卒業論文章立て(作成日 12月9日)　小島 光

題目

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、それぞれの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

　現在ニューラルネットワークにまつわる研究として、リカレントニューラルネットを物理的なデバイスで再現するリザバというものがある。特にフォトニックリザバは光の入力を与えるとリザバ内部で複雑に反射などを起こし、出力される。このリザバからの複数の出力を学習し適切な重みづけを行った積和演算をすることで特徴量を抽出することができる。リザバでは計算機上で再現されたニューラルネットワークと異なり物理現象によって出力を得るため計算機上のものより高速に出力を得ることができる。しかしながら現状では光での積和演算は難しく、電気に変化し積和演算を行うことになった。リザバの高速性を活かすためディジタルに変換して演算を行うのではなくアナログで積和演算を行う必要がある。そこで現在ギルバート乗算回路で乗算を行い、その出力電流をまとめることで積和演算を行うこととした。ここで、リザバからの出力は複数あるが出力は一つなので出力であ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、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

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

　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ページ)

* 1. 小信号等価解析

　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。(5ページ)

* 1. 出力範囲

　出力範囲が受ける制約から不等式を導出する。(3ページ)

1. 折り返し型乗算回路
   1. pMOSを使用する折り返し型乗算回路

pMOSを使用した回路とギルバート乗算回路との相違点や利得などについて説明する。

* + 1. 回路構成

信号の経路やpMOSを使用することについての相違点、考えられるメリット・デメリットを説明する。(1ページ)

* + 1. 小信号等価解析

　小信号等価解析を行い、pMOSを使用した構成でも乗算ができることを示す。(5ページ)

* + 1. 出力範囲

　不等式で出力範囲を示す。(3ページ)

* 1. カレントミラーを使用する折り返し型乗算回路

　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. 回路構成

* + 1. 小信号等価解析
    2. 出力範囲

参考文献

謝辞