

設計內容

[1] 設計者姓名與聯絡電話

學生姓名：陳在賢、林祐葳、涂育銘

聯絡電話：0927111807、0920577426、0921509112

Email：b04505025@ntu.edu.tw、b04901064@ntu.edu.tw、b04901160@ntu.edu.tw

[2] 專題名稱

中文專題名稱：多重模式(單、雙人)鬼抓人遊戲

英文專題名稱：Multi-mode Tag Game on RGB Led Matrix

[3] 全新設計或改版說明

此案件為設計者全新設計

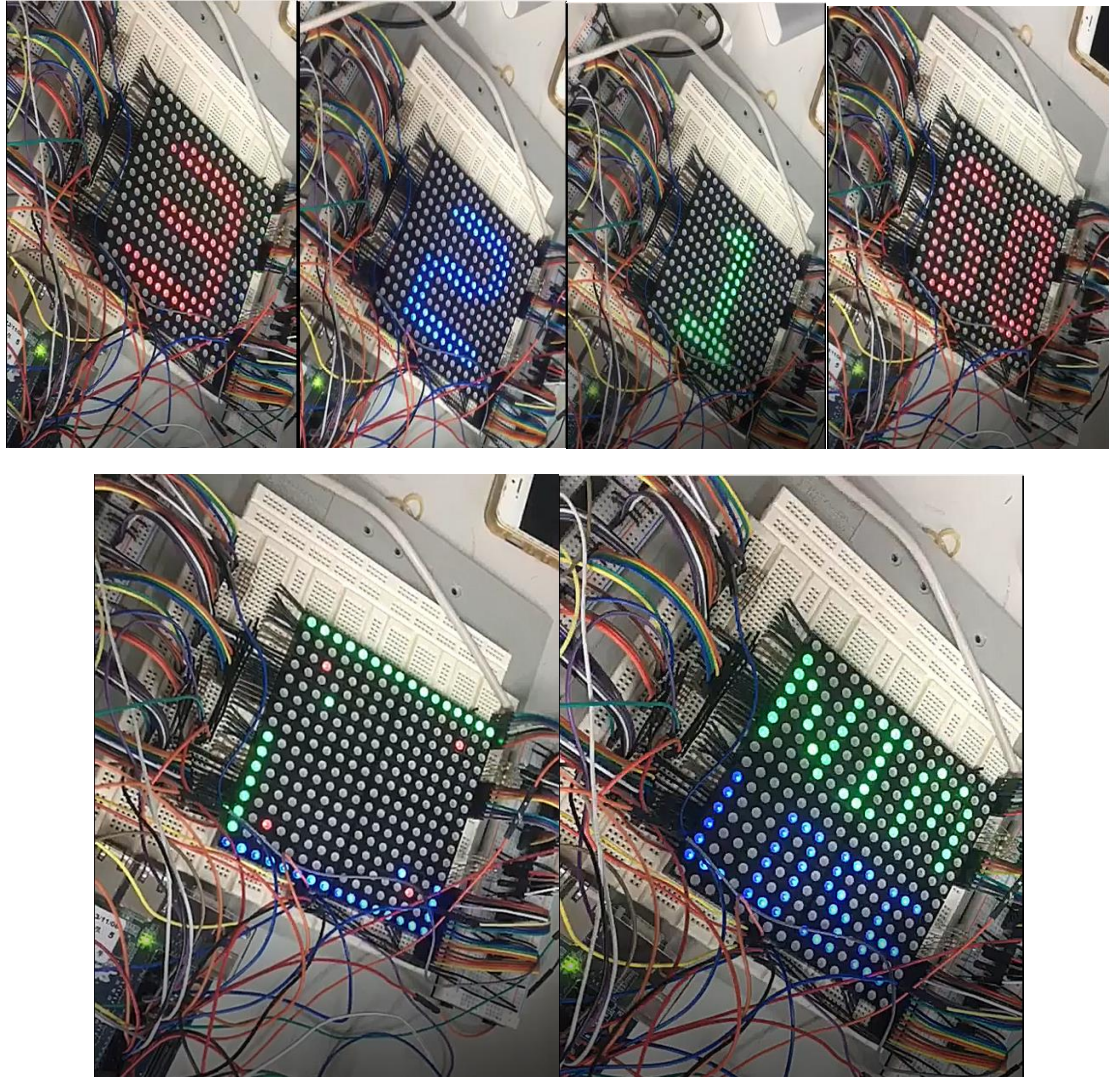
[4] 原理及架構說明

遊戲簡介：

遊戲的設計目標是能夠在 LED 上控制人跟鬼的行動，人跟鬼的初始位置分別在左上及右下，鬼如果在時間內(20s)抓到人就算鬼獲勝，反之則是人獲勝。這個遊戲有兩種模式，分別為 1P(單人對戰)和 2P(雙人對戰)，兩種模式的公平性設定有稍微不同。我們把 20 秒切成 5 個回合，每個回合為 4 秒。在這 4 秒裡面，人的移動速度恆為 4 格/s，而鬼的移動速度在前 3 秒為 2 格/s，最後一秒因憤怒值的累積後會有加速，單人模式裡鬼會加速至 4 格/s，雙人模式裡鬼會加速至 8 格/s。擂台的初始大小為 14x14，每個回合結束後，擂台的邊長會縮小 1 格，所以人能逃跑的空間也會越變越小，縮小到 10x10 就是最後一回合，若人能存活則取得勝利。在 LED 板剩餘的空間，會有憤怒值和回合數的顯

示條，憤怒值是在單一回合裡隨著時間累加的變數，置於 LED 板的左側，回合數是已經完成的回合次數(0~4)，置於 LED 板的左側。

下面是我們使用 FPGA 來合成 RTL 進行試玩的畫面，在模擬結果中放的是 Testbench 跑出來的模擬結果：

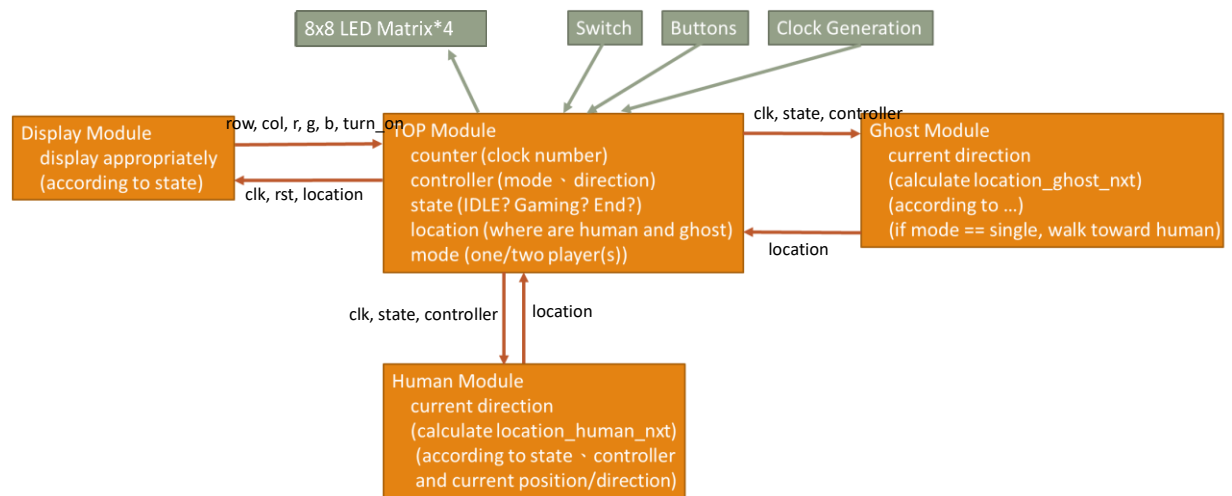


圖、遊戲進行畫面

可以看到遊戲開始時倒數計時，以及上述提及的邊界、憤怒值、回合數，以及配合遊戲輸贏結果而顯示在玩家視角的 WIN、LOSE。下方連結可以觀看實際遊戲過程：

<https://drive.google.com/file/d/1XS34OvNHPHUr7HgQ-FIQqAp-oIdFsYv8/view?usp=sharing>

電路架構：



(1) Top :

Top 是控制整個遊戲的 FSM，根據按鍵、開關的輸入訊號來判斷遊戲進行的 state，並傳給 Controller 計算出 human、ghost 的位置。最後傳給 display 來得到輸出給 LED Matrix 的訊號。

(2) Controller(human, ghost1, ghost2) :

Controller 接收玩家給予的訊號以及 state，決定在下一個單位時間的人鬼位置。

human, ghost2 分別是操控人和雙人模式的鬼，是接收玩家傳送的訊號來操控。這兩個 module 只有一個變數(time_to_move)不同，time_to_move 是根據 state 來計算，用來控制人鬼的移動速度。在大部分的情況，玩家按下方向鍵時，人跟鬼就會改變方向，若撞到邊界則不會移動，在某些情況，人若走在邊界邊緣，在一回合結束後因為縮小擂台的關係，則會自動被邊界往中間推。為了滿足各種情況，我們會先把單純受訊號控制的位置算出來(意即假定邊界無限大)，之後再加入邊界大小把位置調整在擂台內。

ghost1 是操控單人模式的鬼，是由我們設計的演算法操控。首

先，time_to_move 跟上兩個 module 也有所不同，在邊界位置調整的方法則相同。而操控鬼的下一步則是根據人和鬼的相對位置來決定。演算法如下，一開始先找出人在鬼的左上/右上/左下/右下，在確定之後鬼則只需要決定要走橫的(x 方向)還是走直的(y 方向)，我們會比較人跟鬼在 x 軸和 y 軸上的差距，若 x 軸的差距比 y 軸的大，則鬼會選擇走橫的，若 y 軸的差距比 x 軸的大，則鬼會選擇走直的。若兩者的差距一樣，則會持續上一步進行的方向。另外，鬼的目標應設定為人在未來會出現的位置，這樣才有機會抓到人，所以為了對應人在下一個單位時間的位置，我們必須等 human 處理好，再藉由人的新的位置來決定，所以我們增加一個 counter 讓 ghost1 延後幾個 clock cycle 再來進行操控。

(3) Display :

Display 是根據收到的 state 和 location 訊號，判斷遊戲進行到什麼階段，藉此來決定輸出畫面，而輸出畫面已經預先寫在 module 裡面的 ROM 內，只需讀取即可。

讀取的方式參考的是 VGA 的輸出原理，根據位置進行輸出並形成一個 output array，並利用人類的視覺暫留，使得遊戲畫面有連續的效果。使用 clk 為計算單位，從 Matrix 的左下角開始，每經過一個 clk 則將 counter 加一，可以得到下一個位置，並在這個 clk 輸出對應位置的訊號。由於我們是使用四個 LED Matrix，可以同時輸出四個訊號以對應四個 Matrix。而我們的 Matrix 為 8*8，因此每個位置的燈每 64 個 clk 會亮一個 clk。

值得注意的是輸出的方式以及訊號，以下先介紹我們使用的 LED Matrix :

品名：ORM-2388ARGBL

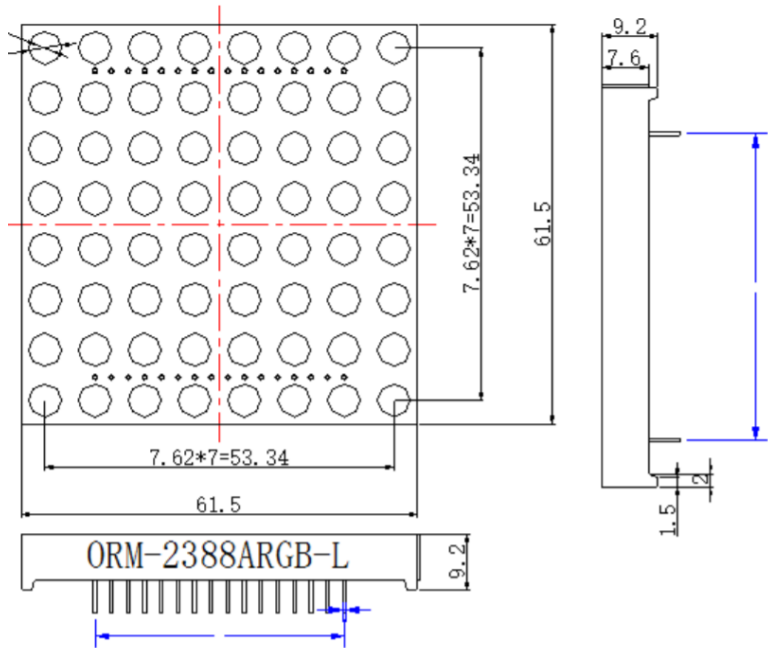
電性能參數：

Symbol	Parameter	Device	Typ.	Max.	Unit	Test conditions
Iv	Average Luminous Intensity	Red	80	100	mcd	IF=20mA
		Green	200	250		
		Blue	70	100		
λD	Dominate Wavelength	Red	625	635	nm	IF=20mA
		Green	520	525		
		Blue	465	470		
Δλ1/2	Spectral Line Halfwidth	Red	30		nm	IF=20mA
		Green	32			
		Blue	28			
VF	Forward Voltage	Red	2.0	2.5	V	IF=20mA
		Green	3.0	3.5		
		Blue	3.0	3.5		
IR	Reverse Current	All		10	μA	VR=5V
Iv-m	Luminous Tolerance			1:1.2		If=20mA

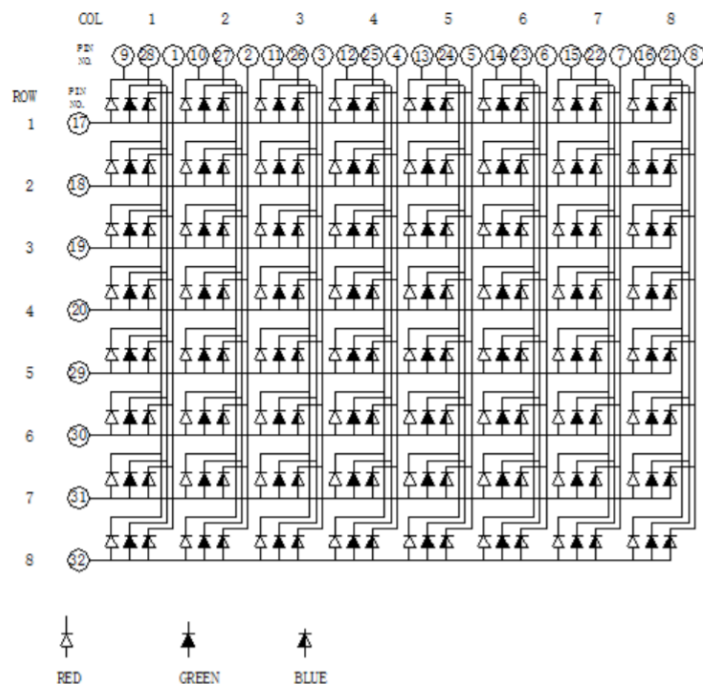
Absolute Maximum Ratings at T_A=25°C

PARAMETER(any Dot)	SYMBOL	ALL	UNIT
Power Dissipation, any seg	PAD	40	mW
Peak Forward Current any seg (1/10 Duty Cycle 0.1ms Pulse Width)	IPF	60	mA
Continuous Forward any seg Derating Linear Form 25℃ any seg	IAF	20 0.2	MA MA/℃
Reverse Voltage any seg	VR	5	V
Operating Temperature Range	TOPR	-10℃ TO + 80℃	
Storage Temperature Range	TSTG	-10℃ TO + 80℃	
Solder Temperature 1/16 inch Below Seating Plane for 3 seconds at 260℃			

結構圖：



線路圖：



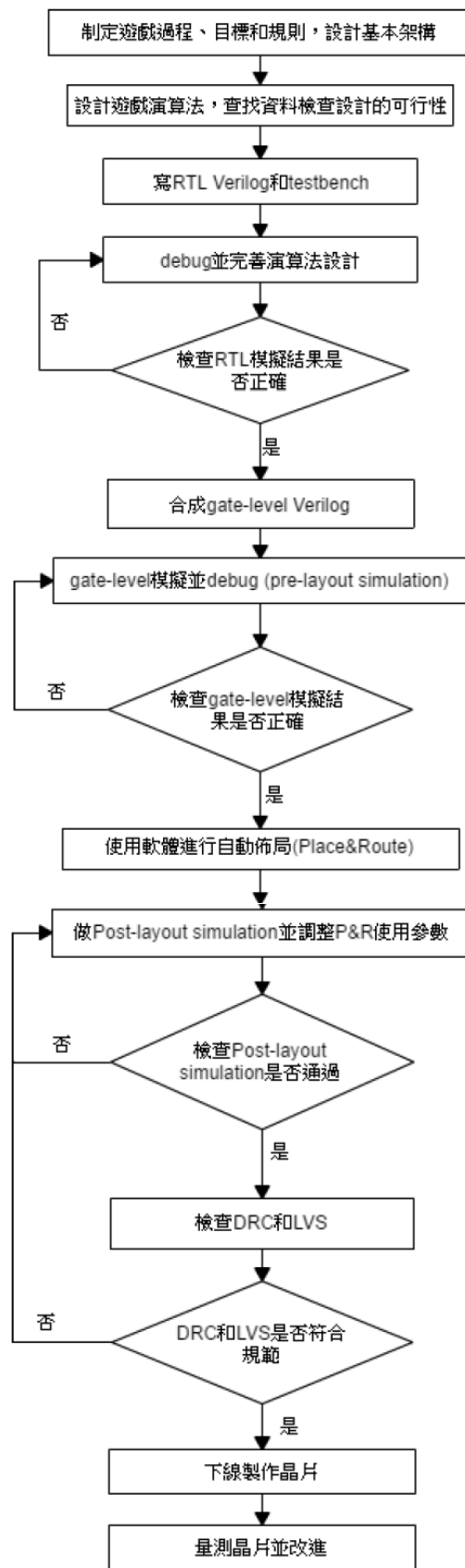
我們選擇的是共陽的 LED Matrix，點亮 LED 燈的方式是欲點亮的 row 給 1、欲點亮的 col 及顏色給 0，因此一次最多可以點亮一排*8 個 col*3 個顏色 = 24 顆燈。但由於晶片輸出腳位的數量有限，因此我們的解決方法是使用 serial-in-parallel-out ic，只需要 1bit 的輸出即可換得 8bits 的輸出，大大減少了我們所需要的腳位。SIPO ic 是由八個 shift register 組成，因此將一整個 row 的訊號 load 好總共需要 8 個 clk 的時間，而這段時間我們使用 latch 將輸出訊號擋住，意即上一個 row 的訊號可維持 8 個 clk，增加了我們顯示的穩定度以及清楚度。根據這樣的改良，綜合上述，我們可以達到每顆燈在 64 個 clk 中會亮起 8 個 clk，也就是 duty cycle = 1/8，在遊戲畫面顯示上有大大的增進。

另外，由於 LED Matrix 中 RGB 的最高驅動電壓(紅色 2.5V、綠色和藍色為 3.3V)不盡相同，也就是說由晶片給定一個固定的驅動電壓，紅色、綠色以及藍色的 LED 亮度會不同，並且會因此互相影響拉低亮度。我們使用 resistance 來減少電壓上的差異，並減少紅燈的使用，增加遊戲的觀賞性以及娛樂性。

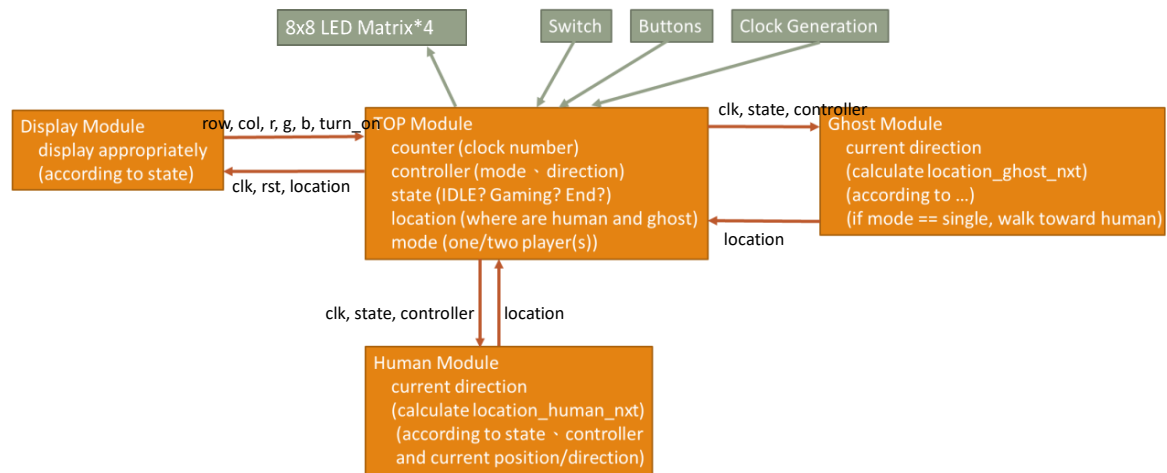
遊戲驗證：

我們使用實驗室中的 FPGA 來進行遊戲的驗證，檢驗遊戲的正確性以及娛樂性。並且為了方便之後測試晶片，我們特別設計了電路，以及 pad pins 的方位，雙方玩家即可面對面進行遊戲 PK。遊戲結束畫面也運用巧思，將輸贏的結果以玩家的角度去呈現，更能增加競爭感。

[5] 設計流程



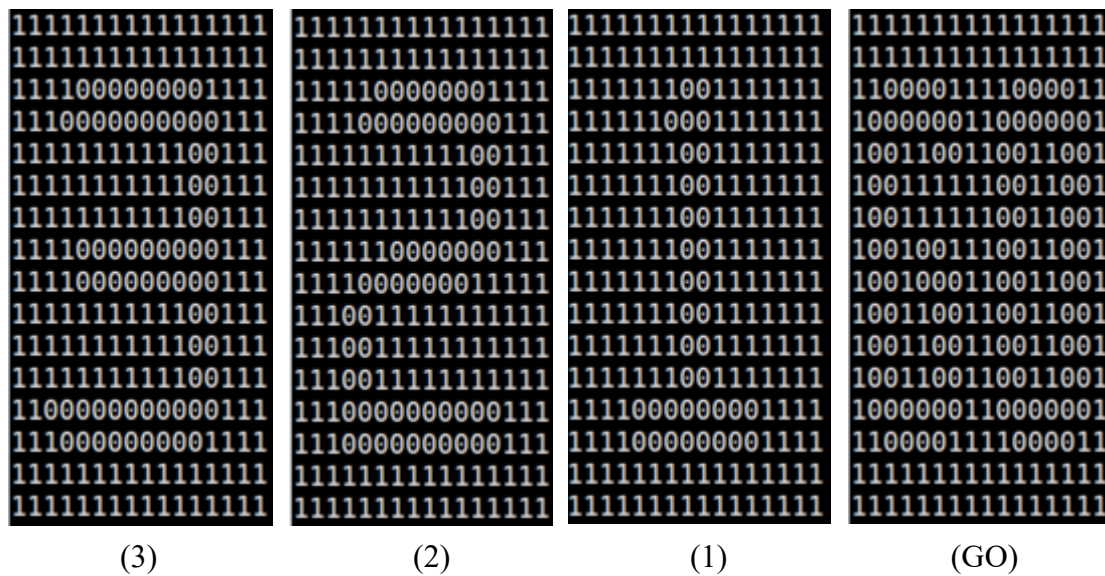
[6] 電路詳圖

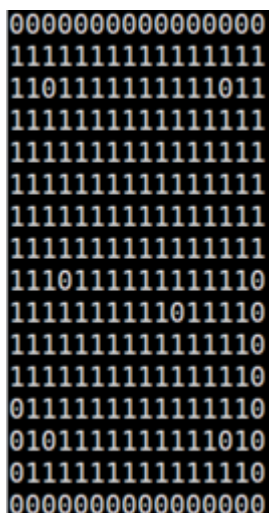


[7] 模擬結果

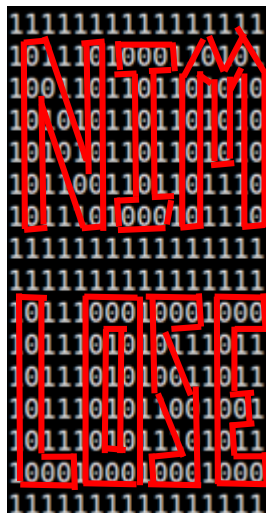
Pre-layout Simulation : OK

遊戲畫面：





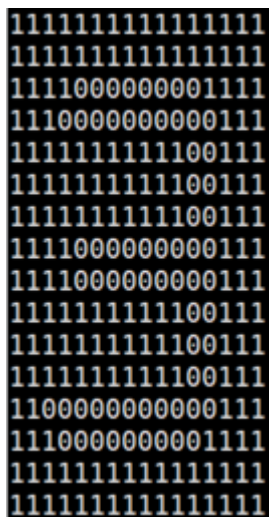
(遊戲中)



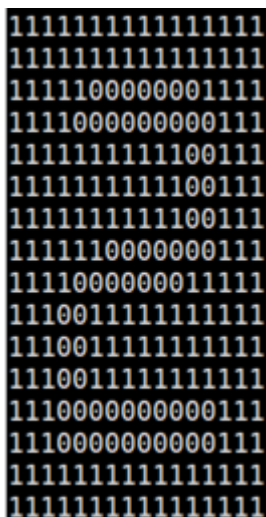
(結束畫面)

Post-layout Simulation : OK

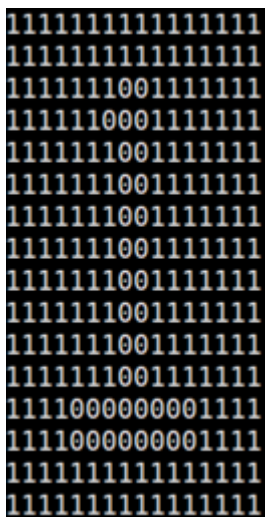
遊戲畫面：



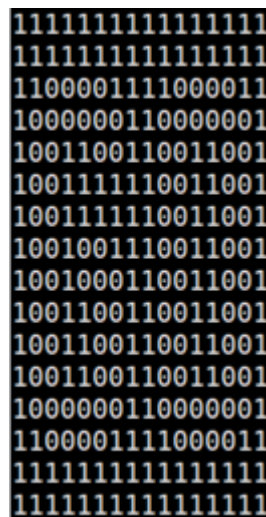
(3)



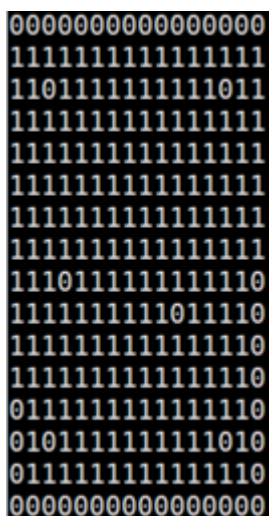
(2)



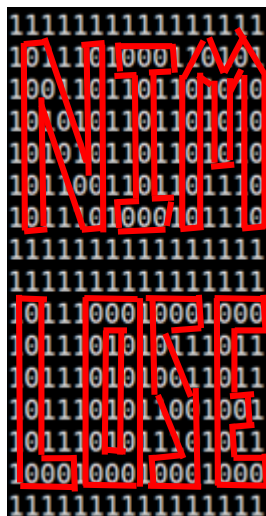
(1)



(GO)



(遊戲中)



(結束畫面)

[8] 量測方法

預計使用的量測儀器：

- (1) 電源供應器(power supply)：提供 IO、core 的電源供應
- (2) 訊號產生器(pattern generator)：輸入 clk 信號
- (3) 按鈕(button)：輸入遊戲訊號以及 rst
- (4) 開關(switch)：切換遊戲模式(單、雙人)
- (5) LED 陣列(RGB LED Matrix)：顯示遊戲畫面
- (6) 串入並出 IC(serial-in-parallel-out ic)：將晶片輸出訊號經過處理輸入 LED Matrix 顯示

量測流程：

- (1) 調整電源供應器輸出電壓3V(DC)，接上晶片的電源腳位。
- (2) 將晶片依腳位接上已經設計好的電路。
- (3) 調整訊號產生器，輸出100kHz，振幅為3.3V的方波，並接上電路上clk的位置。
- (4) 因其餘電路已事先設計並接好，晶片一經供電即可遊玩。

[9] 佈局驗證結果錯誤說明

(A) DRC 驗證結果

共找到錯誤如下，且皆為允許之 DRC 假錯

RULECHECK 4.1M TOTAL Result Count = 2 (2)
RULECHECK RECOMMEND_4.14L TOTAL Result Count = 15 (603)
RULECHECK 4.29NOTICE TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.14Z.NO_IND_PO1 TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.20F.NO_IND_M1 TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.20G TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.22F.NO_IND_M2 TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.22G TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.24F.NO_IND_M3 TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.24G TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.26G TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.28G TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.31F TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 4.28C TOTAL Result Count = 1 (1)
RULECHECK 6.1A.M6 TOTAL Result Count = 2 (2)
RULECHECK sanity_1 TOTAL Result Count = 16 (512)
RULECHECK IO5.1.W2 TOTAL Result Count = 2 (64)
RULECHECK IO5.1.R1 TOTAL Result Count = 32 (1024)
RULECHECK IO5.2.2.L1.a ... TOTAL Result Count = 16 (512)
RULECHECK IO5.2.2.L1.c ... TOTAL Result Count = 16 (512)
RULECHECK Latch.4.1 TOTAL Result Count = 18 (336)
RULECHECK Latch.4.2 TOTAL Result Count = 173 (288)
RULECHECK Latch.4.4.pick TOTAL Result Count = 3 (36)
RULECHECK Latch.4.5 TOTAL Result Count = 6 (12)
RULECHECK Latch.4.5.pick TOTAL Result Count = 17 (28)
RULECHECK Latch.4.6.guard TOTAL Result Count = 2 (2)
RULECHECK Latch.4.7 TOTAL Result Count = 232 (552)
RULECHECK Latch.4.8 _Latch.4.9 _Latch.5.2 ... TOTAL Result Count = 56 (268)
RULECHECK Latch.4.10 TOTAL Result Count = 8 (42)
RULECHECK Latch.5.1 TOTAL Result Count = 744 (17454)

(B) LVS 驗證結果：OK

```
REPORT FILE NAME:      lvs_test.rep
LAYOUT NAME:          svdb/CHIP.sp ('CHIP')
SOURCE NAME:          CHIP.spi ('CHIP')
RULE FILE:            G-DF-MIXED_MODE_RFCMOS18-1.8V_3.3V-1P6M-MMC_CALIBRE-LVS-2.1-P8.txt
RULE FILE TITLE:      LVS of UMC 0.18um 1.8V/3.3V 1P6M MMC Mixed Mode/RFCMOS Process
HCELL FILE:           (-automatch)
CREATION TIME:        Mon Jul  2 15:27:16 2018
CURRENT DIRECTORY:    /home/raid7_2/userb04/b04064/Final_Project/4_LVS
USER NAME:            b04064
CALIBRE VERSION:      v2013.1_14.11   Thu Feb  7 13:01:09 PST 2013
```



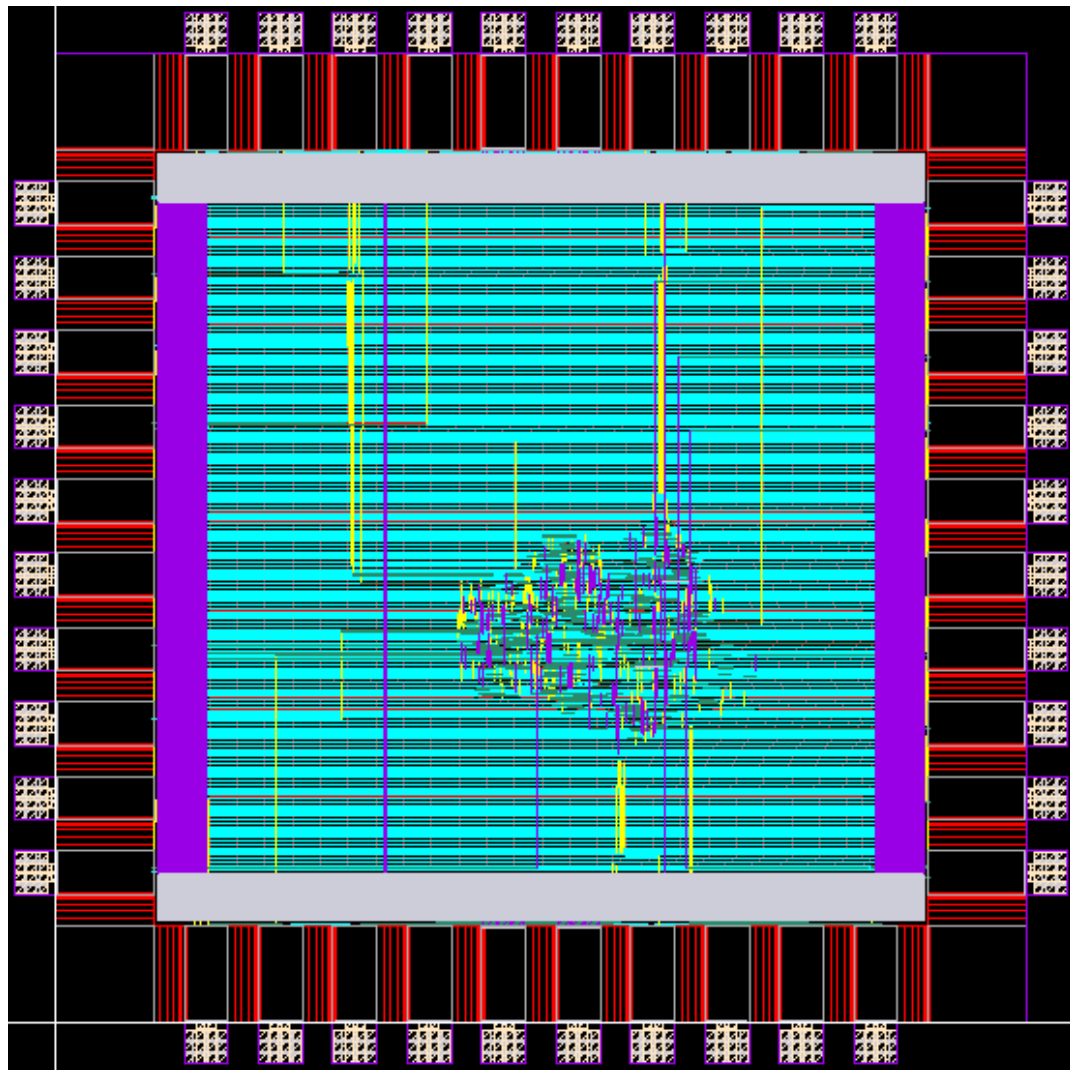
```
OVERALL COMPARISON RESULTS
```

```
# #####
# #                                     * *
# CORRECT                             |
# #                                     \___/
# #####
```



```
*****
|         |         |         |         |         |         |
***** CELL SUMMARY *****
*****
```

[10] 佈局平面圖



Chip size	: 2.263 mm ²
Transistors/Gate Count	: 3560
Power Dissipation	: 9.0766 mW
Max Frequency	: 100 kHz