(1) Emulate a full adder:

IO:

For a one bit full adder:

Input: x, y, cin

Output: s, cout

Block diagram:



Logic function:

cout = x y + x cin + y cin

s = x y’ cin’ + x’ y’ cin + x y cin + x’ y cin’

Logic diagram:



I/O pin assignment:

x-V17

y-V16

cin-W16

s-U16

cout-E19

Discussion:

這個實驗是要建構一個包含進位(carry in、carry out)的加法器。

透過 truth table 可以得知輸入(x、y、cin)與輸出(cout、s)之間的關係；也就是 說，當輸入為奇數個 1 時會產生 s，而當輸入超過兩個 1 時，會產生 cout。 在模擬圖中，將輸入值的所有可能性跑過一次，可以驗證加法器產生的結果， 最高為 3，最低為 0。

(2) BCD to 7-segment display decoder:

IO:

Input: [3:0]i

 Output: [7:0]D\_ssd, [3:0]d

Block diagram:

Logic function:

d[3] = i[3]

d[2] = i[2]

d[1] = i[1]

d[0] = i[0]

D\_ssd[7] = Σ(1,4) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’

D\_ssd[6] = Σ(5,6,10～15) = i[3]’ i[2] i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2] i[1]’ i[0] + i[3] i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]

D\_ssd[5] = Σ(2,10～15) = i[3]’ i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2] i[1]’ i[0] + i[3] i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0] D\_ssd[4] = Σ(1,4,7,10～15) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2] i[1]’ i[0] + i[3] i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]

D\_ssd[3] = Σ(1,3,4,5,7,9) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2]’ i[1]’ i[0]

D\_ssd[2] = Σ(1,2,3,7) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0]

D\_ssd[1] = Σ(0,1,7) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0] D\_ssd[0] = Σ(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10～15) = logic-1

I/O pin assignment:

i[0]→V17

i[1]→V16

i[2]→W16

i[3]→W17

D\_ssd[0]→V7

D\_ssd[1]→U7

D\_ssd[2]→V5

D\_ssd[3]→U5

D\_ssd[4]→V8

D\_ssd[5]→U8

D\_ssd[6]→W6

D\_ssd[7]→W7

d[0]→U16

d[1]→E19

d[2]→U19

d[3]→V19

Discussion:

本次實驗要將 4bit 的 BCD 輸入值(i)以七段顯示器顯示 0 到 9 的數字出來， 七段顯示器的接腳是規定好的，所以只要按照講義上的接法就可以順利接好， 而要特別小心的地方是七段顯示器是 low active。另外，輸出(d)的作用是在顯示 出輸入(i)的值，這樣可以讓進行實測時更加清楚當下的輸入情形。D\_ssd 是 8bit 的輸出，代表的是七段顯示器上的每一小段以及一個小數點，透過 truth table 可以得知當 i 在 0 到 9 之間變化時七段顯示器應該要如何編碼；此外，當 i >= 10 時，七段顯示器要顯示 F(0111\_0001)。

(3) binary to 7-segment display decoder:

IO:

input [3:0]i

 output [7:0]D, [3:0]d

Block diagram:

Logic function:

d[3] = i[3]

d[2] = i[2]

d[1] = i[1]

d[0] = i[0]

D[7] = Σ(1,4,11,13) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]

D[6] = Σ(5,6,11,12,14,15) = i[3]’ i[2] i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2]’ i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]

D[5] = Σ(2,12,14,15) = i[3]’ i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]

D[4] = Σ(1,4,7,10,15) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3] i[2] i[1] i[0]

D[3] = Σ(1,3,4,5,7,9) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0] + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2] i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2]’ i[1]’ i[0]

D[2] = Σ(1,2,3,7,13) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0]’ + i[3]’ i[2]’ i[1] i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]

D[1] = Σ(0,1,7,12) = i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0]’ + i[3]’ i[2]’ i[1]’ i[0] + i[3]’ i[2] i[1] i[0] + i[3] i[2] i[1]’ i[0]’

D[0] = Σ(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10～15) = logic-1

I/O pin assignment:

i[0]→V17

i[1]→V16

i[2]→W16

i[3]→W17

D[0]→V7

D[1]→U7

D[2]→V5

D[3]→U5

D[4]→V8

D[5]→U8

D[6]→W6

D[7]→W7

d[0]→U16

d[1]→E19

d[2]→U19

d[3]→V19

Discussion:

這個實驗跟上個小題的實驗相當類似，唯一不同的地方是當輸入值 i >= 10 時，七段顯示器要用 16 進位的方式顯示出數值(分別為 A,b,C,d,E,以及 F)，其他 像是輸入值(i)以及 LED 輸出(d)都跟上一個小題完全相同。

(4) Design a combinational circuit that compares two 4-bit unsigned numbers A and B to see whether A is greater than B. The circuit has one output X such that X = 0 if A ≤ B and X = 1 if A > B.

IO:

input [3:0]A, [3:0]B,

 output [3:0]Ain, [3:0]Bin, X

Block diagram:

Logic function:

X = A[3]B[3]’ + (A[3]⊕B[3])’A[2]B[2]’ + (A[3]⊕B[3])’(A[2]⊕B[2])’A[1]B[1]’ + (A[3]⊕B[3])’(A[2]⊕B[2])’(A[1]⊕B[1])’A[0]B[0]’

I/O pin assignment:

A[3] → W13

A[2] → W14

A[1] → V15

A[0] → W15

Ain[3] → V14

Ain[2] → U14

Ain[1] → U15

Ain[0] → W18

B[3] → W17

B[2] → W16

B[1] → V16

B[0] → V17

Bin[3] → V19

Bin[2] → U19

Bin[1] → E19

Bin[0] → U16

X → L1

Discussion:

本次實驗目的在於將兩個 4bit 的 unsigned number 輸入值(A,B)比大小。當 A > B 時，將輸出(X)指定為 1，當 A <= B 時，則將輸出(X)指定為 0。兩個 4bit 的 輸出值 Ain 以及 Bin 則可以將輸入的值用 LED 顯示出來。將輸入和輸出都接上 接腳後，即可驗證電路板上的顯示結果。

此外，上述 logic function 的邏輯為先比較最高位數字，若相同，則繼續往 下一位數比，以此類推，當比到有一方較另一方大時，便可得知兩數的大小關 係。

Conclusion:

這次實驗與以前最不同的地方就是接上了電路板，雖然跑電路板需要消耗一段 時間，但是相比之下卻變得不像波形圖一樣那麼枯燥乏味，也有了實際操作的 真實感。這次的題目並不複雜，是熟悉 FPGA 的良好機會，也終於看到上學期 的理論基礎慢慢的實體化，做起來相當有成就感。