

FET 型ニューロモルフィック集積回路

上村 公紀[†] 能美 奨^{††} 鈴木 健太^{††} 竹内 健^{†,††}

[†] 中央大学理工部電気電子情報通信工学科

^{††} 中央大学大学院理工学研究科電気電子情報通信工学専攻

1. はじめに

近年、半導体の性能向上を支えてきたムーアの法則が限界を迎えつつある。そのため従来の逐次処理を行うフォンノイマン型コンピューティングから並列処理を行うニューロモルフィックコンピューティングの関心が高まっている[1]。ニューロモルフィックコンピューティングとは脳の神経細胞(ニューロン)の動作を模倣したコンピューティングである。ニューロンはシナプス(積演算)、樹脂突起(和演算)、軸索小丘(活動電位生成部)、軸索(活動電位輸送部)から構成されている。ニューロモルフィックコンピューティングの中でも特に不揮発性メモリを用いたニューロモルフィック集積回路が注目されている[1,2]。しかし、不揮発性メモリを用いたニューロモルフィック集積回路の研究の多くがキルヒホッフの電流則に従った電流加算型の演算方式である。この演算方式の場合、Source Line(SL)に大きな電流が流れてしまうため、並列動作が制限される。本論文では並列動作が制限されない演算方式を用いたFET型ニューロモルフィック集積回路の検討を行う。

2. 画像認識向けパーセプトロン

図1に画像認識向け多層パーセプトロン[2]を示す。図1では「0」~「9」の文字認識を行い、入力には白黒の2値である。推論では前のニューロンからの入力(x_i)と重み(w_i)の積演算($x_i \times w_i$)を次のニューロンで和演算($\sum x_i \times w_i$)する。積和演算結果がしきい値を超えればそのニューロンは発火し、次のニューロンへと信号が伝達されていく。学習では推論結果と正解データを比較し、重みを更新する。不揮発性メモリを用いたニューロモルフィック集積回路では重みを不揮発性メモリに記憶させておき、読み出し動作を行うことで積和演算と発火判定を行う(推論)。また、正解データと比較して、書き込み動作により重みを更新する(学習)。

3. 従来の電流加算型ニューロモルフィック集積回路

図2に不揮発性メモリを用いた従来の電流加算型の演算方式を示す[1]。図2では不揮発性メモリとして抵抗変化型メモリ(ReRAM)を用いている。Word Line(WL)に入力電圧を印加すると、ReRAMに重みとして記憶していたコンダクタンスと積演算を行い電流として出力される。各セルで流れた電流がキルヒホッフの電流則に従ってSLで和演算を行う。ニューロモルフィック集積回路では大量の入力データに対して並列に演算を行うため、SLに流れる合計の電流値が大きくなる。その結果、同時に流すことができる電流には上限があるため並列動作が制限される問題がある。

4. FET 型ニューロモルフィック集積回路

本論文ではFETを用いた低電流なニューロモルフィック集積回路を提案する。従来回路ではメモリのコンダクタンスを重みとしていたのに対して、提案回路ではFETの電流値を重みとして演算を行う。

5. まとめ

本論文ではFET型ニューロモルフィック集積回路の検討を行った。提案する演算方式では従来の電流加算型の演算方式よりも電流を低減し、高速処理が可能である。

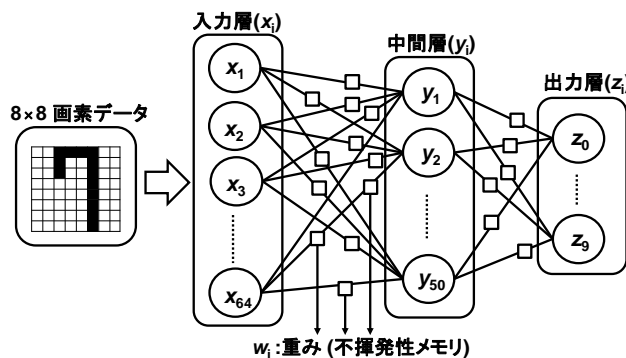


図1 画像認識向け多層パーセプトロン[2]。

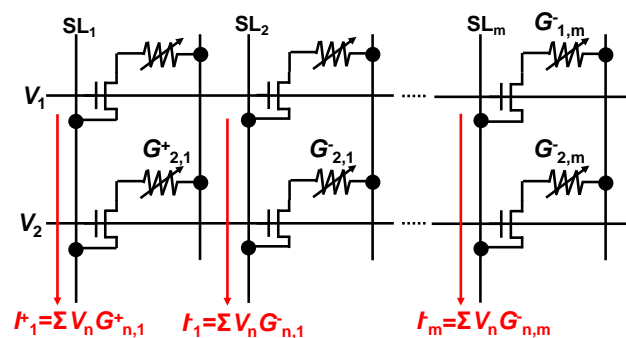


図2 電流加算型ニューロモルフィック集積回路[1]。

参考文献

[1] J. Woo *et al.*, "Improved Synaptic Behavior Under Identical Pulses Using $\text{AlO}_x/\text{H}_2\text{O}_2$ Bilayer RRAM Array for Neuromorphic Systems," in *IEEE Electron Device Letters*, vol. 37, no. 8, pp. 994-997, Jun. 2016.
 [2] M. Jerry *et al.*, "Ferroelectric FET analog synapse for acceleration of deep neural network training," in *IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, pp. 6.2.1-6.2.4, Dec. 2017.