به نام خداوند خالق زیبایی ها

گزارش چهارم آزمایشگاه FPGA

گروه چهارشنبه عصر

مهیار عنصری ۹۶۳۲۰۹۳

تاریخ تحویل : ۱۴۰۰/۰۲/۲۸

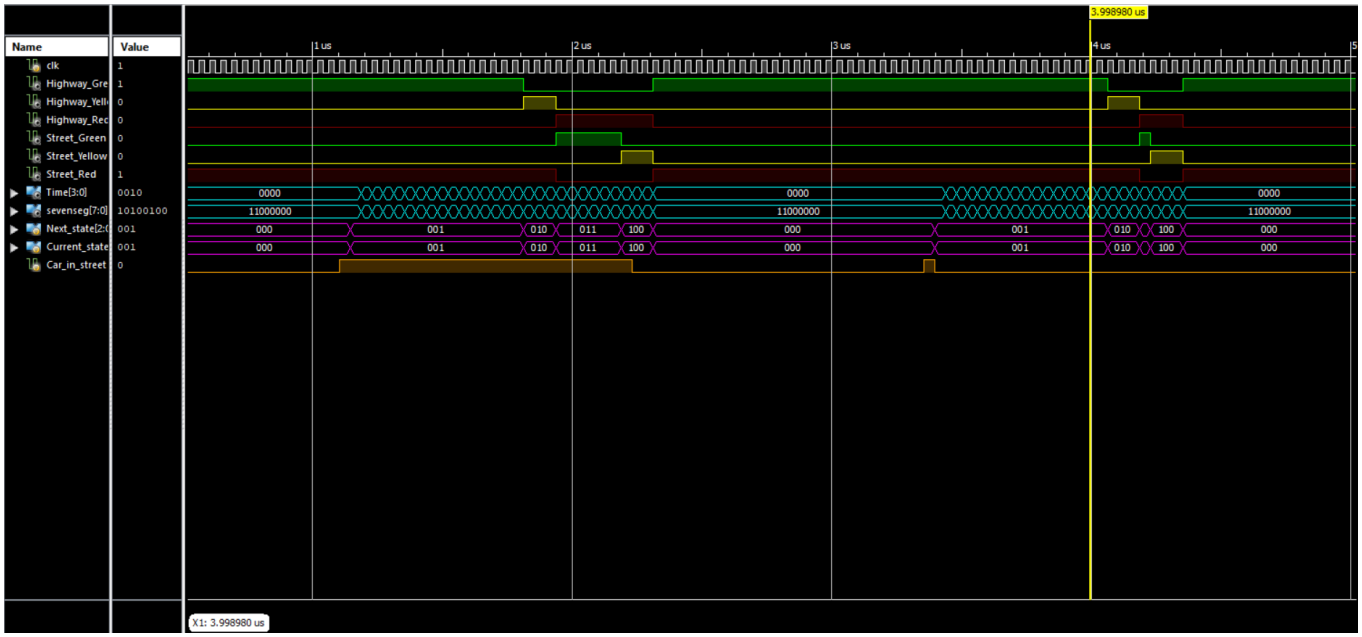
در این کد بعد از تعریف ورودی و خروجی و متغیرهای کمکی ، از local param برای تعریف وضعیت ها و همچنین کد مربوط به نمایش روی سون سگمنت کمک می گیریم تا کد خواناتر و زیباتر و البته از نظر استفاده و کارکرد ، راحت تر شود. سپس در یک always روی خروجی Time که به عنوان فعال ساز سون سگمنت استفاده کرده ایم شرط می گذاریم و بسته به اینکه این خروجی چند باشد ، یکی از local param هایی که بالاتر تعریف کرده ایم را به عنوان داده ورودی به سون سگمنت می دهیم.

حال در یک always دیگر ، بدنه اصلی کد و ارتباط بین وضعیت های مختلف را با توجه به ماشین حالتی که در پیش گزارش طراحی کردیم ، می نویسیم. نکته مهم اینجاست که باید در هر وضعیت ، تایمری که در وضعیت بعدی مورد استفاده قرار می گیرد را تنظیم کنیم.مثلا در وضعیت ۲ قرار است از تایمر ۱۵ ثانیه ای استفاده شود ، پس در وضعیت ۱ تایمر ۱۵ ثانیه را روی ۱۵ تنظیم می کنیم. بعد از تعریف هر ۵ وضعیت با توجه به شکل ماشین حالت ، یک وضعیت Default هم تعریف می کنیم و آن را روی وضعیت اول یعنی حالتی که چراغ بزرگراه سبز و چراغ خیابان فرعی قرمز است می گذاریم.

در always بعدی ، وضعیت ۶ خروجی چراغ را بسته به اینکه حالت بعدی کدام است مشخص می کنیم که این کار هم با توجه به شکل ماشین حالت و توضیحات دستور کار انجام می شود و در هر ۵ وضعیت ، مشخص میکنیم که این ۶ چراغ هر کدام در چه حالتی هستند. در انتها هم به صورت نان بلاکینگ ، وضعیت بعدی را در وضعیت فعلی میریزیم.

برای تست کردن کد ، یک بار ورودی Car in Street که مربوط به سنسور است را یک می کنیم و یک نگه می داریم ، **در این حالت باید عددی که سون سگمنت نمایش می دهد از ۱۵ تا ۱ بشمرد ، سپس از ۲ تا ۱ بشمرد ، بعد از ۵ تا ۱ بشمرد و در انتها دوباره از ۲ تا ۱ بشمرد و وقتی به وضعیت اول برگشت و یک دور را کامل کرد روی ۰ بماند (با توجه به تنظیم ما).** یک بار هم بعد از اینکه این ورودی را یک کردیم در لبه کلاک بعدی آن را صفر می کنیم ، در این حالت باید دوباره از ۱۵ تا ۱ بشمرد ، سپس از ۲ تا ۱ بشمرد اما به جای اینکه از ۵ بشمرد ، به دلیل اینکه ورودی سنسور صفر است از این وضعیت عبور می کند و در وضعیت آخر ، از ۲ تا ۱ بشمرد و در آخر روی صفر بماند.

در انتها در PlanAhead عملیات Pin Assignment را طبق توضیحات دستور کار انجام می دهیم و در مرحله بعدی ، از بخش user constraints قید زمانی و مکانی می گذاریم. نتایج به تفصیل در صفحات بعد آمده است.



تصویری از صفحه اجرای کد. به درستی در تمامی وضعیت ها قرار گرفته و شمارنده اعداد مورد نظر را می شمرد و نشان می دهد.

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	Autotimespec constraint for clock net clk_BUFGP	SETUP HOLD	 0.438ns	5.010ns	 0	0 0
2	Yes	Autotimespec constraint for clock net clk1Hz	SETUP HOLD	 0.178ns	3.659ns	 0	0 0

وضعیت زمانی کد قبل از قرار دادن قید زمانی

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	No	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 3.5 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	-1.018ns 0.652ns	4.518ns	29 0	20800 0

وضعیت زمانی کد بعد از قرار دادن قید زمانی ۳.۵ نانوثانیه

```
1
2
3  NET "Street_Red" LOC = P120;
4  NET "Street_Yellow" LOC = P121;
5  NET "Street_Green" LOC = P123;
6  NET "Highway_Red" LOC = P127;
7  NET "Highway_Yellow" LOC = P131;
8  NET "Highway_Green" LOC = P132;
9  NET "Car_in_street" LOC = P59;
10 INST "clk_BUFGP" LOC = P50;
11 NET "clk" LOC = P50;
12 NET "sevenseg[7]" LOC = P33;
13 NET "sevenseg[6]" LOC = P30;
14 NET "sevenseg[5]" LOC = P44;
15 NET "sevenseg[4]" LOC = P35;
16 NET "sevenseg[3]" LOC = P40;
17 NET "sevenseg[1]" LOC = P43;
18 NET "sevenseg[0]" LOC = P47;
19 NET "sevenseg[2]" LOC = P34;
20
21 # PlanAhead Generated physical constraints
22 NET "en_7seg[3]" LOC = P32;
23 NET "en_7seg[2]" LOC = P41;
24 NET "en_7seg[0]" LOC = P46;
25 NET "en_7seg[1]" LOC = P45;
26 #Created by Constraints Editor (xc6slx9-tqg144-3) - 2021/05/18
27 NET "clk" TNM_NET = clk;
28 TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 3.5 ns HIGH 50%;
```

یک شرط اولیه که روی ۳.۵ نانوثانیه گذاشتیم

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	No	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.2 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	-0.065ns 0.715ns	4.265ns	1 0	65 0

وضعیت زمانی کد بعد از قرار دادن قید زمانی ۴.۲ نانوثانیه

```
#Created by Constraints Editor (xc6slx9-tqg144-3) - 2021/05/18
NET "clk" TNM_NET = clk;
TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 4.2 ns HIGH 50%;
```

شرطی که روی ۴.۲ نانوثانیه گذاشتیم

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	No	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.275 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	-0.110ns 0.715ns	4.385ns	4 0	259 0

وضعیت زمانی کد بعد از قرار دادن قید زمانی ۴.۲۷۵ نانوثانیه

```
#Created by Constraints Editor (xc6slx9-tqg144-3) - 2021/05/18
NET "clk" TNM_NET = clk;
TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 4.275 ns HIGH 50%;
```

شرطی که روی ۴.۲ نانوثانیه گذاشتیم

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.5 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.128ns 0.715ns	4.372ns	0 0	0 0

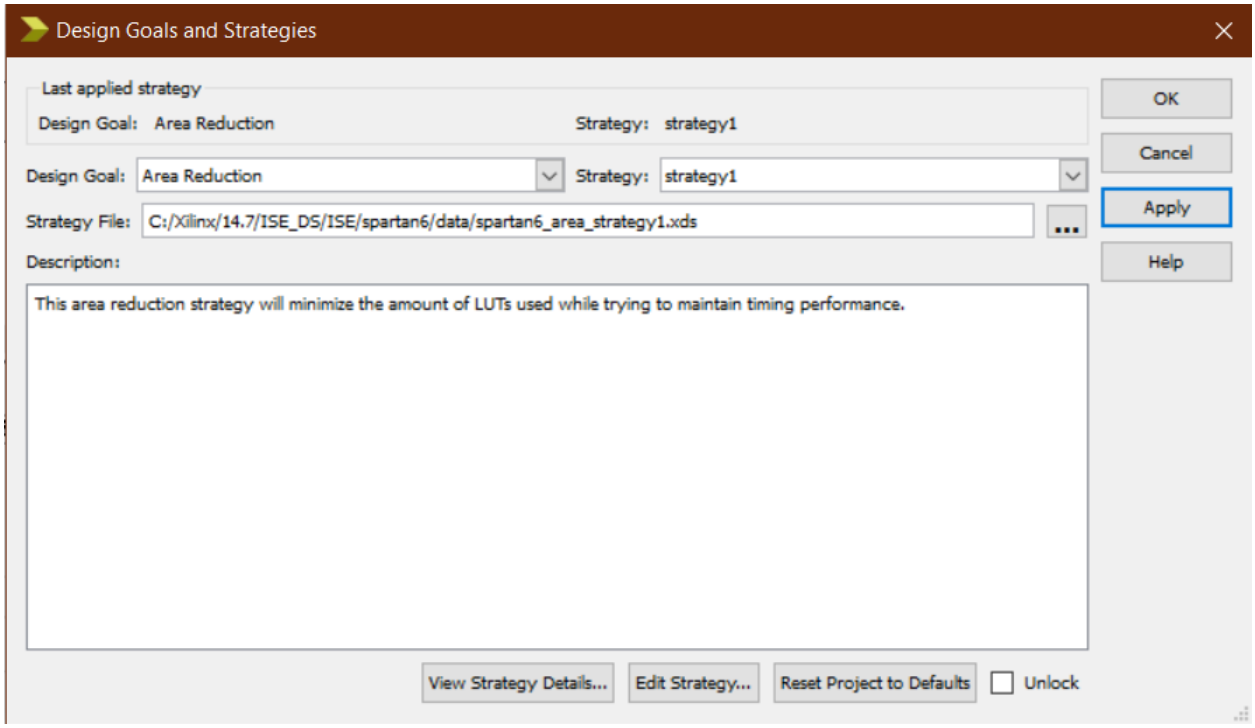
```
#Created by Constraints Editor (xc6slx9-tqg144-3) - 2021/05/18
NET "clk" TNM_NET = clk;
TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 4.5 ns HIGH 50%;
```

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.4 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.015ns 0.846ns	4.385ns	0 0	0 0

```
NET "clk" TNM_NET = clk;
TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 4.4 ns HIGH 50%;
```

متوجه شدیم که حدودا دوره تناوب حدود ۴.۳۸ نانوثانیه است که بهترین فرکانس را به حدود ۲۳۰ مگاهرتز می رساند.

حال به سراغ قراردادن قیود زمانی می رویم.



استراتژی را از بالانس به Area Reduction تغییر می دهیم.

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	No	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.4 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	-0.757ns 0.447ns	5.157ns	26 0	13276 0

مشاهده شد که دیگر قید زمانی برآورده نشد.

```
NET "clk" TNM_NET = clk;
TIMESPEC TS_clk = PERIOD "clk" 5.1 ns HIGH 50%;
```

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 5.1 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.111ns 0.434ns	4.989ns	0 0	0 0

دیدیم که ماکزیمم فرکانس در این حالت به همان حدود ۲۰۰ مگاهرتز که قبل از گذاشتن قید زمانی بود برگشت.

تا الان همه این کارها را در حالتی که Effort روی Normal بود انجام دادیم. حال این کارها را در دو استراتژی Balanced و Area Reduction با دو حالتی که Effort روی High و Fast باشد انجام می دهیم.

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 5.1 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.062ns 0.451ns	5.038ns	0 0	0 0

Area Reduction – High Effort

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.9 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.207ns 0.436ns	4.693ns	0 0	0 0

Area Reduction – Fast Effort

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 5.1 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.111ns 0.434ns	4.989ns	0 0	0 0

Area Reduction – Normal Effort

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.5 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.128ns 0.715ns	4.372ns	0 0	0 0

Balanced Strategy– Normal Effort

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.8 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.354ns 0.995ns	4.446ns	0 0	0 0

Balanced Strategy– High Effort

	Met	Constraint	Check	Worst Case Slack	Best Case Achievable	Timing Errors	Timing Score
1	Yes	TS_clk = PERIOD TIMEGRP "clk" 4.65 ns HIGH 50%	SETUP HOLD	0.234ns 1.070ns	4.416ns	0 0	0 0

Balanced Strategy– Fast Effort

به طور کلی ، نتیجه ای که گرفتم این بود که لزوما قید گذاری زیاد و سخت تر کردن شرایط ، وضعیت دوره تناوب و فرکانس را بهبود نمی بخشد و در خیلی از موارد قیدگذاری بیش از حد ممکن است منجر به کاهش فرکانس شود. همچنین اگر مثلا بهترین دوره تناوب برای یک کد ۳.۵ نانوثانیه باشد ، ممکن است با گذاشتن قید ۳.۲ نانوثانیه که باعث Fail شدن شرط می شود ، خروجی که به ما می دهد بیش از ۳.۵ نانوثانیه باشد یعنی احتمال دارد با گذاشتن شرط زمانی که زیر بهترین حالت ممکن است ، به حالتی بدتر از آن برسیم. چیزی که مشاهده کردم این بود که حالت Fast Effort بهترین شرایط زمانی را ایجاد می کند.