

群馬大学大学院理工学府

# 電子情報部門 高井研究室

URL : <https://takailab.el.gunma-u.ac.jp>

■研究テーマ

- 深層学習や強化学習を用いたアナログ回路の自動設計
- 遺伝的アルゴリズムを用いたDC-DC Converterの自動設計

■キーワード

アナログ集積回路 自動設計 深層学習 強化学習 DC-DC Converter

■産業界の相談に対応できる技術分野

深層学習や強化学習を用いたアナログ集積回路設計の自動設計

■主な設備

IBM System X3850 X5 IBM System X3550 M4 x 3台

連絡先

電子情報部門 高井伸和 TEL 0277-30-1665 e-mail takai@gunma-u.ac.jp



高井 伸和 准教授

研究概要

熟練技術者の「知識・経験・直感」を駆使したアナログ集積回路の設計

集積回路は全ての電子機器に搭載されており、我々の生活を支える重要な技術です。集積回路には外界の情報(アナログ信号)を電子機器に取り込むためになくはならないアナログ集積回路という重要な回路があります(図1)。このアナログ集積回路は、熟練技術者が多くの時間をかけて「知識・経験・直感」を駆使しながら設計されています。私の研究室での長年のアナログ集積回路設計のノウハウを計算機に学習させることを目指しています。

特徴と強み

深層学習と強化学習を用いた演算増幅器やコンパレータ回路の自動設計

熟練の設計者は回路の仕様が与えられるとその仕様を満たす回路構造を瞬時に想像できます。このプロセスを深層学習を用いて実現しました。提案手法では、アナログ集積回路の重要な回路ブロックの一つである演算増幅器に求められる13の仕様を入力すると、登録された48

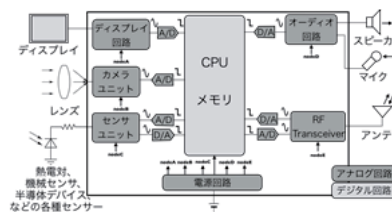


図1 アナログ・デジタル混成回路 外部(アナログ)信号を取り込んでCPU(デジタル)で処理し、情報(アナログ)を出力する

種類の回路構造から適切な回路構造を予測できます。

また、選択された回路構造に対して強化学習の一つであるQ学習、ゲーム木探索アルゴリズム、遺伝的アルゴリズムなどを用いて13の仕様を満たす回路パラメータを自動で設計します。これらの学習には図2に示したサーバ群(24コア、メモリ128GBの計算機3台と64コア、メモリ128GBの計算機1台)を用いて学習しました。これらを組み合わせた成果は2019年度演算増幅器設計コンテストの試作の部で優勝し、シミュレーション部門でも準優勝しました。また研究成果は英国メディアでも紹介されました。紹介記事は<https://www.ingentaconnect.com/content/sil/impact/2020/00002020/00000001/art00004>です。

13の仕様を満たす回路パラメータを自動設計できない場合、計算機により新規回路の合成を試みます。この実現には遺伝的アルゴリズムやQ学習を用います。しかしこの合成には非常に時間がかかるため、現在アルゴリズムをブラッシュアップしています。



図2 学習に用いるサーバ群

遺伝的アルゴリズムを用いたデジタル電源用フィルタの自動設計

電源回路は集積回路に安定した電力を供給する重要な回路ブロックであり、回路ごとに求められる性能が異なります。最近のスマートフォンには電源回路が60個以上搭載されている例もあり、また年々増加傾向にあります。電源に用いられているフィルタはその性能を左右する重要な回路ブロックです。我々の研究室では図3に示すTI社のデジタル電源のフィルタの自動設計をGAを用いて実現しました。

図4は図3の電源にデフォルトで搭載されていたフィルタを用いた負荷急変応答(負荷



図3 測定に用いたTI社製デジタル電源

を7.5Ωから1.6Ωへ変更)です。整定時間が0.147msもかかっていることがわかります。これに対してGAを用いた計算機により自動設計したフィルタを用いた電源の負荷急変応答が図5です。整定時間が大幅に短くなっていることがわかります。表1に性能をまとめました。

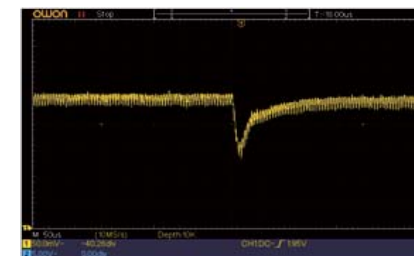


図4 TI社の負荷急変応答の測定結果

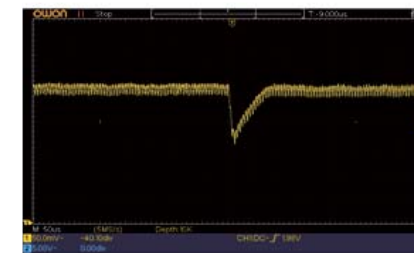


図5 自動設計した電源の負荷急変応答の測定結果

表1 シミュレーションと実測結果の比較

	シミュレーション結果		測定結果	
	TI社	提案	TI社	提案
たち下がり	126[mV]	124[mV]	126[mV]	116[mV]
オーバーシュート	0[mV]	0[mV]	0[mV]	0[mV]
整定時間	0.147[ms]	0.082[ms]	0.144[ms]	0.069[ms]

今後の展開

人間が思いつかないような集積回路の設計

本研究室では、熟練技術者の「知識・経験・直感」を深層学習や強化学習を駆使して学習し、計算機により人間が思いつかないような集積回路を設計できるように改良に取り組んでいます。