



سوال جبرانی میانترم

استاد فصحتی



(الف)

ورودی‌ها:

clk: سیگنال ساعت برای کنترل زمان.

car_entered که سیگنال ورود خودرو است.

is_uni_car_entered: سیگنال مشخص کننده اینکه خودرو وارد شده متعلق به دانشگاه است

car_exited: سیگنال خروج خودرو

is_uni_car_exited: سیگنال مشخص کننده اینکه خودرو خارج شده متعلق به دانشگاه است

خروجی‌ها:

uni_parked_car: تعداد خودروهای متعلق به دانشگاه که در پارکینگ پارک شده‌اند.

parked_car: تعداد خودروهای آزاد که در پارکینگ پارک شده‌اند.

uni_vacated_space: تعداد فضای خالی متعلق به دانشگاه.

vacated_space: تعداد فضای خالی مربوط به ظرفیت آزاد.

uni_is_vacated_space: آیا فضای خالی برای دانشگاه موجود است؟

is_vacated_space: آیا فضای خالی برای ظرفیت آزاد موجود است؟

این ها تعاریف پایه ای سوال هستند که برای مازول آن ها را انجام می دهیم:

```
1 module parking(  
2     input clk,  
3     output reg signed [10:0] uni_parked_car,  
4     reg signed[10:0] parked_car,  
5     reg signed[10:0] uni_vacated_space,  
6     reg signed[10:0] vacated_space,  
7     reg uni_is_vacated_space,  
8     reg is_vacated_space,  
9     input car_entered,  
10    is_uni_car_entered,  
11    car_exited,  
12    is_uni_car_exited  
13 );  
14
```

حالا متغیر هایی را برای نگه داری تعداد ماشین های خارج شده،وارد شده و حاضر تا این لحظه از انواع مختلف(دانشگاهی و منفرد) را تعریف می کنیم و چون برای ۷۰۰ ماشین به ده بیت بعلاوه یک ساین بیت نیاز داریم طول ها را یازده بیتی می گیریم پس در این خطوط به تعریف متغیر های کمکی برای در نظر گرفتن زمان شبه واقعی در فضای سخت افزار و تعداد ماشین های جا به جا شده به طوری که سنتر پذیر باشد می پردازیم:

```

15 integer second = 0;
16 integer minute = 0;
17 integer hour = 0;
18
19 reg signed[10:0] free_space = 200;
20 reg signed [10:0] number_of_entered_none_uni_cars = 0;
21 reg signed [10:0] number_of_entered_uni_cars = 0;
22 reg signed [10:0] number_of_exited_none_uni_cars = 0;
23 reg signed [10:0] number_of_exited_uni_cars = 0;
24 reg signed [10:0] number_of_uni_total_cars = 0;
25 reg signed [10:0] number_of_none_uni_total_cars = 0;
26

```

حالا کدی ترکیبی می زنیم که هر ثانیه اجرا شود و با استفاده از متغیر های کمکی که در اختیار داریم به محاسبه خودرو های پارک شده و ظرفیت خالی باقی مانده پارکینگ به صورت آزاد و دانشجویی برای سیگنال دهی بپردازد:

```

28 always @(*) begin
29     number_of_uni_total_cars = number_of_entered_uni_cars - number_of_exited_uni_cars;
30     uni_parked_car = number_of_uni_total_cars;
31     number_of_none_uni_total_cars = number_of_entered_none_uni_cars - number_of_exited_none_uni_cars;
32     parked_car = number_of_none_uni_total_cars;
33     uni_vacated_space = 700 - free_space - uni_parked_car;
34     vacated_space = free_space - parked_car;
35     uni_is_vacated_space = (uni_vacated_space > 0);
36     is_vacated_space = (vacated_space > 0);
37 end

```

حالا حالت ورود ماشین را بررسی می کنیم، می دانیم اگر لبه بالارونده ورود ماشین فعال باشد باید بررسی شود که آیا ماشین از دانشگاه هست یا نه سپس در هر کدام از حالات اگر ظرفیت ورودی مربوطه را داشته باشیم یا تعداد ماشین دانشگاهی ورودی یا تعداد ماشین آزاد ورودی یکی افزایش یابد تا با این تغییر با استفاده از بخش قبل سیگنال ها آماده شوند

```

39 always @(posedge car_entered) begin
40     if(is_uni_car_entered) begin
41         if(uni_is_vacated_space)
42             number_of_entered_uni_cars <= number_of_entered_uni_cars + 1;
43     end
44     else begin
45         if(is_vacated_space)
46             number_of_entered_none_uni_cars <= number_of_entered_none_uni_cars + 1;
47     end
48 end
49

```

برای خروج نیز شرایط مشابهی داریم:

```

always @(posedge car_exited) begin
    if(is_uni_car_exited) begin
        if(uni_parked_car > 0)
            number_of_exited_uni_cars <= number_of_exited_uni_cars + 1;
        end
    else begin
        if(parked_car > 0)
            number_of_exited_none_uni_cars <= number_of_exited_none_uni_cars + 1;
        end
    end
end

```

سپس به صورت دائم و ترتیبی با مدار زیر طبق داده های صورت سوال ساعت و دقیقه ها را جلو میبریم و برای هر ساعت داده ها ظرفیت آزاد جدیدی را تعریف می کنیم:

- (۱) اولویت فضای پارکینگ با اساتید و کارمندان دانشگاه است و این ظرفیت بر اساس آمار حداکثر ۵۰۰ خودرو تعیین گردیده است.
- (۲) باتوجه به اینکه فضای کل پارکینگ ۷۰۰ خودرو است از ساعت ۸ تا ۱۳ فقط ۲۰۰ ظرفیت خالی برای ورود آزاد موجود است.
- (۳) از ساعت ۱۳ تا ۱۶ به ازای هر ساعت ظرفیت ورود آزاد ۵۰ خودرو افزایش می یابد و در ساعت ۱۶ ظرفیت ورود آزاد به ۵۰۰ خودرو می رسد.

```

always @(posedge clk) begin

    second <= second + 1; //seting time

    if(second == 60) begin
        second <= 0;
        minute <= minute + 1;
        if(minute == 60) begin
            minute <= 0;
            hour <= hour + 1;
            if(hour == 24) begin
                hour <= 0;
            end
        end
    end
end

if(hour < 13 && hour >= 8) begin
    free_space <= 200;
end
else if(hour < 14 && hour >= 13) begin
    free_space <= 250;
end
else if(hour < 15 && hour >= 14) begin
    free_space <= 300;
end
else if(hour < 16 && hour >= 15) begin
    free_space <= 350;
end
else free_space <= 500;
end

endmodule

```

حالا به بررسی تست بنچ می پردازیم که در آن یک عدد پارکینگ نمونه گیری کرده و سپس ۲۴ نمونه تست را می سنجیم که حالت های زیر را به ترتیب اجرا کنند. فرایند نمونه گیری فرمالیته است و زمان را با دیسپلی نمایش می دهیم:

```

1  module TB;
2
3      reg clk;
4      wire signed [10:0] uni_parked_car;
5      wire signed [10:0] parked_car;
6      wire signed [10:0] uni_vacated_space;
7      wire signed [10:0] vacated_space;
8      wire uni_is_vacated_space;
9      wire is_vacated_space;
10     reg car_entered;
11     reg is_uni_car_entered;
12     reg car_exited;
13     reg is_uni_car_exited;
14
15     parking Parking(
16         clk,
17         uni_parked_car,
18         parked_car,
19         uni_vacated_space,
20         vacated_space,
21         uni_is_vacated_space,
22         is_vacated_space,
23         car_entered,
24         is_uni_car_entered,
25         car_exited,
26         is_uni_car_exited
27     );
28     initial begin
29         $display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
30
31         //parameters in inital state
32         car_entered = 0;
33         car_exited = 0;
34         is_uni_car_exited = 0;
35         is_uni_car_entered = 0;

```

```

36     #2
37     $display("1: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
38         uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
39

```

حالت اولی که در نظر می گیریم تکمیل شدن ظرفیت ۲۰۰ تایی پیشفرض است:

```

40     //200 university cars enters(max capacity)
41
42     repeat(200) begin
43         #2
44         car_entered = 1;
45         is_uni_car_entered = 1;
46         #2
47         car_entered = 0;
48         is_uni_car_entered = 0;
49     end
50     $display("2: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
51         uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
52     #2

```

در حالت بعدی تلاش می کنیم ماشین دیگری وارد کنیم اما موفق نمی شویم:

```
//one more university car enters(but it can't)
car_entered = 1;
is_uni_car_entered = 1;
#2
car_entered = 0;
is_uni_car_entered = 0;
#2
$display("3: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
        uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);

#2
```

در حالت بعد یک ماشین دانشگاهی خارج و همزمان یکی وارد می شود که به علت همزمانی و ثبت نشدن خروج ورود انجام نمی شود:

```
64 //one university car enters and one university car exits(because at this time capacity is full entering does not happen but one car successfully exits)
65 car_entered = 1;
66 is_uni_car_entered = 1;
67 car_exited = 1;
68 is_uni_car_exited = 1;
69 #2
70 car_exited = 0;
71 car_entered = 0;
72 is_uni_car_entered = 0;
73 is_uni_car_exited = 0;
74 $display("4: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
75         uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
```

در حالت بعد سعی میکنیم ماشین متفرقه ای که وجود ندارد را خارج کنیم:

```
77 #2
78 //one none-university car exits(but there is no none-university car parked)
79 car_exited = 1;
80 is_uni_car_exited = 0;
81 #2
82 car_exited = 0;
83 is_uni_car_exited = 1;
84 $display("5: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
85         uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
86
```

ماشین متفرقه ها در لحظه وارد و خارج می شوند (چون متفرقه ای در حال کنونی پارک نیست پس ماشینی خارج نمیشود):

```
87 #2
88 //one none-university car enters and one none-university car exits(because at this time there is no car parked exiting does not happen but one car
89 car_exited = 1;
90 is_uni_car_exited = 0;
91 car_entered = 1;
92 is_uni_car_entered = 0;
93 #2
94 car_exited = 0;
95 is_uni_car_exited = 1;
96 car_entered = 0;
97 is_uni_car_entered = 1;
98 $display("6: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
99         uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
100
```

مانند دو تست اول این بار برای ماشین های متفرقه ظرفیت را پر و تلاش برای افزودن دوباره می کنیم:

```

101      #2
102      //500 none-university cars enters(max capacity)
103      repeat(500) begin
104          #2
105          car_entered = 1;
106          is_uni_car_entered = 0;
107          #2
108          car_entered = 0;
109          is_uni_car_entered = 1;
110      end
111
112      #2
113      $display("7: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
114          uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
115
116      #2
117      //one more none-university car enters(but it can't)
118
119      car_entered = 1;
120      is_uni_car_entered = 0;
121      #2
122      car_entered = 0;
123      is_uni_car_entered = 1;
124      #2
125      $display("8: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
126          uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
127

```

در چند تست بعد حالات مشابه قبل را صرفا برای ماشینن های متفرقه پیاده میکنیم و سپس کل ظرفیت را خالی میکنیم:

```

//one none-university car enters and one none-university car exits(because at this time there is no car parked exiting does not happen but one car successful)
car_entered = 1;
is_uni_car_entered = 0;
car_exited = 1;
is_uni_car_exited = 0;
#2
car_entered = 0;
car_exited = 0;
is_uni_car_entered = 1;
is_uni_car_exited = 1;
#2
$display("9: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
    uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
#2
//all university cars exit
repeat(200) begin
    #2
    car_exited = 1;
    is_uni_car_exited = 1;
    #2
    car_exited = 0;
    is_uni_car_exited = 0;
end
$display("10: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
    uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);

```

خروجی بی ورودی برای ماشین های دانشگاه را به همراه ورود و خروج همزمان که دیدیم به شکست می انجامد می سنجیم:

```

//one university car exits(but there is no university car parked)
#2
car_exited = 1;
is_uni_car_exited = 1;
#2
car_exited = 0;
is_uni_car_exited = 0;

$display("11: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
    uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);

//one university car enters and one university car exits(because at this time there is no car parked, exiting does not happen)
#2
car_exited = 1;
is_uni_car_exited = 1;
car_entered = 1;
is_uni_car_entered = 1;
#2
car_exited = 0;
is_uni_car_exited = 0;
car_entered = 0;
is_uni_car_entered = 1;
#2
$display("12: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
    uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);

```


ظرفیت های تغییر یافته در ساعت ۸ را نشان می دهیم و ببینمی امکان ورود وجود ندارد(ظرفیت تغییر یافته تکمیل است):

```
#57600
//after 8 a.m

$display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
//showing what happend at 8 a.m
$display("13: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
        uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);

//anohter non-university car entered when the capacity is full.
#2
car_entered = 1;
is_uni_car_entered = 0;
#2
car_entered = 0;
is_uni_car_exited = 1;
$display("14: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
        uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
```

می بینیم که در صورت ورود ۳۰۰ ماشین دانشگاهی ۱۰۰ تای آنها جایی برای ورود ندارند و سایر فضا پر است:

```
//300 university cars enters but only 200 can be parked beacuse the other space is saturated by none-university cars and they should leave
repeat(300) begin
    #2
    car_entered = 1;
    is_uni_car_entered = 1;
    #2
    car_entered = 0;
    is_uni_car_entered = 0;
end
#2
$display("15: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
        uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
```

سرریز ماشین های اضافه را میبینیم:

```
#2
//exceeded none-university cars exited
repeat(300) begin
    #2
    car_exited = 1;
    is_uni_car_exited = 0;
    #2
    car_exited = 0;
    is_uni_car_exited = 1;
end
#2
$display("16: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
        uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
```

سپس ظرفیت های تغییر یافته در ساعت های مختلف را پس از یکبار تکمیل ظرفیت دیده و سپس تخلیه های نهایی را گام به گام می سنجیم(حاصل سرریز و تخلیه معمولی):

```

228 //300 university cars enters so the capacity is full
229 repeat(300) begin
230     #2
231     car_entered = 1;
232     is_uni_car_entered = 1;
233     #2
234     car_entered = 0;
235     is_uni_car_entered = 0;
236 end
237 #2
238 $display("17: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
239     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
240
241 #28800
242 //showing what happend at 13 a.m
243 $display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
244 $display("18: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
245     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
246
247 #7200
248 //showing what happend at 14 a.m
249 $display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
250 $display("19: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
251     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
252
253 #7200
254 //showing what happend at 15 a.m
255 $display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
256 $display("20: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
257     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
258
259 #7200
260 //showing what happend at 16 a.m
261 $display("the Time is: %02d:%02d" , theTime / 60 , theTime % 60);
262 $display("21: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
263     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
264
265 //all exeeded university cars exited
266 repeat(300) begin
267     #2
268     car_exited = 1;
269     is_uni_car_exited = 1;
270     #2
271     car_exited = 0;
272     is_uni_car_exited = 0;
273 end
274 #2
275 $display("22: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
276     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
277
278 //all 200 none-university cars exited
279 repeat(200) begin
280     #2
281     car_exited = 1;
282     is_uni_car_exited = 0;
283     #2
284     car_exited = 0;
285     is_uni_car_exited = 1;
286 end
287 #2
288 $display("23: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
289     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
290

```

```

291
292 //all other 200 university cars exited
293 repeat(200) begin
294     #2
295     car_exited = 1;
296     is_uni_car_exited = 1;
297     #2
298     car_exited = 0;
299     is_uni_car_exited = 0;
300 end
301 #2
302 $display("24: uni_parked_car=%0d,uni_vacated_space=%0d,uni_is_vacated_space=%0d,parked_car=%0d,vacated_space=%0d,is_vacated_space=%0d",
303     uni_parked_car,uni_vacated_space,uni_is_vacated_space,parked_car,vacated_space,is_vacated_space);
304 $finish;
305 end
306
307
308 initial clk = 0;
309 always begin
310     #1 clk = ~clk;
311 end
312 integer theTime = 0;
313 always begin
314     #120 theTime = theTime + 1;
315 end
316
317
318 endmodule

```

نتایج اجرای این دستورات را نیز میبینیم که طبق انتظارات و با موفقیت انجام شده است:

```

# the Time is: 00:00
# 1: uni_parked_car=0,uni_vacated_space=200,uni_is_vacated_space=1,parked_car=0,vacated_space=500,is_vacated_space=1
# 2: uni_parked_car=200,uni_vacated_space=0,uni_is_vacated_space=0,parked_car=0,vacated_space=500,is_vacated_space=1
# 3: uni_parked_car=200,uni_vacated_space=0,uni_is_vacated_space=0,parked_car=0,vacated_space=500,is_vacated_space=1
# 4: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=0,vacated_space=500,is_vacated_space=1
# 5: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=0,vacated_space=500,is_vacated_space=1
# 6: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=1,vacated_space=499,is_vacated_space=1
# 7: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=500,vacated_space=0,is_vacated_space=0
# 8: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=500,vacated_space=0,is_vacated_space=0
# 9: uni_parked_car=199,uni_vacated_space=1,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# 10: uni_parked_car=0,uni_vacated_space=200,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# 11: uni_parked_car=0,uni_vacated_space=200,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# 12: uni_parked_car=1,uni_vacated_space=199,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# the Time is: 08:30
# 13: uni_parked_car=1,uni_vacated_space=499,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=-299,is_vacated_space=0
# 14: uni_parked_car=1,uni_vacated_space=499,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=-299,is_vacated_space=0
# 15: uni_parked_car=301,uni_vacated_space=199,uni_is_vacated_space=1,parked_car=499,vacated_space=-299,is_vacated_space=0
# 16: uni_parked_car=301,uni_vacated_space=199,uni_is_vacated_space=1,parked_car=199,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# 17: uni_parked_car=500,uni_vacated_space=0,uni_is_vacated_space=0,parked_car=199,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# the Time is: 13:00
# 18: uni_parked_car=500,uni_vacated_space=0,uni_is_vacated_space=0,parked_car=199,vacated_space=1,is_vacated_space=1
# the Time is: 14:00
# 19: uni_parked_car=500,uni_vacated_space=-50,uni_is_vacated_space=0,parked_car=199,vacated_space=51,is_vacated_space=1
# the Time is: 15:00

# 20: uni_parked_car=500,uni_vacated_space=-100,uni_is_vacated_space=0,parked_car=199,vacated_space=101,is_vacated_space=1
# the Time is: 16:00
# 21: uni_parked_car=500,uni_vacated_space=-150,uni_is_vacated_space=0,parked_car=199,vacated_space=151,is_vacated_space=1
# 22: uni_parked_car=200,uni_vacated_space=150,uni_is_vacated_space=1,parked_car=199,vacated_space=151,is_vacated_space=1
# 23: uni_parked_car=200,uni_vacated_space=150,uni_is_vacated_space=1,parked_car=0,vacated_space=350,is_vacated_space=1
# 24: uni_parked_car=0,uni_vacated_space=350,uni_is_vacated_space=1,parked_car=0,vacated_space=350,is_vacated_space=1

```

(ب)

برای سنتز از نرم افزار کوارتوس و ARIA II به عنوان اف پی جی ای استفاده می کنیم به طوری که کد پارکینگ را به صورت vhdl به نرم افزار می دهیم و پس از کامپایل خروجی مدار تولید شده را تحویل می گیریم که فایل های آن همگی در فولدر سنتز موجود هستند.

مدار طراحی شده را از بخش ابزار ها میتوان مشاهده کرد و درمنوی TimeQuest Timing Analyzer چند فرکانس ممکن با پردازش های متفاوت قابل مشاهده اند که تصاویر آن را مشاهده می کنید:

Slow 900mV 100C Model Hold Summary

	Clock	Slack	End Point TNS
1	car_entered	0.303	0.000
2	car_exited	0.329	0.000
3	clk	0.415	0.000

Slow 900mV -40C Model Fmax Summary

	Fmax	Restricted Fmax	Clock Name	Note
1	277.24 MHz	260.01 MHz	car_entered	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)
2	375.09 MHz	260.01 MHz	car_exited	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)
3	383.88 MHz	260.01 MHz	clk	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)

Slow 900mV 100C Model Fmax Summary

	Fmax	Restricted Fmax	Clock Name	Note
1	267.95 MHz	260.01 MHz	car_entered	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)
2	365.23 MHz	260.01 MHz	car_exited	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)
3	367.38 MHz	260.01 MHz	clk	limit due to minimu...ax I/O toggle rate)

لازم به ذکر است که متوجه مشکلی در این بخش شدیم که باعث میشد که کد سنتز پذیر نباشد آن هم مشکل خروجی و ورودی های نام دار بود که چون باید برای سنتز تمام ورودی ها و خروجی ها را دارای نام کنیم احتیاج به تغییر اندکی در کد داشتیم که فرم پایانی آن به شکل زیر بود و در فولدر synthesis قرار گرفته (به همراه سایر حاصل های سنتز):

```

1  module parking(
2      input clk,
3      output reg signed [10:0] uni_parked_car,
4      output reg signed[10:0] parked_car,
5      output reg signed[10:0] uni_vacated_space,
6      output reg signed[10:0] vacated_space,
7      output reg uni_is_vacated_space,
8      output reg is_vacated_space,
9      input car_entered,
10     input is_uni_car_entered,
11     input car_exited,
12     input is_uni_car_exited
13 );
14
15 integer second = 0;
16 integer minute = 0;
17 integer hour = 0;
18
19 reg signed[10:0] free_space = 200; //space for none university cars
20 reg signed [10:0] number_of_entered_none_uni_cars = 0;
21 reg signed [10:0] number_of_entered_uni_cars = 0;
22 reg signed [10:0] number_of_exited_none_uni_cars = 0;
23 reg signed [10:0] number_of_exited_uni_cars = 0;
24 reg signed [10:0] number_of_uni_total_cars = 0;
25 reg signed [10:0] number_of_none_uni_total_cars = 0;
26
27
28 always @(*) begin
29     number_of_uni_total_cars = number_of_entered_uni_cars - number_of_exited_uni_cars;
30     uni_parked_car = number_of_uni_total_cars;
31     number_of_none_uni_total_cars = number_of_entered_none_uni_cars - number_of_exited_none_uni_cars;
32     parked_car = number_of_none_uni_total_cars;
33     uni_vacated_space = 700 - free_space - uni_parked_car;
34     vacated_space = free_space - parked_car;
35     uni_is_vacated_space = (uni_vacated_space > 0);
36     is_vacated_space = (vacated_space > 0);

```

```

34     vacated_space = free_space - parked_car;
35     uni_is_vacated_space = (uni_vacated_space > 0);
36     is_vacated_space = (vacated_space > 0);
37 end
38
39 always @(posedge car_entered) begin
40     if(is_uni_car_entered) begin
41         if(uni_is_vacated_space)
42             number_of_entered_uni_cars <= number_of_entered_uni_cars + 1;
43     end
44     else begin
45         if(is_vacated_space)
46             number_of_entered_none_uni_cars <= number_of_entered_none_uni_cars + 1;
47     end
48 end
49
50 always @(posedge car_exited) begin
51     if(is_uni_car_exited) begin
52         if(uni_parked_car > 0)
53             number_of_exited_uni_cars <= number_of_exited_uni_cars + 1;
54     end
55     else begin
56         if(parked_car > 0)
57             number_of_exited_none_uni_cars <= number_of_exited_none_uni_cars + 1;
58     end
59 end
60
61
62 always @(posedge clk) begin
63
64
65     second <= second + 1; //seting time
66
67     if(second == 60) begin
68         second <= 0;

```

```

68         second <= 0;
69         minute <= minute + 1;
70         if(minute == 60) begin
71             minute <= 0;
72             hour <= hour + 1;
73             if(hour == 24) begin
74                 hour <= 0;
75             end
76         end
77     end
78
79     if(hour < 13 && hour >= 8) begin
80         free_space <= 200;
81     end
82     else if(hour < 14 && hour >= 13) begin
83         free_space <= 250;
84     end
85     else if(hour < 15 && hour >= 14) begin
86         free_space <= 300;
87     end
88     else if(hour < 16 && hour >= 15) begin
89         free_space <= 350;
90     end
91     else free_space <= 500;
92 end
93
94 endmodule

```

که در آن ورودی و خروجی ها مشخص شده اند.

حالا طبق چیزی که در عکس ها میبینیم سیگنال ورود ماشین کمترین فرکانس پذیری را دارد که نشان می دهد تلویحا مسیر بحرانی طولانی تری دارد و این باعث می شود که اگر فرکانس را از حد بالاتری وارد کنیم در عملکرد آن اختلال وارد شود پس مسیر مربوط به آن تاخیر بیشتری دارد. می توان این موضوع را با گشودن فایل تولید شده مدار مربوطه در فولدر مشاهده کرد.

هدف ما باید در سنتز این باشد که مانند کلاک و سیگنال خروجی در این مثال که تاخیر کم و مشابه به هم دارند فرکانس پذیری ها را بالا ببریم تا از تاخیر کاسته شود و با هر کلاک تقریبا جلوروی حداکثری را داشته باشیم.