



---

# گزارش کار آزمایشگاه DSD

---

آزمایش شماره 6



2 اردیبهشت 1400

عرشیا اخوان

محمدحسین عبدی

علیرضا ایلامی

|                         |                           |                                  |
|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| شماره آزمایش: 6         | موضوع: طراحی یک انکوباتور | تاریخ آزمایش: 2 اردیبهشت<br>1400 |
| عرشیا اخوان<br>97110422 | محمدحسین عبدی<br>97110285 | علیرضا ایلامی<br>97101286        |

مقدمه:

هدف این آزمایش طراحی واحد کنترل کننده یک سیستم انکوباتور است.

شرح آزمایش:

یک Air Conditioner داریم که یک heater و یک cooler دارد که با توجه به دما هرکدام روشن یا خاموش میشوند. همچنین یک فن برای کولر داریم که متناسب با دما سرعت چرخش زیاد و کم میشود.

نکته: وقتی کولر خاموش است، فن باید خاموش باشد. (که البته متناسب با نمودارهای داده شده این قضیه به صورت خود به خود برقرار است).

مشابه آزمایش قبل، یک سری استیت (State) داریم که دما را به کمک کولر و هیتر تنظیم و تعدیل کنیم.

تصویر و شرح کد ها:

## Incubator.v

این ماژول کلی است و دو ساب ماژول Fan و AC را در خود دارد. از هر کدام از آنها instantiate میکند و در فایل تست بنچ نیز از این ماژول انکوباتور ما نمونه میگیریم و تست میکنیم.

```
module Incubator (clk,  
                  sensor,  
                  rstn,  
                  heater,  
                  cooler,  
                  CRS);  
  
    input clk,rstn;  
    input signed [7:0]sensor;  
    output heater,cooler;  
    output [3:0] CRS;  
  
    AC ac (  
        .clk(clk),  
        .sensor(sensor),  
        .rstn(rstn),  
        .cool_o(cooler),  
        .heat_o(heater)  
    );  
  
    Fan fan (  
        .clk(clk),  
        .sensor(sensor),  
        .rstn(rstn),  
        .CRS_o(CRS)  
    );  
  
endmodule
```

## AC.v

```
`define S1 2'b01
`define S2 2'b10
`define S3 2'b11

module AC(clk,
          sensor,
          rstn,
          cool_o,
          heat_o);
    input clk, rstn;
    input signed [7:0] sensor;
    output cool_o,heat_o;

    reg [1:0] state;
    reg cooler,heater;

    assign cool_o = cooler;
    assign heat_o = heater;

    always @(posedge clk or negedge rstn) begin
        if (!rstn)begin
            state <= `S1;
            cooler <= 0;
            heater <= 0;
        end
        else begin|
            case (state)
                `S1:
                    begin
                        if (sensor > 35) state <= `S2;
                        if (sensor < 15) state <= `S3;
                    end
                `S2:
                    begin
                        if (sensor < 25) state <= `S1;
                    end
                `S3:
                    begin
                        if (sensor > 30) state <= `S1;
                    end
            endcase
        end
    end

    always @(state) begin
        case (state)
            `S1:
                begin
                    cooler <= 0;
                    heater <= 0;
                end
            `S2:
                begin
                    heater <= 0;
                    cooler <= 1;
                end
            `S3:
                begin
                    heater <= 1;
                    cooler <= 0;
                end
        endcase
    end
end
```

## FAN.v

```
`define OUT 2'b00
`define S1 2'b01
`define S2 2'b10
`define S3 2'b11

module Fan(clk,
           sensor,
           rstn,
           CRS_o,
           );
input clk, rstn;
input signed [7:0] sensor;
output [3:0] CRS_o;

reg [1:0] state;
reg [3:0] CRS;

assign CRS_o = CRS;

always @(posedge clk or negedge rstn) begin
    if (!rstn)begin
        state <= `OUT;
        CRS <= 0;
    end
    else begin
        case (state)
            `OUT:
                begin
                    if (sensor > 35) state <= `S1;
                end
            `S1:
                begin
                    if (sensor > 40) state <= `S2;
                    if (sensor < 25) state <= `OUT;
                end
            `S2:
                begin
                    if (sensor > 45) state <= `S3;
                    if (sensor < 35) state <= `S1;
                end
            `S3:
                begin
                    if (sensor < 40) state <= `S2;
                end
        endcase
    end
end

always @(state) begin
    case (state)
        `OUT:
            begin
                CRS <= 0;
            end
        `S1:
            begin
                CRS <= 4;
            end
        `S2:
            begin
                CRS <= 6;
            end
        `S3:
            begin
                CRS <= 8;
            end
    endcase
end
endmodule
```

شرح تست بنچ:

ابتدا از دمای -10 تا 60 بالا میرویم و سپس به -10 برمیگردیم. تا تمام یال ها و حالت ها چک و بررسی شوند.

کد testbench به شرح زیر است:

```
`define NULL 0
module testbench;

    parameter clk_c = 10;
    reg clk, rstn;
    reg signed [7:0] sensor;
    wire heater, cooler;
    wire [3:0] CRS;

    Incubator inc (
        .clk(clk),
        .sensor(sensor),
        .rstn(rstn),
        .heater(heater),
        .cooler(cooler),
        .CRS(CRS)
    );

    initial begin
        $dumpfile("report/waveform.vcd");
        $dumpvars(0,inc);
    end

    initial begin
        clk = 0;
        forever clk = #(clk_c/2) ~clk;
    end

    integer i;
    initial begin
        rstn = 0;
        sensor = -10;
        #clk_c rstn = 1;

        for (i=-10;i<61;i=i+1)begin
            #clk_c sensor = i;
        end
        for (i=60;i>=-10;i=i-1)begin
            #clk_c sensor = i;
        end
        $finish;
    end
end
```

نتایج تست پنج:

در ابتدا در استیت 3S هستیم. از دمای -10 تا 15 هیتر روشن است. سپس وارد استیت 1S میشویم و همچنان هیتر روشن است تا به دمای 30 برسیم. سپس هیتر و کولر هر دو خاموشند تا به 35 برسیم و کولر روشن شود. در اینجا فن شروع به کار میکند با دور موتور 4. دما از 40 که بالاتر میرود دور موتور فن به 6 میرسد. سپس وقتی به دمای بیش از 45 میرویم دور موتور 8 میشود تا به حداکثر دما یعنی 60 برسیم.

در ابتدای مسیر برگشت همچنان کولر و فن با تمام توان کار میکنند تا نهایتاً به دمای زیر 40 برسیم و دور موتور به 6 کاهش یابد. سپس وقتی دما کمتر از 35 شد دور موتور فن به 4 میرسد. در دمای 25 کولر و فن هر دو خاموش میشوند. در دمای زیر 15 تا خود -10 هم هیتر فعال خواهد بود.

این کل سیکلی است که از -10 تا 60 و سپس تا -10 پیش می آید.

نتایج در فایل results.txt در پوشه reports موجود هستند. در اینجا تصویر آن را آورده ایم:

8



```

420  temperture: 30, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
430  temperture: 31, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
435  temperture: 31, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
440  temperture: 32, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
450  temperture: 33, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
460  temperture: 34, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
470  temperture: 35, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
480  temperture: 36, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
485  temperture: 36, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
490  temperture: 37, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
500  temperture: 38, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
510  temperture: 39, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
520  temperture: 40, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
530  temperture: 41, AC_state=2, Fan_state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
535  temperture: 41, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
540  temperture: 42, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
550  temperture: 43, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
560  temperture: 44, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
570  temperture: 45, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
580  temperture: 46, AC_state=2, Fan_state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
585  temperture: 46, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
590  temperture: 47, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
600  temperture: 48, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
610  temperture: 49, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
620  temperture: 50, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
630  temperture: 51, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
640  temperture: 52, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
650  temperture: 53, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
660  temperture: 54, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
670  temperture: 55, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
680  temperture: 56, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
690  temperture: 57, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
700  temperture: 58, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
710  temperture: 59, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
720  temperture: 60, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
740  temperture: 59, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
750  temperture: 58, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
760  temperture: 57, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
770  temperture: 56, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
780  temperture: 55, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
790  temperture: 54, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
800  temperture: 53, AC_state=2, Fan_state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8

```

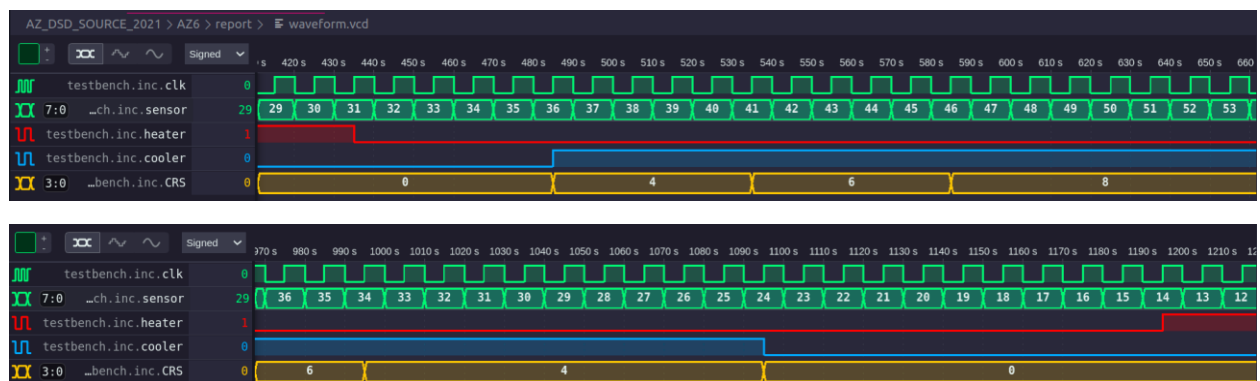


```

1195    temperture: 14, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1200    temperture: 13, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1210    temperture: 12, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1220    temperture: 11, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1230    temperture: 10, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1240    temperture: 9, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1250    temperture: 8, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1260    temperture: 7, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1270    temperture: 6, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1280    temperture: 5, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1290    temperture: 4, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1300    temperture: 3, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1310    temperture: 2, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1320    temperture: 1, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1330    temperture: 0, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1340    temperture: -1, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1350    temperture: -2, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1360    temperture: -3, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1370    temperture: -4, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1380    temperture: -5, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1390    temperture: -6, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1400    temperture: -7, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1410    temperture: -8, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1420    temperture: -9, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
1430    temperture: -10, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0

```

شکل Waveform:



پایان