

# Final project - Recurrent Unit Circuit Design

---

b05902086 周逸

---

## 1. 設計取捨

- 一開始花了一段時間考慮要把哪些權重主動儲存在 circuit 上面，而因為最後計算的結果是看 AT 值(面積 $\times$ cycle數 $\times$ cycle time)，如果把所有權重資料都存在 circuit 上，雖然會使得總 cycle 數量變很低，但是會導致節省下來的 cycle 數量的倍率跑到面積上面，而這樣會導致 circuit 過大，很難壓 cycle time。因此最後是選擇所有資料都重新讀取。
- 雖然原本以為把  $B_{ih}$  及  $B_{hh}$  放在 Circuit 上可以用少量的 area 換取一些 cycle 數上的節省，但是實際上實作後發現為了存  $B_{ih}$  及  $B_{hh}$  會導致多用了大約一半面積，反而得不償失，而 cycle 數只少了  $\frac{1}{64}$  左右。

## 2. Stage

- 一開始仔細思考之後，會發現基本上只要依照讀六種不同 memory 的位置來切狀態即可完成，並且會在其中的五個狀態中重複循環。

## 3. 乘法器

- 在寫之前就有預想到乘法部分會變成 critical path，而實際用 design compiler 跑下去結果也是如此。因此把一個大乘法拆成多段小的乘法，然後把加總的部分放到下個 cycle 處理，這樣就能壓低 cycle time。

## 4. activation function

- 把乘法壓低後，critical path 就變成了計算 activation function 到傳出結果到 mdata\_w 的這段，因為這段只有半個 cycle 的時間可以運算(其它的運算都是在下次的 posedge 前能計算出結果就好，但是送出的資料則必須要在 negedge 前計算完成)，因此把 activation function 跟送出的部分拆開成兩個階段，雖然會讓總 cycle 數量多大約1%，卻可以讓 cycle time 繼續往下壓，因此這也是個好的優化。

## 5. 合成 Cycle time

- Gate-Level: 4.5 ns
- Transistor-Level: 4.5 ns

## 6. 結果

- Gate-level results
  - Can you pass gate-level simulation?
    - yes
  - Cycle time that can pass your gate-level simulation:
    - 4.5 ns
  - Total simulation time:
    - 5741605.030 ns
  - Total cell area:
    - 192980.800955  $\mu m^2$
  - Cell area  $\times$  Simulation time:
    - 1108019537456.657  $\mu m^2 \cdot ns$
- Transistor-level results
  - Can you pass transistor-level simulation?
    - yes

- Cycle time that can pass your transistor-level simulation:
  - $3.9 \text{ ns}$
- Total simulation time:
  - $4976057.737 \text{ ns}$
- Total cell area:
  - $214537.781 \mu\text{m}^2$
- Cell area  $\times$  Simulation time:
  - $1067552385023.8615 \mu\text{m}^2 \cdot \text{ns}$