卒業論文章立て(作成日 12月11日)　小島 光

題目「S/N比向上を目的とするアナログ乗算回路の出力範囲を拡大する回路構成とその検証」

(合計47ページ)

概要

　　　フォトニックリザバの計算に用いるギルバート乗算回路による積和演算を行う際の信号振幅拡大を目指す回路構成の提案を行う。多数の信号の積和演算を行う際、合計の出力振幅は乗算回路単体と変わりないので入力範囲が限られるため信号対雑音比(S/N比)の劣化が懸念される。そこで、従来のギルバート乗算回路を応用した二種類の乗算回路を提案し、それぞれがギルバート乗算回路同様、アナログ信号の乗算ができることを、小信号等価解析を用いて確認した。そして、今後集積化を行い、出力範囲拡大ができていることを確認するための素子値を設計し、パッケージでの測定を踏まえたシミュレーションを行った。

1. 序論

　現在、人工ニューラルネットワークを用いたディープラーニングが盛んに研究されているがディープラーニングには学習に大量のリソースを必要とする。そこで、時系列データを時空間パターンに変換することで学習コストを小さくすることのできるリザバが脚光を浴びた。リザバによる学習はリザバからの出力を線形変換することで特徴量を抽出することができ、リザバ自体は固定しておくことによって従来のディープラーニングより学習が簡便になる。さらに、時系列データの変換自体を物理的デバイスで行うことにより高速動作が期待できる。

リザバの活用例の一つに画像認識においてカメラを用いず、光リザバに入力し、その入力を学習することで識別を行う研究がされている。このリザバの出力を光のまま学習することが現状達成されておらず電気に変換し、ボトルネックにならないようアナログ回路で実現することとなった。ここで、リザバからの出力は複数あるが出力は一つであり、複数の入力信号を足し合わせるため、入力信号範囲が限られS/N比の劣化が懸念される。そこで、本論文ではギルバート乗算回路の出力振幅を拡大する新たな回路構成を検討し、高速化のため集積化を想定したシミュレーションを行うことで、新規構成で出力振幅の拡大が行えていることを検証した。

1. ギルバート乗算回路(計9ページ)

既存のギルバート乗算回路について説明する。

* 1. 回路構成(1ページ)

　ギルバート乗算回路の入出力や性質について説明する。

* 1. 小信号等価解析(5ページ)

　小信号等価解析の方法とその結果示し、乗算が可能であることを説明する。

* 1. 出力範囲(3ページ)

　出力範囲が受ける制約から不等式を導出する。

1. 折り返し型乗算回路(計15ページ)

提案する乗算回路について理論的な検証を行う

* 1. 回路構成(2ページ)

　回路構成を示し、カレントミラーを使用することによって考えられるメリット・デメリットについて説明する。

* 1. 小信号等価解析(8ページ)

　小信号等価解析を行い、乗算ができることを示す。

* 1. 出力範囲(5ページ)

　不等式で出力範囲を示す。

1. 乗算器の設計(計6ページ)

　素子値の設計方法について説明する。

1. シミュレーション(計10ページ)

　安藤さんの設計した乗算器と性能を比較し出力範囲が広がっていることを説明する。

* 1. DC解析(2ページ)

　DC解析結果について説明する。

* 1. AC解析(4ページ)

AC解析結果について説明する。

* 1. TR解析(4ページ)

TR解析結果について説明する。

1. 結論(計1ページ)

　小信号解析ではギルバート乗算回路同様乗算できることを示し、シミュレーションによって、提案する構成で既存のギルバート乗算回路よりも大きな出力範囲を得ることが確認することができた。

　今後の課題として、より高速化を狙うためプロセスなども含め検討し、集積化を進めていきたい。

参考文献(計1ページ)

謝辞(計1ページ)