

به نام خدا



مدار کنترل کننده

آزمایشگاه مدار منطقی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی شریف

---

نویسنده:

رادین چراغی

شماره دانشجویی:

۴۰۱۱۰۵۸۱۵

تاریخ ارائه تکلیف:

۱۴۰۲/۰۵/۲۴

## فهرست

۲	..... فهرست
۳	..... مقدمه
۳	..... آزمایش اول: تایمر ماشین لباسشویی
۳	..... ۱.۱ – ASM CHART مربوط به آزمایش اول
۴	..... ۱.۲ – ساده سازی با روش دیکودر
۵	..... ۱.۳ – رسم مدار در نرم افزار
۱۷	..... آزمایش دوم: تلفن از راه دور
۱۷	..... ۲.۱ – رسم ASM CHART مربوط به آزمایش دوم
۱۹	..... ۲.۲ – رسم مدار در نرم افزار
۲۴	..... نتیجه‌گیری

## مقدمه

هدف از انجام این آزمایش آشنایی با مدارهای کنترل کننده و طراحی آنها به کمک ASM CHART است. در این جلسه با دو آزمایش سروکار داریم. در آزمایش شماره اول از ما خواسته شده تا با کمک ASM CHART تایмер ماشین لباسشویی را طراحی کنیم. مدار آزمایش دوم یک شبیه‌ساز عملکرد تلفن راه دور است که باید با رسم ASM CHART، آن مدار را در نرم‌افزار Proteus رسم کنیم.

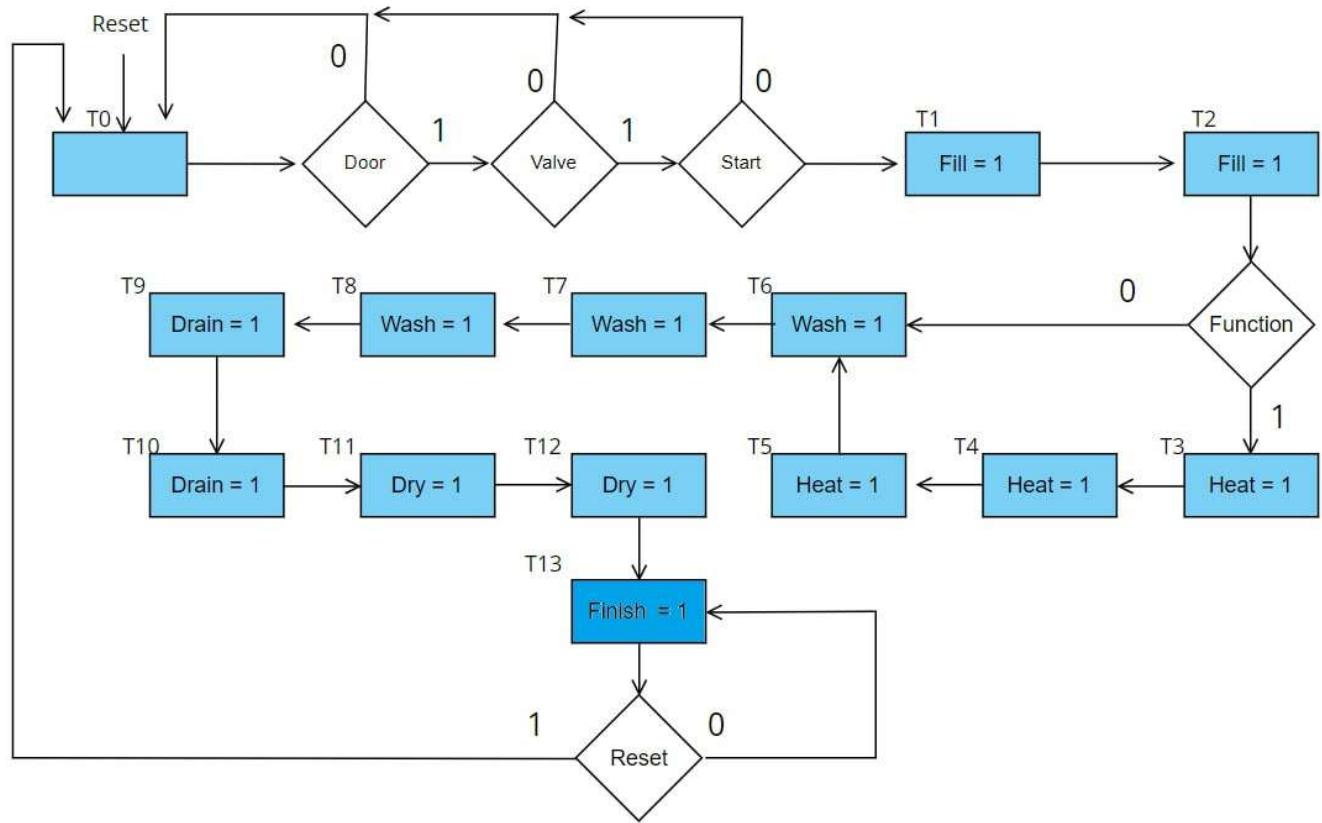
## آزمایش اول: تایmer ماشین لباسشویی

ابتدا به شرح این آزمایش می‌پردازیم. این مدار ۴ ورودی شروع (START)، باز و بسته بودن شیر آب (VALVE)، باز و بسته بودن در ماشین لباسشویی (DOOR) و انتخاب برنامه شست و شو (FUNCTION) و یک push button برای ریست مدار دارد. برای آغاز به کار ماشین لباسشویی باید هر سه ورودی اولیه فعال باشند در غیر اینصورت لباسشویی شروع به کار نمی‌کند. لباسشویی مذکور دو وضعیت شستشو با آب گرم و آب سرد را دارد که با یک کلید Function مشخص می‌شود. در هر دو برنامه عملیات آبگیری، شستشو، تخلیه و خشک کردن با زمان بندی‌های خاص انجام می‌شود. تنها تفاوت دو وضعیت مذکور مربوط به عمل گرم کردن آب است که در حالت شست و شو با آب گرم میان آبگیری و شستشو انجام می‌گردد. مدار طراحی شده باید توانایی تنظیم کردن این اعمال را در فاصله‌های زمانی مشخص داشته باشد. به همین دلیل مدار شش خروجی آبگیری، گرم کردن، شست و شو، تخلیه آب، خشک کردن و خاتمه را داراست. زمان لازم برای عملیات آبگیری، تخلیه و خشک کردن دو پالس ساعت و برای گرم کردن و شست و شو سه پالس ساعت است که هر پالس ساعت معدل یک ثانیه است. در نهایت ماشین لباسشویی در هر دو وضعیت به حالت خاتمه می‌رود و خروجی مربوط به آن فعال می‌شود و تا زمانی RESET فشرده نشود در این حالت باقی می‌ماند.

### ۱.۱ مربوط به آزمایش اول ASM CHART –

برای طراحی ASM CHART یک حالت اولیه در نظر می‌گیریم. سپس سه ورودی مربوط به شروع، شیر آب و در را بررسی می‌کنیم در صورتی که هر سه فعال بودند به حالت بعدی که حالت اول آبگیری است می‌رویم. در غیر اینصورت به همان استیت اولیه بازمی‌گردیم. باید به این نکته دقت شود زمان مربوط به همگی اعمال ماشین لباسشویی بیش از یک پالس کلاک است. برای اجرایی کردن این موضوع به ازای هر پالس کلاکی که یک عمل انجام می‌شود یک حالت در نظر می‌گیریم. به همین سبب برای آبگیری دو حالت در نظر می‌گیریم. سپس بایستی FUNCTION را بررسی کنیم و در صورت فعال بودن به حالت HEAT می‌رویم. برای HEAT باید سه استیت پشت هم در نظر گرفت. در صورتی که FUNCTION فعال نباشد یا حالت‌های مربوط به HEAT خاتمه یافته باشد اعمال شست و شو، تخلیه و خشک کردن انجام می‌شود که به ترتیب برای آن‌ها سه، دو و دو استیت در نظر می‌گیریم. پس از آن به استیت نهایی یا FINISH میرسیم و تا زمانی که ریست فشرده نشود در آن می‌مانیم.

مدار در تصویر زیر قابل مشاهده است:



## ۱.۲ – ساده سازی با روش دیکودر

برای ساده سازی از روش دیکودر استفاده می‌کنیم. به این صورت که پس از تخصیص یک عدد ۴ بیتی به هر حالت که هر بیت نشان‌دهنده خروجی یک فلیپ فlap است جدول درستی مدار را رسم می‌کنیم. برای رسم جدول درستی به ازای هر حالت، حالت بعدی آن را در نظر می‌گیریم و در نهایت معادلات ورودی فلیپ فlap ها و خروجی‌های مدار را بدست می‌آوریم. برای بدست آوردن معادلات مذکور کافی است ستون مربوط به هر خروجی یا ورودی فلیپ فlap را نگاه کنیم و هر ردیفی که یک بود استیت آن ردیف را در نظر می‌گیریم و درنهایت استیت ها را با هم or می‌کنیم. جدول درستی و معادلات مورد نیاز در تصویر صفحه بعد آورده شده است.

F<sub>2</sub> function S<sub>1</sub>.Door.Valve.start

Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub> , Q <sub>0</sub>	S <sub>f</sub>	Q <sub>4</sub> <sup>†</sup>	Q <sub>3</sub> <sup>†</sup>	Q <sub>2</sub> <sup>†</sup>	Q <sub>0</sub> <sup>†</sup>
T <sub>0</sub> { 0	0	0 0	0 X	0	0 0	0	0
0	0	0 0	1 X	0	0 0	0	1
T <sub>1</sub> , 0	0	0 0	1 XX	0	0 1	1	0
T <sub>2</sub> { 0	0	1 0	X 0	0	1 1	0	0
0	0	1 0	X 1	0	0 1	1	1
T <sub>3</sub> ← 0	0	1 1	XX	0	1 0	0	0
T <sub>4</sub> ← 0	1	0 0	XX	0	1 0	1	0
T <sub>5</sub> ← 0	1	0 1	XX	0	1 1	0	0
T <sub>6</sub> ← 0	1	1 0	XX	0	1 1	1	1
T <sub>7</sub> ← 0	1	1 1	XX	1	0 0	0	0
T <sub>8</sub> ← 1	0	0 0	XX	1	0 0	0	1
T <sub>9</sub> ← 1	0	0 1	XX	1	0 1	0	0
T <sub>10</sub> ← 1	1	0 1	XX	1	0 1	1	1
T <sub>11</sub> ← 1	0	1 1	XX	1	1 0	0	0
T <sub>12</sub> ← 1	1	0 0	XX	1	1 0	1	0
T <sub>13</sub> ← 1	1	0 1	XX	1	1 0	1	1

$$D_F = T_V + T_A + T_Q + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13}$$

$$D_R = T_Y F + T_F + T_Y + T_D + T_Y + T_{11} + T_{12} + T_{13}$$

$$D_I = T_1 + T_Y + T_D + T_Y + T_Q + T_{10}$$

$$D_o = T_0 S + T_Y F + T_F + T_Y + T_A + T_{10} + T_{12} + T_{13}$$

$$Fill = T_{11} + T_{12}$$

$$Heat = T_Y + T_F + T_D$$

$$Wash = T_A + T_V + T_A$$

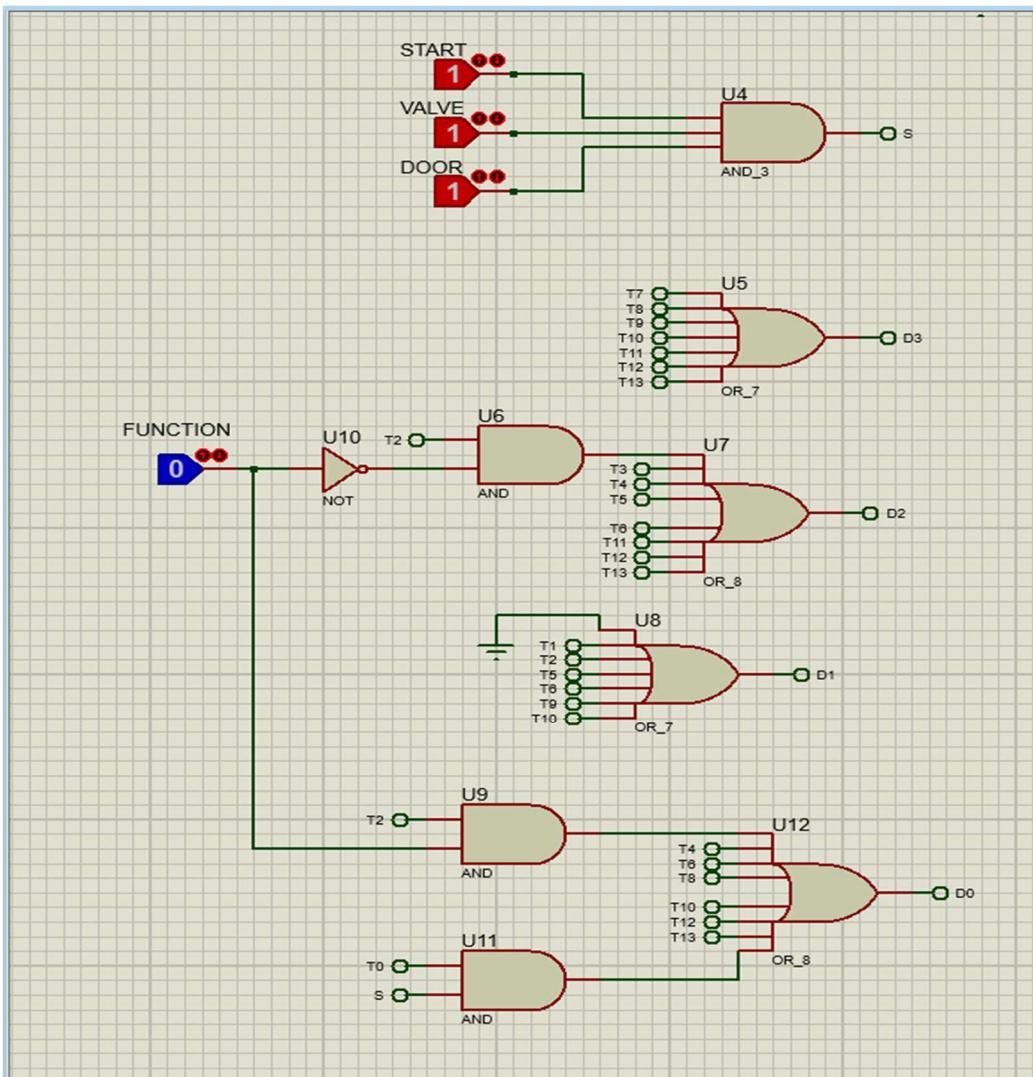
$$Orain = T_A + T_{10}$$

$$Dry = T_{11} + T_{12}$$

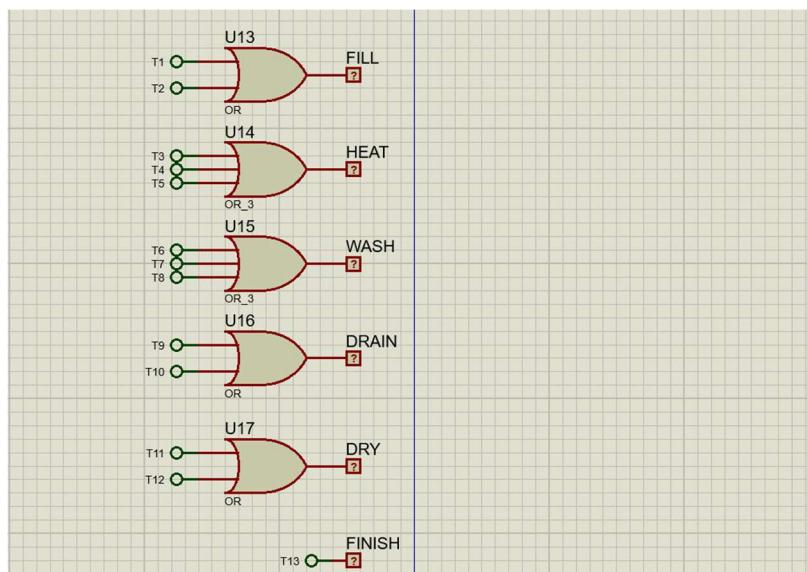
$$Finish = T_{13}$$

### ۱۳ - رسم مدار در نرم افزار

برای رسم مدار در نرم افزار ابتدا سه فلیپ فلاپ و یک دیکودر ۴ به ۱۶ قرار می‌دهیم و خروجی‌های فلیپ فلاپ‌ها را به ۴ ورودی دیکودر متصل می‌کنیم. در اینصورت خروجی‌های دیکودر همان حالت‌های مدار هستند که در ASM CHART دیدیم و برای هر کدام یک ترمینال در نظر می‌گیریم. سپس به ساختن مدار ۵ و مدار ورودی‌های فلیپ فلاپ‌ها بر اساس معادلات تصویر بالا می‌پردازیم که در تصویر زیر قابل مشاهده است.

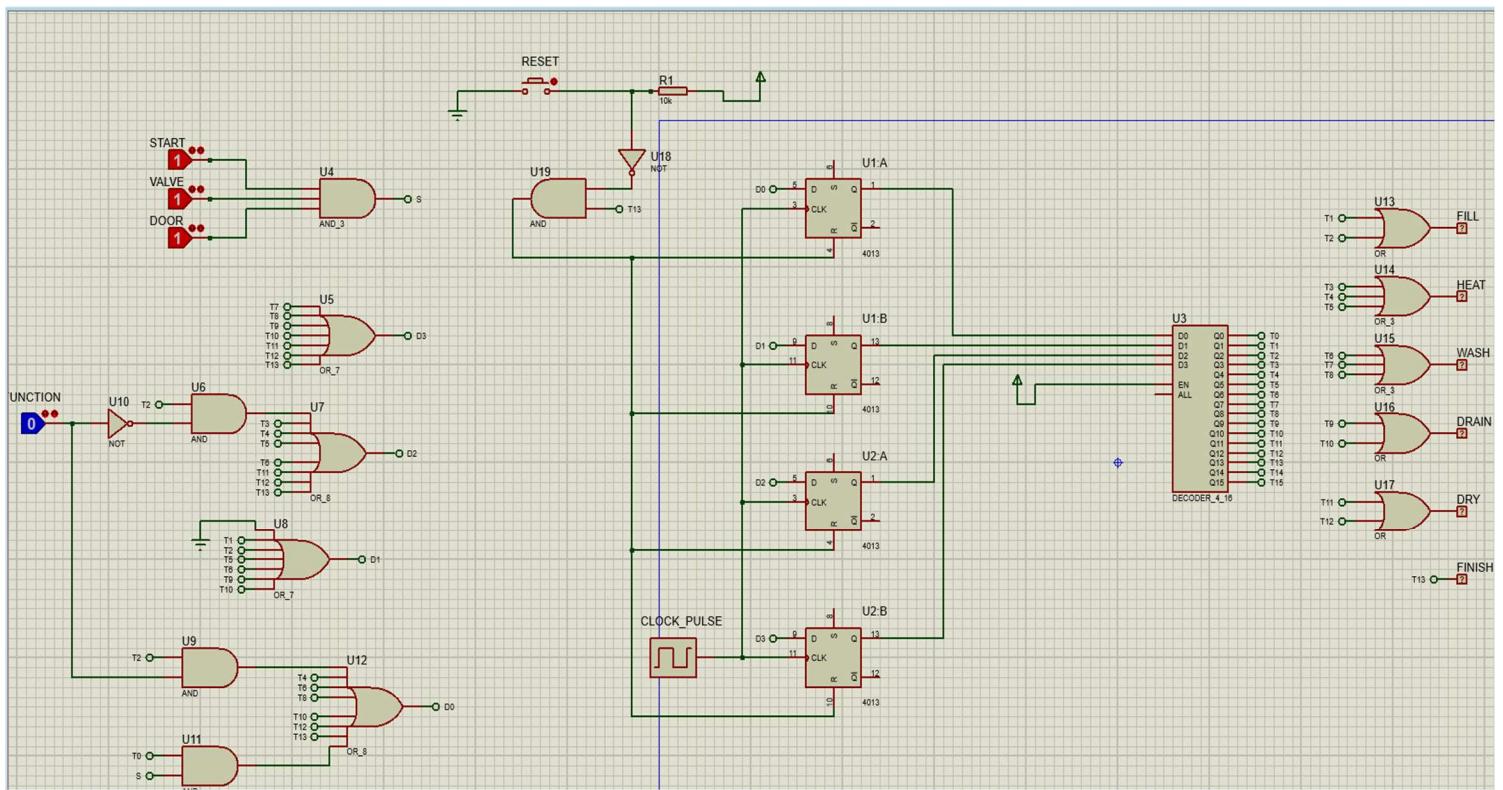


سپس به ساخت مدار خروجی‌های مدار می‌پردازیم که در تصویر زیر مشاهده می‌شود:

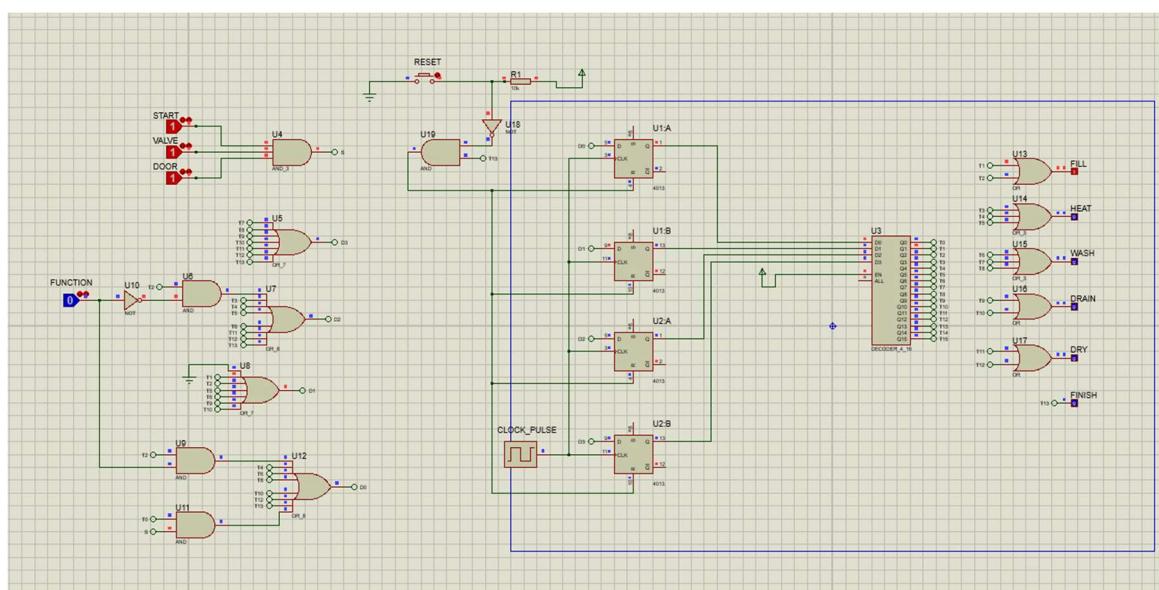


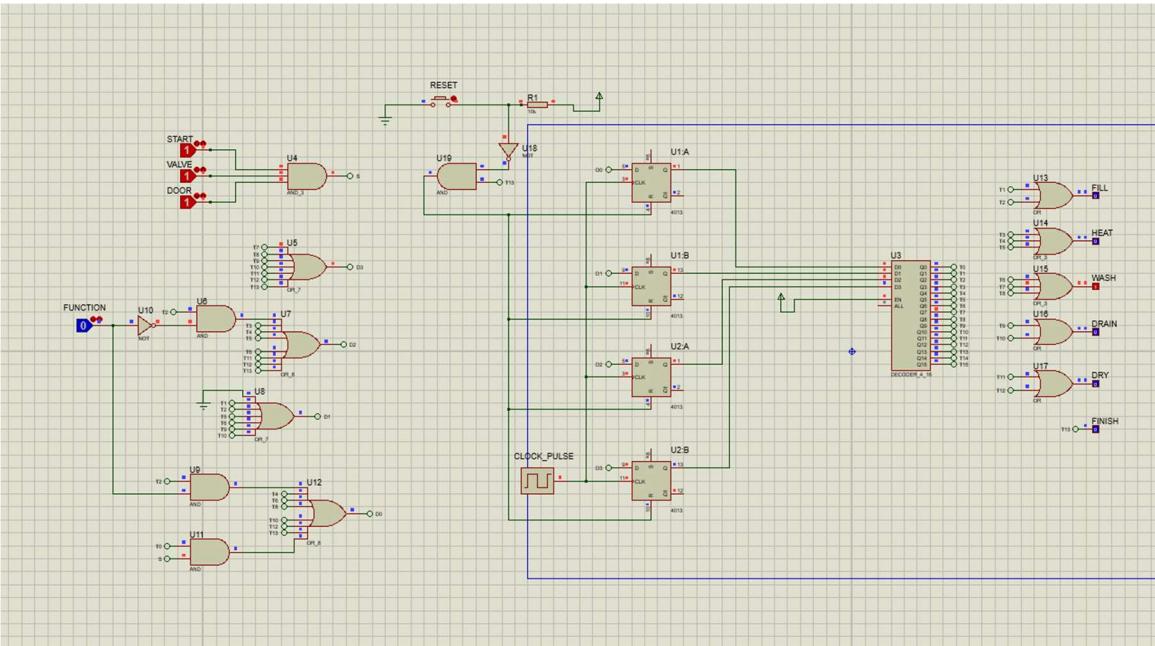
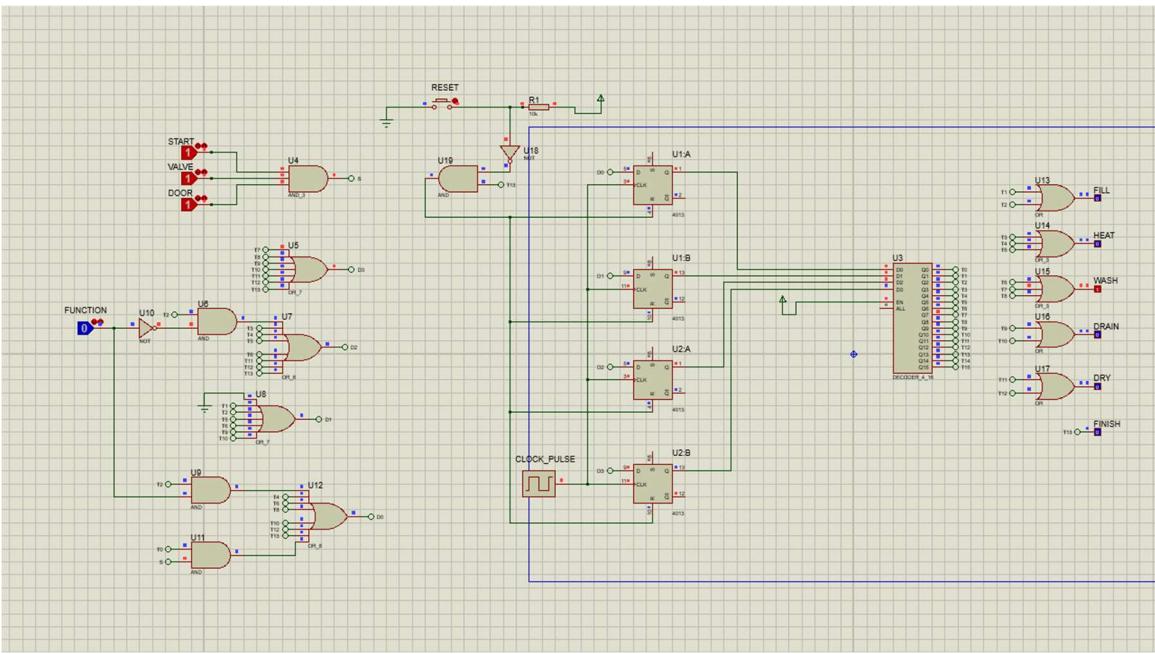
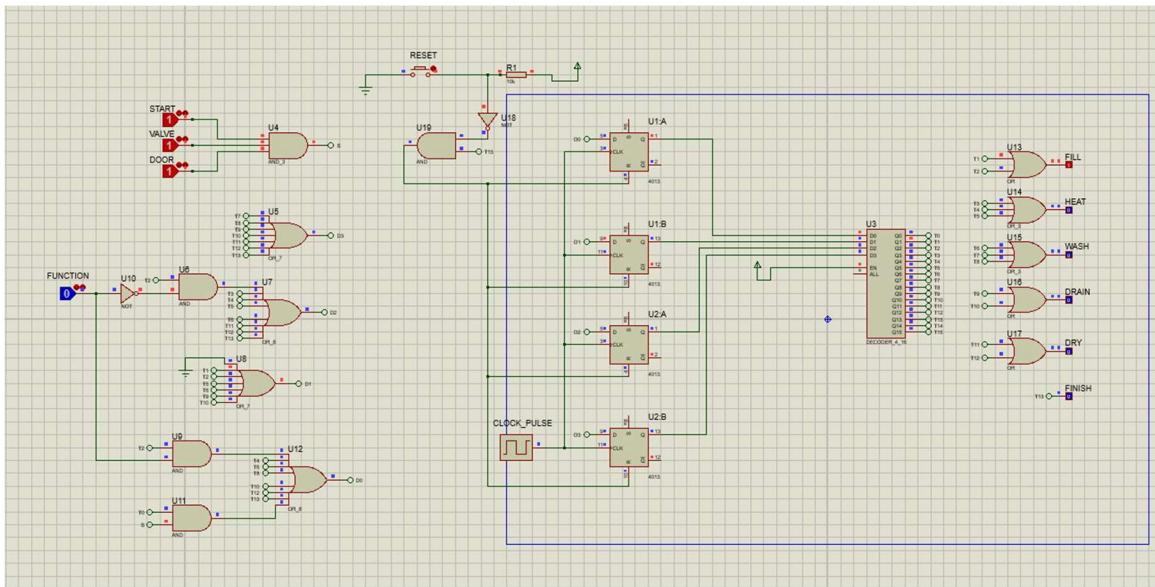
برای ریست کردن مدار در حالت Finish از یک push button استفاده می‌کنیم و با توجه به active low بودن ریست فلیپ‌فلاپ معکوس آن را با معکوس ترمینال T13 اند می‌کنیم و به ریست تمامی فلیپ‌فلاپ‌ها متصل می‌کنیم.

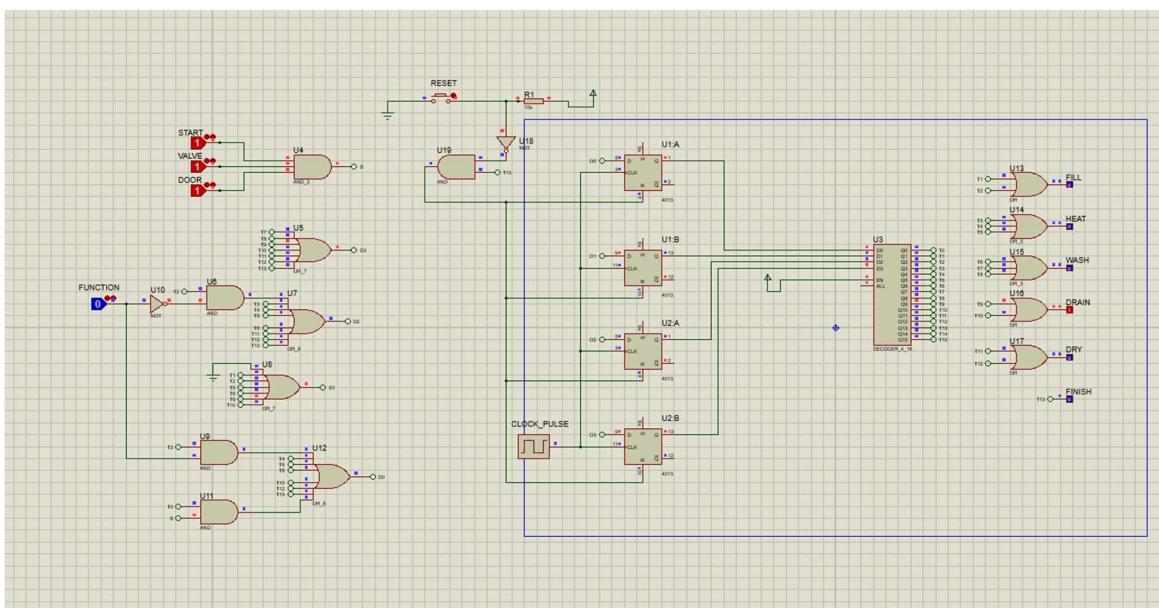
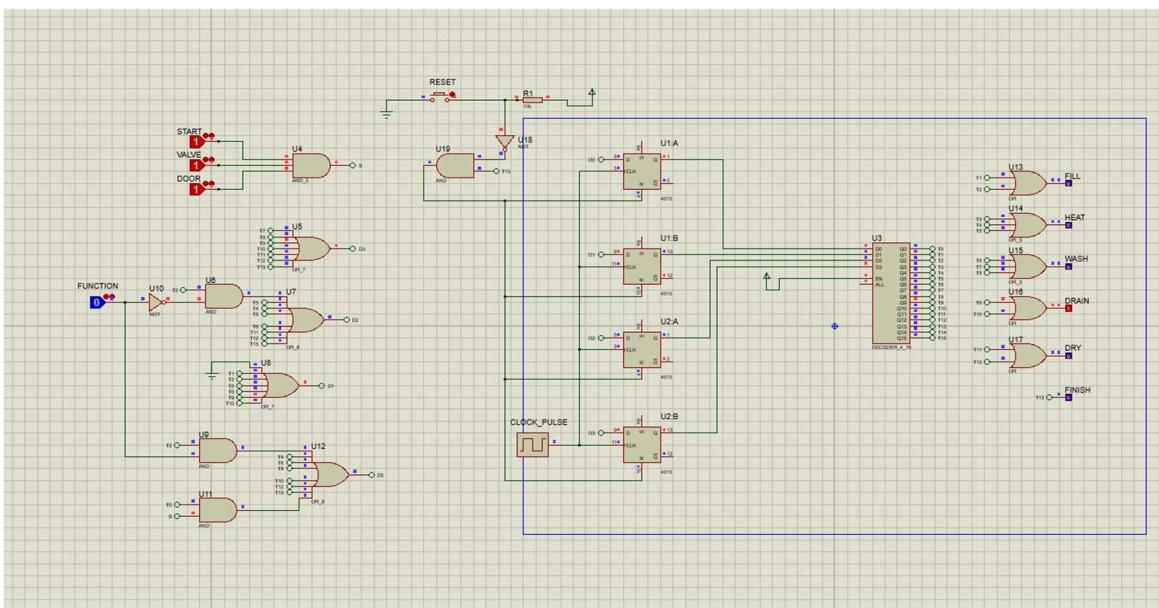
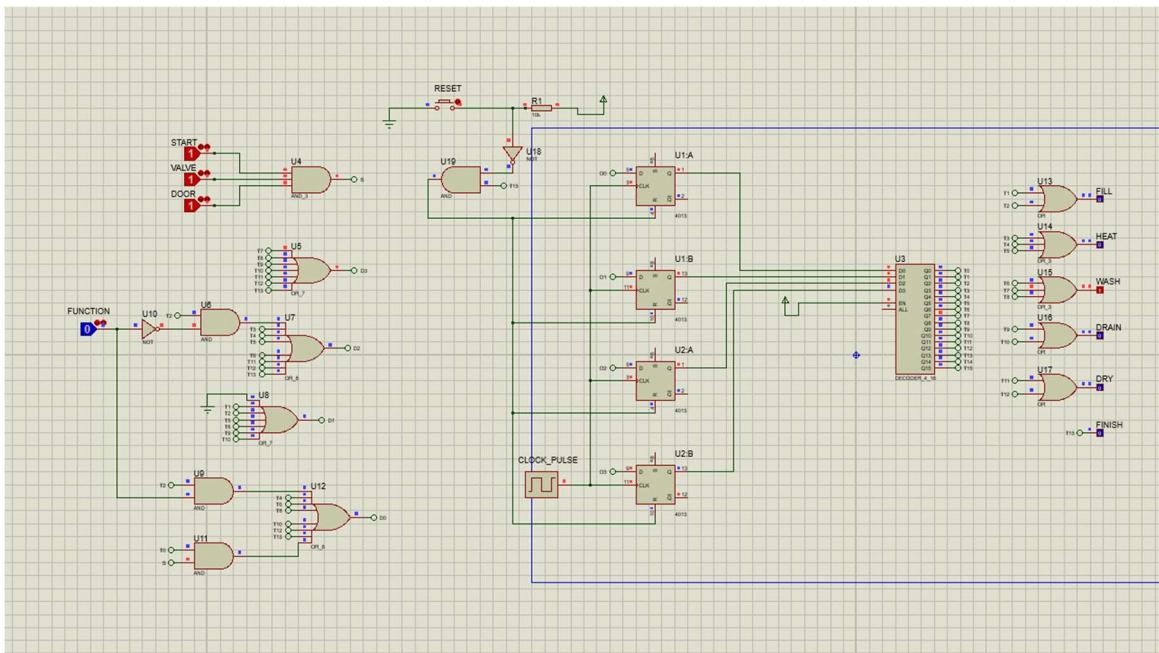
در نهایت تصویر کلی مدار به صورت زیر است:

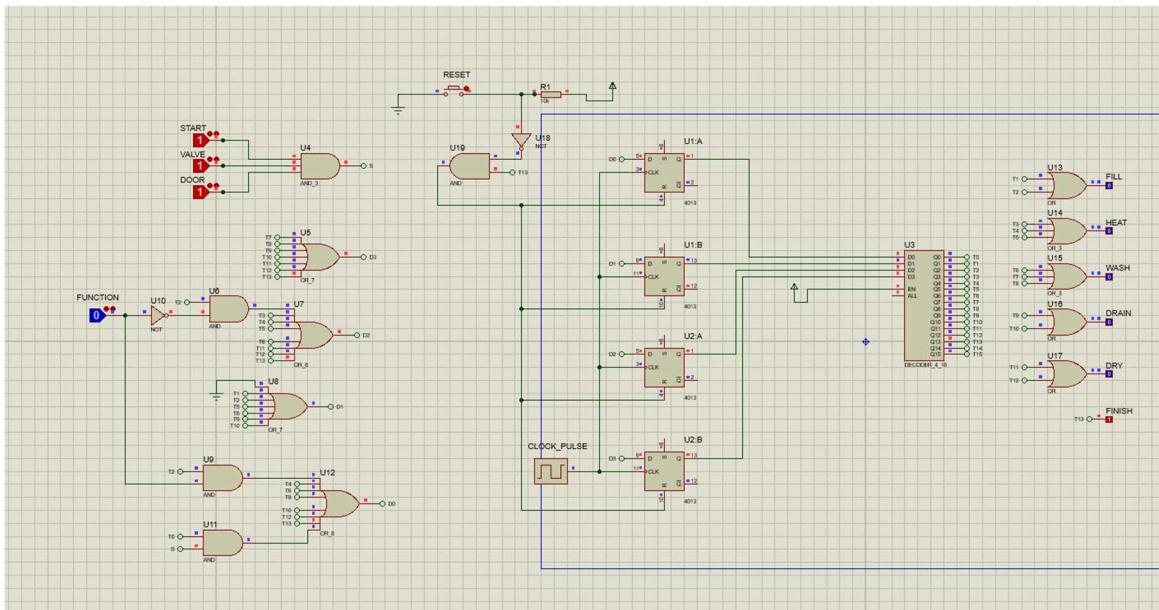
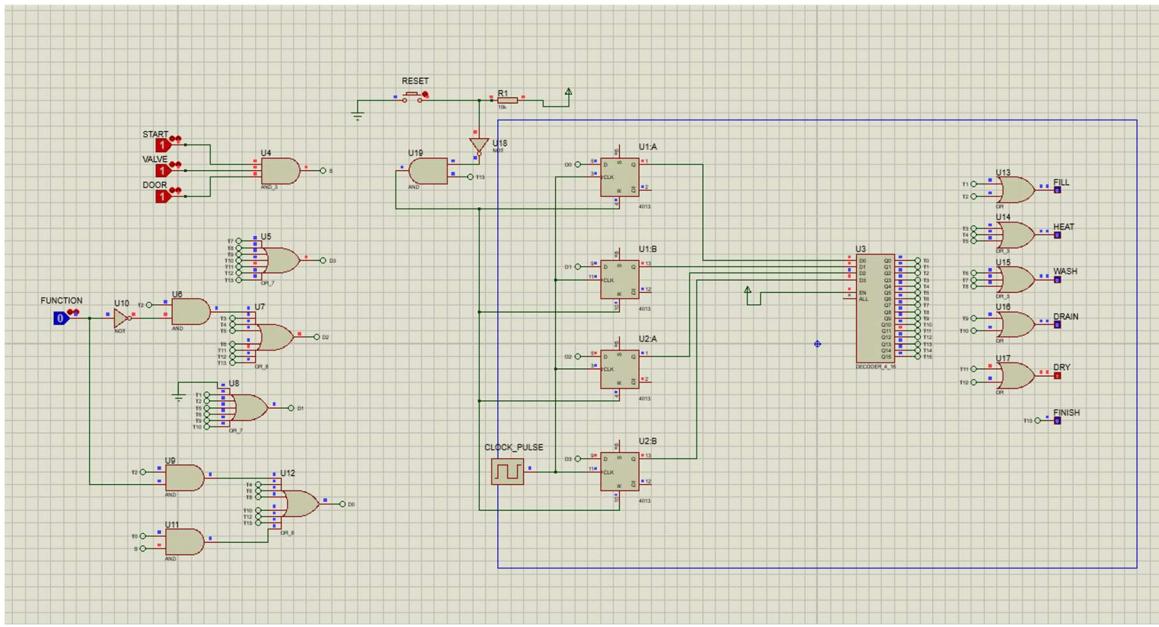
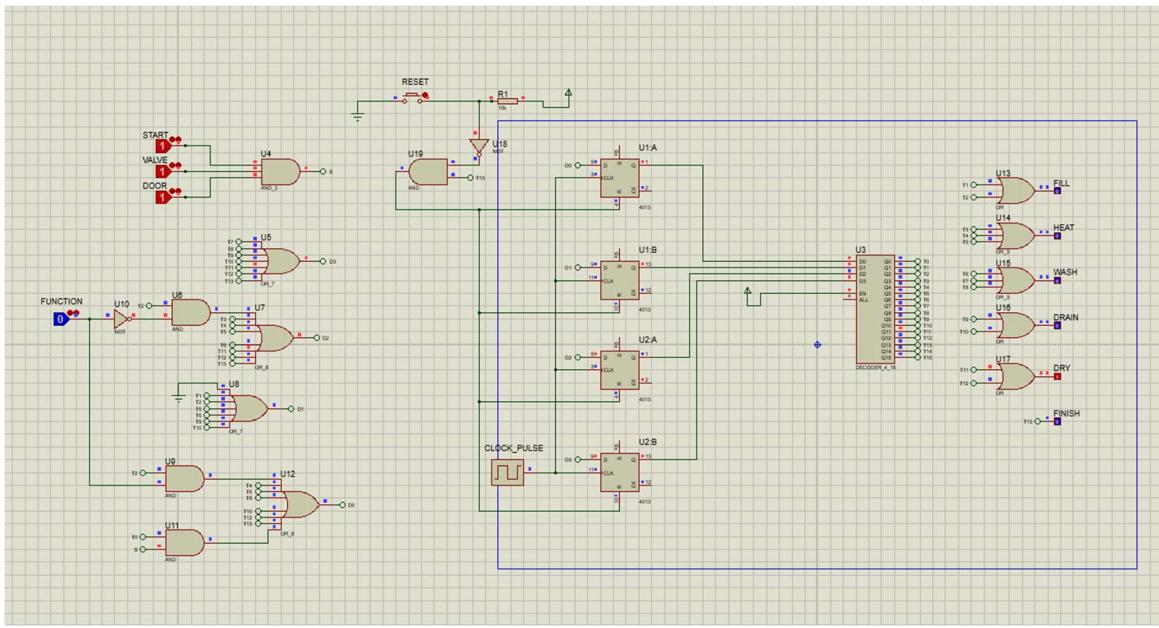


نمایی از کارکرد مدار در شست و شو با آب سرد را در واحد های زمانی یک ثانیه‌ای در تصاویر زیر مشاهده می‌کنید:

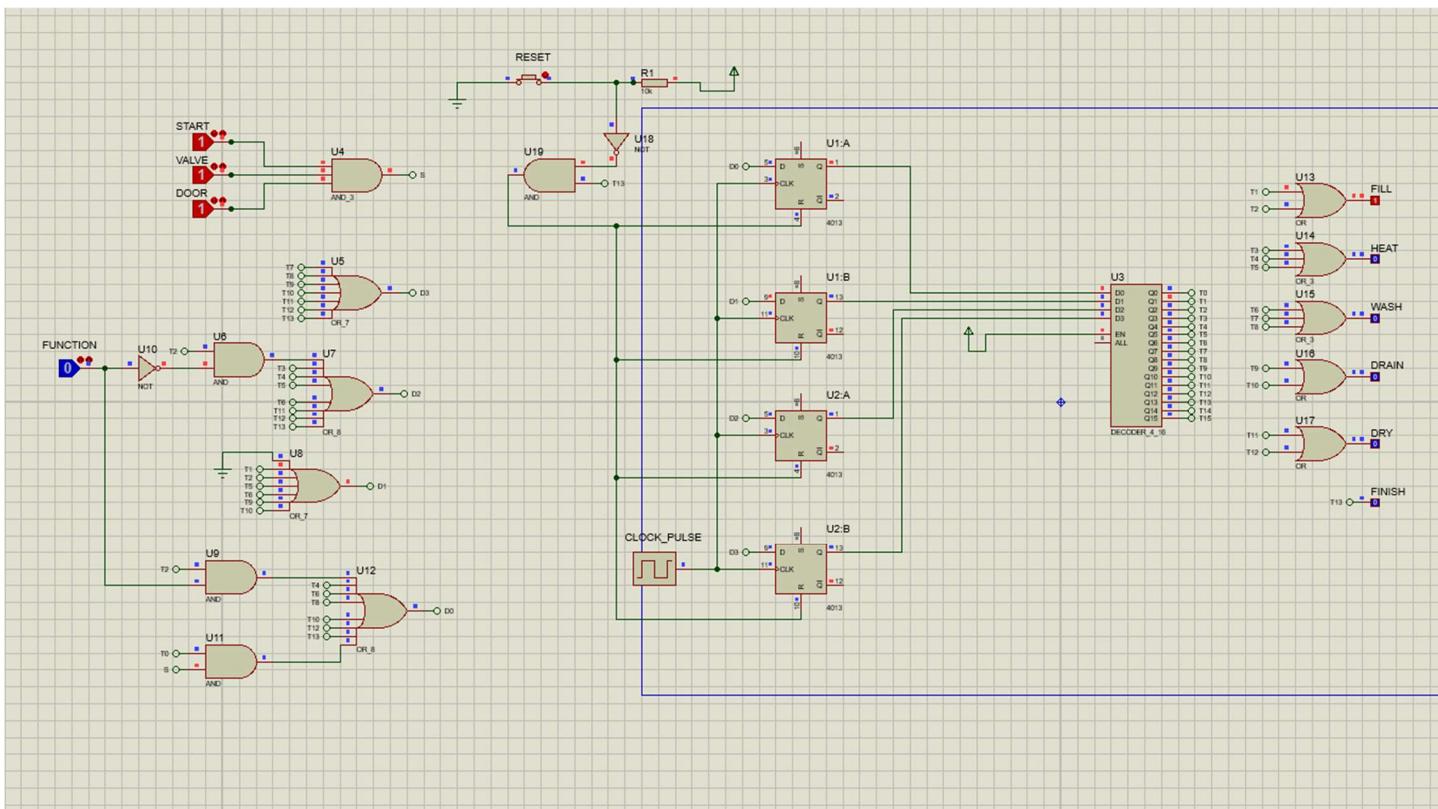




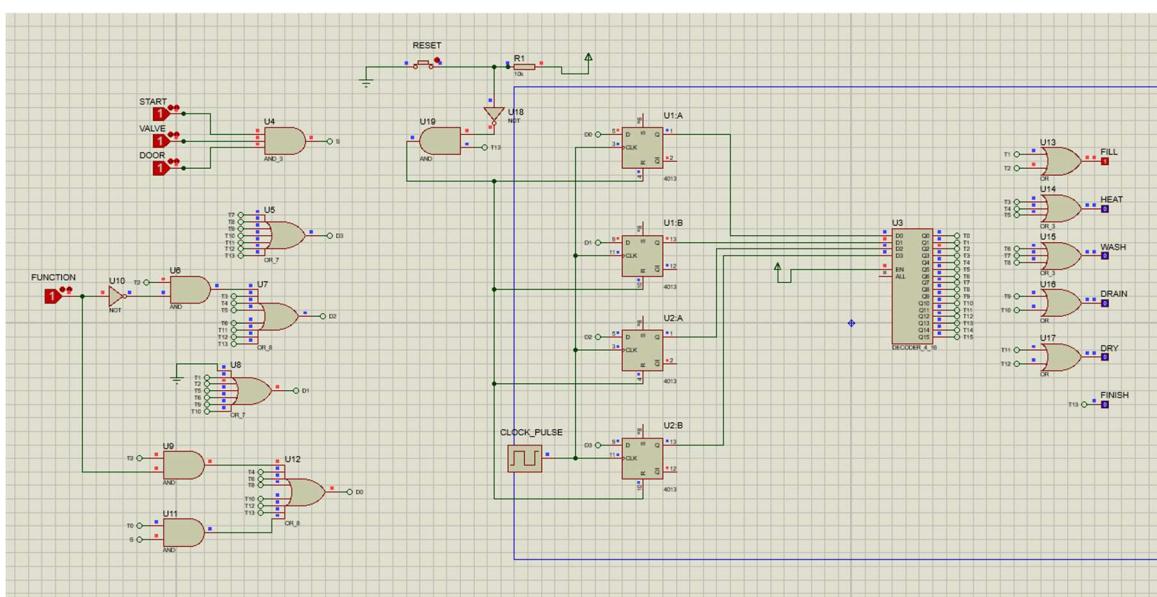


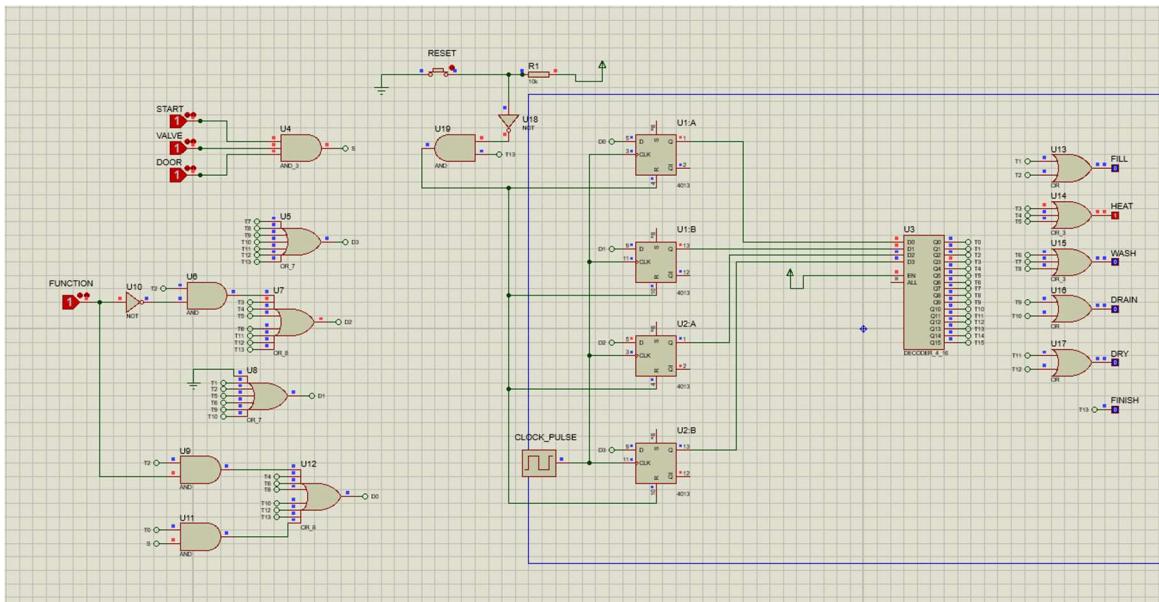
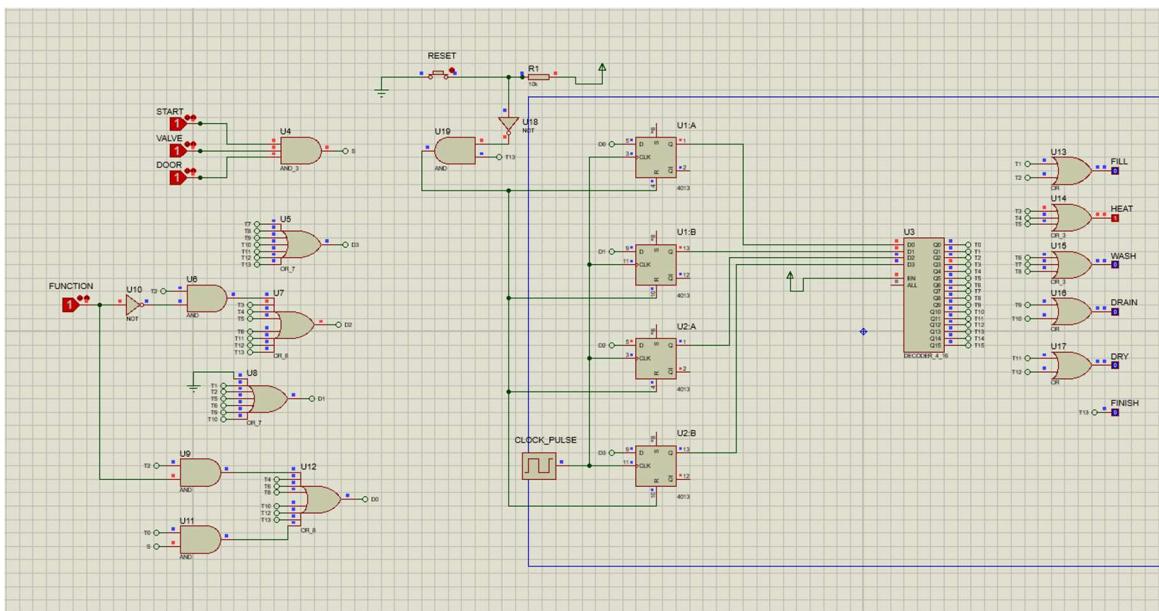
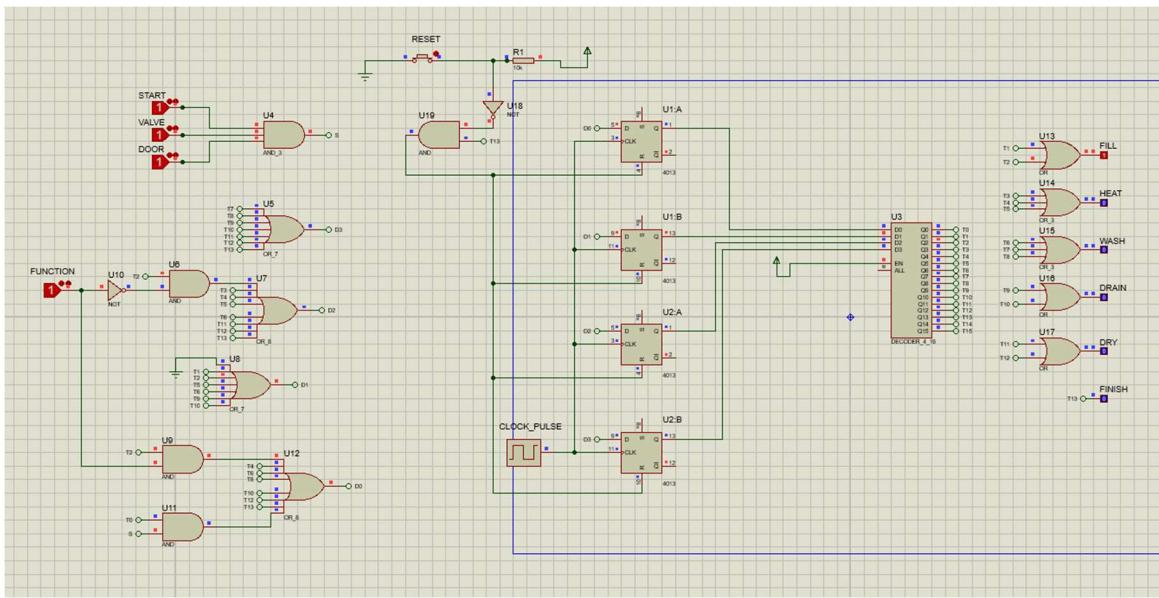


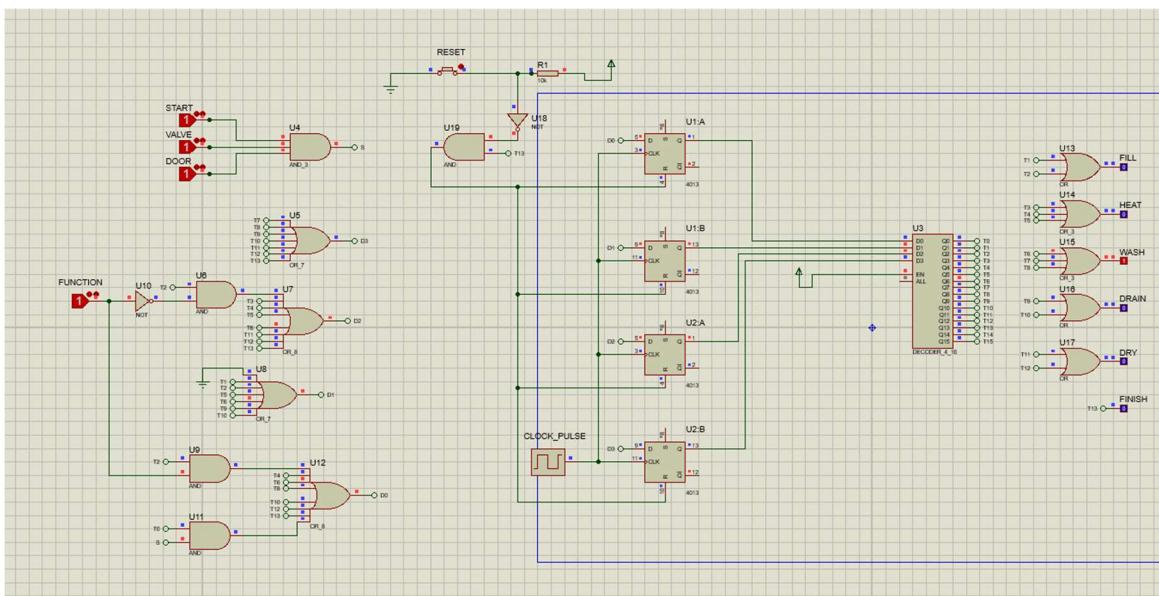
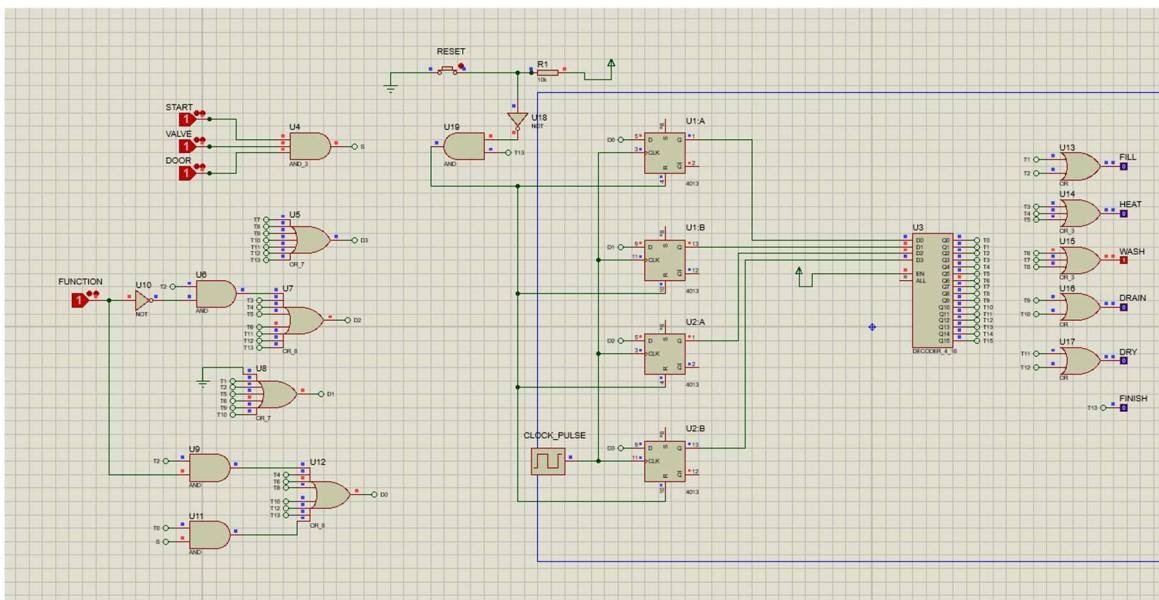
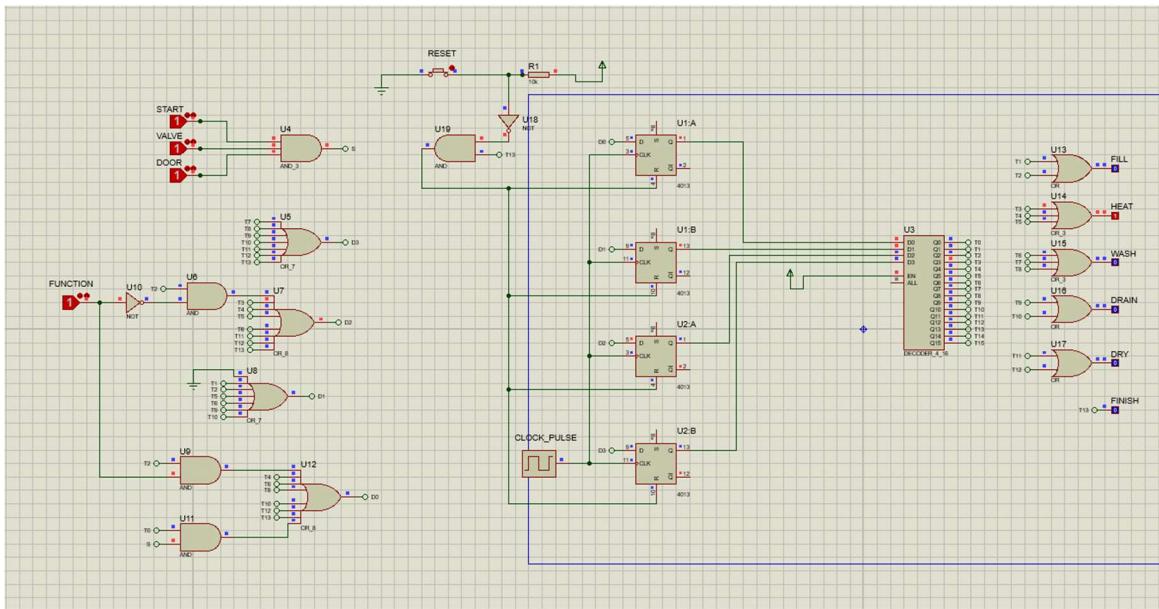
مدار بعد از فشرده شدن ریست:

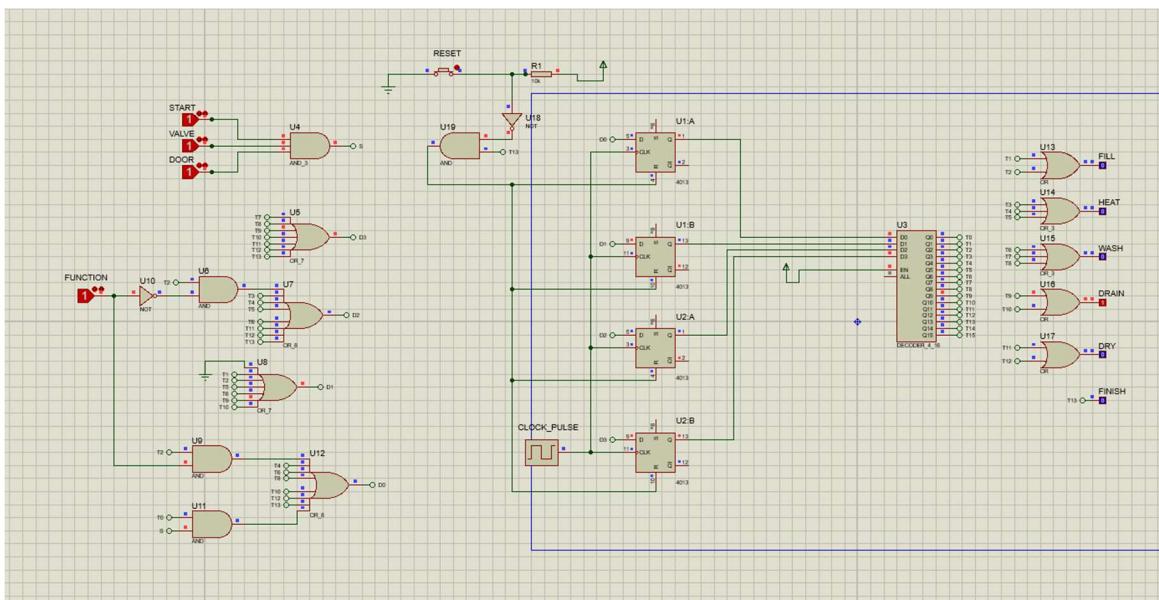
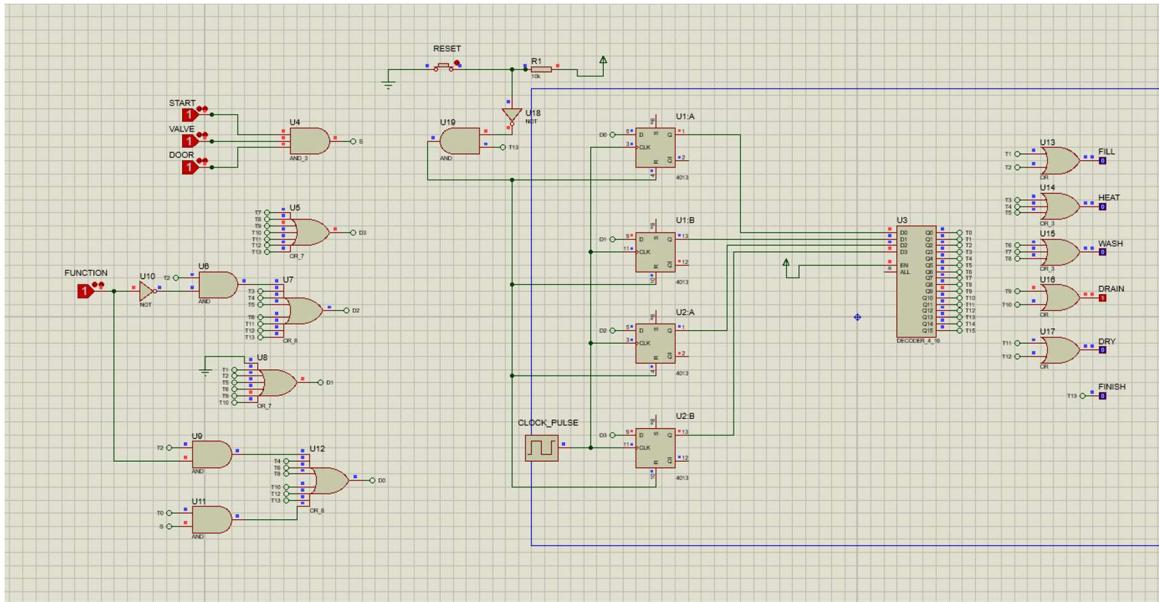
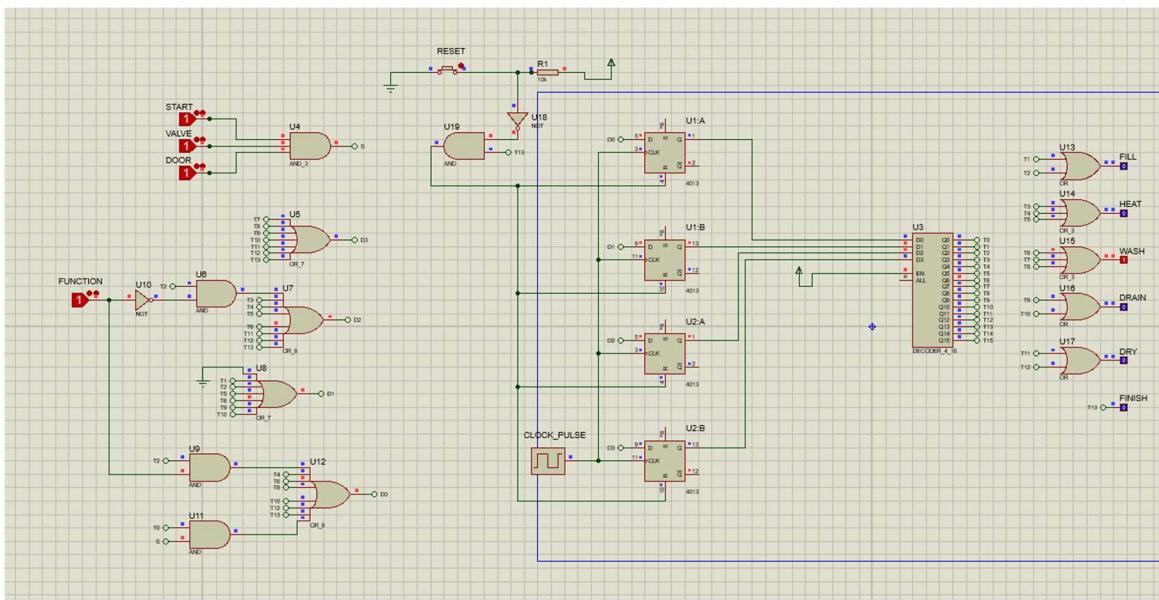


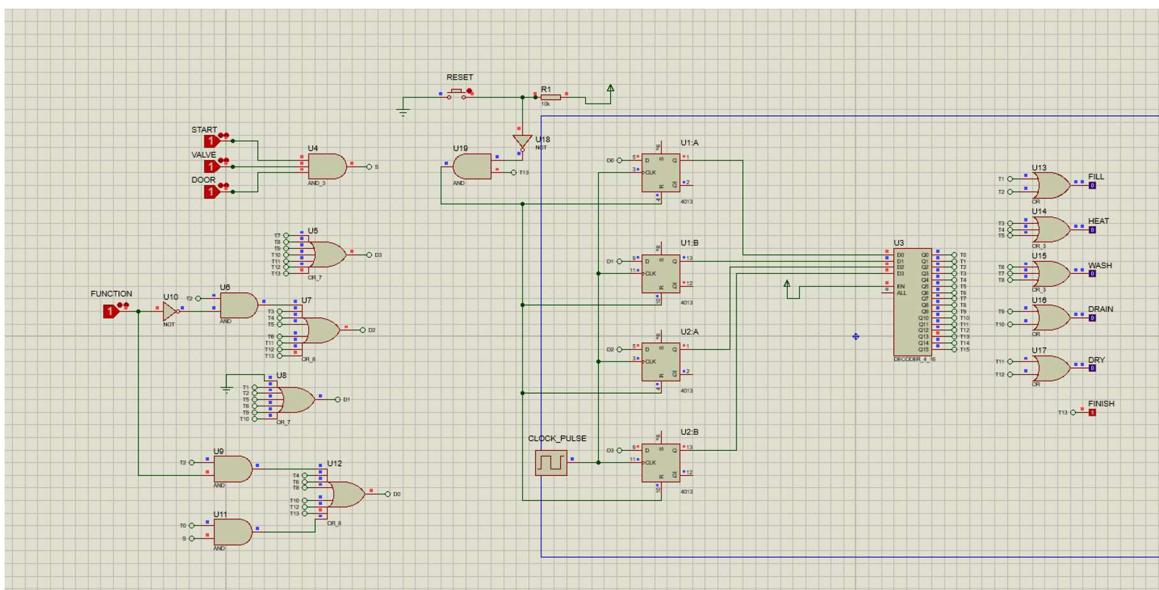
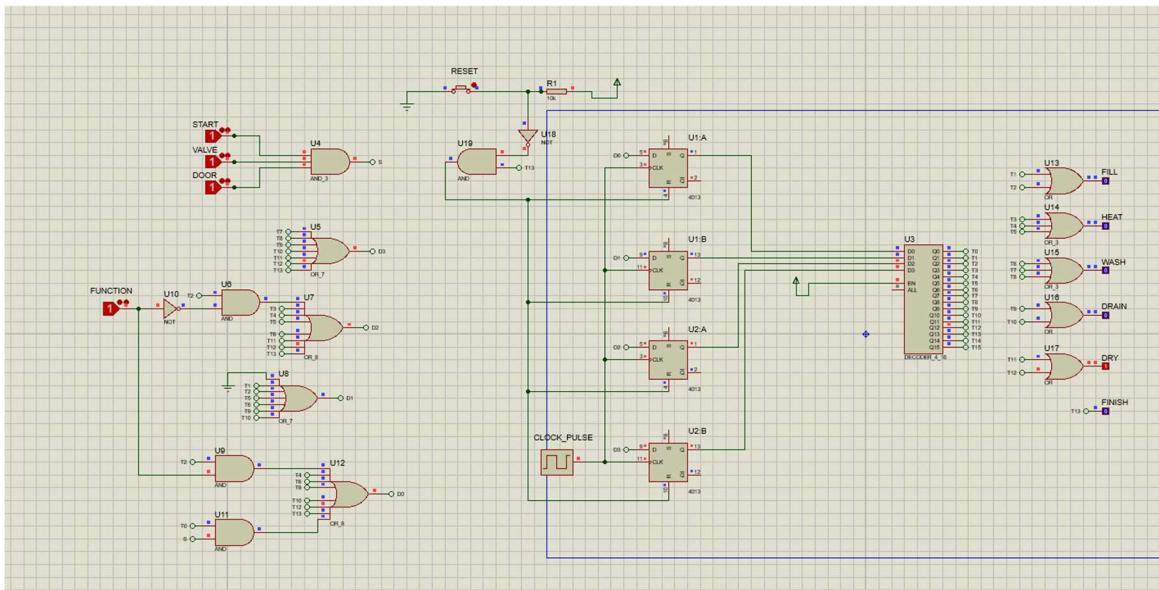
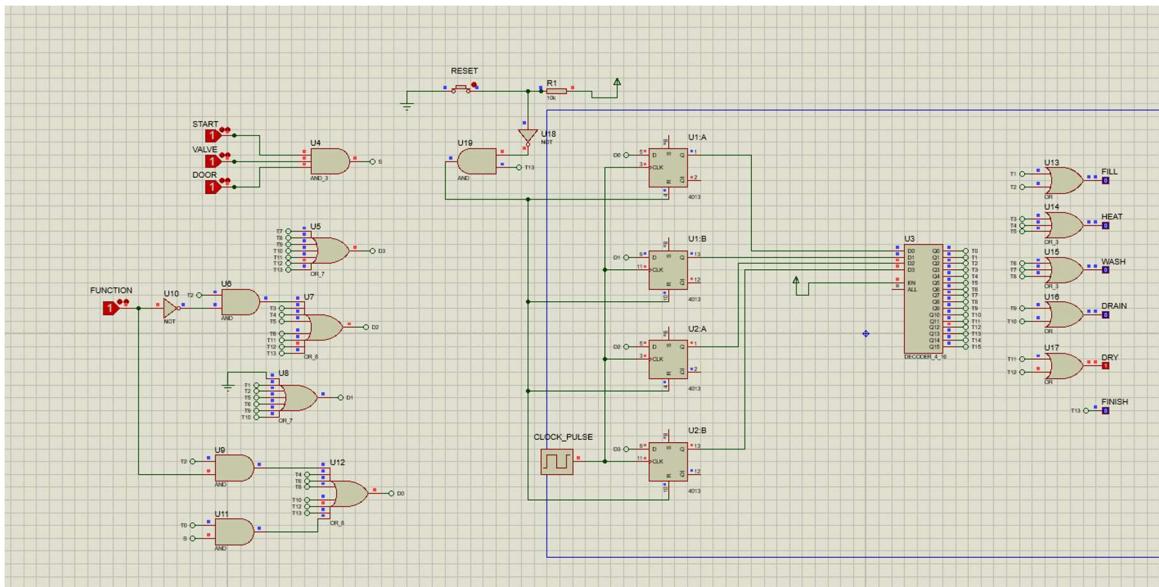
نمایی از کارکرد مدار در شست و شو با آب گرم را در واحدهای زمانی یک ثانیه‌ای در تصاویر مشاهده می‌کنید:



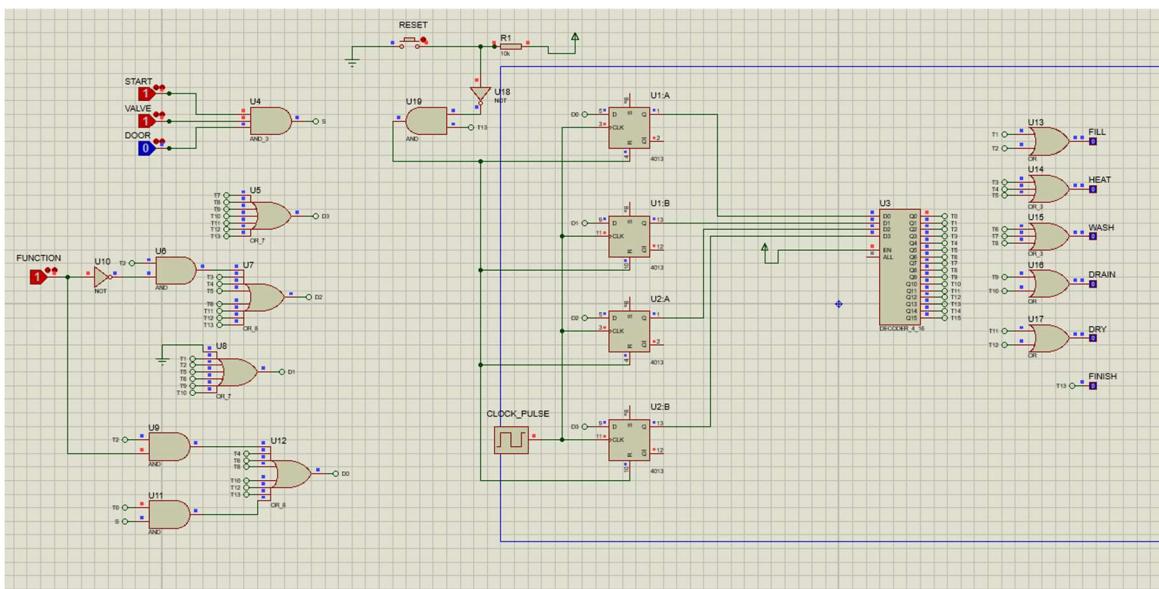
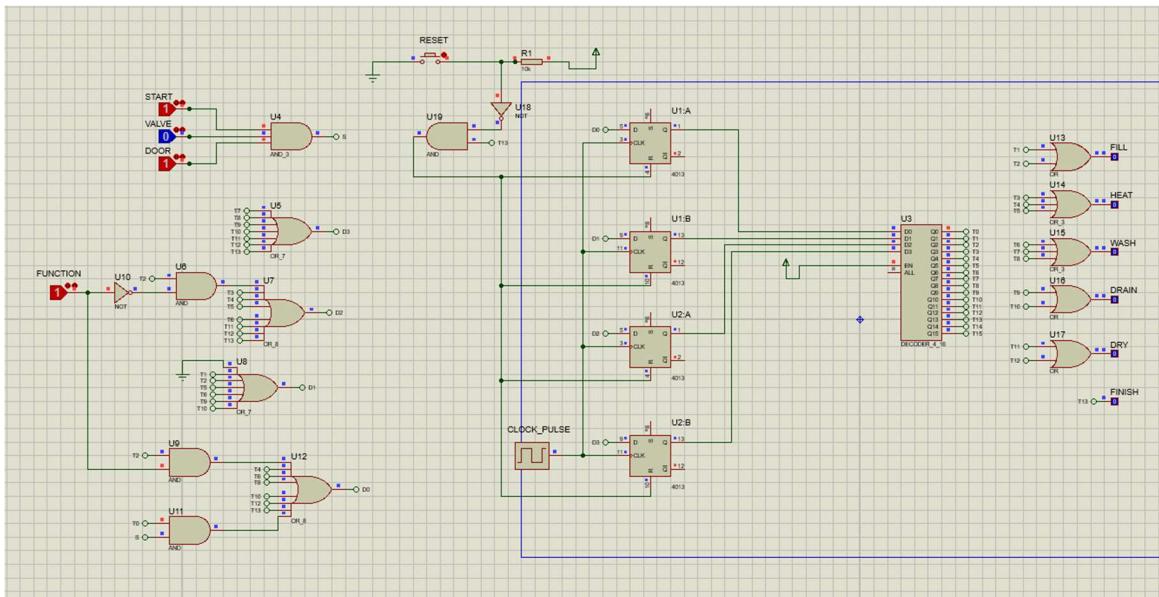
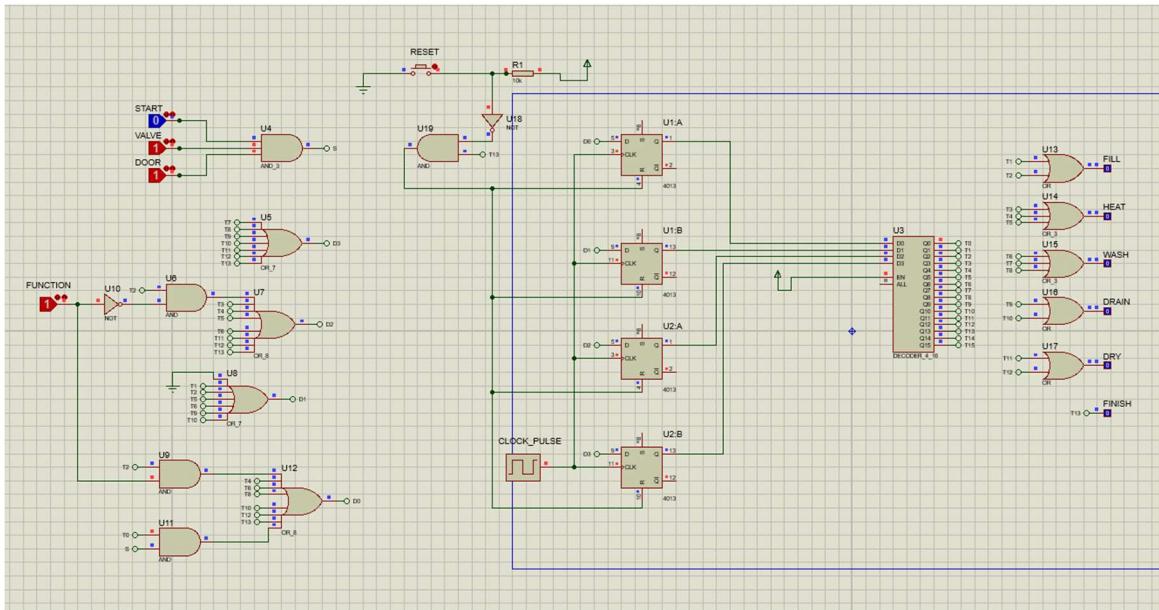








در تصاویر زیر مشاهده می‌شود که اگر یکی از سه ورودی شروع، شیر آب و در فعال نباشد ماشین شروع به کار نمی‌کند:



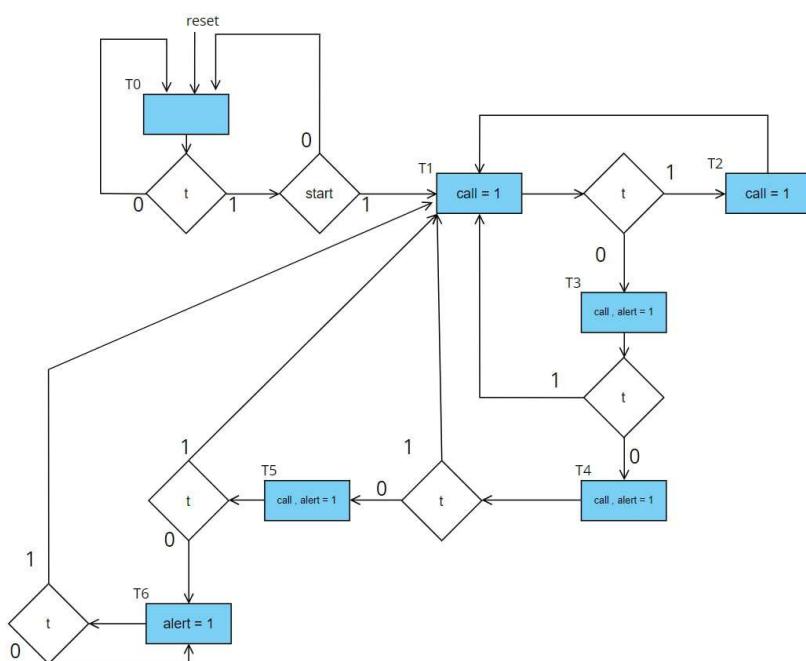
## آزمایش دوم: تلفن از راه دور

ابتدا به شرح این مدار می‌پردازیم. این مدار ۴ ورودی دارد. یک ورودی برای Start که با logic state در نظر گرفته می‌شود و سه برای push button، coin و clock که در مدار قرار داده می‌شوند. دو عدد سون سگمنت نیز برای نشان دادن تعداد سکه‌ها در مدار قرار می‌گیرد. در صورتی که ورودی Start فعال باشد و موجودی سکه به اندازه کافی (حداقل یک سکه) باشد تماس آغاز می‌شود. Push button مربوط به سکه هر بار که فشرده شود یکه سکه ده ریالی به موجودی فرد اضافه می‌شود. فشرده شدن reset به معنای اتمام تماس و بازگشت به حالت اولیه است.

این مدار دو خروجی call و alert را دارد. زمانی که تماس آغاز شود یک سکه از موجودی کم می‌شود، ورودی call فعال شده و تا زمانی که تماس خاتمه نیافته فعال می‌ماند. بعد از این به ازای هر دو پالس ساعت که معادل دو ثانیه است ده ریال از میزان موجودی کسر می‌شود. وقتی موجودی به صفر برسد، چراغ هشداردهنده روشن می‌شود. در زمان مکالمه و پس از روشن شدن چراغ هشداردهنده، امکان افزایش سکه‌ها وجود دارد. در صورتی که پس از ۳ پالس ساعت از روشن شدن خروجی alert موجودی صفر باقی بماند مکالمه خاتمه یافته ولی همچنان alert فعال می‌ماند. در صورتی که در این حالت سکه‌ای اضافه شود تماس دوباره ادامه پیدا می‌کند و alert نیز غیر فعال می‌شود.

### ۲.۱ - رسم ASM CHART مربوط به آزمایش دوم

ابتدا یک حالت اولیه در نظر می‌گیریم. موجودی کاربر را با  $t$  نشان می‌دهیم که صفر باشد موجودی صفر و در غیر اینصورت موجودی بیشتر از صفر است. پس از حالت اولیه ابتدا  $t$  و start را بررسی می‌کنیم. در صورت یک بودن هر دو به استیت جدید می‌رویم در غیر اینصورت به استیت اولیه بازمی‌گردیم. استیت بعدی حالتی است که در آن تماس آغاز شده و سکه‌ها کم می‌شوند. در صورتی که موجودی صفر شود به حالت‌های بعدی می‌رویم. در ۳ حالت بعدی هر بار موجودی را بررسی کرده و در صورت صفر بودن به حالت بعدی می‌رویم و در غیر اینصورت به حالت T1 بازمی‌گردیم. لازم به ذکر است در این ۳ حالت alert فعال است. پس از این ۳ حالت اگر موجودی صفر بود به حالتی می‌رسیم که تماس در آن خاتمه یافته است و تا زمانی که سکه‌ای وارد نشود در آن حالت می‌مانیم و alert کماکان فعال می‌ماند.

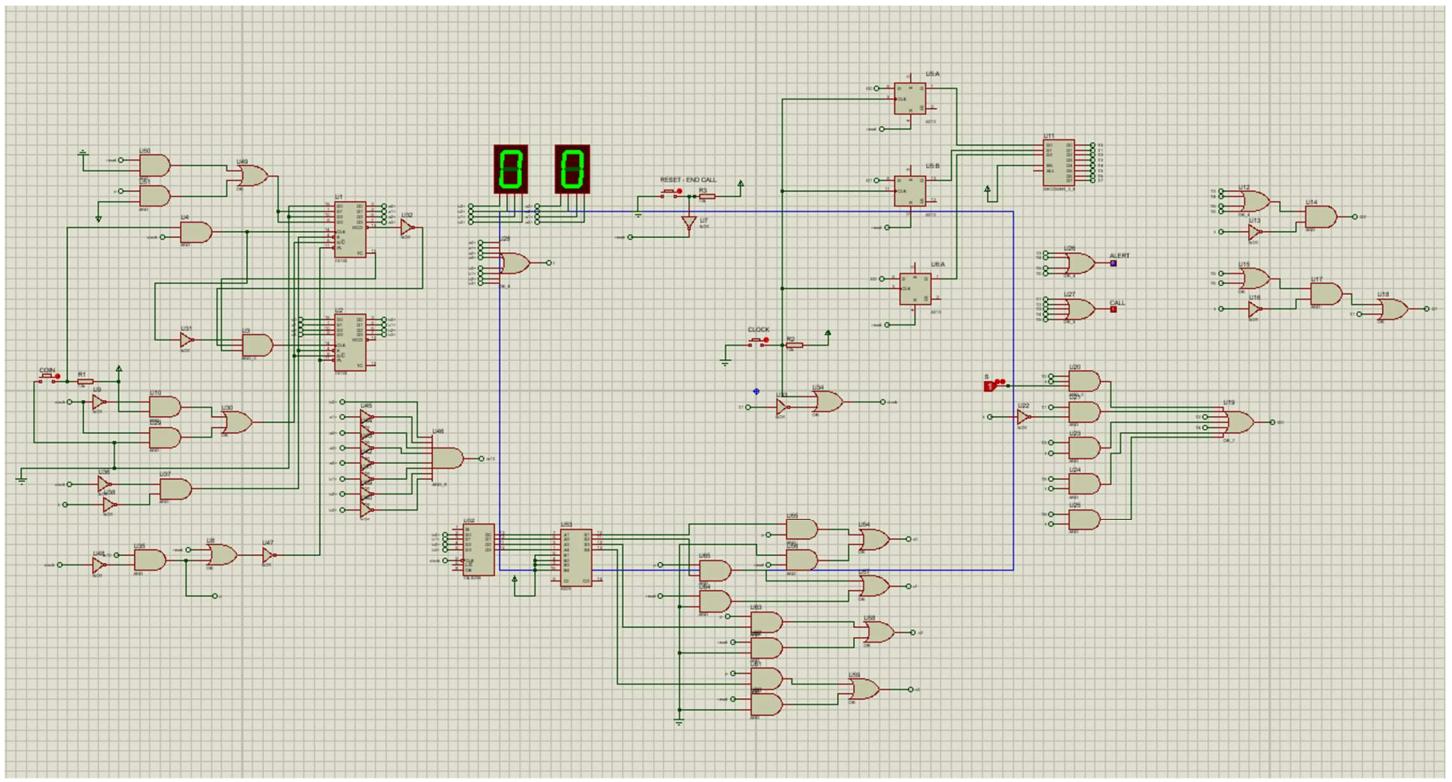


ساده‌سازی را با استفاده از روش دیکودر که در آزمایش قبل هم توضیح داده شد به صورت زیر باری مدار انجام می‌دهیم:

$Q_2 Q_1 Q_0 + S$	$Q_2' Q_1' Q_0'$
$T_0 \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$
$T_1 \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$
$T_2 \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{array} \right.$
$T_3 \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$
$T_4 \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{array} \right.$
$T_5 \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{array} \right.$
$T_6 \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{array} \right.$
$T_7 \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ X \end{array} \right.$	$\left  \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{array} \right.$
<hr/>	
$Q_2, T_2 \bar{T}_1 + T_1 \bar{T}_2 + T_0 \bar{T}_4 + \bar{T}_3 T_4$	
$= \bar{T}_1 (T_2 + T_1 + T_0 - T_4)$	
$Q_1, T_1 + T_0 \bar{T}_2 + T_4 \bar{T}_1$	
$Q_0, T_0 \bar{T}_5 + \bar{T}_1 \bar{T}_2 + \bar{T}_4 + T_2 \bar{T}_1 + \bar{T}_3 T_4 + T_0 \bar{T}_2$	
$+ T_4 \bar{T}_1$	
$C = T_1 + T_2 + T_4 + T_0 + T_5$	
$a = T_3 + T_4 + T_0 - T_4$	

## ۲.۲ - رسم مدار در نرم افزار

در نهایت مدار را در نرم افزار به صورت زیر می بندیم:



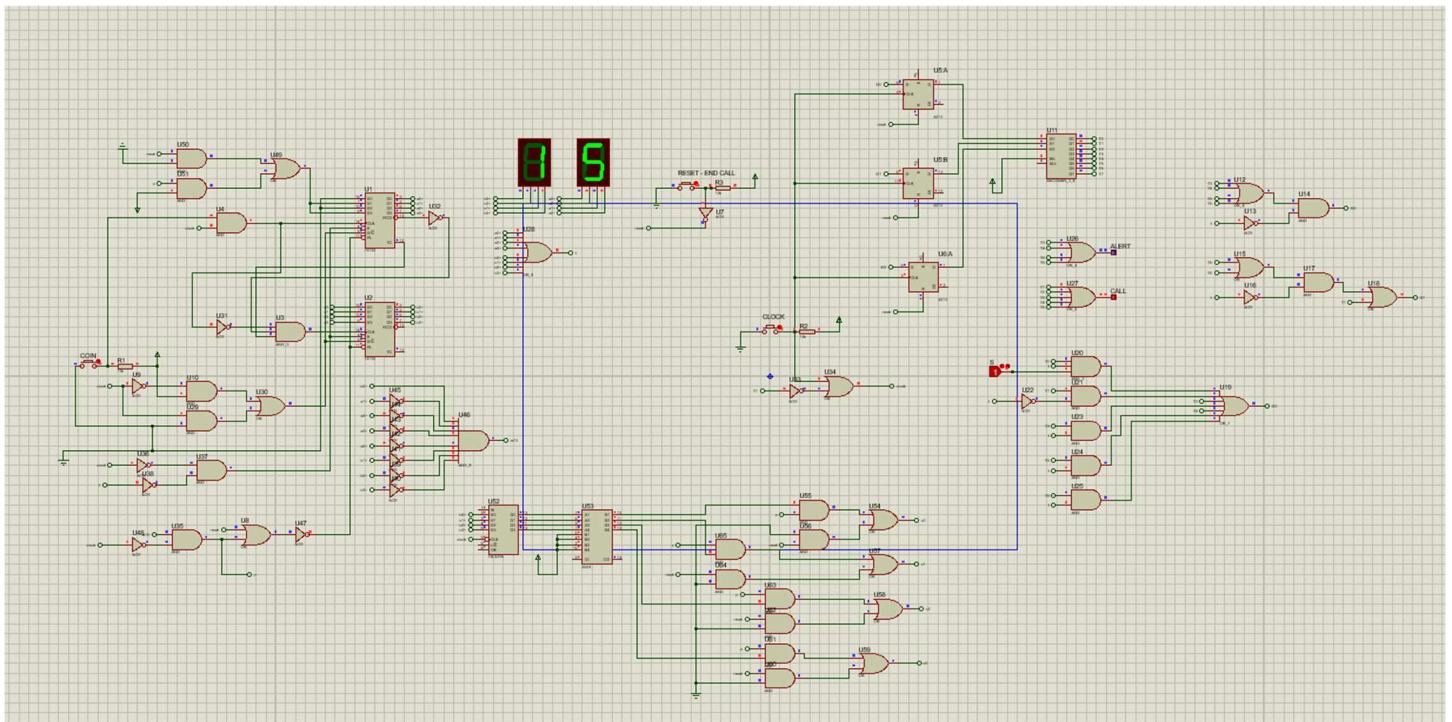
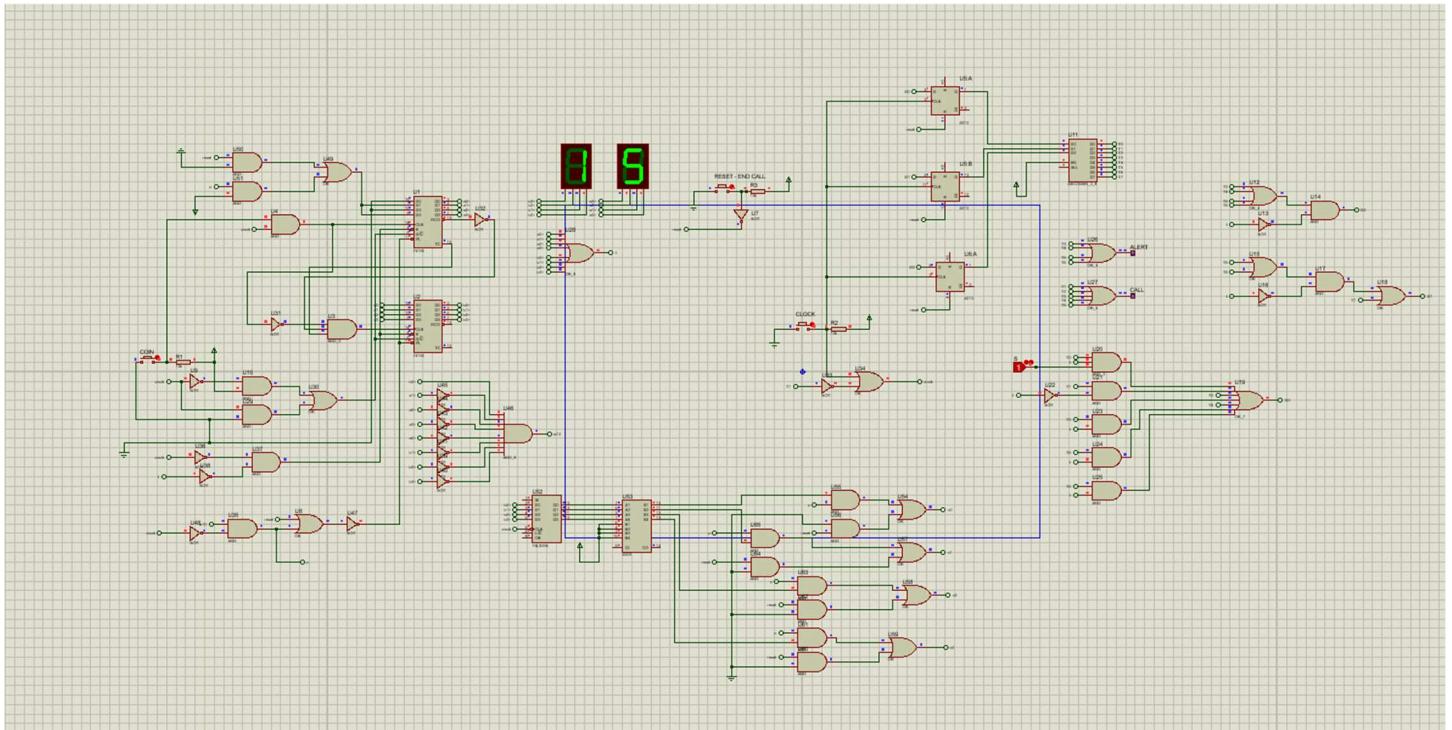
ابتدا با توجه به ساده سازی انجام شده و معادلات بدست آمده، سه فلیپ فلاپ را قرار داده و خروجی های آن ها را به دیکودر ۳ به ۸ متصل کرده و معادلات ورودی های آن ها را بر اساس خروجی های دیکودر می سازیم. سپس با توجه به معادلات بدست آمده در ساده سازی برای خروجی ها، مدار مربوط به آن ها را می سازیم. فلیپ فلاپ ها، دیکودر و مدار خروجی ها در سمت راست تصویر بالا مشخص است.

یک push button نیز برای reset قرار داده شده و ترمینال ریست نیز به آن متصل است که سمت راست سون سگمنتها قابل مشاهده است.

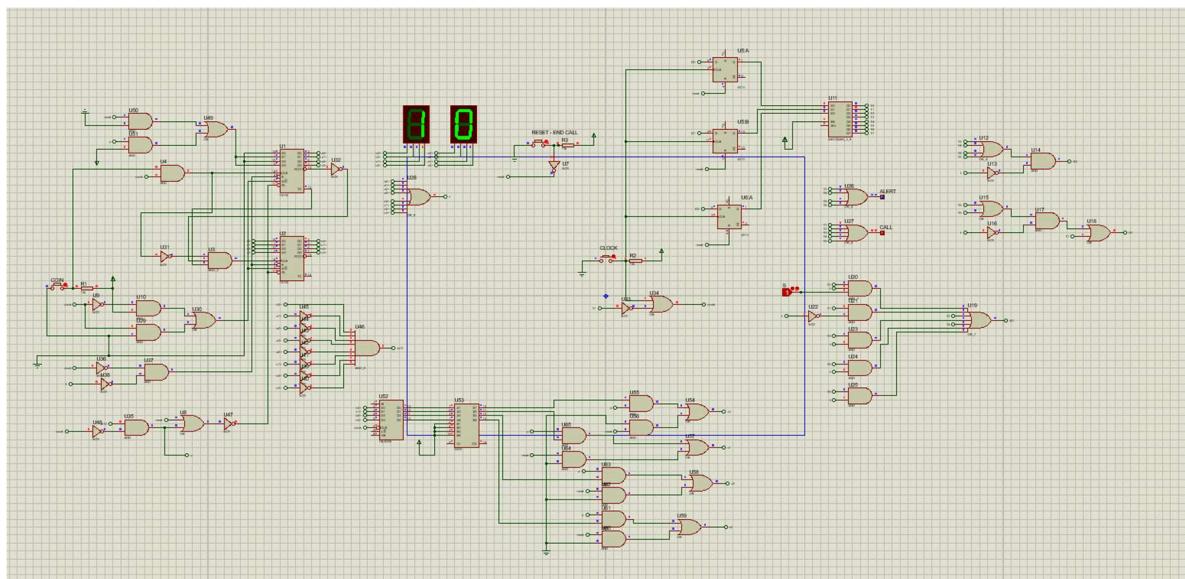
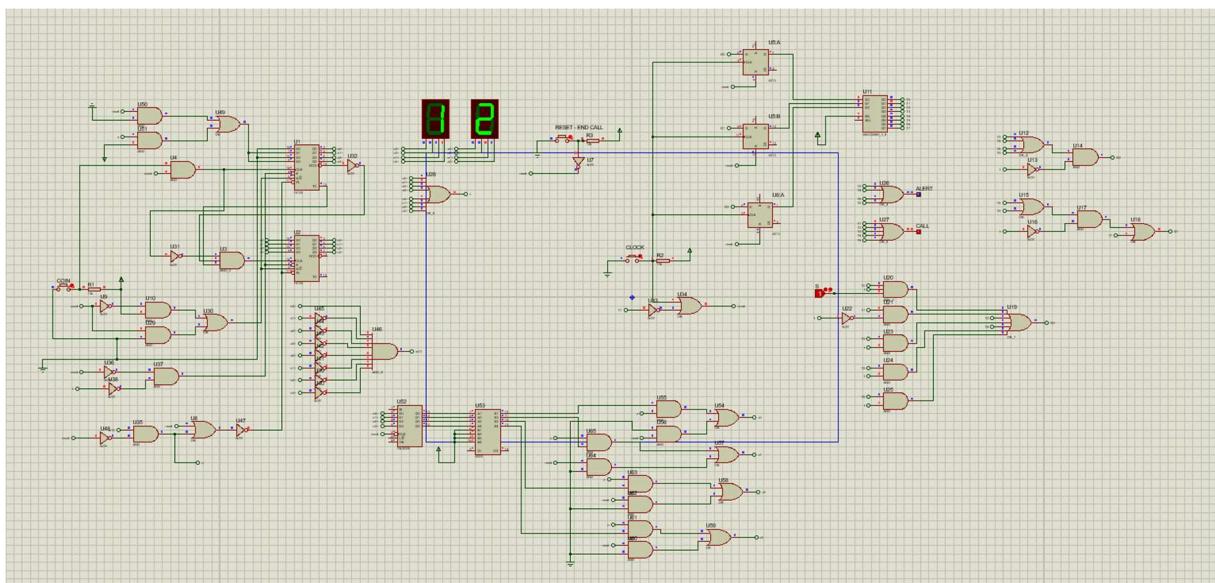
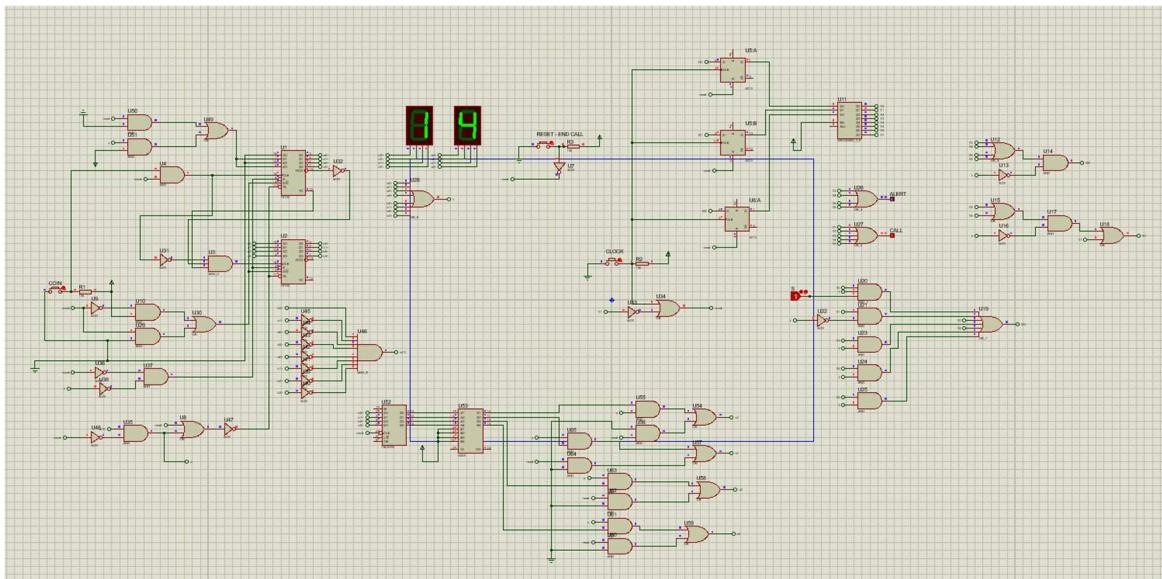
در پایین push button گذاشته شده برای کلاک فلیپ فلاپ ها یک گیت or دیده می شود که به معکوس حالت T1 و کلاک اصلی متصل است و خروجی آن با ترمینال clock مشخص می شود. از این ترمینال برای تعیین جهت شمارش شمارنده ها استفاده می شود. در سمت چپ تصویر دو شمارنده دیده می شوند که همان شمارنده هایی هستند که در آزمایش جلسه سوم استفاده شده اند. خروجی های آن ها با ترمینال هایی مشخص شده که آن ترمینال ها به سون سگمنتها متصل شده اند. مانند آزمایش جلسه سوم اند شدهی خروجی TC و RCO و معکوس CLOCK به کلاک شمارنده مربوط به دهگان متصل شده است تا کلاک دهگان به وقت مناسب زده شود. شمارنده ها باید هم توانایی شماری و هم توانایی بالاشماری را داشته باشند. حالت پایین شمار آن در هنگام تماس اتفاق می افتد و بالا شمار آن برای زمانی است که coin فشرده شود. اگر به ورودی 'U/D شمارنده ها نگاه کنیم متوجه می شویم که اتفاق می افتد و بالا شمار آن برای زمانی است که در استیت T1 هستیم پایین شمار باشد و زمانی که coin\*clock' + coin\*clock به آن متصل شده که باعث می شود زمانی که در استیت T1 هستیم پایین شمار باشد و زمانی که

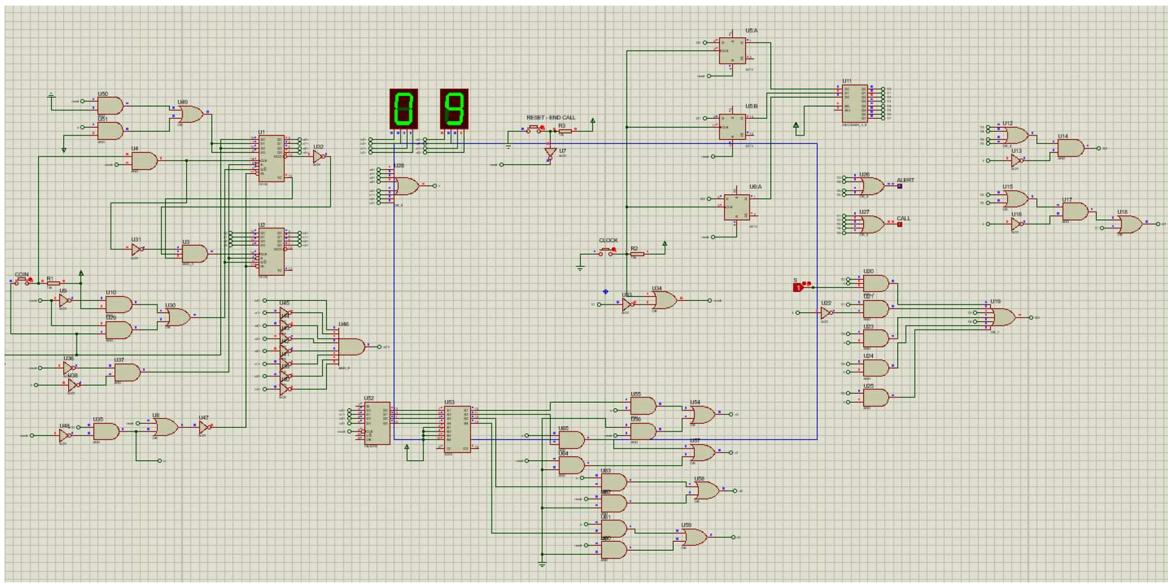
فسرده شد بالا بشمود. برای این که در حالت پایین شمار از صفر به ۹۹ نرویم، زمانی که به صفر رسیدیم و در حالت پایین شمار بودیم enable را غیرفعال می‌کنیم. این کار سبب می‌شد در ۱۰ به ۹ و ۲۰ به ۱۹ به مشکل بخوریم. به همین دلیل از یک رجیستر ۴ بیتی استفاده کردیم و مقدار دهگان را در آن ذخیره کردیم و سپس آن را با ۱۱۱۱ جمع کردیم تا منهای یک دهگان را بتوانیم در زمان مناسب در شمارنده بارگذاری کنیم.

برای تست کردن مدار ابتدا ۱۵ عدد سکه به مدار اضافه می‌کنیم. ورودی Start را فعال می‌کنیم. تصوری زیر نشان‌دهنده عملکرد مدار هستند:

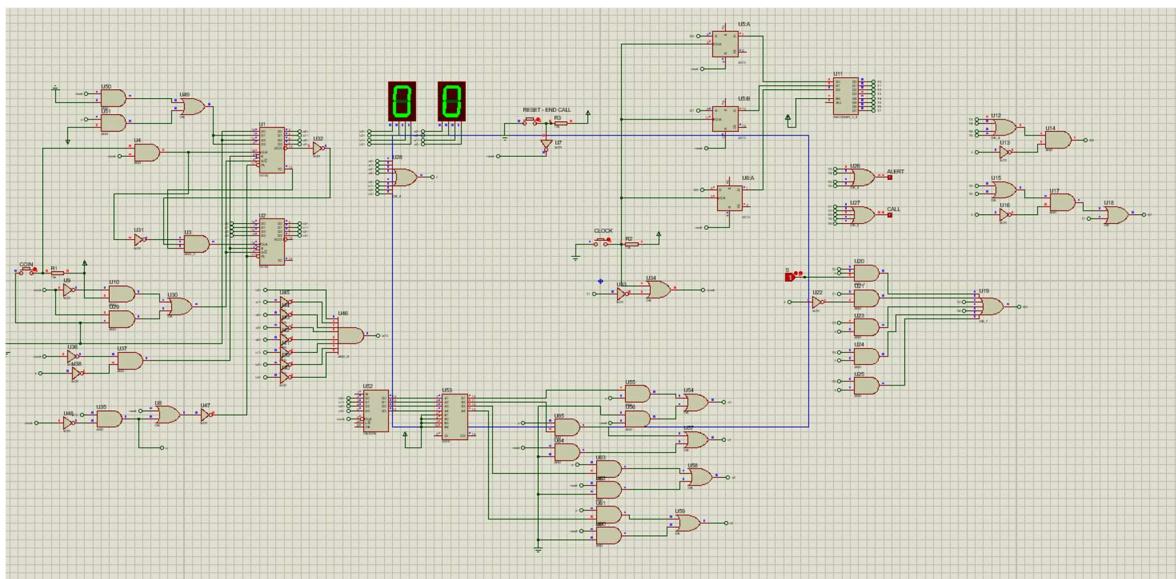
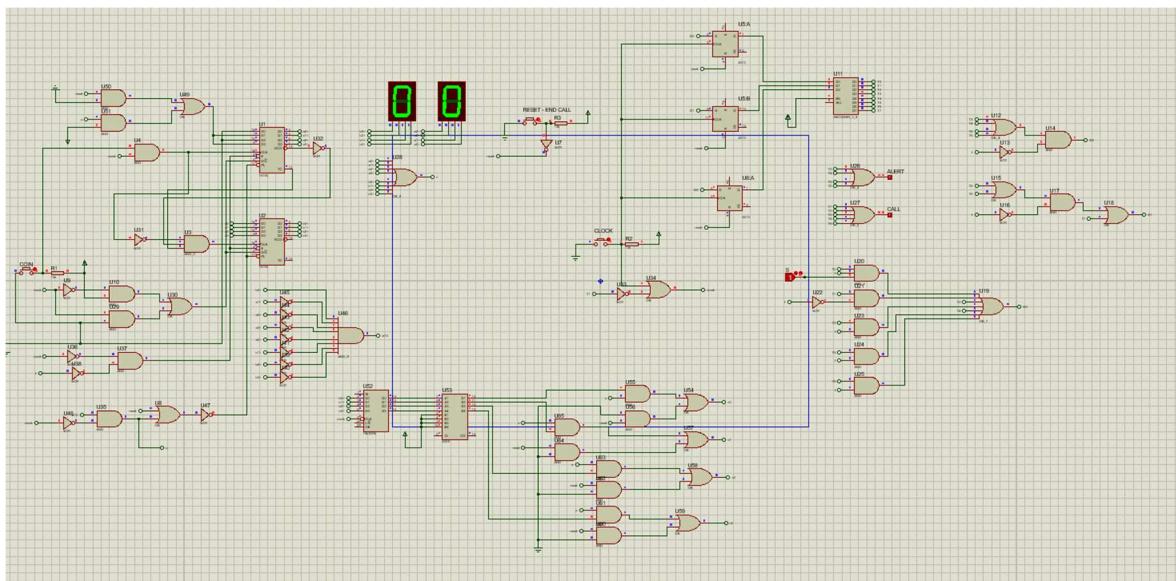


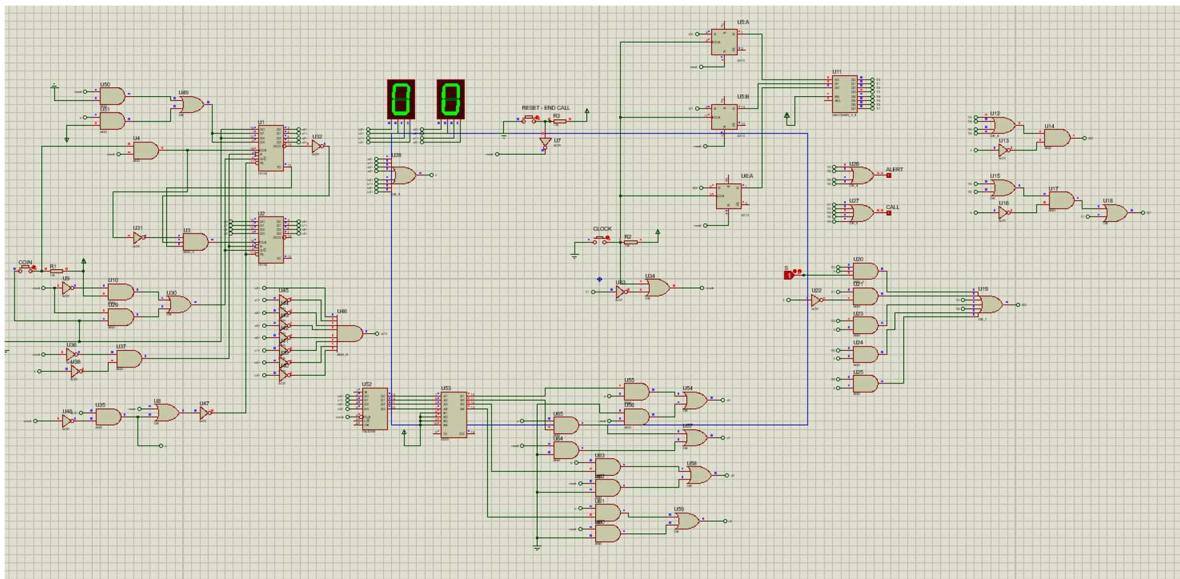
با توجه به قرار داشتن مدار در حالت T1 کم شدن سکه‌ها در تصاویر زیر مشخص است:



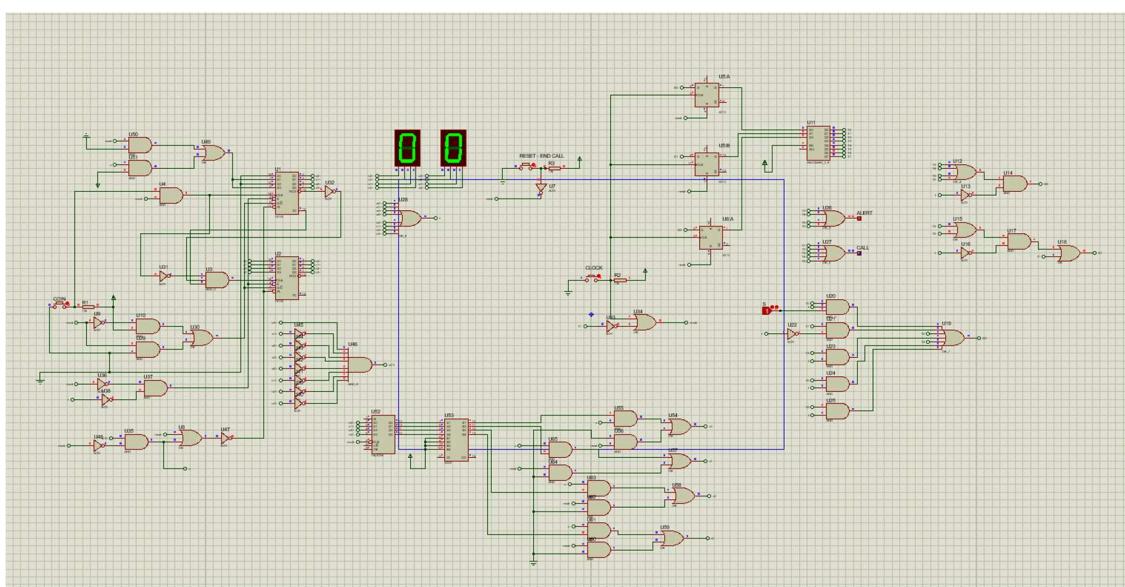


در نهایت پس از صفر شدن و گذشتن دو پالس ساعت، alert روشن می‌شود و به حالت T3 می‌رویم:

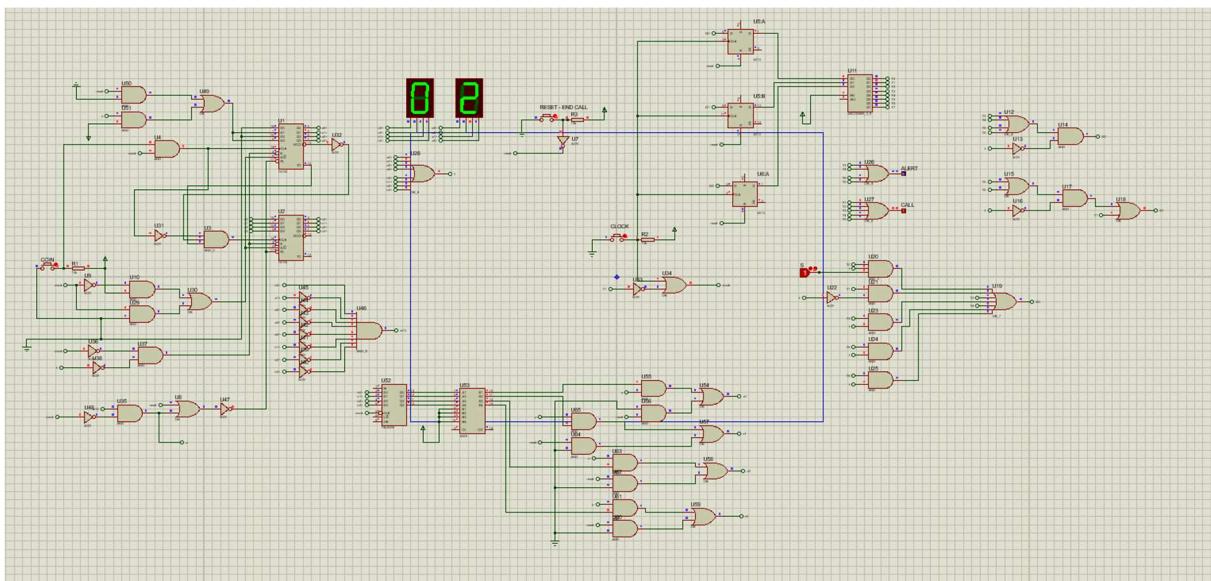




پس از گذشتن سه پالس ساعت و عبور از حالت های T3,T4,T5 به حالت T6 می رویم که در آن call خاموش می شود.



سپس اگر سکه ای اضافه شود دوباره به T1 می رویم و alert خاموش می شود:



## نتیجه گیری

در این آزمایش توانستیم با استفاده از ASM CHART دو مدار کنترل کننده طراحی کنیم. از این رو می توان نتیجه گرفت که برای ساخت مدارهای کنترل کننده بهتر است ابتدا یک ASM CHART برای آنها رسم کرد. در این آزمایش با المان زمان برخورد داشتیم. برای حل کردن مشکل زمان بایستی به دو نکته توجه می کردیم. نکته اول استفاده از یک مولد کلاک برخلاف سایر آزمایش ها در آزمایش اول بود. نکته بعد اینکه برای تنظیم کردن زمان هر فرایند مانند آبگیری یا کم شدن سکه، یک استیت به ازای هر ثانیه در نظر گرفتیم. بنابراین توانستیم با درنظر گرفتن این دو نکته بحث زمان را حل کنیم. به صورت کلی می توان نتیجه گرفت که برای ساخت وسایلی مانند لباسشویی، تلفن همراه، یخچال و ... ابتدا باید مدارهای کنترل کننده ای مانند این مدار طراحی کرد.