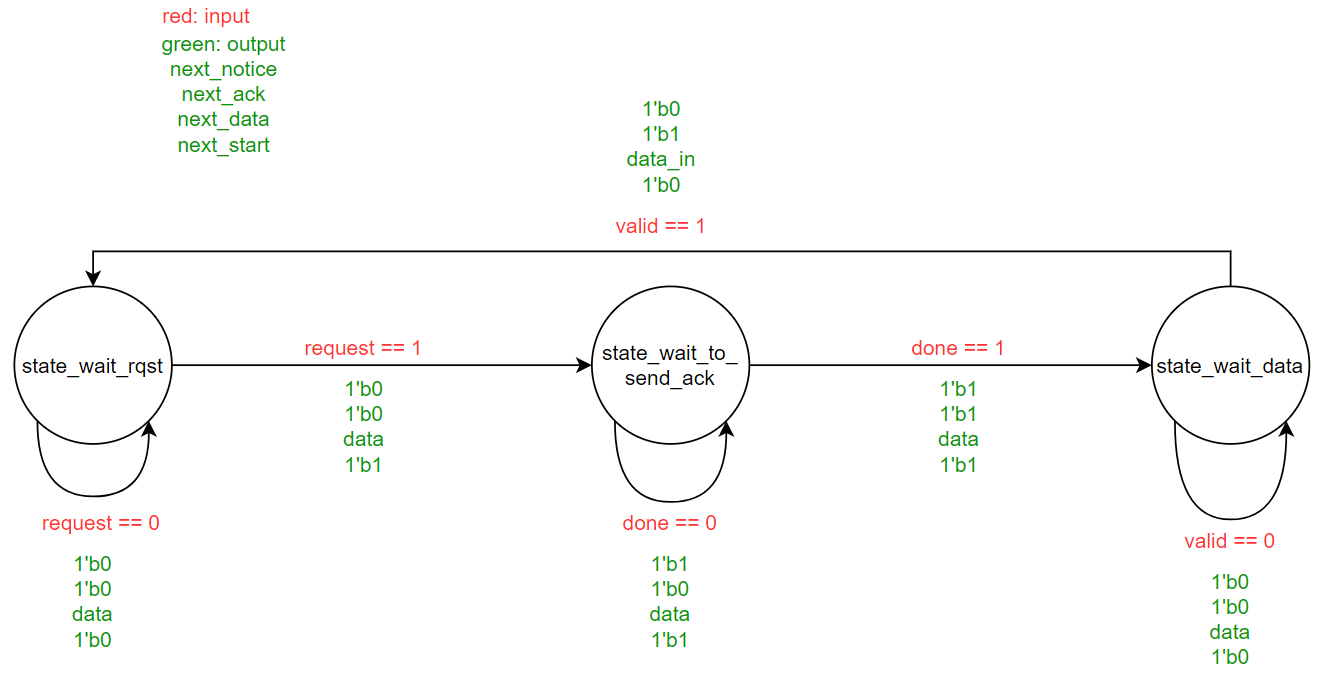
Lab 6 report

組員：110062221李品萱

110062213唐翊雯

1. **Dual FPGA communication**

這題要設計一個FPGA-to-FPGA的communication protocol，基本的步驟與state spec都已經給了，template也完成了大部分功能，我們需要做的部分只有將slave FPGA有關state的code完成，這部分也只要寫出每個state的output以及next state為何即可，其state diagram如下：

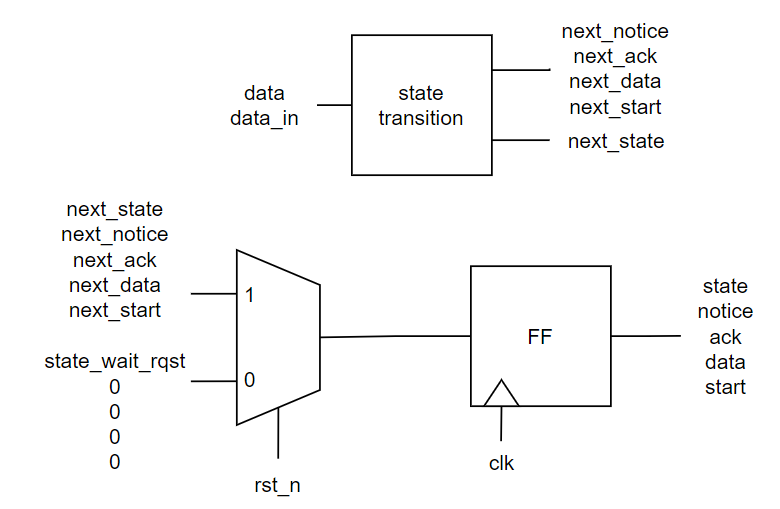


首先在wait request的時候，如果request為0，則繼續維持原state等待request，這時next\_notice, next\_ack與next\_start都設為0，next\_data則維持為data。而若request為1，則next\_state要變成state\_wait\_to\_send\_ack，next\_start也要轉為1’b1，開始為notice亮的時間計時。

在state\_wait\_to\_send\_ack這個state時，若done為0，代表notice亮的時間還未結束，此時next\_state一樣為state\_wait\_to\_send\_ack，next\_ack仍為0、next\_data仍維持data，next\_start與next\_notice則繼續保持為1’b1。而若done為1，next\_state要變為state\_wait\_data，next\_ack要變為1’b1。

最後在state\_wait\_data這個state，已經不需要用到notice與start，因此next\_notice與next\_start均設為0。而在valid為0時，next\_state要維持在state\_wait\_data、next\_ack設為0、next\_data仍設為data。在valid變為1後，next\_state變為state\_wait\_rqst、next\_ack再次設為1、next\_data設為data\_in，吃新輸入的data進來。

這個module的block diagram如下：

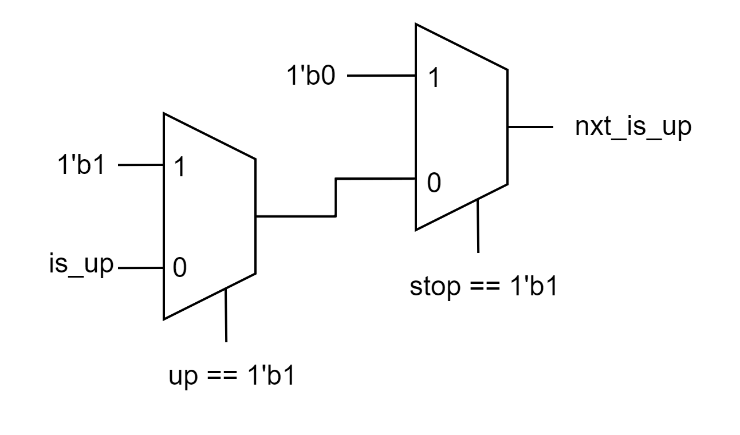


1. **The slot machine**

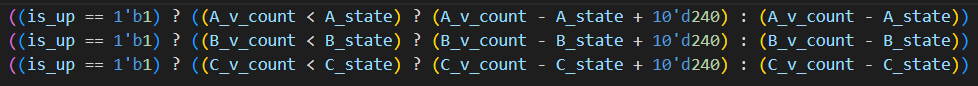
這題我們需要實作一個拉霸機，在sample code的部分已經幫我們寫好大部分的功能，我們只需要修該code使其作出往上跑的部分。Trace了一下sample code之後，我們先將控制向上的按鈕做debounce及onepulse，然後將處理過的up\_op接到state control的module內，在這個module內，我們用一個is\_up的reg去記現在的方向（1為up，0為down），如下圖

（next\_is\_up會在sequential block內接到is\_up）。

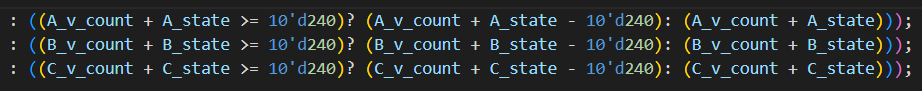




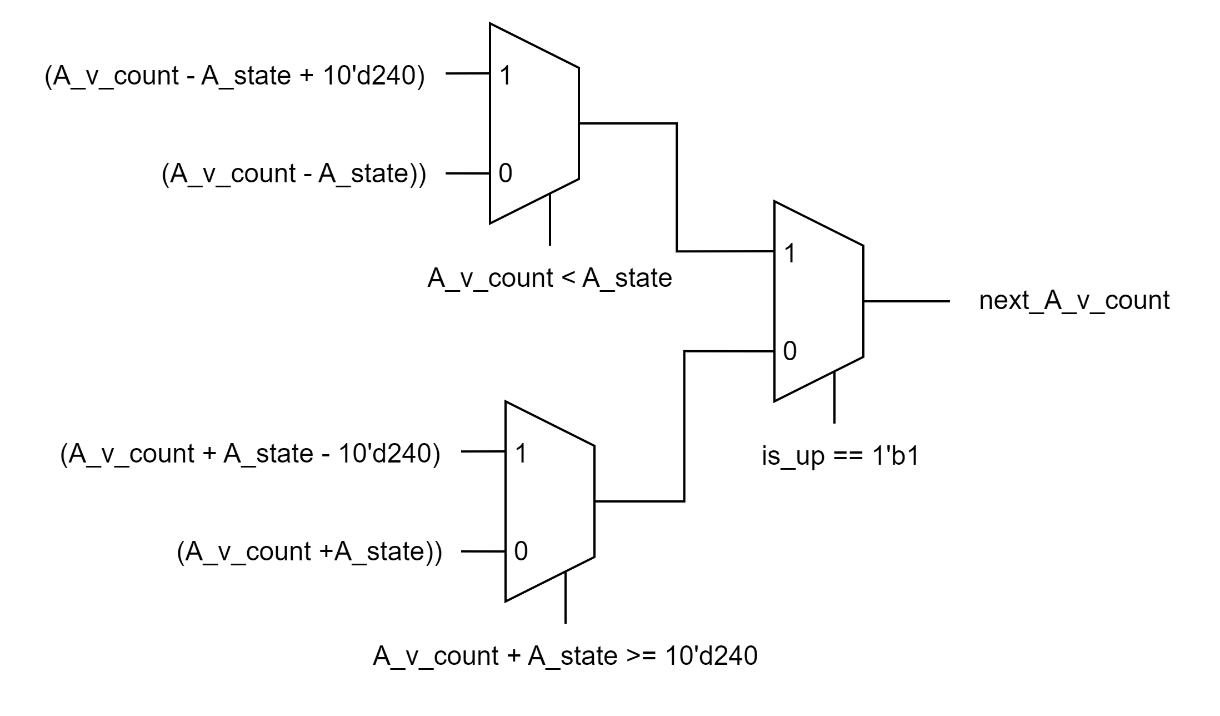
接下來我們需要修改配合給定方向做顯示的部分，也就是next\_A\_v\_count、next\_B\_v\_count、next\_C\_v\_count。首先我們用is\_up判斷現在的方向，如果向上的話接下來需要判斷邊界情況，由於是以向下為正、向上為負，因此向上的部分必須判斷他是正的，維護他在顯示的合法範圍。這部分在sample code做的向下的操作也有類似的處理，而我們對像上的操作如下圖。

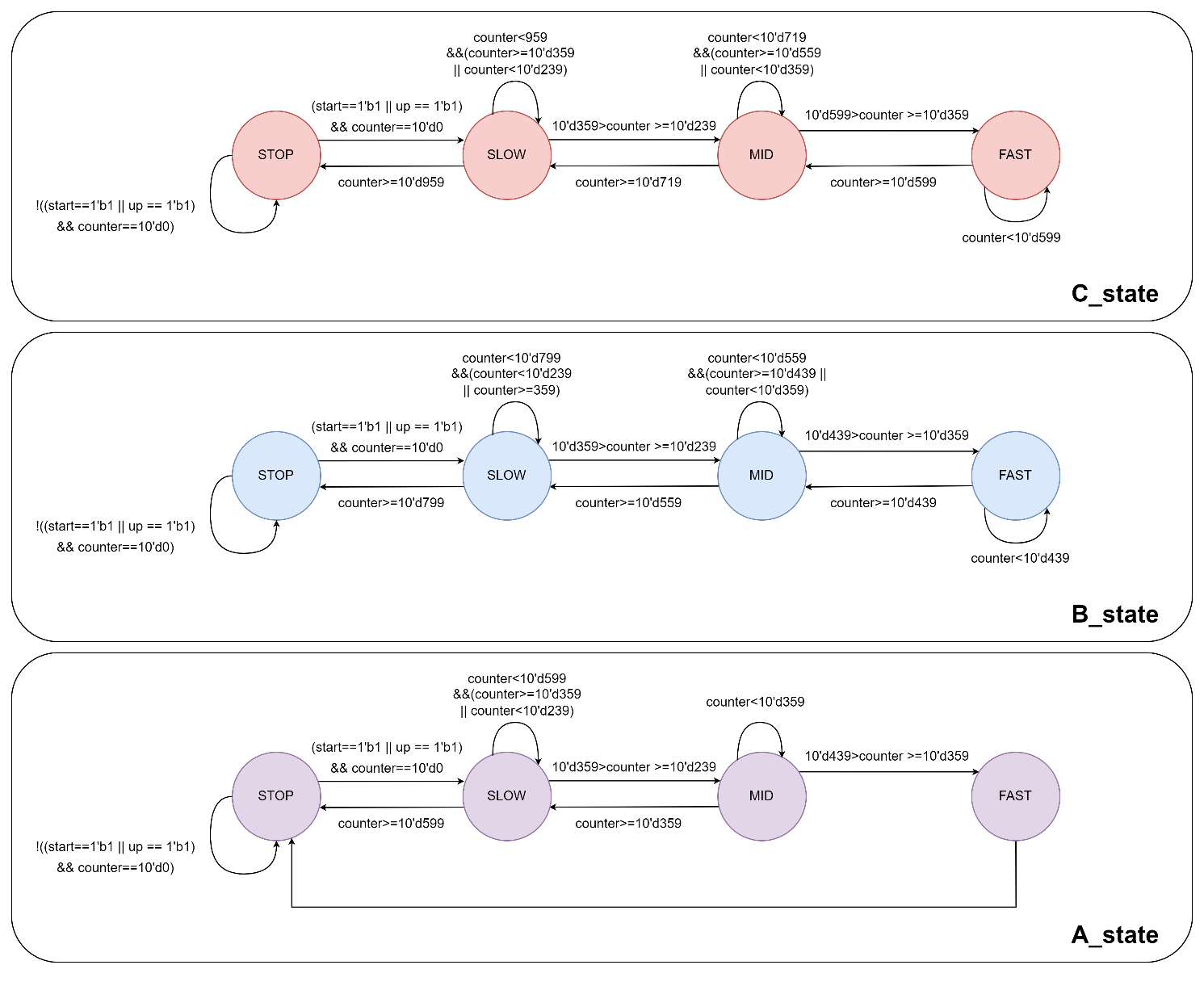


而sample code內的操作如下圖，因為我們的v方向最大值是240，因此需要維護他在向下加的過程中是在合法的顯示範圍內。

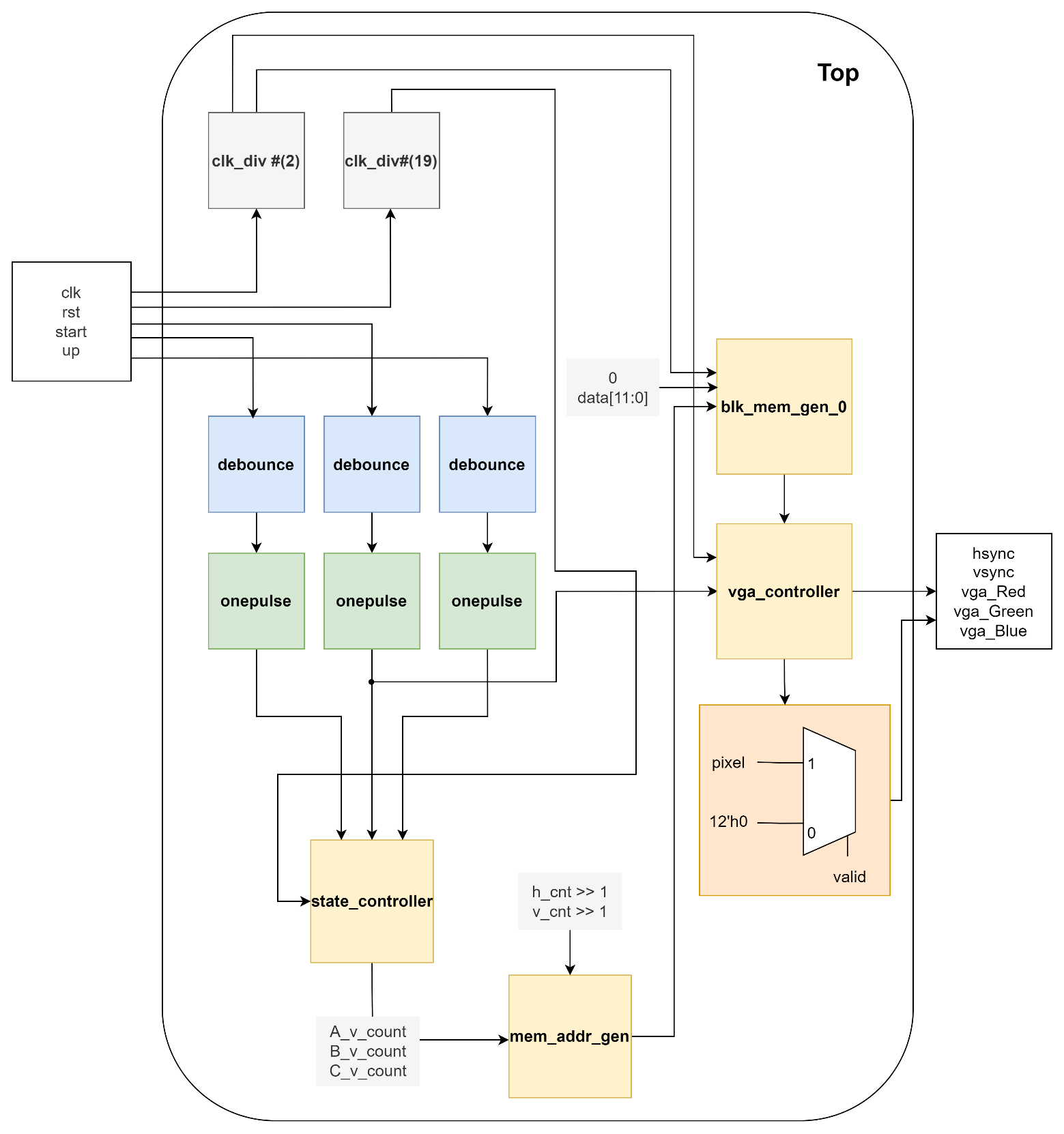


next\_A\_v\_count（next\_B\_v\_count、next\_C\_v\_count同理）的block diagram如下圖。



在顯示速度的部分，我們只對A、B、C的stop state加上up == 1’b1的判斷條件，這邊的state diagram如下圖。

而為了讓slot machine可以連續觸發，不須按下reset才能跑下一次，我們修改了counter的部分，讓他在符合條件時歸零，如下圖。

本題的block diagram如下。

1. **The car**

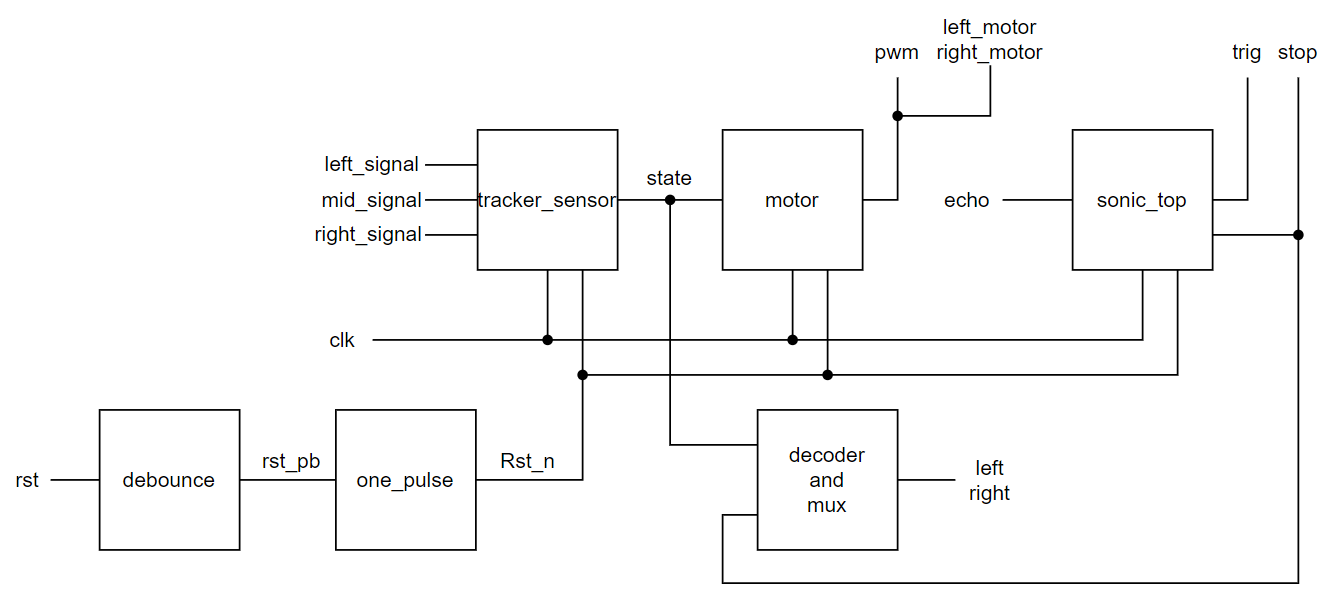
這題要完成一個自走車，在code的部分，主要要完成下列三個目標：

* 將top module裡面各個用到的module接好，使車車能正常運作
* 完成motor與tracker\_sensor兩個module，使車車能偵測並走在白色賽道上
* 完成sonic\_top這個module，使車車遇到前方障礙物時自動停下

以下將分別解釋三部分的實作。

* **top module**

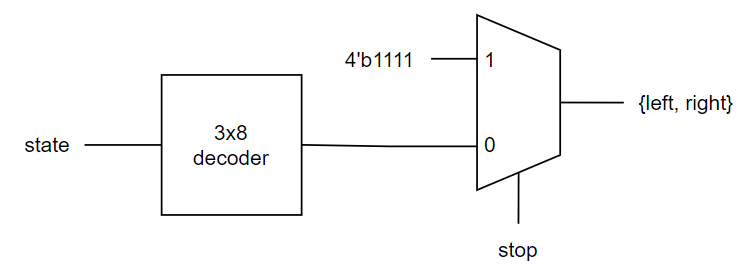
首先要將tracker\_sensor、motor與sonic\_top三個主要module接好。除了tracker\_sensor的state(output) 與motor的mode(input)以外，其他都照top module自己的input與output接好就好。而tracker\_sensor的state會根據接收到的left\_signal、mid\_signal與right\_signal，輸出相對應的state後再傳給motor，讓motor根據不同的state做不同的事情。這個module整體的block diagram如下：



而left與right的部分，我們根據stop的值與現在的state來決定。首先如果stop為1，則車子要停下來。而如果stop為0，我們則會根據現在的state決定兩個輪子要如何移動，具體的移動方式如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| State | 左輪 | 右輪 |
| 直走 | 向前 | 向前 |
| 左轉 | 向前（速度較慢） | 向前（速度較快） |
| 右轉 | 向前（速度較快） | 向前（速度較慢） |
| 左急轉 | 向後 | 向前 |
| 右急轉 | 向前 | 向後 |
| 向後 | 向後 | 向後 |

而根據car tutorial，若希望輪子向前，需要將output設為2’b10；若希望輪子向後，需要將output設為2’b01；若希望輪子停下，則要將output設為2’b11。我們使用case完成這部分的code，block diagram如下：

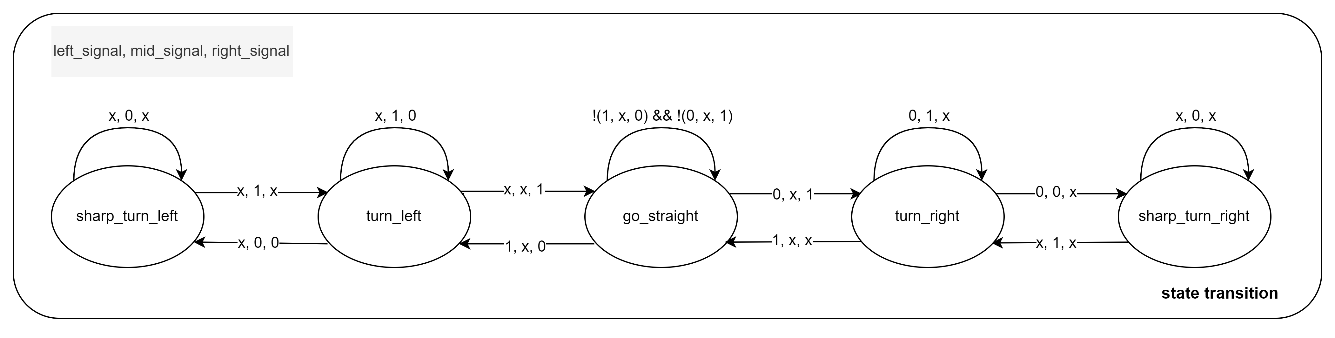


為了方便debug與優化車子的速度，我們多接了一些input與output來顯示與控制各種資訊。我們分別將left\_signal、mid\_signal、right\_signal、left、right與stop使用LED燈顯示出來。stop的部分，我們還另外開了一個wire: stop\_ctrl，使我們可以用switch控制是否要開啟stop的功能，方便我們測試。我們也使用7-segment display來output車子現在的state為何，方便我們做改進。

* **motor & tracker\_sensor**

1. **tracker\_sensor**

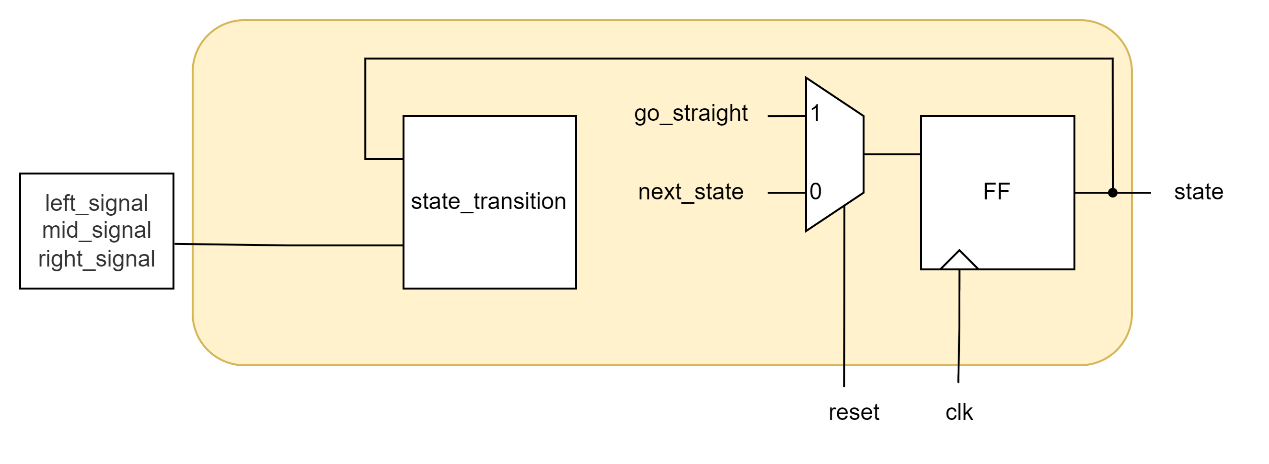
首先在tracker\_sensor的部分，會藉由紅外線偵測車車是否在正確的賽道上，紅外線snesor偵測到黑色會回傳0，偵測到白色會回傳1，一開始我們使用的方法是用input信號直接output車子的state，但這樣會使車子在急轉時需要比較多的時間。因此為了讓車子在轉彎時較為順利，我們嘗試用FSM讓車子做出對應的行為，如下圖。



上圖中首先我們看go\_straight，車子進到這個state的條件是偵測到全白，而我們讓這個state不會是急轉的下一個或上一個 state，因此我們只看左邊跟右邊的訊號，若都是1則直走，而在demo時為了通過bonus的賽道intersection的部分，我們確定直走、轉彎與急轉的狀況我們都已經維護好，因此不會有衝出白色賽道的狀況，所以我們嘗試讓車子default是直走，也成功通過該賽道。

轉彎的部分我們以左轉說明，首先在turn\_left的部分，因為在這個state內left\_signal會是1，所以我們不判left\_signal，若mid\_signal為0則為左急轉，若為1則維持一般的左轉；而若right\_signal為1則代表已經轉完，回到直走的狀況。接下來在左急轉的部分，由於只由mid\_signal決定是否為急轉，所以我們不對另外兩個signal進行判斷，若mid\_signal讀到黑色代表需要急轉，讀到白色則代表進入左轉的state，這麼做的原因是，我們發現如果只依靠input signal判斷的話，由於default是直走，在轉彎時會反覆在轉彎、直走、急轉三個state之間一直變換，轉速變化會落差太大造成轉彎不流暢，而修改過後則可以限制車車下一個state的行為，讓他在轉的過程再去判斷自己要不要急轉，運作上流暢許多。右轉、右急轉原理相同這邊就不再贅述。

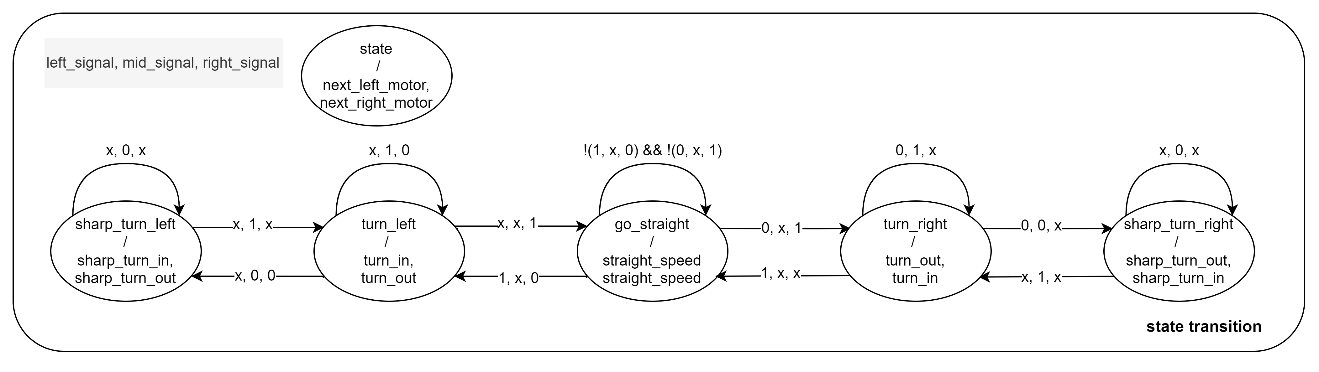
該module的block diagram如下。



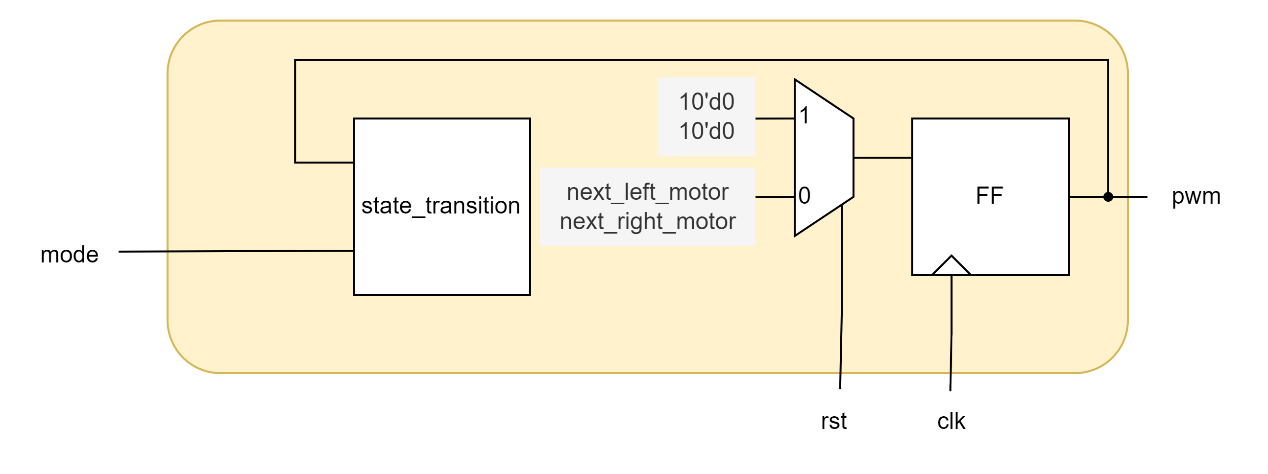
1. **motor**

這個module會決定輪子的轉速，我們需要做的是根據每個state給出相對應的參數，一開始不知道該給多少，大概trace了一下確定他是給越大的數值會有越大的轉速，在嘗試了幾次後我們觀察到left\_motor及right\_motor大概在700會是緩慢的行進，5、600幾乎不會動。

接下來由於兩個輪子是各自供應動能，與坦克的行進原理很像，因此我們試著將坦克轉彎的方法應用到車車上面。我們將直走與急轉的left\_motor及right\_motor都設為10’d1023，一般轉彎的內輪設為10’d723，這麼做即可使轉彎時兩輪motor相差10’d300，而急轉彎時因為在top module內我們已經使此時輪子是一輪向前，一輪向後，因此急轉時兩輪速差會是最大，即為motor相差10’d2046。這個部份我們花了許多時間調整數值：應該讓轉彎時速差小一點以維持最高均速，還是讓轉彎轉完整一點以最大化走直線（車速會最快）的時間？這個問題困擾了我們一段時間，而以上是我們嘗試出來認為能均衡兩者並讓車車盡量發揮其最大效能的參數。在調參數的過程中，為了方便起見，我們用parameter的方式給出轉彎、急轉彎與直走時內外輪的各自數值，motor的state diagram如下圖。

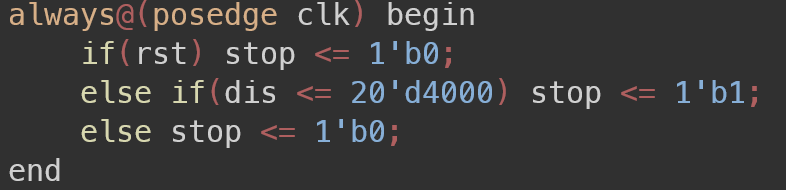


該module的block diagram如下圖，

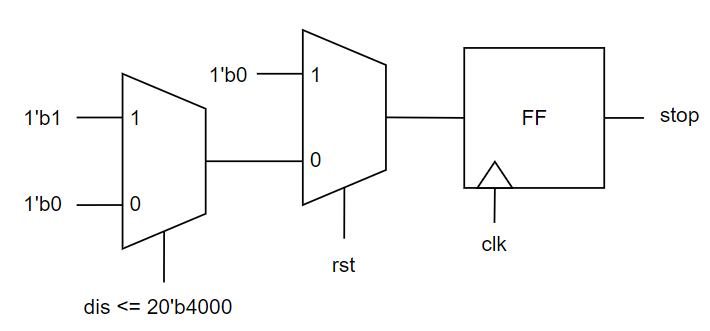


* **sonic\_top**

判斷是否要停下，只需要根據dis的大小，即與前方障礙物的距離，來決定stop的值即可。首先在reset的時候stop要設成1’b0，而若dis <= 20’d4000（這是反覆測試得出的結果），即spec規定的40cm，則車子要停下來，stop設成1’b1，反之車子要繼續前進，stop一樣設為1’b0。



這部分的block diagram如下：



* **Problems solving**

在做這一題的過程中，我們主要遇到了兩個大問題：

第一個是車子在跑的時候，總是只能左轉或是只能右轉。這讓我們感到很疑惑，因為在code中控制兩輪的code應該非常相似且對稱，沒道理一邊能跑另一邊不行。我們反覆檢查code所有可能出問題的地方，也再三確認過線沒有接錯。在多次試驗後才發現是3-Way Line Tracking IR出了問題，left\_signal與mid\_signal永遠被偵測為1。在丟棄兩塊sensor後，車子的行走才變為正常，在鎖sensor時還因為鎖成靠車身的洞造成車車會偵測太慢而衝出賽道，後來發現後才成功解決。這也教會我們在遇到bug的時候要大膽假設小心求證，給我們上了一課。

第二個問題是車子在直走時，會自動偏向某一邊，導致車子在不該轉彎時轉彎。因此我們在demo前花了不少時間調整直走時的餒外輪速度差讓車車可以走直線，但不知道為什麼兩輪的速度差在不同天表現出來卻不一樣，因此讓我們在debug時找不出問題，非常困擾，尤其在跑bonus賽道時車子換了一顆全新的電池又可以正常的以相同轉速走直線，使得我們原本為了讓他走直線而調整的參數反而是錯誤的。

1. **Summary**

這次的三題都是FPGA的題目，我們練習到了更多FPGA板的應用。

在chip2chip這一題，我們練習了如何在兩個板子之間傳遞訊號。傳遞data與ack的做法恰好與我現在在計算機網路概論上學到的資料傳輸方法非常有關聯，讓我覺得很有趣。

在slot machine的部分，我們學到了螢幕的display，第一次接觸這部分讓我對螢幕有更進一步的了解，看到slot machine可以正常運作也覺得很酷很有成就感。

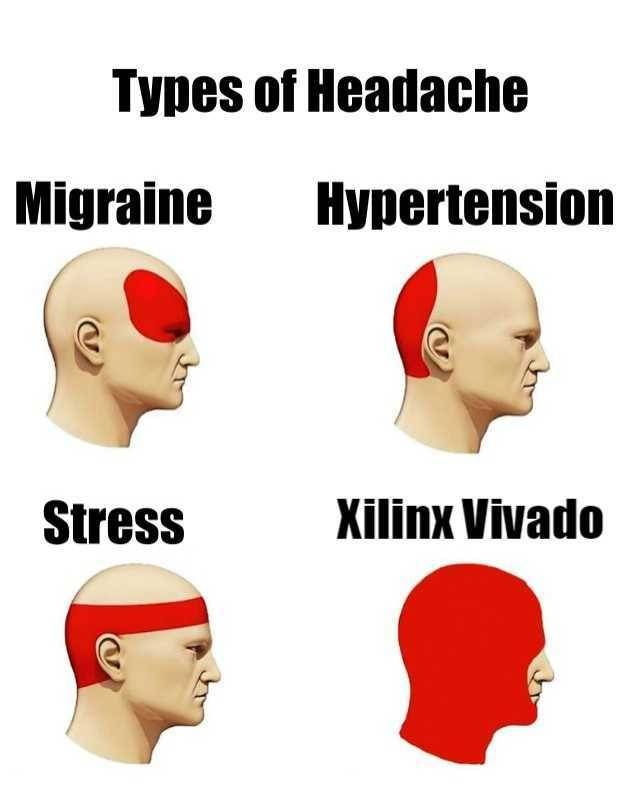
車子的部分花了不少時間，由於我們的電池盒兩條線都斷掉了，因此學會了剪漆包線的技巧，換sensor也讓我們學會了這個新技能，以及一開始換電池時總是要推很久，後來熟能生巧就可以很快換好，這次Lab除了code本身也讓我們學到其他的小東西，更能夠體驗到實際上的硬體操作，下圖是汰換的電池和sensor們，以茲紀念。



自己做出能完整跑完整個賽道的車子很有成就感，看到優化過的code可以讓車子更流暢的跑也是，不過一直因為硬體設備碰壁一度令人感到相當煩躁與挫折，如下圖：



也因為這樣，我們花費大把時間在盯著沒有出錯的code，令人相當頭痛，如下圖。



整體來說，這次Lab需要考慮到比較多的東西，出現bug的時候要用適當的方法找出問題點，例如我們採取的接出output讓它顯示在板子上等等，也需要仔細觀察才不會被自己的主觀認知誤導，這部分的確花了我們不少時間，但也有所收穫，在擬定行進策略的部分，很幸運因為final project想做坦克所以有事先查了相關的資料，因此對由兩個馬達驅動的車車有較為明確的概念，雖然後來發現輪子沒辦法拆下來所以無法做出真正的坦克，但這個先備知識還是讓我們在操作上稍有餘力。這次Lab也特別感謝同學的十字起支援及demo的電池支援。

1. **Contributions**

* **Code**

Dual FPGA communication by 李品萱

The slot machine by唐翊雯

The car 偵測障礙物by 李品萱，偵測賽道by唐翊雯，debug及測試由兩人共同完成

* **Report**

各自描述負責的題目