

神經群仿生神經網路處理器

Population-based

Neuromorphic Spiking Neural Network Processor



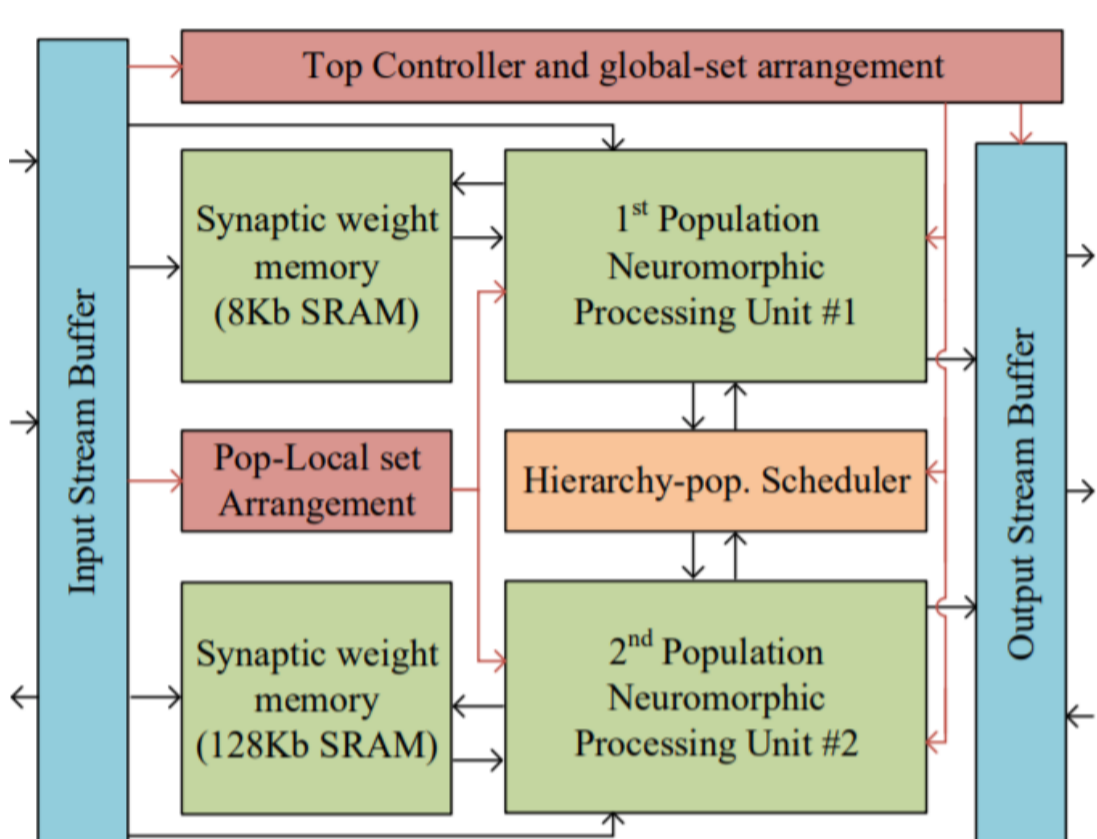
指導教授：鄭桂忠 組別：B139 組員：古庭羽、宋明軒、蔡承峻

Abstract

隨著深度學習快速發展，運算量和功耗都成指數成長，對於邊緣型應用裝置需要專用硬體來降低功耗，脈衝神經網路可以在降低功耗的情況下，達到與深度學習相近的準確度。脈衝神經網路在設計上較深度學習模型更具仿生特性，同時也考慮時間訊息的影響。

本專題旨在實作神經群仿生神經網路處理器及其應用，在設計上使用兩顆神經群架構，在神經元的設計上以二次方程累積放電脈衝(QIF)神經元模型為雛形，將膜電位線性化，設計I-QIF神經元，並考量到權重稀疏性，設計稀疏編碼分組，跳過不必要的計算。突波神經網路處理器在神經元數量限制下，可以應用各式的突波神經網路，在本專題研究的最後將神經群仿生神經網路應用在迷宮尋找最短路徑上，並能達到100%正確率。

Implementation

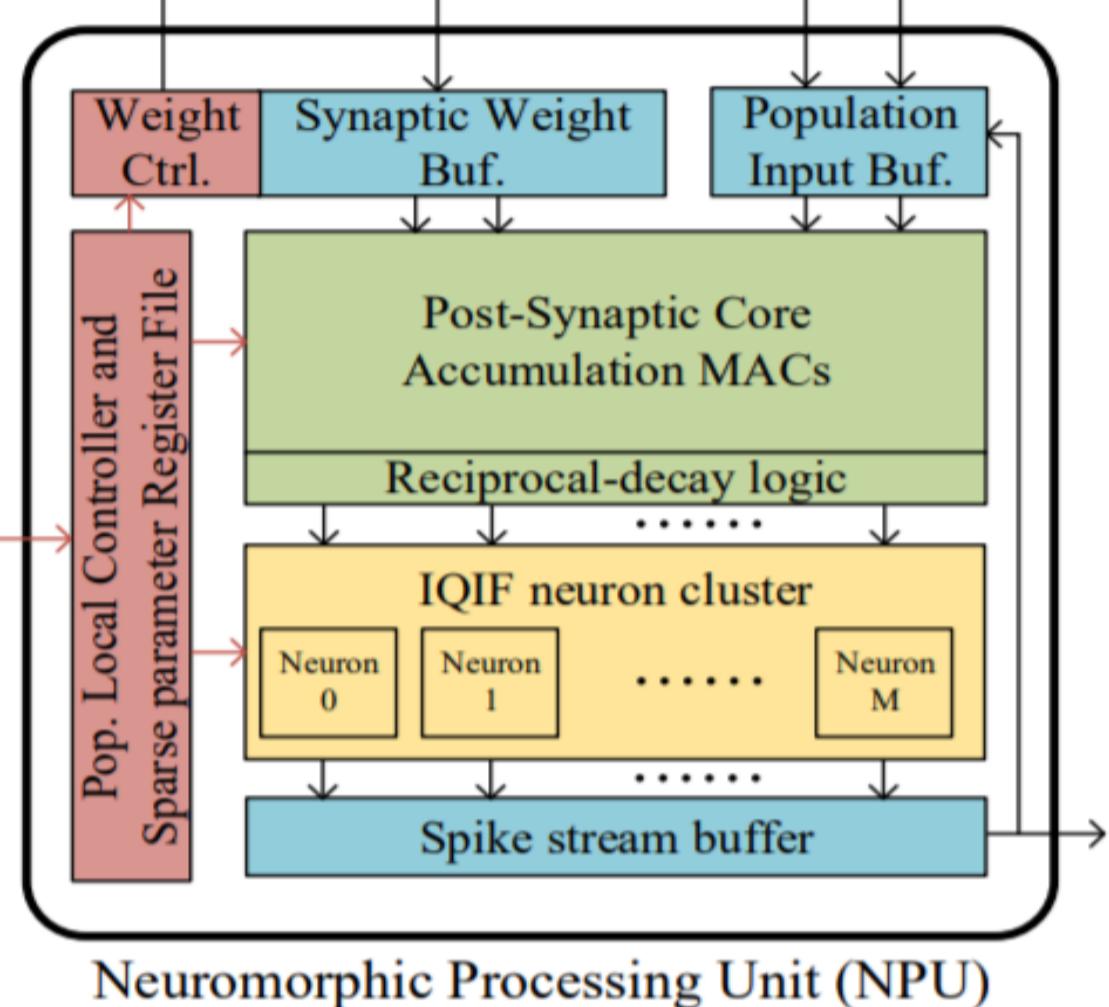


整體電路架構圖

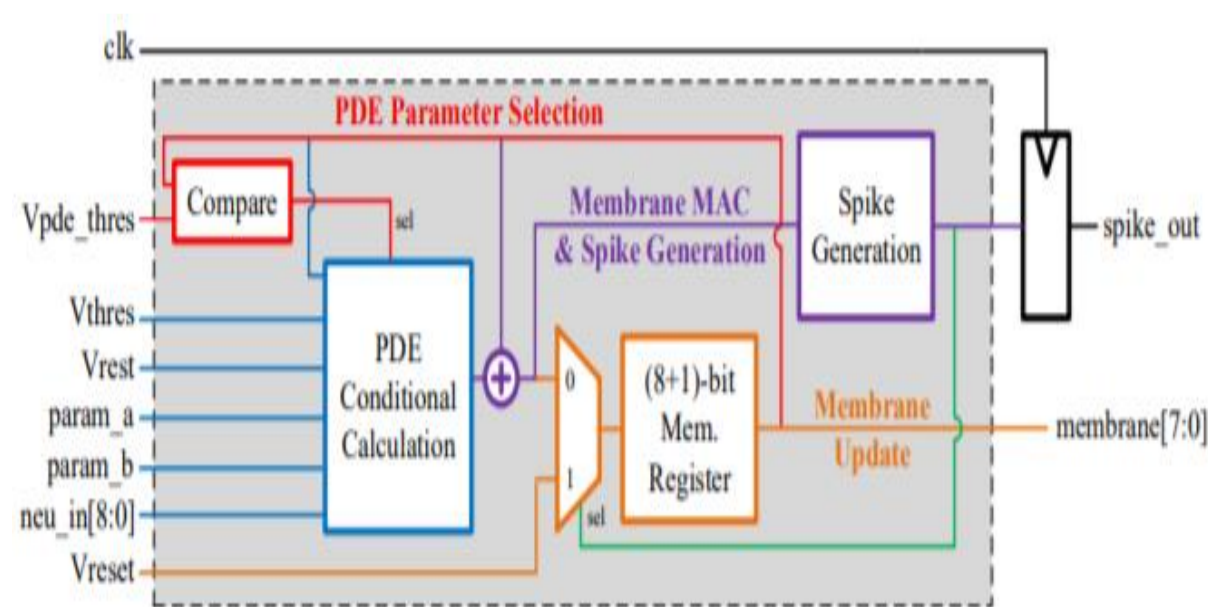
神經群參數設定和權重透過 input stream buffer 輸入到區域暫存器以及寫入 sram1 和 sram2，當參數設定完畢，有限狀態機會進入神經群時間步計算階段，此時間步會進行突波確認、神經突觸衰減確認以及神經元膜電位與輸出突波更新，計算完每個時間步會透過 output stream buffer 輸出當個時間步的突波結果。

當神經處理單元被 enable，會先做外部輸入以及網路內部突波確認並透過稀疏分組編碼向 SRAM 讀取一組權重，累加到後突觸暫存器，並根據當前時間步判斷是否需要做衰減，衰減透過倒數式後突觸衰減邏輯模擬神經元因為神經疲乏導致的突觸電位衰減，最後將膜電位輸入到各個神經元，做神經元膜電位累加，若神經元膜電位超出閾值，則會輸出突波，透過 spike stream buffer 連接到不同神經網路上。

透過神經參數設定以及後突觸輸入電流計算偏微分方程式，在每個時間步將偏微分方程的運算結果加到膜電位上，若相加膜電位超過閾值則輸出突波並將膜電位設定為預設值，若小於閾值則維持相加後之膜電位。



神經處理單元



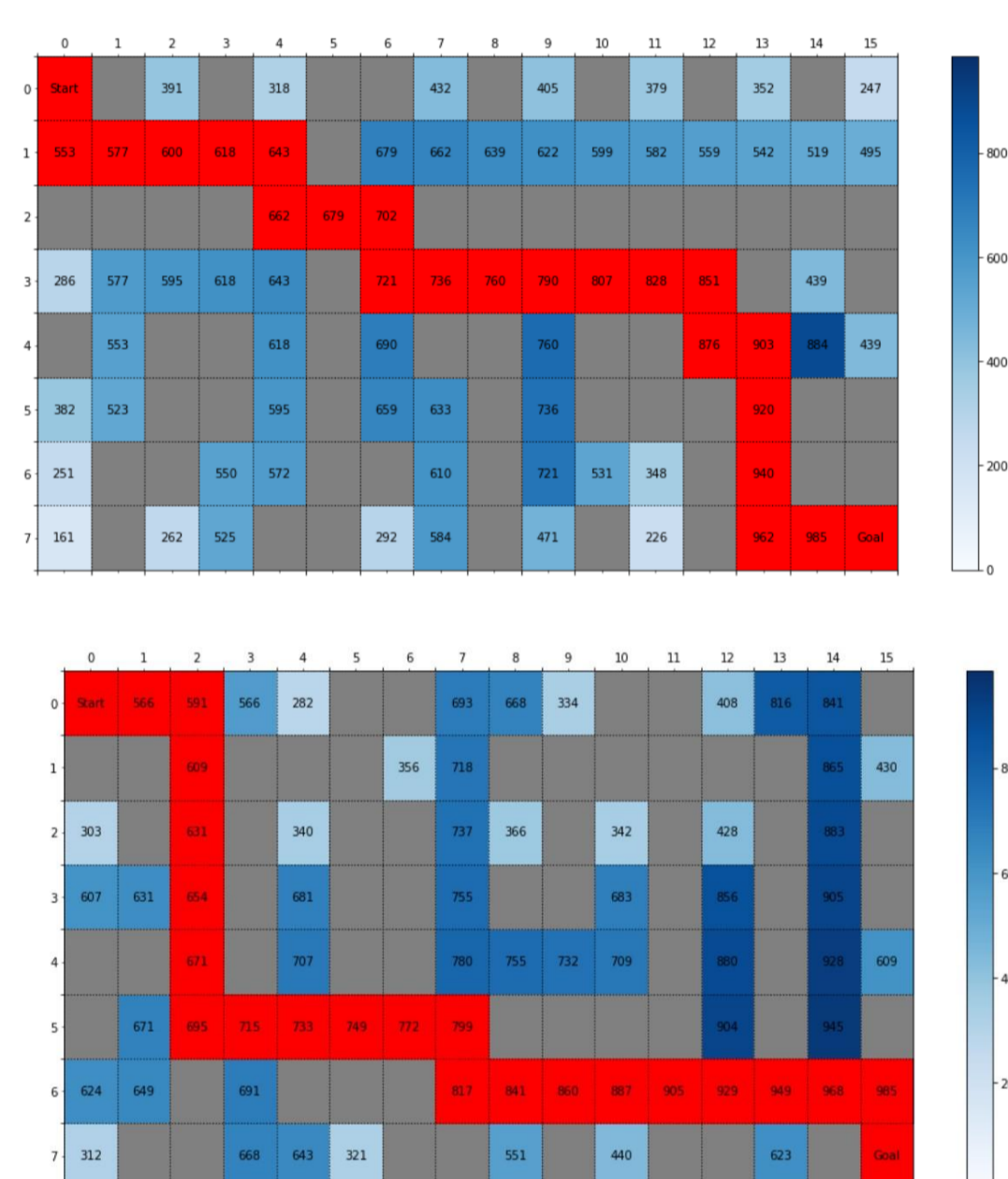
神經元硬體架構

Conclusion

在這個專題中我們使用兩顆神經群架構，總共32加128顆神經元，並且將SNN應用在尋找迷宮最短路徑上。若是改變神經群連接模式以及設定不同權重，將可以使用在不同的應用場景下，譬如設計從果蠅視覺神經研究設計出避障決策神經群突波網路。

總結而言，在應用方面，突波神經處理器具有設計的靈活性，在效能方面，可以在相近準確度下達到比深度學習模型更低的功耗。

Result



隨機迷宮模擬圖

本專題研究透過 spiking neural network 尋找迷宮的最短路徑。

用的方法是持續刺激終點位置的神經元，使之產生向四周擴散的突波，並且抑制牆壁位置的，使之不會受到外界刺激，因此相鄰的神經元不會透過牆壁傳遞突波。

實驗結果證明從起點出發沿著突波頻率最高之相鄰神經元走，可以找到最短路徑。