پودمان سوم

رله‌های قابل برنامه‌ریزی در تأسیسات صنعتی

واحد یادگیری ۳

آیا می‌دانید

۱ـ تفاوت عملکرد کنتاکتور و رله‌های قابل برنامه‌ریزی در مدارهای ترتیبی چیست؟
۲ـ برنامه‌نویسی رله در مدارهای راه‌انداز موتورالکتریکی به‌صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد چگونه است؟
۳ـ برنامه‌نویسی رله در مدارهای راه‌انداز موتورالکتریکی به‌صورت ستاره ـ مثلث چگونه است؟
۴ـ برنامه‌نویسی یک موتور دالاندر یا برنامه برای یک سکوی بالابر چگونه است؟

استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد اصول برنامه‌نویسی برای رله در مدارهای ترتیبی را فراگرفته و برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به‌صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد و ستاره ـ مثلث به شکل بلوکی و نردبانی برنامه بنویسند و موتور الکتریکی را راه‌اندازی نمایند.

مقدمه

پیاده‌سازی مدارهای راه‌اندازی دیگری با رله‌ها (PLRها) در این پودمان آورده شده است. در این مدارهای راه‌اندازی یک کنتاکتور از مدار خارج و کنتاکتور دیگری جایگزین آن می‌شود (مدارات تناوبی). در این مدارها به‌واسطه تفاوت سرعت عملکرد خروجی Q رله و کنتاکتورها مشکلاتی پیش می‌آید. ابتدا به تفاوت ذاتی آنها در عملکرد و در مدارها، در ادامه به پیاده‌سازی راه‌اندازی‌هایی پرداخته می‌شود که تفاوت در سرعت عملکرد خروجی Q رله و کنتاکتور می‌باشد. در برخی موارد می‌توان با تغییرات سیم‌کشی مشکل را بر طرف کرد. اما کم‌کم این توانمندی ایجاد می‌شود که با تغییر و اصلاح برنامه که از مزایا و امتیازات PLR هاست مشکل را برطرف کرد. مدارهای چپ‌گرد ـ راست‌گرد و ستاره ـ مثلث از جمله مدارهایی است که به پیاده‌سازی آنها با رله‌های قابل برنامه‌ریزی اشاره می‌شود. در این مدارها ابتدا یک کنتاکتور کاملاً غیرفعال شود سپس کنتاکتور بعدی وارد مدار می‌شود. عدم توجه به تفاوت سرعت عملکرد رله و کنتاکتور موجب خواهد شد که در مدار قدرت آنها اتصال کوتاه دو فاز یا سه فاز پیش آید تفاوت دیگر عملکردی در وصل مجدد کنتاکتور بعد از قطع برق است که گاهی در فرایندهای صنعتی مورد نیاز است. راه‌حل این مشکل نیز در ادامه و توسط برنامه و در پیاده‌سازی با PLR بررسی خواهد شد.

۱ـ۳ـ تفاوت عملکرد رله (PLR) و کنتاکتور

فرض کنید در یک مدار راه‌اندازی دائم کار ساده که فقط با کنتاکتور و شستی‌ها سیم‌کشی شده و برق‌دار است. اگر حامل تیغه‌ها را که در قسمت خارجی کنتاکتور قرار دارد به داخل فشار دهید هسته متحرک کنتاکتور جذب شده و قفل می‌شود. این کار شبیه فشردن شستی وصل است. اکنون این راه‌اندازی را در PLR پیاده‌سازی کنید و حامل تیغه‌های کنتاکتور که حالا روی خروجی PLR سیم‌کشی شده را به داخل فشار دهید. در این حالت مدار کنتاکتور قفل نمی‌شود. چرا؟ علت را می‌توان چنین توضیح داد که در مدار اول با فشردن قسمت خارجی کنتاکتور، شبیه فشردن شستی، باعث فرمان به قسمت داخلی آن و منجر به بسته شدن کنتاکت ۱۳ـ۱۴ و قفل شدن کنتاکتور شد اما در مورد پیاده‌سازی همین راه‌اندازی با برنامه ای از روی شکل مدار فرمان یا تابع RS و یا هر برنامه دیگر در PLR ، زمانی که کنتاکتور را با فشار دادن حامل تیغه‌ها تحریک کنید، نمی‌توانید از خروجی مثلاً Q1 رله فرمانی به داخل PLR ارسال کنید. به عبارت دیگر با این کار هیچ تغییری درخروجی داخلی Q1 و در برنامه اتفاق نمی‌افتد. با تمام شباهت‌هایی که بین یک مدار صرفاً کنتاکتوری با مدار پیاده‌سازی با PLR وجود دارد اما این تفاوت اساسی در بیشتر موارد مشکلی برای راه‌اندازی ایجاد نمی‌کند.

این موضوع در مدارهای ترتیبی یکی پس از دیگری نیز خود را به شکل دیگری نشان می‌دهد با تمام شباهت‌هایی که راه‌اندازی صرفاً با کنتاکتور با راه‌اندازی و پیاده‌سازی با PLR دارد اما اگر در مدار صرفاً کنتاکتوری ترتیبی، سیم‌پیچ کنتاکتور اول، بسوزد کنتاکتور دوم، نیز از مدار خارج می‌شود در صورتی که در راه‌اندازی با PLR اگر سیم‌پیچ کنتاکتور اول، بسوزد کنتاکتور دوم به کار خود ادامه می‌دهد. در واقع خرابی کنتاکتور توسط PLR، این تفاوت‌ها به ساختار داخلی PLR بر می‌گردد.

۲ـ۳ـ مدارهای تناوبی

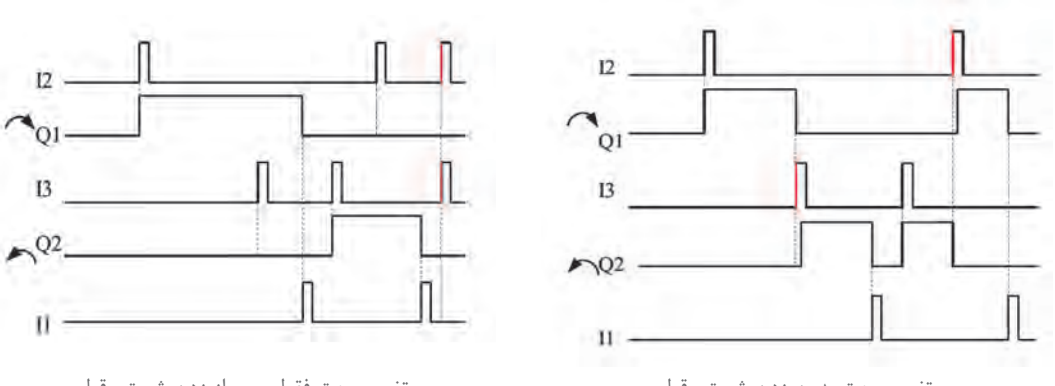
مدارهای کنتاکتوری که یک کنتاکتور جایگزین کنتاکتور دیگری می‌شود را مدارهای تناوبی گویند. در مدارهای تناوبی هیچگاه نباید دو کنتاکتور در یک لحظه با هم در مدار قرار گیرند.

در برنامه‌نویسی مدارهای تناوبی باید به زمان تأخیر عملکرد کنتاکتور ناشی از نیروی فنر توجه داشت. عدم توجه به زمان تأخیر عملکرد کنتاکتور ناشی از نیروی فنر باعث وقوع اتصال کوتاه در مدار قدرت خواهد شد. لذا در برنامه‌نویسی باید زمان تأخیر عملکرد کنتاکتور ناشی از نیروی فنر در نظر گرفته شود و یا آن را با نصب اینترلاک الکتریکی در سیم کشی بویین کنتاکتورها جبران نمود.

گاهی لازم است از نمودار زمانی برای تحلیل این رفتارها استفاده کرد و در طراحی و برنامه‌نویسی از آن کمک گرفت به این ترتیب طراحی درست‌تر و بدون ایراد را ارائه داد. البته قبلاً با نمودار زمانی در طرز کار تایمرها و تابع RS برخورد داشته‌اید. طرزکار یک راه‌اندازی را می‌توان با ترسیم نمودار زمانی روی یک محور فرضی از چپ به راست نشان داد (طرز کار تایمرها و تابع RS را به این شکل روی محور زمان و توسط لبه‌ها مشاهده کرده‌اید) در اینجا نیز برای فعال شدن کنتاکتورها توسط شستی از نمودار استفاده می‌شود به‌طوری که فشار به شستی (لبه بالا رونده شستی) منجر به روشن شدن کنتاکتور (لبه روشن شدن) خواهد شد این هم‌زمانی با یک خط‌چین در یک امتداد قائم قرار می‌گیرند. در صورتی که تأخیری وجود داشته باشد لبه‌ها کمی از هم فاصله خواهد گرفت ترسیم تعدادی نمودار زمانی تشکیل می‌شود و هر سطر نمودار مربوط به یک شستی و نمودار زیرین آن مربوط به کنتاکتورها خواهد بود. البته در زمان قطع کنتاکتور نیز با توجه به هم‌زمانی این دو یکی لبه بالا رونده، (شستی قطع و دیگری پایین‌رونده برای قطع کنتاکتور) باز نمودارها باید با هم در یک راستای عمودی قرار گیرد. نحوهٔ عملکرد مدار را با تحلیل راستای نمودارها قابل بررسی و تفسیر است.

نمودار زمانی کار تابع RS و تایمرها در پودمان‌های قبل نمونه‌هایی از این نمودار زمانی است.

ترسیم نمودارها، اتفاق‌هایی که در یک لحظه و یا با تأخیر بسیار کم اتفاق می‌افتد با ترسیم خط‌چینی عمود بر محور زمان نشان داده می‌شود.



تغییر جهت فقط پس از زدن شستی قطع — تغییر جهت بدون زدن شستی قطع

شکل ۱ـ نمودار زمانی

۳ـ۳ـ پیاده‌سازی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد موتور سه فاز به روش نردبانی و بلوکی

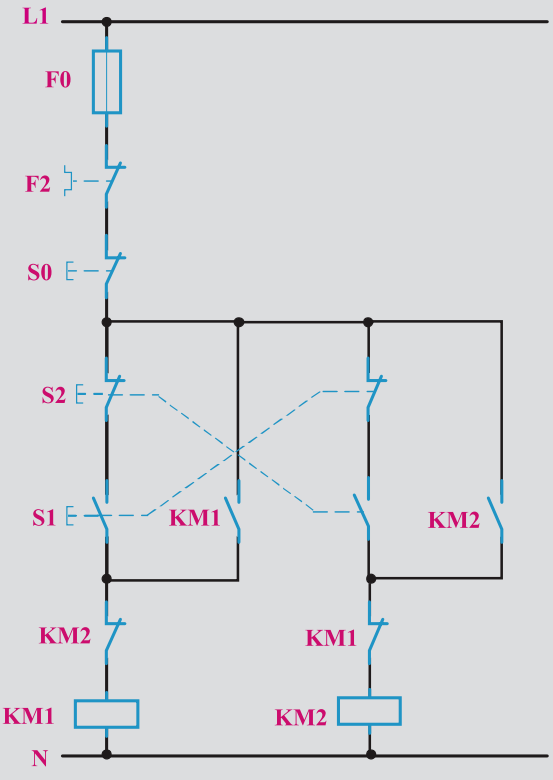
یکی از مدارات تناوبی راه‌اندازی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد موتور الکتریکی سه‌فاز است. پیاده‌سازی این راه‌اندازی به روش بلوکی و نردبانی به دو روش با حفاظت کامل و سریع ارائه می‌شود.

الف) مدار چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل (تغییر جهت فقط پس از فشار شستی قطع)

نقشه مدار فرمان راه‌اندازی موتور سه فاز به‌صورت چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل، در شکل ۲ نشان داده شده است.

نحوه عملکرد و وضعیت کاری مدار شکل ۲ را می‌توان به اختصار چنین نوشت:

۱ـ با فشردن شستی S1 کنتاکتور KM1 دائم‌کار می‌کند.
۲ـ با فشردن شستی S2 کنتاکتور KM2 دائم‌کار می‌کند.
۳ـ امکان اینکه دو کنتاکتور هم‌زمان با هم عمل کنند، وجود نداشته باشد.
۴ـ با فشار هم‌زمان دو شستی هیچ یک از کنتاکتورها عمل نکنند.
۵ـ تغییر کار دو کنتاکتور بدون فشردن شستی S0 امکان‌پذیر نباشد.
۶ـ با فشردن شستی S0 مدار قطع و خاموش شود.



شکل ۲ـ مدار فرمان راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل

تذکر

جزئیات عملکرد مدارات فرمان و قدرت اشاره شده در این پودمان به تفصیل در کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف آمده است.

جدول ۱، ورودی و خروجی‌های مورد نیاز برنامه‌نویسی رله را طبق مدار فرمان نشان می‌دهد.

جدول۱ـ تخصیص ورودی و خروجی

وصل کنتاکتور K1M :	Q1	I2	: شستی وصل
وصل کنتاکتور K2M :	Q2	I3	: شستی وصل
قطع کل مدار:	Q1 و Q2	I1	: شستی قطع

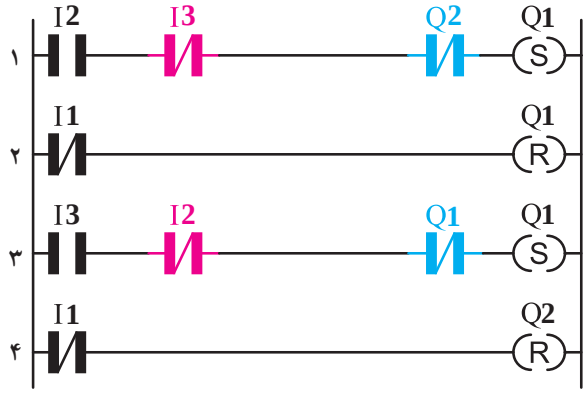
۱ـ۳ـ۳ـ طراحی و رسم مدار به روش نردبانی: با توجه به شرایط کاری مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد و ورودی و خروجی‌های اختصاص داده شده مراحل طراحی به‌صورت زیر است.

۱ـ با توجه به شرط ۱ و ۲ و همچنین ۶، ورودی‌هایی که مدار را روشن می‌کنند در مسیر Set خروجی مربوط قرار می‌گیرند و ورودی که مدار را خاموش می‌کند در مسیر Reset آنها قرار می‌گیرد. (سطر ۱ و ۲ و ۳ و ۴ نردبان)

۲ـ با توجه به شرط ۳، اگریک خروجی فعال است خروجی دیگر نتواند فعال شود، NOT خروجی Q1 در مسیر Set خروجی Q2 و NOT خروجی Q3 در مسیر Set خروجی Q1 قرار می‌گیرد. (مجدد در سطر۱و ۳ نردبان)

۳ـ برای تأمین شرط ۴ (فعال شدن هم‌زمان دو ورودی تأثیری در خروجی‌ها نداشته باشد) در مسیر Set خروجی‌ها معادل NOT ورودی دیگر قرار گیرد که در ادامه و در روش بلوکی بیشتر توضیح داده می‌شود. (مجدد سطر ۱ و ۳ نردبان)

مطابق بندهای اشاره شده مدار به شکل نردبانی و با تابع خود نگهدار به‌صورت شکل ۳ ترسیم می‌شود.



شکل ۳ـ نقشه نردبانی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت

توجه

همان‌طور که می‌دانید در ورودی‌های PLR از شستی دوبل استفاده نمی‌شود و منطق کاری آن را در برنامه اعمال می‌کنند در شکل ۱ از تیغه بسته شستی دوبل به عنوان محافظ استفاده شده است. اما معمولاً با فشردن شستی دوبل تیغه بسته، بخشی از مدار را از حالت فعال خارج می‌کند.

۲ـ۳ـ۳ـ طراحی و رسم مدار به روش بلوکی: مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد به شکل بلوکی در شکل ۴ نشان داده شده است.

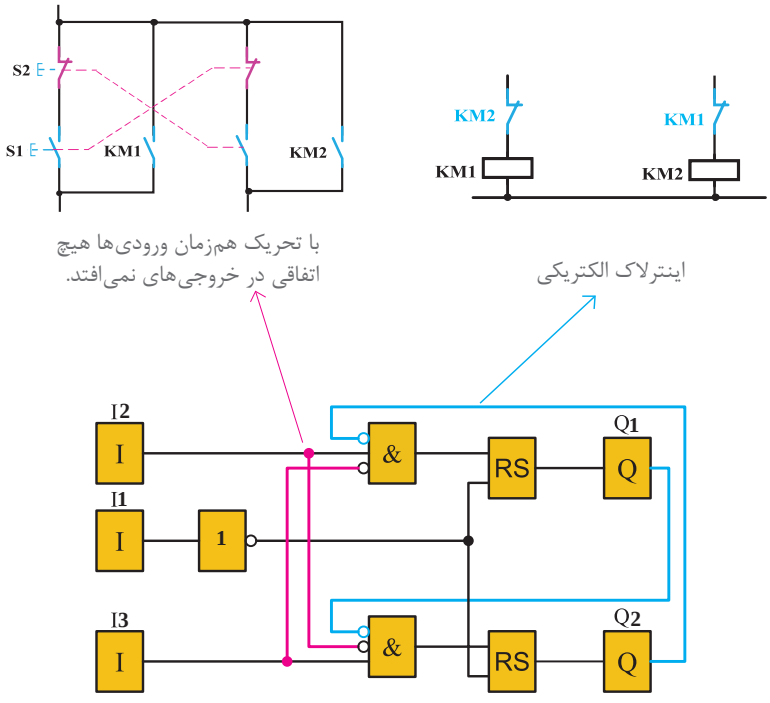
ـ مراحل برنامه‌نویسی به‌صورت زیر است:

۱ـ ورودی I1 را برای قطع مدار و دو ورودی I2 و I3 برای انتخاب جهت چرخش، همگی در سمت چپ صفحه ترسیم می‌شود.

۲ـ دو خروجی Q1 و Q2 برای راست‌گرد و چپ‌گرد بودن در سمت راست ترسیم می‌شود که هر دو باید دارای RS باشند پس در سمت چپ آنها بلوک RS رسم می‌شود.

۳ـ در این مرحله NOT خروجی Q1 را در این مسیر Set خروجی Q2 با ورودی I3، AND و NOT خروجی Q2 را در این مسیر Set خروجی Q1 را با ورودی I2، AND می‌شود.

۴ـ برای آنکه با هم‌زمان فعال شدن دو ورودی I2 ،I3 هیچکدام از خروجی‌ها فعال نشود NOT هر ورودی با مسیر ورودی دیگر AND شود. (خط قرمز رنگ)

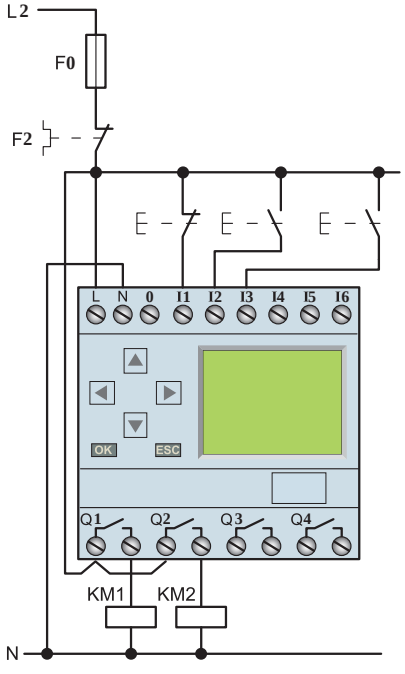


شکل ۴ـ برنامه بلوکی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل

مقرر شد در صورت فشردن هم‌زمان شستی‌های متصل به ترمینال‌های I2 و I3، هیچکدام از خروجی‌ها فعال نشوند این شرط را می‌توان چنین شرح داد. عملگر AND به‌کار رفته در برنامه و منطق ورودی‌های آن باید مورد توجه قرار گیرد. دقت کرد در حالت عادی، اینترلاک (NOT خروجی Q)ها در ورودهای ANDها ارزش یک منطقی را دارند، با فشردن هم‌زمان شستی‌ها دو ورودی I2 و I3، همه ورودی‌ها، AND فعال، و در نتیجه خروجی‌ها فعال خواهند شد برای حل این مشکل؛ در AND بالایی، در کنار ورودی I2، NOT ورودی I3 نیز ایجاد می‌شود. در این حالت با فشردن هم‌زمان شستی‌های متصل به ترمینال‌های ورودی I2 و I3، در برنامه برای یک لحظه هم امکان ندارد هر دوی این ورودی‌های بلوک AND یک شوند پس خروجی نداشته و Q1 فعال نمی‌شود و خواسته مدار برآورده می‌شود.

از طرفی این کار را برای ورودی I3 نیز باید انجام داد یعنی I3 و NOT ورودی I2 در ورودی بلوک AND پایینی ایجاد شود، بدین ترتیب Q2 نیز با فشردن هم‌زمان دو شستی متصل به ترمینال‌های I2 و I3 فعال نمی‌شود. در اینجا هم‌زمانی ۰ و ۱ در ورودی هر AND اجازه فعال شدن خروجی آن را نداد اما اگر به مدار فرمان توجه کنید عدم هم‌زمانی یعنی زودتر باز شدن تیغه‌های بسته شستی دوبل اجازه فعال شدن کنتاکتورها را از آن گرفته، بنابراین هر چند ورودی NO و NC در AND برنامه، شباهت زیادی به شکل تیغه‌های بسته و باز شستی دوبل درمدار فرمان دارد. یعنی همگی سری هستند اما منطق دیگری در برنامه‌نویسی وجود دارد که با مدار فرمان مغایرت دارد و نباید به هیچ عنوان با تأخیر در عبور جریان به مقایسه این دو پرداخت. لذا از این پس به شکل ظاهری مدار فرمان و عملکرد جریان در سیم‌کشی آن توجه نداشته باشید و فقط به دنبال منطق درست در پیاده‌سازی راه‌اندازی‌ها در رله‌های قابل برنامه‌ریزی باشید.

نقشه سیم‌کشی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد در رله قابل برنامه‌ریزی را در شکل ۵ مشاهده می‌کنید.



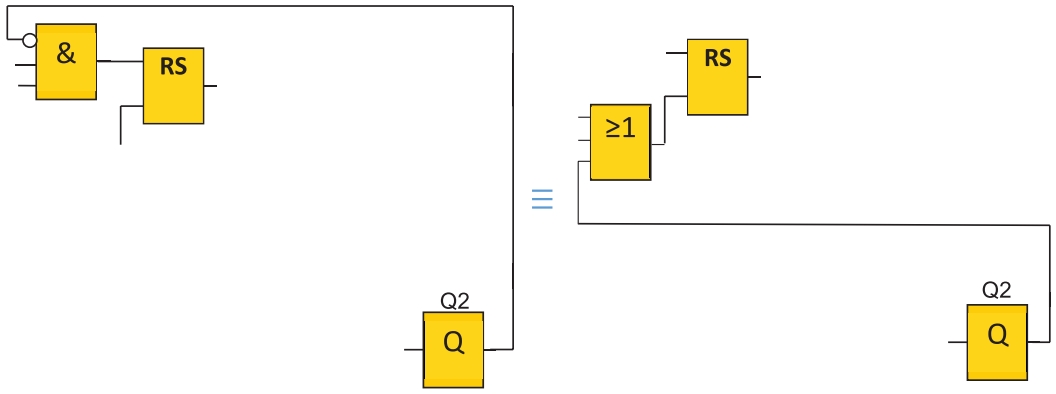
شکل ۵ـ سیم‌کشی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد رله

۳ـ۳ ـ۳ـ روشی جدید برای ایجاد اینترلاک الکتریکی در برنامه‌ها، با وجود تابع RS

اینترلاک الکتریکی را در برنامه قبل، به این صورت اجرا شد که عملگر AND، NOT خروجی‌ها را در مسیر Set خروجی دیگر قرار می داد ، حالا می‌توان به جای آن عملگر از گیت OR، قبل از تابع RS استفاده کرد. اینترلاک الکتریکی را به‌صورت OR هر خروجی، در مسیر Reset خروجی دیگر، ایجاد کرد. با این کار، با فعال شدن یک خروجی به خروجی دیگر اجازه فعال شدن داده نمی‌شود، این همان خواسته و منطق اینترلاک مطابق شکل ۶ ـ الف است.

فعالیت ۱

فعالیت ۱: «تغییر جهت فقط پس از فشار شستی قطع» در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گردرا به‌صورت شکل ۶ـب ایجاد کردید. این کار به علت وجود عملگر AND مناسب قبل از تابع RS در برنامه اینترلاک ایجاد شد. آیا استفاده از این نوع اینترلاک الکتریکی در این برنامه چپ‌گرد ـ راست‌گردرا به‌صورت شکل ۶ـ ب ایجاد کردید. آیا این کار صحیح است؟



شکل ۶ـ ب　　شکل ۶ـ الف

شکل ۶ـ ایجاد اینترلاک الکتریکی در مسیر set و Reset

فعالیت ۲

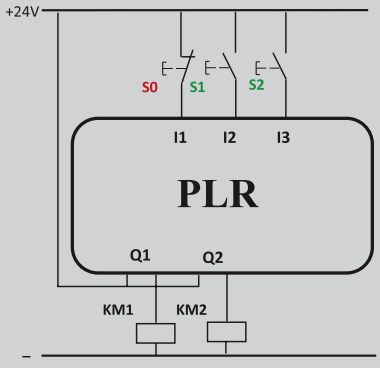
نمودار زمانی عملکرد دو نوع مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد در شکل ۱ نشان داده شده است. طرز کار مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد را به نمودارهای شکل ۶ مرتبط کنید و آن را شرح دهید؟

کارعملی ۱

مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل (تغییر جهت فقط پس از زدن شستی قطع)

در این کار عملی قرار است مطابق جدول چپ‌گرد ـ راست‌گرد راه‌اندازی یک موتورالکتریکی (تغییر جهت فقط پس از زدن قطع) را اجرا نمایید.

جدول ۲

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/ اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور ↻	I2	S1
	روشن کردن موتور ↺	I3	S2
	اتصال به موتور	Q1	KM1
	اتصال به موتور	Q2	KM2

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم نمایید

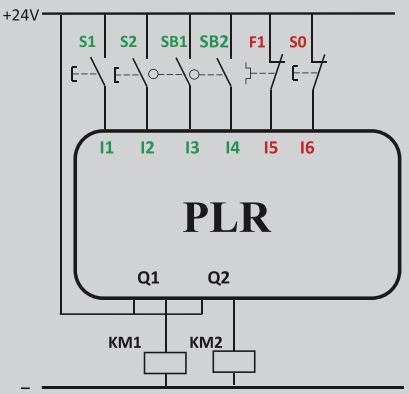
برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی PLR را انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل نمایید.
گام ۳: برنامه‌نویسی PLR را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود آزمایش نمایید.

تمرین

راه‌اندازی مدار الکتریکی چپ‌گرد ـ راست‌گرد در دو حالت دستی و با لیمیت سوئیچ را در جدول ۳ به‌صورت برنامه بلوکی و نردبانی ترسیم نمایید.

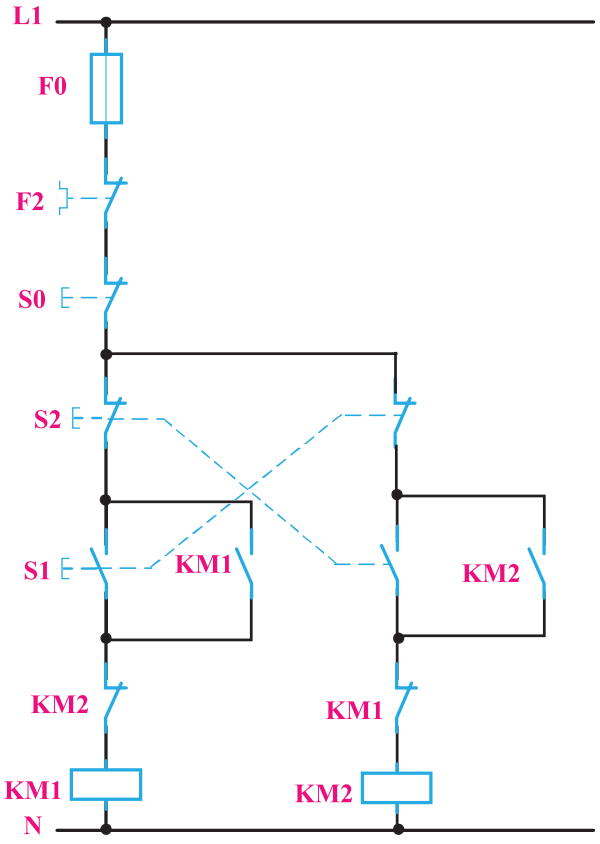
جدول ۳

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	روشن کردن روشن کردن روشن کردن روشن کردن	I1 I2 I3 I4	S1 S2 SB1 SB2
	خاموش کردن خاموش کردن	I5 I6	F1 S3
	اتصال موتور اتصال موتور	Q1 Q2	KM1 KM2

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

ب) مدارچپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع (تغییر جهت بدون فشار شستی قطع)

مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد سریع در شکل ۷ نشان داده شده است. در این مدار شرایط کاری همانند مدار چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل می‌باشد تنها شرط ۵ آن تغییرکرده است.



شکل ۷ـ مدار فرمان راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت سریع

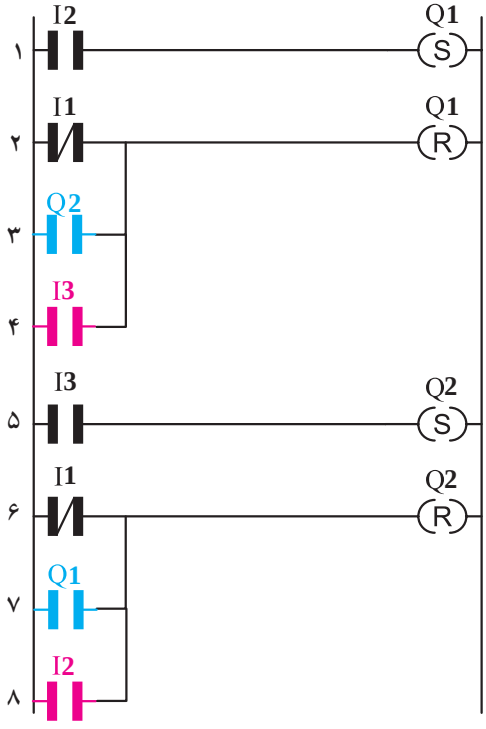
معرفی ورودی و خروجی‌ها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴ـ تخصیص ورودی و خروجی

وصل کنتاکتور KM1:	Q1	I2	: شستی وصل
وصل کنتاکتور KM2:	Q2	I3	: شستی وصل
قطع کل مدار:	Q1 و Q2	I1	: شستی قطع

۴ـ۳ـ۳ـ طراحی و ترسیم مدار به شکل نردبانی: مراحل طراحی و ترسیم برنامه این مدار به روش نردبانی مانند مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد قبلی می‌باشد (یعنی خطوط ۱ و ۵ و همچنین ۲و ۶ نردبان) در این

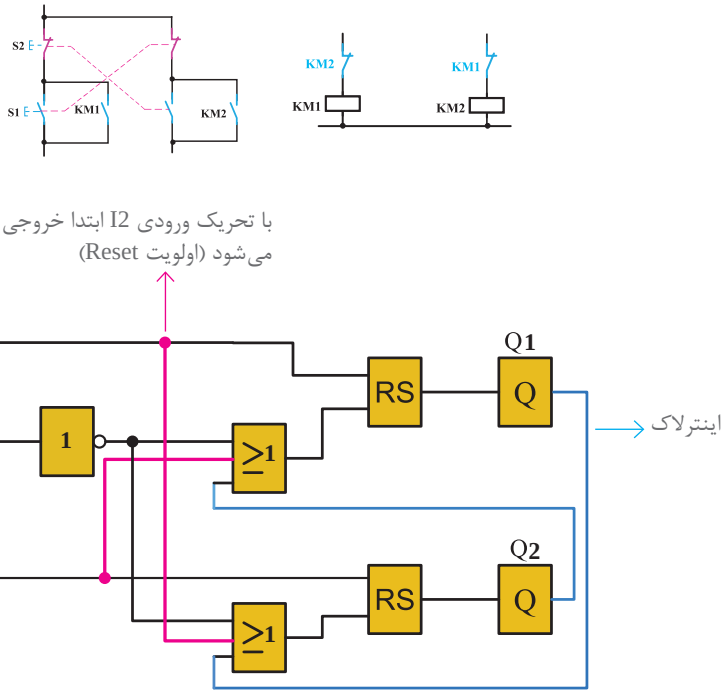
مدار اینترلاک الکتریکی با روش جدید ایجاد می‌شود یعنی با موازی کردن Q2 در مسیر Reset خروجی Q1 و موازی کردن Q1 در مسیر Reset خروجیQ2 (خط ۳ و ۷ نردبان) اما نقش شستی دوبل در اینجا متفاوت است. شستی دوبل مثلاً شستی NO که در ورودی I3 سیم‌کشی شده قرار است خروجی Q2 را Set و خروجی و قبل از آن Q۱ را Reset کند پس در این مسیرها قرار گرفته است (یعنی خط ۴ نردبان) علت اینکه I3 خروجی Q2 را Set و خروجی Q1 را زودتر Reset می‌کند این است که اولویت در توابع RS با Reset است. در خط ۸ نردبان، I2 نیزدر مسیر Reset خروجی Q2 قرار می‌گیرد تا شستی NO ساده در ورودی I2 هم بتواند با توجه به عملکرد برنامه منطق شستی دوبل را محقق کند (شکل ۸).



شکل ۸ــ نقشه نردبانی مدار چپ‌گرد ــ راست‌گرد سریع

۵ــ۳ــ۳ــ طراحی و ترسیم مدار به شکل بلوکی: نقشه برنامه بلوکی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع در شکل ۹ نشان داده شده است.

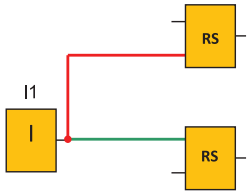
در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع برای تغییر جهت بدون فشار شستی 0 همان مراحل ۱ و ۲ و ۳ برنامه چپ‌گرد ـ راست‌گرد قبلی را دنبال می‌شود. اما لازم است تا ورودی‌های Set هر بلوک RS در مسیر reset کردن بلوک RS دیگر قرار گیرد برای این منظور در مسیر هر ورودی reset در بلوک‌های RS یک بلوک OR قرار گیرد تا reset شدن هم از طریق ورودی I1 و هم از طریق مسیرها مطابق شکل ۹ صورت گیرد.



شکل ۹ـ نقشه بلوکی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع

برای پیاده‌سازی این راه‌اندازی در مدار سیم‌کشی رله قابل برنامه‌ریزی، باید اینترلاک الکتریکی روی بوبین کنتاکتورها قبل از اتصال آنها به خروجی‌های Q1 و Q2 رله قابل برنامه‌ریزی انجام شود زیرا سرعت تغییر وضعیت کنتاکتورها با توجه به برنامه بر اساس اولویت Reset بسیار بالا است. به‌طوری که در مدار قدرت، هنوز فنر رهاساز قطع کنتاکتور KM1 کار خود را به اتمام نرسانده، کنتاکتور KM2 وصل شده است. این اتفاق ممکن است اتصال کوتاه دو فاز را در یک لحظه کوتاه به همراه داشته باشد. برای جلوگیری از اتفاق در کارهای عملی بعد توابع تایمر آورده شده است.

چون در سیم‌کشی رله، شستی دوبل به‌کار نمی‌رود باید تأثیر شستی دوبل را در برنامه اعمال کرد. برای این منظور چون با فشردن شستی دوبل تیغه باز بخشی از مدار را فعال می‌کند و تیغه بسته بخشی دیگر از مدار را غیرفعال می‌کند. تأثیر شستی دوبل در مدارها را می‌توان در برنامه چنین اعمال نمود. یک شستی وصل (START) در سیم‌کشی دستگاه در نظر گرفته شود که ورودی تخصیص یافته برای آن در برنامه نیز یک کنتاکت باز باشد اکنون این ورودی یک تابع RS را Set و تابع RS دیگری را Reset می‌کند چنین کاربردی در برنامه مدار چپ‌گرد راست‌گرد سریع آورده شد (شکل ۱۰) اما باید توجه داشت که برخلاف شستی‌ها ابتدا (تیغه بسته شستی و سپس تیغه باز آن با تأخیری عمل می‌کند توابع RS چنین نیستند در صورتی‌که همزمان R و S فعال شوند لویت با Reset می‌باشد. برای آنکه مشابه عملکرد تیغه‌های باز و بسته شستی دوبل بخواهیم تأخیر در RS ایجاد کنیم باید از تایمر استفاده شود.

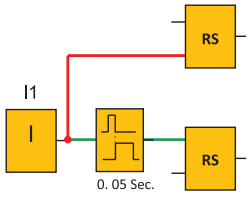


شکل ۱۰ــ معادل‌سازی شستی دوبل در برنامه

سؤال

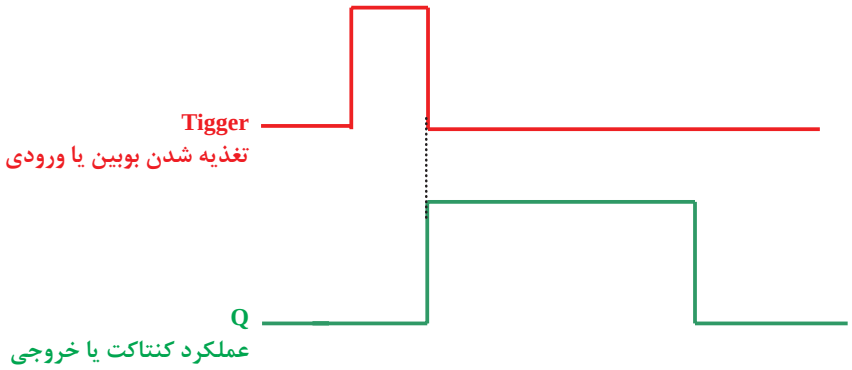
می‌توانید حدس بزنید برای این منظور چه تایمری مناسب است؟

برای این منظور مطابق شکل ۱۱ تایمری را در نظر بگیرید آیا از مشخصه زمانی تایمر که روی بلوک ترسیم شده است می‌توانید به نحوه طرز کار آن پی ببرید.



شکل ۱۱ــ تایمر در مدار شستی دوبل

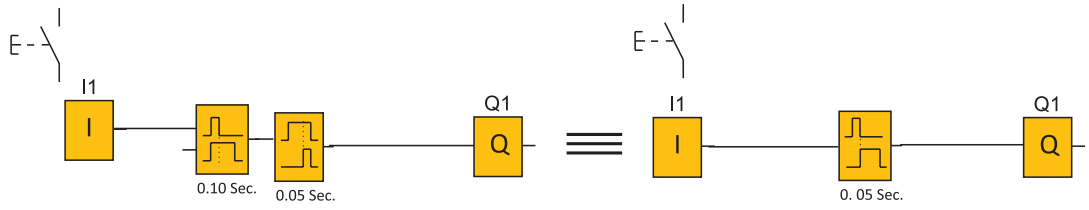
این تایمر که در برخی از رله‌های قابل برنامه‌ریزی وجود دارد تایمر بعد از پالس (After Pulse) نام دارد. مشخصه زمانی آن به‌صورت شکل ۱۲ است در برخی رله‌ها ضرورت دارد این تایمر را مانند شکل ۱۲ بسازید.



شکل ۱۲ــ نمودار زمانی تایمر بعد از پالس

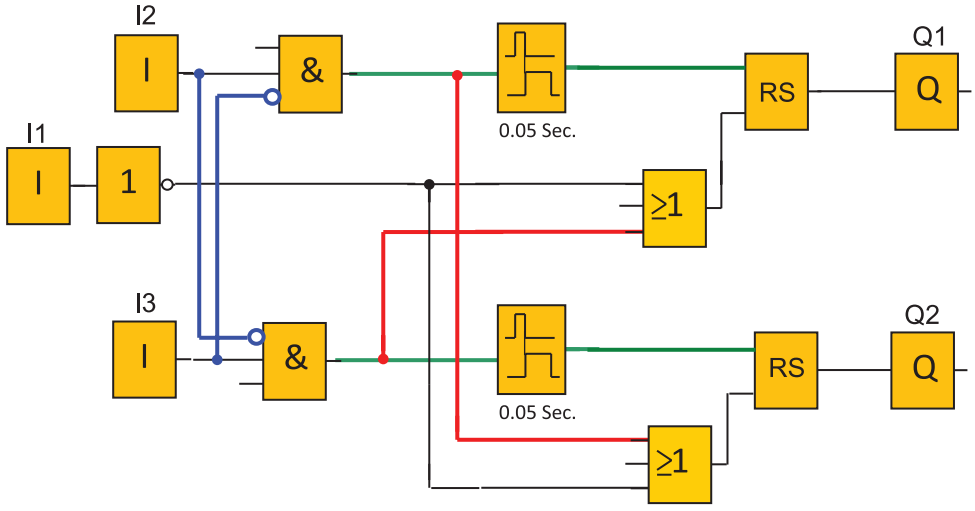
فعالیت

قرار است با استفاده از دو تایمر یکی تأخیر در قطع و دیگری تأخیر در وصل این تایمر را بسازید آیا می‌توان این معادل‌سازی شکل ۱۲ را پذیرفت. چرا؟



شکل ۱۳ـ معادل سازی تایمر

برنامه نشان داده شده در شکل ۱۴می‌تواند برای مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع با استفاده از تایمر با توجه به همان ورودی‌های تعریف شده برای مدار کار عملی مناسب باشد. بلوک‌های AND به کار رفته به این منظور است که با هم‌زمان فشردن ورودی‌های مربوط هیچ یک از خروجی‌ها فعال نشود.

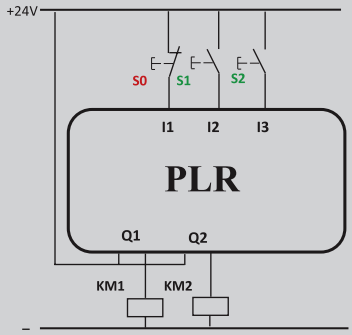


شکل ۱۴ـ برنامه مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع با تایمر

کارعملی ۲

مدارچپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع (تغییر جهت بدون زدن شستی قطع):
در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۵ راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد یک موتورالکتریکی (که تغییر جهت بدون زدن شستی قطع) را اجرا نمایید.

جدول ۵

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور ↻	I2	S1
	روشن کردن موتور ↺	I3	S2
	اتصال به موتور	Q1	KM1
	اتصال به موتور	Q2	KM2

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم کنید.

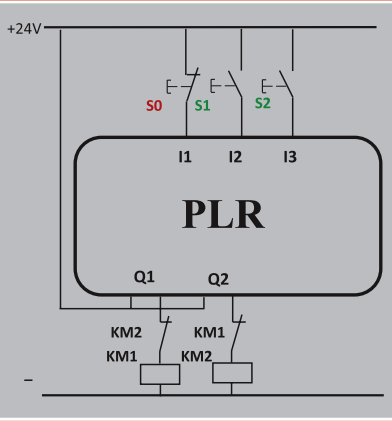
برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی PLR را انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل کنید.
گام ۳: برنامه‌نویسی PLR را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود آزمایش نمایید.

تمرین

برنامه مدار راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد به‌طوری که تغییر جهت از راست‌گرد به چپ‌گرد فقط با زدن شستی قطع امکان‌پذیر باشد و تغییر جهت از چپ‌گرد به راست‌گرد بدون زدن شستی قطع امکان‌پذیر باشد را در جدول ۶ به‌صورت بلوکی و نردبانی رسم نمایید.

جدول ۶

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور ↻	I2	S1
	روشن کردن موتور ↺	I3	S2
	اتصال به موتور	Q1	KM1
	اتصال به موتور	Q2	KM2

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

۴ـ۳ـ پیاده‌سازی راه‌اندازی موتور سه فاز به‌صورت چپ‌گرد ـ راست‌گرد با توقف زمانی (مدار کوره) به روش نردبانی و بلوکی

مدار فرمان در شکل ۱۵ نشان داده شده است. شرایط کاری آن شرح زیر است:

۱ـ با فشردن شستی SB1 کنتاکتور KM1 دائم‌کار کند با نگهداشتن لیمیت سوئیچ S1 کنتاکتور KM1 استراحت کرده در تایمر زمان‌سنجی شروع می‌شود و در کنتاکتور K2M وصل زمانی اتفاق خواهد افتد.

۲ـ در ادامه با به برخورد میکروسوئیچ S2 کنتاکتور K2M خاموش می‌شود.

۳ـ امکان اینکه با روشن شدن یک کنتاکتور کنتاکتور دیگر در مدار مانده باشد وجود نداشته باشد.

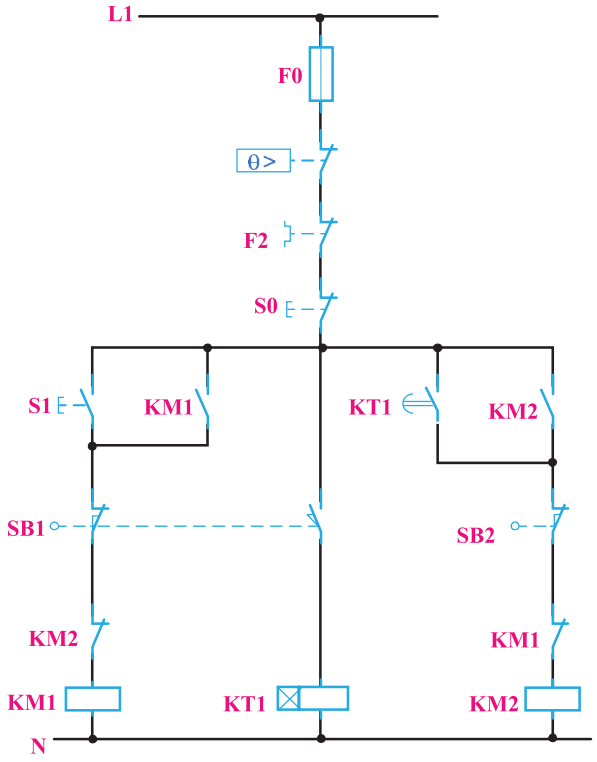
۴ـ با فشردن شستی S0 مدار قطع و خاموش شود.

۵ـ در زمان توقف، کنتاکتور KM1 اگر شستی S0 فشرده شد زمان‌سنجی تایمر و کار مدار قطع شود.

مدار فرمان کوره نیز در شکل ۱۵ نشان داده شده است. ورودی و خروجی‌ها برای برنامه‌نویسی مطابق جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷ـ تخصیص ورودی و خروجی

وصل کنتاکتور KM1	Q1	I2	شستی وصل
وصل زمانی کنتاکتور KM2	Q2	I4	لیمیت سوئیچ وصل
قطع KM2 کنتاکتور	Q2	I5	لیمیت سوئیچ وصل
قطع کل مدار	Q1 و Q2	I1	شستی قطع



شکل ۱۵ـ مدار فرمان کوره

۱ـ۴ـ۳ـ طراحی و رسم مدار به روش نردبانی: با توجه به شرایط فوق و تخصیص ورودی و خروجی‌ها مراحل طراحی به روش نردبانی نوشته می‌شود.

۱ـ با توجه به شرط ۱، Q1 دائم‌کار بوده در نتیجه خروجی باید از نوع RS باشد. ورودی I2 جهت فعال کردن آن در مسیر Set قرار می‌گیرد ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته Q2 را در این مسیر قرار می‌گیرد. (سطر ۱ نردبان)

۲ـ آنچه که باعث قطع Q1 می‌شود، در مسیر reset قرار می‌گیرد. در این مدار با توجه به شرط ۳، ورودی I4 و همچنین شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می‌شوند در نتیجه آنها به‌طور موازی به reset وصل می‌شوند. (سطر ۲ و ۳ نردبان)

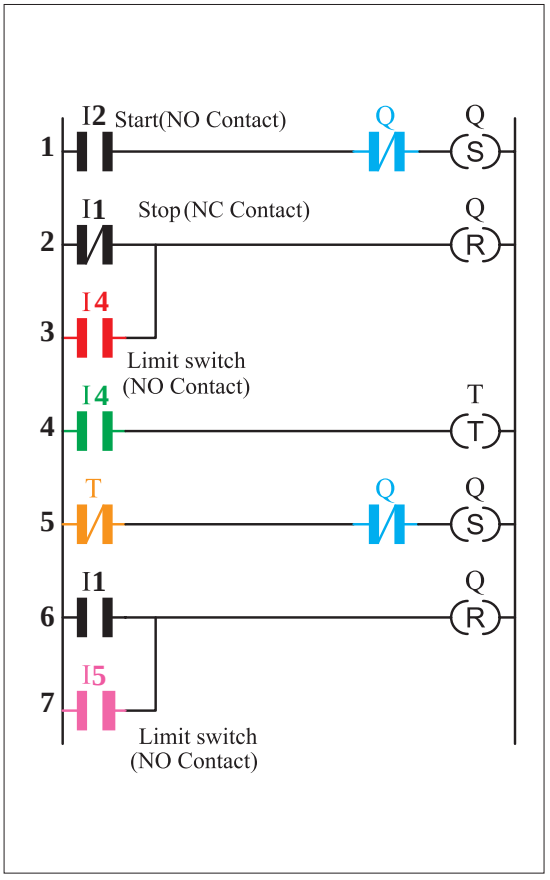
۳ـ ورودی I4 باید با بوبین تایمر سری شود تا در زمان فعال بودن آن تایمر زمان‌سنجی کند (سطر ۴ نردبان)

۴ـ کنتاکت تایمر باید در خروجی Q2 وصل زمانی ایجاد نماید برای این منظور در مسیر Set کردن آن قرار می‌گیرد (سطر ۵ نردبان)

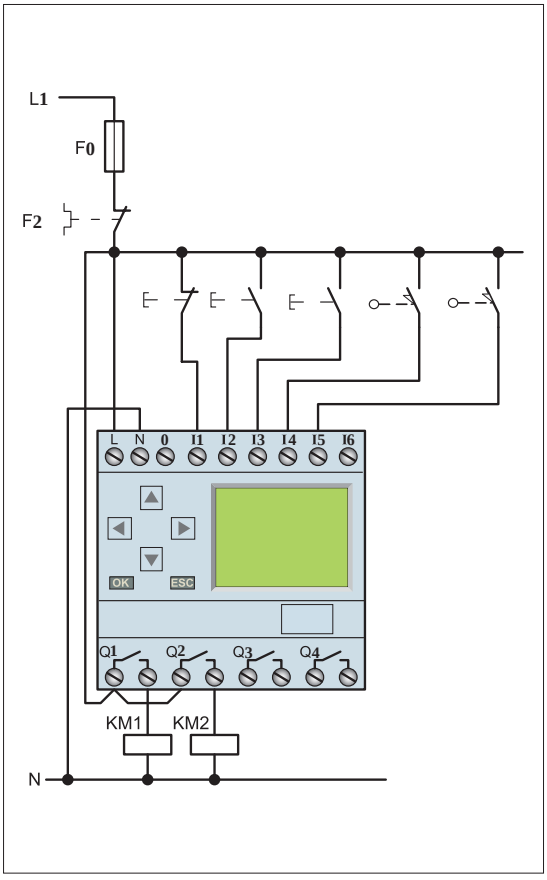
۵ـ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار است و باید در مسیر reset کلیه خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۷ نردبان)

مراحل طراحی و رسم به روش نردبانی را در نقشه نردبانی شکل ۱۶ نشان داده شده است.

شکل ۱۷ نحوه سیم‌کشی این مدار را در رله قابل برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.



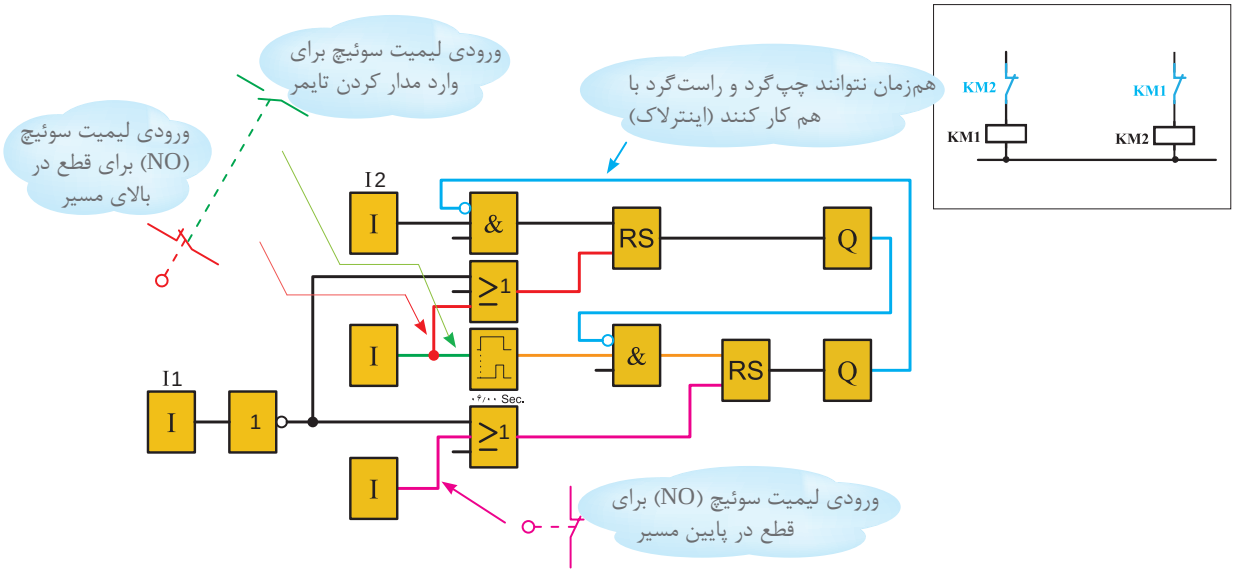
شکل ۱۶ـ نقشه نردبانی کوره



شکل ۱۷ـ سیم‌کشی مدار کوره روی رله

۲ـ۴ـ۳ـ رسم مدار به روش بلوکی

نقشه بلوکی مدار کوره در شکل ۱۸ نشان داده شده است. شرایط کاری مدار بر روی نقشه نوشته شده است.



شکل ۱۸ـ برنامه بلوکی مدار کوره

در مدار شکل ۱۹ با برداشتن فشار دست از روی شستی قطع چنانچه لیمیت سوییچ S1 در حالت فشرده باشد، تایمر فعال می‌شود و فشار شستی ۰ تأثیری نداشته و کنتاکتور بعدی وارد مدار می‌شود یعنی شرط ۵ محقق نمی‌شود. لذا برای این منظور باید تغییراتی در مدار صورت گیرد. این تغییر در مدار فرمان با استفاده از کنتاکتور کمکی صورت می‌گیرد. این مدار در جدول تخصیص ورودی و خروجی‌ها برای برنامه‌نویسی مدار در جدول ۸ آورده شده است و در شکل ۱۹ نشان داده شده است.

جدول ۸ـ تخصیص ورودی و خروجی

وصل کنتاکتور KM۱	Q1	I2	شستی وصل
وصل کنتاکتور KM۲	Q2	I3	شستی وصل
وصل زمانی کنتاکتورKM۲	Q2	I4	میکروسوئیچ وصل
قطع KM۲ کنتاکتور	Q2	I5	میکروسوئیچ وصل
قطع کل مدار	Q1 و Q2	I1	شستی قطع

در برنامه‌ریزی رله نیز از تابع کنتاکتور کمکی یعنی M کمک گرفته می‌شود. (شکل ۲۰) به‌طوری که فعال شدن این کنتاکتور وابسته به کنتاکتور بالابر باشد ولی خاموش شدن کنتاکتور وابستگی به کنتاکتور بالابر ندارد. به همین دلیل در برنامه رله نیز با AND کردن خروجی M1 و ورودی I3 این کار انجام می‌شود.

۳ـ۴ـ۳ـطراحی و رسم به روش نردبانی: با توجه به شرایط مدار مراحل رسم نقشه نردبانی به شرح زیر می‌باشد:

۱ـ با توجه به شرط ۱، Q1 دائم‌کار بوده و باید از نوع RS باشد. ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می‌گیرد. ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته Q2 را در این مسیر قرار می‌گیرد. (سطر نردبان ۱)

۲ـ آنچه باعث قطع Q1 می‌شود باید در مسیر reset آن قرار گیرد. در اینجا با توجه به شرط ۳، هم ورودی I4 و هم شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می‌شوند. در نتیجه آنها را به‌طور موازی به reset وصل می‌شود (سطر ۲و ۳ نردبان).

۳ـ ورودی I۴ باید با بوبین تایمر سری شود تا در زمان فعال بودن آن تایمر زمان‌سنجی کند. ضمناً روشن شدن تایمر وابسته به کنتاکت خروجی کمکی است بنابراین I4 و M1 سری شده و سپس وارد بوبین می‌شوند (سطر۴ نردبان).

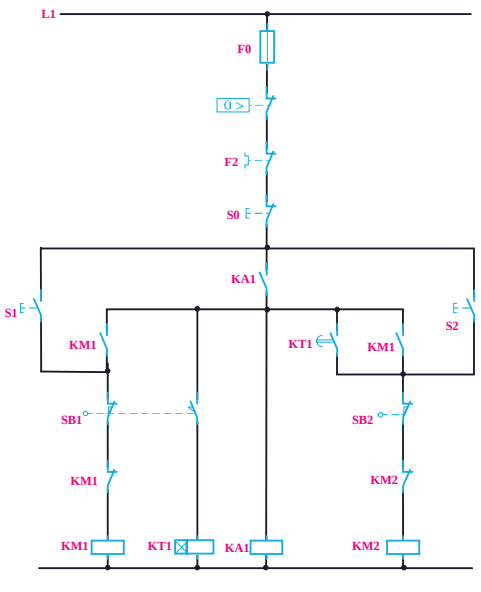
۴ـ خروجی کنتاکتور کمکی M۱ با توجه به مدار فرمان نیاز به خود نگهدار دارد. پس در برنامه این کنتاکتور از نوع RS می‌باشد زیرا با فعال شدن آن وابسته به Q1 بوده اما غیرفعال شدن آن به Q1 وابسته نیست (سطر ۹ نردبان).

۵ـ کنتاکت تایمر باید در خروجی Q2 وصل زمانی (به‌طور دائم‌کار) ایجاد نماید برای این منظور در مسیر Set کردن آن قرار می‌گیرد (سطر ۵ نردبان).

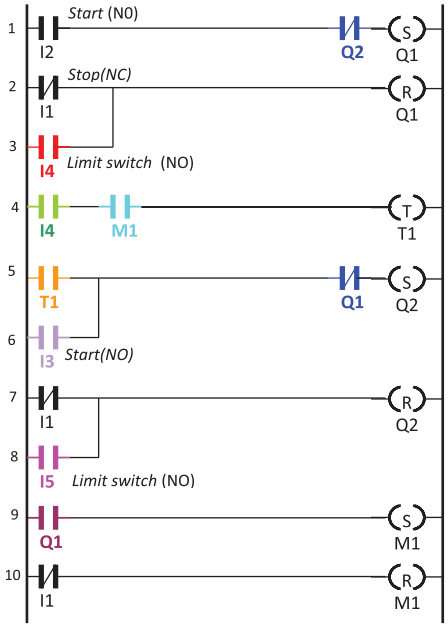
ضمناً چون مدار قابلیت قطع در طول مسیر را نیز پیدا کرده است. ورودی دیگری برای روشن شدن Q2 موازی با تیغه تایمر در نظر گرفته می‌شود (سطر ۶ و ۵ نردبان).

۶ـ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار بوده و باید در مسیر reset کلیه خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۷ و ۱۰ نردبان)

شکل ۲۰ این مدار را به روش نردبانی نشان می‌دهد.

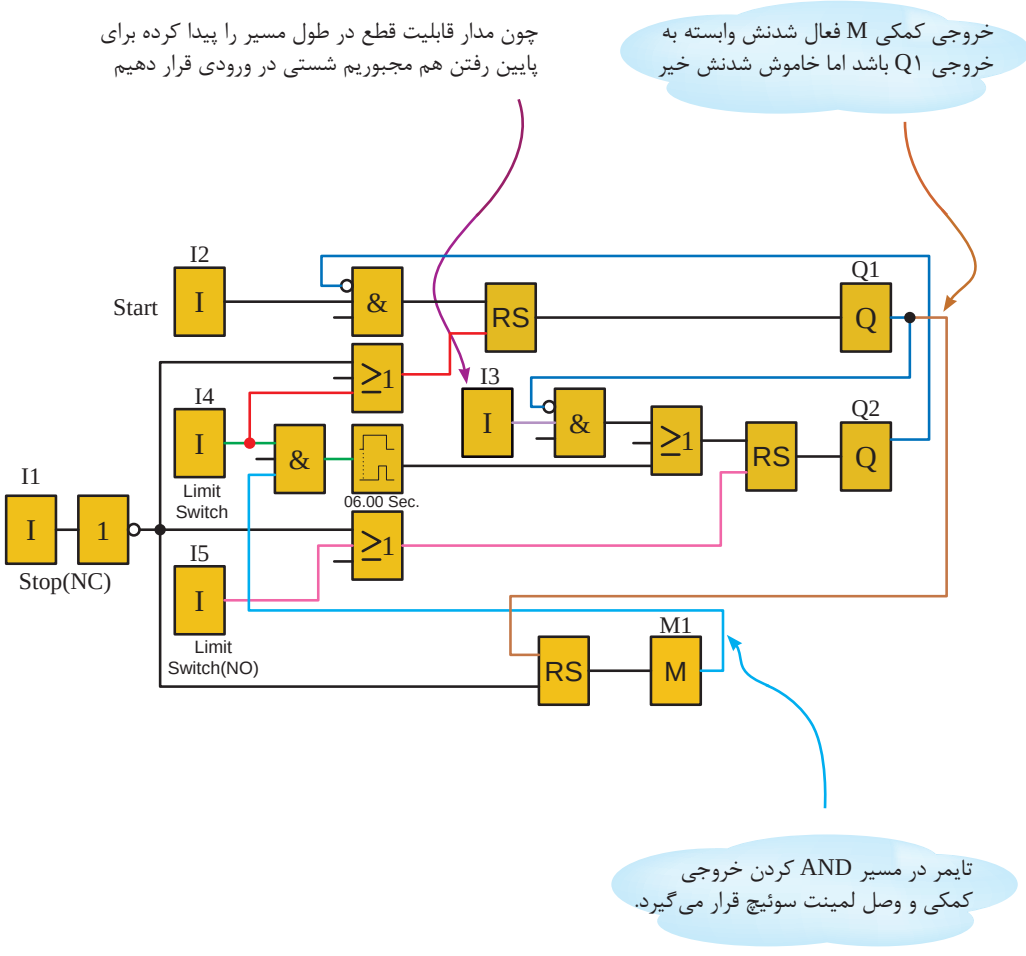


شکل ۱۹ـ مدار فرمان چپ‌گرد ـ راست‌گرد با کنتاکتور کمکی



شکل ۲۰ـ نمودار نردبانی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با کنتاکتور کمکی

۴ـ۴ـ۳ـ نمودار بلوکی مدار راه‌انداز چپ‌گرد ـ راست‌گرد: نمودار بلوکی مدار راه‌انداز چپ‌گرد ـ راست‌گرد با استفاده از کنتاکتور کمکی در شکل ۲۱ نشان داده شده است:



شکل ۲۱ـ نمودار بولکی راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با کنتاکتور کمکی

تمرین

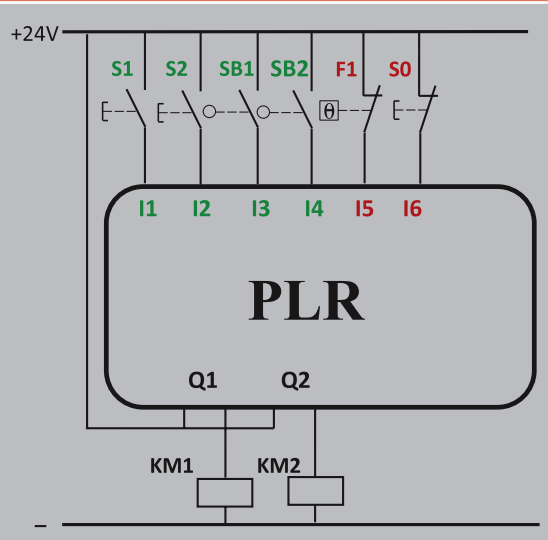
مدار راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با استراحت (کوره) را به‌گونه‌ای طرح کنید که در صورتی که در بین مسیر شستی قطع فشرده شود مخزن به انتهای مسیر (اولین ایستگاه) رسیده، آنگاه قطع شود. و این مدار را به روش نردبانی و بلوکی، ترسیم، شبیه‌سازی و اجرا نمایید.

کارعملی ۳

مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد توقف زمانی:

در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۹ راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد یک موتور به‌صورت توقف زمانی (مدار کوره) را اجرا نمایید.

جدول ۹

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	روشن کردن UP روشن کردن Down روشن / خاموش	I1 I2 I3	S1 S2 SB1
	خاموش کردن خاموش کردن خاموش کردن Down	I5 I6 I4	ترموستات S3 SB2
	اتصال موتور اتصال موتور	Q1 Q2	KM1 KM2

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم کنید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی PLR را انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل کنید.
گام ۳: برنامه‌نویسی PLR را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود آزمایش نمایید.

تمرین

در راه‌اندازی کار عملی قبل در صورت قطع برق و وصل مجدد اگر مخزن بار در نیمه مسیر باشد یک مشکل پیش می‌آید برای آن راه‌حلی بیابید؟

راهنمایی

یکی از مشکلاتی که در اکثر فرایندهای تأسیسات الکتریکی اتفاق می‌افتد عدم کارایی مدار در مقابل قطع برق می‌باشد برای مثال تایمری بخشی از زمان‌سنجی خود را انجام داده و برق قطع می‌شود و کار در آن لحظه متوقف می‌شود در این بین با وصل برق شبکه، سیستم متوقف است و محصول تولید شده در نیمهٔ راه تولید خراب شده و باید از چرخه کار خارج و به دور ریخته شود و دستگاه مجدداً راه‌اندازی شود اتفاق خوشایند نیست.

اگر خصوصیتی در تایمر و بعضی از توابع خاص تعریف شده است که با قطع برق وضعیت کاری در حافظه باقی می‌ماند و با وصل مجدد برق کار ادامه می‌یابد.
برای این منظور در رله‌های قابل برنامه‌ریزی خصوصیتی به‌نام Retentivity یا Latching برای برخی از توابع خاص مثل تایمرها تعریف شده که با قطع برق و با وصل مجدد برق اگر تایمر در حال زمان‌سنجی باشد ادامه زمان‌سنجی خود را انجام می‌دهد و اگر فعال بوده است با وصل برق همان وضعیت عملکرد باقی می‌ماند.
اعمال Retentivity روی یک تابع مثل تایمر مشکل را حل می‌کند در مداری مثل مدار کوره اگر برق قطع شود مخزن در نیمه مسیر می‌ماند و با وصل برق باید مخزن را به توقف‌گاه آورده و مجدد راه‌اندازی را آغاز کرد. اگر تایمر این مدار خصوصیت Retentivity داشت با وصل برق مخزن ادامه کار خود را انجام می‌داد.
هرچند عدم Retentivity در کنتاکتورها یک امتیاز برای آنها به حساب می‌آید چراکه با وصل برق، مدار خود به‌خود راه‌اندازی نمی‌شود اما چنانچه اشاره شد Retentivity کردن در بعضی موارد لازم و خواسته مدار است این خصوصیت حتی در تابع RS در رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیز در نظر گرفته شده است.

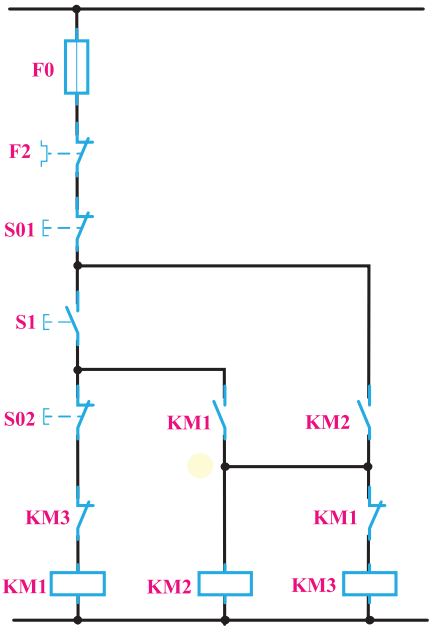
فعالیت

سعی کنید در مشاهدات خود فرایندهای تأسیساتی که Retentivity لازم دارند را پیدا کنید و آنها را برای کلاس عرضه کنید

۵ـ۳ پیاده‌سازی راه‌اندازی موتور سه فاز به‌صورت ستاره مثلث به روش نردبانی و بلوکی

مدار فرمان ستاره مثلث و همچنین شرایط کاری این مدار در شکل ۲۲ آورده شده است.
۱ـ ابتدا کنتاکتور ستاره KM1 وارد مدار شود و بعد کنتاکتور اصلی KM2 وارد مدار شود.

۲ـ وقتی کنتاکتور ستاره از مدار خارج شد آنگاه به‌جای آن کنتاکتور مثلث KM3 وارد مدار شود.
۳ـ در طی زمان جابه‌جایی کنتاکتور ستاره و مثلث کنتاکتور برق‌رسان (خط) برق‌دار بماند (قطع نشود)
۴ـ هیچ‌گاه مدار از ابتدا به حالت مثلث نرود.



شکل ۲۲ـ مدار فرمان راه‌اندازی ستاره ـ مثلث

۵ـ مدار در حالت مثلث برگشت‌پذیر به حالت ستاره نباشد.
۶ـ هیچ گاه هم‌زمان دوکنتاکتور ستاره و مثلث فعال نشوند.
برای برنامه‌نویسی مدار فرمان ستاره ـ مثلث ورودی و خروجی‌ها مطابق جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰ـ تخصیص ورودی و خروجی

حالت ستاره	Q2+Q1	I2	شستی وصل
حالت مثلث	Q2+Q3	I3	شستی وصل
قطع کل مدار	Q1 و Q2 و Q3	I1	شستی قطع

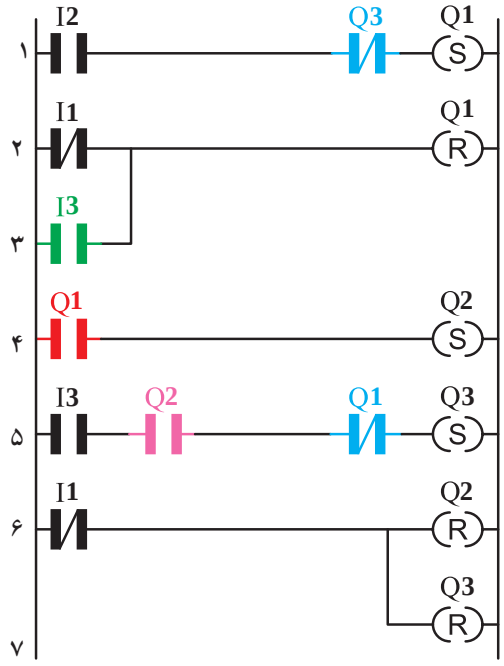
۱ـ۳ـ۵ طراحی و رسم مدار به روش نردبانی: با توجه به شرایط کاری این مدار و تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها مطابق جدول ۱۰ مراحل طراحی به روش نردبانی به شرح زیر است.
۱ـ با توجه به شرط ۱ و اینکه Q1 دائم‌کار بوده و باید از نوع RS باشد، ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می‌گیرد. ضمناً با توجه به شرط ۵، بسته Q3 در این مسیر قرار گیرد (سطر ۱ نردبان) .

۲ـ آنچه باعث قطع Q1 می‌شود، در مسیر reset آن خروجی قرار داده شود. در این مدار با توجه به شرط ۲، ورودی I3 و همچنین شستی قطع کلی مدار، هر دو، می‌توانند مدار را خاموش کنند پس برای این منظور آنها به‌طور موازی به reset وصل می‌شوند (سطر ۲ و ۳ نردبان).
۳ـ برای برقراری شرط ۱، باید بسته Q1 نیز در مسیر روشن شدن Q2 (در مسیر Set آن) قرار گیرد (سطر ۴ نردبان).
۴ـ با توجه به شرط ۳، ضمن اینکه ورودی I3 وصل می‌شود، خروجی Q2 نباید از مدار خارج شده باشد تا امکان ورود Q3 به مدار وجود داشته باشد.
۵ـ برای برقراری شرط ۶، بسته Q1 نیز باید در مسیر Set خروجی Q3 قرار گیرد.
۶ـ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار، باید در مسیر reset کلیه خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۷ نردبان).

توجه

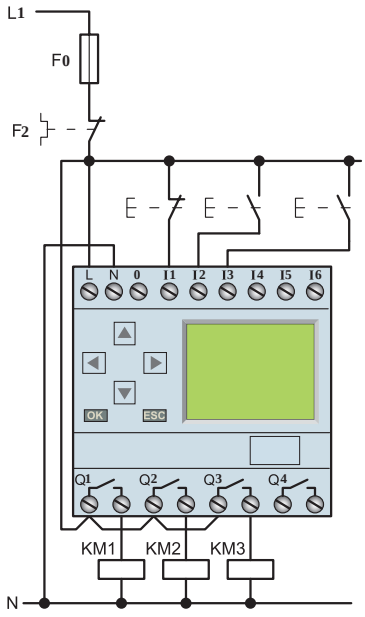
دراین مدار چون همه خروجی‌ها به نوعی خودنگهدار دارند در نتیجه باید از نوع RS باشند.

در شکل ۲۳ نقشه نردبانی مدار ستاره مثلث نشان داده شده است.



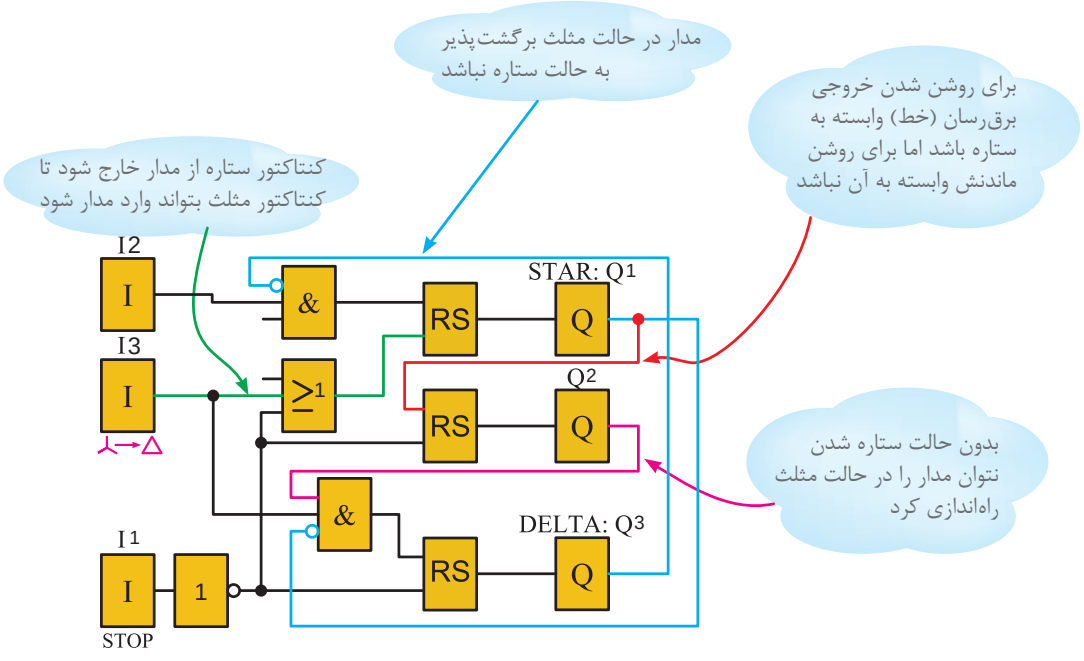
شکل ۲۳ـ نقشه مدار نردبانی راه‌اندازی ستاره ـ مثلث

نقشه سیم‌کشی مدار ستاره ـ مثلث با رله قابل برنامه‌ریزی در شکل ۲۴ نشان می‌دهد.



شکل ۲۴ـ سیم‌کشی رله قابل برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی ستاره ـ مثلث

۲ـ۵ـ۳ طراحی و ترسیم بلوکی مدار ستاره ـ مثلث: شکل ۲۵ نقشه بلوکی برنامه مدار ستاره مثلث را نشان می‌دهد.توضیحات لازم بر روی شکل داده شده است.



شکل ۲۵ـ مدار بلوکی برنامه ستاره ـ مثلث

تمرین

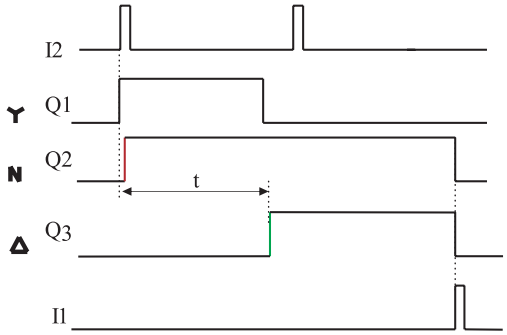
۱ـ مدار راه‌اندازی ستاره مثلث اتوماتیک را به روش نردبانی و بلوکی رسم، شبیه‌سازی و اجرا کنید.

ستاره مثلث دستی کاربردی ندارد و فقط به عنوان پایه ای برای طراحی ستاره مثلث اتوماتیک عنوان می‌شود با توجه به دیاگرام زمانی ستاره مثلث شکل ۲۶ مدار ستاره مثلث مطابق آن طراحی می‌شود برای این مدار سه زمان باید در نظر گرفته شود و شرایط زمان‌پذیری به این شرح است:

۱ـ کنتاکتور اصلی با تأخیر ۵۰ میلی‌ثانیه بعد از ستاره وارد مدار شود

۲ـ حالت مثلث با تأخیر 10Sec بعد حالت ستاره اتفاق افتد

۳ـ بین جابه‌جایی کنتاکتور مثلث به‌جای ستاره ۵۰ میلی‌ثانیه زمان لازم است

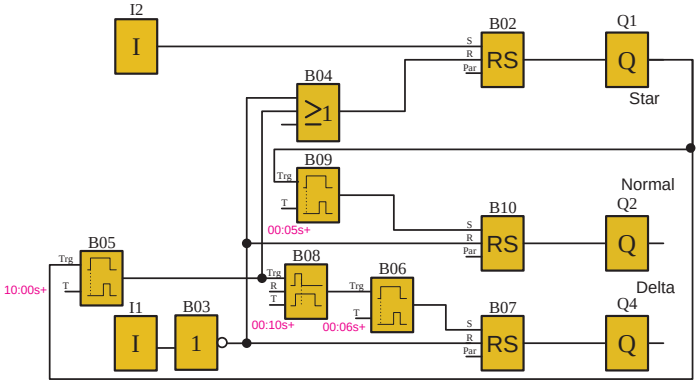


شکل ۲۶ـ نمودار دیاگرام زمانی ستاره ـ مثلث

تذکر

چون بعد از ۱۰ ثانیه (10Sec) تایمر مربوط به این زمان از کار می‌افتد با قطع آن تایمر تأخیر در قطعی که در برنامه دیده می‌شود (0.10 Sec.) به مدت ۱۰۰ میلی‌ثانیه فعال شده در تایمر 0.50 Sec زمان‌سنجی آغاز می‌شود که همان تأخیر لازم برای مثلث شدن است و بعد از این زمان به مدت ۵۰میلی‌ثانیه به وابسته تایمر تأخیر در قطع فعال می‌ماند تا تابع RS را فعال کند.

مدار بلوکی راه‌اندازی ستاره ـ مثلث با استفاده از دو تایمر در شکل ۲۷ نشان داده شده است. در این شکل تایمر بعد از پالس به‌کار رفته است.



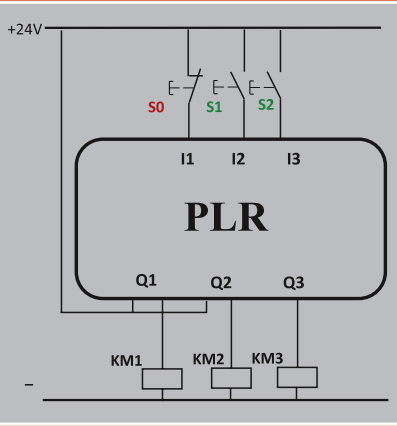
شکل ۲۷ـ مدار بلوکی ستاره ـ مثلث با استفاده از دو تایمر

کارعملی ۴

مدار راه‌اندازی ستاره مثلث

در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۱۱ راه‌اندازی یک موتور الکتریکی را به‌صورت ستاره ـ مثلث اجرا نمایید.

جدول ۱۱

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور Y ← 0	I2	S1
	تغییر حالت موتور Δ ← Y	I3	S2
	کنتاکتور Y	Q1	KM1
	کنتاکتور خط	Q2	KM2
	کنتاکتور Δ	Q3	KM3

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم کنید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی PLR را انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل نمایید.

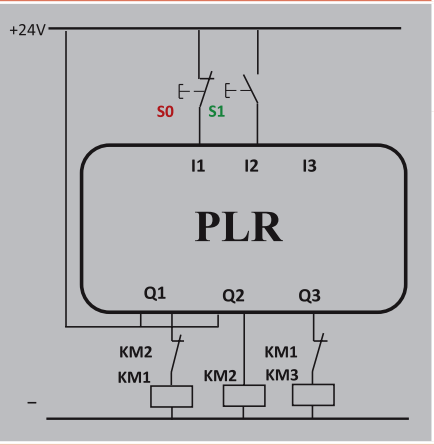
گام ۳: برنامه‌نویسی PLR را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.

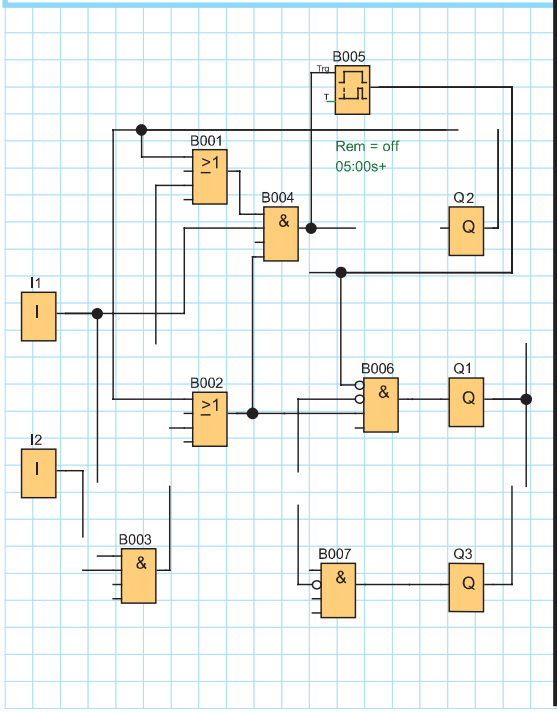
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود آزمایش نمایید.

تمرین ۱

مدار راه‌اندازی کارعملی قبل از بلوک وتعداد زیادی علائم استفاده شد و راه حلی جز این وجود نداشت. تبدیل مدار فرمان به برنامه موجب ایجاد برنامه‌ای با عملکرد صحیح نمی‌شد اما در مدار ستاره مثلث دو سیمه این اشکال وجود ندارد. در جدول۱۲ برنامه این راه‌اندازی را تکمیل کنید.

جدول ۱۲

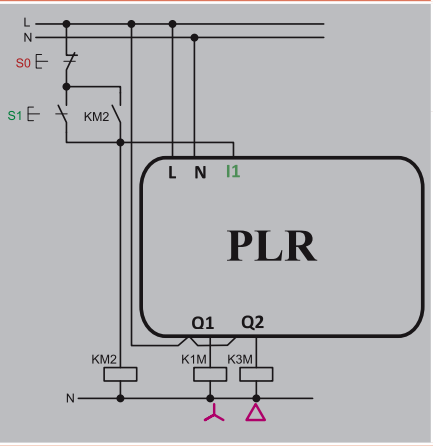
سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور Y ← 0	I2	S1
	تغییر حالت موتور Δ ← Y	I3	S2
	کنتاکتور Y	Q1	KM1
	کنتاکتور خط	Q2	KM2
	کنتاکتور Δ	Q3	KM3

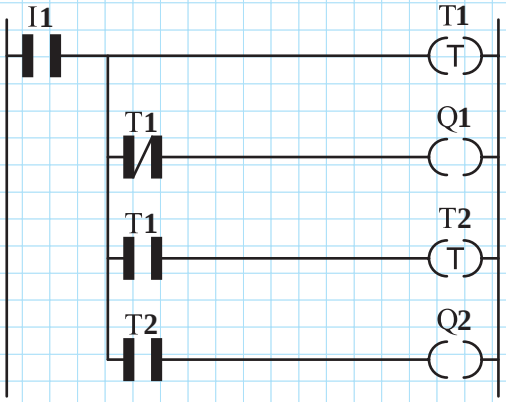
برنامه نردبانی	برنامه بلوکی
	

تمرین ۲

مدار راه‌اندازی کارعملی قبل از بلوک وتعداد زیادی علائم استفاده شد و راه حلی جز این وجود نداشت. تبدیل مدار فرمان به برنامه موجب ایجاد برنامه‌ای با عملکرد صحیح نمی‌شد اما مدار ستاره مثلث دو سیمه این اشکال وجود ندارد. در جدول۱۳ برنامه این راه‌اندازی را تکمیل کنید.

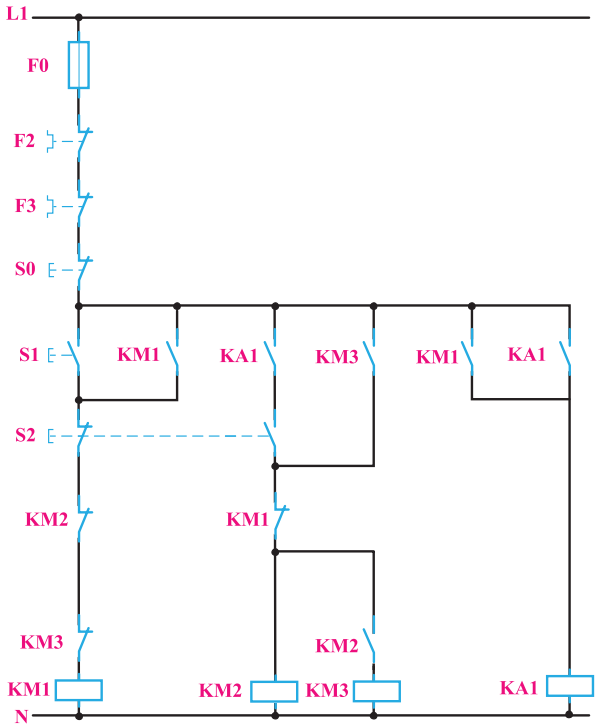
جدول ۱۳

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	–	S0
	روشن کردن موتور Y←0	–	S1
	تغییر حالت موتور Δ←Y	I1	–
	کنتاکتور Y	Q1	KM1
	کنتاکتور خط	Q2	KM2
	کنتاکتور Δ	Q3	KM3

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی
	

۶ـ۳ـ پیاده‌سازی راه‌اندازی موتور دالاندر به روش نردبانی و بلوکی

مدار فرمان راه‌اندازی موتور دالاندر (فقط کند به تند) در شکل ۲۸ نشان داده شده است. شرایط کاری این موتور به این صورت است.



شکل ۲۸ـ مدار فرمان راه‌انداز دالاندر

۱ـ با فشار شستی I کنتاکتور دور کند (KM1) عمل کند.
۲ـ K۲M (دورتند) فقط پس از K1M (دور کند) بتواند وارد مدار شود.
۳ـ با فشار شستی S2 کنتاکتور KM1 قطع شده و کنتاکتورKM2 به‌جای آن وارد مدار شود.
۴ـ پس از کنتاکتور KM2 کنتاکتور KM3 وارد مدار شود.
۵ـ هیچ‌گاه KM2 + KM3 نتوانند هم‌زمان با KM2 روشن شوند.
۶ـ در زمان دور تند با فشار شستی I برگشت به دور کند ممکن نباشد.
ورودی و خروجی‌ها مطابق جدول ۱۴ ارائه شده است.

جدول ۱۴ـ تخصیص ورودی و خروجی

حالت کند	Q1	I2	شستی وصل
حالت تند	Q1 + Q3	I3	شستی وصل
قطع کل مدار	Q1 و Q2 و Q3	I1	شستی قطع

۱ـ۶ـ۳ـ طراحی و رسم برنامه مدار به روش نردبانی: با توجه به شرایط کاری این مدار و تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها مطابق جدول ۱۴ مراحل رسم این مدار به روش نردبانی به این شرح است:

۱ـ با توجه به بند ۱، Q1 دائم‌کار بوده و باید از نوع RS باشد. ورودی I2 جهت وصل Q1 در مسیر Set قرار می‌گیرد.همچنین با توجه به شرط ۵، بسته Q2 و بسته Q3 را در این مسیر قرار می‌گیرد (سطر ۱ نردبان).

۲ـ آنچه باعث قطع Q1 می‌شود در مسیر reset آن قرار می‌گیرد. در این مدار با توجه به شرط ۳، ورودی I3 و همچنین شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می‌شوند برای این منظور آنها را به‌طور موازی به reset وصل می‌شود (سطر ۲ و ۳ نردبان).

۳ـ Q2 بوسیله خروجی I3 و به کمک تیغه کمکی M1 باید وارد مدار شود و دائم‌کار کند پس این تیغه‌ها به‌طور سری در مسیر Set این بوبین قرار می‌گیرند. (سطر ۴ نردبان)

۴ـ برای برقراری شرط ۵ باید بسته Q1 نیز در مسیر فعال شدن Q2 (Set آن) قرار گیرد. (سطر ۴ نردبان)

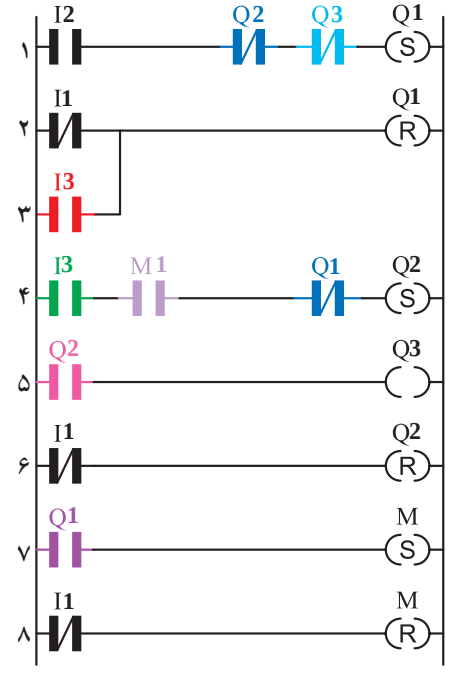
۵ـ خروجی Q3 دارای خودنگهدار نیست پس بوبین آن عادی است و با توجه به شرط ۴، تیغه Q2 در مسیر آن (سری باآن) قرار می گیرد. (سطر ۵ نردبان)

۶ـ خروجی کمکی M1 با توجه به مدار فرمان خود نگهدار داشته پس از نوع RS و وابسته به Q1 می‌باشد. (سطر ۷ نردبان)

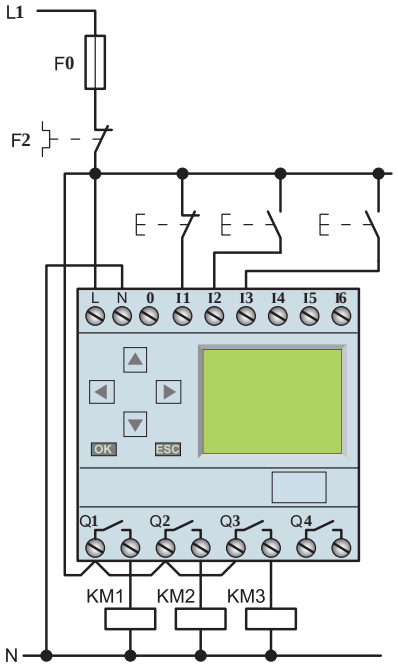
۷ـ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار بوده و باید در مسیر reset کلیه خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۸ نردبان)

نقشه نردبانی مدار راه‌اندازی موتور دالاندر در شکل ۲۹ نشان داده شده است.

نقشه سیم‌کشی مدار راه‌اندازی موتور دالاندر روی رله قابل برنامه‌ریزی در شکل ۳۰ نشان داده شده است.

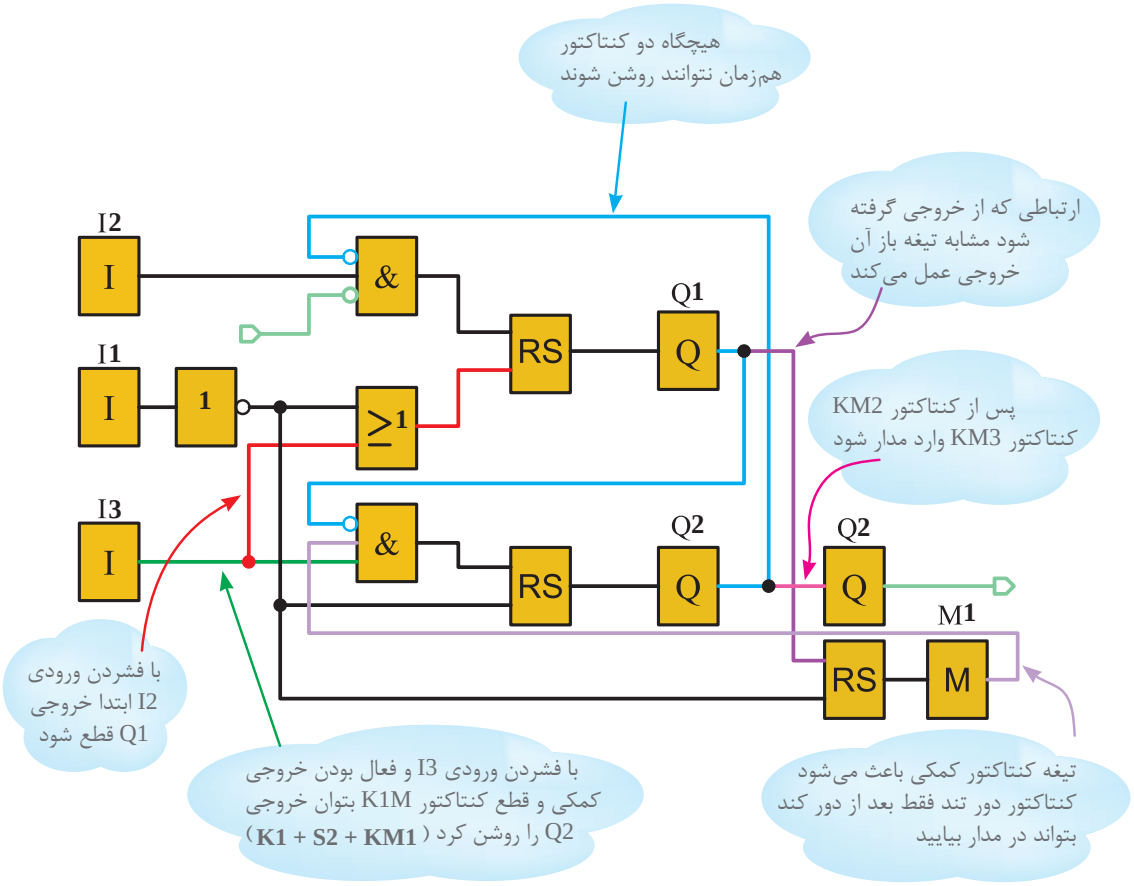


شکل ۲۹ـ نقشه نردبانی مدار راه‌اندازی موتور دالاندر



شکل ۳۰ـ سیم‌کشی رله برای راه‌اندازی موتور دالاندر

۲ـ۶ـ۳ـ طراحی و رسم برنامه مدار به روش بلوکی: مدار راه‌اندازی موتور دالاندر را به روش بلوکی در شکل ۳۱ نشان داده شده است. کلیه شرایط کاری بر روی این نقشه توضیح داده شده است.



شکل ۳۱ـ نقشه راه‌اندازی موتور دالاندر به روش بلوکی

تمرین ۱

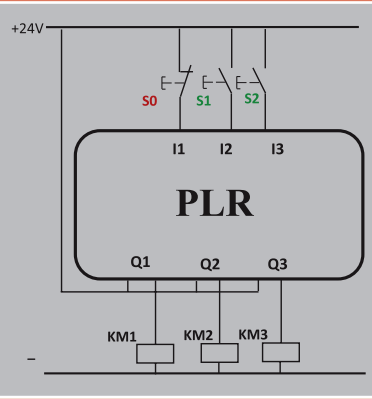
۱ـ مدار راه‌اندازی موتور دالاندر اتوماتیک را به روش نردبانی و بلوکی رسم، شبیه‌سازی و اجرا کنید
۲ـ مدار راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد موتور دالاندر را به روش بلوکی و نردبانی رسم، شبیه‌سازی و اجرا کنید.

کارعملی ۵

مدارراه‌اندازی دالاندر

در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۱۵ راه‌اندازی موتور دالاندر را اجرا نمایید.

جدول ۱۵

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور کند ← 0	I2	S1
	تغییر حالت موتور تند ← کند	I3	S2
	کنتاکتور دور کند	Q1	KM1
	کنتاکتور اتصال کوتاه	Q2	KM2
	کنتاکتور برق‌رسان به دور تند	Q3	KM3

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم کنید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی PLR را انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل نمایید.

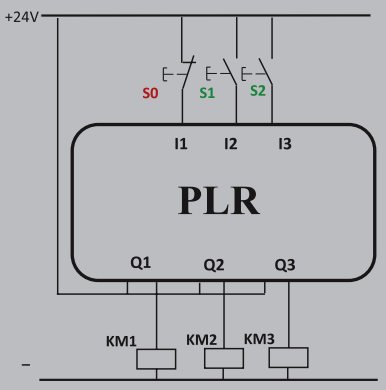
گام ۳: برنامه‌نویسی PLR را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.

گام ۴: سیم‌کشی قدرت را انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود آزمایش نمایید.

تمرین ۱

مدار راه‌اندازی موتور دالاندر از کند به تند در کار عملی قبل اشاره شد. در جدول ۱۶ مدار راه‌اندازی دالاندری مدنظر است که انتخاب دور در آن آزاد بوده اما تغییر سرعت از کند به تند یا برگشت به دور کند امکان‌پذیر نباشد. برنامه نردبانی و بلوکی آن را ترسیم نمایید.

جدول ۱۶

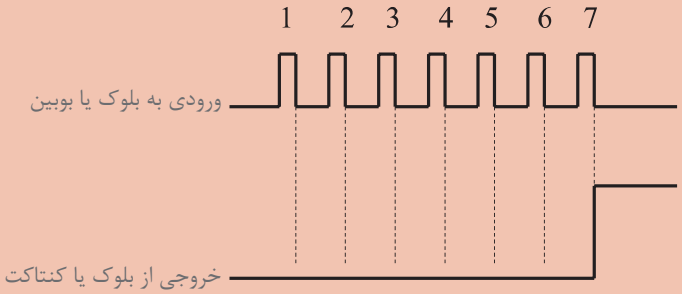
سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی/اخراجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن	I1	S0
	روشن کردن موتور کند ← 0	I2	S1
	تغییر حالت موتور تند ← 0	I3	S2
	کنتاکتور دور کند	Q1	KM1
	کنتاکتور اتصال کوتاه	Q2	KM2
	کنتاکتور برق‌رسان به دور تند	Q3	KM3

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

کارعملی ۶

هدف: کاربرد تابع شمارش‌گر رله قابل برنامه‌ریزی

رله‌های قابل برنامه‌ریزی قابلیت تعیین خروجی یک تابع فقط به ازای چند بار فعال شدن یک ورودی را دارد. برای انجام این کار از تابع شمارشگر کمک گرفت. (شکل ۳۲)



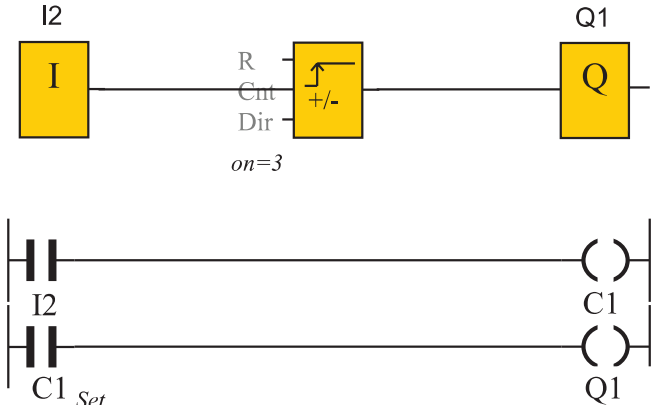
شکل ۳۲ـ نمودار تابع شمارش‌گر

تابع شمارشگر در روش نردبانی شامل یک کنتاکت و یک بوبین بوده که با حرف C نشان داده می‌شود. بوبین شمارشگر توسط ورودی بعد از تعداد دفعات تنظیمی، فعال شده و کنتاکت خود را می‌بندد. یک شمارشگر خصوصیات اضافه دیگری نیز به شرح زیر دارد.

۱ـ اگر توسط یک ورودی دیگر تایمر Reset شود. خروجی خاموش شده و شمارش از صفر باید آغاز شود.

۲ـ اگر توسط ورودی دیگری تایمر فعال نگه داشته شود (Direction)، شمارشگر شمارش معکوس را شروع می‌کند.

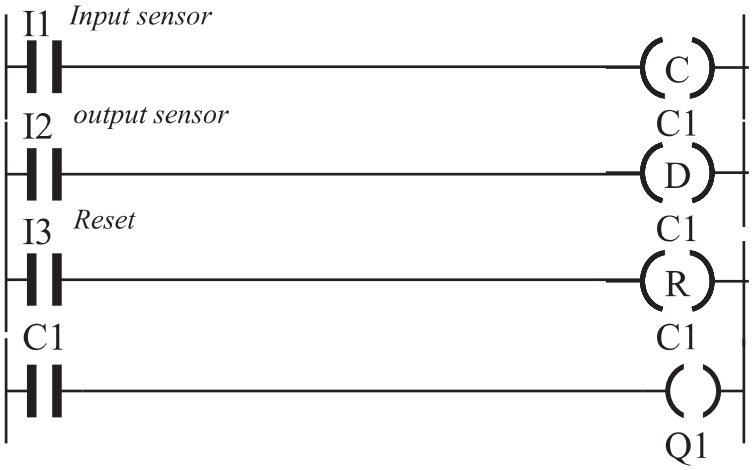
همان‌طور که در شکل ۳۳ مشاهده می‌کنید در روش بلوکی پایه هایی برای اتصال ورودی برای Reset(R) و Dir(Direction) در نظر گرفته شده است. در روش نردبانی نیزاین موارد می‌تواند خصوصیتی باشند که به بوبین تایمر مثل RC1 برای Reset و DC1 برای Direction داده می‌شود.



شکل ۳۳ـ نقشه نردبانی مدار شمارش‌گر

مثال: قرار است توسط یک شمارش‌گر وضعیت ظرفیت یک پارکینگ را کنترل کنید. پارکینگ دارای ظرفیت ۱۵۰ وسیله نقلیه است به محض آنکه ظرفیت پارکینگ تکمیل شد، لامپ سیگنالی این موضوع را هشدار دهد.

حل: برای این کار یک حسگر دیگری در محل ورود وسایل نقلیه به عنوان ورودی I1 و حسگر دیگری در محل خروج وسایل نقیله به عنوان ورودی I2 قرار دهید. همچنین یک شستی برای Reset کردن شمارش‌گر استفاده کنید. شکل ۳۴ نقشه نردبانی این مدار را نشان می‌دهد. این نقشه را در رایانه شبیه‌سازی کنید؟



شکل ۳۴ـ نقشه نردبانی شمارش‌گر پارکینگ

کارعملی ۷

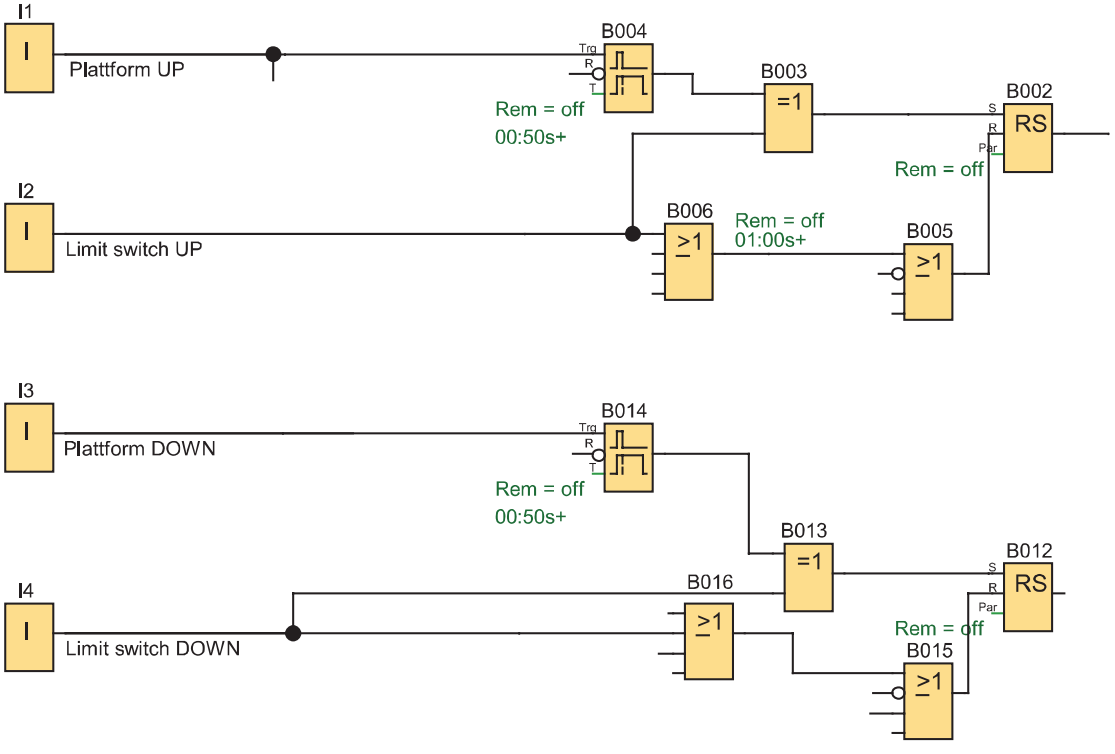
سکوی بالابر

هدف: کنترل حرکت یک سکوی بالابر با استفاده از رله قابل برنامه‌ریزی

شرایط عملکرد این سکو به این شرح است:

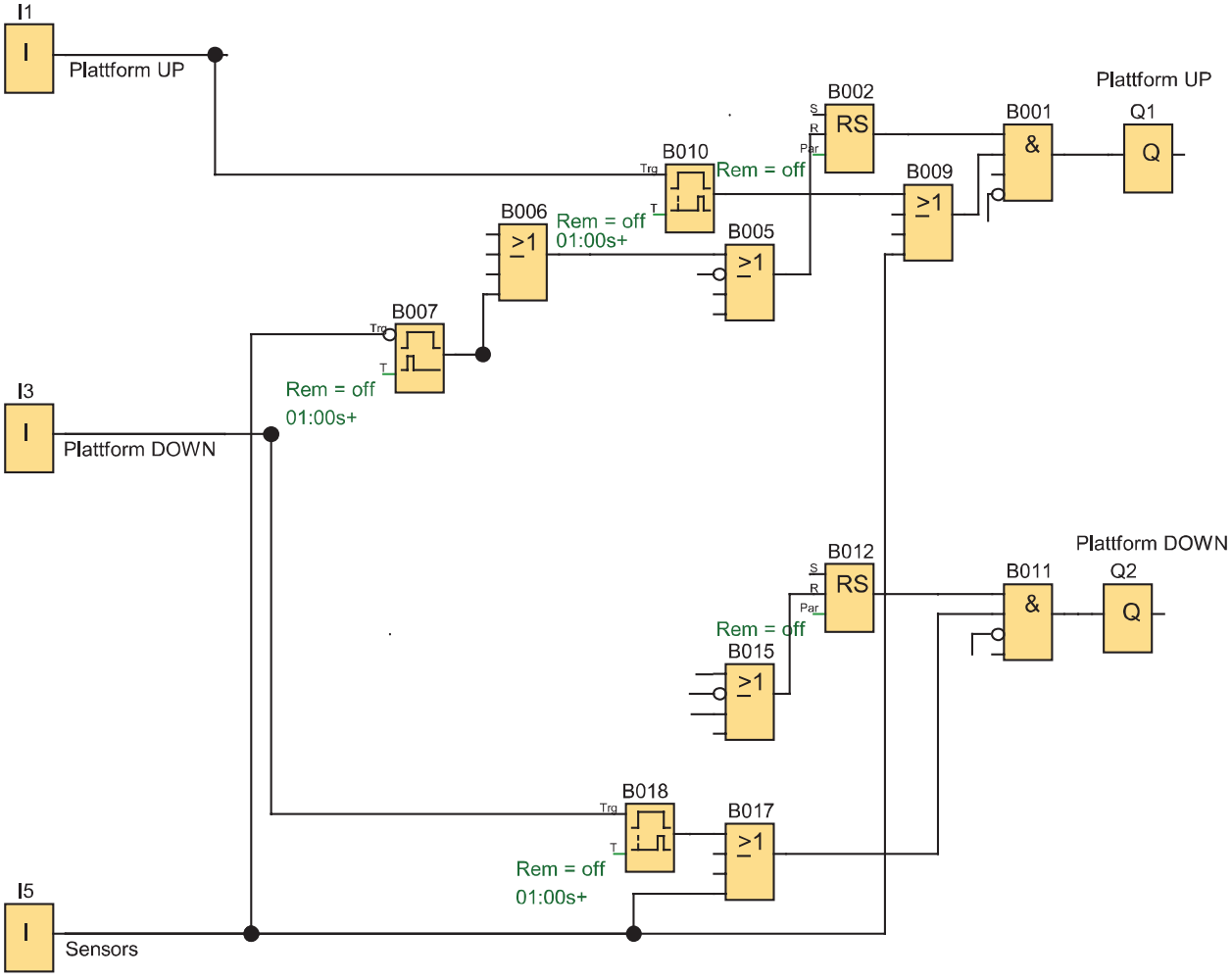
۱ـ سکوی بالابری می‌تواند از طریق فرمان شستی‌ها به بالا یا پایین حرکت کند. شستی UP به I1 و شستی DOWN به I3 وصل شده است. وضعیت انتهای مسیر توسط کلیدهای محدود شناسایی می‌شود. کلید محدودکننده‌ای در I2 برای سکو در UP و کلید محدودکننده‌ای در I4 برای سکو در DOWN دیده شده است

۲ـ سکو به محض رسیدن به وضعیت انتهای مسیر متوقف می‌شود و فقط می‌تواند در جهت مخالف حرکت کند. تغییر جهت از طریق شستی‌های متصل به ورودی I1 یا I3 انجام می‌شود.
۳ـ یک حسگر مجاورتی (اولتراسونیک) برای نظارت بر سطح سکو به I5 متصل شده است. اگر حسگرها یک مانع را شناسایی کنند، سکو متوقف می‌شود. در این حالت اگر شستی تغییر جهت بیش از ۱ ثانیه نگه داشته شود، می‌توان حرکت را به‌صورت دستی ادامه داد.
۴ـ اگر شستی STOP اضطراری در I6 فشار داده شود، سکوی متحرک فوراً متوقف می‌شود. در این حالت شستی‌های تغییر جهت نیز غیرفعال هستند پس فقط با رهاسازی STOP اضطراری می‌توان سکو را حرکت داد.
۵ـ حرکت سکو را می‌توان از طریق شستی STOP در I7 نیز متوقف کرد.
۶ـ در خروجی Q3 یک چراغ هشدار به عنوان نشانگر دیداری در نظر گرفته شده و هر گاه که سکو در حال حرکت به بالا یا پایین است فعال می‌شود.
با توجه به شرط ۱ و ۲ برای کار کردن، محدودکننده‌ها در ورودی‌های I2 و I3 باید تابع RS خود را Reset کنند از طرفی با یک تابع XOR در مسیر Set با ورودی‌های I2 و I3 و نیز قرار گیرند تا فقط زمانی که آنها ۱ نیستند تابع RS بتواند توسط ۱ شدن ورودی مربوط Set شود از یک تایمر تأخیر در قطع .۵۰۰msec برای تأخیرقطع شستی‌ها پس از رها شدن استفاده شده است (شکل ۳۵)



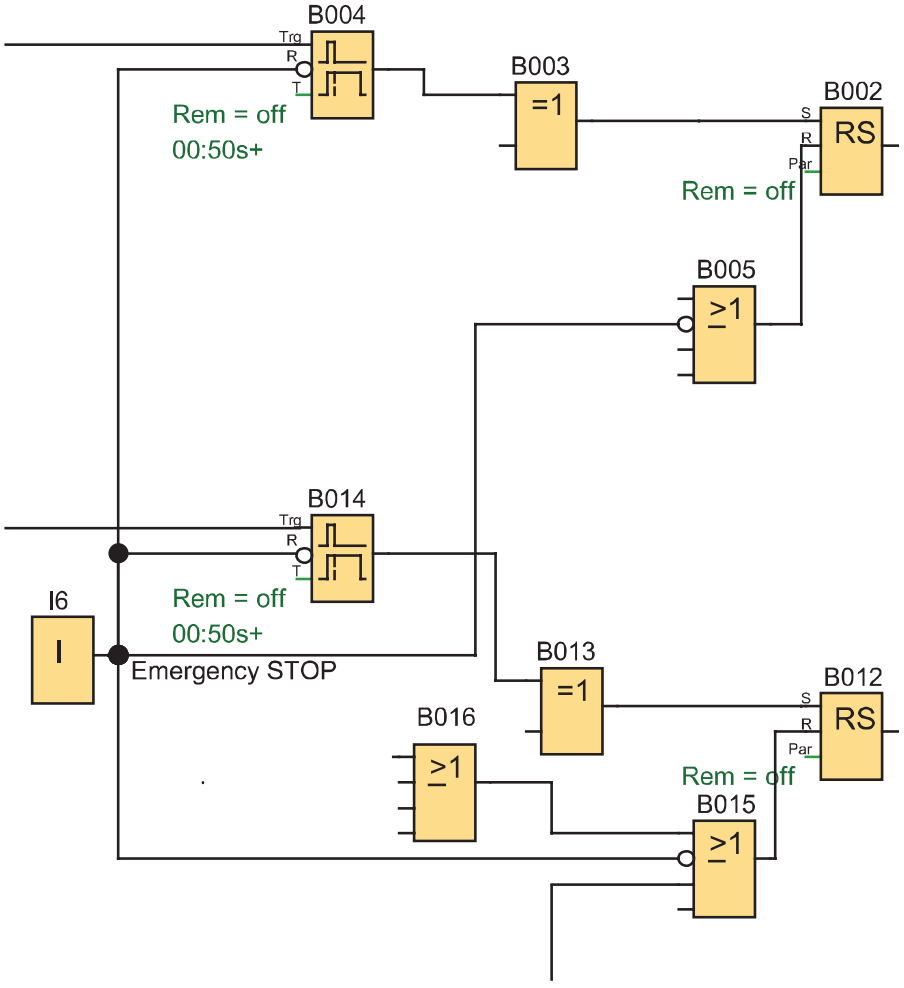
شکل ۳۵ـ نمودار بلوکی سکوی بالابر

با توجه به شرط ۳ روی سکو حسگری برای ورودی I5 تعبیه شده است با فعال شدن این حسگر توسط حرکت سکو به سمت بالا، حسگر سکو را توسط Reset کردن خروجی Q1 متوقف می‌کند (با تایمر پالسی یک ثانیه) در این حالت هر یکی از ورودی‌های I1 یا I3 می‌توانند به‌صورت دستی سکو را با گذشت ۱ ثانیه مطابق شکل ۳۶ به حرکت درآورند.



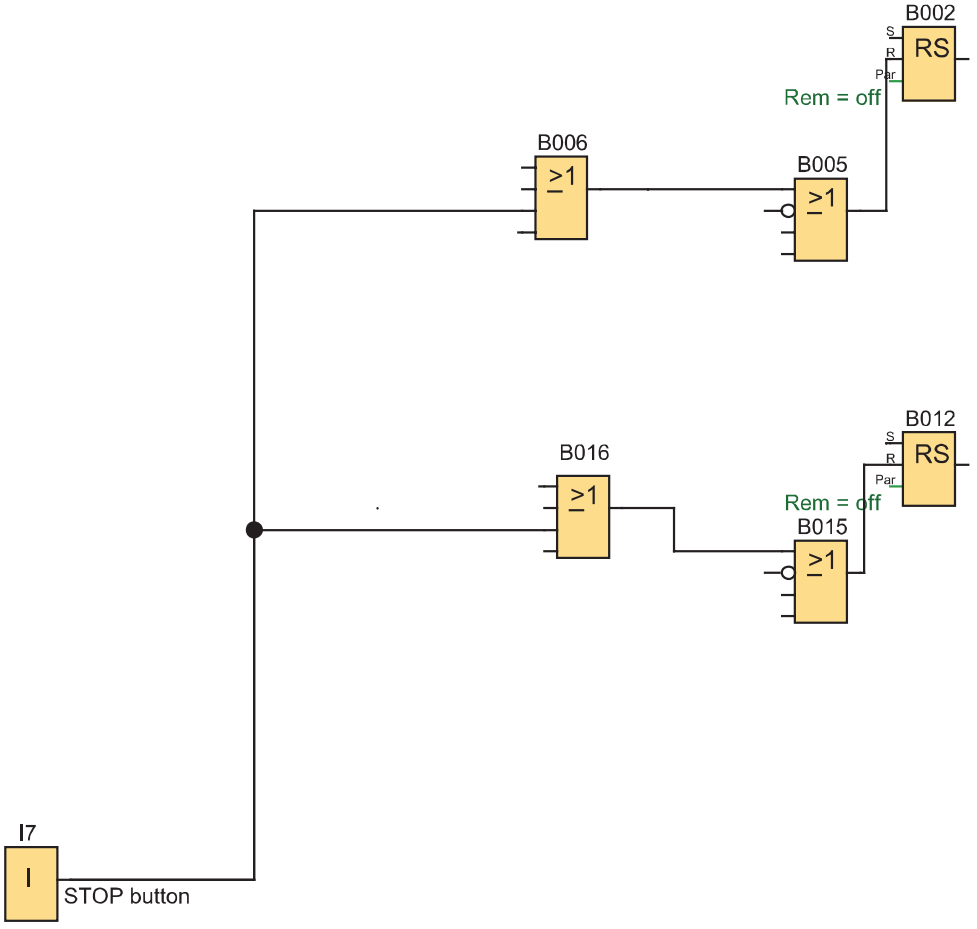
شکل ۳۶ــ اثر حسگر در توقف سکو

با توجه به شرط ۴ در ورودی I6 یک شستی Stop قارچی سیم‌کشی شده که با فعال شدن خروجی‌ها را Reset کرده و تایمر ورودی‌های I1 و I3 را نیز Reset می‌کند تا امکان به حرکت درآوردن به مطابق شکل ۳۷هیچ عنوان وجود نداشته باشد.



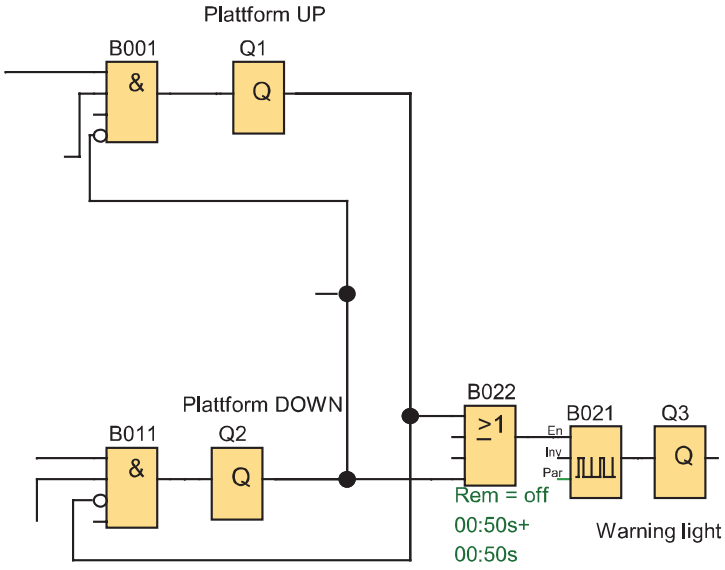
شکل ۳۷ـ نصب شستی (STOP) قارچی

در شرط ۵ توقف (STOP) مدار توسط یک شستی (با کنتاکت NO) صورت می‌گیرد که در ورودی I7 سیم‌کشی شده است این شستی در مسیر Reset خروجی Q1 و Q2 در برنامه قرار گرفته است (شکل ۳۸).

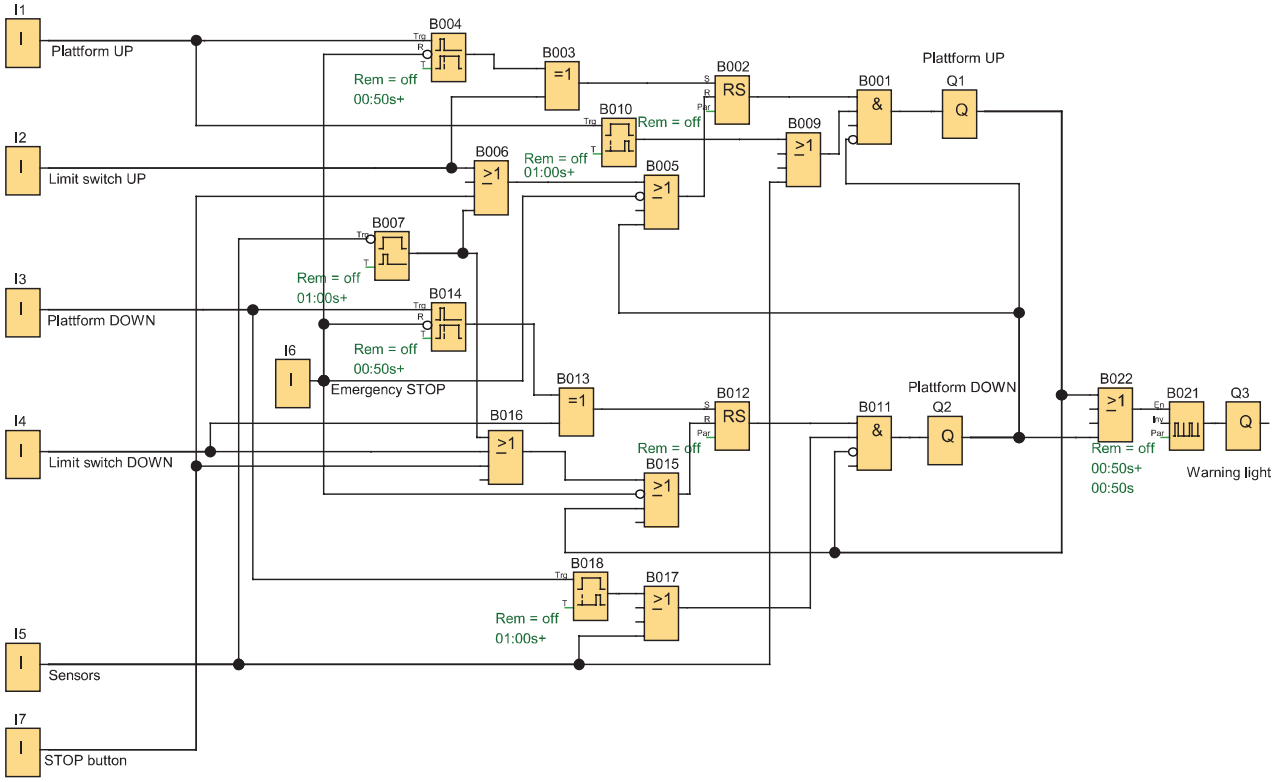


شکل ۳۸ـ نصب شستی NO در ورودی I7

برای شرط ۶ مدار در برنامه خروجی‌های Q1 یا Q2 باید یک چراغ سیگنال چشمک‌زن در Q3 را روشن کنند این کار توسط برنامه به‌صورت شکل ۳۹ اجرا می‌شود از طرف دیگر با توجه به اینکه مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد است پس در برنامه اینترلاک هم باید اعمال کنیم که به دو صورت این کار صورت گرفته که در برنامه قبلی آمده اعمال شده است که در شکل ۴۰ می‌توان قسمت‌های مختلف این برنامه را با هم ملاحظه کرد.



شکل ۳۹ـ نصب چراغ سیگنال چشمک‌زن در خروجی Q3



شکل ۴۰ـ برنامه کامل سکو بالابر

این برنامه را در نرم‌افزار رایانه‌ای رله قابل برنامه‌ریزی ترسیم کنید و آن را مطابق شرایط کار شبیه‌سازی کرده و ارائه دهید

ارزشیابی شایستگی رله‌های قابل برنامه‌ریزی در تأسیسات صنعتی

شرح کار:
برنامه‌نویسی با تابع RS، متناسب با قطعات سیم‌کشی شده در ورودی‌ها
رفع اشکالات پیش آمده برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی در برنامه‌نویسی، متناسب با قطعات سیم‌کشی شده در ورودی‌ها
خواندن برنامه و انتقال آن به رله قابل برنامه‌ریزی توسط دکمه یا نرم‌افزار و سیم‌کشی و اجرای راه‌اندازی به‌صورت سه فاز
آزمایش مدارات تناوبی و پیاده‌سازی آن در رله‌های قابل برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی

استاندارد عملکرد: کار با رله قابل برنامه‌ریزی و نرم‌افزار آن و اجرای سیم‌کشی آن
شاخص‌ها:
تسلط افزودن تایمر برای رفع اشکال در برنامه‌نویسی با تابع RS نردبانی و یا بلوکی برای راه‌اندازی در سه فاز
رفع اشکال راه‌اندازی با تغییر سیم‌کشی و نصب قطعات متناسب با برنامه و نوشتن برنامه متناسب با قطعات سیم‌کشی شده
کاربری نرم‌افزار رسم مدارات و ویرایش آنها و انتقال و شبیه‌سازی و اجرای راه‌اندازی آن به‌صورت سه فاز

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط: فضای مناسب ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی سیم‌کشی برق ـ لپ تاب یا PC ـ سرسیم ـ قطعات الکتریکی مدارات روشنایی مثل کلید، چراغ و شستی، رله قابل برنامه‌ریزی و کابل آن، لباس کار

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	برنامه‌نویسی با تابع RS و پیاده‌سازی راه‌اندازی‌های چپ‌گرد ـ راست‌گرد	۲	
۲	برنامه‌نویسی برای راه‌اندازی‌های ستاره مثلث و اجرای آن به‌صورت سه فاز	۲	
۳	اجرای سایر مدارات تناوبی و پیاده‌سازی راه‌اندازی و اجرای شبیه‌سازی آنها	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.