

I&F circuit design and analysis

仿神經電路設計與分析

組別:A13

指導教授:陳 新

組員: 蔡睿翔

摘要

模仿人類大腦是科學家尋求更好的計算方法或是電腦架構的方向，傳統馮•諾依曼體系的架構機器學習演算法並不是很有效，速度不夠快、耗能太高，相較於傳統架構，人大腦的單一個神經處理速度不夠快，但是大腦內部有一個數量級巨大的網路，所以可以利用平行運算的方式，快速而精準的處理訊息，同時部分腦區在休息時，神經元不用保持活躍時，就可以減少耗能。

本專題研究的目的是在於，利用現有文獻的架構[1]，加上實驗室設計的新元件RPO(fig2)，將雜訊放大並加入電路中，使此仿神經cell在頻域上有Poisson distribution的表現，進而在整個系統中，擁有隨機性的優勢，雜訊對於神經有幾項優勢，(1)誘發隨機行為增進神經之間的差異，使神經的表現分化成不同功能。(2)對於感官系統，可利用隨機共振的原理，增進敏感度。(3)誘發神經間的協同共振。(4)在腦進行評估作業時，可以直接將前級感官神經系統的訊號做相加，推出環境刺激為何。

系統設計

就系統設計而言，把電路拆為幾個部分:DPI(fig1 黃色部分)、PF(positive feedback)(fig1 紅色與綠色部分)、Reset(fig1 藍色部分)，DPI的部分主要是位電容充電，使電容電壓達到設定值，此部分也同時定義了部分時間常數，事實上因為電流大小與電容面積上的考量，在DPI的時間常數貢獻上就相對PF少許多。在PF上面主要是紅色與綠色那一塊關於適應性的部分做一個結合，讓進入FP階段的電路對於電容充電的速度降低，也就是說改變電容時間常數中電流的值，使時間常數在與神經速度較為相近的範圍內。Reset目的在於，在完成一次spike時將電容裡的電荷釋放，類似電路的初始化。

關於雜訊的部分，是從紅色部分利用電流鏡方式，將雜訊做放大與複製，並且同時確定參照實驗室文獻[2]，評估雜訊的大小(fig3)，並確定其大小可以影響電路表現。

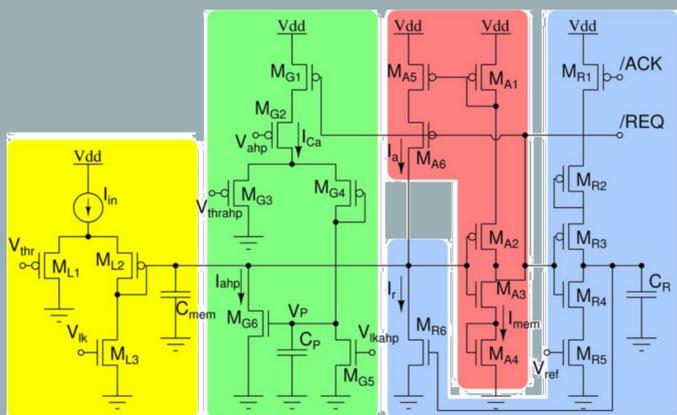


figure 1

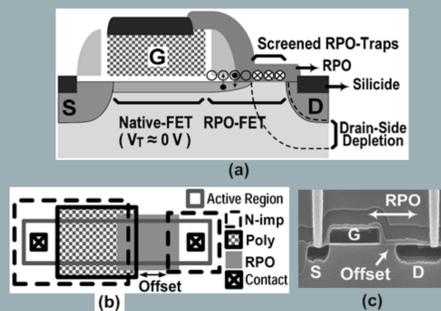


figure 2

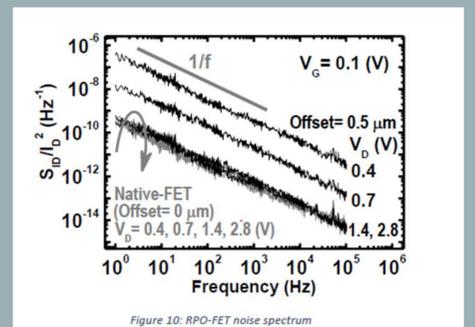


figure 3

模擬結果

關於雜訊對於整體頻率的影響可以由fig4看出來，在fig4(A)表示的是電流input對於整體頻率的影響，fig4(B)表示的是當input為100nA時，我們所定義雜訊值是多少時對應的頻率是多少，當雜訊的範圍超過3mV時，整體電路表現的頻率就可以在平均值為289Hz的Poisson distribution中。

Fig5表示在FF、TT、SS的表現行為，與電路本身的特性。

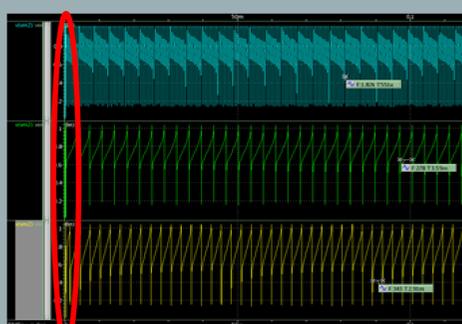
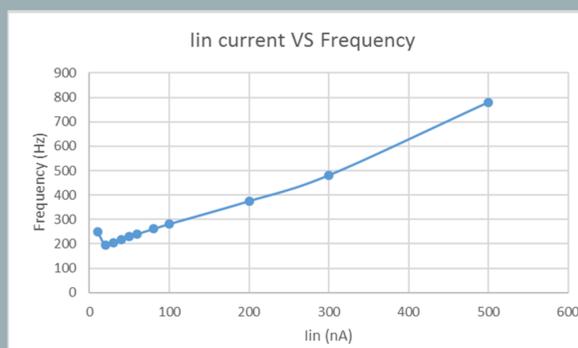
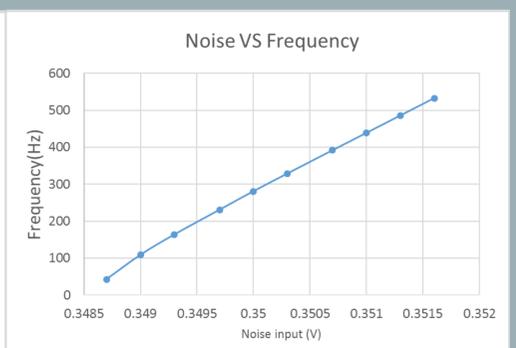


figure 5



(A)



(B)

參考資料

- [1] Paolo Livi, Giacomo Indiveri "A current-mode conductance-based silicon neuron for Address-Event neuromorphic systems" Circuits and Systems, 2009. ISCAS 2009. IEEE International Symposium on
- [2] Tang-Jung Chiu, Ya-Chin King, Member, IEEE, Jeng Gong, Yi-Hung Tsai, and Hsin Chen, Member, IEEE "A Resist-Protection-Oxide Transistor With Adaptable Low-Frequency Noise for Stochastic Neuromorphic Computation in VLSI" IEEE Electron Device Letters (Volume: 32, Issue: 9, Sept. 2011)