

Lab05

實驗主題: Digital Logic Gates & Karnaugh Map

實驗日期: 2022/10/03

學號姓名: B103040009 尹信淳

實驗內容: Design and verify the following circuits using Verilog HDL and Schematic

Exercise1

■ Derivation:

$$(x \downarrow y) \downarrow z = ((x+y)' + z)' = (x+y)z'$$

$$z \downarrow (y \downarrow x) = (z + (y+x)')' = z'(y+x)$$

$$x \downarrow (y \downarrow z) = (x + (y+z)')' = x'(y+z)$$

■ Verification:

Verify $(x \downarrow y) \downarrow z = z \downarrow (y \downarrow x)$ (using Structural level modeling)

Verify $(x \downarrow y) \downarrow z \neq x \downarrow (y \downarrow z)$ (using Structural level modeling)

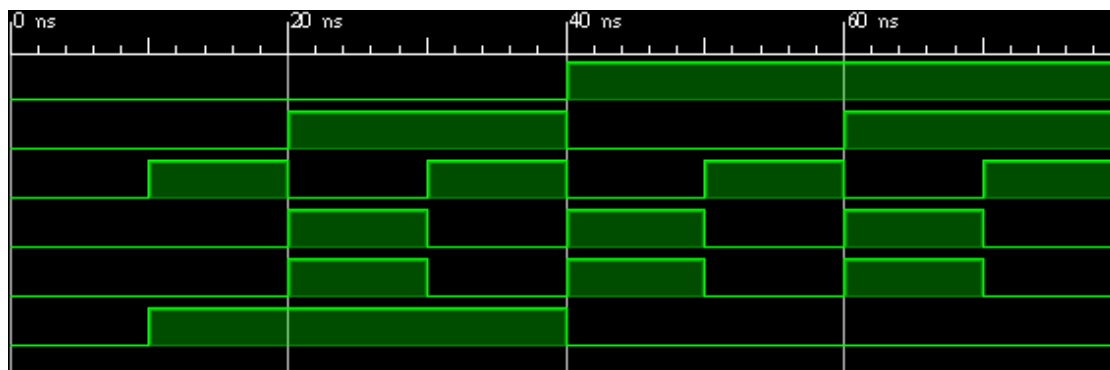
程式碼:

```
module e1(A,B,C,x,y,z);
    output A,B,C;
    input x,y,z;
    wire n1,n2,n3;
    nor(n1,x,y);
    nor(A,n1,z);
    nor(n2,y,x);
    nor(B,z,n2);
    nor(n3,y,z);
    nor(C,x,n3);
endmodule
```

Testbench:

```
module tb1;
    reg x,y,z;
    wire A,B,C;
    e1 UUT(.x(x),.y(y),.z(z),.A(A),.B(B),.C(C));
    initial begin
        x=1'b0; y=1'b0; z=1'b0; #10
        x=1'b0; y=1'b0; z=1'b1; #10
        x=1'b0; y=1'b1; z=1'b0; #10
        x=1'b0; y=1'b1; z=1'b1; #10
        x=1'b1; y=1'b0; z=1'b0; #10
        x=1'b1; y=1'b0; z=1'b1; #10
        x=1'b1; y=1'b1; z=1'b0; #10
        x=1'b1; y=1'b1; z=1'b1; #10
        $finish;
    end
endmodule
```

波型：



Exercise1 實驗結果與分析：

波型結果與驗證預期相同。

NOR 具 communicative 但不具 associative 的性質。

Exercise2

■ Complete the truth table of four-variable XOR function $F(w, x, y, z)$:

w	x	Y	z	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	0

■ Verify $F1 = F2 = F3$

$$F1 = (w \oplus x) \oplus (y \oplus z)$$

$$F2 = w \oplus (x \oplus (y \oplus z))$$

$$F3 = w \oplus x \oplus y \oplus z$$

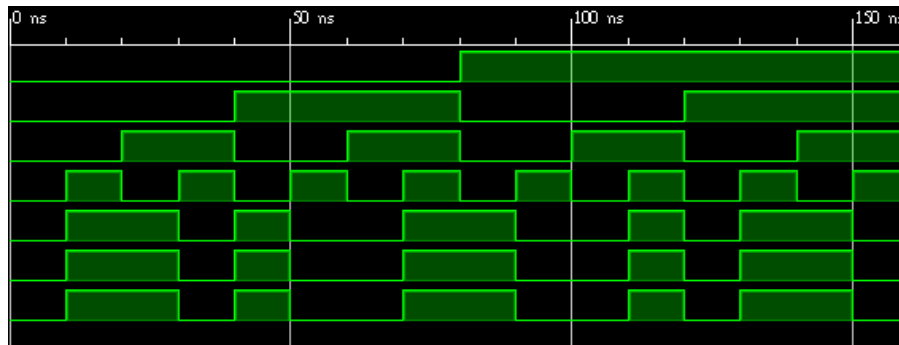
程式碼:

```
module e2(F1,F2,F3,w,x,y,z);
    output F1,F2,F3;
    input w,x,y,z;
    wire n1,n2,n3,n4;
    xor(n1,w,x);
    xor(n2,y,z);
    xor(F1,n1,n2);
    xor(n3,y,z);
    xor(n4,x,n3);
    xor(F2,w,n4);
    xor(F3,w,x,y,z);
endmodule
```

Testbench:

```
module tb2();
    reg w,x,y,z;
    wire F1,F2,F3;
    e2 UUT(.w(w),.x(x),.y(y),.z(z),.F1(F1),.F2(F2),.F3(F3));
    initial begin
        w=1'b0; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b0; #10
        w=1'b0; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b1; #10
        w=1'b0; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b0; #10
        w=1'b0; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b1; #10
        w=1'b0; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b0; #10
        w=1'b0; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b1; #10
        w=1'b0; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b0; #10
        w=1'b0; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b1; #10
        w=1'b1; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b0; #10
        w=1'b1; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b1; #10
        w=1'b1; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b0; #10
        w=1'b1; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b1; #10
        w=1'b1; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b0; #10
        w=1'b1; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b1; #10
        w=1'b1; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b0; #10
        w=1'b1; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b1; #10
    $finish;
end
endmodule
```

波型:



Exercise2 實驗結果與分析：

F1&F2&f3 波型相同

XOR 具 associative 性質。

Exercise3

$$F(w, x, y, z) = w'yz' + w'xy + wxz + xyz + wx'y'$$

$$= w'xyz' + w'z'yz' + w'xyz + wxyz + wxy'z + wx'y'z + wx'y'z'$$

0110 0010 0111 1111 1101 1001 1000

■ Draw the Karnaugh map and find all the simplest sum-of-products of F:

F	yz	00	01	11	10
wx					
00		0	0	0	1
01		0	0	1	1
11		0	1	1	0
10		1	1	0	0

We got three simplest solutions

$$F(w, x, y, z) = (w'yz' + wx'y') + xyz + wy'z$$

$$= (w'yz' + wx'y') + xyz + wxz$$

$$= (w'yz' + wx'y') + wxz + w'xy$$

■ Verify these three sop form of F have same functionality.

程式碼：

```
module e3(F4,F5,F6,w,x,y,z);
    output F4,F5,F6;
    input w,x,y,z;
    assign F4 = ~w&y&~z | w&~x&~y | x&y&z | w&~y&z;
    assign F5 = ~w&y&~z | w&~x&~y | w&x&z | x&y&z;
    assign F6 = ~w&y&~z | w&~x&~y | w&x&z | ~w&x&y;
endmodule
```

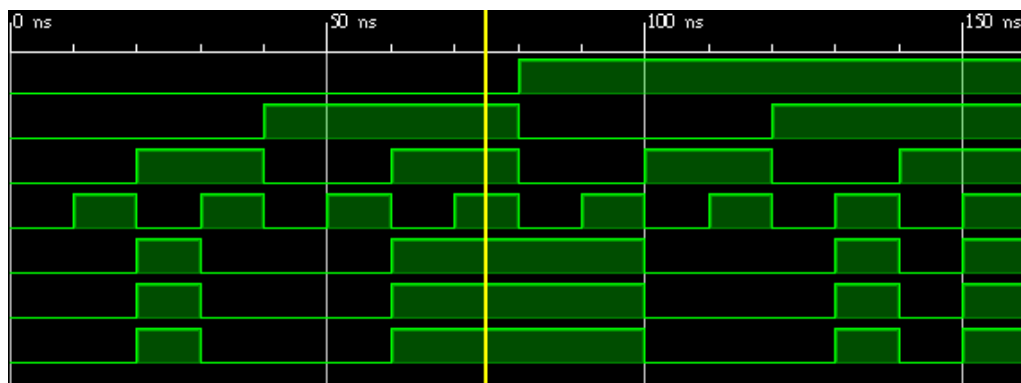
Testbench:

```

module tb3();
reg w,x,y,z;
wire F4,F5,F6;
e3 UUT(.w(w),.x(x),.y(y),.z(z),.F4(F4),.F5(F5),.F6(F6));
initial begin
    w=1'b0; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b0; #10
    w=1'b0; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b1; #10
    w=1'b0; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b0; #10
    w=1'b0; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b1; #10
    w=1'b0; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b0; #10
    w=1'b0; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b1; #10
    w=1'b0; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b0; #10
    w=1'b0; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b1; #10
    w=1'b1; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b0; #10
    w=1'b1; x=1'b0; y=1'b0; z=1'b1; #10
    w=1'b1; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b0; #10
    w=1'b1; x=1'b0; y=1'b1; z=1'b1; #10
    w=1'b1; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b0; #10
    w=1'b1; x=1'b1; y=1'b0; z=1'b1; #10
    w=1'b1; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b0; #10
    w=1'b1; x=1'b1; y=1'b1; z=1'b1; #10
    $finish;
end
endmodule

```

波型：



Exercise3 實驗結果與分析：

Those three Boolean expressions have same functionality indeed.

實驗心得

這次的實驗共有三個 exercise:

Exercise1: 第一題需要先推導三個式子，並可以從這三個推導中了解到 NOR 具 commutative 但不具 associative 的性質。在這一題中，除了用手推導驗證，還用了 vivado 進行了二次驗證。

Exercise2: 第二個練習有關 XOR，目的在於驗證 XOR 的 associative。

Exercise3: 最後一題練習 K-Map 化簡。先把 F 展開找到 canonical form，接著把 K-Map 畫好，找出所有的 Prime implicants，並在當中找到 Essential prime implicants (w'yz' & wx'y')，最後，試著把 essential prime implicants 沒有 cover 到的 1 用最少的 prime implicants cover 住。可以得到三種不同的最簡解答。

由於有先把實驗可能用到的觀念先複習過，這禮拜的實驗做的還算順利，也更加深了以上用到的觀念。