گزارش آزمایش

آزمایشگاه مدار منطقی

آزمایش چهارم

مدار کنترل‌کننده

اعضای گروه:

نام و نام خانوادگی	شماره دانشجویی
روناک ابوطالبی	۴۰۴۱۰۵۳۹۴
حسین مرادی	۴۰۴۱۰۶۳۶۶

تاریخ تحویل: ۱۴۰۵/۰۶/۰۴

تابستان ۱۴۰۵

فهرست مطالب

۱ مقدمه و تعریف مسئله ۲

۲ تایمر ماشین لباسشویی ۳

۱.۲ بررسی و انتخاب روش طراحی ۳

۲.۲ بلوک‌دیاگرام اولیه ۳

۳.۲ روند پیاده‌سازی ۵

۴.۲ شماتیک نهایی مدار ۶

۵.۲ بررسی Test Case ها ۶

۳ تلفن راه دور ۱۱

۱.۳ بررسی و انتخاب روش طراحی ۱۱

۲.۳ بلوک‌دیاگرام اولیه ۱۱

۳.۳ روند پیاده‌سازی ۱۲

۴.۳ شماتیک نهایی مدار ۱۴

۵.۳ بررسی Test Case ها ۱۵

۴ نتیجه‌گیری ۱۷

۱ مقدمه و تعریف مسئله

هدف از این آزمایش ساخت دو مدار کنترل‌کننده ساده با کمک ASM Chart و پیاده‌سازی آنها به کمک نرم‌افزار Proteus است. مدارهای کنترل‌کننده نقش هسته مرکزی را در سیستم‌های دیجیتال ایفا می‌کنند و وظیفه آن‌ها تولید سیگنال‌های کنترلی مناسب بر اساس ورودی‌ها و وضعیت فعلی سیستم است.

در این گزارش کار، برخلاف روال معمول که تنها یکی از پروژه‌ها انتخاب می‌شود، طراحی و شبیه‌سازی هر دو مدار کنترلی زیر به طور کامل و جامع انجام پذیرفته است:

- تایمر یک ماشین لباس‌شویی: در این بخش، یک مدار کنترل‌کننده برای یک ماشین لباس‌شویی با دو برنامه شست‌وشو با آب گرم و سرد طراحی شده است. این سیستم با دریافت سیگنال‌های ورودی مانند وضعیت شیر آب (Valve)، بسته بودن در (Door)، کلید شروع (Start) و نوع برنامه (Function)، خروجی‌ها و عملیات مختلفی نظیر آب‌گیری (Fill)، گرم کردن (Heat)، شست‌وشو (Wash)، تخلیه (Drain) و خشک کردن (Dry) را طی زمان‌بندی‌های مشخص مدیریت می‌کند.

- تلفن راه‌دور: پروژه دوم به طراحی مدار کنترل‌کننده یک تلفن عمومی اختصاص دارد که با دریافت سکه‌های ده ریالی کار می‌کند و تعداد سکه‌های موجود را بر روی دو عدد نمایشگر ۷ قطعه‌ای نشان می‌دهد. کنترل‌کننده وظیفه دارد پس از انداختن حداقل یک سکه و فشردن کلید شروع (Start)، تماس را برقرار کرده (Call) و با گذشت زمان بر اساس پالس ساعت، موجودی را کسر کند. همچنین در صورت به صفر رسیدن موجودی، سیستم هشدار (Alarm) را روشن کرده و در صورت عدم افزایش سکه در زمان مشخص، تماس تلفنی را قطع می‌نماید.

در ادامه این گزارش، مراحل طراحی شامل رسم نمودار ASM، تعیین وضعیت‌ها، استخراج معادلات و در نهایت پیاده‌سازی و شبیه‌سازی این دو مدار در محیط Proteus مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲ تایمر ماشین لباسشویی

۱.۲ بررسی و انتخاب روش طراحی

از آنجا که یکی از اهداف این آزمایش آشنایی با ASM Chart و طراحی به کمک آن است، ابتدا ASM Chart مناسب برای مدار رسم می‌کنیم.

برای طراحی ASM Chart، با تعریف حالت‌های مورد نیاز شروع می‌کنیم و با شروع از حالت پایه و در نظر گرفتن انتقالات بین حالات بر اساس مقادیر ورودی مختلف، آن‌را تکمیل می‌کنیم. تعداد حالت‌های تعریف‌شده، تعداد فلیپ‌فلاپ های مورد استفاده در مدار را تعیین می‌کند.

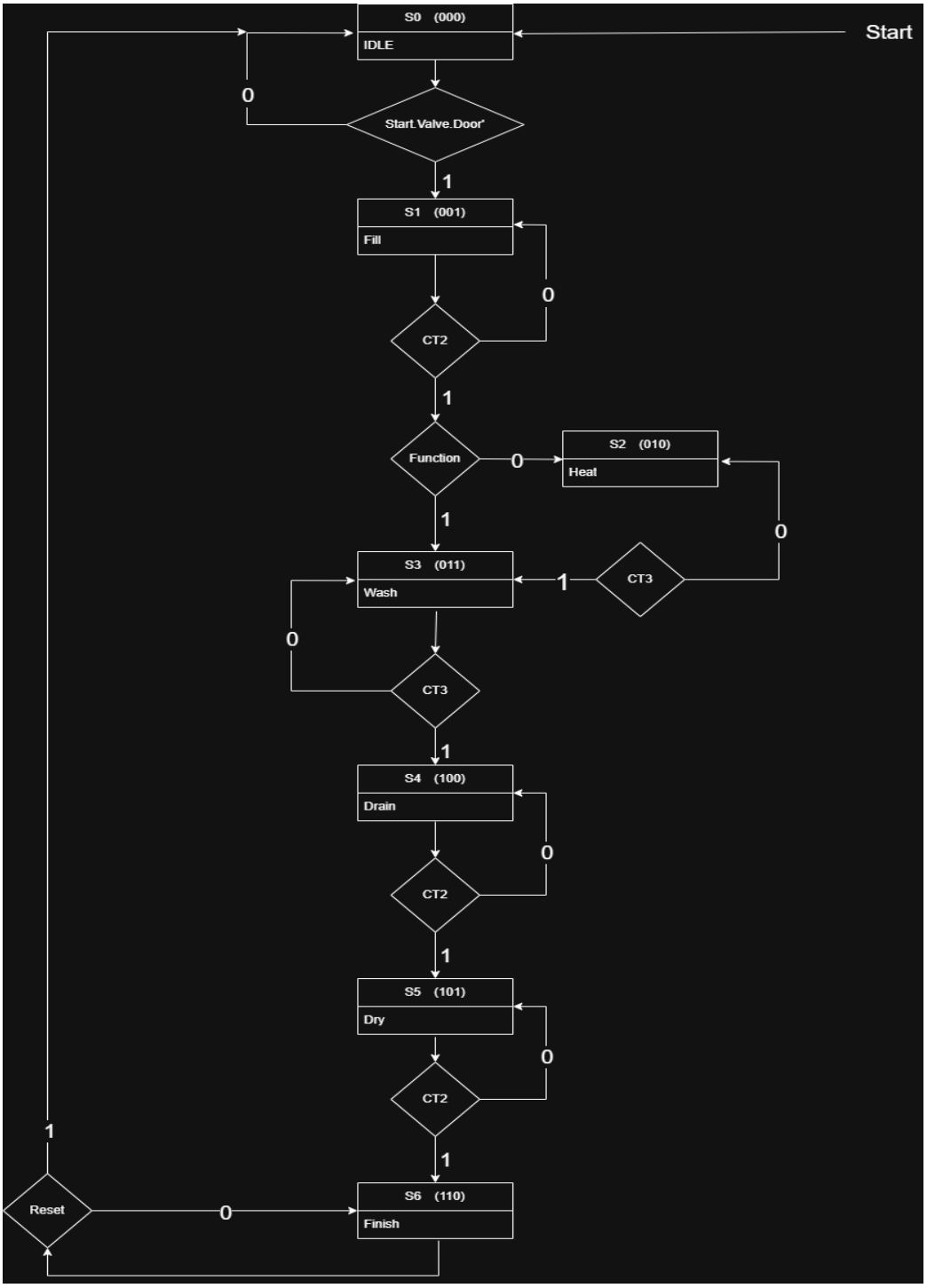
برای طراحی این مدار از فلیپ‌فلاپ‌های نوع D استفاده می‌کنیم. به دلیل اینکه معادله تحریک این فلیپ‌فلاپ بسیار ساده است و پیچیدگی‌های اضافه را در روند طراحی به ما تحمیل نمی‌کند.

توضیح مفصل‌تر این مراحل در بخش ۵.۳ آمده‌است.

۲.۲ بلوک‌دیاگرام اولیه

در شکل ۱.۲.۲ ASM Chart طراحی شده برای مدار تایمر ماشین لباسشویی را مشاهده می‌کنید که دارای هفت حالت از S_0 تا S_6 است. بنابراین برای پیاده‌سازی آن به ۳ فلیپ‌فلاپ نیاز داریم.

توجه کنید سیگنال‌های CT2 و CT3 سیگنال‌های تایمر هستند که به ترتیب بیانگر گذشتن دو و سه پالس ساعت از آخرین تغییر حالت می‌باشند. نحوه تولید این سیگنال ها توسط شمارنده در بخش ۵.۳ بررسی می‌شود.



شکل ۱.۲.۲: ASM Chart تایمر ماشین لباسشویی

۳.۲ روند پیاده‌سازی

ابتدا حالت ها را مشخص می‌کنیم. برای این مدار شش حالت زیر را در نظر گرفتیم:

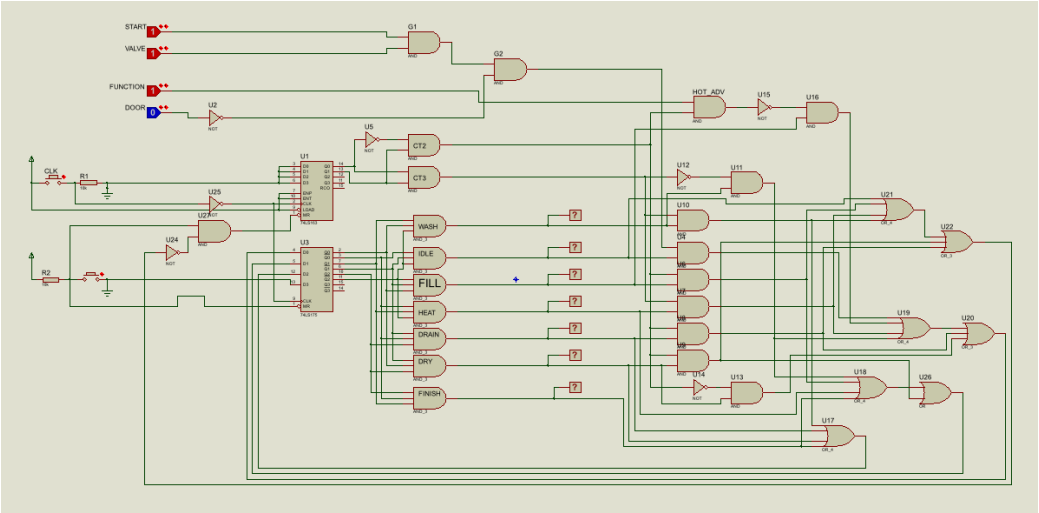
- (000) S_0-Idle: حالت پایه.
- (001) S_1-Fill: آب‌گیری.
- (010) S_2-Heat: گرم کردن آب.
- (011) S_3-Wash: شست‌وشو.
- (100) S_4-Drain: تخلیه.
- (101) S_5-Dry: خشک کردن.
- (110) S_6-Finish: پایان(در انتظار Reset).

از تراشه ۷۴۱۷۵ استفاده می‌کنیم که شامل چهار D-FlipFlop است، البته ما به فلیپ‌فلاپ چهارم احتیاج نداریم. برای مشخص کردن حالت فعلی مدار، برای هر حالت از یک گیت AND استفاده می‌کنیم که ورودی‌های آن Q_i یا $\overline{Q_i}$ های متناظر با شماره آن حالت است. برای مثال، یک بودن مقدار $Q_2 \cdot \overline{Q_1} \cdot Q_0$ متناظر با قرار داشتن در حالت S_5 یعنی خشک کردن است.

حال با استفاده از گیت‌های AND دیگری سیگنال‌هایی را تولید می‌کنیم که نشان می‌دهند آیا مجاز به رفتن به حالت بعدی هستیم یا خیر. برای این منظور، سیگنال‌های نشان‌دهنده حالت فعلی مدار را با شرط گذر از آن حالت، یعنی سیگنال های تایمر (CT2 و CT3) AND می‌کنیم. برای مثال اگر در حالت شست‌وشو باشیم و از آخرین تغییر حالت مدار سه پالس ساعت گذشته باشد یا به عبارتی $\text{Wash} \cdot \text{CT3}$ یک باشد، یعنی پالس ساعت بعدی زمان گذر از این حالت به حالت بعدی است.

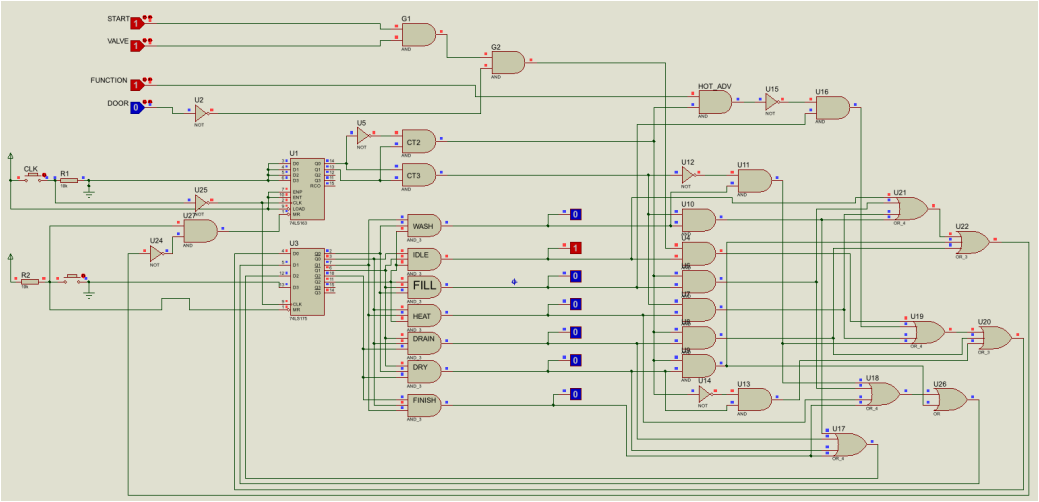
برای تولید سیگنال‌های CT2 و CT3 از تراشه شمارنده ۷۴۱۶۳ استفاده می‌کنیم. با استفاده از گیت‌های مورد نیاز، سیگنال‌هایی تولید می‌کنیم که وقتی مقدار شمارنده دو و شه باشند یک شود. همچنین پایه Reset شمارنده را به ورودی ریست و همچنین گیت‌های AND که در بخش قبل ساختیم متصل می‌کنیم. بدین ترتیب، زمانی که کاربر دستوز Reset را وارد کند، یا زمان ماندن در یک حالت به اتمام برسد، شمارنده ریست می‌شود.

۴.۲ شماتیک نهایی مدار

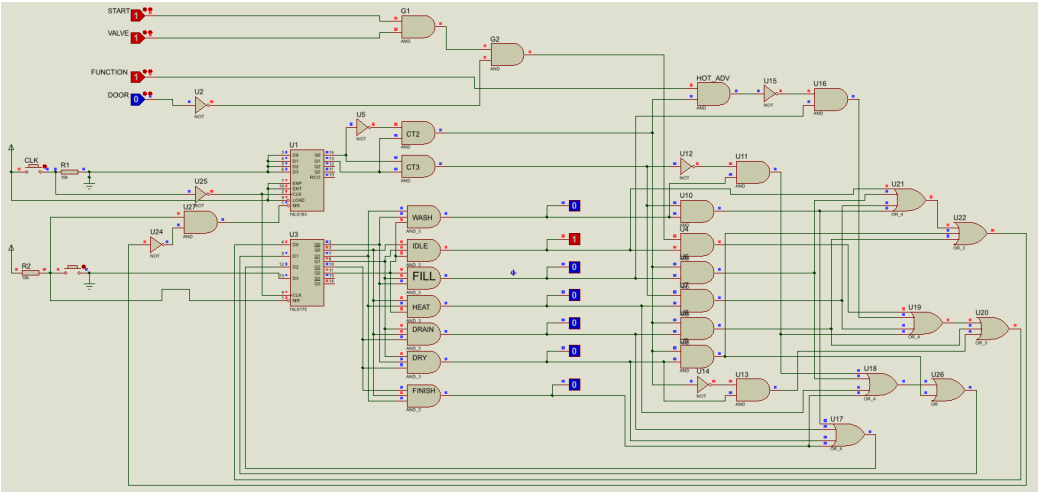


شکل ۱.۴.۲: مدار تایمر ماشین لباسشویی

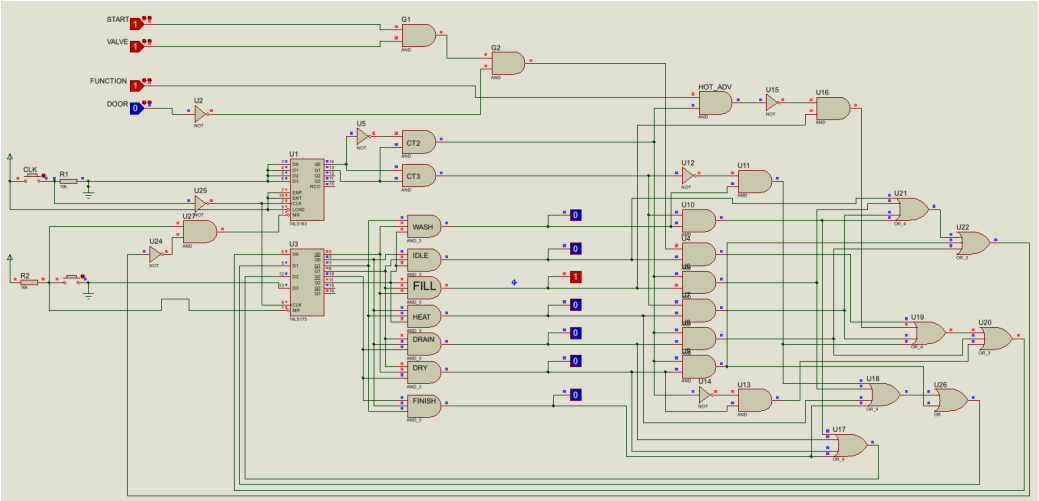
۵.۲ بررسی Test Case ها



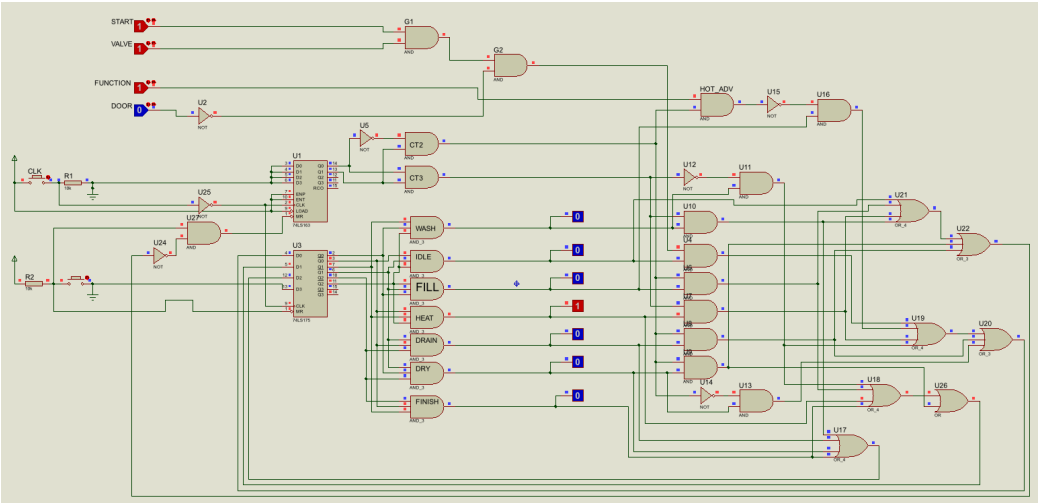
شکل ۱.۵.۲: قبل از شروع شست‌وشو



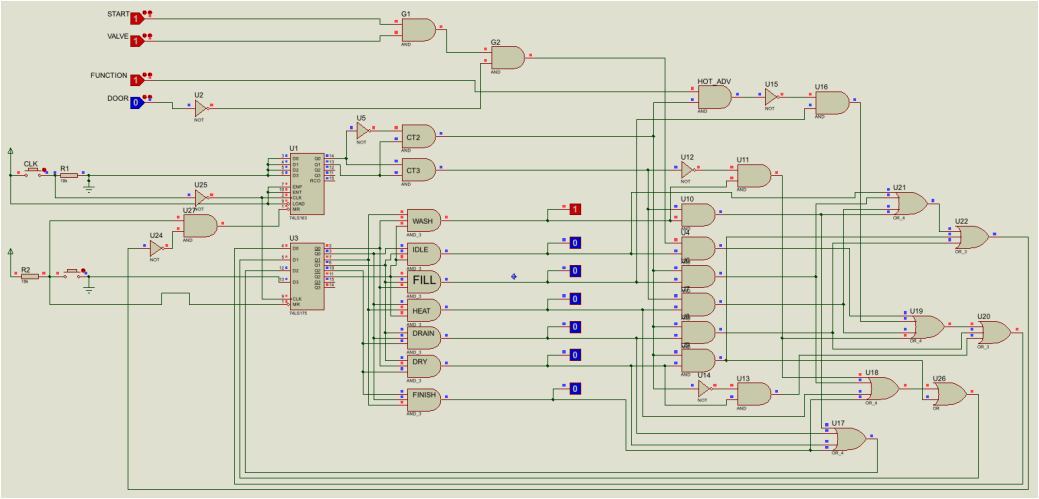
شکل ۲.۵.۲: شروع شست‌وشو با آب گرم



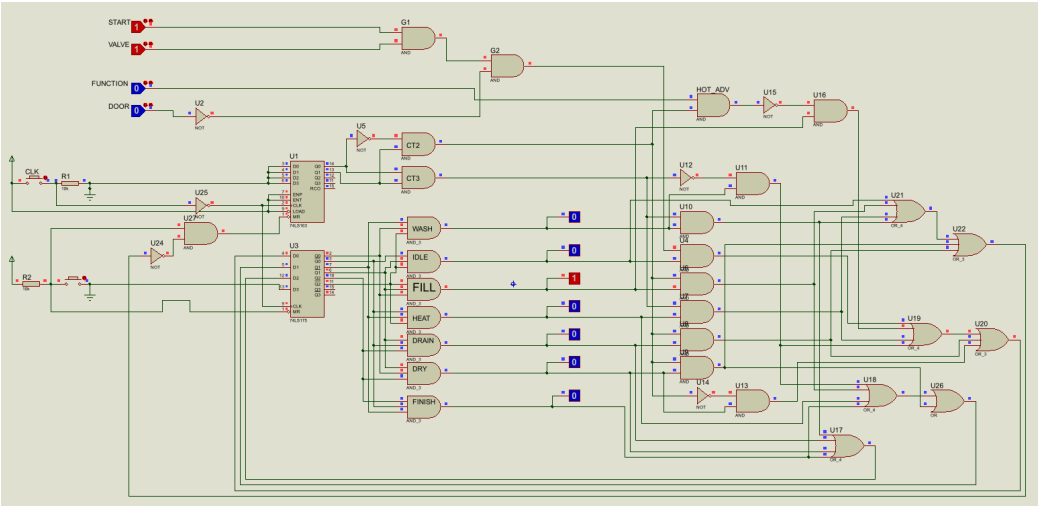
شکل ۳.۵.۲: بعد از ۳ پالس ساعت



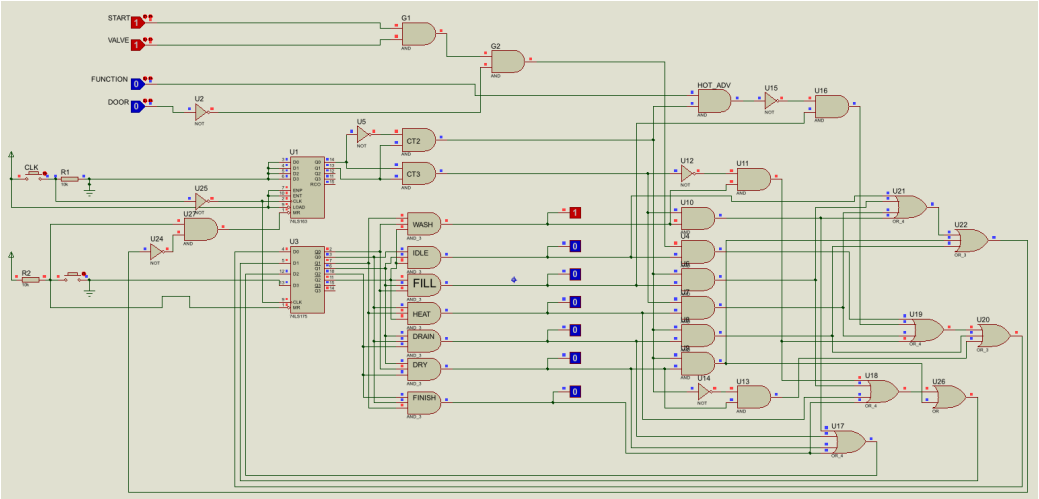
شکل ۴.۵.۲: بعد از ۴ پالس ساعت



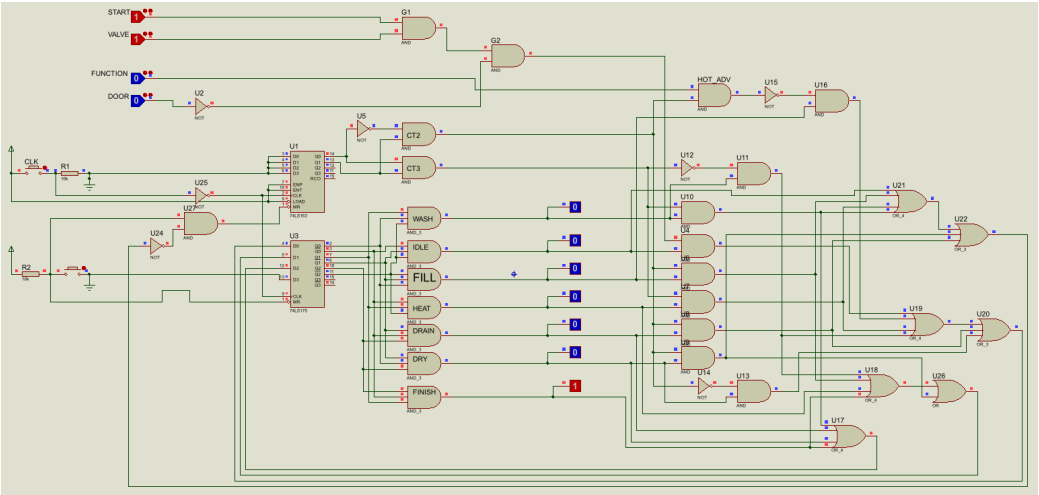
شکل ۵.۵.۲: بعد از فشردن دکمه Reset



شکل ۶.۵.۲: شروع شست‌وشو با آب سرد



شکل ۷.۵.۲: پس از ۳ پالس ساعت



شکل ۸.۵.۲: رسیدن به حالت پایان شست‌وشو

۳ تلفن راه دور

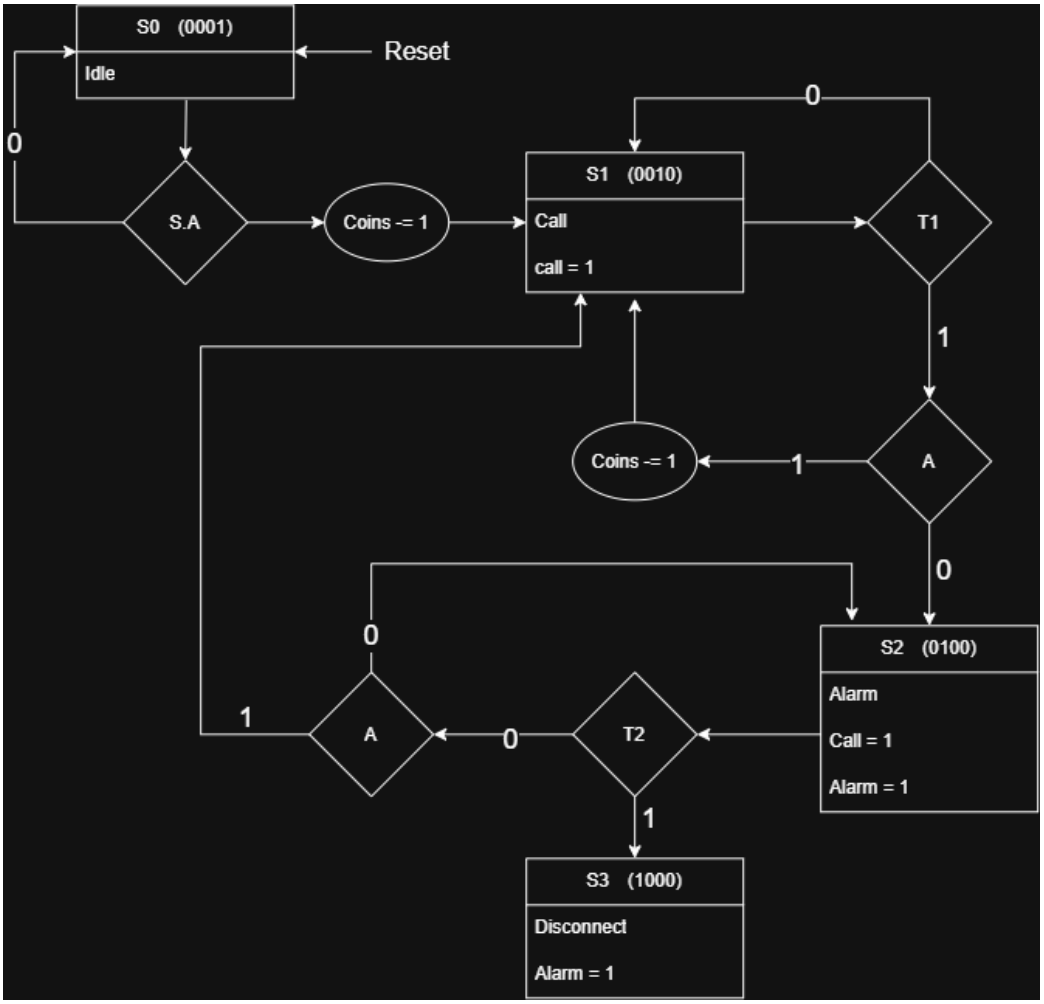
۱.۳ بررسی و انتخاب روش طراحی

برای این مدار نیز مانند مدار قبلی از ASM Chart استفاده خواهیم کرد. اما در بخش پیاده‌سازی مدار، به جای طراحی عادی با فلیپ‌فلاپ، از روش One-Hot استفاده می‌کنیم.

در این روش، به هر حالت یک فلیپ‌فلاپ اختصاص داده می‌شود و در هر زمان تنها یکی از فلیپ‌فلاپ‌ها مقدار یک دارد که نشان‌دهنده حالت مدار در آن زمان است. اگرچه استفاده از این روش به فلیپ‌فلاپ‌های بیشتری نیاز دارد اما به این دلیل که پیچیدگی طراحی را بسیار کمتر می‌کند و معادلات ورودی فلیپ‌فلاپ‌ها خیلی ساده‌تر می‌شوند، در بسیاری مواقع به‌صرفه است. مخصوصا در مدارهایی که تعداد حالات آنها زیاد نیست اما انتقالات بین حالات پیچیده و تعداد ورودی‌ها زیاد است.

۲.۳ بلوک‌دیاگرام اولیه

برای ساختن این مدار ASM Chart شکل ۱.۲.۳ را طراحی کردیم. دقت کنید که سیگنال A نشان‌دهنده موجودی بزرگتر از صفر است. برای ساخت آن کافی است تمام بیت‌های شمارنده‌ها را با هم OR کنیم.



شکل ۱.۲.۳: ASM Chart مدار تلفن

۳.۳ روند پیاده‌سازی

ابتدا حالت ها را مشخص می‌کنیم. برای این مدار چهار حالت زیر را در نظر گرفتیم:

- S_0-Idle (0001): حالت پایه.
- S_1-Call (0010): حالت تماس. چراغ تماس روشن و چراغ هشدار خاموش است.
- S_2-Alarm (0100): حالت هشدار. علاوه بر چراغ تماس، چراغ هشدار نیز روشن می‌شود.
- S_3-Diconnect (1000): قطع‌شدن تماس. به دلیل عدم افزایش موجودی، چراغ تماس خاموش شده و چراغ هشدار روشن می‌ماند و تا زمانی که دکمه Reset فشار داده نشود، مدار در همین وضعیت باقی خواهد ماند.

برای ساختن سیگنال‌های تایمر (T_1 و T_2)، از یک فلیپ‌فلاپ و یک شمارنده دودویی استفاده می‌کنیم. با وصل کردن معکوس خروجی($\overline{Q}$) یک D-FlipFlop، خروجی(Q) آن یک پالس ساعت در میان تغییر می‌کند. از این ویژگی می‌توان برای ساخت سیگنال T_1 استفاده کرد. برای تولید T_2 نیز از تراشه شمارنده ۷۴۱۹۳ استفاده میکنیم. هرگاه خروجی پایه Q_1 آن از صفر به یک برسد، با در نظر گرفتن یک پالس تاخیر فلیپ‌فلاپ، نشان‌دهنده گذشتن سه پالس ساعت است.

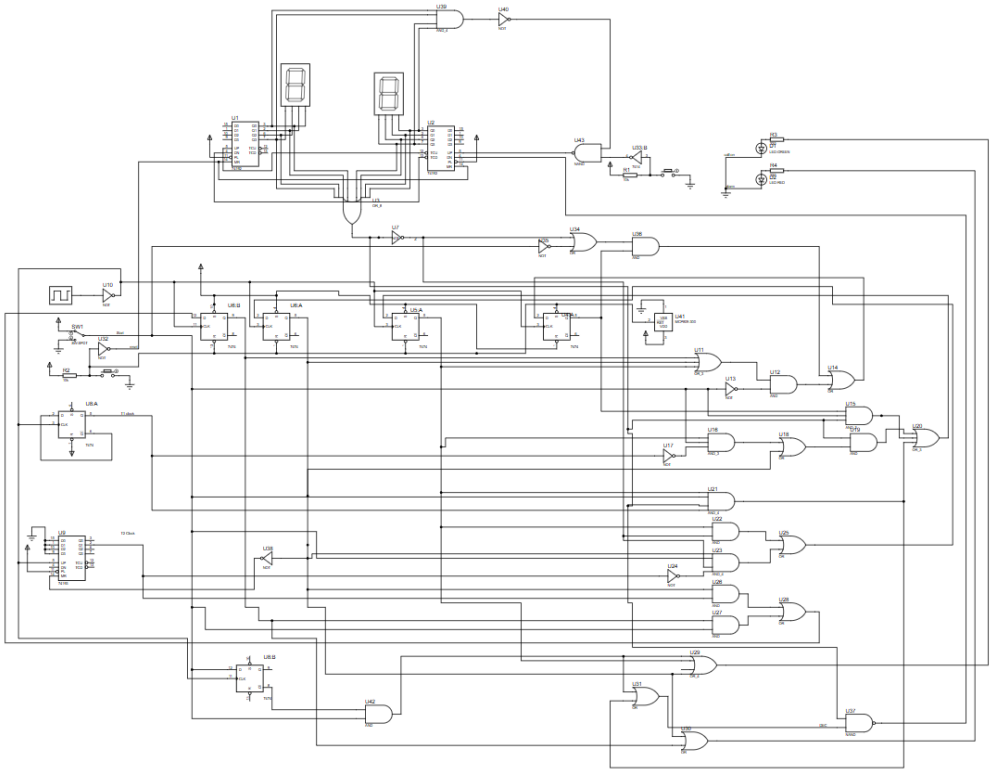
همان‌طور که اشاره شد، در روش One-Hot بدست آوردن معادلات ورودی فلیپ‌فلاپ‌ها کار راحتی است. کافی است به فلش‌هایی که به هر حالت وارد می‌شوند دقت کنیم و از آن‌ها اجتماع بگیریم. برای مثال برای فلیپ‌فلاپ نماینده حالت S_2 داریم:

$$D_2 = Q_1 \cdot T_1 \cdot \overline{A} + Q_2 \cdot \overline{T_2} \cdot \overline{A}$$

و به طریق مشابه معادلات ورودی هر چهار فلیپ‌فلاپ را بدست می‌آوریم.

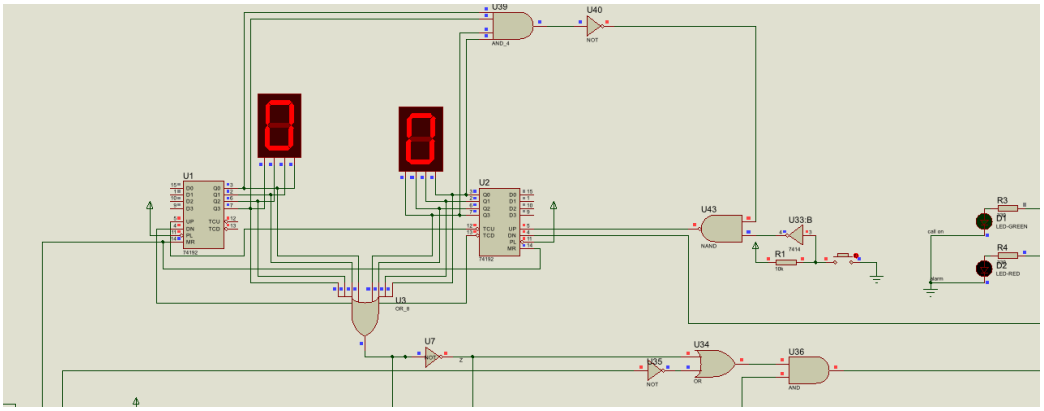
در نهایت شمارنده‌های ۷۴۱۹۲ را به 7-Segment ها و به یکدیگر متصل می‌کنیم. دکمه افزودن سکه را قرار داده و به کلاک Up شمارنده رقم یکان متصل می‌نماییم.

۴.۳ شماتیک نهایی مدار

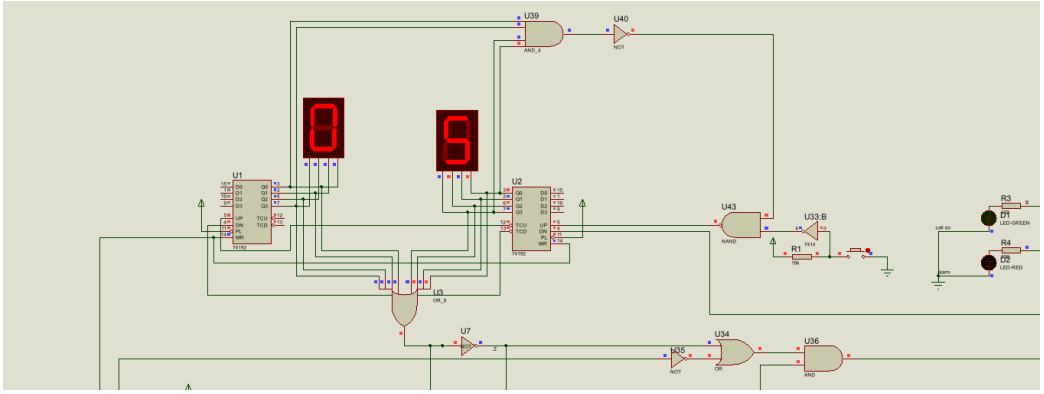


شکل ۱.۴.۳: مدار تایمر تلفن

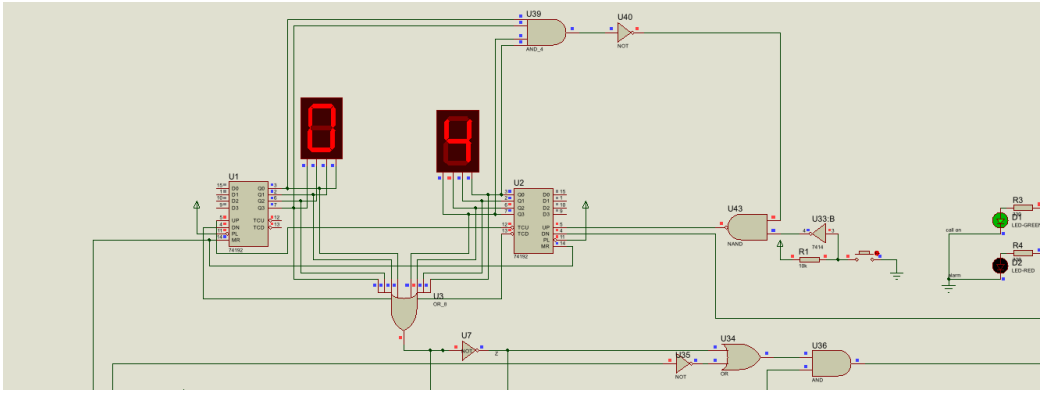
۵.۳ بررسی Test Case ها



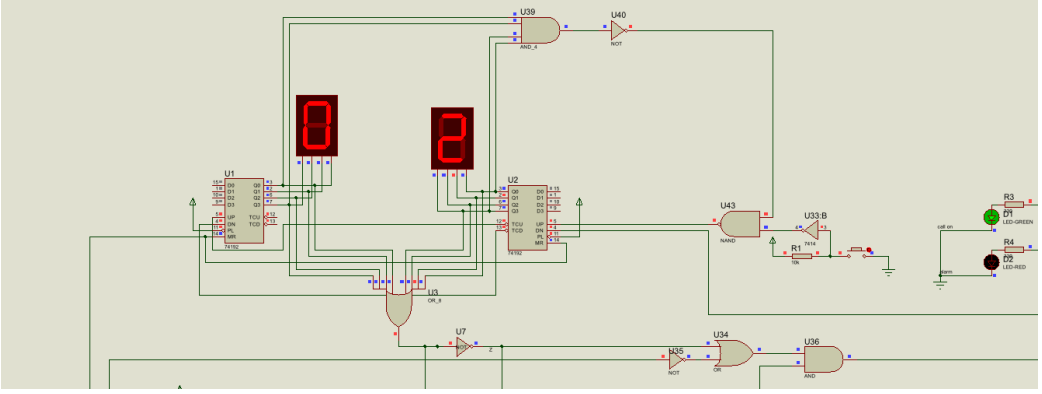
شکل ۱.۵.۳: حالت پایه



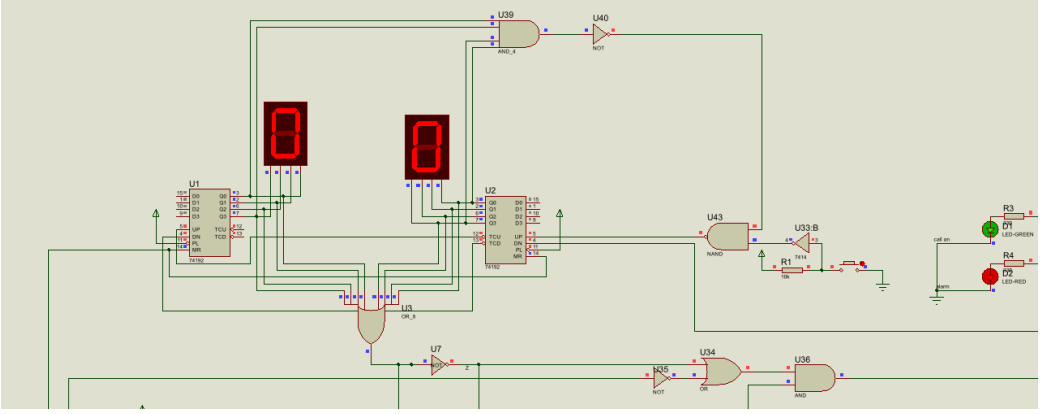
شکل ۲.۵.۳: افزایش سکه



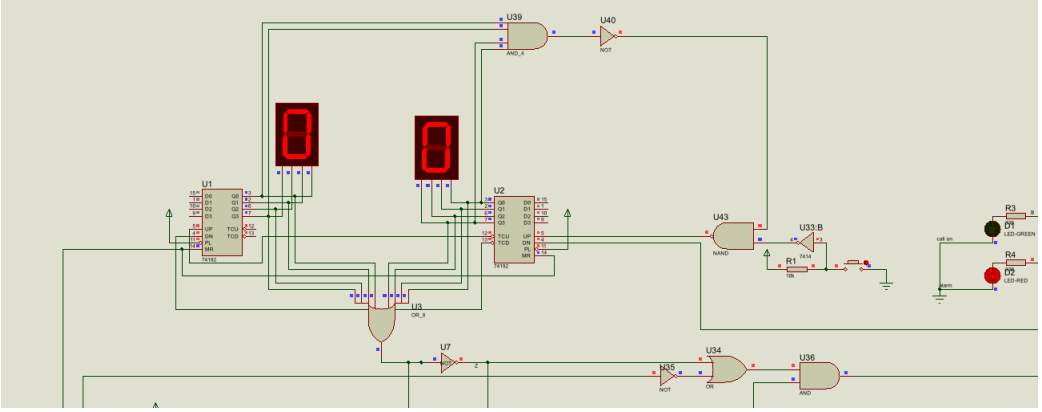
شکل ۳.۵.۳: شروع تماس



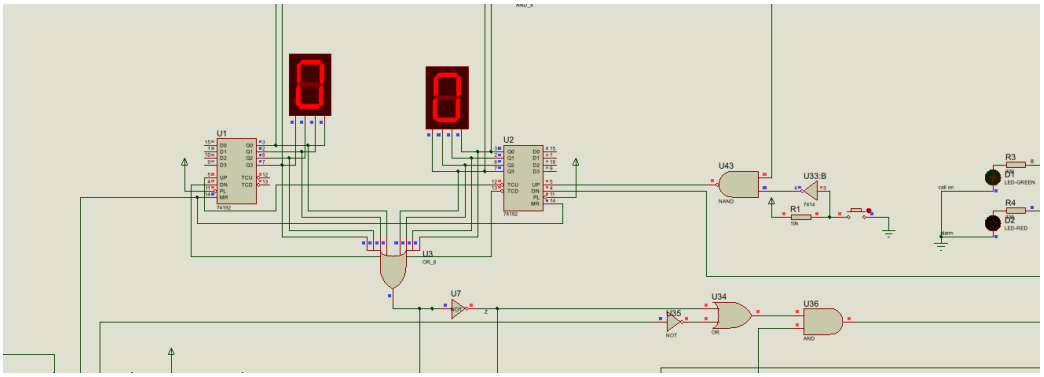
شکل ۴.۵.۳: کم شدن موجودی با گذر زمان (طی شدن پالس‌های ساعت)



شکل ۵.۵.۳: ورود به حالت هشدار



شکل ۶.۵.۳: قطع‌شدن تماس بعد از عدم افزایش موجودی



شکل ۷.۵.۳: پس از Reset

۴ نتیجه‌گیری

در این آزمایش، طراحی و پیاده‌سازی مدارهای کنترل‌کننده دیجیتال با استفاده از ASM Chart و شبیه‌سازی آن‌ها در نرم‌افزار Proteus با موفقیت مورد ارزیابی قرار گرفت. انجام همزمان هر دو پروژه نشان داد که نمودارهای ASM ابزاری بسیار کارآمد برای مدل‌سازی ماشین‌های حالت و کنترل سیستم‌های دارای زمان‌بندی و شروط مختلف هستند.

در پروژه اول (تایمر ماشین لباس‌شویی)، مشاهده کردیم که کنترل‌کننده توانست با بررسی دقیق ورودی‌های ایمنی (مانند وضعیت شیر آب و بسته بودن در) و بر اساس برنامه انتخابی (آب گرم یا سرد)، توالی زمانی دقیق عملیات شامل آب‌گیری، گرم کردن، شست‌وشو، تخلیه و خشک کردن را به درستی و بر اساس پالس‌های ساعت مدیریت کند.

در پروژه دوم (تلفن راه‌دور)، عملکرد مدار در زمینه دریافت، شمارش و نمایش سکه‌های ده ریالی بر روی نمایشگرهای ۷ قطعه‌ای با موفقیت آزمایش شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که کنترل‌کننده به خوبی قادر است کسر موجودی در طول زمان برقراری تماس (Call)، فعال‌سازی به‌موقع چراغ هشدار (Alarm) در هنگام صفر شدن موجودی و در نهایت قطع مکالمه در صورت عدم ورود سکه جدید را پیاده‌سازی نماید.

به طور کلی، این آزمایش فرایند گام‌به‌گام تبدیل یک سناریوی توصیفی پیچیده به یک نمودار الگوریتمی سخت‌افزاری را به خوبی نشان داد و نقش حیاتی مدارهای کنترل‌کننده در هماهنگ‌سازی و اجرای دقیق دستورات در سیستم‌های دیجیتال را به طور عملی اثبات نمود.