電子回路シミュレーションソフトの検討と検証

電 子 技 術 科　　岩 崎　智 実

1　はじめに

平成 28 年度に実施した企業ニーズ調査の結果を踏まえた電子技術科の課題の一つとして，「回路シミュレーションに関する技能を向上させ，回路の理解を深める」がある．現在の電子技術科のカリキュラムの中でも「電子回路基礎実験」，「アナログ電子回路実験 II」，「HDL 設計実習」の科目でアナログ・ディジタル回路ともにシミュレータを使った授業を展開している．しかし，実験の課題や卒業研究の際に，学生が自主的にシミュレーションソフトを使用している姿はあまり見られない．そこで，現在の使用状況を調査し，ソフトの動作確認や学生へのアンケートをとることにより，今後の回路シミュレータの活用方法等について検討する．

2　アナログシミュレータの使用状況

1 年次の 4Q の「電子回路基礎実験」の最後の 2 回の授業の中で，アナログ回路とディジタル回路の混在回路が扱える電子回路シミュレータの TINA を使用している． DC 解析，AC 解析，過渡解析の基本的な解析手法の使い方の説明と演習を行っている．

2 年次の前期に実施している「アナログ電子回路実験II」では，主にオペアンプを使用した回路を設計して，回路図・組立図を描き，基板を作製し，測定実験を行っている．その際に，理論値と実測値を検証する手段としてシミュレーションでの結果を求めている．実験はしたが，正しい結果かどうかを判断する材料の一つにする狙いもある．さらに，シミュレーション結果を提出した学生には，レポートの点数を加算しており，学生の利用を促進している．

3　ディジタルシミュレータの使用状況

2 年次前期の「HDL 設計実習」にて HDL シミュレータを使用している．従来の回路図を用いた手法に代わり，HDL（ハードウェア記述言語）による設計を行っている．HDL によって記述された回路は，ASIC（特定用途向け IC）や CPLD/FPGA（回路変更が可能な IC）として実現される．その際，これらの IC が設計仕様どおりの動作をするかのチェックをすることにシミュレーションを行う．一般的には，IC 開発期間の 80%が回路の動作チェックに費やされているとも言われている．設計した回路が正しく動作するかをシミュレーションで検証する場合には，適切な入力信号を与える必要がある．またシフトレジスタやカウンタなどの同期式の順序回路では，適切なクロック信号と入力信号を与えて，内部信号や出力信号の変化が仕様どおりかをチェックする．このように，シミュレーションを行う場合に与える信号をテストベンチ（test bench）という．テストベンチは，VHDL や Verilog-HDL で記述する．回路に入力して，その動作を正しく検証し，バグを発見できるテストベンチを作成することはきわめて重要である．開発ソフトウェア環境には，ザイリンクス社製の FPGA や CPLD をシミュレートするために使用する ISE に統合された HDL シミュレータの ISim（ISE Simulator）を使用している．以上より，授業では回路の設計とテストベンチの作成をセットで行い，回路の動作を検証する作業を行っている．回路に問題がないかを確認後，FPGA へディジタル回路を書き込んでいる．

4　評価

今回は，電子技術科のカリキュラムの中でシミュレーションソフトが使用されている時期と内容を調査した．さらに自身でもソフトの動作を確認しながら，活用範囲の拡大や問題点などの検証を行った．

アナログシミュレータについては，主にトランジスタやオペアンプの特性を調べる手段として使用されているが，直流・交流回路の内容から使用することも可能であり，内容や開始時期についてさらに検討を進めることが必要である．

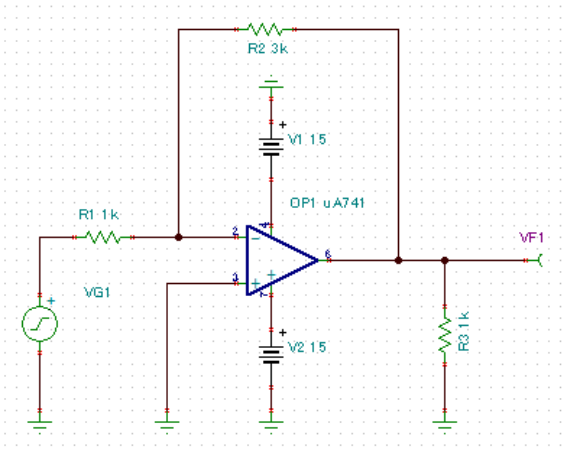

図 1　反転増幅回路

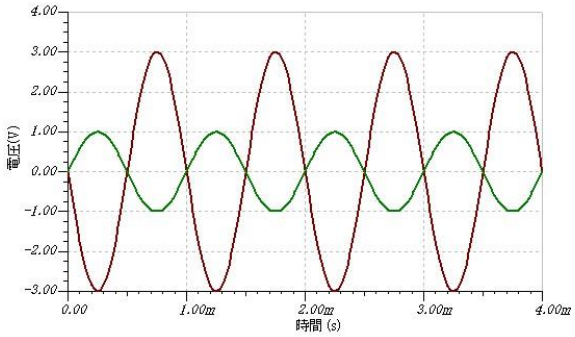

図2　過渡解析結果

4.1　TINAについて

電気を少しでもかじったことがある人なら，ソフトを起動してすぐに使えてしまうほどの直感的なマン・マシン・インターフェイスと操作性のよさが，TINAの最大の特徴である．このソフトの問題点は，フリーソフトであり，対応できる素子が限定され，実験で使用している IC 等がソフト上で使用できないケースがある．この点が，利用が伸びない大きな要因の一つと考えられる．一方，リニアテクノロジー社製の LTspice は，機能制限のない回路シミュレータとして無償で提供されており，次年度以降に試しながら比較検討を継続したい．

学生の生の声を聴きたいと考え，１年生 26 名に対して「電子回路基礎実験」で TINA の説明を受けた後に，表１のアンケートを実施した．このソフトの利点については，多くの学生が理解を示していた．しかし，今後の活用については消極的な意見が多かった．このことからも利用率を増加させるには，課題の提示方法等さらなる検討の必要性を感じた．また項目外だが，「もっと早く使いたかった」という意見も多く寄せられた．

表１　TINA を使用後の学生アンケート

質　問	簡　単 (出来る)	ふつう(少し出来ている)	難しい (分からない)
使用前に回路の理解は出来ていたか	4	15	7
解析方法の違いは理解できたか	4	11	11
使用後に回路の働きは理解できたか	5	16	5
このソフトの利点を感じたか	11	11	4
このソフトは使いやすかったか	5	18	3
このソフトを今後も積極的に活用するか	4 (使う)	19 (必要があれば)	3 (思わない)

4.2　ISimについて

ディジタル回路でのテストベンチについては，HDL での記述が必要になるため，難易度は高くはないが回路と記述の基本的な理解が求められる．なお，ISim や ModelSim などの製品版は，対応デバイスの集積規模（500 行以上の HDL コード）や VHDL/Verilog-HDL の混在回路に対応している程度の違いなので，現在の使用条件としては，フリーソフトで問題がない．

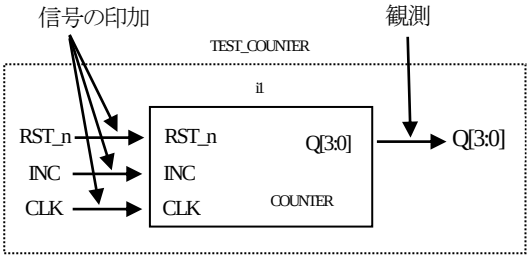

図3　検証対象モジュール

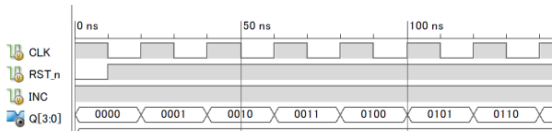

図4　ISim の実行結果

5　まとめ

回路シミュレーションの技能を身につけておくと，実験などに手間をかけず回路の細かい挙動を確認することができ，回路設計の効率を著しく向上させることができる．しかし，シミュレーションをする前に知っておくべき重要なことは少なくない．また，学生は直ぐに結果を求めるため，途中の過程であるこの作業を省いてしまう傾向がある．

電子回路の学習は，理論と体験の両方をバランスよく身に付けることが大切である．したがって，理論の内容とリンクして，シミュレーションで動作を確認する作業が有効であり，これらを理解した上で実験・実習が行えれば，回路の理解も深められる．そこで，学生が回路シミュレータを積極的に活用する方法を今後も検討したい．

6　参考文献

(1)　小峰龍男，見崎正行，河野吉伸，電子回路シミュレータ TINA7 で見てわかる　電子回路の「しくみ」と「基本」，(2008)，技術評論社

(2)　神崎康宏，電子回路シミュレータ LTspice 入門編，(2014)，CQ 出版社

(3)　堀桂太郎，ModelSim 実習，(2005)，森北出版