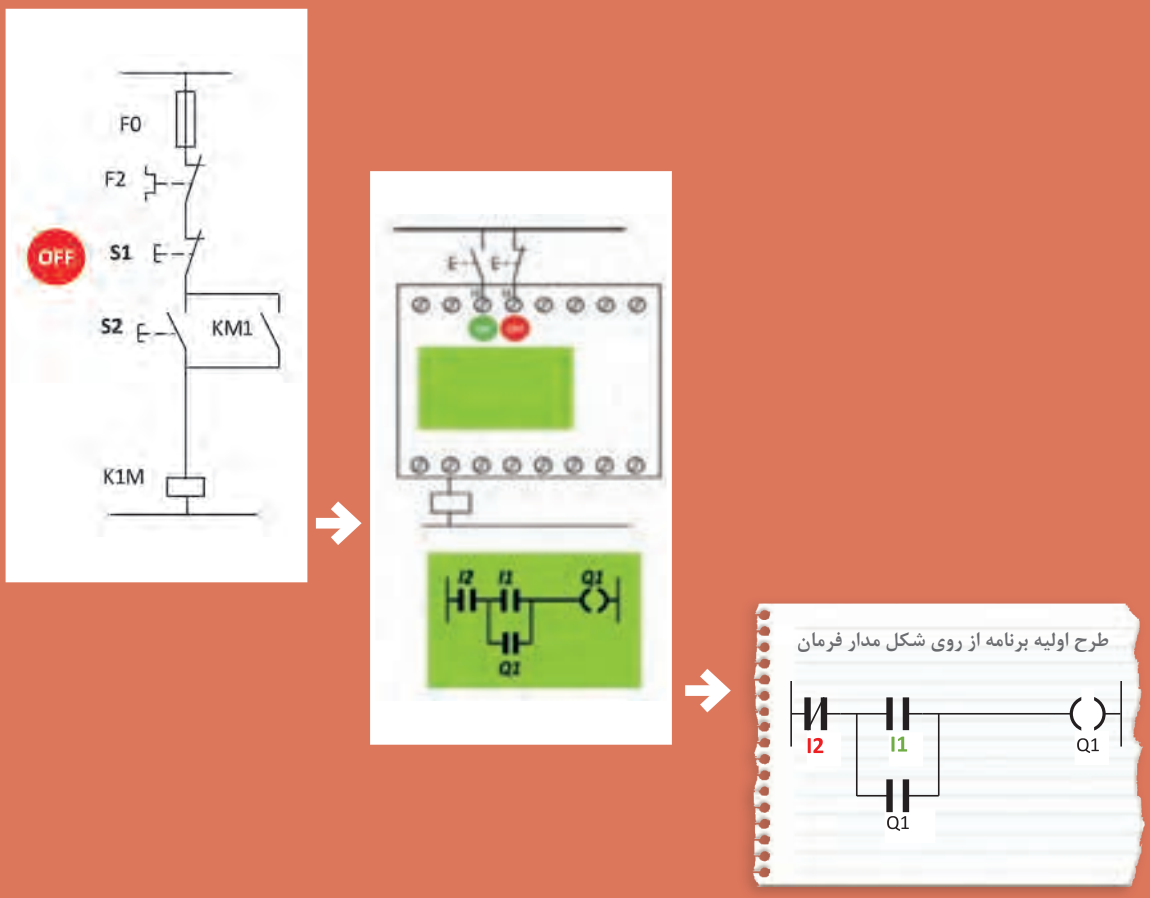
پودمان دوم

راه‌اندازی موتورالکتریکی با رله قابل برنامه‌ریزی



واحد یادگیری ۲

آیا می‌دانید

۱ـ راه‌اندازی موتور الکتریکی با رله قابل برنامه‌ریزی چه تفاوتی با روش‌های راه‌اندازی با کلیدهای دستی دارد؟
۲ـ برنامه‌نویسی با استفاده از تابع خود نگهدار RS چگونه است؟
۳ـ مزایای استفاده از رله قابل برنامه‌ریزی چیست؟

استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد برنامه‌نویسی رله‌های قابل برنامه‌ریزی را پیاده‌سازی نمایند و در ادامه با به‌کارگیری تابع RS مدارات فرمان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی را در دو مدل نردبانی و بلوکی طراحی و اجرا نمایند.

مقدمه

یکی از قابلیت‌های مهم رله‌های قابل برنامه‌ریزی (PLR) راه‌اندازی موتورهای الکتریکی است. مدارهای قدرت که در تمام راه‌اندازی‌های موتور الکتریکی وجود دارد در این پودمان همچنان قابل استفاده است. پس مدارات قدرتی که در درس تابلوهای برق فشار ضعیف آورده شده است همچنان و به همان شکل برقرار است. تنها تفاوتی که در این پودمان وجود دارد این است که از مدار فرمان و پیچیدگی‌های آن خبری نیست. در واقع مانند پودمان قبل تقریباً یک سیم‌کشی یکسان با شستی‌های ساده و بوبین کنتاکتور (بوبین جای لامپ را در پودمان قبل می‌گیرد) روی رله اجرا می‌شود و برای کارهای عملی مدار فرمان، برنامه‌نویسی نیاز است. در این پودمان ابتدا از شکل ظاهری مدار فرمان برای برنامه‌نویسی استفاده می‌شود و پس از آن، کارهای عملی ادامه با تابع خودنگهدار RS ارائه می‌شود و در نهایت مقایسه این دو روش درحین کارهای عملی ارائه می‌شود.

۱ـ۲ مزایای استفاده از رله‌های قابل برنامه‌ریزی

مزایای اشاره شده در ادامه ضرورت استفاده از رله‌های قابل برنامه‌ریزی را بیشتر می‌کند. این مزایا به شرح زیر است:

۱ـ کاهش حجم سیم‌کشی‌ها و اتصالات مدار.

۲ـ امکان برنامه‌نویسی دستی بدون وجود رایانه.

۳ـ امکان طراحی، چاپ و ذخیره‌سازی برنامه مدار مورد نظر و انتقال آن به رله قابل برنامه‌ریزی و حتی فراخوانی برنامه از رله توسط رایانه شخصی.

۴ـ امکان اجرای آزمایشی مدار توسط برنامه شبیه‌ساز رله در رایانه، قبل از اجرای عملی آن.

۵ـ عدم نیاز به تیغه کمکی یا کنتاکتورهای کمکی.

۶ـ وجود تایمرهای متنوع به تعداد زیاد در رله قابل برنامه‌ریزی.

۷ـ وجود توابعی خاص در برنامه‌نویسی رله که ایجاد آنها توسط عملگرها یا توابع ساده ناممکن است یا به سختی امکان‌پذیر است.

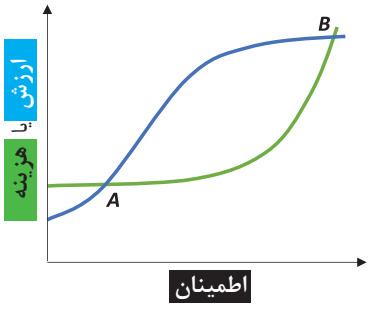
۸ـ امکان گذاشتن رمز عبور برای برنامه و جلوگیری از هرگونه سوءاستفاده.

۹ـ انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات احتمالی مورد نیاز برنامه.

۱۰ـ امکان نظارت بر عملکرد مدار از طریق پیام‌های نمایشگر LCD .

۱۱ـ آسان بودن اعمال تغییرات و اصلاح خطاها

با وجود تمام مزایا و ارزش‌هایی که برای رله‌های قابل برنامه‌ریزی اشاره شد، ذکر این نکته نیز مهم است که پیاده‌سازی مدارهای ساده توسط رله، صرفاً باعث صرفه‌جویی در مصرف یکی دو متر سیم خواهد شد. بنابراین هدف از کاربرد رله در مدارهای مختلف، فقط کاهش حجم سیم‌کشی نیست بلکه در تمام فعالیت‌های فنی و مهندسی باید به موضوع هزینه نیز توجه داشت.



شکل ۱ـ نمودار هزینه و اطمینان پروژه با رله قابل برنامه‌ریزی

پیچیدگی‌های کار، صحت و درستی عملکرد مدار و بهره‌برداری آسوده با ضریب اطمینان بالا در دراز مدت، از عوامل تعیین‌کننده نوع طراحی مدار است. نصب و طراحی‌هایی که با رله قابل برنامه‌ریزی انجام می‌شود با توجه به قابلیت‌های رله، اطمینان بیشتری را نیز به ارمغان می‌آورد اما هزینه بیشتری را نیز به همراه دارد. در شکل ۱ اگر نقطه A موقعیتی باشد که طرح کنتاکتوری برای راه‌اندازی بدون رله را نشان دهد، ارزش و توقعات و هزینه پروژه کم خواهد بود. در این نقطه هزینه کمتری شده ولی سطح اطمینان هم برای پروژه پایین خواهد آمد. اما در نقطه B با توجه به پیاده‌سازی با رله قابل برنامه‌ریزی ارزش و هزینه و اطمینان پروژه بالاتر خواهد بود.

۲ـ۲ راه‌اندازی موتورهای الکتریکی توسط رله

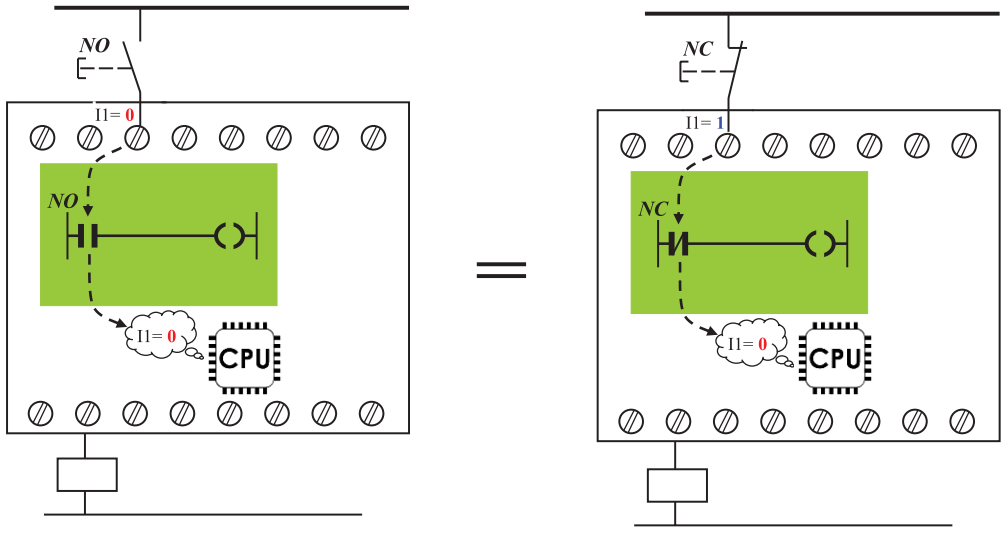
راه‌اندازی موتورهای الکتریکی توسط رله‌های قابل برنامه‌ریزی به دو روش قابل پیاده‌سازی است:

الف) پیاده‌سازی به شکل مدار فرمان

ب) پیاده‌سازی به شکل تابع RS

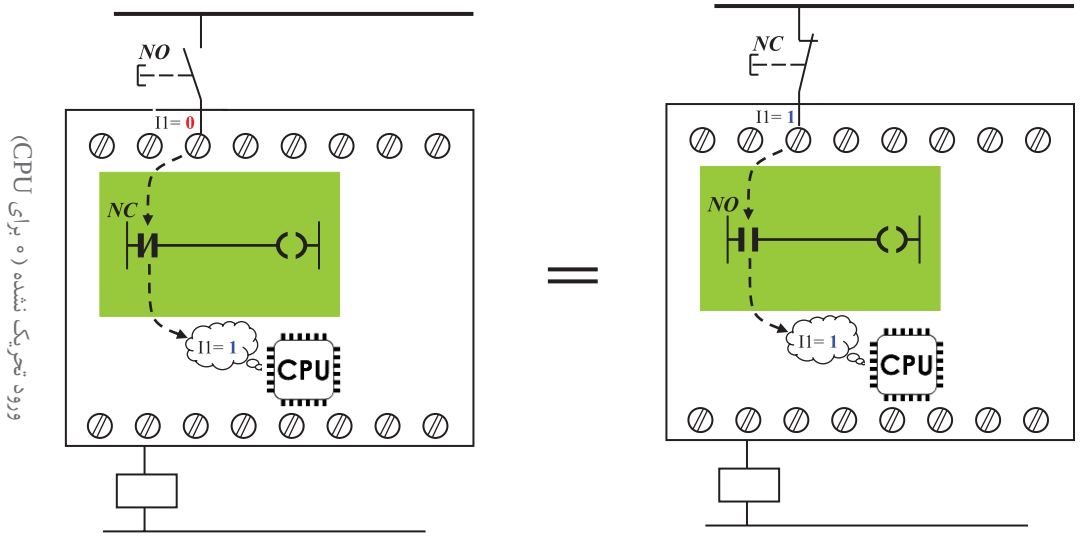
الف) پیاده‌سازی به شکل مدار فرمان

فرض کنید اولین برنامه‌ای که در واحد یادگیری قبل و با دکمه‌های روی رله برنامه‌ریزی کردید به داخل رله ارسال و سیم‌کشی روی رله و همچنین مدار قدرت موتور الکتریکی اجرا شده باشد. اکنون با فشردن شستی (با کنتاکت NO) موتور روشن شده و به‌صورت لحظه‌ای کار می‌کند در این پودمان ابتدا به این موضوع پرداخته می‌شود که در رله‌ها از نرم‌افزار و برنامه استفاده می‌شود و بر خلاف راه‌اندازی‌های صرفاً با سیم‌کشی، می‌توان از شستی (با کنتاکت NC) که به آن Stop هم گفته می‌شود برای راه‌اندازی و Start مدار استفاده کرد. به شرط آنکه به ازای این شستی (با کنتاکت NC) در برنامه نیز از ورودی با علامت کنتاکت NC استفاده شده باشد (شکل ۲).



شکل ۲ـ پیاده‌سازی با شستی با کنتاکت NC و NO

برای درک بهتر این موضوع به ساختمان داخلی رله اشاره می‌شود. واحدهای پردازش مرکز رله یا CPU فقط ۰ و ۱ منطقی را تشخیص می‌دهد و قابلیت تشخیص شستی با کنتاکت NO یا NC (که صرفاً در ترمینال‌های ورودی آن سیم‌کشی شده) برای آن کاملاً بی‌معنی است. فقط در صورتی برای رله این کنتاکت‌ها معنادار است که به ازای آن در برنامه نیز از یک علامت کنتاکت استفاده شده باشد. پس وظیفه‌ای که یک شستی در مدار فرمان دارد هنگام پیاده‌سازی آن راه‌اندازی در رله، به یک ورودی مثل I1 سپرده می‌شود و این ورودی همیشه از دو جزء تشکیل شده است. اولین جزء شستی همان مدار فرمان و یا هر شستی دیگر که به آن ورودی سیم‌کشی می‌شود و دومین جزء ورودی است که به شکل کنتاکت در برنامه رله برای آن رسم می‌شود یعنی اگر وظیفه یک شستی در مدار روشن کردن مدار از حالت خاموش بوده (۱ کردن مدار فرمان) اکنون این وظیفه در رله به دو جزء سپرده شده و باید در حالت عادی آن ورودی تحریک نشده (۰ برای CPU) باشد تا کاری مشابه روشن کردن (ON مدار فرمان) به واسطه پیاده‌سازی روی رله از آن سر بزند. اما در این صورت دو وضعیت دیگر را هم می‌توان مطابق شکل ۳ پیش‌بینی کرد که این دو نیز با هم یکسان و برابر هستند.



شکل ۳ـ دو وضعیت دیگر با کنتاکت NC و NO

برای توضیح بیشتر شکل ۳ می‌توان گفت اگر قطعه یا شستی در مدار فرمان وظیفه خاموش کردن یک مدار روشن (۰ کردن مدار فرمان) را به عهده داشته باشد. اکنون و مطابق شکل ۳ این وظیفه به عهده دو جزء سپرده شده و باید در حالت عادی آن ورودی تحریک شده (۱ برای CPU) باشد تا کاری مشابه خاموش کردن (OFF در مدار فرمان) به واسطه پیاده‌سازی روی رله از آن سر بزند. در ادامه اشاره می‌شود که رعایت این موضوع در تبدیل مدار فرمان به برنامه و برنامه‌نویسی بسیار اهمیت دارد.

فعالیت

ابتدای پودمان اول و قبل از کارهای عملی آن به این موضوع اشاره شد که چه ارتباطی بین ورودی و خروجی در برنامه‌نویسی بلوکی یا نردبانی وجود دارد. در اینجا نیز با توجه به توضیحات گفته شده و نوشته‌های روی شکل توضیح دهید که یک علامت کنتاکت باز یا بسته در برنامه در اصل چه ماهیتی دارد؟

مراحل طراحی برنامه با استفاده از شکل مدار فرمان

۱ـ قطعات در مدار فرمان راه‌اندازی وظایفی به لحاظ روشن و خاموش کردن دارند در رله‌های قابل برنامه‌ریزی، این وظایف به ترمینال‌های ورودی در رله واگذار می‌شود. پس از ترسیم سیم‌کشی قطعات روی رله کنار هر ترمینال یا زیر آن وظیفه قطعه را بنویسید (مثلاً روشن کردن (ON) یا خاموش کردن (OFF)).

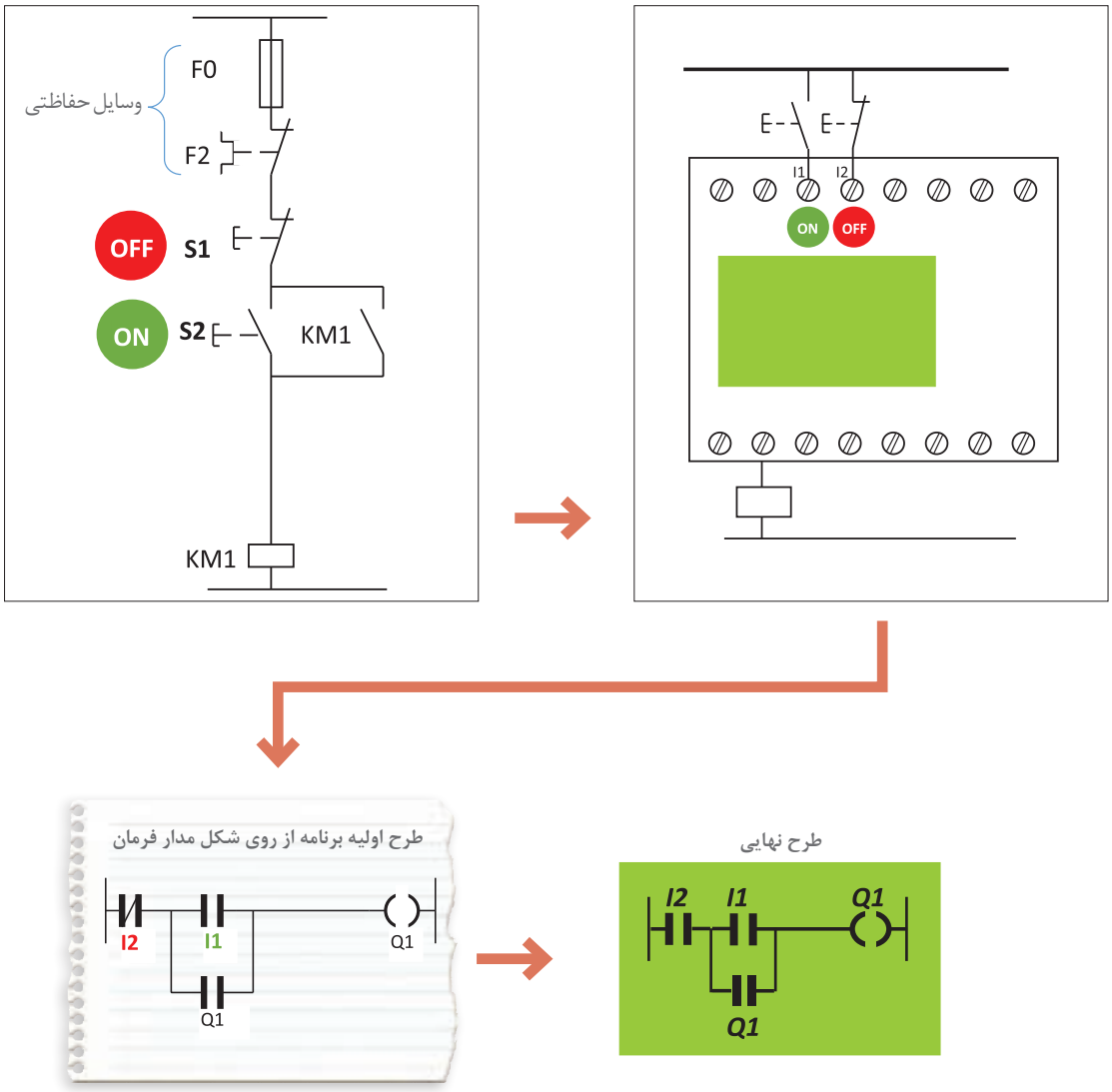
۲ـ از شکل ظاهری مدار فرمان راه‌اندازی استفاده کنید و آن را به برنامه‌ای (نردبانی یا بلوکی) تبدیل کنید برای نام‌گذاری ورودی به وظیفه ON و OFF توجه داشته باشید یعنی صرفاً به NO یا NC بودن وسیله متصل به ترمینال ورودی رله توجه نکنید بلکه به وظیفه متناظر واگذار شده از مدار فرمان به آن ترمینال توجه داشته و در محل مناسب نام ورودی را از ترمینال به برنامه اختصاص دهید.

۳ـ اکنون باید مشخص شود ورودی‌هایی که نامگذاری آنها در برنامه (مطابق بند۲) انجام شده است به لحاظ NO یا NC بودن در برنامه هم درست هستند برای این کار مطابق جدول ۱ اگر یک ورودی ترمینال رله از نوع تحریک شده (OFF) باشد و نوع شستی سیم‌کشی شده در رله مشخص باشد ورودی آن در برنامه انتخاب خواهد شد بدین صورت که اگر stop در سیم‌کشی باشد در برنامه علامت کنتاکت باز و اگر Start در سیم‌کشی باشد در برنامه از علامت کنتاکت بسته برای آن ورودی استفاده می‌شود. در مورد ورودی تحریک نشده (ON) هم مطابق دو ستون سمت راست جدول عمل می‌شود. یعنی اگر stop در سیم‌کشی باشد در برنامه علامت کنتاکت بسته و اگر Start در سیم‌کشی باشد در برنامه از علامت کنتاکت بسته برای آن ورودی استفاده می‌شود.

جدول ۱ـ نام‌گذاری ورودی‌ها

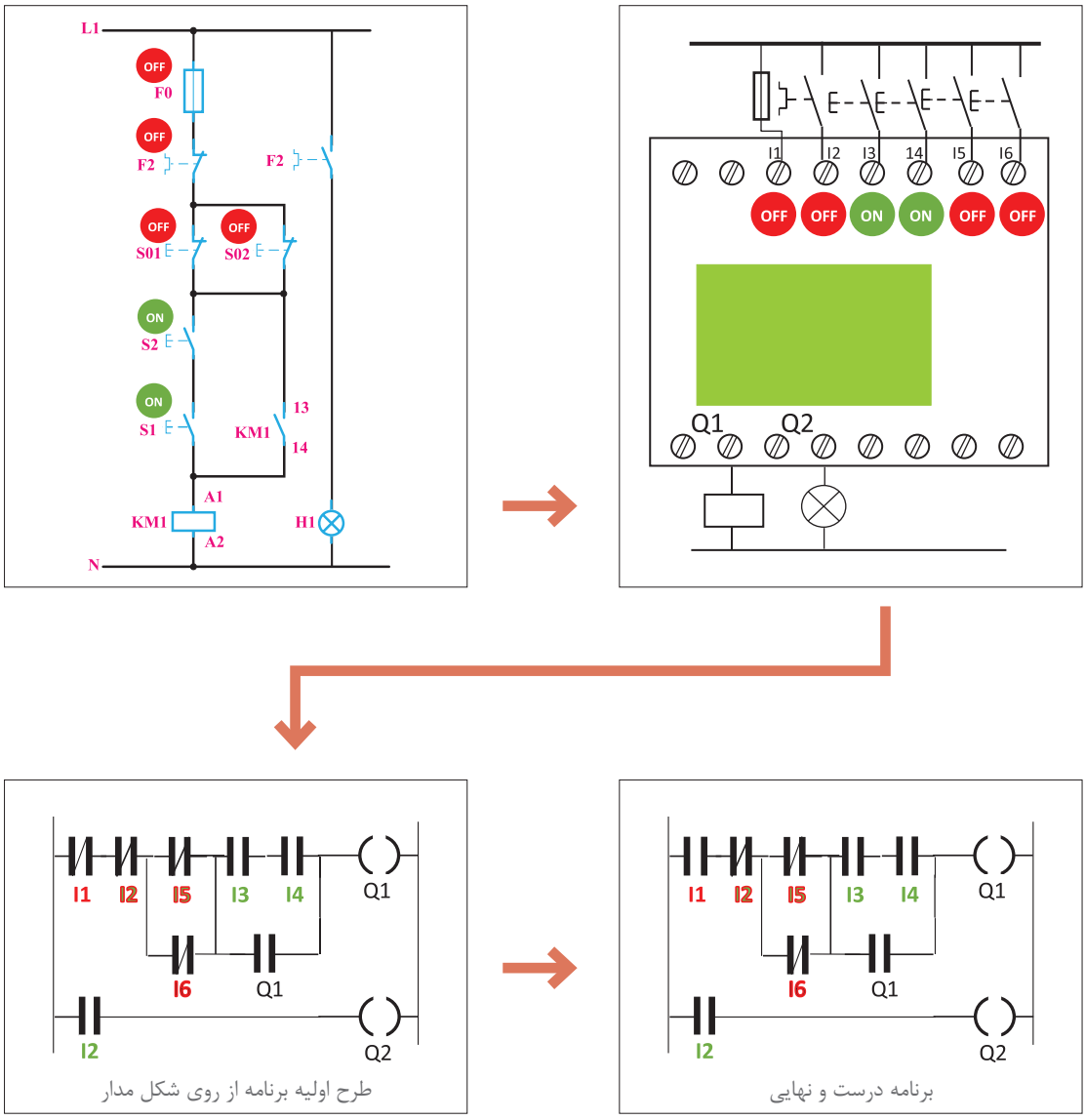
ورودی ترمینال PLR	تحریک‌شده OFF		تحریک‌نشده ON	
شستی در سیم‌کشی PLR				
انتخاب ورودی در برنامه PLR				

مثال ۱: در مدار فرمان شکل ۴ شستی S1 را باز کرده و به ترمینال I2 رله ببنید همین‌طور شستی S2 را باز کنید و به ترمینال I1 رله ببینید. برنامه و سیم‌کشی آن روی رله نشان داده شده است.



شکل ۴ـ مدار فرمان و معادل سیم‌کشی آن روی رله

مثال ۲: مدار فرمان راه‌اندازی دستگاه پرس در شکل ۵ نشان داده شده است. در این مدار تمام شستی‌ها باز می‌شود و به جای آنها شستی با کنتاکت NO روی رله قرار داده می‌شود و سیم‌کشی رله انجام می‌شود به‌طوری که دو شستی که در ترمینال‌های I3 و I4 قرار می‌گیرد برای روشن کردن و دو شستی که در ترمینال‌های I5 و I6 قرار می‌گیرند برای خاموش کردن به کار روند. از طرفی در ترمینال ورودی I1 فیوز برای حفاظت قرار می‌گیرد تا در صورت اتصال کوتاه مدار قطع شود و همچنین در ورودی I2 یک ترمینال از کنتاکت ۹۷ـ۹۸ (باز بی‌متال) را قرار می‌گیرد تا در صورت اضافه بار کنتاکتور KM1 خاموش شود و همچنین یک لامپ در خروجی Q2 وصل می‌شود تا در صورت اضافه بار روشن شود.



شکل ۵ــ مدار فرمان و معادل برنامه سیم‌کشی روی رله برای یک

فعالیت

در سیم‌کشی ورودی I2 در رله قابل برنامه‌ریزی مثال ۲ کنتاکت ۹۷ـ۹۸ به بی‌متال وصل شده و با علامت OFF مشخص شده است اما در برنامه و سطر سوم نردبان به جای کنتاکت با علامت بسته علامت کنتاکت باز برای آن در نظر گرفته شده است. با این توضیح فعالیت‌های زیر را دنبال کنید.

فعالیت ۱: دو برنامه به‌صورت بلوکی برای دو مثال گفته شده قبل ترسیم نمایید.

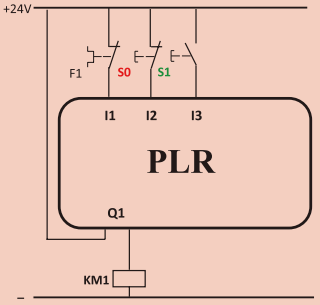
فعالیت ۲: مثال ۲ را با راه‌اندازی از دو محل و در صورت استفاده از کنتاکت بسته بی‌متال در ورودی I2 مجدداً ترسیم نمایید.

کارعملی ۱

۱ـ راه‌اندازی دایم کار یک موتور الکتریکی

هدف: در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۲ راه‌اندازی دایم کار یک موتور الکتریکی با رله انجام شود.

جدول ۲ـ راه‌اندازی دائم کار یک مدار الکتریکی

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن موتور در برابر اضافه بار	I1	F1
	خاموش کردن موتور	I2	S0
	روشن کردن موتور	I3	S1
	اتصال به موتور	Q1	KM1

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی آن را ترسیم نمایید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی رله را مطابق آنچه خواسته شده، انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی آن را به شبکه برق متصل نمایید.

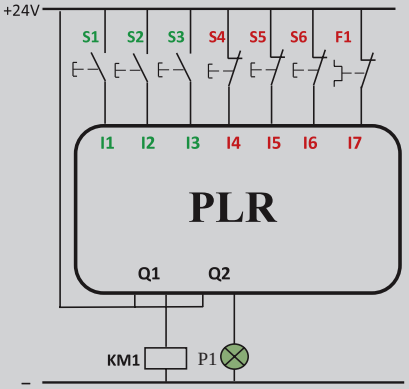
گام ۳: برنامه‌نویسی رله را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.

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

تمرین

راه‌اندازی دایم کار موتور الکتریکی سه فاز از سه محل را مطابق جدول ۳ دنبال کنید و برنامه بلوکی و نردبانی آن را ترسیم نمایید.

جدول ۳

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	روشن کردن روشن کردن روشن کردن	I1 I2 I3	S1 S2 S3
	خاموش کردن خاموش کردن خاموش کردن	I4 I5 I6	S4 S5 S6
	خاموش کردن اتصال موتور نشانگر اضافه بار	I7 Q1 Q2	F1 KM1 P1

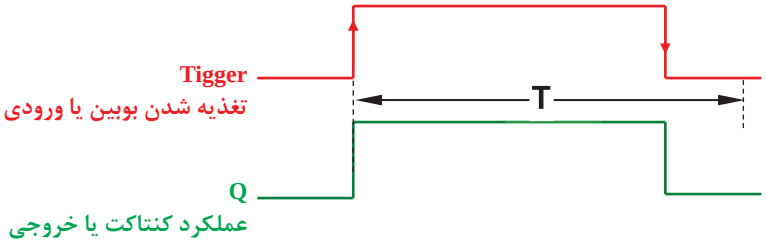
برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

کار عملی ۲

(کار عملی نیمه تجویزی)
راه‌اندازی مدار دستگاه پرس با استفاده از دو دست توسط رله قابل برنامه‌ریزی

با تایمر تأخیر در قطع (Off Delay) و تایمر تأخیر در وصل (On Delay) و همین‌طور تایمر (On/Off Delay) در پودمان اول کار کردید و برنامه‌هایی را که در آنها از این تایمرها استفاده شده بود را به‌کار بردید. در اینجا با دو تایمر دیگر آشنا خواهید شد.

تایمر پالسی (Pulse Timer): این تایمر با فعال شدن تغذیه یعنی لبه بالارونده آن زمان‌سنجی را آغاز و کنتاکت آن نیز عمل می‌کند همچنین با قطع تغذیه لبه پایین رونده یا پس از سپری شدن زمان تنظیمی به حالت اول برمی‌گردد. این تایمر را Wiping نیز می‌نامند (شکل ۶).



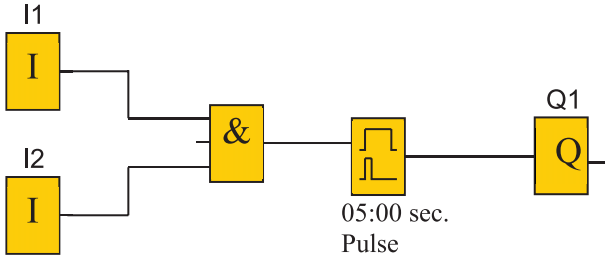
شکل ۶ـ زمان‌سنجی تایمر پالسی

مثال: برنامه بلوکی یک دستگاه پرس که با تحریک هم‌زمان دو شستی فعال می‌شود را طوری طراحی کنید که حداکثر ۵ ثانیه فعال باشد.

راهنمایی

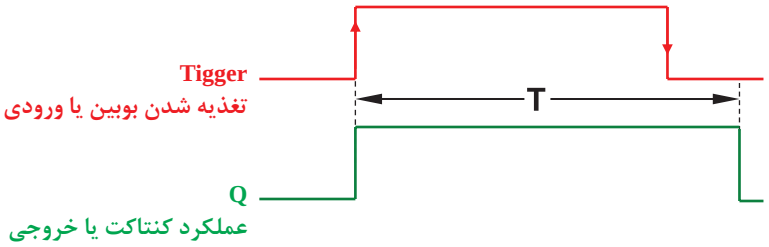
اگر زمان فعال بودن شستی‌ها کمتر از ۵ ثانیه بود دستگاه پرس خاموش شود.

حل: برنامه بلوکی برای این مدار به‌صورت شکل ۷ می‌باشد.



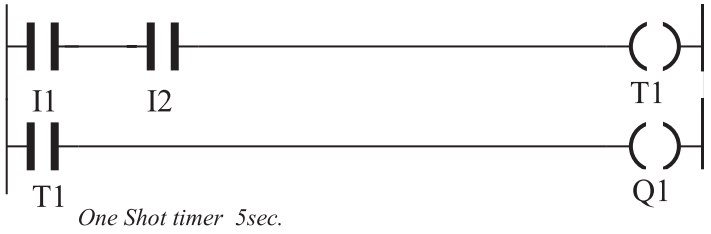
شکل ۷ـ برنامه بلوکی مدار دستگاه پرس

تایمر پالسی گسترده: این تایمر نیز با لبه بالارونده تغذیه، زمان‌سنجی را آغاز و تیغه آن نیز تغییر وضعیت می‌دهد. پس از سپری شدن زمان تنظیمی به حالت اول برمی‌گردد و نسبت به لبه پایین رونده تغذیه حساس نیست این تایمر را One Shot یا Single Pulse نیز می‌گویند.



شکل ۸ـ زمان‌سنجی تایمر پالسی گسترده

مثال: برنامه نردبانی مثال فیل را به گونه‌ای طراحی نمایید که با تحریک هم‌زمان هر دوشستی پرس به مدت ۵ ثانیه فعال بماند و قطع تحرک شستی پرس همچنان به کار خود ادامه دهد.
حل: برنامه نردبانی این مدار به‌صورت شکل ۹ می‌باشد.



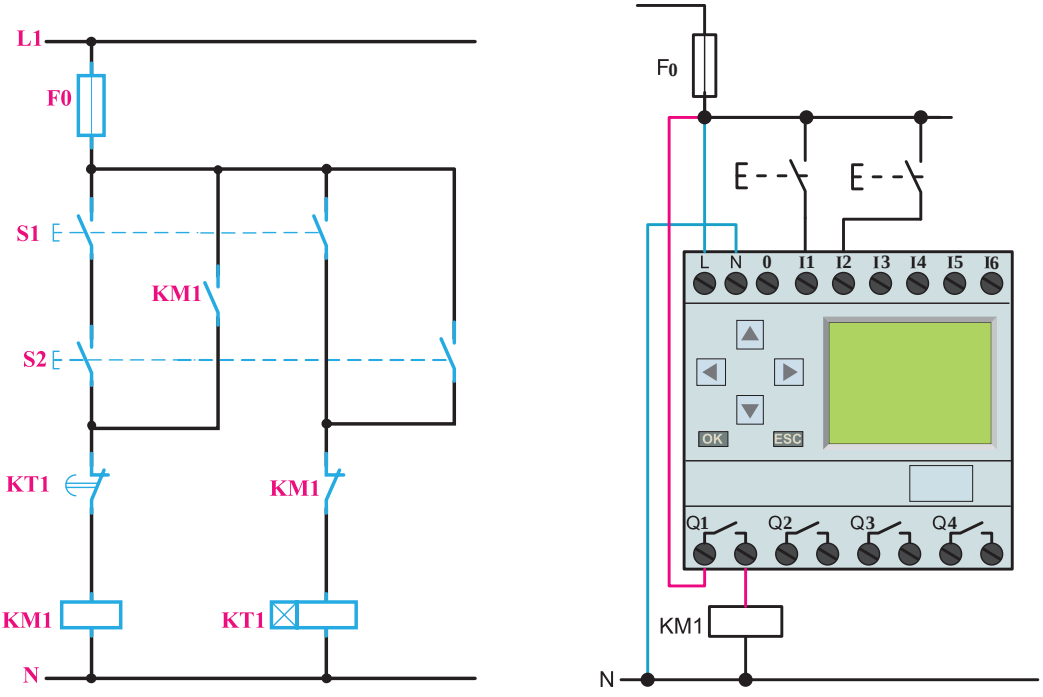
شکل ۹ـ برنامه نردبانی مدار دستگاه پرس

توجه

در برخی از رله‌های قابل برنامه‌ریزی تایمری به‌نام Edge Wiping وجود دارد که دارای دو زمان تنظیمی TH و TL می‌باشد در صورتی که زمان لبه پایین TL در آن صفر باشد تایمر پالسی گسترده خواهد شد.

از این تایمرها برای مدار دستگاه پرس می‌توان استفاده کرد پیش از این و در ابتدای این پودمان برنامه مدار پرس معرفی شد. این مدار دو شستی برای روشن کردن و خاموش کردن مدار دارد که باید هم‌زمان فشرده شود و یکی از اشکالاتی که مدار پرس بدون تایمر دارد این است که برخی مواقع افراد برای اینکه از هر دو دست استفاده نکنند یکی از شستی‌ها را دائم کرده و به حالت وصل دائم می‌برند. انجام این کار مخاطراتی را به همراه دارد. برای جلوگیری از این کار مدار فرمانی به شکل ۱۰ طرح شده است. به‌طوری که فقط اگر یکی

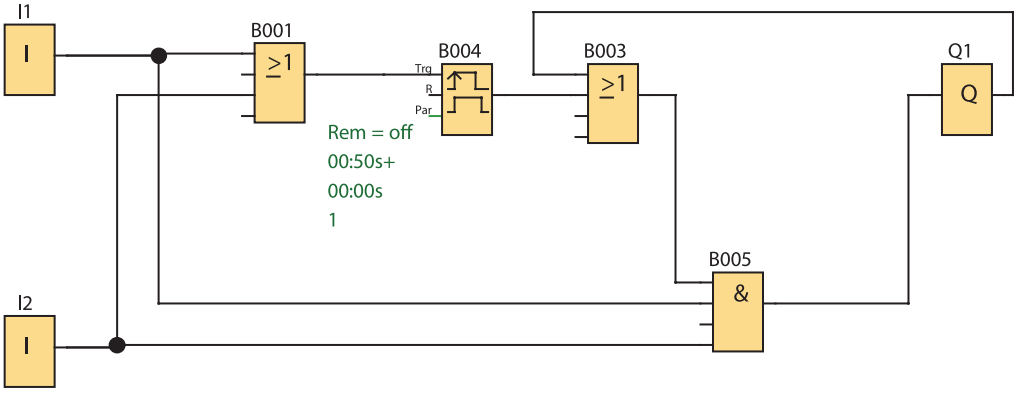
از شستی‌ها برای مدت ۱ ثانیه فشرده شود و در این فاصله شستی دوم هم فشرده شود مدار روشن می‌شود. در ادامه برای این کار برنامه‌ای تهیه شده و راه‌اندازی را پیاده‌سازی کرده است. (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ــ مدار فرمان و سیم‌کشی رله‌ای مدار پرس تایمردار

در این شکل دو ورودی I1 و I2 توسط عملگر AND و OR مانند مدار فرمان یک بار با هم سری و یک بار موازی شده‌اند حاصل بخش OR ورودی تایمر شده و قسمت AND ورودی‌ها به Q1 متصل شده است و از یک تایمر پالسی گسترده برای برنامه استفاده شده است.

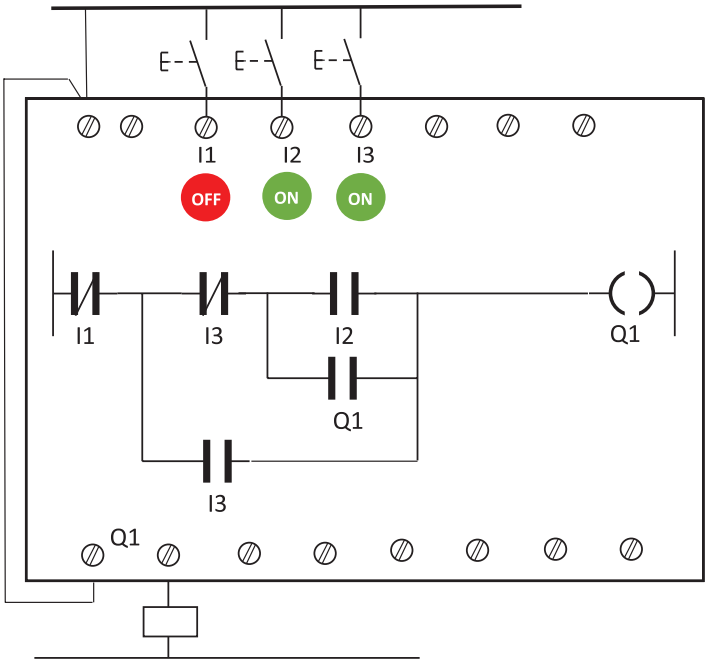
سؤال: چه ارتباطی در این برنامه از خروجی Q1 به ورودی OR گرفته شده است؟ آیا در این برنامه نقش خودنگهدار را ایفا می‌نماید؟ (شکل ۱۱). اگر کارکرد دیگری دارد در این مورد تحقیق کنید.



شکل ۱۱ــ برنامه بلوکی مدار پرس تایمردار

ب) پیاده‌سازی به شکل تابع RS

پیاده‌سازی راه‌اندازی لحظه‌ای و دائم کار با رله به‌صورت شکل ۱۲ نشان داده شده آیا اشکالی حین کار به‌وجود می‌آید؟ برنامه این راه‌اندازی از روی شکل مدار فرمان به‌صورت نردبانی رسم شده و همه موارد موجود در مراحل طراحی به درستی رعایت شده است یعنی شستی ورودی I2 برای حالت دائم کار و شستی ورودی I3 برای حالت لحظه‌ای است اما این پیاده‌سازی راه‌اندازی روی رله به این صورت کار نخواهد کرد. اگر نگاهی به شستی دوبلی که در مدار فرمان راه‌اندازی شکل ۱۰ انداخته شود ملاحظه می‌شود که ما به ازای آن شستی ساده‌ای در ورودی I3 در شکل ۱۲ در نظر گرفته شده است (شکل ۱۲).

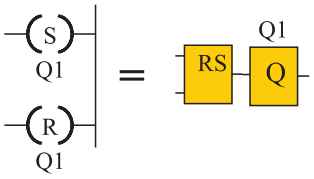


شکل ۱۲ــ راه‌اندازی لحظه‌ای و دائم

کار کردن مدار با تأخیر همراه است زیرا عملکرد کنتاکت‌های شستی دوبل به این صورت است که ابتدا قسمت بسته شستی دوبل عمل کرده و خط اصلی مدار فرمان را قطع می‌کند و بعد قسمت کنتاکت باز آن عمل می‌کند. اما در اینجا و در برنامه تغییر وضعیت از ۰ به ۱ برای ورودی I3 آنی است به همین خاطر خواسته‌هایی که از مدار راه‌اندازی لحظه‌ای دائم وجود دارد مثل از کار انداختن حالت کار دائم توسط شستی در ورودی I3 صورت نمی‌گیرد این نمونه‌ای از برنامه‌نویسی از روی شکل مدار فرمان است که جوابگو نبوده و همراه با خطاهایی خواهد بود. از طرفی تغییر وضعیت کنتاکت‌ها بعد از تبدیل مدار فرمان به برنامه رله، این طراحی را کمی سخت کرده است. همچنین این موضوع که برای هر برنامه‌نویسی ابتدا باید مدار فرمان آن حتماً موجود باشد، چندان جالب نیست. امروزه به منطق به‌کار رفته در فرآیند کار و راه‌اندازی‌ها دقت می‌شود و برنامه‌نویسی انجام می‌شود. به همین منظور از توابع خاص از جمله تابع RS باید استفاده کرد.

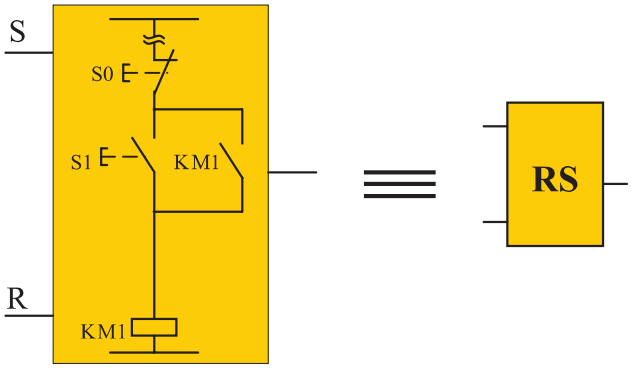
۳ـ۲ تابع RS یا تابع خودنگهدار

نام این تابع از خود نگهدار مدارات کنتاکتوری گرفته شده است. در روش ترسیم نردبانی این تابع به خروجی (بوبین) داده می‌شود و در روش بلوکی تابع RS به‌صورت کادری با دو ورودی و یک خروجی نشان داده می‌شود (شکل ۱۳).



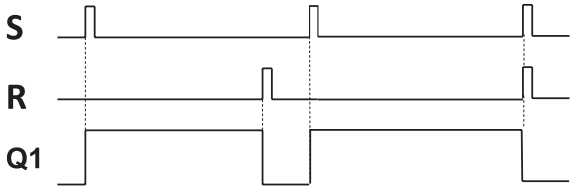
شکل ۱۳ـ تابع RS به‌صورت نردبانی و بلوکی

نحوه عملکرد این تابع به این صورت است که با فعال کردن یک ورودی آن به نام set که با حرف (S) نشان داده می‌شود، خروجی به‌صورت دائم فعال می‌ماند و با فعال کردن ورودی دیگر تابع به نام reset که با حرف (R) نشان داده می‌شود، خروجی غیرفعال می‌شود به همین دلیل است که می‌توان تصور کرد این تابع، بلوکی است که یک مدار خود نگهدار را در خود دارد به‌طوری که فعال کردن S مانند فشردن شستی S1 است فعال‌کردن R مانند فشردن شستی S0 است (شکل ۱۴).



شکل ۱۴ـ رفتار خودنگهداری تابع RS

نمودار زمانی عملکرد تابع RS در شکل ۱۵ نشان داده شده است.

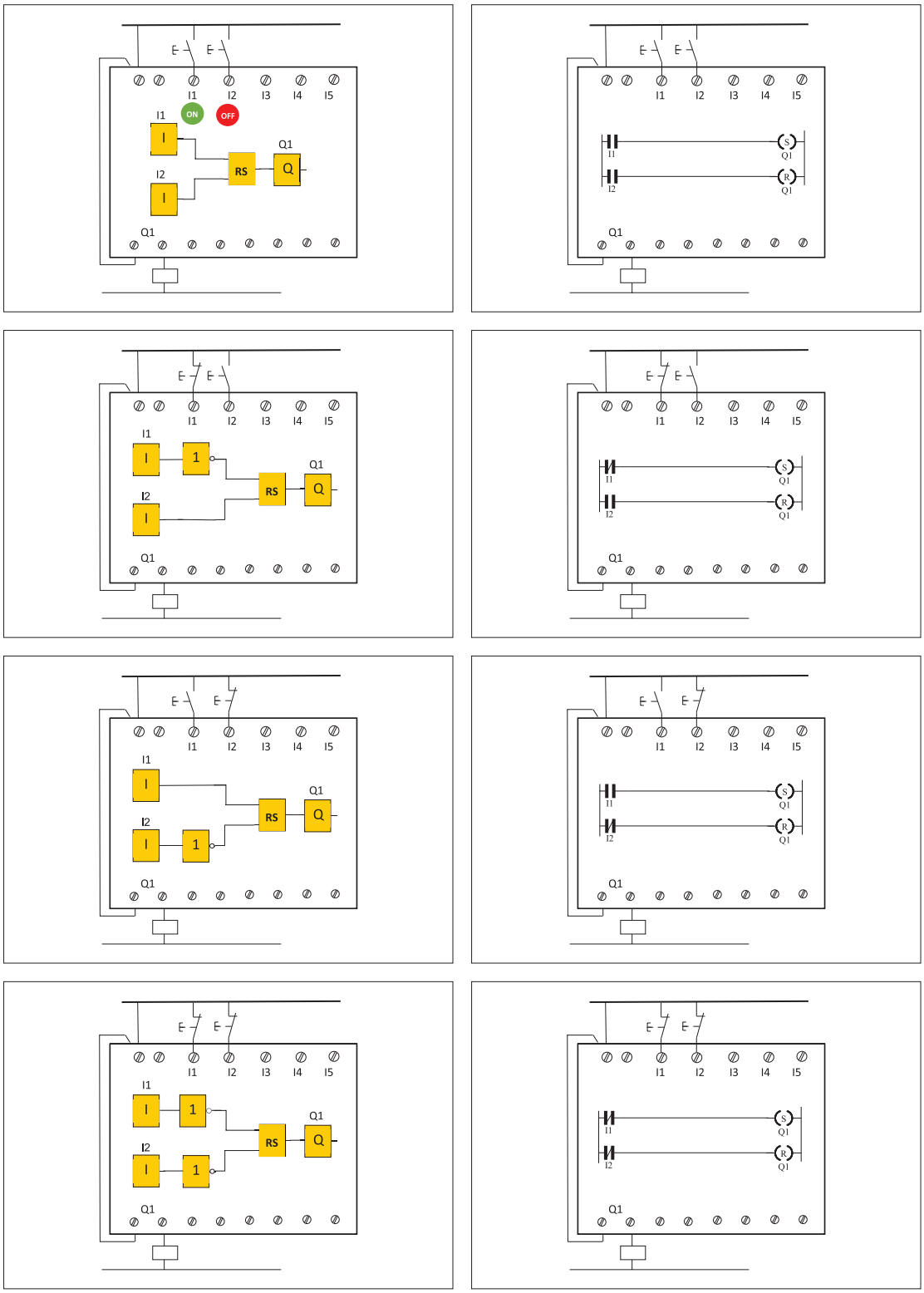


شکل ۱۵ـ نمودار زمانی عملکرد تابع RS

در انتهای نمودار زمانی دیده می‌شود که اگر به‌طور هم‌زمان برای یک لحظه ورودی S و R فعال شوند خروجی Q1 غیرفعال خواهد شد. به این موضوع اولویت Reset به Set گفته می‌شود.

۳ـ۲ـ۱ مزیت تابع RS: استفاده از تابع RS دارای مزیت‌هایی به شرح زیر است:
۱ـ در اکثر مواقع استفاده از تابع RS باعث کوچک شدن حجم برنامه می‌شود.
۲ـ در تابع RS تمام ورودی‌ها از نوع تحریک نشده باید انتخاب شوند و فقط یک مفهوم ارائه می‌شود و کار را ساده‌تر خواهد کرد.
۳ـ موضوع اولویت Reset به Set باعث می‌شود، در زمانی که بخشی از برنامه که Set و بخشی دیگر Reset می‌شود. عمل Reset اولویت پیدا کرده و خواسته برنامه‌ریز محقق شود.

۳ـ۲ـ۲ طراحی برنامه با استفاده از تابع RS: برای طراحی برنامه به کمک تابع RS مراحل زیر باید دنبال شود:
۱ـ نقشه سیم‌کشی قطعات روی PLR ترسیم شود. برای قطعات وظایف روشن یا خاموش کردن مشخص شود. با توجه به تعداد کنتاکتور لازم برای راه‌اندازی ابتدا که در رله سیم‌کشی شده است تعداد خروجی مشخص شده و برنامه‌ای ترسیم شود که در آن همان تعداد تابع RS و خروجی، به‌کار گرفته شده باشد (این کار در سمت راست صفحه انجام شود).
۲ـ اینجا همه ورودی‌ها باید از نوع تحریک نشده انتخاب شوند (بر خلاف قبل) پس ورودی که شامل دو جزء همنام (ورودی سیم‌کشی رله + ورودی در برنامه رله) است در قسمت برنامه با توجه به این موضوع علامت کنتاکت باز یا بسته برای ورودی مشخص می‌شود، یعنی تعداد و شکل ورودی ترسیم خواهد شد. (این کار در سمت چپ صفحه انجام می‌شود)
۳ـ با توجه به اینکه وظیفه قطعات مثل شستی روشن و یا خاموش کردن است در بند ۱ مشخص شده است. اگر وظیفه شستی روشن کردن در مدار راه‌اندازی باشد، اینکه آن ورودی، در برنامه در مسیر SET تابع RS قرار می‌گیرد. و اگر وظیفه خاموش کردن داشته باشد در مسیر RESET تابع RS مربوط قرار می‌گیرد و به آن متصل می‌شود. البته این اتصال مستقیم و یا با توجه به منطق به‌کار رفته در راه‌اندازی، به واسطه توابع و عملگرهای دیگری نیز می‌تواند صورت گیرد (این کار قسمت میانی صفحه انجام می‌شود) برای مثال چهار حالت در راه‌اندازی دائم کار یک موتور الکتریکی در شکل ۱۶ نشان داده شده است:



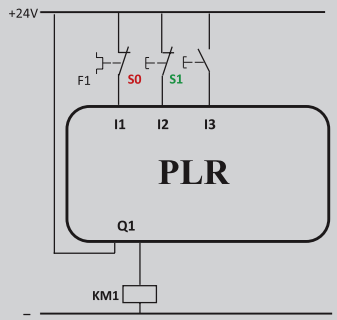
شکل ۱۶ـ چهار حالت راه‌اندازی دائم کار موتور الکتریکی

کار عملی ۳

راه‌اندازی دایم کار یک موتور الکتریکی

هدف: در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۴ راه‌اندازی دائم کار یک موتور با تابع RS را انجام دهید.

جدول ۴ـ راه‌اندازی دائم کار یک موتور با تابع RS

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن موتور در برابر اضافه بار	I1	F1
	خاموش کردن موتور	I2	S0
	روشن کردن موتور	I3	S1
	اتصال به موتور	Q1	KM1

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم نمایید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی رله را مطابق آنچه خواسته شده، انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی آن را به شبکه برق متصل نمایید.

گام ۳: برنامه‌نویسی رله را انجام دهید و آن را آزمایش نمایید.
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را روی قطعات و موتور الکتریکی انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی در حضور مربی خود مدار را آزمایش نماید.

فعالیت ۱

چرا در کار عملی ۱ رله اضافه بار که در I1 سیم‌کشی شده است در ورودی برنامه باید علامت کنتاکت باز I1 به کار برده شود اما در کار عملی ۳ در برنامه از کنتاکت بسته برای I1 استفاده می‌شود علت را توضیح دهید؟

فعالیت ۲

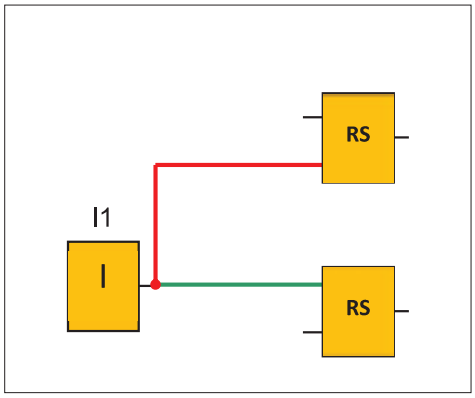
چرا در کار عملی ۱ شستی با کنتاکت NC (Stop) که در I2 سیم‌کشی شده است در ورودی برنامه باید علامت کنتاکت باز I2 به کار برده شود اما در کار عملی ۳ در برنامه از علامت کنتاکت بسته برای I2 استفاده شده است. علت را توضیح دهید؟

فعالیت ۳

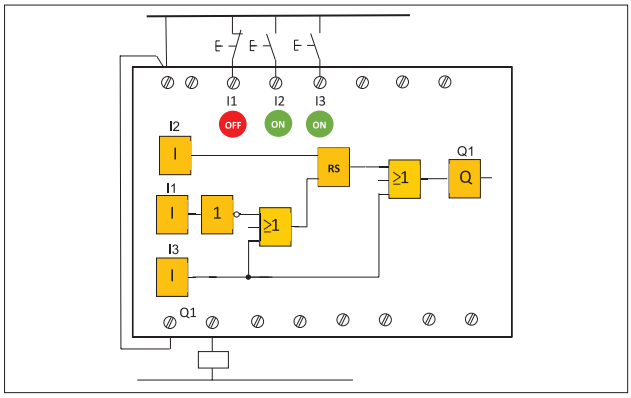
با توجه به آنکه در کار عملی (۲) نیمه تجویزی، پیاده‌سازی با PLR، خواسته مدار فرمان که کار دایم است را برآورده نمی‌کند با تابع RS می‌توانید مشکل را برطرف کنید.

۴ـ۲ راه‌اندازی لحظه‌ای و دایم کار با RS رله قابل برنامه‌ریزی

چنانکه اشاره شد در روش تبدیل مدار فرمان به برنامه از دو علامت کنتاکت یکی NO و دیگری NC به جای تأثیر شستی دوبل در برنامه استفاده شد و این تبدیل کارایی لازم را نداشت، چون در سیم‌کشی روی دستگاه رله، شستی دوبل به‌کار برده نمی‌شود و از طرفی باید تأثیر شستی دوبل در برنامه به نحوی اعمال شود. چون قسمت وصل‌کننده شستی دوبل بخشی از مدار را فعال می‌کرد و قسمت قطع‌کننده آن بخشی از مدار را غیرفعال می‌کرد تأثیر شستی دوبل در مدارها را می‌توان در برنامه به این صورت اعمال نمود ابتدا یک شستی وصل (START) در سیم‌کشی دستگاه در نظر گرفته شود و ورودی متصل به آن در برنامه نیز یک کنتاکت باز باشد حالا این ورودی، یک تابع RS را Set و تابع RS دیگری را Reset می‌کند (شکل ۱۷). چنین کاربردی در راه‌اندازی‌های بعدی به‌کار گرفته شده است. با توجه به اینکه در این راه‌اندازی فقط یک تابع RS استفاده می‌شود تأثیر شستی دوبل در برنامه به‌صورت شکل ۱۸ خواهد بود.



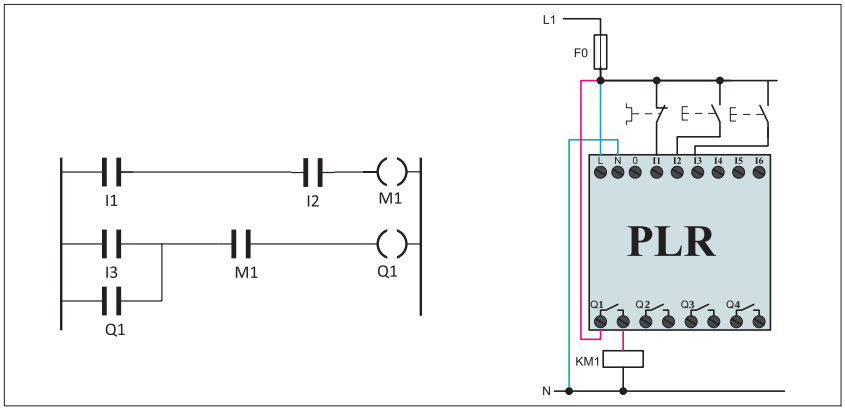
شکل ۱۷ـ راه‌حل به‌کارگیری شستی دوبل در برنامه



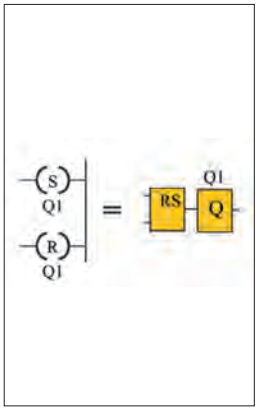
شکل ۱۸ـ کاربرد تابع RS برای راه‌اندازی و تأثیر شستی

۵ـ۲ ذخیره‌سازی اطلاعات رله

در برنامه‌های رله‌های قابل برنامه‌ریزی گاهی لازم است اطلاعات در یک بیت ذخیره شود و بعد در جای دیگر از آن استفاده شود. به این ترتیب Flag یا Marker گویند کار Flag یا Marker را می‌توان مشابه یک کنتاکتور کمکی در مداری فرمان دانست یعنی مثل خروجی‌ها در روش نردبانی با علامت بوبینی به‌نام M نشان می‌دهند و علامت کنتاکتی برای آن مشخص می‌شود اما در اصل یک خروجی مجازی محسوب می‌شود. در شکل ۱۹ کاربردی برای این تابع نشان داده شده است ابتدا I1 و I2 باهم AND می‌شوند و نتیجه آن به علامت بوبین M اعمال شده و کنتاکت M به جای دو ورودی در برنامه قرار گرفته است. نتیجه کار با برنامه‌های قبلی یعنی کار عملی ۱ (راه‌اندازی دائم موتور الکتریکی) هیچ فرقی ندارد.



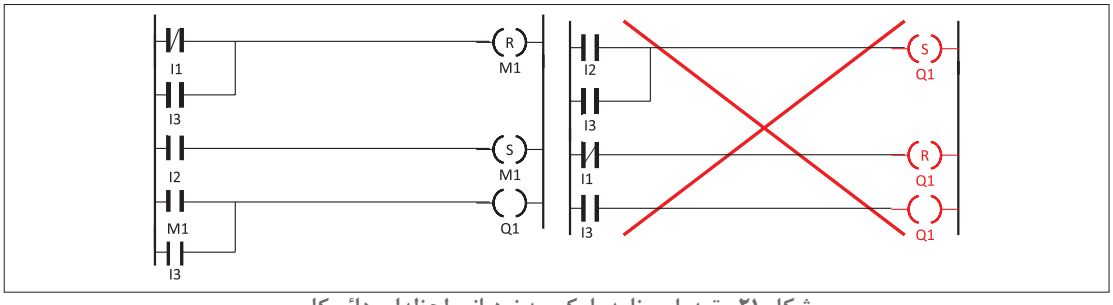
شکل ۱۹ـ کنتاکت کمکی برای ذخیره‌سازی



شکل ۲۰ـ برابری تابع به روش بلوکی و نردبانی

هر چند در برنامه شکل ۱۹ استفاده از M در برنامه اختیاری بود اما گاهی مجبور هستید این کار را انجام دهید. تابع RS در حالت بلوکی و نردبانی تفاوت عمده‌ای بین آنها وجود دارد شکل ۲۰. در روش نردبانی RS خصوصیتی است که به خروجی (بوبین) داده می‌شود. RS در روش نردبانی در هم تنیده با Q می‌باشد در صورتی که در روش بلوکی قابل جداشدن از خروجی Q است.

فرض کنید قرار است راه‌اندازی لحظه‌ای دائم کار را که برنامه بلوکی آن را در کار عملی قبلی دیدید به‌صورت نردبانی تبدیل کنید. در شکل ۲۱ سمت راست، با توجه به شکل بلوکی این کار صورت گرفته است اما این شکل ایرادی دارد زیرا برای اینکه بدون واسطه بتوانید ارزش منطقی Q1 را تغییر دهید لازم است RS را روی یک Marker اعمال کنید و شکل ۲۱ سمت چپ برنامه نردبانی صحیح خواهد بود.



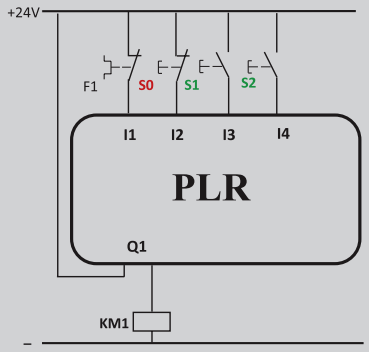
شکل ۲۱ـ تبدیل برنامه بلوکی به نردبانی لحظه‌ای دائم کار

کارعملی ۴

هدف: راه‌اندازی لحظه‌ای و دائم کار یک موتورالکتریکی

در این کار عملی قرار است مطابق جدول ۵ راه‌اندازی لحظه‌ای و دائم کار یک موتور با تابع RS را انجام دهید.

جدول ۵ــ راه‌اندازی لحظه‌ای و دائم کار موتور الکتریکی

سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن موتور در برابر اضافه بار	I1	F1
	خاموش کردن موتور	I2	S0
	روشن کردن موتور (دایم)	I3	S1
	روش‌کردن موتور لحظه‌ای	I4	S2
	اتصال به موتور	Q1	KM1

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم نمایید.

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

گام ۲: سیم‌کشی رله را مطابق آنچه خواسته شده انجام دهید و با رعایت نکات ایمنی آن را به شبکه برق متصل نمایید.

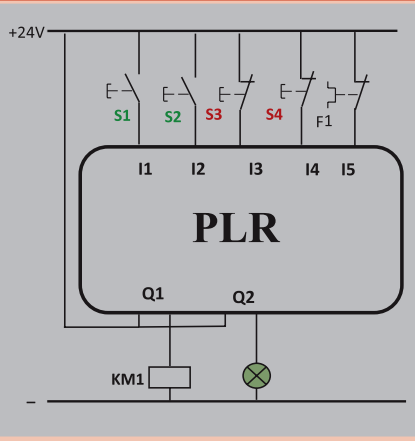
گام ۳: برنامه‌نویسی رله را انجام دهید و آن را آزمایش نمایید.

گام ۴: سیم‌کشی قدرت موتور الکتریکی را انجام دهید و در حضور مربی خود مدار را آزمایش نمایید.

تمرین ۱

راه‌اندازی مدار پرس دائم کار را مطابق جدول ۶ انجام دهید برنامه بلوکی و نردبانی آن را با تابع RS ترسیم نمایید.

جدول ۶ـ راه‌اندازی مدار پرس دائم کار

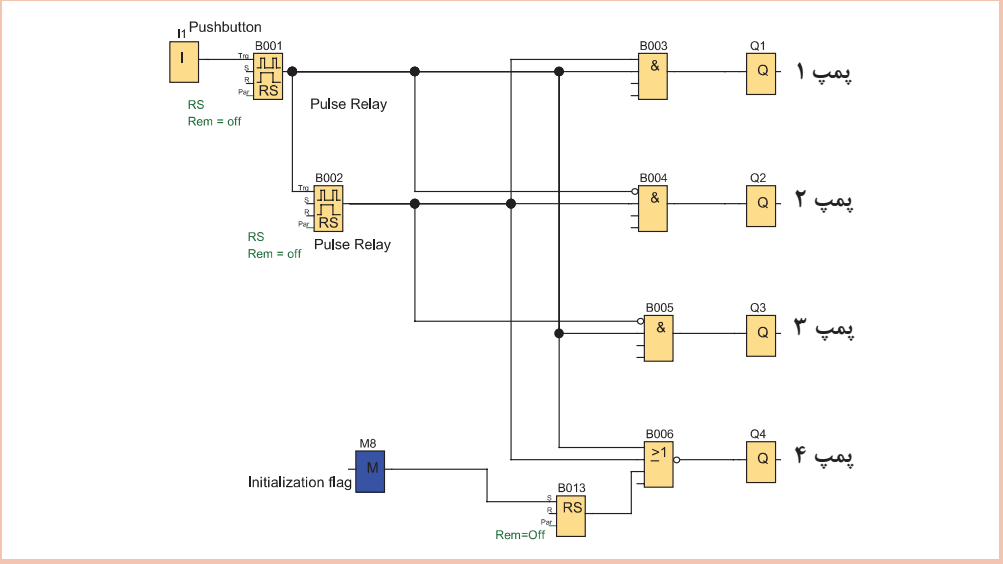
سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	روشن کردن روشن کردن	I1 I2	S1 S2
	خاموش کردن خاموش کردن	I3 I4	S3 S4
	خاموش کردن اتصال موتور نشانگر اضافه بار	I5 Q1 Q2	F1 KM1 P1

برنامه نردبانی	برنامه بلوکی

تمرین ۲

برنامه تابع بلوکی در شکل ۲۲ نشان داده شده است که این تابع M در آن به‌کار رفته است تابع M8 که در برخی از رله‌های برنامه‌ریزی وجود دارد چه خاصیتی به برنامه می‌دهد؟ آیا می‌توانید در سایر رله‌ها که به روش نردبانی برنامه‌ریزی می‌شود مشابهی برای این تابع یا این مدار بیابید؟

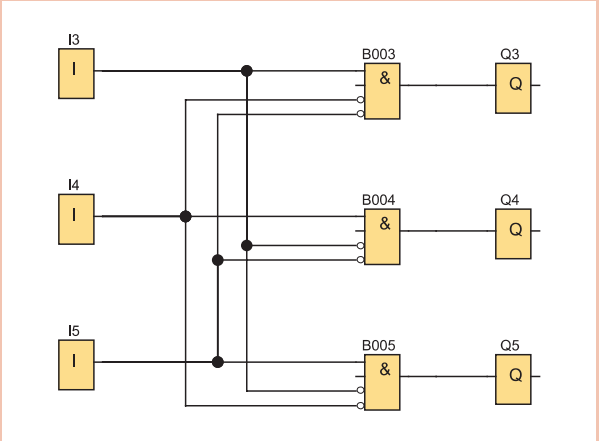
راهنمایی: در برنامه Cascade با فشار هر بار شستی‌در ورودی، یکی از پمپ‌ها روشن و به جای آن پمپ قبلی خاموش می‌شود.



شکل ۲۲ـ برنامه بلوکی با تابع M

تمرین ۳

برنامه نشان داده شده در شکل ۲۳ فقط یکی از خروجی‌ها می‌تواند روشن باشد و زمانی که یک خروجی روشن است دو خروجی دیگر حتی با زدن کلیدهای مربوط روشن نخواهند شد. نقشه این برنامه را به‌صورت نردبانی ترسیم کرده و پس از اجرای برنامه در نرم‌افزار شبیه‌ساز رله، کاربرد مناسبی برای این مدار بیابید.

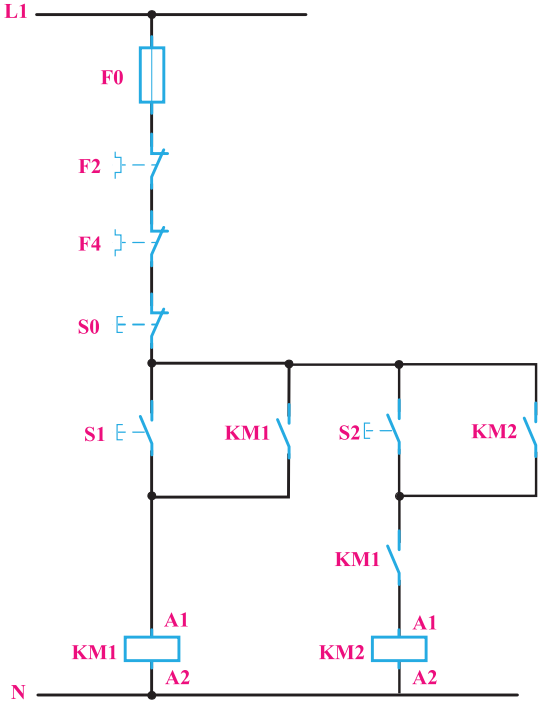


شکل ۲۳ـ برنامه با یک خروجی فعال

۶ـ۲ راه‌اندازی مدار ترتیبی دو موتور الکتریکی با رله (یکی پس از دیگری)

معادل‌سازی برنامه‌های رله با استفاده از مدار فرمان متداول نیست اما برای یادآوری نقشه مدار راه‌اندازی موتور سه فاز به‌صورت یکی پس از دیگری در شکل ۲۴ نشان داده شده است. نحوه عملکرد و وضعیت کاری مدار را می‌توان به اختصار چنین نوشت:

۱ـ بافشردن شستی S1 کنتاکتور KM1 دائم کار می‌کند.
۲ـ بافشردن شستی S2 کنتاکتور KM2 دائم کار می‌کند.
۳ـ فعال شدن کنتاکتور KM2 وابسته به فعال شدن کنتاکتور KM1 می‌باشد.
۴ـ با زدن شستی S0 مدار خاموش می‌شود.



شکل ۲۴ـ مدار فرمان راه‌اندازی یکی پس از دیگری

جدول ۷ معادل کنتاکتور وصل و قطع با ورودی برنامه رله را نشان می‌دهد.

جدول ۷ـ تخصیص ورودی و خروجی

وصل کنتاکتور KM1	Q1	l2 شستی وصل
وصل کنتاکتور KM2	Q2	l3 شستی وصل
قطع کل مدار	Q1 و Q2	l1 شستی قطع

۶ـ۲ـ۱ برنامه یکی پس از دیگری به روش نردبانی:

برنامه یکی پس از دیگری به روش نردبانی با توجه به وضعیت مدار و ورودی و خروجی‌های آن در مراحل زیر انجام می‌شود (شکل ۲۵).

۱ـ با توجه به شرط ۱ خروجی Q1 دائم کار بوده و باید از تابع RS استفاده کرد. ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set در این تابع قرار می‌گیرد. (سطر ۱ نردبان)

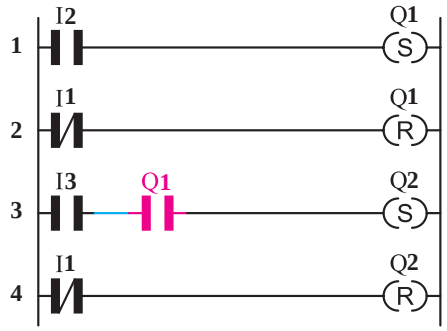
۲ـ با توجه به شرط ۲ خروجی Q2 نیز دایم کار بوده و مجدداً باید از تابع RS برای این شرط استفاده کرد. ورودی I3 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می‌گیرد. (سطر ۳ نردبان)

۳ـ برای برقراری شرط ۳ باید علامت کنتاکت باز خروجی Q1 را در مسیر فعال شدن Q2 (مسیر Set آن) قرار داد.

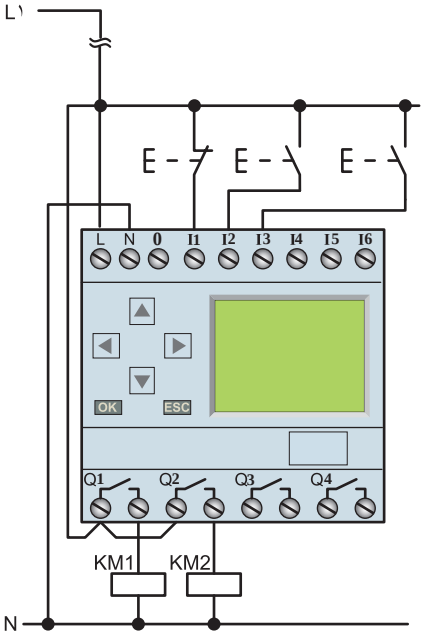
۴ـ مطابق شرط ۴، ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار، باید در مسیر reset کلیه خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۲ و ۴ نردبان).

پس از ترسیم مدار معادل نردبانی این مدار راه‌اندازی، نقشه سیم‌کشی رله قابل برنامه‌ریزی مطابق شکل ۲۶ خواهد بود.

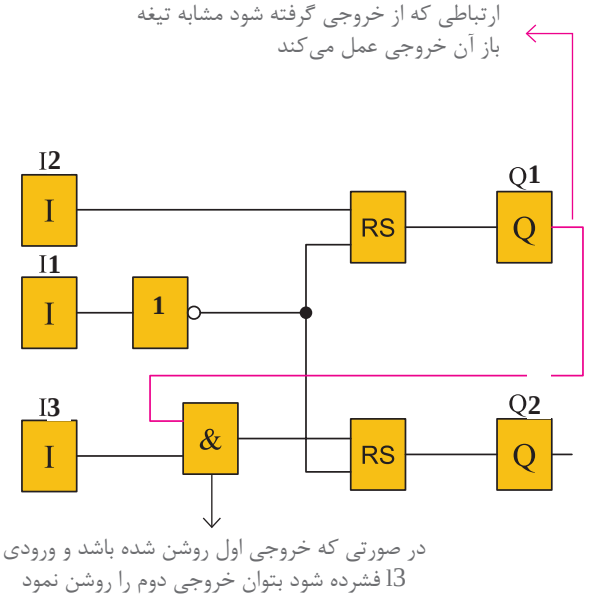
در ادامه می‌توانید نقشه بلوکی معادل نردبانی را برای مدار راه‌اندازی یکی پس از دیگری مطابق شکل ۲۷ ترسیم نمایید.



شکل ۲۵ـ مدار معادل نردبانی یکی پس از دیگری



شکل ۲۶ـ نقشه سیم‌کشی مدار راه‌اندازی یکی پس از دیگری

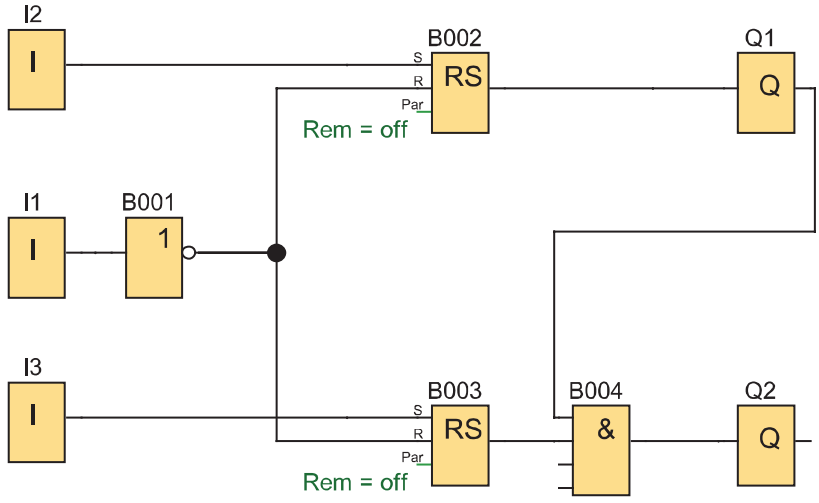


شکل ۲۷ـ مدار معادل بلوکی یکی پس از دیگری

مراحل عملکرد تابع بلوکی یکی پس از دیگری به این صورت خواهد بود که با فشردن ورودی I2 در شبیه‌ساز برنامه یا دستگاه رله، تابع خودنگهدار RS فعال شده و این کار باعث فعال شدن Q1 می‌شود اکنون اگر ورودی I3 نیز فشرده شود با توجه به اینکه خروجی Q1 فعال شده است و هر دو ورودی بلوک AND می‌باشند خروجی بلوک AND فعال می‌شود در نتیجه Q2 نیز می‌تواند فعال شود بدیهی است اگر ابتدا شستی I3 فشرده می‌شد هیچ اتفاقی نمی‌افتاد.

اگر بلوک AND بعد از تابع RS قرار گیرد وبرنامه بلوکی مطابق شکل ۲۸ درمی‌آید آیا اشکالی در عملکرد برنامه به‌وجود می‌آید؟

توجه داشته باشید در این صورت اگر شستی موجود در ورودی I3 فشرده می‌شد تابع RS دارای خروجی شده و فعال می‌شد و بعد از آن اگر با فشردن شستی I2 خروجی Q1 فعال شود خروجی Q2 هم ناخواسته فعال می‌شود زیرا هر دو ورودی AND فعال شده است. در مدارهای روشن شدن ترتیبی (یکی پس از دیگری) چنین خاصیتی وجود ندارد. که اگر ابتدا شستی موتور دوم فشرده شود و بعد شستی روشن شدن موتور اول هر دو موتور با هم روشن شوند پس قرار گرفتن بلوک AND به این صورت غلط است. اما اگر بخواهیم بگوییم برنامه راه‌اندازی چه مداری است مدار زیر را می‌توان ارائه کرد که به عنوان مدار یکی پس از دیگری پذیرفته نیست.



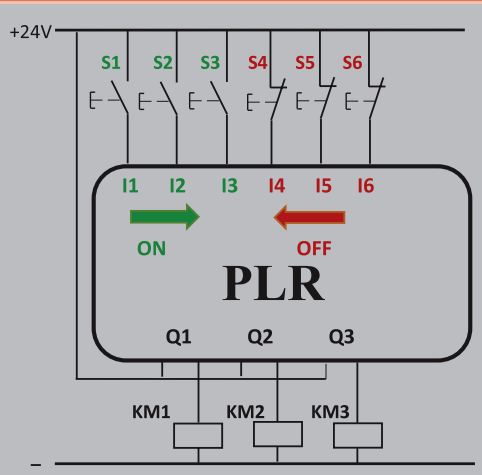
شکل ۲۸ـ بلوک AND در مدار یکی پس از دیگری

کارعملی ۵

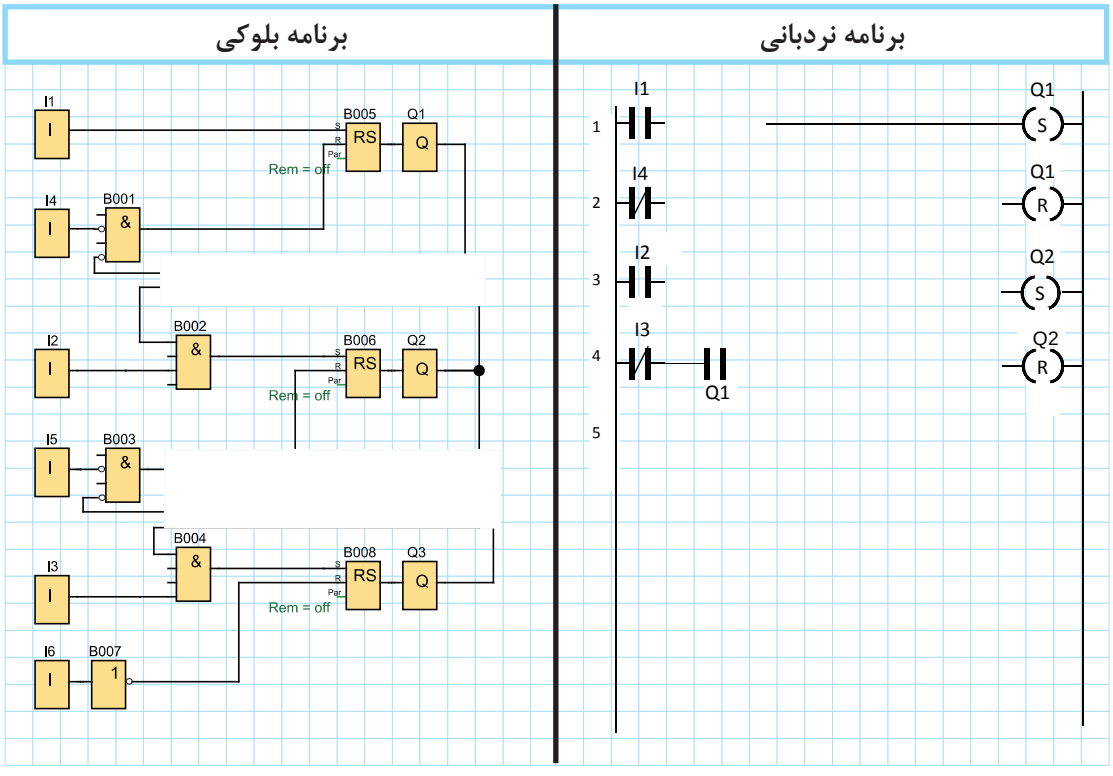
هدف: راه‌اندازی با مدار ترتیبی

مدار روشن شدن ترتیبی (یکی پس از دیگری) راه‌اندازی را برای سه موتور الکتریکی به گونه‌ای طرح کنید که هر کدام از موتورها شستی قطع جداگانه داشته باشد. از طرفی موتورالکتریکی بعدی روشن شده اگر در حالت خاموش باشد موتور قبلی بتواند خاموش شود (خاموش شدن با ترتیب معکوس). مطابق جدول ۷ راه‌اندازی و خاموش شدن با ترتیب معکوس را طراحی کنید.

جدول ۸

جدول تخصیص ورودی و خروجی			سیم‌کشی PLR
نام قطعه	ورودی / خروجی PLR	وظیفه	
S1	I1	روشن کردن	
S2	I2	روشن کردن	
S3	I3	روشن کردن	
S4	I4	خاموش کردن	
S5	I5	خاموش کردن	
S6	I6	خاموش کردن	
KM1	Q7	اتصال موتور ۱	
KM2	Q2	اتصال موتور ۲	
KM3	Q3	اتصال موتور ۳	

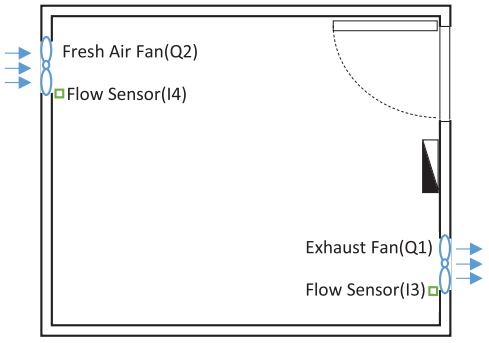
گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم نمایید.



گام ۲: سیم‌کشی رله را مطابق آنچه خواسته شده انجام دهید و آن را با رعایت نکات ایمنی به شبکه برق متصل نمایید.
گام ۳: برنامه‌نویسی رله را انجام دهید و آن را آزمایش کنید.
گام ۴: سیم‌کشی قدرت را با رعایت نکات ایمنی آزمایش انجام دهید و در حضور مربی مدار را آزمایش کنید.

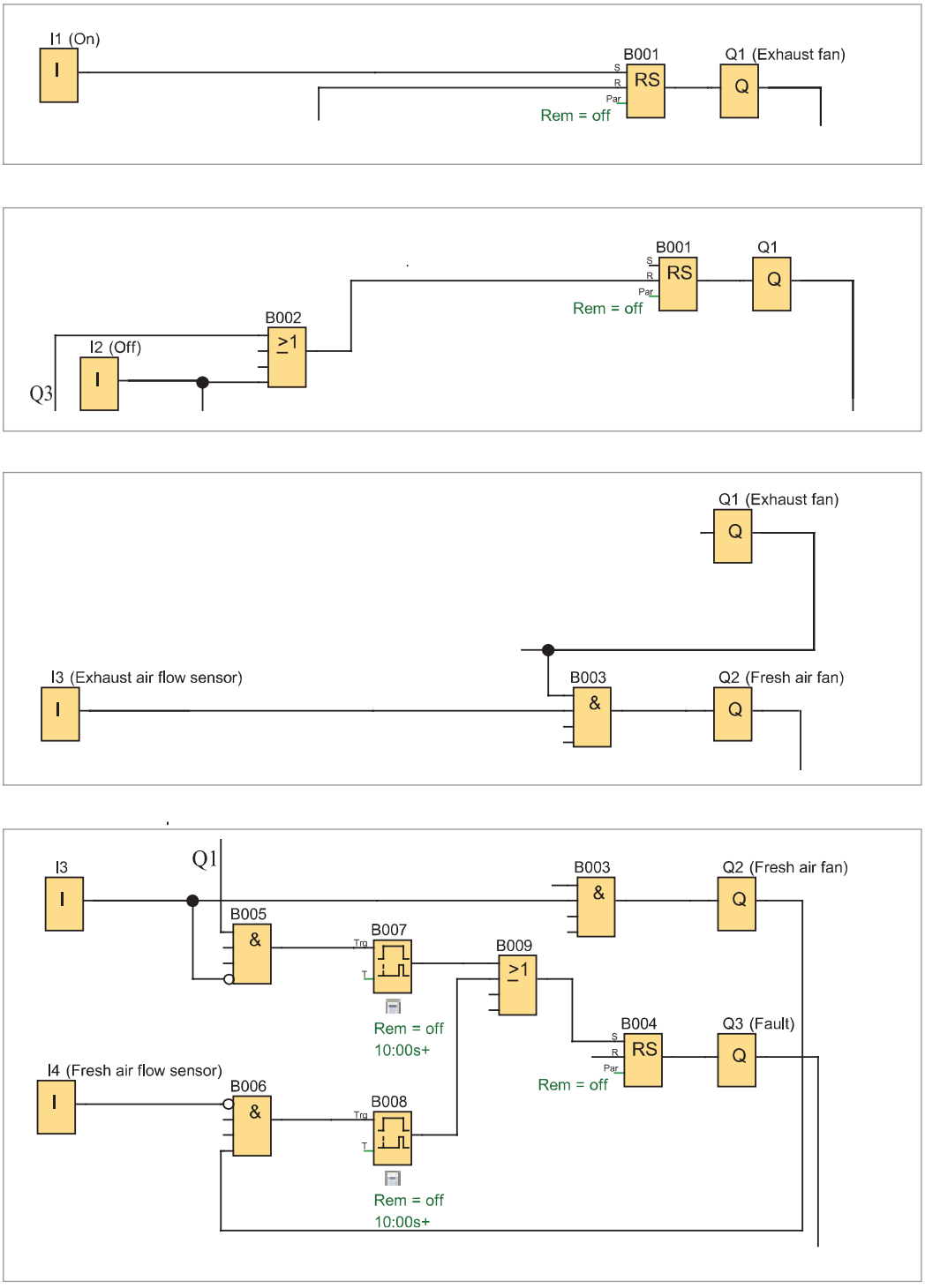
تمرین

مدار ترتیبی برای سیستم تهویه یک سالن (شکل ۲۹) با استفاده از رله مشابه شکل ۳۰ کار می‌کند. (تمام ورودی‌ها با کنتاکت NO سیم‌کشی شده‌اند)



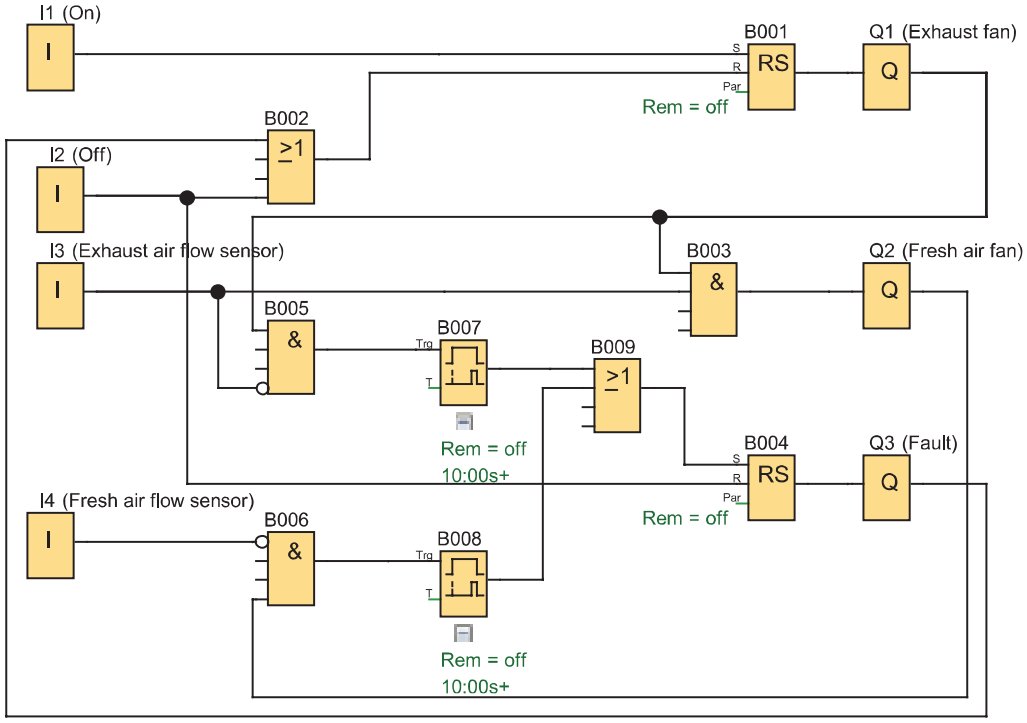
شکل ۲۹ـ سالن تهویه یک سالن

۱ـ با فشردن شستی در ورودی I1 فن تخلیه به‌صورت دائم شروع به کار می‌کند.
۲ـ پس از انجام این کار اگر حسگر تخلیه I3 فعال شد فن ورود هوای تازه به‌صورت لحظه‌ای در Q2 فعال می‌شود.
۳ـ شستی I2 یا چراغ سیگنال بروز خطا که به‌صورت دائم کار در Q3 روشن می‌شود می‌تواند فن تخلیه هوا را خاموش کند.
۴ـ اگر ۱۰ ثانیه حسگر تخلیه فعال نباشد و همچنان فن تخلیه روشن باشد چراغ سیگنال خطا در Q3 روشن می‌شود یا اگر ۱۰ ثانیه حسگر هوای تازه فعال نباشد و همچنان فن هوای تازه روشن باشد چراغ سیگنال خطا در Q3 روشن می‌شود.
چهار شرط بالا به‌طور جداگانه در شکل ۳۰ نشان داده شده است، بعد از کنار هم قرار گرفتن آنها برنامه نهایی خواسته شده را مورد تحلیل و بررسی قرار دهید. (شکل ۳۱)



شکل ۳۰ـ چهار شرط مدار ترتیبی تهویه سالن

برنامه نهایی داده شده را در نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی رسم و شبیه‌سازی آن را با شرح مطابق شکل ۳۱ کار ارائه دهید.



شکل ۳۱ـ شبیه‌سازی نهایی برنامه تهویه سالن

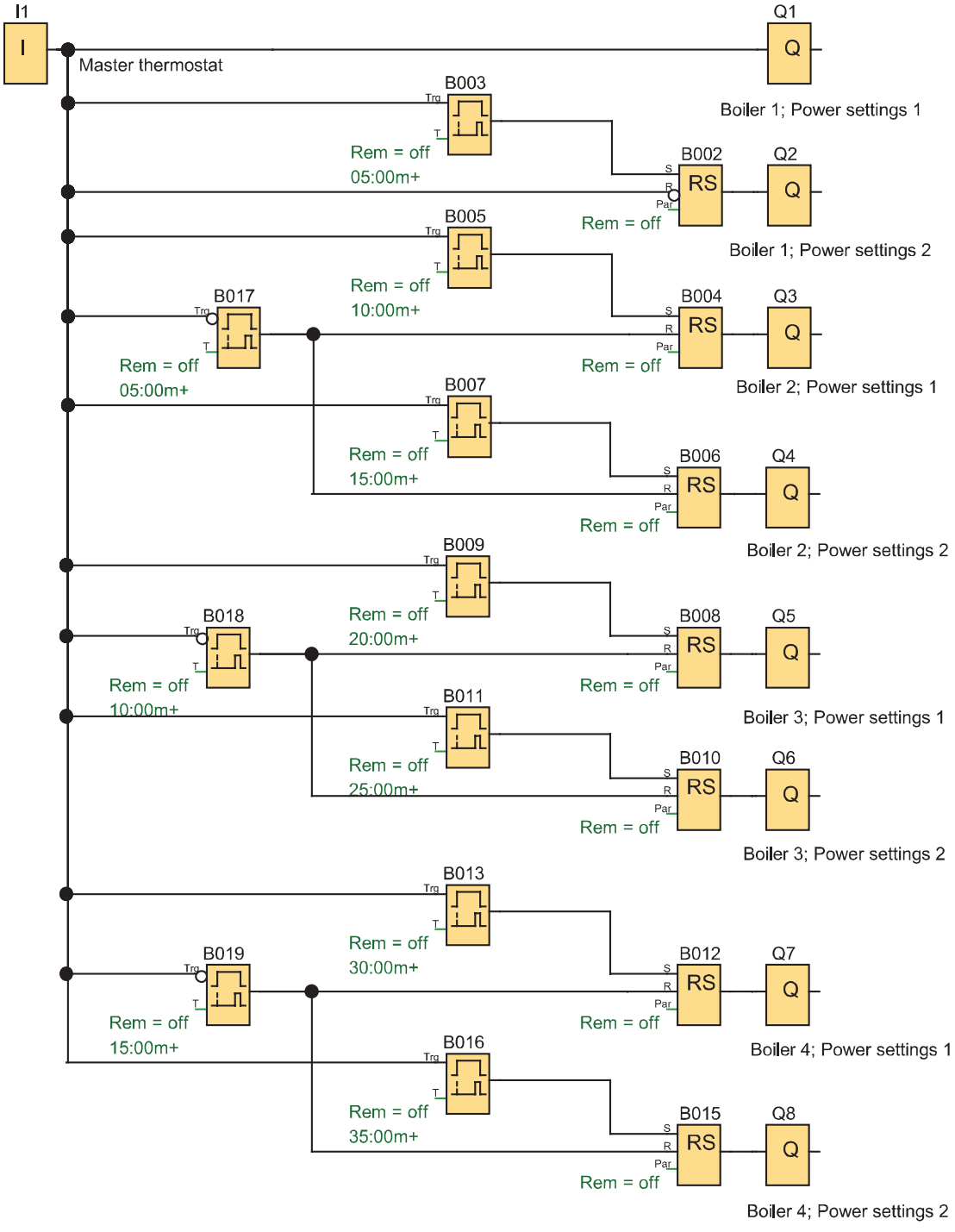
کار عملی۶

هدف: مدار ترتیبی کنترل دیگ‌های بخار (روشن و خاموش شدن ترتیبی خودکار)

رله‌های قابل برنامه‌ریزی برای راه‌اندازی چهار دیگ بخار استفاده شده هر کدام از آنها دارای دو مشعل هستند و هر مشعل توسط یکی از خروجی (Q1 تا Q8) فعال می‌شود و فرمان این کار توسط یک ترموستات که در ورودی I1 سیم‌کشی شده به‌صورت شکل ۳۲ انجام می‌شود.

۱ـ وقتی دمای سیستم از ۷۰° افت پیدا کند با فعال شدن ترموستات، مشعل ۱ از دیگ بخار ۱ روشن شده و ۵ دقیقه بعد، مشعل۲ از دیگ بخار۲ و به همین ترتیب مشعل ۱ از دیگ بخار، ۲ پنج دقیقه بعد و مشعل ۲ از دیگ بخار ۲ پنج دقیقه بعد این ترتیب روشن شدن ادامه می‌یابد تا مشعل ۲ از دیگ بخار ۴ روشن شود.

۲ـ وقتی دما به بالای ۸۰ درجه رسید ترموستات قطع می‌کند و به‌طور آنی مشعل‌های ۱و۲ دیگ بخار ۱ از کار می‌افتد اما مشعل‌های دیگ بخار ۲ پنج دقیقه بعد و مشعل‌های دیگ بخار ۳ پنج دقیقه بعد و مشعل‌های دیگ بخار ۴ بعد از همه از کار خواهند افتاد.

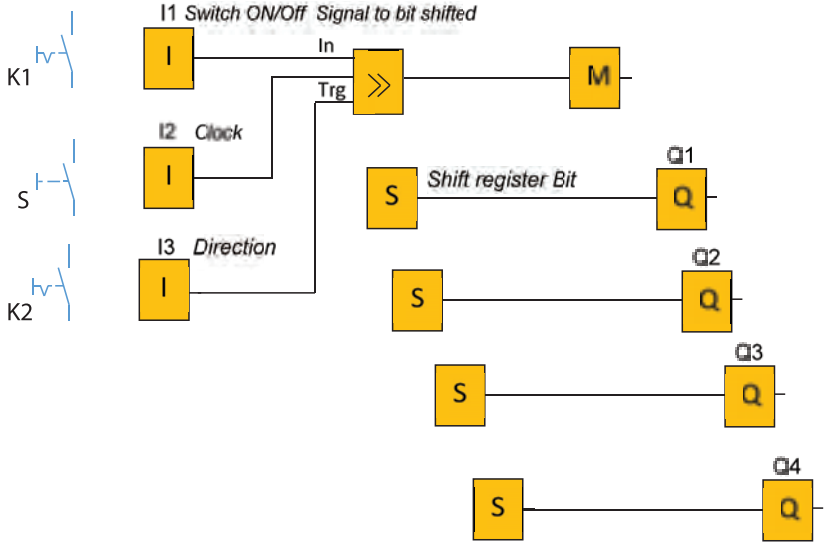


شکل ۳۲ـ مدار ترتیبی کنترل مشعل‌های دیگ‌های بخار

هدف: مدار ترتیبی روشن و خاموش شدن چند خروجی با یک شستی با ثبات انتقالی Shift Reggister (شیفت‌رجیستر)

۷ـ۲ ثبات انتقالی (Shift Register)

ثبات انتقالی، تابع خاصی است که در بعضی از رله‌های قابل برنامه‌ریزی دیده می‌شود. این تابع دارای یک پایه ورودی سیگنال برای انتقال ـ یک پایه فعال‌ساز و یک پایه تغییر جهت می‌باشد در این تابع می‌توان بیت (۰ یا ۱)های ارسالی به حافظه را با یک علامت کنتاکت یا ورودی خاص به‌نام S (که به تعداد خروجی اصلی تعریف شده) به خروجی‌ها منتقل نمود. (شکل ۳۳).



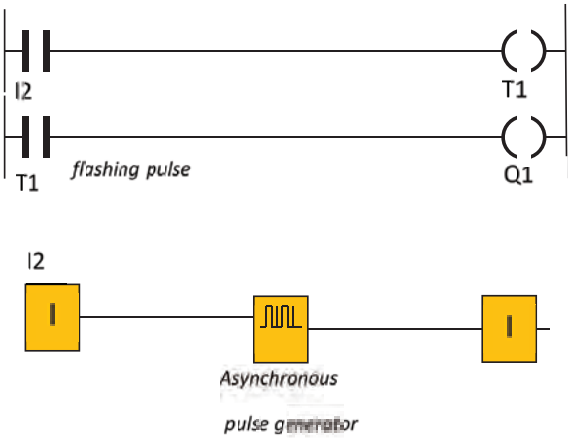
شکل ۳۳ـ مدار ترتیبی با ثبات

طرز کار مدار: با بستن کلید K1 و زدن متوالی شستی S خروجی های Q به ترتیب یکی پس از دیگری تا آخرین خروجی یعنی KM4 فعال خواهند شد بعد کلید K2 را وصل کنید این بار خروجی‌های فعال Q، به‌ترتیب خاموش شده تا Q1 ادامه می‌یابد (شکل ۳۳).

برنامه شکل ۳۳ را در نرم‌افزار شبیه‌سازی کنید.

ـ تایمر مولد پالس

تایمر مولد پالس در اکثر رله‌های قابل برنامه‌ریزی وجود دارد و با نام‌های متفاوتی مانند مولد پالس ساعت هم‌زمان synchronous pulse generator و یا در برخی دیگر از رله‌های قابل برنامه‌ریزی به نام flashing pulse معروف است. در این تایمر با تنظیم زمان t به‌طور متناوب، برابر زمان t تایمر روشن و برابر زمان t تایمر خاموش خواهد شد در روش نردبانی این تایمر مانند سایر تایمرها یک بوبین و یک علامت کنتاکت دارد در روش بلوکی نیز یک بلوک است که دارای ورودی و خروجی است. (شکل ۳۴).



شکل ۳۴ـ تایمر مولد پالس نامتقارن

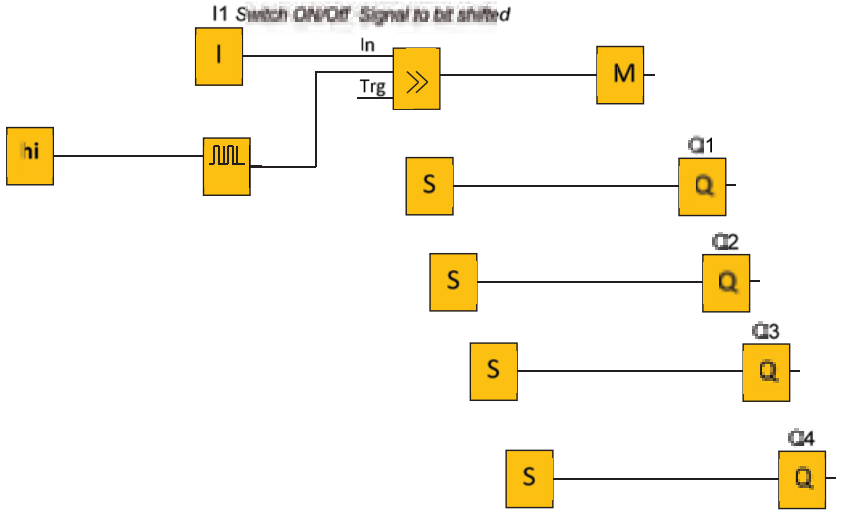
فعالیت

تایمر مولد پالس را با استفاده از سایر تایمرهای قبلی بسازید.

تابع Asynchronous pulse generator یا twin pulse یک تایمر مولد پالس نا متقارن است که در این تابع زمان روشن و خاموش بودن تایمر قابل تنظیم است (شکل ۳۴).
برنامه شکل ۳۳ را با کمک تایمر مولد پالس، اتوماتیک شده است آن را در نرم‌افزار رله قابل برنامه‌ریزی شبیه‌سازی کنید (شکل ۳۵).

راهنمایی

مقدار منطقی ۱=hi است.



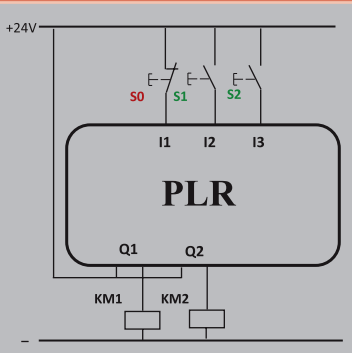
شکل ۳۵ـ تایمر مولد پالس اتوماتیک

کارعملی ۸

هدف: روشن کردن ترتیبی دو موتور الکتریکی

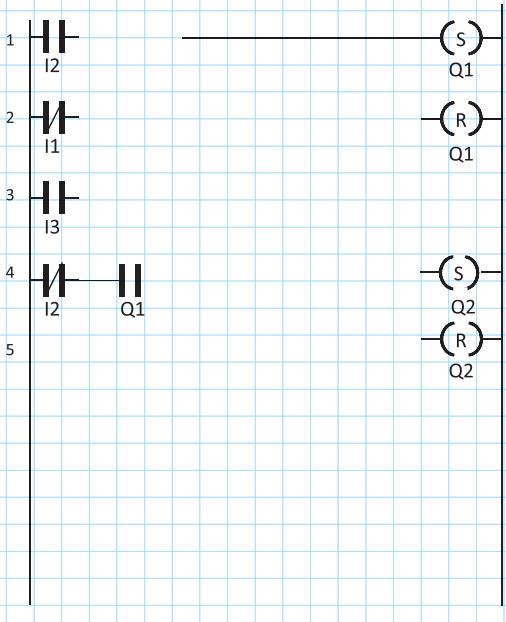
مدار روشن شدن ترتیبی (یکی پس از دیگری) راه‌اندازی دو موتور را به گونه‌ای طرح کنید که الف) با روشن شدن موتور دوم موتور اول خاموش شود ب) بعد از روشن شدن موتور دوم با فشردن شستی موتور اول روشن شدن موتور اول امکان‌پذیر نباشد. مطابق جدول ۸ نحوه راه‌اندازی در موتور الکتریکی را برنامه‌ریزی کنید.

جدول ۹

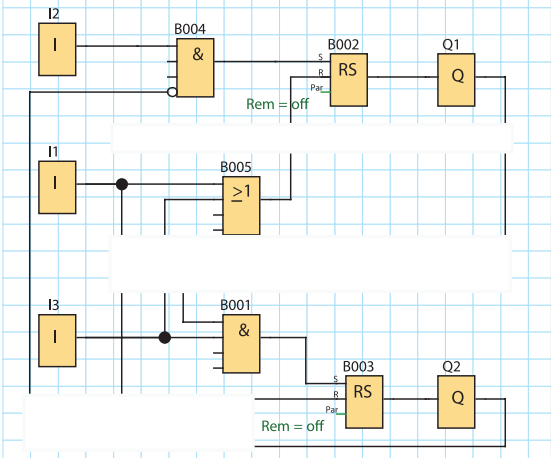
سیم‌کشی PLR	جدول تخصیص ورودی و خروجی		
	وظیفه در پیاده‌سازی با PLR	ورودی / خروجی PLR	نام قطعه
	خاموش کردن هر دو موتور	I1	S0
	روشن کردن موتور ۱	I3	S1
	روشن کردن موتور ۲	I4	S2
	اتصال به موتور ۱	Q1	KM1
	اتصال به موتور ۲	Q2	KM2

گام ۱: برنامه بلوکی و نردبانی را ترسیم نمایید.

برنامه نردبانی



برنامه بلوکی



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

ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با رله

شرح کار:
برنامه‌نویسی و تبدیل مدارات فرمان به برنامه، متناسب با قطعات سیم‌کشی شده در ورودی‌ها
برنامه‌نویسی برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، 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 ترتیبی 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 بر تبدیل مدار فرمان به برنامه نردبانی و یا بلوکی
سیم‌کشی صحیح 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 مدارهای راه‌اندازی مانند کنتاکتور؛ وسایل حفاظتی و شستی، رله قابل برنامه‌ریزی و کابل آن، لباس کار

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تبدیل مدار فرمان به برنامه و سیم‌کشی قطعات متناسب با آن و اجرای کار (کار عملی ۱ و ۲)	۲	
۲	برنامه‌نویسی با تابع RS و پیاده‌سازی راه‌اندازی‌های ساده یک موتور الکتریکی (کار عملی ۳ تا ۵)	۲	
۳	اجرای مدارات ترتیبی پیاده‌سازی راه‌اندازی و اجرای شبیه‌سازی آنها (کار عملی ۶ تا ۸)	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کار تیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی		۲	
میانگین نمرات			*

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