

پروژه میان‌ترم درس طراحی سیستم‌های دیجیتال

دانشگاه صنعتی شریف - نیمسال دوم ۰۲-۰۳

استاد: دکتر فصحتی

دانشجو: روژین تقی‌زادگان

شماره دانشجویی: ۴۰۱۱۰۵۷۷۵



فهرست مطالب

2	توضیح کد اصلی
2	بخش اول: تعریف پارامترها، ورودی‌ها و خروجی‌های ماژول
3	بخش دوم: محاسبه اولیه ظرفیت دانشگاهی و آزاد پارکینگ بر حسب ساعت
5	بخش سوم: پردازش ورود خودرو
6	بخش چهارم: پردازش خروج خودرو
7	Test Bench
7	کد Test Bench
8	نتایج تست ماژول
8	تست جامع
11	گزارش سنتر

در این پروژه قصد داریم مداری برای مدیریت پارکینگ دانشگاه طراحی کنیم که دارای امکانات زیر است:

- اولویت فضای پارکینگ با اساتید و کارمندان دانشگاه است و این ظرفیت بر اساس آمار حداکثر ۵۰۰ خودرو تعیین گردیده است.
- با توجه به اینکه فضای کل پارکینگ ۷۰۰ خودرو است از ساعت ۸ تا ۱۳ فقط ۲۰۰ ظرفیت خالی برای ورود آزاد موجود است.
- از ساعت ۱۳ تا ۱۶ به ازای هر ساعت ظرفیت ورود آزاد ۵۰ خودرو افزایش می‌یابد و در ساعت ۱۶ ظرفیت ورود آزاد به ۵۰۰ خودرو می‌رسد.

توضیح کد اصلی

بخش اول: تعریف پارامترها، ورودی‌ها و خروجی‌های ماژول

```
module parking #(
    parameter more_space = 500,
    parameter less_space = 200,
    parameter step = 50
)(
    car_entered, is_uni_car_entered,
    car_exited, is_uni_car_exited, current_hour,
    uni_parked_car, parked_car,
    uni_vacated_space, vacated_space,
    uni_is_vacated_space, is_vacated_space
);

input car_entered, is_uni_car_entered, car_exited, is_uni_car_exited;
input [5:0] current_hour;

output reg [9:0] uni_parked_car = 0;
output reg [9:0] parked_car = 0;
output reg [9:0] uni_vacated_space = more_space;
output reg [9:0] vacated_space = less_space;
output reg uni_is_vacated_space = 1, is_vacated_space = 1;

reg [9:0] uni_total_space;
reg [9:0] non_uni_total_space;
```

پارامترهای تعریف شده در ابتدای ماژول مقادیر اصلی هستند. در ماژول آزمون این پارامترها را کوچک‌تر می‌کنیم تا بتوانیم کد را راحت‌تر تست کنیم.

علاوه بر ورودی‌های تعیین شده، یک ورودی ۶ بیتی که ساعت کنونی را نشان می‌دهد، به لیست ورودی‌ها اضافه می‌کنیم. (current_hout)

از آنجایی که خروجی‌ها مدار می‌توانند اعداد بین صفر تا ۷۰۰ باشند، همه خروجی‌ها را ۱۰ بیتی تعریف می‌کنیم. دو رجیستر uni_total_space و non_uni_total_space برای مجاسبه ظرفیت دانشگاهی و آزاد پارکینگ (اعم از جای پر یا خالی) در ساعات مختلف روز است.

بخش دوم: محاسبه اولیه ظرفیت دانشگاهی و آزاد پارکینگ بر حسب ساعت

```
always @(posedge car_entered or posedge car_exited) begin
    if(current_hour >= 8 & current_hour < 13) begin
        uni_total_space = more_space;
        non_uni_total_space = less_space;
    end

    else if(current_hour >= 13 & current_hour < 16) begin
        uni_total_space = more_space - (current_hour - 12) * step;
        non_uni_total_space = less_space + (current_hour - 12) * step;

        if(uni_parked_car > uni_total_space) begin
            parked_car = parked_car + (uni_parked_car - uni_total_space);
            vacated_space = non_uni_total_space - parked_car;
            uni_parked_car = uni_total_space;
            uni_vacated_space = 0;
        end
    end

    else if(current_hour >= 16) begin
        uni_total_space = less_space;
        non_uni_total_space = more_space;

        if(uni_parked_car > uni_total_space) begin
            parked_car = parked_car + (uni_parked_car - uni_total_space);
            vacated_space = non_uni_total_space - parked_car;
            uni_parked_car = uni_total_space;
            uni_vacated_space = 0;
        end
    end

    if(uni_parked_car == uni_total_space)
        uni_is_vacated_space = 0;
    if(parked_car == non_uni_total_space)
        is_vacated_space = 0;
end
```

این قسمت از کد با لبه مثبت سیگنال ورود یا خروج ماشین تحریک می‌شود. یعنی هر بار که یک ماشین وارد یا خارج می‌شود قبل از انجام هر کار دیگری، ظرفیت پارکینگ آپدیت می‌شود. در این سوال فرض کردیم که پارکینگ از ساعت ۸ تا ۲۴ باز است و بین ساعت ۰ تا ۸ بسته است.

بر اساس این بخش:

- در صورتی که ساعت بین ۸ تا ۱۳ باشد، ظرفیت دانشگاهی برابر با ظرفیت بیشتر (در مسئله ما ۵۰۰) و ظرفیت آزاد برابر با ظرفیت کمتر (در مسئله ما ۲۰۰) است.
- در صورتی که ساعت بین ۱۳ تا ۱۶ باشد، ظرفیت دانشگاهی به ازای هر ساعت، مقدار معینی از ظرفیت دانشگاهی اولیه کم می‌شود. (در مسئله ما به ازای گذشت هر ساعت ۵۰ تا از ظرفیت دانشگاهی کم می‌شود) این ظرفیت کم شده از ظرفیت دانشگاهی، به ظرفیت آزاد پارکینگ اضافه می‌شود. (در مسئله ما به ازای گذشت هر ساعت ۵۰ تا به ظرفیت آزاد پارکینگ اضافه می‌شود)
 - در صورتی که پس از کاهش ظرفیت دانشگاهی، تعداد ماشین‌های پارک‌شده در قسمت دانشگاهی بیشتر از ظرفیت کنونی باشد، این ماشین‌ها در ظرفیت آزاد پارکینگ محسوب خواهند شد. به این ترتیب:
 - به اندازه اختلاف تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای دانشگاهی از قبل و ظرفیت دانشگاهی کنونی، به تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای آزاد افزوده خواهد شد.
 - ظرفیت خالی فضای آزاد بر اساس تعداد جدید ماشین‌های پارک‌شده آزاد آپدیت خواهد شد.
 - تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای دانشگاهی به ظرفیت دانشگاهی کنونی کاهش خواهد یافت.
 - ظرفیت خالی فضای دانشگاهی برابر با صفر خواهد شد.
- در صورتی که ساعت بعد از ۱۶ باشد، ظرفیت دانشگاهی برابر با ظرفیت کمتر (در مسئله ما ۲۰۰) و ظرفیت آزاد برابر با ظرفیت بیشتر (در مسئله ما ۵۰۰) می‌شود.
 - در صورتی که پس از کاهش ظرفیت دانشگاهی، تعداد ماشین‌های پارک‌شده در قسمت دانشگاهی بیشتر از ظرفیت کنونی باشد، این ماشین‌ها در ظرفیت آزاد پارکینگ محسوب خواهند شد. به این ترتیب:
 - به اندازه اختلاف تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای دانشگاهی از قبل و ظرفیت دانشگاهی کنونی، به تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای آزاد افزوده خواهد شد.
 - ظرفیت خالی فضای آزاد بر اساس تعداد جدید ماشین‌های پارک‌شده آزاد آپدیت خواهد شد.
 - تعداد ماشین‌های پارک‌شده در فضای دانشگاهی به ظرفیت دانشگاهی کنونی کاهش خواهد یافت.
 - ظرفیت خالی فضای دانشگاهی برابر با صفر خواهد شد.
- در نهایت، پس از آپدیت شدن تمامی ظرفیت‌ها، در صورتی که تعداد ماشین‌های دانشگاهی پارک‌شده برابر با ظرفیت دانشگاهی پارکینگ باشد، به این معنی است که بخش دانشگاهی پارکینگ دیگر جای خالی ندارد و بنابراین سیگنال `uni_is_vacated_space` صفر می‌شود.
- به طریق مشابه اگر تعداد ماشین‌های آزاد پارک‌شده برابر با ظرفیت آزاد پارکینگ باشد، به این معنی است که بخش آزاد پارکینگ دیگر جای خالی ندارد و بنابراین سیگنال `is_vacated_space` صفر می‌شود.

بخش سوم: پردازش ورود خودرو

```

if(car_entered) begin
    if(is_uni_car_entered & current_hour >= 8) begin
        if(uni_is_vacated_space) begin
            uni_parked_car = uni_parked_car + 1;
            uni_vacated_space = uni_vacated_space - 1;
        end

        else if(is_vacated_space) begin
            parked_car = parked_car + 1;
            vacated_space = vacated_space - 1;
        end
    end

    else if(!is_uni_car_entered & current_hour >= 8) begin
        if(is_vacated_space) begin
            parked_car = parked_car + 1;
            vacated_space = vacated_space - 1;
        end
    end

    if(uni_parked_car == uni_total_space)
        uni_is_vacated_space = 0;
    if(parked_car == non_uni_total_space)
        is_vacated_space = 0;
end

```

در صورتی که سیگنال ورود خودرو یک شود، ابتدا چک می‌کنیم که آیا ماشین دانشگاهی ست یا خیر و آیا زمان بعد از ساعت ۸ است؟ (آیا پارکینگ باز است؟)

- در صورتی که پارکینگ باز باشد و ماشین دانشگاهی وارد شود، در صورتی که فضای دانشگاهی پارکینگ ظرفیت خالی داشته باشد، ماشین در آنجا قرار می‌گیرد. به این ترتیب به تعداد ماشین‌های دانشگاهی پارک شده یکی افزوده می‌شود و از فضای خالی ماشین‌های دانشگاهی یکی کم می‌شود.
 - در صورتی که فضای دانشگاهی پارکینگ ظرفیت خالی نداشته باشد، چک می‌کنیم که آیا فضای آزاد پارکینگ ظرفیت دارد یا خیر. اگر فضای آزاد پارکینگ ظرفیت داشت، ماشین در آنجا قرار می‌گیرد. به این ترتیب به تعداد ماشین‌های آزاد پارک شده یکی افزوده می‌شود و از فضای خالی ماشین‌های آزاد یکی کم می‌شود.
- در صورتی که پارکینگ باز باشد و ماشین آزاد وارد شود، این ماشین فقط می‌تواند در بخش آزاد پارکینگ قرار بگیرد. بنابراین در صورتی که بخش آزاد پارکینگ ظرفیت داشت، ماشین در آنجا قرار می‌گیرد. به این ترتیب به تعداد ماشین‌های آزاد پارک شده یکی افزوده می‌شود و از فضای خالی ماشین‌های آزاد یکی کم می‌شود.
- در نهایت مانند بخش قبل، با توجه به تعداد ماشین‌های پارک شده، در صورتی که بخش دانشگاهی پارکینگ یا بخش آزاد آن دیگر ظرفیت نداشت سیگنال مربوط به آن‌ها صفر می‌شود.

بخش چهارم: پردازش خروج خودرو

```

if (car_exited & current_hour >= 8) begin
    if (is_uni_car_exited & (uni_parked_car > 0)) begin
        uni_parked_car = uni_parked_car - 1;
        uni_vacated_space = uni_vacated_space + 1;
        uni_is_vacated_space = 1;
    end

    else if (!is_uni_car_exited & (parked_car > 0)) begin
        parked_car = parked_car - 1;
        vacated_space = vacated_space + 1;
        is_vacated_space = 1;
    end
end
end
endmodule

```

- در صورتی که سیگنال خروج خودرو یک شود و ساعت بعد از هشت باشد (پارکینگ باز باشد):
- در صورتی که ماشین دانشگاهی باشد و تعداد ماشین‌های پارک‌شده در قسمت دانشگاهی پارکینگ از صفر بیشتر باشد (برای پیشگیری از بروز خطا):
 - از تعداد ماشین‌های پارک‌شده در بخش دانشگاهی یکی کم می‌شود.
 - به تعداد فضاهای خالی بخش دانشگاهی یکی افزوده می‌شود.
 - با توجه به ایجاد یک جای خالی در بخش دانشگاهی، سیگنال uni_is_vacated_space یک می‌شود.
 - در صورتی که ماشین آزاد باشد و تعداد ماشین‌های پارک‌شده در قسمت آزاد پارکینگ از صفر بیشتر باشد (برای پیشگیری از بروز خطا):
 - از تعداد ماشین‌های پارک‌شده در بخش آزاد یکی کم می‌شود.
 - به تعداد فضاهای خالی بخش آزاد یکی افزوده می‌شود.
 - با توجه به ایجاد یک جای خالی در بخش آزاد، سیگنال is_vacated_space یک می‌شود.

Test Bench

کد Test Bench

```

module parking_TB ();

reg car_entered = 0;
reg is_uni_car_entered = 0;
reg car_exited = 0;
reg is_uni_car_exited = 0;
reg [5:0] current_hour;

wire [9:0] uni_parked_car;
wire [9:0] parked_car;
wire [9:0] uni_vacated_space;
wire [9:0] vacated_space;
wire uni_is_vacated_space;
wire is_vacated_space;

parking #(7, 3, 1) parking1 (car_entered, is_uni_car_entered, car_exited, is_uni_car_exited, current_hour, uni_parked_car,
                             parked_car, uni_vacated_space, vacated_space, uni_is_vacated_space, is_vacated_space);

initial begin
    // write operations here
end

task uni_car_enter;
begin
    $display("uni car enter:");
    car_entered = 1;
    is_uni_car_entered = 1;
    current_hour = ($time/60)%24;
    #10 $display("%02d: %02d -- uni parked_car: %d    parked_car: %d    uni vacated_space: %d    vacated space: %d    uni is vacated space: %d    is vacated space: %d\n",
                car_entered = 0;
                is_uni_car_entered = 0;
    end
endtask

task non_uni_car_enter;
begin
    $display("non uni car enter:");
    car_entered = 1;
    is_uni_car_entered = 0;
    current_hour = ($time/60)%24;
    #10 $display("%02d: %02d -- uni parked_car: %d    parked_car: %d    uni vacated_space: %d    vacated space: %d    uni is vacated space: %d    is vacated space: %d\n",
                car_entered = 0;
    end
endtask

task uni_car_exit;
begin
    $display("uni car exit:");
    car_exited = 1;
    is_uni_car_exited = 1;
    current_hour = ($time/60)%24;
    #10 $display("%02d: %02d -- uni parked_car: %d    parked_car: %d    uni vacated_space: %d    vacated space: %d    uni is vacated space: %d    is vacated space: %d\n",
                car_exited = 0;
                is_uni_car_exited = 0;
    end
endtask

task non_uni_car_exit;
begin
    $display("non uni car exit:");
    car_exited = 1;
    is_uni_car_exited = 0;
    current_hour = ($time/60)%24;
    #10 $display("%02d: %02d -- uni parked_car: %d    parked_car: %d    uni vacated_space: %d    vacated space: %d    uni is vacated space: %d    is vacated space: %d\n",
                car_exited = 0;
    end
endtask

endmodule

```

در این ماژول ابتدا ورودی‌ها و خروجی‌های instance پارکینگ را تعیین می‌کنیم. سپس ۴ تسک برای حالات مختلف ورود و خروج ماشین تعریف می‌کنیم که بتوان اعمال پارکینگ را شبیه‌سازی کرد. در هر مرحله سیگنال‌های موردنیاز یک می‌شوند و پس از اعمال تغییر، صفر می‌شوند. در این ماژول، ساعت کنونی از رابطه $(\$time/60)$ بدست می‌آید چون هر ساعت ۶۰ دقیقه است. (برای اینکه ساعت از ۲۴ بالاتر نرود، عدد ساعت را باقی‌مانده بر ۲۴ می‌گیریم)

نتایج تست مازول

```

non uni car enter:
12:30 -- uni parked_car: 8   parked_car: 3   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0
uni car enter:
13:00 -- uni parked_car: 7   parked_car: 4   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0
non uni car enter:
14:00 -- uni parked_car: 6   parked_car: 5   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0
uni car enter:
15:00 -- uni parked_car: 5   parked_car: 6   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0
non uni car enter:
16:00 -- uni parked_car: 3   parked_car: 8   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0

```

این تست تغییر ظرفیت پارکینگ‌ها با گذشت ساعت را نشان می‌دهد.

```

before 8
uni car enter:
07:20 -- uni parked_car: 0   parked_car: 0   uni vacated_space: 8   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car enter:
07:30 -- uni parked_car: 0   parked_car: 0   uni vacated_space: 8   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car exit:
07:40 -- uni parked_car: 0   parked_car: 0   uni vacated_space: 8   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car exit:
07:50 -- uni parked_car: 0   parked_car: 0   uni vacated_space: 8   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1

```

این تست نشان می‌دهد قبل از ساعت ۸، تغییری در پارکینگ اعمال نمی‌شود.

```

uni car enter:
09:10 -- uni parked_car: 8   parked_car: 0   uni vacated_space: 0   vacated space: 3   uni is vacated space: 0   is vacated space: 1
uni car enter:
09:20 -- uni parked_car: 8   parked_car: 1   uni vacated_space: 0   vacated space: 2   uni is vacated space: 0   is vacated space: 1
uni car enter:
09:30 -- uni parked_car: 8   parked_car: 2   uni vacated_space: 0   vacated space: 1   uni is vacated space: 0   is vacated space: 1
uni car enter:
09:40 -- uni parked_car: 8   parked_car: 3   uni vacated_space: 0   vacated space: 0   uni is vacated space: 0   is vacated space: 0

```

این تست نشان می‌دهد که در صورتی که بخش دانشگاهی پر باشد، ماشین دانشگاهی در بخش آزاد قرار می‌گیرد.

```

uni car enter:
17:40 -- uni parked_car: 1   parked_car: 5   uni vacated_space: 2   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car enter:
17:50 -- uni parked_car: 2   parked_car: 5   uni vacated_space: 1   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car enter:
18:00 -- uni parked_car: 3   parked_car: 5   uni vacated_space: 0   vacated space: 3   uni is vacated space: 0   is vacated space: 1
uni car exit:
18:10 -- uni parked_car: 2   parked_car: 5   uni vacated_space: 1   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car exit:
18:20 -- uni parked_car: 1   parked_car: 5   uni vacated_space: 2   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car exit:
18:30 -- uni parked_car: 0   parked_car: 5   uni vacated_space: 3   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
uni car exit:
18:40 -- uni parked_car: 0   parked_car: 5   uni vacated_space: 3   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1

```

این تست نشان می‌دهد با ورود خودرو دانشگاهی این بخش چگونه پر و خالی می‌شود.

```

non uni car enter:
08:50 -- uni parked_car: 5   parked_car: 1   uni vacated_space: 3   vacated space: 2   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car enter:
09:00 -- uni parked_car: 5   parked_car: 2   uni vacated_space: 3   vacated space: 1   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car enter:
09:10 -- uni parked_car: 5   parked_car: 3   uni vacated_space: 3   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
non uni car enter:
09:20 -- uni parked_car: 5   parked_car: 3   uni vacated_space: 3   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
non uni car exit:
09:30 -- uni parked_car: 5   parked_car: 2   uni vacated_space: 3   vacated space: 1   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car exit:
09:40 -- uni parked_car: 5   parked_car: 1   uni vacated_space: 3   vacated space: 2   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car exit:
09:50 -- uni parked_car: 5   parked_car: 0   uni vacated_space: 3   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car exit:
10:00 -- uni parked_car: 5   parked_car: 0   uni vacated_space: 3   vacated space: 3   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1

```

این تست نشان می‌دهد با ورود خودرو آزاد این بخش چگونه پر و خالی می‌شود.

```

uni car exit:
10:00 -- uni parked_car: 7   parked_car: 3   uni vacated_space: 1   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
10:10 -- uni parked_car: 6   parked_car: 3   uni vacated_space: 2   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
10:20 -- uni parked_car: 5   parked_car: 3   uni vacated_space: 3   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
10:30 -- uni parked_car: 4   parked_car: 3   uni vacated_space: 4   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
10:40 -- uni parked_car: 3   parked_car: 3   uni vacated_space: 5   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
10:50 -- uni parked_car: 2   parked_car: 3   uni vacated_space: 6   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
11:00 -- uni parked_car: 1   parked_car: 3   uni vacated_space: 7   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
11:10 -- uni parked_car: 0   parked_car: 3   uni vacated_space: 8   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
uni car exit:
11:20 -- uni parked_car: 0   parked_car: 3   uni vacated_space: 8   vacated space: 0   uni is vacated space: 1   is vacated space: 0
non uni car exit:
11:30 -- uni parked_car: 0   parked_car: 2   uni vacated_space: 8   vacated space: 1   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1
non uni car exit:
11:40 -- uni parked_car: 0   parked_car: 1   uni vacated_space: 8   vacated space: 2   uni is vacated space: 1   is vacated space: 1

```

این تست نشان می‌دهد چگونه ماشین‌های بخش دانشگاهی خارج می‌شوند و در صورتی که ماشینی نباشد اتفاقی نمی‌افتد.

تست جامع

uni car enter:							
12:50 -- uni parked_car:	7	parked_car:	0	uni vacated_space:	1	vacated space:	3
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	1						
non uni car exit:							
13:00 -- uni parked_car:	7	parked_car:	0	uni vacated_space:	1	vacated space:	3
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
non uni car exit:							
13:10 -- uni parked_car:	7	parked_car:	0	uni vacated_space:	1	vacated space:	3
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
uni car enter:							
13:20 -- uni parked_car:	7	parked_car:	1	uni vacated_space:	1	vacated space:	2
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
uni car enter:							
13:30 -- uni parked_car:	7	parked_car:	2	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
non uni car exit:							
13:40 -- uni parked_car:	7	parked_car:	1	uni vacated_space:	1	vacated space:	2
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
non uni car exit:							
13:50 -- uni parked_car:	7	parked_car:	0	uni vacated_space:	1	vacated space:	3
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
uni car enter:							
14:00 -- uni parked_car:	6	parked_car:	2	uni vacated_space:	0	vacated space:	3
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
non uni car enter:							
14:10 -- uni parked_car:	6	parked_car:	3	uni vacated_space:	0	vacated space:	2
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
uni car enter:							
14:20 -- uni parked_car:	6	parked_car:	4	uni vacated_space:	0	vacated space:	1
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	1						
uni car exit:							
14:30 -- uni parked_car:	5	parked_car:	4	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	1						
uni car exit:							
14:40 -- uni parked_car:	4	parked_car:	4	uni vacated_space:	2	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	1						
non uni car enter:							
14:50 -- uni parked_car:	4	parked_car:	5	uni vacated_space:	2	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
15:00 -- uni parked_car:	3	parked_car:	5	uni vacated_space:	3	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
15:10 -- uni parked_car:	2	parked_car:	5	uni vacated_space:	4	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
15:20 -- uni parked_car:	3	parked_car:	5	uni vacated_space:	3	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
15:30 -- uni parked_car:	4	parked_car:	5	uni vacated_space:	2	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
non uni car enter:							
15:40 -- uni parked_car:	4	parked_car:	5	uni vacated_space:	2	vacated space:	0
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
15:50 -- uni parked_car:	5	parked_car:	5	uni vacated_space:	1	vacated space:	0
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	0						
non uni car enter:							
16:00 -- uni parked_car:	3	parked_car:	7	uni vacated_space:	0	vacated space:	1
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	0						
uni car exit:							
16:10 -- uni parked_car:	2	parked_car:	7	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
16:20 -- uni parked_car:	1	parked_car:	7	uni vacated_space:	2	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
non uni car enter:							
16:30 -- uni parked_car:	1	parked_car:	7	uni vacated_space:	2	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
16:40 -- uni parked_car:	0	parked_car:	7	uni vacated_space:	3	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
16:50 -- uni parked_car:	0	parked_car:	7	uni vacated_space:	3	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
17:00 -- uni parked_car:	1	parked_car:	7	uni vacated_space:	2	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
17:10 -- uni parked_car:	2	parked_car:	7	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
non uni car enter:							
17:20 -- uni parked_car:	2	parked_car:	7	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car enter:							
17:30 -- uni parked_car:	3	parked_car:	7	uni vacated_space:	0	vacated space:	1
						uni is vacated space:	0
is vacated space:	0						
uni car exit:							
17:40 -- uni parked_car:	2	parked_car:	7	uni vacated_space:	1	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						
uni car exit:							
17:50 -- uni parked_car:	1	parked_car:	7	uni vacated_space:	2	vacated space:	1
						uni is vacated space:	1
is vacated space:	0						

گزارش سنتز

نام FPGA: Arria II GX

Fmax Summary				
	Fmax	Restricted Fmax	Clock Name	Note
1	162.87 MHz	162.87 MHz	car_entered	

Summary (Setup)			
	Clock	Slack	End Point TNS
1	car_entered	-5.140	-203.057

Summary (Hold)			
	Clock	Slack	End Point TNS
1	car_entered	0.327	0.000

حالا با استفاده از تاخیر hold و setup فرکانس بیشینه را حساب می‌کنیم:

$$F_{Max} = \frac{1}{Time} = \frac{1}{T_{hold} + T_{setup}} = \frac{1}{(5.140 + 0.327) \times 10^{-9}} \approx 0.183 \times 10^9 \approx 183 \text{ MHz}$$

از دلایل این اختلاف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- تاخیر کل فقط ناشی از زمان setup و hold نیست و باید تاخیرهای دیگری مانند clock-to-q delay و combinational logic delay را هم در نظر گرفت.
- ۲- طراحی‌های عملی clock skew و jitter را هم در نظر می‌گیرند که می‌تواند زمان و فرکانس بیشینه را تحت تاثیر قرار دهد.