SOC Design

한양대학교 공과대학 컴퓨터소프트웨어학부

최가온(학번: 2019009261)

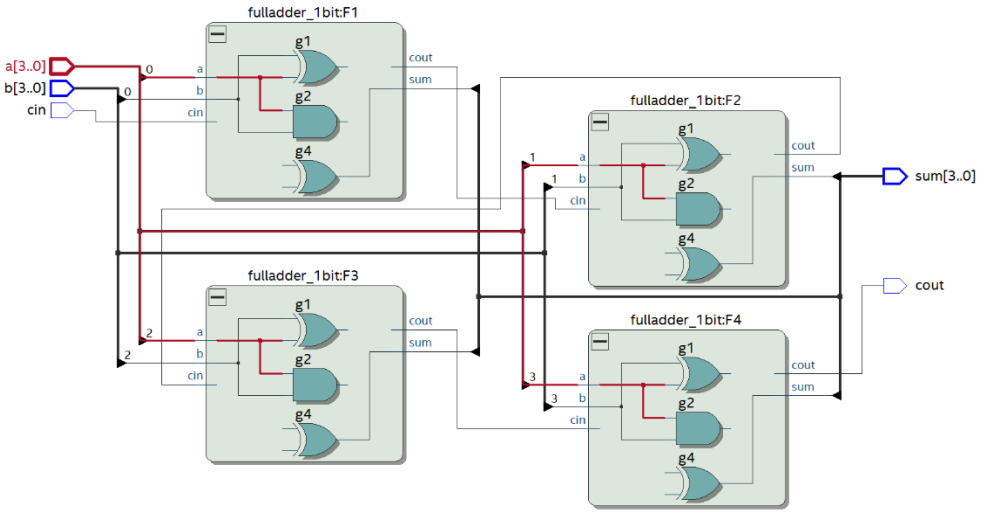
[Homework 1] Build a 4-bit full adder and verify in simulation.

1. Code

https://github.com/Gaon-Choi/ITE4003/blob/main/Week04/fulladder_4bit/tb_fulladder_4bit.v

```
module fulladder_4bit(a, b, cin, sum, cout);
    input [3:0] a, b;
    input cin;
    output [3:0] sum;
    output cout;

    // use wire to store carry
    wire [2:0] c;

    fulladder_1bit F1(a[0], b[0], cin, sum[0], c[0]);
    fulladder_1bit F2(a[1], b[1], c[0], sum[1], c[1]);
    fulladder_1bit F3(a[2], b[2], c[1], sum[2], c[2]);
    fulladder_1bit F4(a[3], b[3], c[2], sum[3], cout);

endmodule

module fulladder_1bit(a, b, cin, sum, cout);
    input a, b, cin;
    output sum, cout;
    wire s1, c1, c2;

    xor g1(s1, a, b);
    and g2(c1, a, b);
    and g3(c2, s1, cin);
    xor g4(sum, s1, cin);
    xor g5(cout, c1, c2);

endmodule
```

RTL Viewer를 통해 위의 구현을 시각적으로 관찰한 결과는 아래와 같다.



2. Testbench

```
module tb_fulladder_4bit;
    parameter N = 4;
    reg [N-1:0] a;
    reg [N-1:0] b;
    reg c_in;

    wire [3:0] sum;
    wire c_cout;

    fulladder_4bit fa4(.a(a), .b(b), .cin(c_in), .sum(sum), .cout(c_cout));
    integer i;

    // Test start
    initial
    begin
        // when cin == 0
        c_in = 1'b0;
        for(i=0; i<2**(2*N); i=i+1)
        begin
            {b, a} = i; #10;
            $display("a=", a, " b=", b, " sum=", sum, " cout=", c_cout);
        end

        // when cin == 1
        c_in = 1'b1;
        for(i=0; i<2**(2*N); i=i+1)
        begin
            {b, a} = i; #10;
            $display("a=", a, " b=", b, " sum=", sum, " cout=", c_cout);
        end
    end
endmodule
```

1) a와 b는 각각 4비트의 크기를 가진다. 하나의 수는 b'000부터 b'111까지 16개의 경우의 수를 가지고 있기에 총 256가지의 테스트케이스를 모두 테스트하였다. 0부터 255까지의 수를 8비트로 나타낸 후 각각 4비트, 4비트로 쪼개어 a, b에 할당하는 방식으로 전체 경우의 수를 실현하였다. 또한 c_in의 값이 0, 1일 때 각각 for문을 사용하여 총 512가지이다. 파동 결과(waveform result)로 확인이 가능하나, 가시성을 위해 $display문을 이용하여 각 케이스별로 세부 값들을 출력하였다.

2) waveform result

a와 b는 각각 4-bit이지만 둘을 합한 결과는 8-bit 공간에 담아야 오버플로우(overflow) 없이 계산할 수 있다. 그러나, sum을 4-bit로 설정하였기에 그것의 결과가 1111이 넘어가게 되면 cout의 값이 1이 되어야 하는 것이 합당하다. 아래의 결과에서 sum=b'1111 이후의 스텝에서 cout이 b'1이 되는 것을 확인할 수 있다. (위에서부터 각각 a, b, cin, sum, cout, i의 값을 나타낸 것이다.)