

GA を活用した電子回路設計のための 学習支援システムの開発

Development of learning support system for electronic circuit design using GA

宮崎 椋瑚^{*1}, 田中 龍之介^{*2}, 尋木 信一^{*3}

Ryogo MIYAZAKI^{*1}, Ryunosuke TANAKA^{*2}, Shinichi TAZUNEKI^{*3}

^{*1}有明工業高等専門学校生産情報システム工学専攻

^{*1} National Institute of Technology, Ariake College, Advanced Production and Information Systems Engineering Course

^{*2}有明工業高等専門学校電気工学科

^{*2} National Institute of Technology, Ariake College, Department of Electrical Engineering

^{*3}有明工業高等専門学校創造工学科

^{*3} National Institute of Technology, Ariake College, Department of Creative Engineering

Email: e49233@ga.ariake-nct.ac.jp

あらまし：本稿では、本論文では、電子回路学習支援システムの開発について述べる。特に、電子回路の基本となるオペアンプの設計に注目し、設計からシミュレーションまでの一連の流れをシステムが提供する。更に、GA による回路自動設計機能により、あらかじめ求めていた設計情報も学習者に提供することができるので、自身の設計データと比較することで、設計改善につなげることができる。

キーワード：学習支援システム、電子回路設計、遺伝的アルゴリズム

1. はじめに

近年、電子回路技術が急速に進んで電子機器の性能が多様化、高性能化している。それに伴い機器を構成する電子回路も高度に集積化されるようになってきた。特に、オペアンプは電子回路において様々な場面で登場する重要な回路であり、それゆえに電子回路を学ぶ上でオペアンプは欠かせない存在である。しかし、オペアンプ設計には大きな問題点が二つ存在する。一つ目は、複雑な計算式を用いて素子サイズを設計し、シミュレーションにかけた後、結果が思わしくなかったら、最適な出力値を得られるまで再設計を行わないといけない。二つ目は、電子回路設計を円滑に行うためには十分な経験が必要であるが学生の時には十分な経験が得られるとはいえない。

そこで、本研究では解決策として ICT 技術を用いた電子回路学習支援システムを提案する。本システムを利用すれば、電子回路シミュレーションソフトウェアである HSPICE のインタフェースの GUI 化により、HSPICE の利便性が向上する。更に、シミュレータの出力結果も加工してあるので、設計の改善点を容易に発見することができるようになる。また、先行研究である電子回路自動設計システム⁽¹⁾により回路情報を蓄積した学習データベースを構築しており、学習者に素子サイズの改善点を指摘することができる。具体的には、学習者はまず本システムが指定する評価値を満たすような電子回路を設計する。その設計データ（各素子パラメータ）を本システムに入力すると、HSPICE を利用したシミュレーション結果を見ることができ、自分が提案した設計が正しかったかどうかを確認することができる。更に、

本システムが持つデータベースから、よりよい設計情報を提示することができ、自身の設計データとの比較情報を見ることができ、設計改善につなげることができる。このように本システムを手軽に利用できることから、何度も利用することで、自学自習的に設計経験を積むことが期待できる。

2. 電子回路学習支援システム

2.1 システムの概要

提案システム概要を図 1 に示す。本システムとのやり取りは、全て Web ブラウザを通して行う。事前に、解の最適化に GA を用いた電子回路自動設計機能により設計された最良解となっているオペアンプ回路の素子サイズ、回路の評価値を求め、本システムのデータベースに蓄積している（図 1 の①）。学習者は、ブラウザ上に提示されているオペアンプの評価値を満たす回路を自分で設計し、本システムに各素子パラメータを入力する（図 1 の②）。本システムは、入力されたパラメータを、HSPICE を利用して検証し、シミュレーション結果を表示するため、自



図 1 システム概要

身の設計結果を考察することができる(図1の③)。更に、データベースに蓄積されている回路設計情報を活用して、提示された評価値を満たす別の設計パラメータを見つけ出し、学習者の結果との比較情報を出力する(図1の④,⑤)。これにより、学習者が自身の設計に対して改善箇所の考察を行うことを支援することができる。

2.2 HSPICE シミュレータの GUI 化

HSPICE を用いた電子回路設計では、特定のフォーマットに従って作成した回路情報などを記載したテキストファイルを用意する必要がある。また、シミュレータの実行には、ターミナルでのコマンド入力(CUI)が必要であり、シミュレーションの結果も文字情報としてテキストファイルが生成される。従って、シミュレーション結果を考察するには、このテキストファイルを読み解く必要がある。この作業を効率的に行うために、本システムでは Web ブラウザから利用する GUI で提供する(図2参照)。その結果、設計からシミュレーションまでの一連の作業の利便性が向上する。

2.3 GA による電子回路自動設計機能

オペアンプ回路を自動設計するためには、複数ある回路素子サイズを最適化する必要がある。本研究で取り上げるオペアンプには、回路素子サイズ 24 個、評価値 7 個が存在している。これは、24 次元の多関数による 7 個の評価値の多目的最適化問題とみなすことができ、本システムでは、これを解決するために遺伝アルゴリズム(GA:Genetic Algorithm)の一つである NSGA-II を活用し、交叉手法として UNDX⁽²⁾を用いている。NSGA-II は初期個体である回路をランダムで作成し、その回路を評価し交叉(新しい回路群の素子サイズの予測)、評価基準を用いて淘汰(回路の選択)を繰り返して、最適な回路を求めていく。本研究で対象としているオペアンプに対して、この処理を事前に行い、得られた解をデータベースに蓄積している。



図2 入出力画面

2.4 回路情報のデータベース化

先行研究で設計した最良解である回路を MySQL で構築したデータベースに集積する。オペアンプ設計において、素子サイズの小さな変動も出力に関わるので少数も取り扱えるようにする。そして、データベース上には大量の回路情報が蓄積されているため、一つ一つ識別するために id をつけて管理する。

3. 考察

システム構築には、利用者の利便性、理解のし易さが重要である。そこで本システムのブラウザは図2の様な入力画面、出力画面、データベース比較画面(L,W,M)などと合計6画面で構成している。これによりCUIベースの設計からGUI上での設計が可能になり、上記で示す課題を満たすことが出来る。

今後の将来展望としては、学習者の求めた回路とデータベースにある回路の差分による比較は出来たが、評価方法が差分による絶対評価だけで行っているため、改善点の指摘が不十分である。従って、例えば機械学習等を用いた相対評価も対応させていくことが考えられる。それに加え本研究では電子回路の中でオペアンプを対象にしているが、これでは電子回路の中の一種類の回路でしか支援を行えていない。これは対象者の範囲が狭すぎるため、他の回路構造のオペアンプや他の電子回路設計についても適応させた学習支援システムが必要だと考えられる。

4. おわりに

本研究では、電子回路学習支援システムを開発した。この学習支援システムを用いて、学習者に HSPICE による回路シミュレーション及び正誤チェックを GUI 化して結果を視覚的に理解出来るようにし、またデータベースにより対象とする回路における素子サイズの導出の支援が出来るようになった。今後の課題として、実際にシステムを利用して学習効果を定量的に評価し、学習効果の向上に対する分析を行う必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、有明高専の清水暁生先生、石川洋平先生には HSPICE やオペアンプの助言をもらいお世話になりました。厚くお礼申し上げます。

なお、本研究は東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、シノプシス株式会社の協力で行われたものである。

参考文献

- (1) 宮崎椋瑚, 森山賀文, 清水暁生, 石川洋平, 飯村 伊智郎 進化計算を用いた電子回路自動設計における交叉手法の検討, 2017, 電気学会九州支部論文集
- (2) 小野功, 佐藤浩, 小林重信, 単峰性正規分布交叉 UNDX を用いた実数値 GA による関数最適化, 1999, 人工知能学会誌