

به نام خدا



شمارنده

آزمایشگاه مدار منطقی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

نویسنده:

رادین چراغی

شماره دانشجویی:

۴۰۱۱۰۵۸۱۵

تاریخ ارائه تکلیف:

۱۴۰۲/۰۵/۰۳

فهرست

۳.....	مقدمه
۳.....	شمارنده دودویی آسنکرون
۳.....	۱.۱ - شمارنده آسنکرون بدون بارگذاری موازی
۶.....	۲.۱ - شمارنده آسنکرون با قابلیت بارگذاری موازی
۱۱.....	شمارنده دودویی سنکرون
۱۵.....	شمارنده BCD
۱۸.....	نتیجه گیری

مقدمه

هدف از انجام این آزمایش آشنایی با شمارنده‌های آسنکرون، سنکرون و BCD است. در قسمت اول این آزمایش یک شمارنده آسنکرون می‌سازیم که همزمان قابلیت بالا و پایین شماری را داشته باشد. در ادامه آن را گسترش می‌دهیم و قابلیت بارگذاری موازی را نیز به آن اضافه می‌کنیم. در قسمت بعدی یک شمارنده‌ی سنکرون می‌سازیم که بتواند سه تا درمیان اعداد صفر تا هفت را در جهت انتخابی (بالا یا پایین) بشمرد. در قسمت پایانی این آزمایش نیز با استفاده از یک تراشه آماده و seven segment شماره BCD را پیاده سازی می‌کنیم که قابلیت بارگذاری موازی، بالا شمردن و پایین شمردن را داشته باشد. تمام قسمت‌های این آزمایش در نرم‌افزار Proteus انجام می‌شود.

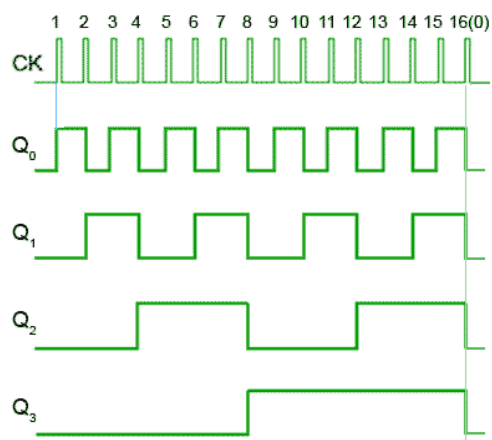
شمارنده دودویی آسنکرون

۱.۱ - شمارنده آسنکرون بدون بارگذاری موازی

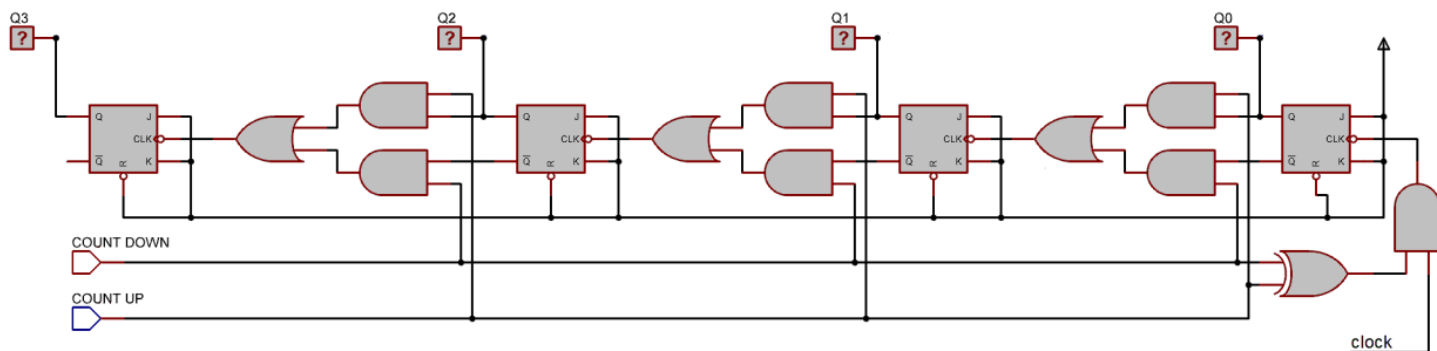
می‌دانیم یک مدار آسنکرون به مداری گفته می‌شود که به وسیله یک کلاک مرجع کنترل نمی‌شود. برای ساخت یک شمارنده‌ی آسنکرون ۴ بیتی ما نیاز به ۴ فلیپ فلاپ JK یا T داریم به صورتی که غیر از کلاک اول که از یک push button گرفته می‌شود سایر کلاک‌ها از خروجی فلیپ فلاپ قبلی گرفته می‌شوند. اکنون به تئوری مدار می‌پردازیم. ابتدا باید تصویر و جدول زیر که برای سه بیت اول است تحلیل کنیم. همانطور که مشخص است بیت با ارزش کمتر در تمامی کلاک‌ها تغییر وضعیت می‌دهد پس ورودی آن را باید به گونه‌ای در نظر بگیریم تا در هر کلاکی Toggle کند. اگر به بیت دوم نگاه بکنیم متوجه می‌شویم که با لبه‌ی پایین رونده بیت قبلی تغییر وضعیت می‌دهد. به همین ترتیب بیت‌های دیگر نیز با لبه پایین رونده بیت قبلی تغییر وضعیت می‌دهند. در نتیجه برای ساخت این مدار شمارنده به صورت آسنکرون کافی است به جز کلاک بیت با ارزش کمتر بقیه کلاک‌ها به خروجی فلیپ فلاپ قبلی متصل باشند.

Clock	Q_C	Q_B	Q_A	Decimal Equivalent
Initially	0	0	0	0
1 st falling edge	0	0	1	1
2 nd falling edge	0	1	0	2
3 rd falling edge	0	1	1	3
4 th falling edge	1	0	0	4
5 th falling edge	1	0	1	5
6 th falling edge	1	1	0	6
7 th falling edge	1	1	1	7
8 th falling edge	0	0	0	0

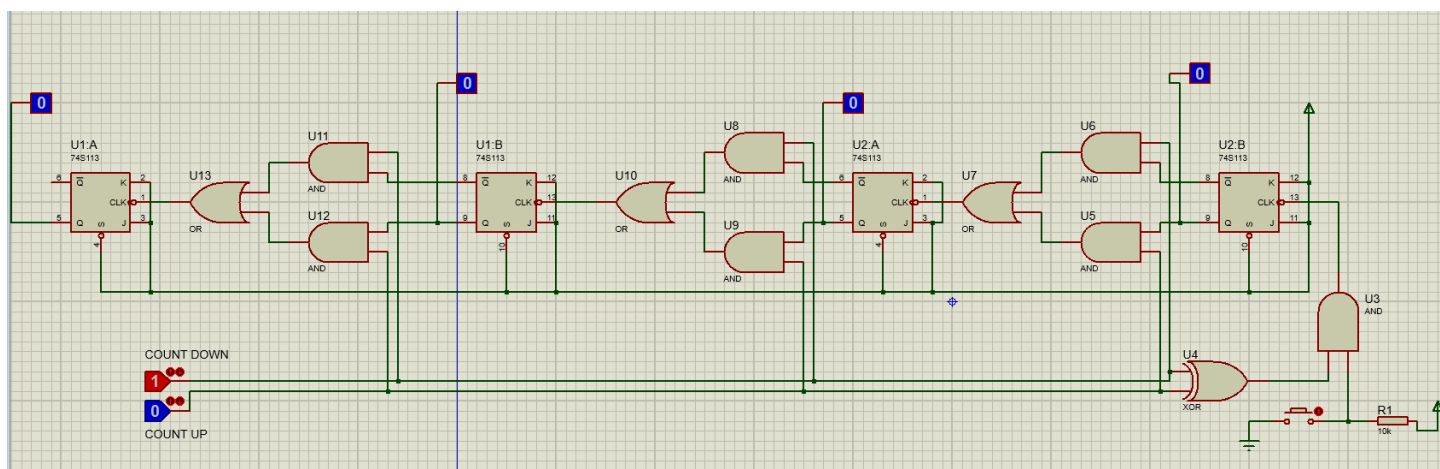
Electronics Coach



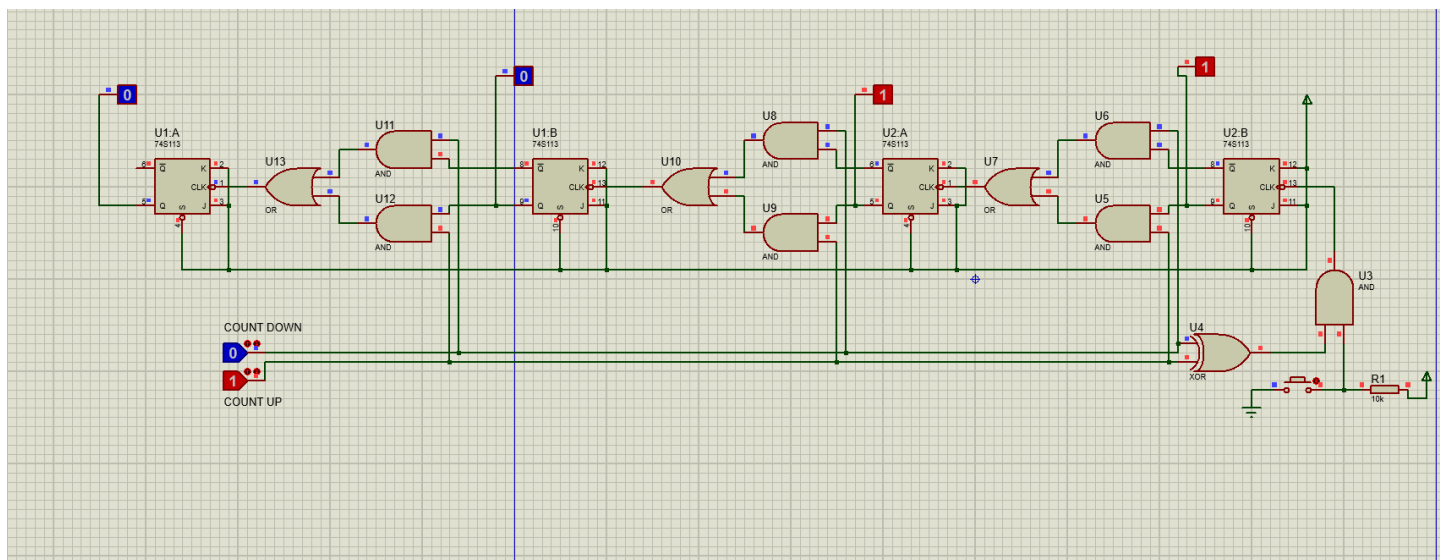
شکل کلی مدار در تصویر زیر مشخص است:

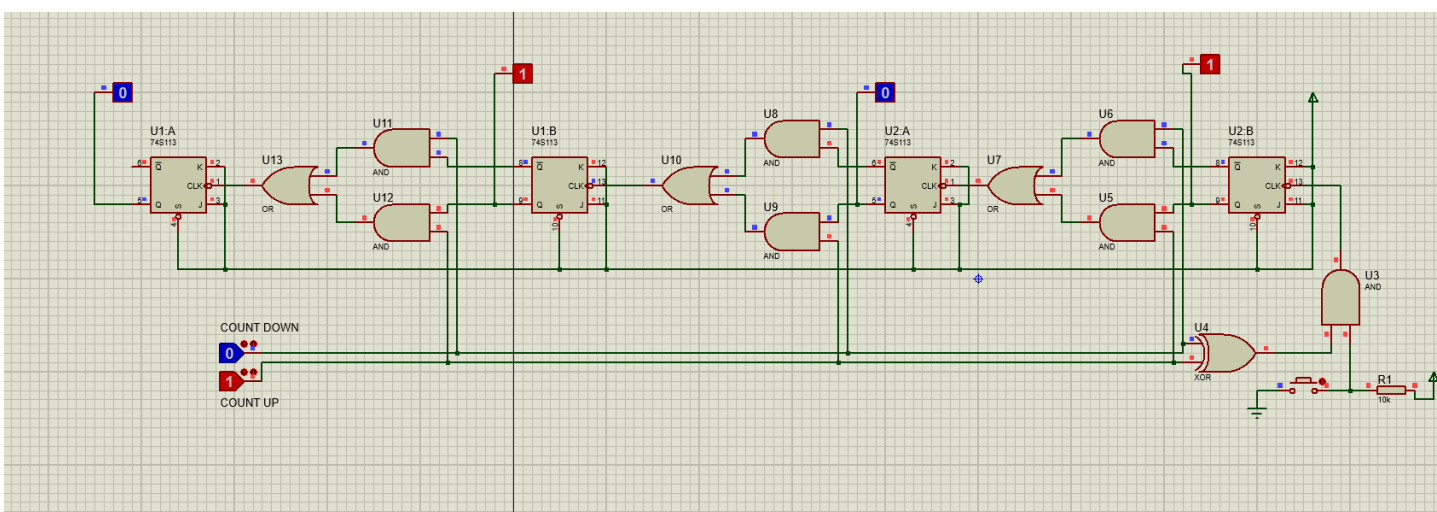
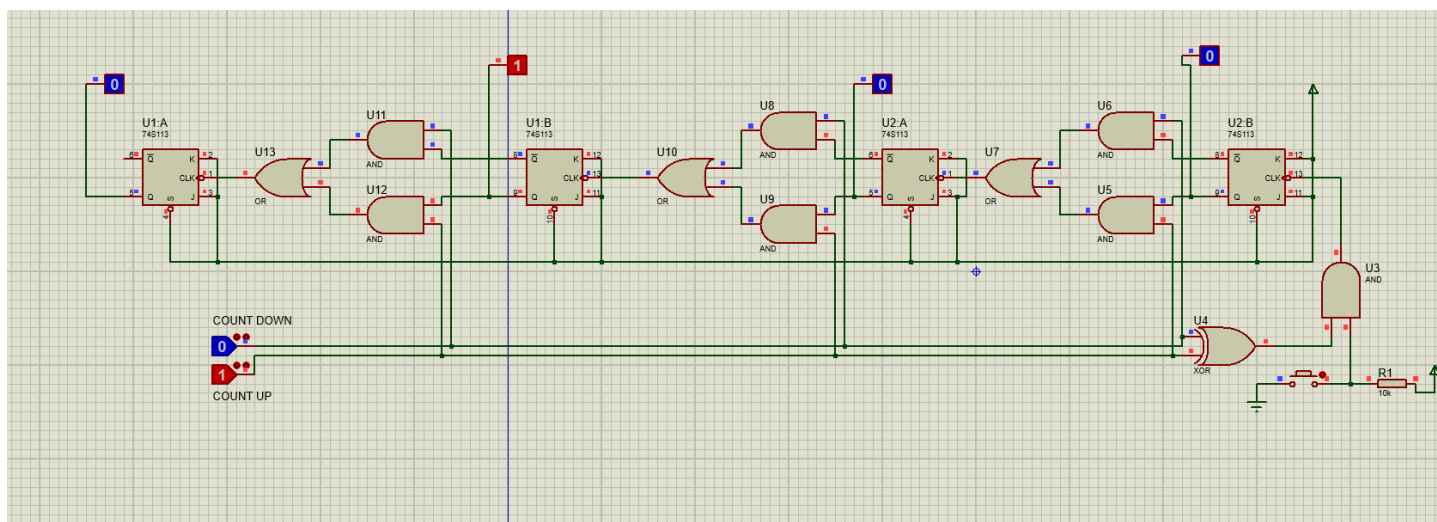


در نهایت مدار را در Proteus به شکل زیر رسم می کنیم:

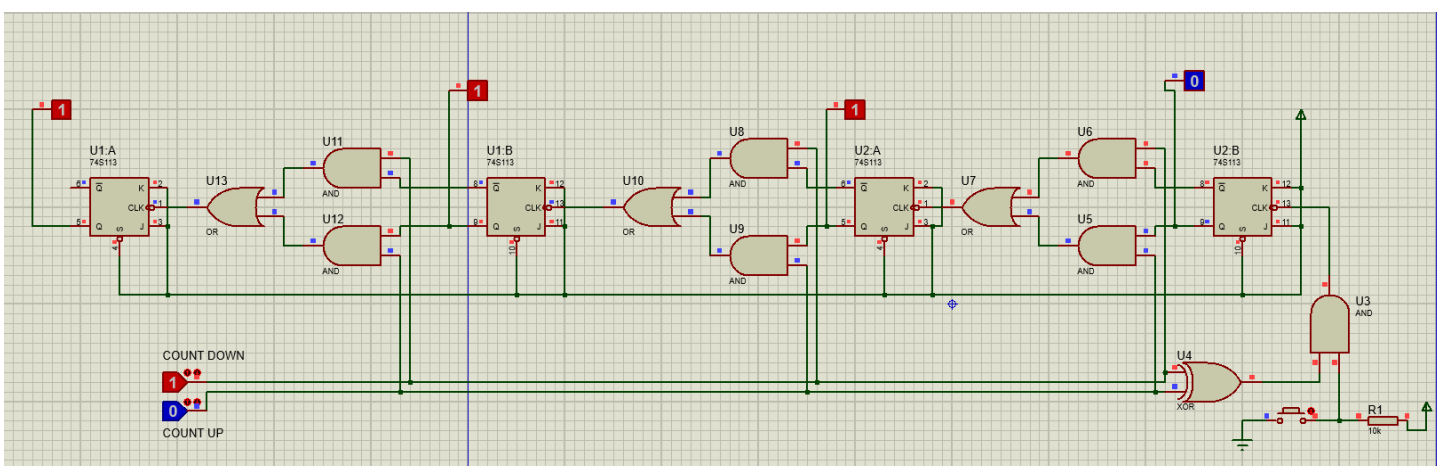


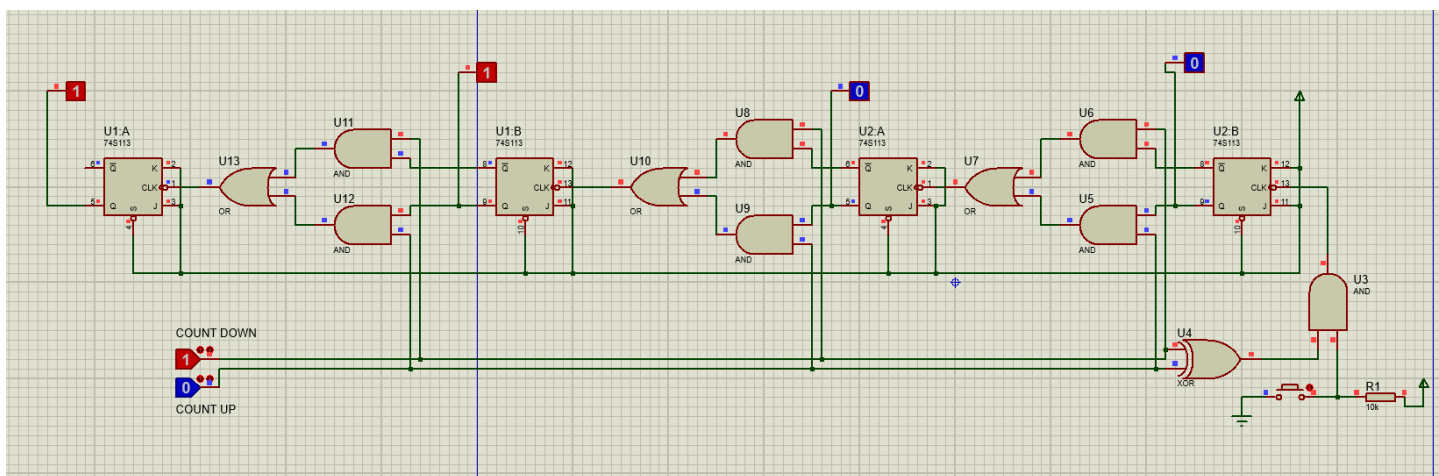
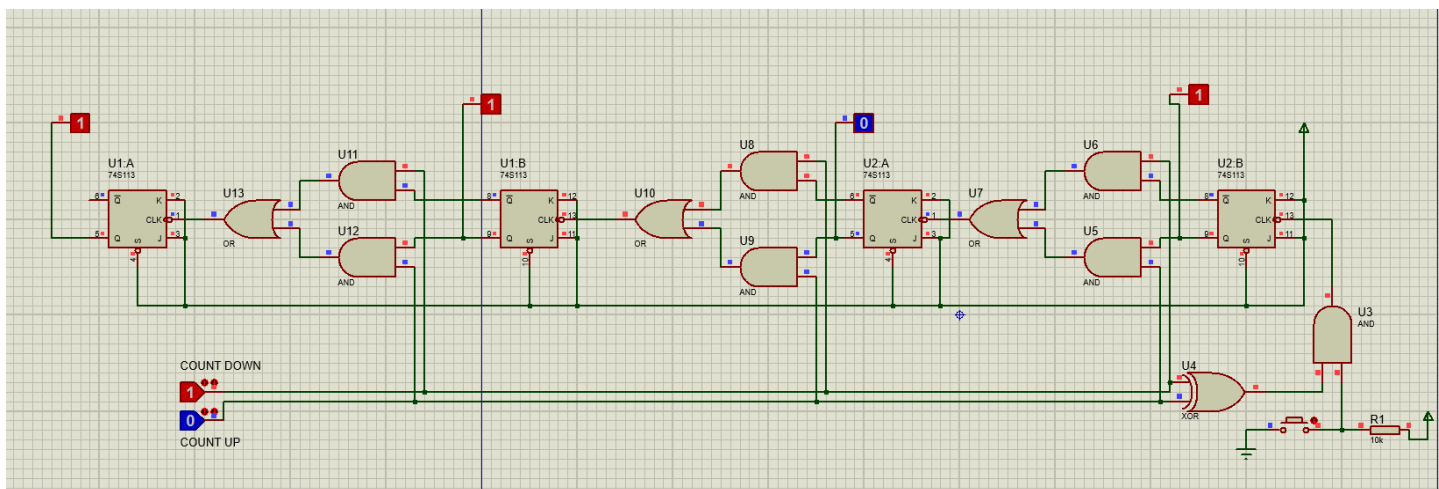
نمایی از کارکرد مدار در حالت بالا شمار را می توانید در تصاویر زیر که نشان دهنده ۳ و ۴ و ۵ هستند مشاهده کنید:





نمایی از کارکرد مدار در حالت پایین شمار را می‌توانید در تصاویر زیر که نشان‌دهنده ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ هستند را مشاهده کنید.

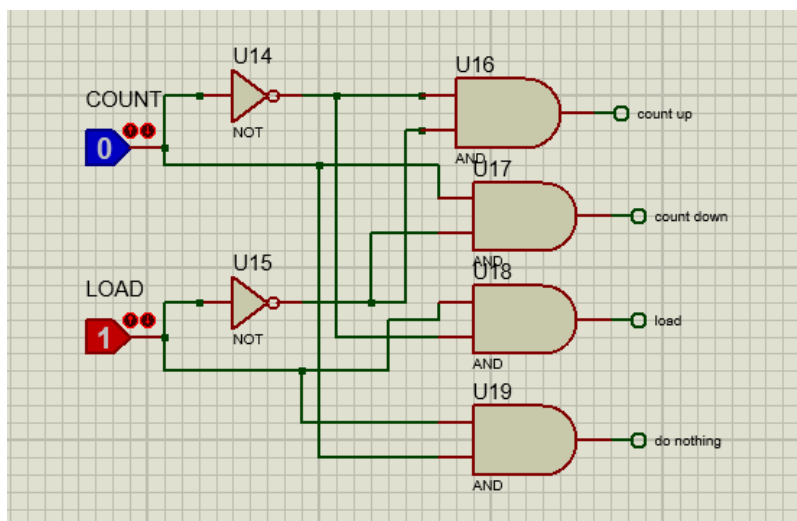




۲.۱ - شمارنده آسنکرون با قابلیت بارگذاری موازی

در این قسمت از ما خواسته شده تا به شمارنده قسمت قبل قابلیت بارگذاری موازی را نیز اضافه کنیم. برای این کار با توجه به خواسته دستور کار باید دو ورودی **load** و **count** را در نظر بگیریم. برای جلوگیری از شلوغ شدن مدار از ترمینال ها استفاده می کنیم و به هر یک از آن ها اسم های لازم را می دهیم. با توجه به جدول زیر که در دستور کار آورده شده است مدار زیر را در Proteus رسم می کنیم تا حالت های مختلف مدار مشخص شود.

<i>load</i>	<i>count</i>	<i>function</i>
0	0	count up
0	1	count down
1	0	parallel load
1	1	do nothing

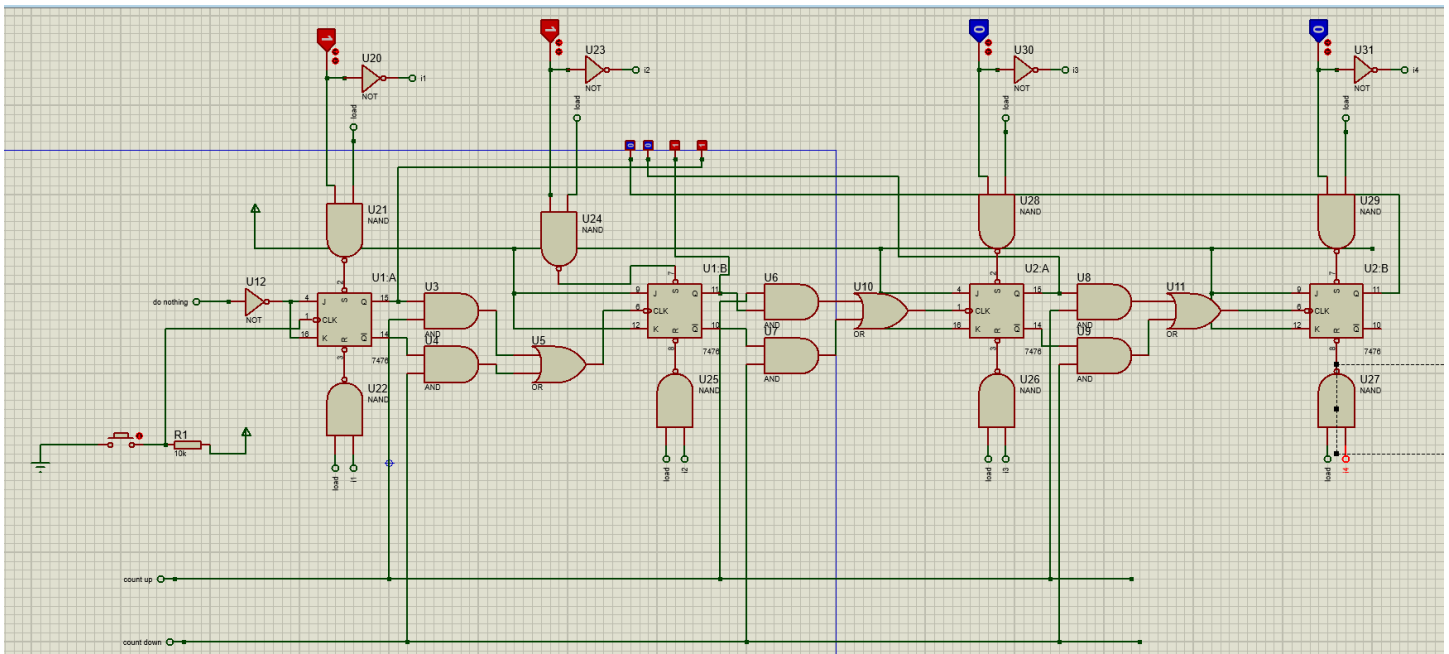


برای قسمت شمارش از بالا و پایین از همان مدار قبل استفاده می‌کنیم با این تفاوت که به جای ورودی‌های count و count down از ترمینال‌های مخصوص آن‌ها استفاده می‌کنیم.

برای بارگذاری موازی ابتدا باید ۴ ورودی جدید اضافه کنیم. سپس برای این که بتوانیم به صورت موازی داده‌ها را در فلیپ فلاپ‌ها بارگذاری کنیم از reset و set فلیپ فلاپ‌ها استفاده می‌کنیم. به این صورت که ترمینال load و ورودی موازی را NAND کرده و به set متصل می‌کنیم و ترمینال load و معکوس ورودی موازی را NAND کرده و به reset متصل می‌کنیم. (دلیل استفاده از NAND به جای AND فعال پایین بودن ست و ریست است). در این صورت اگر در حالت بارگذاری باشیم و ورودی موازی یک باشد فلیپ فلاپ ست شده و خروجی فلیپ فلاپ یک می‌شود و اگر ورودی موازی صفر باشد فلیپ فلاپ ریست شده و خروجی فلیپ فلاپ صفر می‌شود.

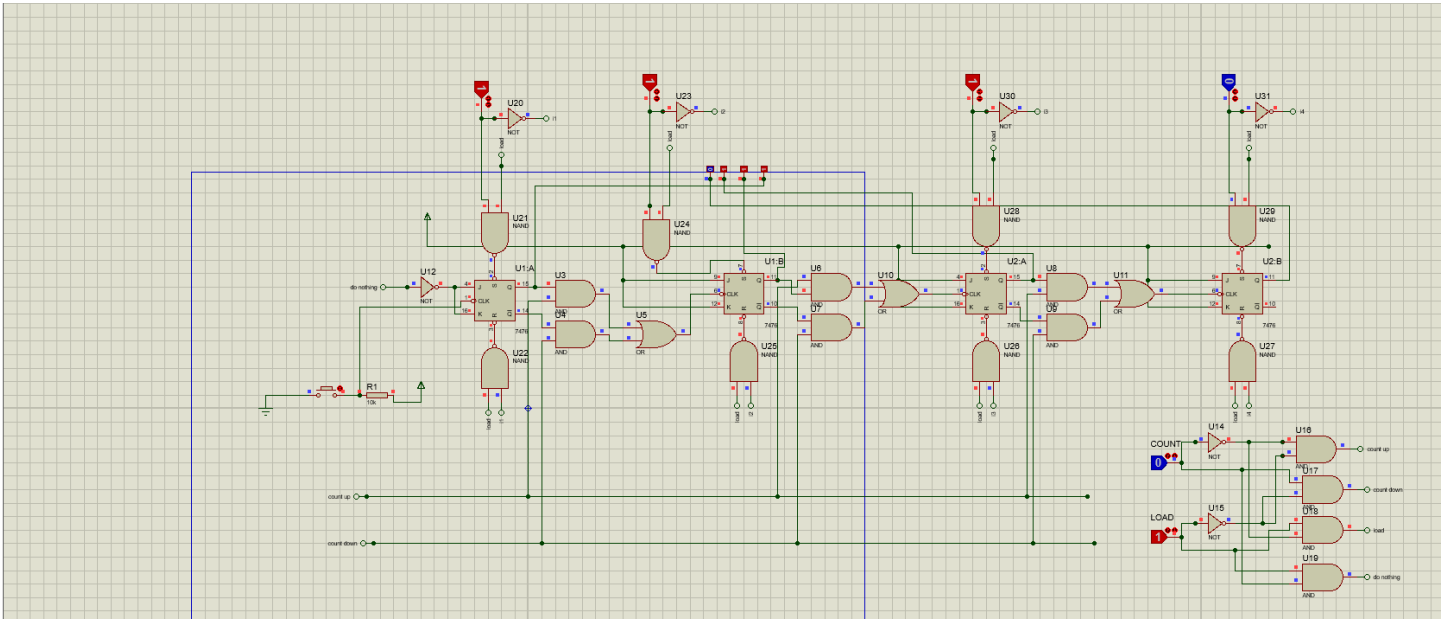
در نهایت باید قسمت do nothing را اضافه کنیم. برای این کار کافی است برخلاف مدار حالت قبل که J و K تمامی فلیپ فلاپ‌ها به سیگنال یک وصل بود در این قسمت J و K فلیپ فلاپ اول را به معکوس شده‌ی do nothing متصل می‌کنیم تا اگر یک باشد با کلاک زدن تغییری در خروجی آن ایجاد نشود زیرا می‌دانیم اگر J, K هر دو صفر باشند فلیپ فلاپ حالت قبلی خود را حفظ می‌کند.

در نهایت مدار را در Proteus به صورت زیر رسم می‌کنیم:

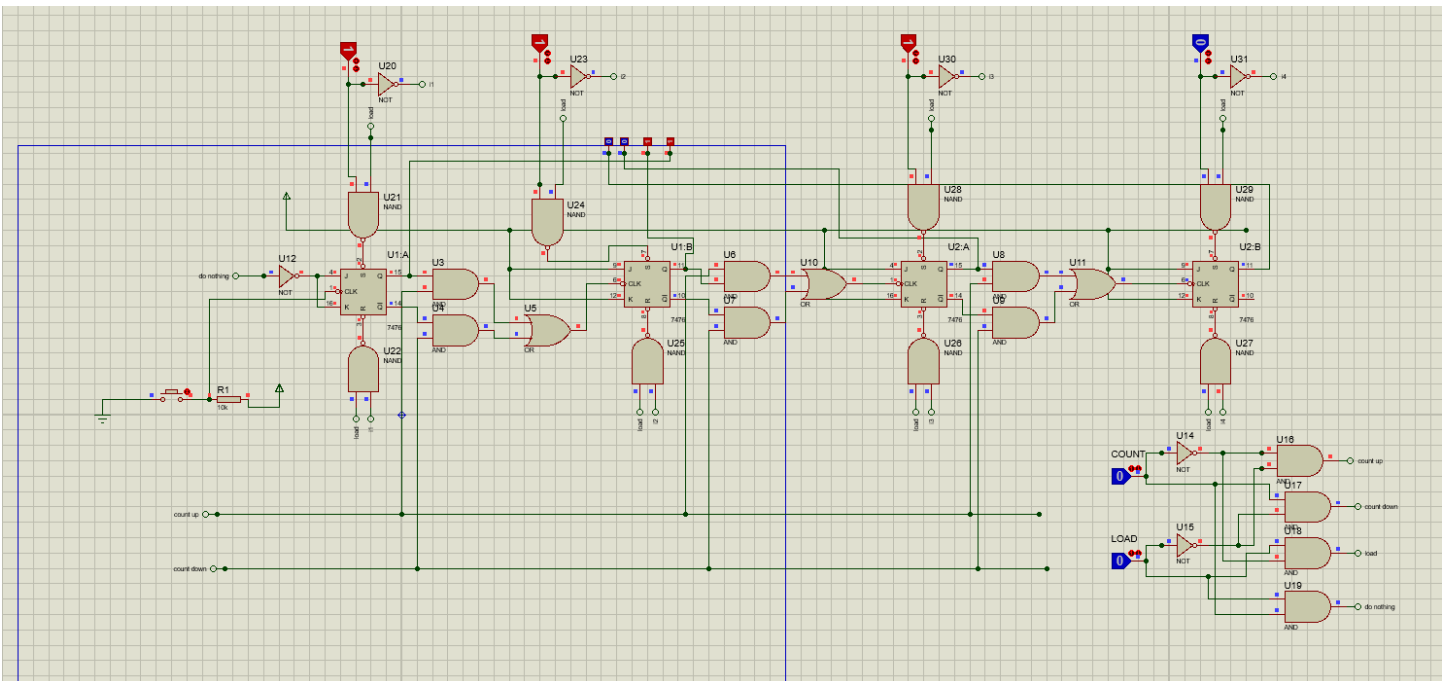


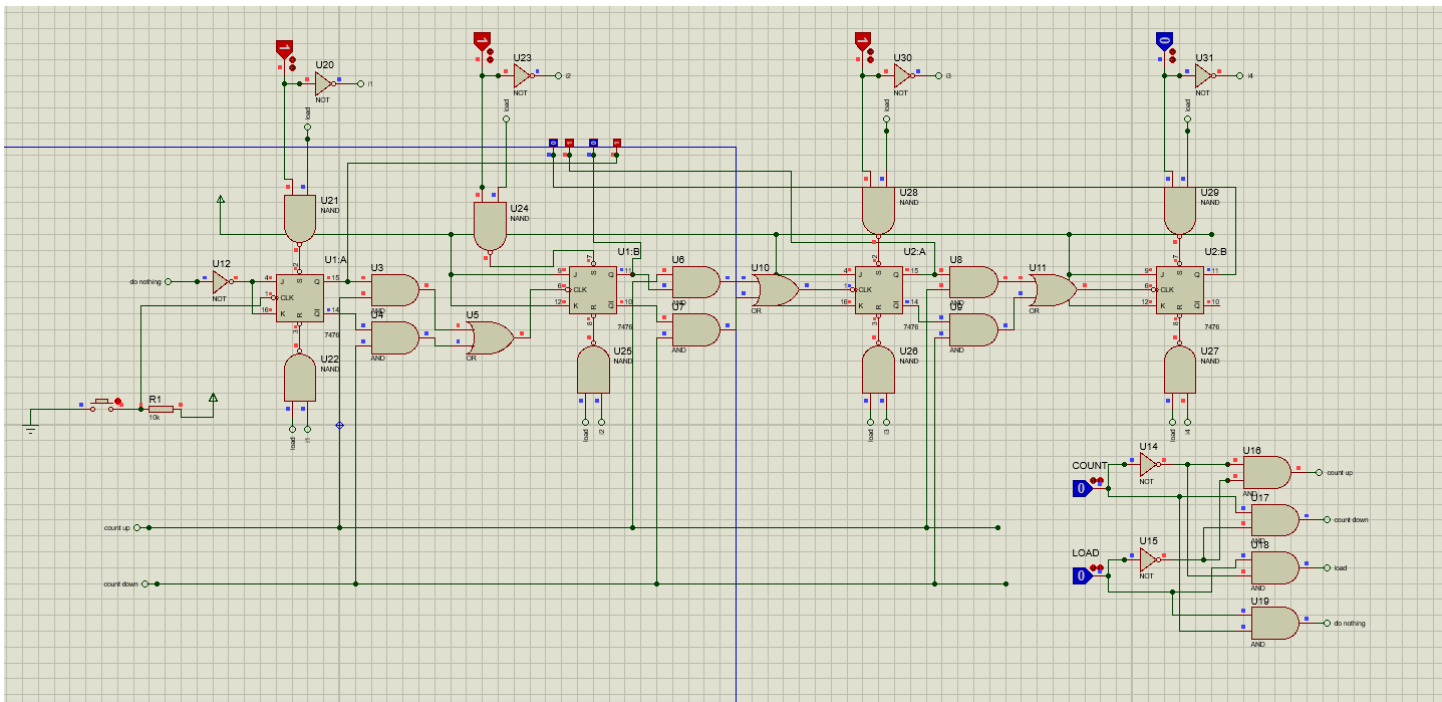
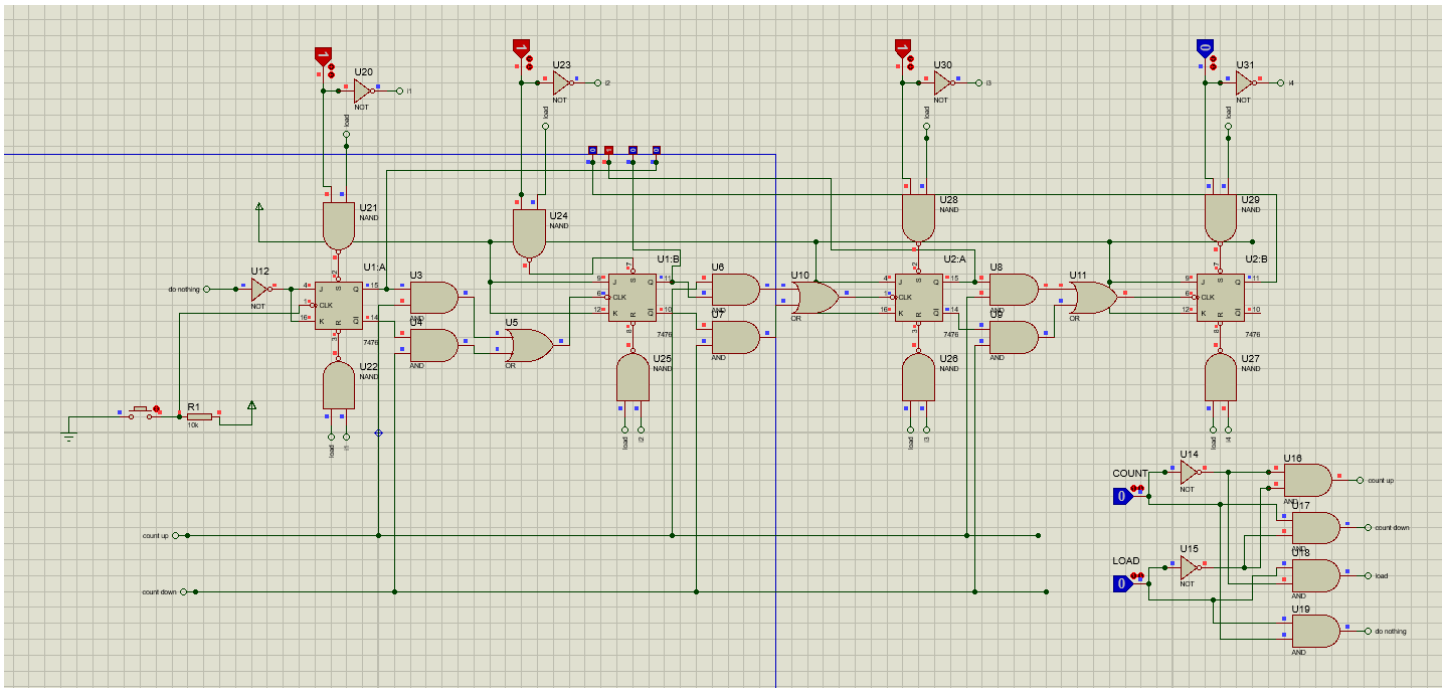
نمایی از کارکرد مدار را در تصاویر صفحه بعد می‌توان مشاهده کرد.

حالت بارگذاری موازی که در مدار عدد ۱۵ بارگذاری شده است:

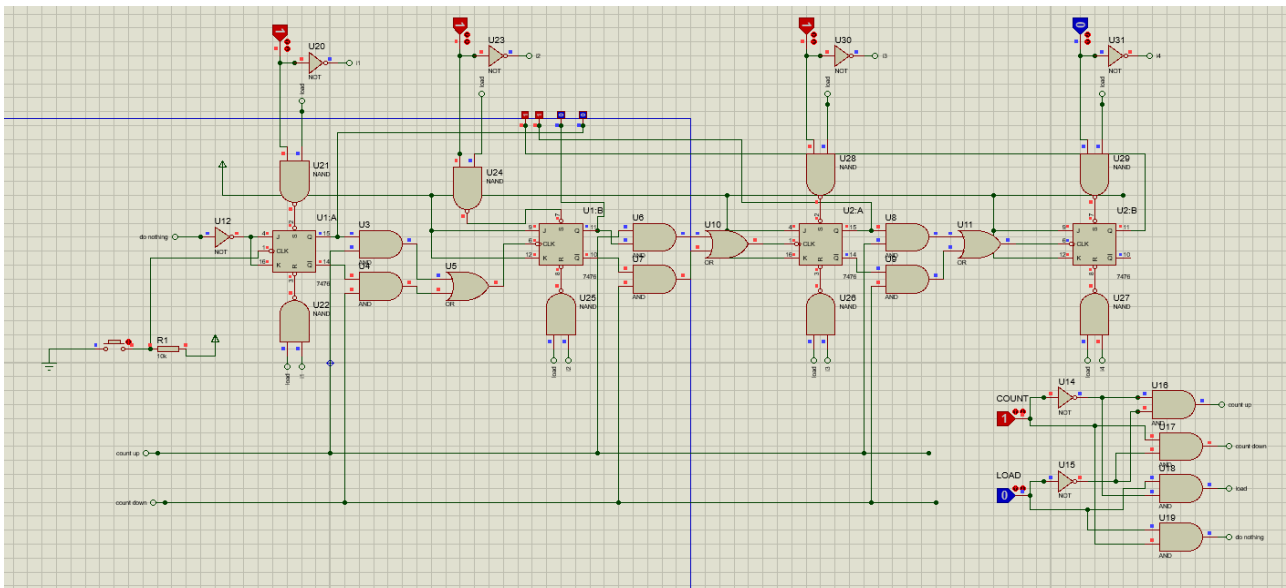
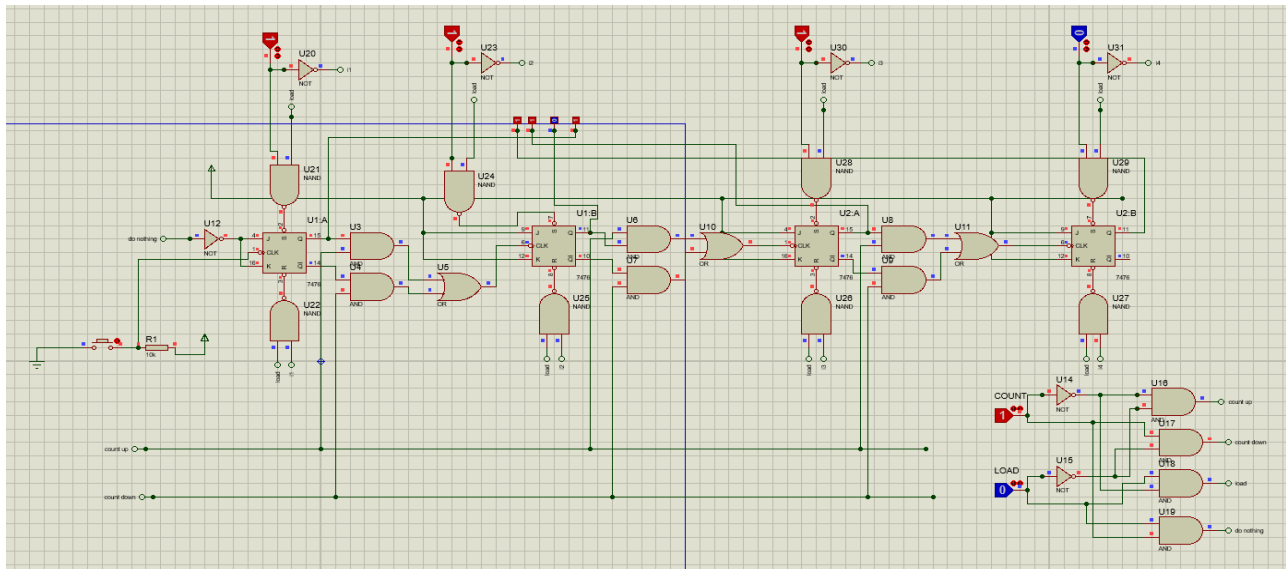
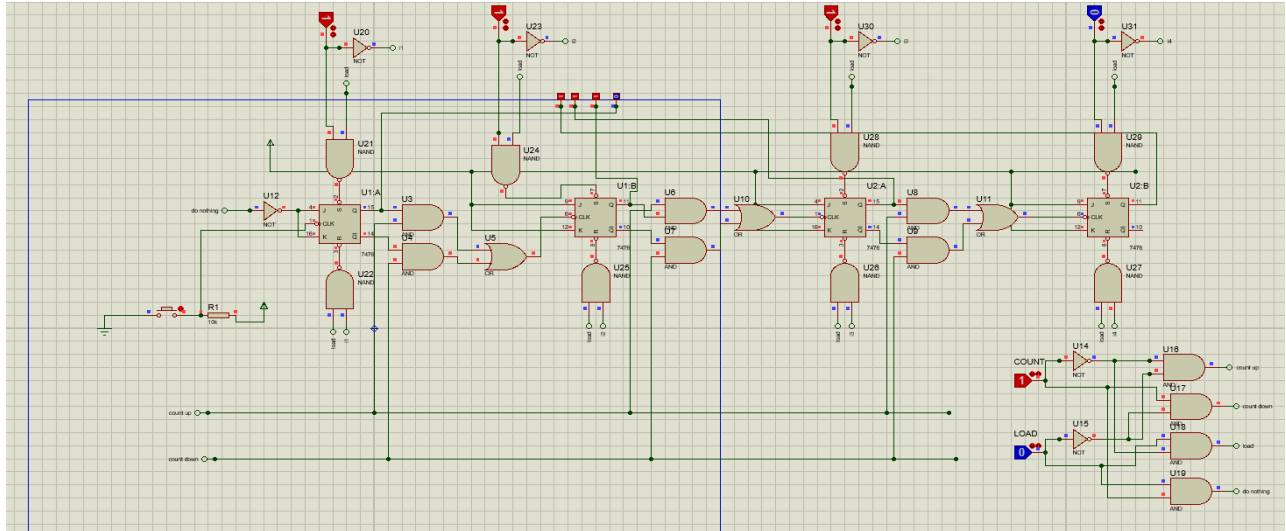


حالت بالا شمردن برای به ترتیب برای اعداد ۳ و ۴ و ۵:

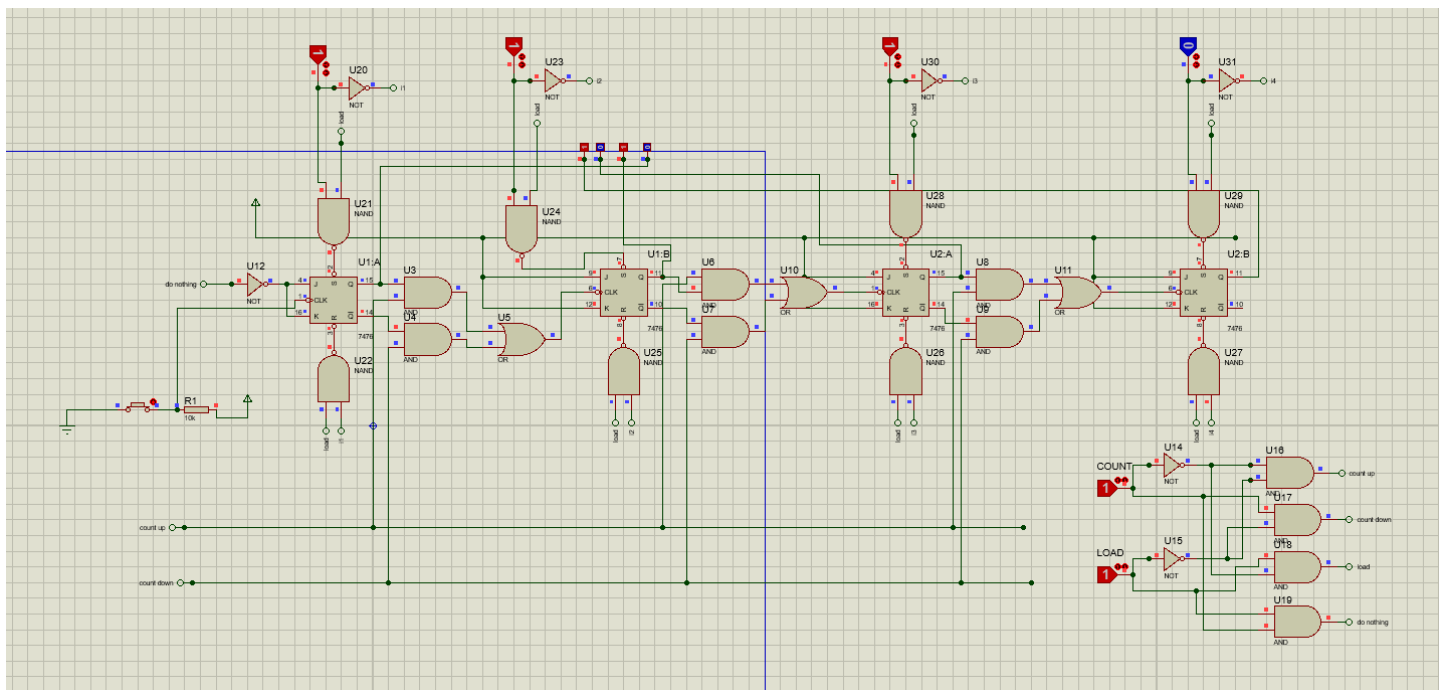
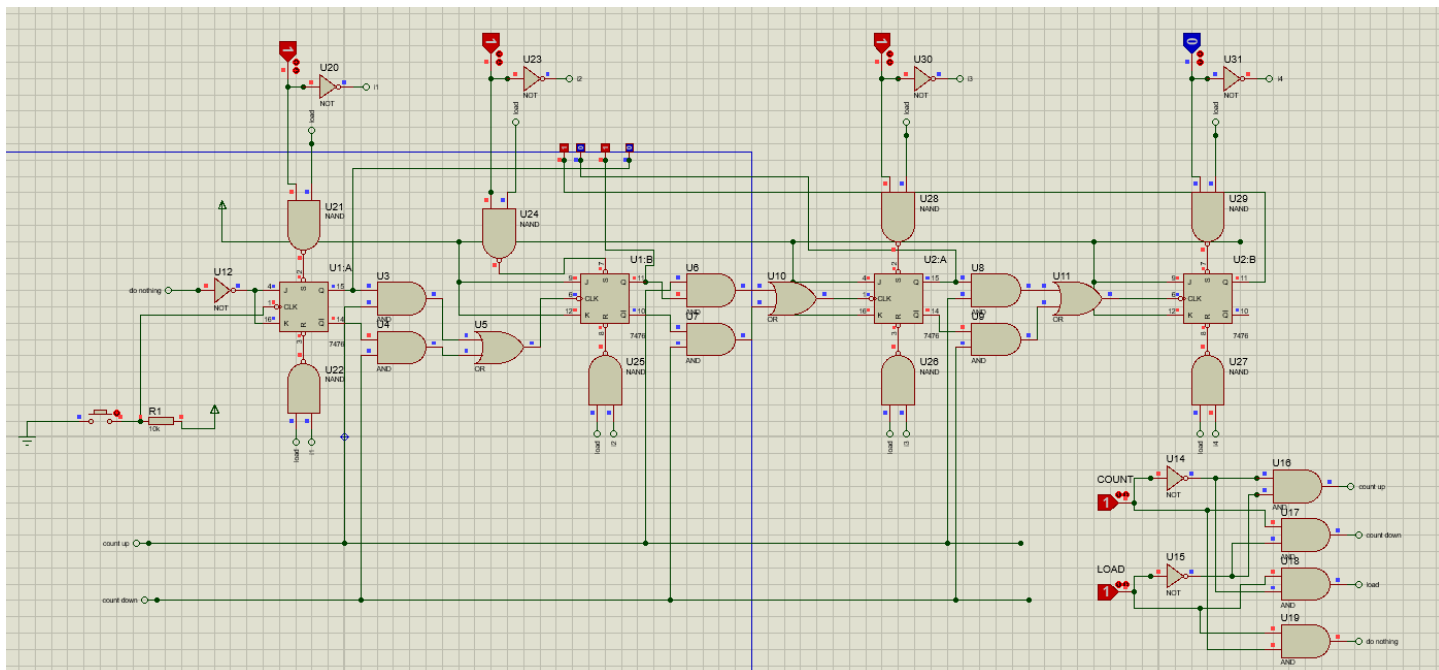




حالت پایین شماری به ترتیب برای اعداد ۱۴ و ۱۳ و ۱۲:



کارکرد مدار برای حالت کاری نکردن در تصاویر زیر مشخص است زیرا سیگنال کلاک رسیده اما خروجی مدار تغییری نکرده است.



شمارنده دودویی سنکرون

در این قسمت از ما خواسته شده تا با استفاده از سه فلیپ فلاپ مداری طراحی کنیم تا اعداد صفر تا هفت را سه تا در میان در جهت انتخابی بالا یا پایین بشمرد.

برای این کار ابتدا باید J, K مربوط به هر فلیپ فلاپ را بدست آوریم. می‌دانیم اگر J, K در فلیپ فلاپ به یک ورودی یکسان متصل باشند فلیپ فلاپ JK به فلیپ فلاپ T تبدیل می‌شود. بنابراین برای بدست آوردن ورودی های J, K کافی است مدار را برای سه فلیپ فلاپ T ساده کنیم. برای این کار جدول درستی مربوط به مدار را رسم کرده و ورودی های T را بدست می‌آوریم.

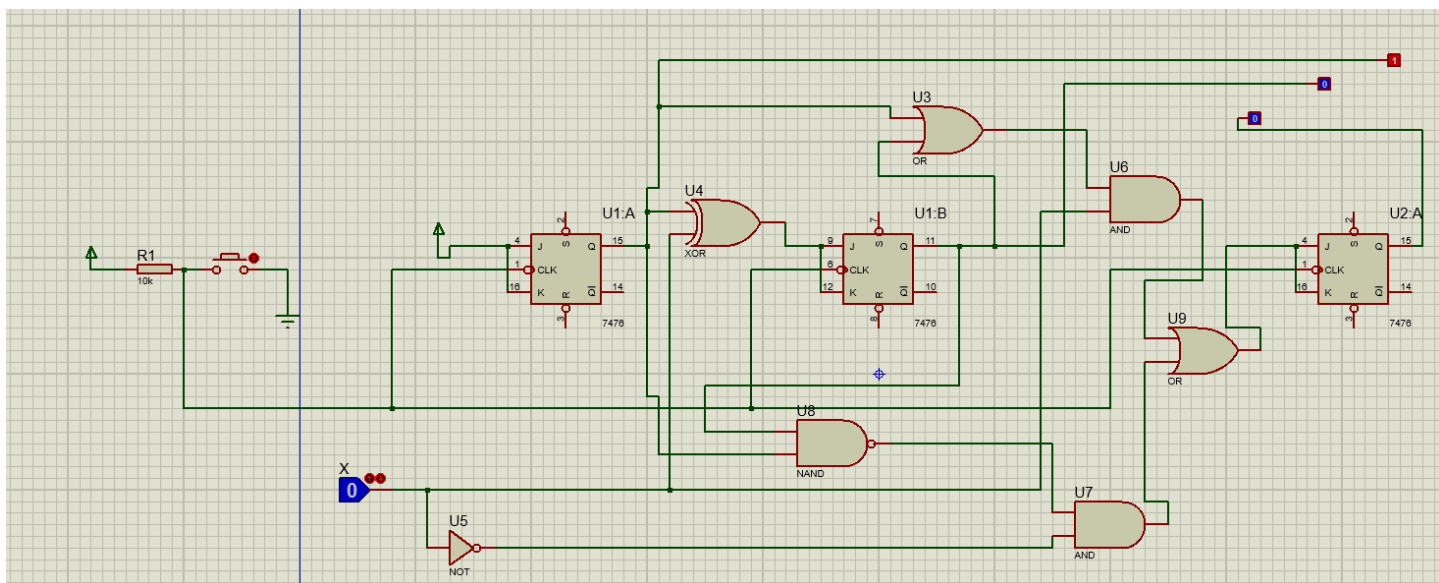
DS	NS	T_2, T_1, T_0			
A_2, A_1, A_0	A_2^+, A_1^+, A_0^+				
0 0 0	0 1 1	0	1	1	حالت بالا شمار $X=1$
0 0 1	1 0 0	1	0	1	
0 1 0	1 0 1	1	1	1	
0 1 1	1 1 0	0	0	1	
1 0 0	1 1 1	0	1	1	
1 0 1	0 0 0	1	0	1	
1 1 0	0 0 1	1	1	1	
1 1 1	0 1 0	1	0	1	
<hr/>					
0 0 0	1 0 1	1	0	1	حالت پایین شمار $X=0$
0 0 1	1 1 0	1	1	1	
0 1 0	1 1 1	0	0	1	
0 1 1	0 0 0	1	1	1	
1 0 0	0 0 1	1	0	1	
1 0 1	0 1 0	1	1	1	
1 1 0	0 1 1	0	0	1	
1 1 1	1 0 0	0	1	1	

$\rightarrow T_0 = 1 \quad T_1 = A_0 \oplus X$
 $T_2 = (A_1 + A_0)X + \bar{X}(\bar{A}_1 + \bar{A}_0)$

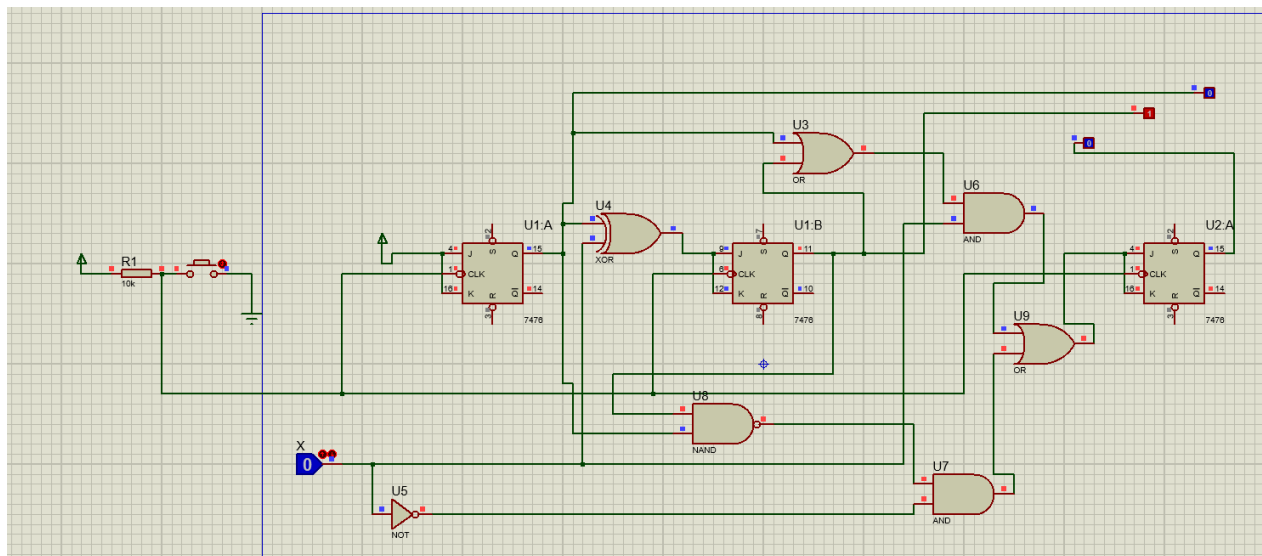
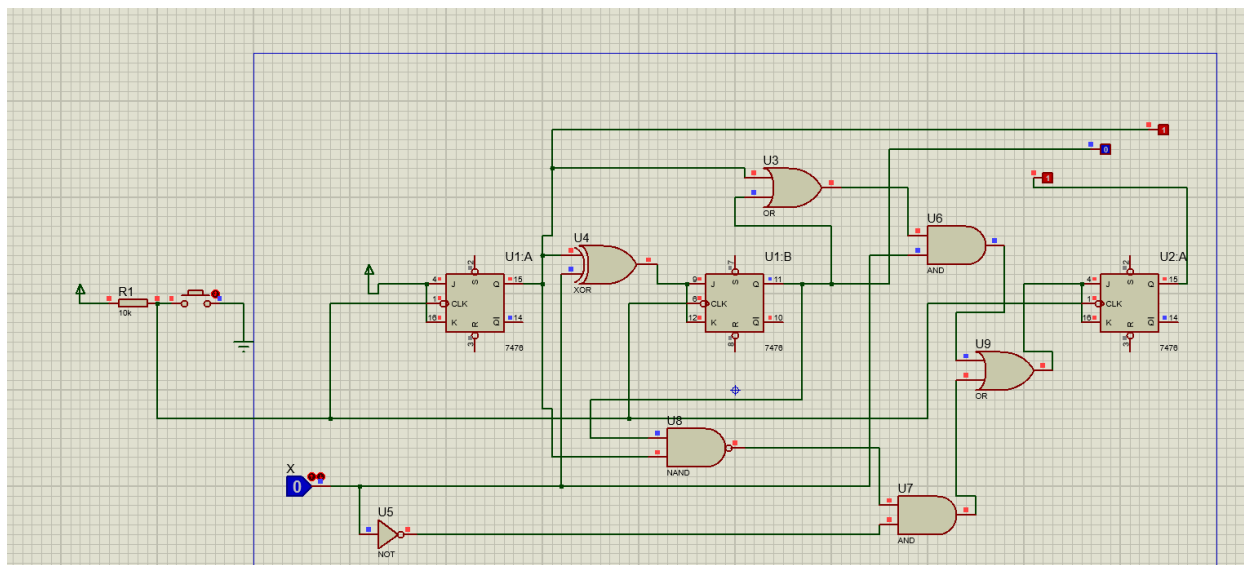
$$\rightarrow T_0 = 1 \quad T_1 = A_0 \oplus X$$

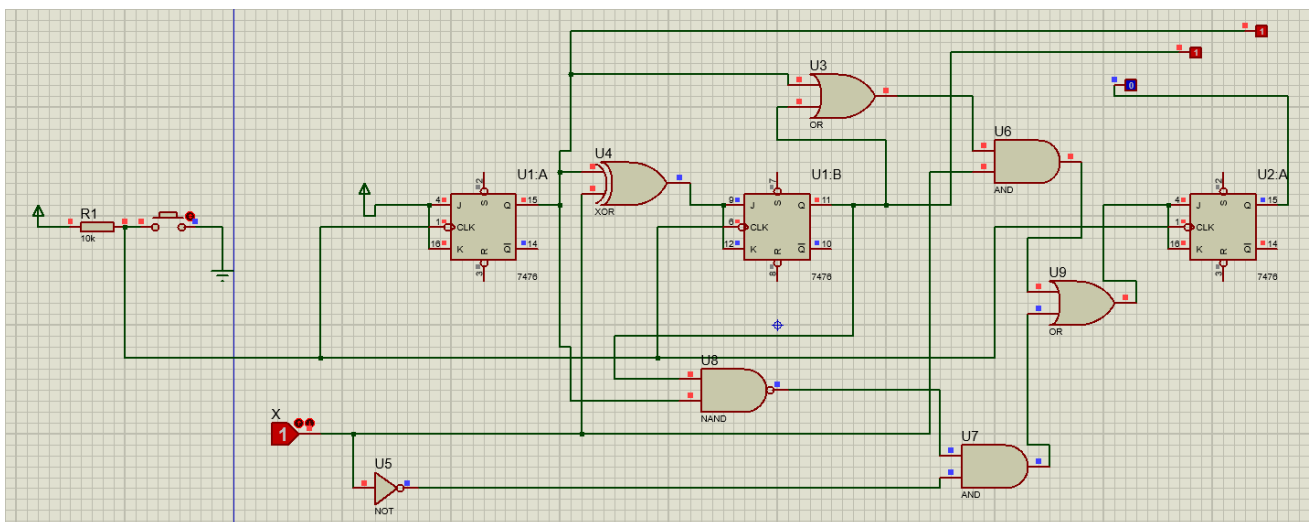
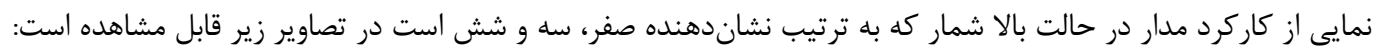
$$T_2 = (A_1 + A_0)X + \bar{X}(\bar{A}_1 + \bar{A}_0)$$

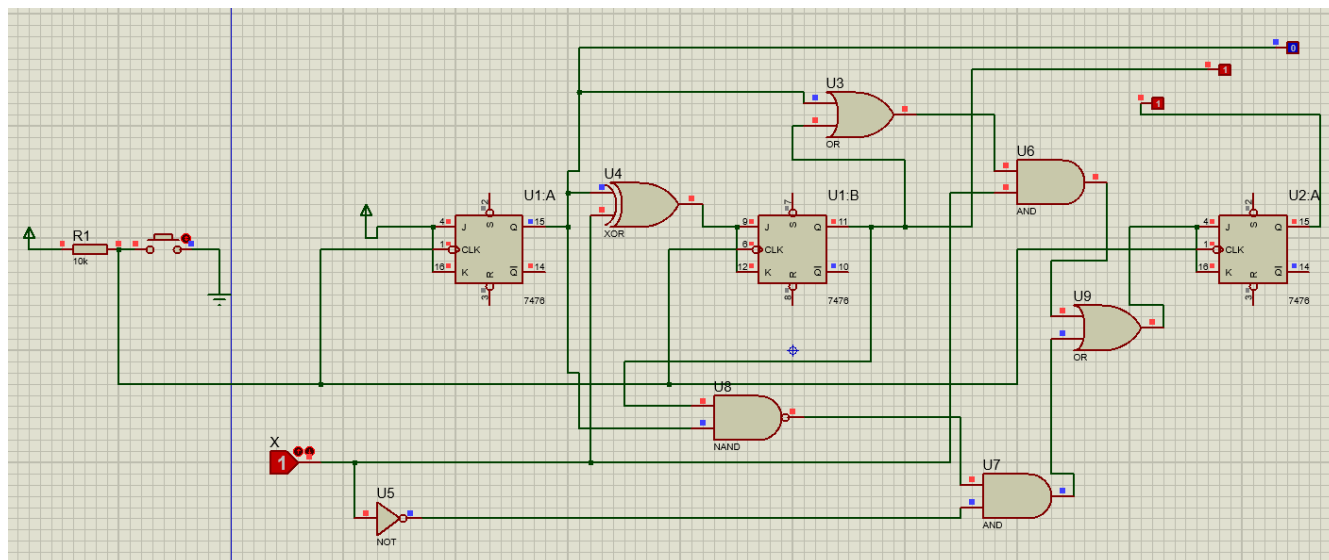
حال کافی است هنگام رسم مدار هر دو ورودی فلیپ فلاپ را به یک ورودی T مربوط به آن که رابطه آن را در بالا بدست آوردیم متصل کنیم. تصویر مدار در صفحه بعد آورده شده است.



نمایی از کارکرد مدار در حالت پایین شمار که به ترتیب نشان‌دهنده پنج، دو و هفت است در تصاویر زیر قابل مشاهده است:

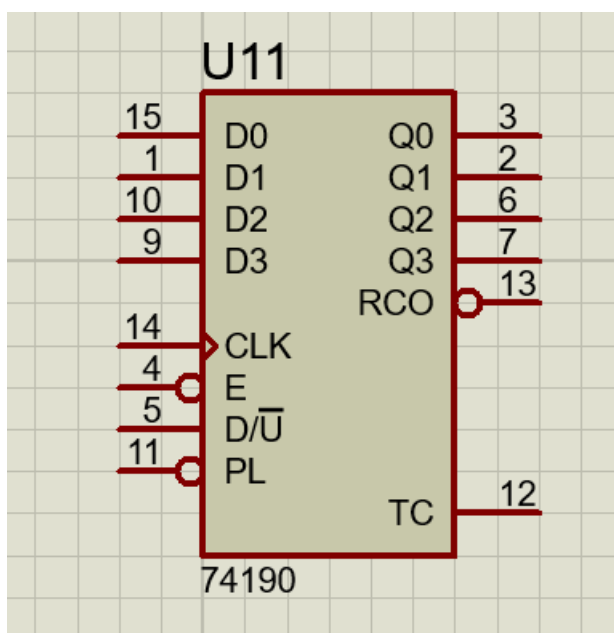






شمارنده BCD

در این قسمت باید با استفاده از دو تراشه ۷۴۱۹۰ که یک شمارنده BCD با قابلیت بالاشماری، پایین شماری و مقداردهی اولیه است و دو قطعه نمایشگر seven segment یک شمارنده برای شمارش اعداد ۰ تا ۶۳ طراحی کنیم.



این تراشه ۷ ورودی و یک کلاک دارد که بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

۴ ورودی D0 تا D3 ورودی‌های حالت بارگذاری موازی هستند.

ورودی E ورودی فعال‌ساز است که باید دقت کنیم که فعال پایین است.

ورودی بعدی پایین شمار یا بالا شمار بودن تراشه را مشخص می‌کند.

و در نهایت ورودی PL که فعال پایین است هم مشخص‌کننده حالت بارگذاری موازی است که اگر به آن صفر بدهیم تراشه در حالت بارگذاری موازی قرار می‌گیرد.

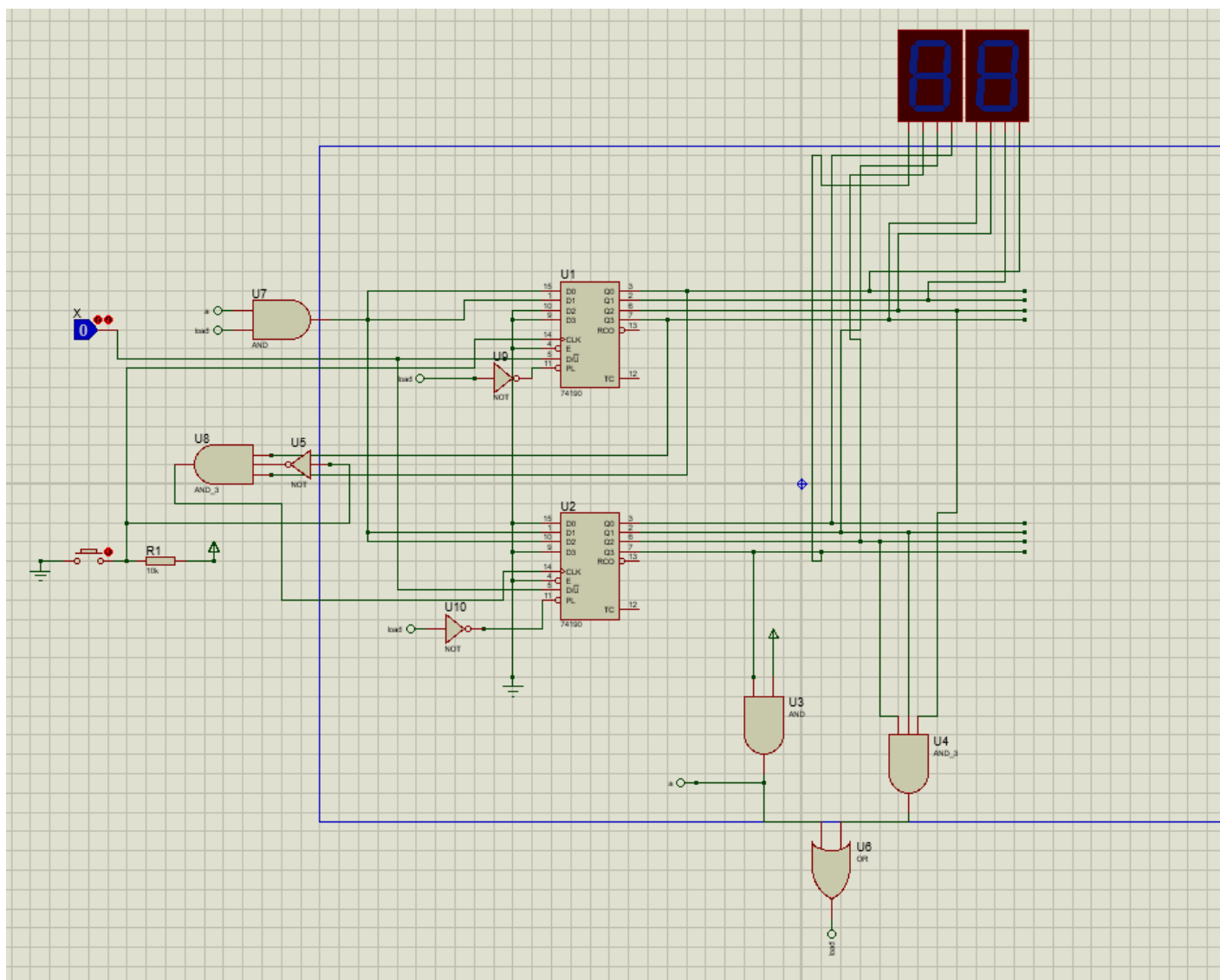
این تراشه ۶ خروجی نیز دارد که ما فقط به ۴ خروجی اول آن که مشخص‌کننده عدد هستند نیاز داریم.

برای ساخت یک عدد دورقمی با استفاده از دو تراشه ۷۴۱۹۰، یک تراشه را به رقم اول و دیگری را به رقم دوم اختصاص می‌دهیم. برای این کار باید هر بار که عدد تراشه اول به ۹ رسید پالس کلاک مربوط به تراشه دوم برسد تا عدد مربوط به آن یک واحد زیاد شود. یک push button کلی برای کلاک در نظر می‌گیریم و آن را به تراشه‌ی اول متصل می‌کنیم. برای کلاک تراشه دوم (دهگان) یک گیت AND سه ورودی قرار می‌دهیم و به ورودی‌های آن معکوس کلاک اول و بیت با ارزش بیشتر و کمتر تراشه اول را می‌دهیم. (به نوعی بررسی می‌کنیم که تراشه‌ی اولی به ۱۰۰۱ رسیده یا خیر) یک ورودی هم برای پایین یا بالاشماری قرار می‌دهیم.

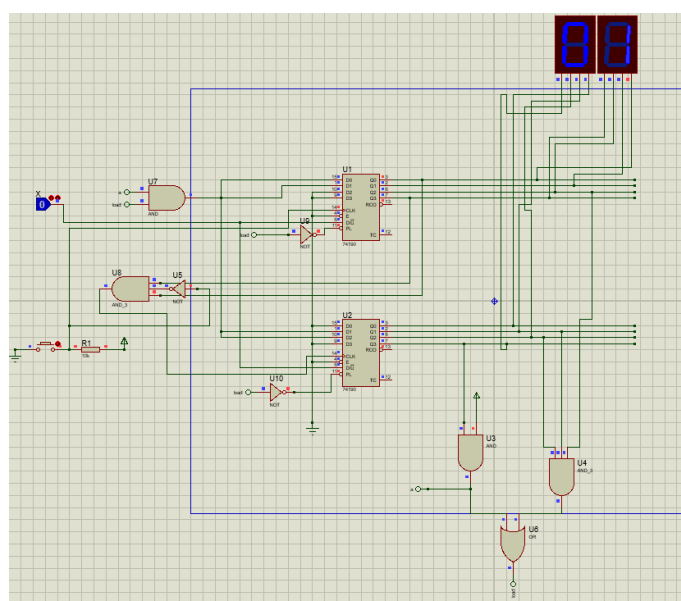
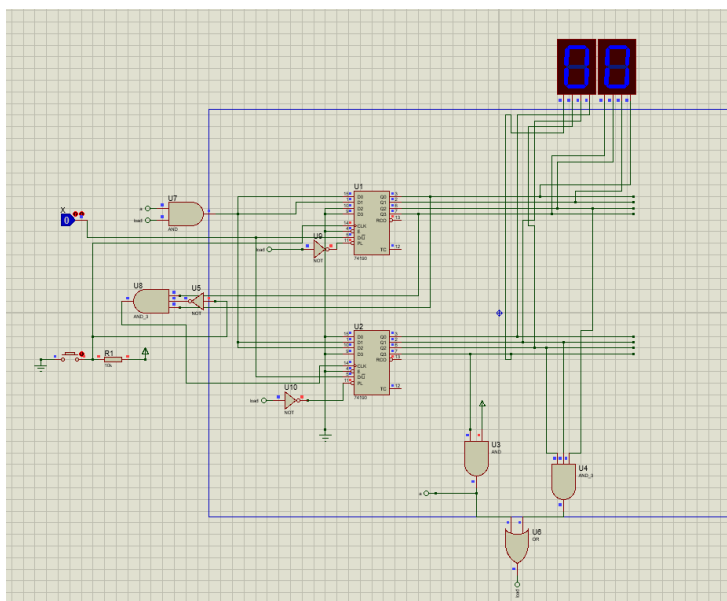
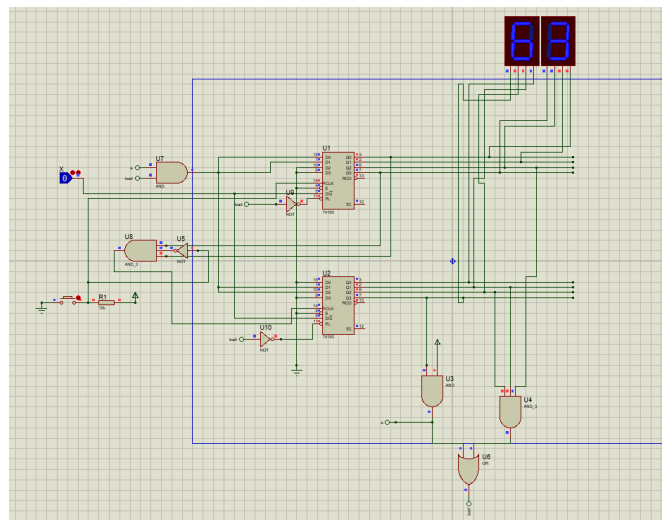
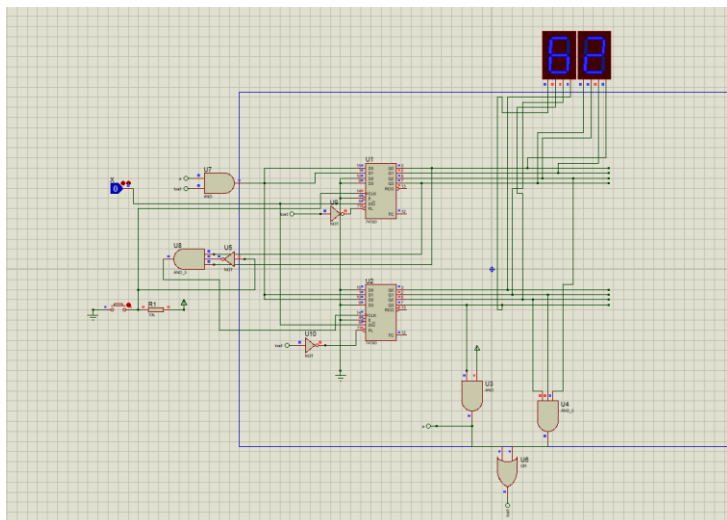
در اینجا تنها نکته‌ای وجود دارد حالت های خاص صفر (در حالت پایین شمار) و ۶۳ (در حالت بالا شمار) هستند که اگر در عدد ۶۳ باشیم پس از آن باید به صفر برویم و اگر در صفر باشیم بعد از آن باید به ۶۳ برویم. این دو استثنا را با قابلیت مقداردهی موازی هندل می‌کنیم. بقیه موارد با استفاده از شمارنده آماده انجام می‌شوند. برای بررسی این دو حالت خاص کافی است هرگاه این دو حالت خاص اتفاق افتاد سیگنال PL را یک لحظه LOW کنیم تا بارگذاری موازی صورت بگیرد. (ورودی‌های آن هم خود مشخص می‌کنیم).

اگر عدد صفر باشد و ما در حالت پایین شمار باشیم عدد بعدی مدار ۹۹ خواهد بود. بنابراین کافی است ببینیم بیت با ارزش بیشتر تراشه دوم یک هست یا خیر و به این بیت ترمینال a را می‌دهیم تا بعدتر از آن استفاده کنیم. اگر عدد ۶۳ باشد و ما در حالت بالا شمار باشیم عدد بعدی ۶۴ است. بنابراین یک گیت AND برای بررسی ۶۴ بودن عدد قرار می‌دهیم. هر کدام که اتفاق بیافتد به حالت بارگذاری موازی می‌رویم. برای بارگذاری موازی به این‌گونه عمل می‌کنیم که در تراشه اول بیت اول و دوم را به a وصل می‌کنیم و سایر را به زمین و در تراشه دوم بیت دوم و سوم را به a وصل می‌کنیم و سایر را به زمین. در این صورت اگر در بارگذاری موازی باشیم با توجه به ورودی a به ۶۳ یا صفر می‌رسیم.

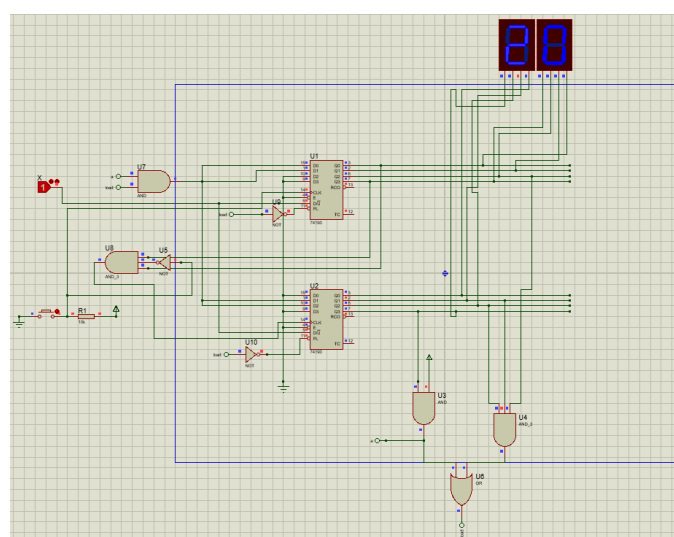
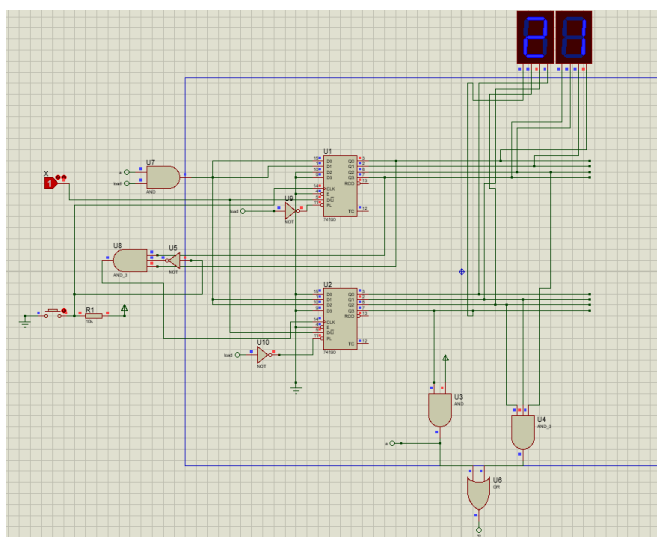
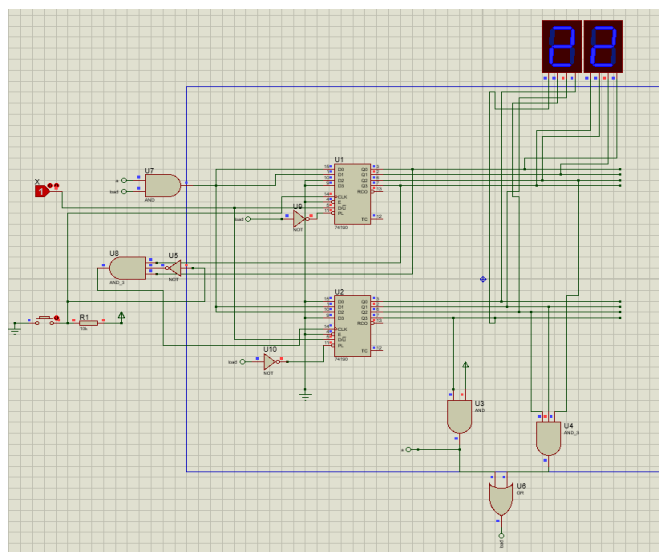
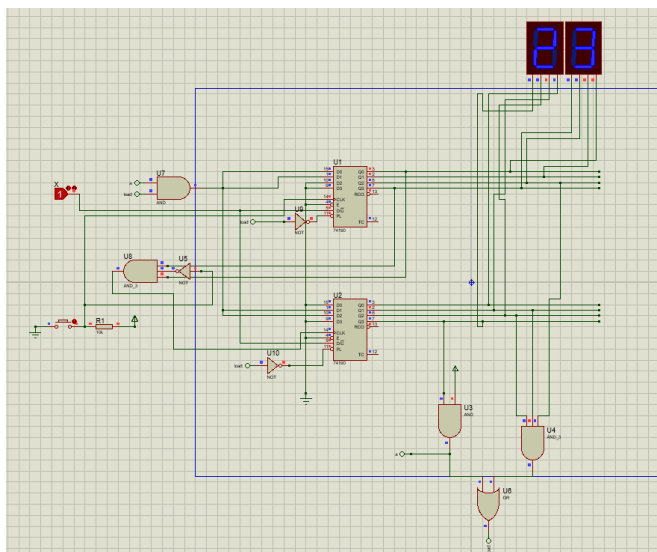
شکل نهایی مدار در Proteus به صورت زیر می‌شود:



نمایی از کارکرد مدار در حالت بالا شمار را در تصاویر زیر که نشان‌دهنده اعداد ۶۲، ۶۳، ۰ و ۱ هستند می‌توان مشاهده کرد:



نمایی از کارکرد مدار در حالت پایین‌شمار را در تصاویر صفحه بعد که نشان‌دهنده اعداد ۲۳، ۲۲، ۲۱ و ۲۰ هستند می‌توان مشاهده کرد:



نتیجه گیری

در این آزمایش با انواع مختلف شمارنده‌ها آشنا شدیم. در آزمایش اول شمارنده‌ای با قابلیت بالاشماری، پایین‌شماری و بارگذاری موازی را طراحی کردیم. در نتیجه دریافتیم شمارنده‌ها تعداد دفعاتی که یک رویداد رخ داده را می‌توانند محاسبه یا ثبت کنند. در قسمت دوم شمارنده‌ای را طراحی کردیم که با الگو ۳ تا درمیان کار می‌کرد. از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از شمارنده‌ها می‌توان مدارهای طراحی کرد که با الگوهای خاصی بشمرند به عنوان مثال می‌توانیم شمارنده‌هایی طراحی کنیم که اعداد زوج یا فرد یا مضارب عددی خاص و ... را بشمرند. به طور کلی شمارنده‌ها نه تنها برای شمارش بلکه برای اندازه‌گیری فرکانس و زمان نیز استفاده می‌شوند.