品であり, Windows 95, 98, NTで動作する。EWBは従来のFM-16 $\beta$ 用ロジックシミュレータと比較して, 以下の利点がある。

1. 現在主流となっているIBM PC-AT互換機+MS Windowsの環境で動作するソフトウェアであり, 動作のためのハードウェアなどの入手が容易。
2. ロジック回路以外にも電気・電子回路全般のシミュレーションができる。
3. 回路を作成するとき, マウスによるカット&ペースト, ドラッグ&ドロップなどの操作が可能。さらに, 複写または切り取った回路は他のワープロ等のアプリケーションへ張り付ける

\*平成10年教育研究特別経費の助成を受けて行われた。

\*\*機械工学科助手

原稿受付 1999年10月29日

ことが可能。

4. 作成した回路をプリンタから印刷することができる。その際、Windows のネットワーク機能を使えるので、複数台のパソコンからプリンタを共有することができる。

図1にゲートシンボルを使ったデジタル回路のシミュレーションの様子を示す。この回路は「デジタル回路I」の実験で使われる回路の一つである。この例では2つのスイッチは「A」、「B」キーでON/OFF することができる。ON/OFF は解析中に行うことが可能である。

回路の作成の際、パーツは画面左側のパーツ・ピンから選択する。パーツピンは種類毎に部品を分類して収納しているので、部品を選ぶには、まず目的の部品を収納しているパーツ・ピンを選び、その中から目的のパーツを選んでドラッグ&ドロップによって回路図の中に配置する。部品は種類も豊富でアナログ、デジタルあわせて350を越える。測定器は電圧計、電流計をはじめ、オシロスコープ、ポード・プロッタ、ロジック・アナライザなどが揃っており、ファンクション・ジェネレータなども用意されている。配線は接続の始点と終点を指定すれば部品をよけて配線してくれるので、スピーディな作図が可能である。解析開始時は、右上にある電源スイッチをONにする。

## 2-3 実験に対する学生の感想

「デジタル回路I」の実験は各6人程度の実験の班を各3人程度の2つのグループに分け、各グループで1台ずつのパソコンを使用して行っている。実験報告書に書かれたこの実験に対する学生達の感想の一部を以下に挙げる。

- EWB で色々実験をやったが、思ったよりもすんなりといったので、びっくりした。
- 最初は何をやっているのかよくわからず、他の班員に聞きながら作ったが、2~3個作っていったら何とか一人でも作れるようになりうれしかったし、面白くも感じた。
- パソコンでデジタル回路を組んでみて、論理回路がだいぶわかりました。だいぶわかったので、今度は実際に回路を組んでみたいと思いました。今回はパソコンでやりましたが、実際に手で書くよりも動作がわかりやすく、よかったですと思いました。

## 3. 今後の活用

### 3-1 実態配線図のシミュレーション

図2にデジタルICによるデジタル回路のシミュレーションの様子を示す。図2は図1と同じ回路を実際のデジタルICを使った場合の配線で表したもので、「デジタル回路II」の実験で使われる回路の一つである。このように、これから作成す

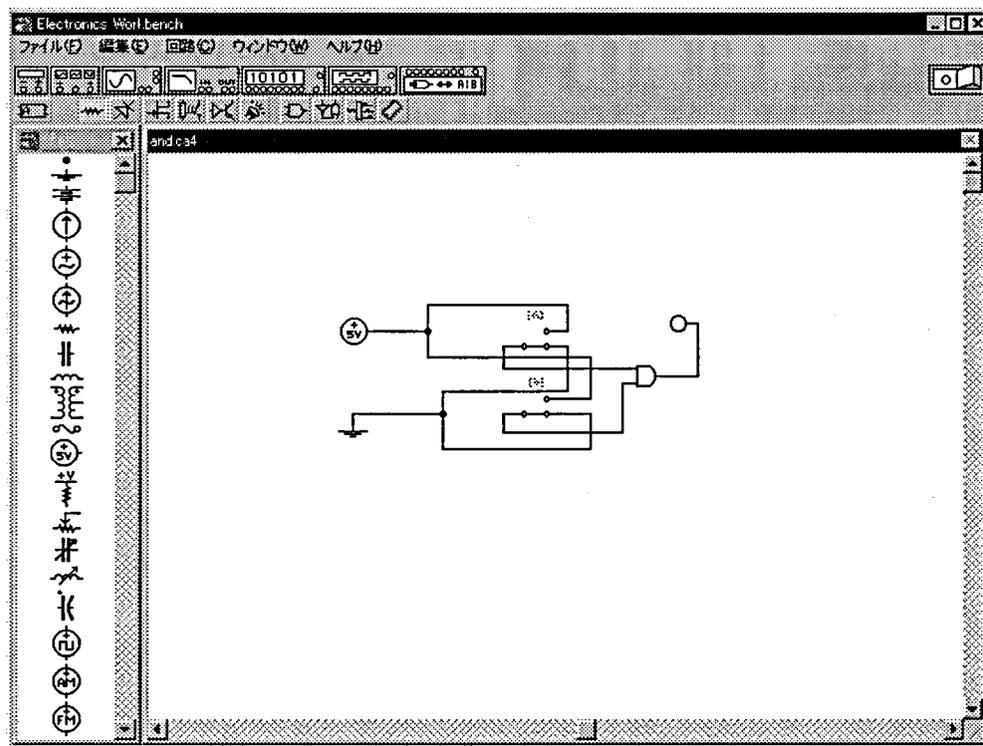


図1 ゲートシンボルを使ったデジタル回路のシミュレーション

る回路を EWB で設計とテストを行うことにより、実際の回路を作る前に問題の有無を確認して対処することができる。EWB には TTL, CMOS のデジタル ICをはじめ、オペアンプ等のアナログ ICも非常に多くの種類の ICが用意されている。このよ

うに、現在はすべて実物の電子回路を使って行っている実験の一部にシミュレータを取り入れることにより、理解の助けになると思われる。

### 3-2 直流回路のシミュレーション

図3に電流計と電圧計を使った直流回路のシミュ

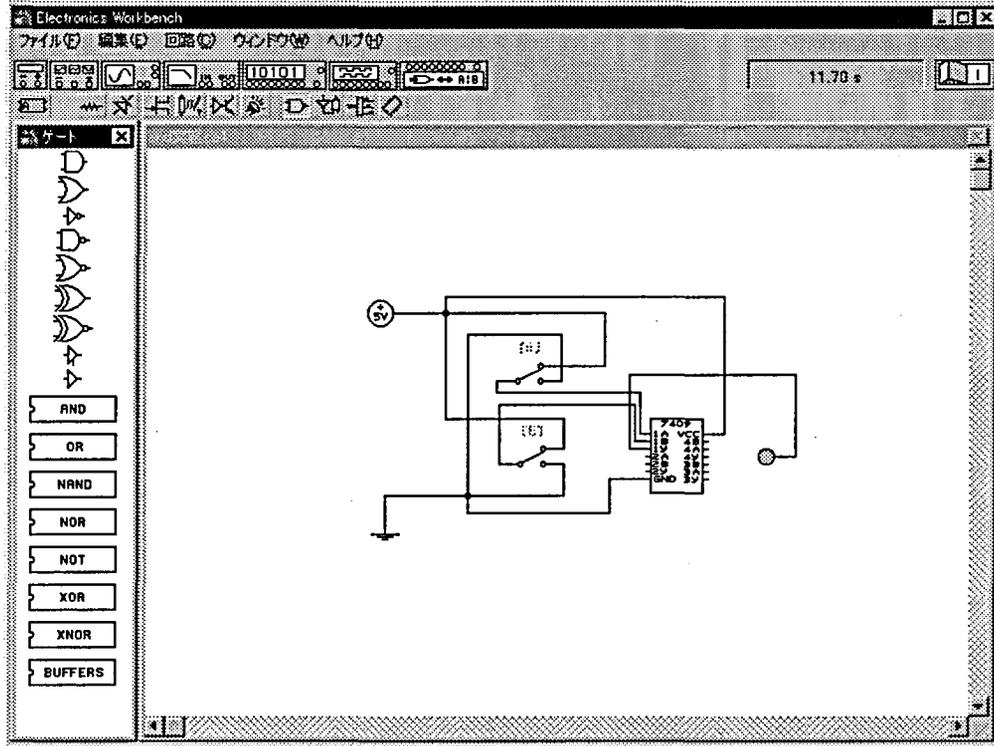


図2 実態配線図のシミュレーション

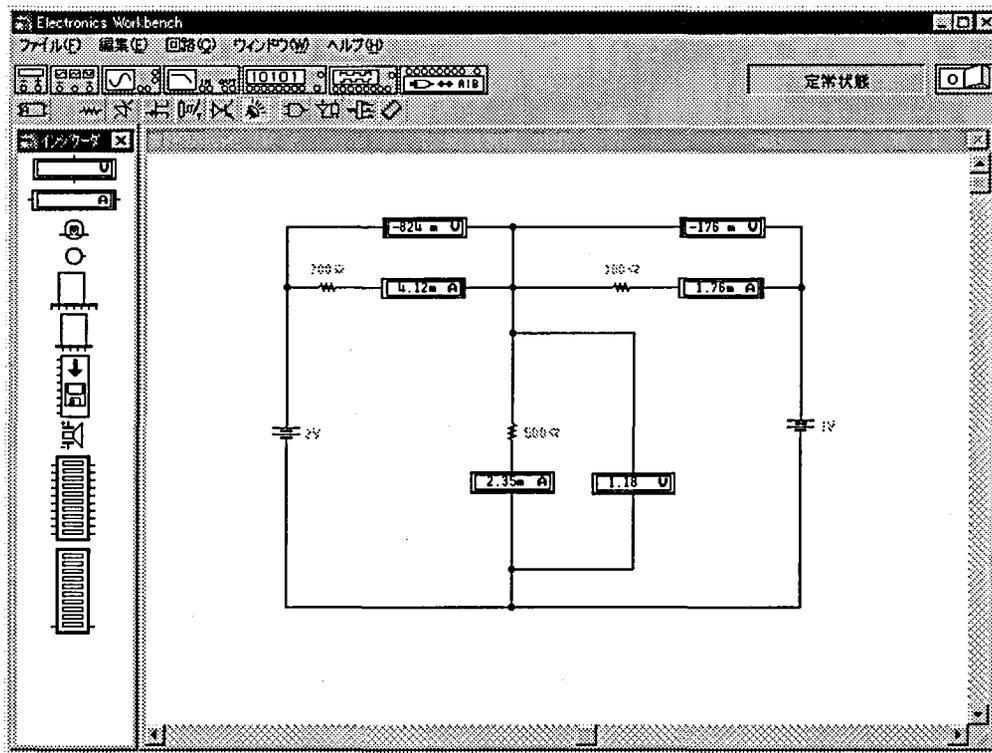


図3 直流回路のシミュレーション

レーションの様子を示す。この回路は「直流回路」の実験で使っているキルヒホッフの定理を確認する実験の回路である。実際の回路では、電流計と電圧計は測定レンジごとに固有の内部抵抗を持ち、各抵抗の値には誤差があるほか、電源の電圧設定や電流計と電圧計の読み取りにも実験者による誤差が含まれる。回路シミュレータでは抵抗の値や電源の電圧は正確に設定できるほか、電圧計や電流計の内部抵抗も自由に設定できるので、誤差などの影響を排除した理想的な結果を得ることができる。

### 3-3 交流回路のシミュレーション

図4にファンクション・ジェネレータとオシロスコープを使った交流回路のシミュレーションの様子を示す。この回路は「オシロスコープによる測定」の実験の中で使われる回路の一つで、交流電圧の位相遅れを測定する実験の回路である。ファンクションジェネレータは三角波、方形波、正弦波を出力可能で、周波数、オフセットの調節などができる。

オシロスコープとファンクション・ジェネレータは回路図中のシンボルをダブルクリックすると、それぞれのパネルが現れて、パラメータの操作が行えるほか、オシロスコープは波形を表示する。

## 4. おわりに

以上に述べたことは、EWBの利用法の、ごく一部に過ぎない。冒頭に述べたように EWB は多くの種類の部品を備えており、その多くは内部パラメータや品番などを設定可能であるので、これから試作・検討しようとする回路に必要な部品が無い場合や部品が入手困難な場合、非常に高価な部品を必要とする場合、または多くの試行錯誤を要する場合などに費用と時間の節約になる。

ここまで電気・電子回路教育における回路シミュレータの利点を述べてきたが、もちろん従来からある机上の学習や実物を使った実験が重要であることは変わらない。回路シミュレータは、むしろそれらの間の空隙を埋め、学習と体験の一部を大幅に効率化する道具であり、いわゆるマルチメディア学習の一種として教育に活用してゆきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 寺前祐二：PC用シミュレータで学ぶ回路設計，トランジスタ技術，第7号-第12号，CQ出版社，(1997)

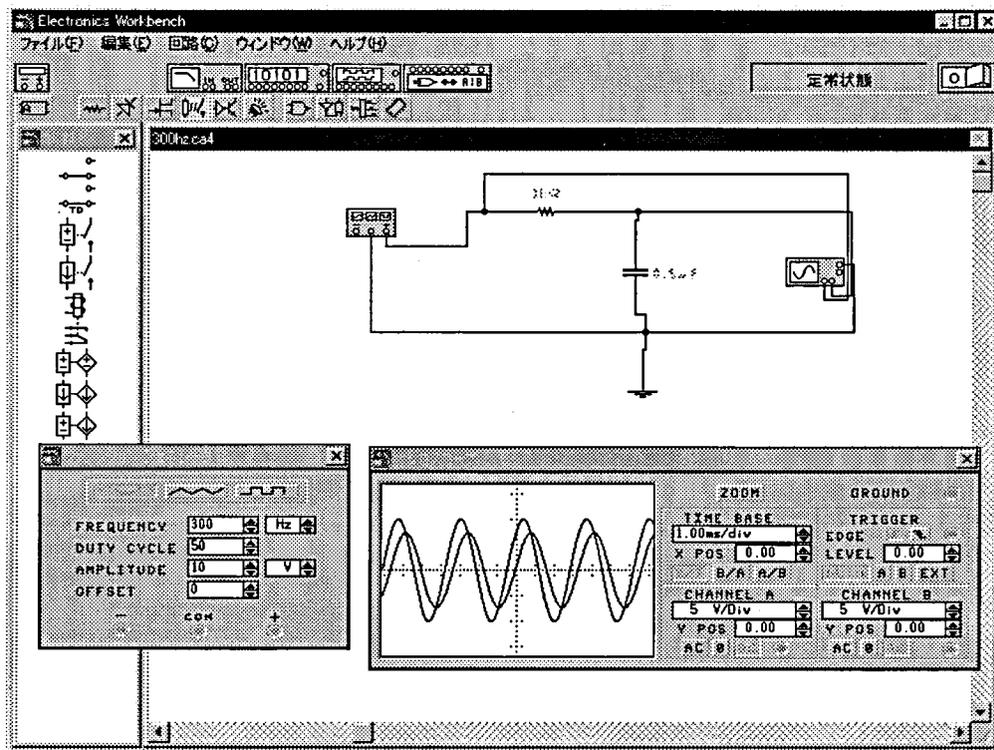


図4 交流回路のシミュレーション