

VLSI System Design and Implementation

Final Project SAO Filter

Student ID: 105062635

Student: 吳浩寧

Intorduction

SAO Filter 會先將輸入圖片，分成數塊相等大小的正方形 LCU，在分別對其進行 BO、EO 或不進行運算，BO 會根據原本 pixel 的數值在 band 範圍內的位置，決定 offset，EO 則會跟左右兩側，或上下兩邊的值比較來決定 offset，最後將結果存到 sram_16384x8 以進行比對。

Design Concept

Init:

由於 testbench 的 pixel 資料和 sao type 是同時送進來的，因此須在此 state 將 busy 拉起，以暫停輸入並根據 sao type 決定該怎麼處理。

read2:

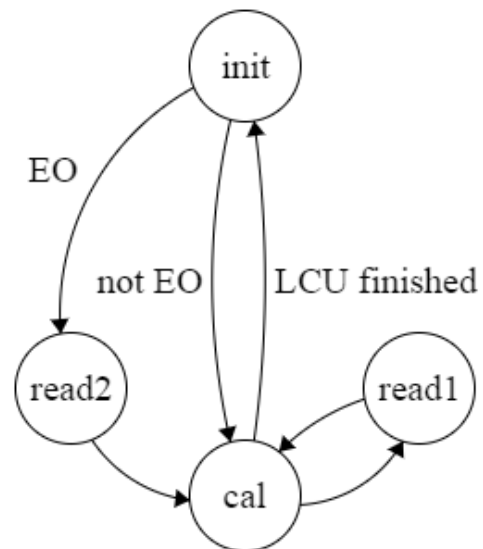
若要進行 EO 運算，由於會使用到上下 pixel 的值，因此至少需要有一個高度為 3 的 reg array 來儲存先前的 pixel，由於第一列資料不需用到上一列 pixel，因此 EO 只須先讀兩列，就可開始計算。寫入的位置使用 buffer_x、buffer_y 來記錄。

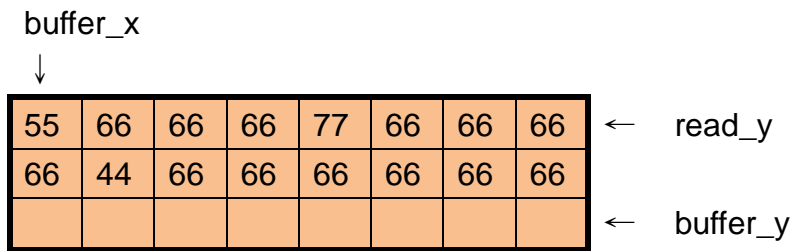
read1:

將新的一列讀入 reg array

cal:

若進入這個 state 時，sao type 為 BO 或 SAO OFF，則直接將 combinational circuit 產生的值寫到記憶體中，而且可以一次就寫完一個 LCU，使用 write_x、write_y 來記錄個別 LCU 中目前寫入 SRAM 的位址；若 sao type 為 EO，則須從 reg array 中跟據 write_x、read_y 決定要讀的列數，計算後寫入，寫完必須進入 read1 將新的一列再存到 array 才能繼續。





主要用來計算的 combinational circuit 如下圖，BO 和 EO 計算後的值都要先經過最上面的 block，來檢察是否有超過邊界的情形，若 din 計算後從很大的數，變成很小的數，代表加了 offset 後超過 255，因此輸入 SRAM 的值應為 255，反之亦然。

BO 和 EO 則直接利用 if else 判斷 pixel 屬於哪一種情況，再分別加上對應 offset，由於不同位數相加會有正負號的問題，因此須先進行 sign extension，以避免數值錯誤。

```
//Memory Input
always @(*) begin
    case (sao_type)
        2'd1: if(din >= 245 && bo <= 10)m_in = 255;
            else if(din <= 10 && bo >= 245)m_in = 0;
            else m_in = bo;
        ...
    endcase
end

//Band Offset
always @(*) begin
    if (din >= sao_band_pos*8 && din <= sao_band_pos*8 + 7)
        bo = din + {{4{sao_offset[15]}}, sao_offset[15:12]};
    else if (din >= sao_band_pos*8 + 8 && din <= sao_band_pos*8 + 15)
        bo = din + {{4{sao_offset[11]}}, sao_offset[11:8]};
    ...
end

//Edge Offset
always @(*) begin
    case (sao_eo_class)
        1'b0: if(write_x == 0 || write_x == lcu_width-1) eo = buffer[read_i];
            else if (buffer[read_i]<buffer[read_i-1] && buffer[read_i]<buffer[read_i+1])
                eo = buffer[read_i]+{{4{sao_offset[15]}}, sao_offset[15:12]};
        ...
    endcase
end
```

Post-synthesis

clock period: 6 ns

simulation time: 160165802 ps

Total cell area: 608846.533591

```

*****
Report : area
Design : SAO
Version: K-2015.06-SP1
Date   : Thu Jan 12 01:59:24 2017
*****

```

Library(s) Used:

```

slow (File: /theda21_2/CBDK_IC_Context/cur/SynopsysDC/db/slow.db)
sram_16384x8 (File: /users/student/mr105/wuhoward/IClab/final/sram_16384x8_slow_syn.db)

```

```

Number of ports:          45
Number of nets:           13207
Number of cells:          12022
Number of combinational cells: 10442
Number of sequential cells: 1579
Number of macros/black boxes: 1
Number of buf/inv:        1482
Number of references:      164

```

```

Combinational area:      119301.758674
Buf/Inv area:            14451.663653
Noncombinational area:   51108.712418
Macro/Black Box area:    438436.062500
Net Interconnect area:   1432394.027039

```

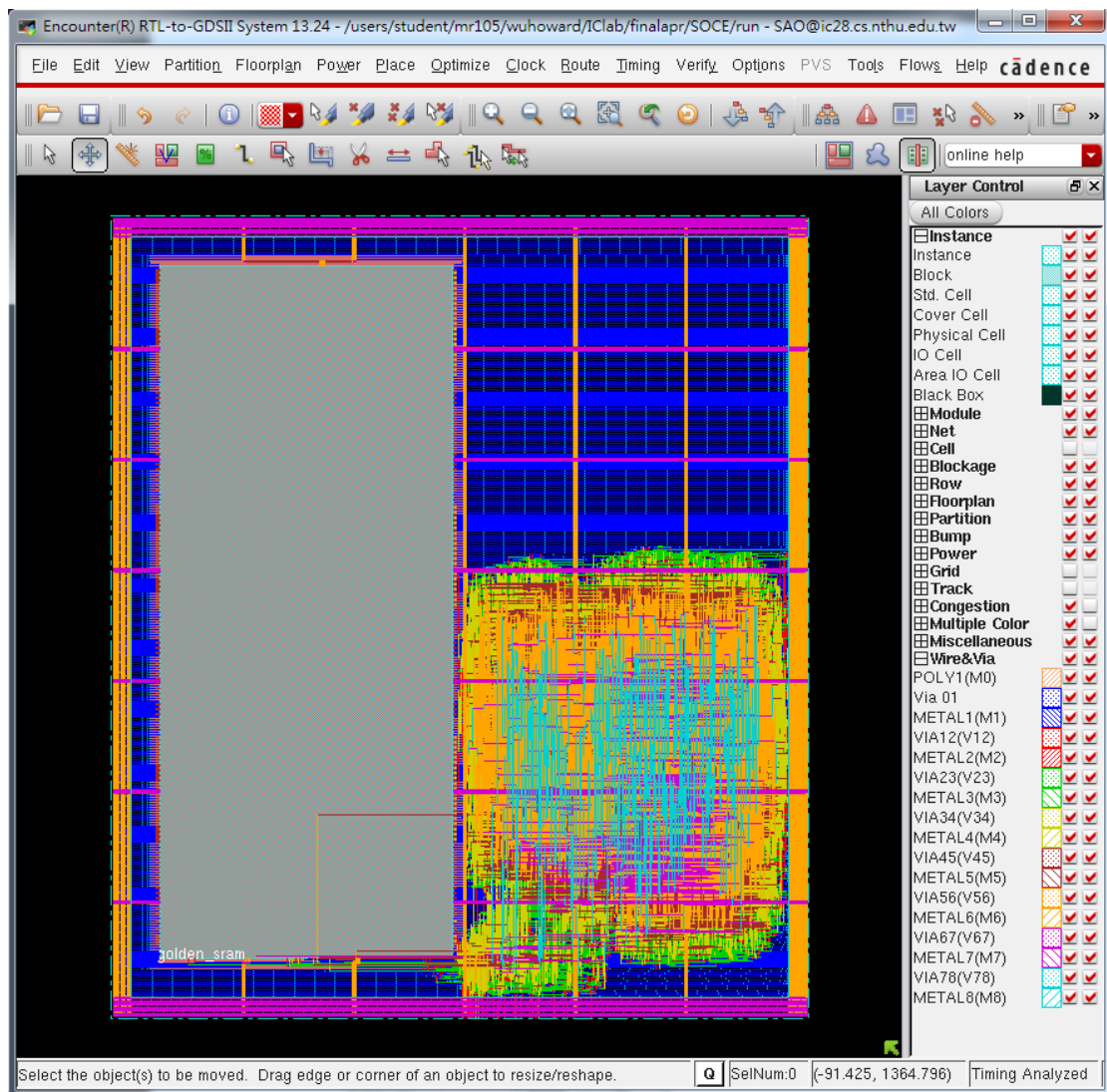
```

Total cell area:         608846.533591
Total area:              2041240.560630

```

APR

經過多次嘗試後發現若 floorplan 時的寬度給太小，會容易再線路與 SRAM 相皆的地方產生 DRC violation，因此將 SRAM 往旁邊擺，Die 寬度稍微使用寬一點。



violation report

```
#####
# Generated by:      Cadence Encounter 13.24-s026_1
# OS:                Linux x86_64(Host ID ic28.cs.nthu.edu.tw)
# Generated on:      Thu Jan 12 06:49:36 2017
# Design:            SA0
# Command:           violationBrowserReport -all -no_display_false -report ...
#####
***** ENCOUNTER Violation Browser Report *****
Report File Name : SA0.viols.rpt

***** Report Summary *****
Num Violation Total                                0
***** End Report Summary *****
```

clock period: 6 ns

time: 160165418 ps

die area: 1172361 um^2

```
#####
# Generated by:      Cadence Encounter 13.24-s026_1
# OS:                Linux x86_64(Host ID ic28.cs.nthu.edu.tw)
# Generated on:      Thu Jan 12 06:53:21 2017
# Design:            SA0
# Command:           analyzeFloorplan
#####
***** Analyze Floorplan *****
Die Area(um^2)           : 1172361.122400
Core Area(um^2)          : 1045000.000000
Chip Density (Counting Std Cells and MACROs and IOs): 85.249%
Core Density (Counting Std Cells and MACROs)         : 95.639%
Average utilization      : 100.000%
Number of instance(s)   : 29496
Number of Macro(s)      : 1
Number of IO Pin(s)     : 45
Number of Power Domain(s) : 0
***** Estimation Results *****
*****
```