

گزارش کار آزمایشگاه DSD

آزمایش شماره 6



2 اردیبهشت 1400 عرشیا اخوان محمدحسین عبدی علیرضا ایلامی

تاریخ آزمایش: 2 اردیبهشت 1400	موضوع: طراحی یک انکوباتور	شماره آزمایش: 6
عليرضا ايلامي	محمدحسین عبدی	عرشيا اخوان
97101286	97110285	97110422

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 چرخشش زیاد و کم میشود.

نکته: وقتی کولر خاموش است، فن باید خاموش باشد. (که البته متناسب با نمودار های 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 Fan 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;
            endcase
        end
    end
    always @(state) begin
        case (state)
            `$1:
            begin
                cooler <= 0;
                heater <= 0;
            end
            `S2:
            begin
                heater <= 0;
                cooler <= 1;
            end
            `S3:
            begin
                heater <= 1;
                cooler <= 0;
            end
        endcase
```

FAN.v

```
define OUT 2'b00
 define S1 2'b01
`define S2 2'b10
`define S3 2'b11
module Fan(clk,
             sensor,
             rstn,
             CRS_0,
    input clk, rstn;
input signed [7:0] sensor;
output [3:0] CRS_0;
     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:
                   if (sensor > 35) state <= `S1; end
                    `51:
                   begin
                       if (sensor > 40) state <= `S2;
if (sensor < 25) state <= `OUT;</pre>
                   end
                    `52:
                   begin
                        if (sensor > 45) state <= `S3;
if (sensor < 35) state <= `S1;</pre>
                   end
                    `53:
                   begin
                       if (sensor < 40) state <= `S2;
                   end
              endcase
         end
     end
     always @(state) begin
         case (state)
OUT:
              begin
                  CRS <= 0;
               end
               `51:
              begin
                  CRS <= 4;
              end
               `52:
               begin
                  CRS <= 6;
               end
               `53:
              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
nodule 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
                    = 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;
        $finish;
   end
```

نتایج تست بنچ:

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 نهایتا 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 آوردهایم:

```
tempreture: -10, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
 0
 15
       tempreture: -10, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
                    -9, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 30
       tempreture:
                    -8, AC state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 40
       tempreture:
                    -7, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 50
       tempreture:
                    -6, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 60
       tempreture:
                    -5, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 70
       tempreture:
                    -4, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
 80
       tempreture:
 90
       tempreture:
                    -3, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
                    -2, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
100
       tempreture:
                    -1, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
110
120
       tempreture:
                     0, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
                     1, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
130
                     2, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
140
                     3, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
150
       tempreture:
160
       tempreture:
                     4, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
                     5, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
170
                     6, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
180
190
       tempreture:
                     7, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
                     8, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
200
210
       tempreture:
                     9, AC_state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
                    10, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
220
       tempreture:
                    11, AC state=3, Fan_state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
230
       tempreture:
                    12, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
240
       tempreture:
                    13, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
250
       tempreture:
                    14, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
260
       tempreture:
                    15, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
270
       tempreture:
                    16, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
280
       tempreture:
290
       tempreture:
                    17, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
       tempreture:
                    18, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
300
                    19, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
310
       tempreture:
320
       tempreture:
                    20, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
                    21, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
330
       tempreture:
340
       tempreture:
                    22, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
350
       tempreture:
                    23, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
360
       tempreture:
                    24, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
                    25, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
370
       tempreture:
       tempreture:
                    26, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
380
390
       tempreture:
                    27, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
400
       tempreture:
                    28, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
410
       tempreture:
                    29, AC state=3, Fan state=0, HEAT=1, COOL=0, CRS= 0
```

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

```
52, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 810
        tempreture:
                     51, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 820
        tempreture:
 830
        tempreture:
                     50, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 840
        tempreture:
                     49, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 850
                     48, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
        tempreture:
 860
                     47, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
        tempreture:
 870
        tempreture:
                     46, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
                     45, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 880
        tempreture:
 890
        tempreture:
                     44, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 900
                     43, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
        tempreture:
 910
                     42, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
        tempreture:
        tempreture:
                     41, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 920
                     40, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 930
        tempreture:
 940
        tempreture:
                     39, AC state=2, Fan state=3, HEAT=0, COOL=1, CRS= 8
 945
        tempreture:
                     39, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
 950
                     38, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
        tempreture:
                     37, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
 960
        tempreture:
                     36, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
 970
        tempreture:
 980
        tempreture:
                     35, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
                     34, AC state=2, Fan state=2, HEAT=0, COOL=1, CRS= 6
 990
        tempreture:
 995
        tempreture:
                     34, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
                     33, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
1000
        tempreture:
                     32, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
1010
        tempreture:
        tempreture:
                     31, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
1020
1030
        tempreture:
                     30, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
                     29, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
        tempreture:
1040
1050
        tempreture:
                     28, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
                     27, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
1060
        tempreture:
                     26, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
1070
        tempreture:
1080
        tempreture:
                     25, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
                     24, AC state=2, Fan state=1, HEAT=0, COOL=1, CRS= 4
        tempreture:
1090
        tempreture:
                     24, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1095
1100
        tempreture:
                     23, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1110
        tempreture:
                     22, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
        tempreture:
                     21, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1120
                     20, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1130
        tempreture:
        tempreture:
                     19, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1140
1150
        tempreture:
                     18, AC_state=1, Fan_state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1160
        tempreture:
                     17, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1170
        tempreture:
                     16, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
                     15, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
1180
        tempreture:
1190
        tempreture:
                     14, AC state=1, Fan state=0, HEAT=0, COOL=0, CRS= 0
```

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

شکل Waveform:

