

Lab 2

Verilog Basics & Simulation (2/2)

助教：張瀚銓、江衍廷

Outline

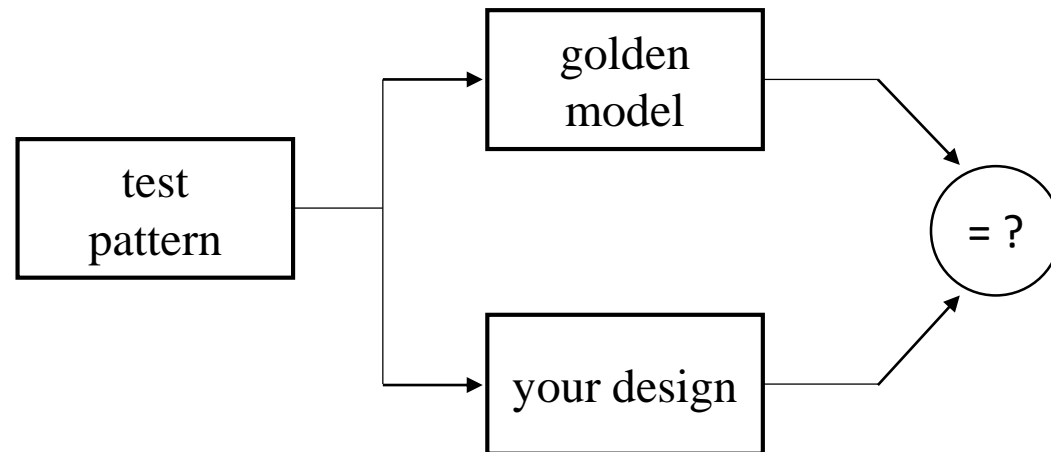
- 課程目的
- 設計驗證概念
- 波形觀測
- 自動結果比對
- 作業

課程目的

- 同學在lab1對硬體設計及Verilog建模、模擬已經有基本的瞭解。本週將進一步練習Verilog模擬與設計驗證方法

基本驗證方法: Equivalence Checking (EC)

- 簡單來說，EC即是確認你的設計是否與golden model有相同的結果；其中golden model可以是設計者本身或是可執行之規格，或以更高階抽象的(不容易出錯)方式完成的設計
- 測試資料產生更是一門學問，幸好本次實驗的輸入數不大，exhaustive test 尚可實現

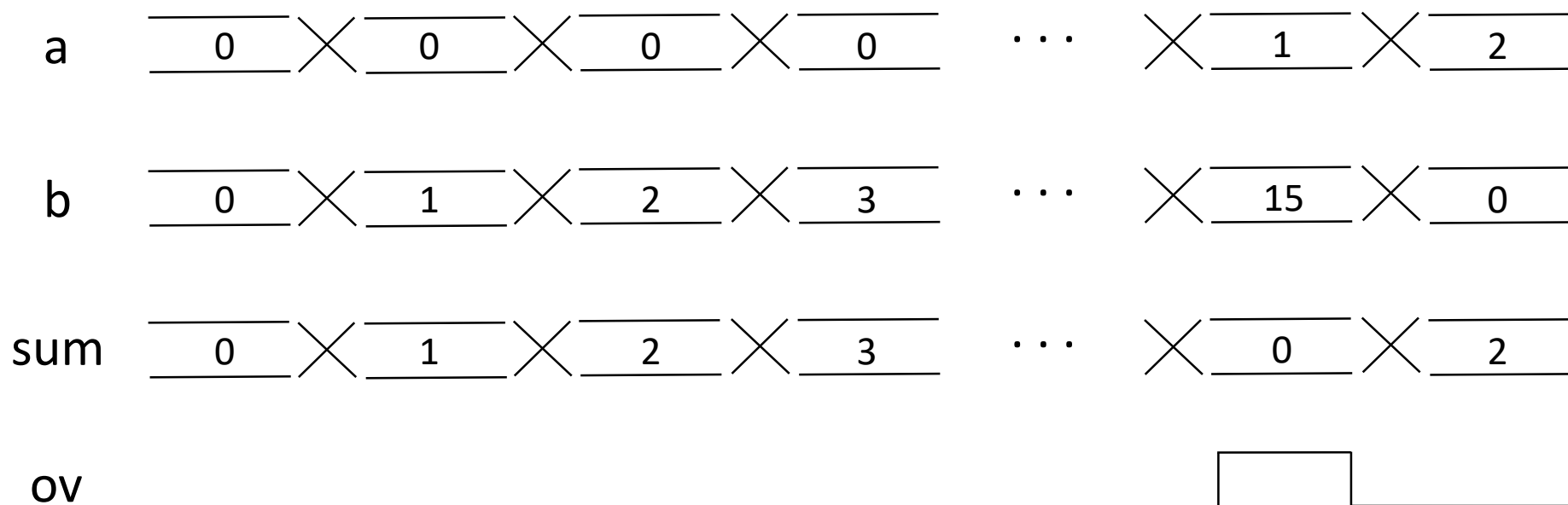


Outline

- 波形觀測

波形觀測

- 將數值以時序圖的方式呈現，方便設計者以「料想」(即設計者為golden model)方式檢查結果



4-bit adder

產生波形檔

透過指令產生波形檔

```
module testbench_add2;

reg [3:0] a, b;
wire [3:0] sum;
wire ov;
reg clk;
reg rst;

always #1 clk = ~clk;
always #1 rst = ~rst;

add2 DUT(a, b, sum, ov);

initial
begin
    clk <= 0;
    rst <= 0;
    a <= 0;
    b <= 0;
    $dumpfile("add2.vcd");
    $dumpvars;
end
```

波形觀測工具 GTKWave (1/2)

1. 編譯完成後輸入指令，查看產生的波形檔：

➤ **gtkwave add2.vcd**

```
C:\Users\Chris\Desktop\DD2_final>gtkwave add2.vcd  
GTKWave Analyzer v3.3.48 (w)1999-2013 BSI
```

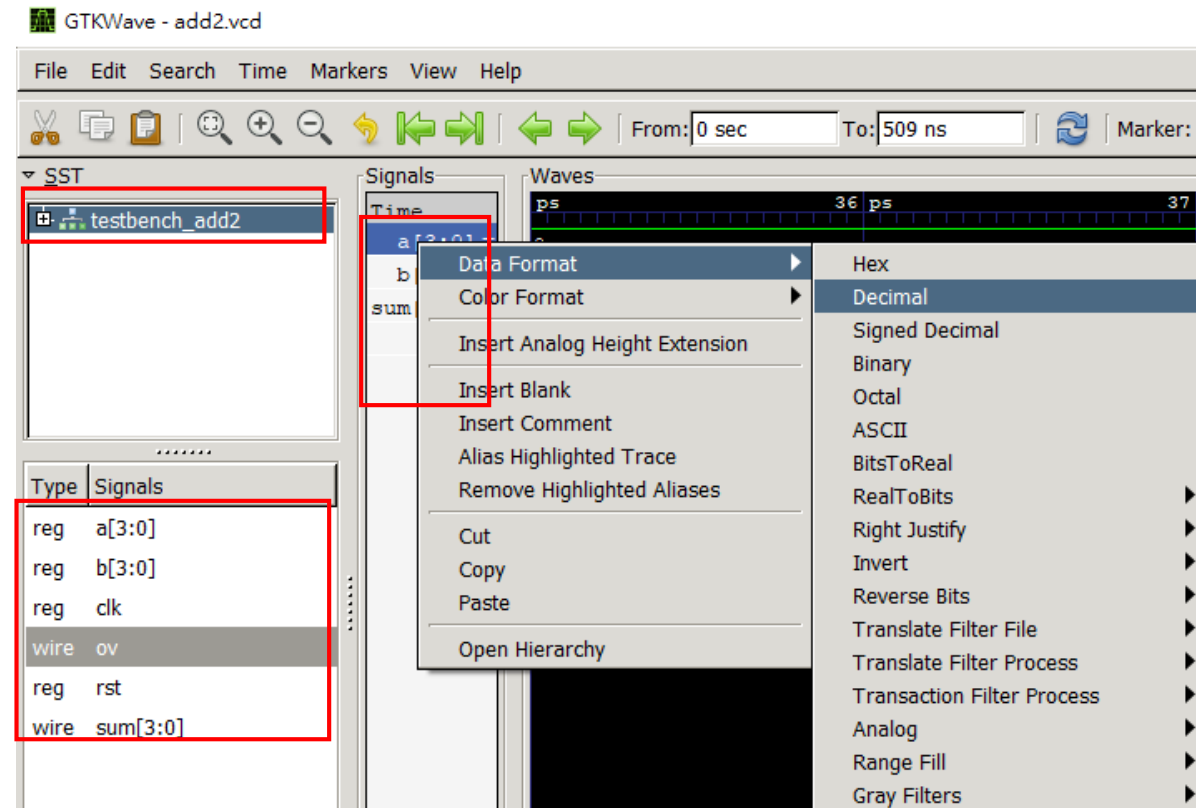
2. 點擊SST區域中testbench_add2

3. 選取變數並且點擊Insert

4. 在Signals區域選取變數，

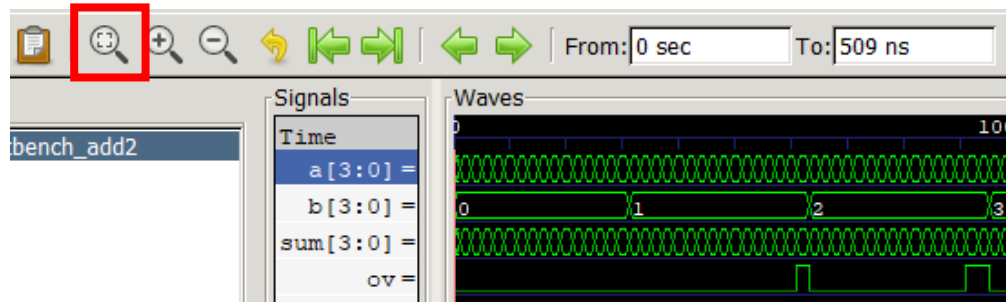
點擊右鍵並選擇Data Format的Decimal

※為了方便同學觀察，可以以十進位觀看波形圖

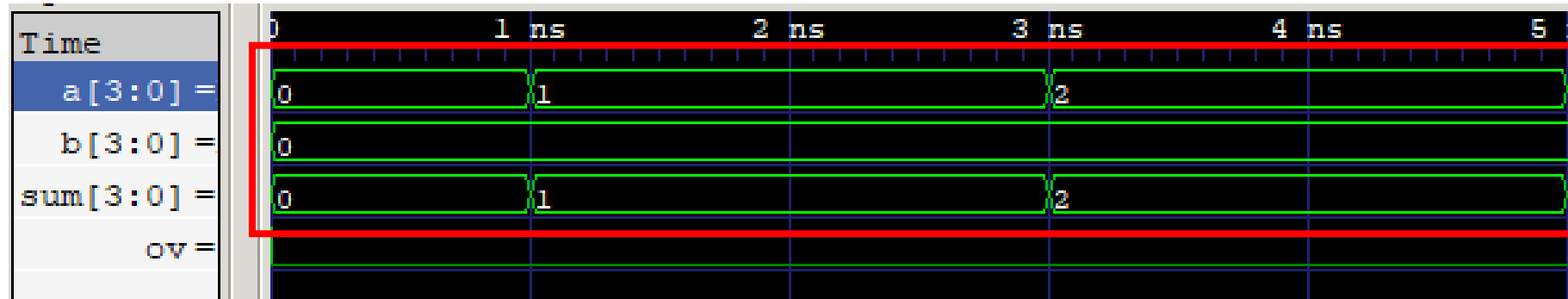


波形觀測工具 GTKWave (2/2)

5. 點擊Zoom Fit



6. 看到生成的波形圖，同學可以確認設計是否正確



Outline

- 自動結果比對

Example (1/3)

我們使用2-operand adder作為我們要驗證的design

我們故意設計ov永遠等於0，這樣當有overflow發生時，testbench就會報錯

```
module add2(a, b, sum, ov);  
  
    input [3:0] a, b;  
    output [3:0] sum;  
    output ov;  
  
    assign sum = a + b;  
    assign ov = 1'b0;  
  
endmodule
```

Example (2/3)

在testbench利用high-level描述產生正確結果，並與add2的結果比對

```
{correct_ov, correct_sum} = a + b;

if({ov, sum} == {correct_ov, correct_sum}) begin
    $display ("Test %d ", test_num);
    $display ("OK!");
    $display ("%d + %d = ?", a, b);
    $display ("your answer: ov = %d, sum = %d", ov, sum);
    $display ("correct answer: ov = %d, sum = %d", ov, sum);
    $display ("\n");
end
else begin
    $display ("Test %d ", test_num);
    $display ("////////////////////////");
    $display ("////////Fail!////////");
    $display ("////////////////////////");
    $display ("%d + %d = ?", a, b);
    $display ("your answer: ov = %d, sum = %d", ov, sum);
    $display ("correct answer: ov = %d, sum = %d", correct_ov, correct_sum);
    $display ("\n");
end
```

Example (3/3)

- 編譯結果

```
Test 94
//////////
//////////Fail!//////////
//////////
14 + 5 = ?
your answer: ov = 0, sum = 3
correct answer: ov = 1, sum = 3

Test 95
//////////
//////////Fail!//////////
//////////
15 + 5 = ?
your answer: ov = 0, sum = 4
correct answer: ov = 1, sum = 4

Test 96
OK!
0 + 6 = ?
your answer: ov = 0, sum = 6
correct answer: ov = 0, sum = 6

Test 97
OK!
1 + 6 = ?
your answer: ov = 0, sum = 7
correct answer: ov = 0, sum = 7

Test 98
OK!
2 + 6 = ?
your answer: ov = 0, sum = 8
correct answer: ov = 0, sum = 8
```

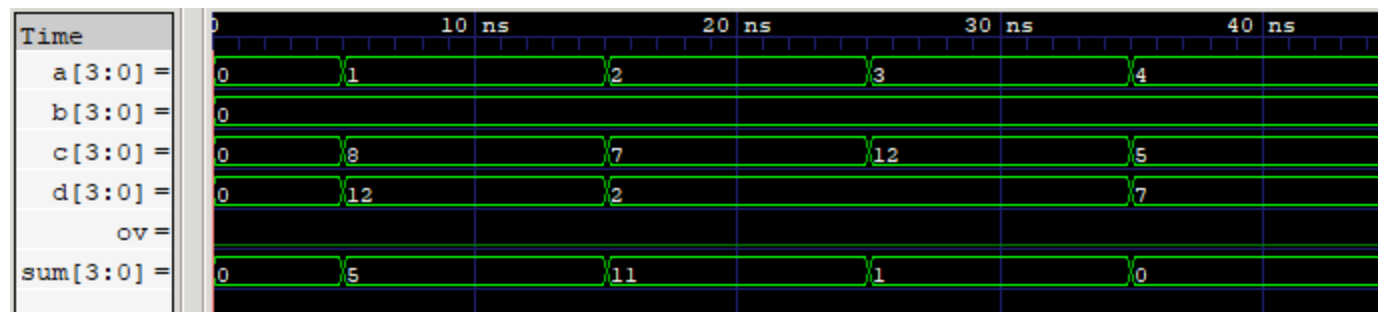
作業

- 題目：參考lab 1，完成4-oprand adder 自動結果比對，請同學參考Example將輸入從零到十五所有組合當作輸入的pattern，並列印出有問題之test pattern
- demo時，助教會拿有問題的4-oprand adder，同學拿你們的testbench來驗證這個adder
- 助教會隨機指定要看輸入資料波型，請同學打開gtkwave的波型圖

```
Test 1
//////////
//////////Fail!//////////
//////////
1 + 0 + 8 + 12 = ?
your answer: ov = 0, sum = 5
correct answer: ov = 0, sum = 1

Test 2
//////////
//////////Fail!//////////
//////////
2 + 0 + 7 + 2 = ?
your answer: ov = 0, sum = 11
correct answer: ov = 0, sum = 2

Test 3
//////////
//////////Fail!//////////
//////////
3 + 0 + 12 + 2 = ?
your answer: ov = 0, sum = 1
correct answer: ov = 0, sum = 3
```



課程評分

- Demo 時間、梯次、地點依E-Course公布為準
- 評分方式
 1. 成功執行範例 40%
 2. 完成Lab作業 40%
 3. 課堂練習 20%