معرفی و بررسی تکنولوژی های رله و نحوه عملکرد آنها

تاریخ انتشار۱۵ فروردین, ۱۴۰۱ توسط سعید عسگری

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. یکی از قطعات و ادوات پر مصرف در بحث کنترل و قطع و وصل کردن وسایل برقی، رله (Relay) می‌باشد. انواع و گونه های رله نیز دارای دسته بندی هایی می‌باشد. پیشتر در مطالب قبلی به معرفی رله پرداخته شده ولی در این مطلب کامل تر و تخصصی تر بدان پرداخته خواهد شد. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتویند سایر مطالب من رو از این لینک مطالعه و بررسی کنید.

معرفی رله

رله یک سوئیچ الکترومکانیکی است که بوسیله الکترومغناطیس عمل می‌کند. به هنگامی که نیرو الکترومغناطیس بوجود آید منجر به ایجاد یک میدان مغناطیسی در بوبین شده و در نتیجه باعث کنترل کانتکت ها خواهد شد. از رله ها در کاربرد های گوناگونی همچون بار های مقاومتی، سلفی و خازنی نیز استفاده می‌شود. رله ها همچنین در اکثر کاربرد هایی که از صنایع مدرن پشتیبانی می‌کنند همانند صنایع مخابرات، اتوموبیل، الکترونیک صنعتی، رباتیک و... استفاده می‌گردد. در این مطلب به معرفی مقدمات پایه رله، انواع آن و استفاده از آنها پرداخته شده است. در مطالب قبلی بصورت کامل نحوه درایور کردن رله و اتصال آن به میکروکنترلر بیان شده است.

رله

هدف از این مطلب

پس از مطالعه این مطلب آورده های زیر حاصل خواهد شد.

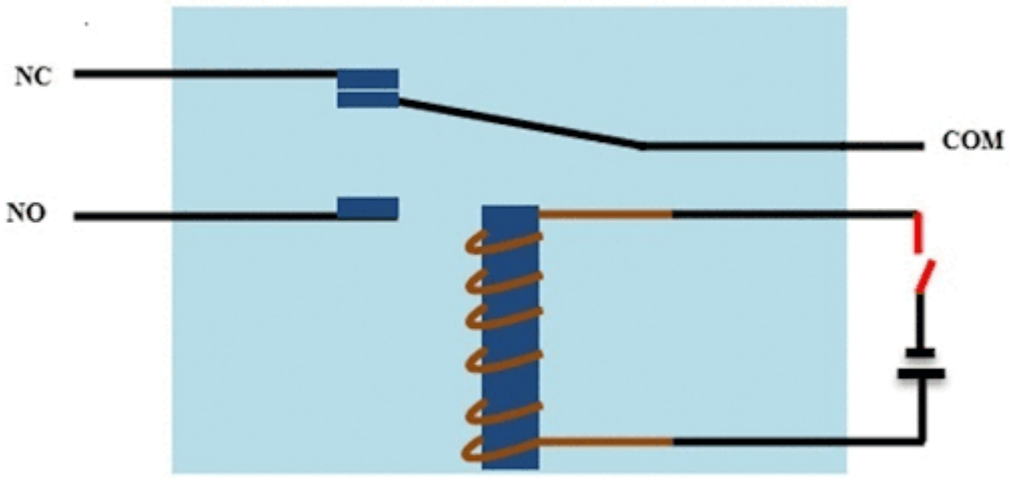
- درک صحیح از کاربر رله در پروژه ها و انتخاب مناسب آن
- درک مفاهیم اصلی و پایه و نحوه عملکرد رله
- آگاهی از انوع رله
- نحوه استفاده و ادغام رله در کاربرد های گوناگون

مفاهیم اساسی در معرفی رله

صرف نظر از نوع رله، رله ها داری عملکرد مشابه یکدیگر می‌باشند. در ابتدا یک سیگنال الکتریکی در سمت اولیه را به یک سیگنال غیر الکتریکی تبدل می‌کنند. از سگینال حاصل شده برای سوئیچ و قطع و وصل کردن المان داخلی همانند یک کانتکت با قابلیت جابه جایی استفاده می‌شود. در سمت ثانویه، فرایند ذکر شده منجر به قطع یا وصل یک اتصال جهت برقرای جریان میان اتصالات داخلی خواهد شد. منظور این است که منجر به قطع یا وصل شدن تیغه های NO یا NC خواهد شد.

عملکرد

با توجه به توضیحات ذکر شده، بطور کلی رله با دریافت سیگنال الکتریکی اعمال شده به دو سر بوبین باعث ایجاد یک نیرو الکترومغناطیسی و در نتیجه آن ایجاد یک میدان خواهد شد. میدان ایجاد شده باعث جذب یا دفع تیغه های (کانتکت) داخلی شده و در نتیجه اتصال NO یا NC رله باز یا بسته خواهد شد. در نتیجه براحتی می‌توان جریان الکتریکی میان پایه مشترک (Common) و خروجی (پین های NO یا NC) را کنترل نمود.



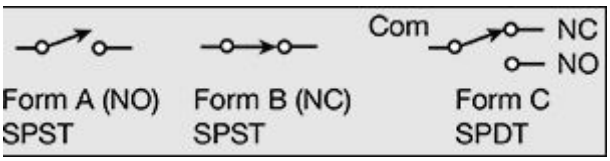
نحوه عملکرد رله

کاربرد

استفاده از رله ها می‌تواند دارای مزایی باشد. با توجه به قابلیت Relay در فعال و غیر فعال کردن بسیاری از مدار ها و عملکرد ها، این ادوات می‌توانند وظیفه چندین سوئیچ جریان بالا را انجام داده و منجر به کاهش هزینه های مصرفی و تامین قطعات گردد. رله ها همچنین می‌توانند باعث ایجاد جداسازی گالوانیکی (galvanic separation) بین ورودی و خروجی نیز گردد. یکی دیگر از کاربرد رله (Relay) در پیاده سازی توابع منطقی خیلی ساده نیز می‌باشد. بعنوان مثال پیاده سازی خروجی در حالت لچ (Latching) در وضعیتی که ورودی بصورت لحظه ای می‌باشد.

اتصالات تیغه یا کانتکت ها

همانطور که در تصویر زیر قابل مشاهده است، 3 حالت تیغه وجود دارد که در تصویر بصورت Form A تا C مشخص گردیده است.



انواع کانتکت های رله

- Form A: بیانگر یک اتصال تک قطبی (Single Pole Single Throw یا SPST) بوده و بصورت حالت عادی باز یا Normally Open (NO) می‌باشد.
- Form B: بیانگر همان حالت قبلی یعنی SPST بوده اما در این حالت بصورت حالت عادی بسته یا Normally Closed (NC) می‌باشد.
- Form C: بیانگر حالت تغییر کننده بوده و دارای 3 کانتکت Com یا مشترک، NC و NO می‌باشد.

رله ها همچنین در انواع چند کانتکت، نحوه اجرا همانند DPST-NO، 3DPDT، DPDT و DPST-NC وجود دارند. در زیر عبارت کامل مخفف شده فوق قابل مشاهده است.

DPDT = Double Pole Double Throw

3PDT = Three Poles Double Throw

DPST-NO = Double Pole Single Throw-Normally Open

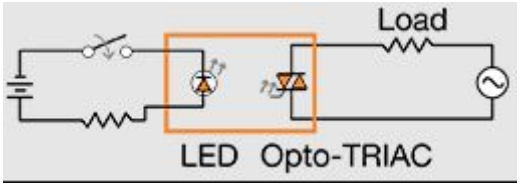
DPST-NC = Double Pole Single Throw-Normally Closed

انواع رله و مقایسه

انوع مختلفی از Relay ها وجود دارد که متناسب با ویژگی های ساختاری و اصول عملکردی آنها از یکدیگر متمایز شده و قابل مقایسه می‌باشند.

مقایسه رله های الکترو مغناطیسی و حالت جامد

برخلاف آنچه که در باره رله EMR یا همان الکترومغناطیسی (*Electromagnetic Relays*) بیان شد، رله های SSR (Solid-State Relay) فاقد قطعات مکانیکی بوده و از قطعات الکترونیکی همانند ترانزیستور و ترایاک بعنوان عنصر سوئیچ اصلی استفاده شده است. در SSR از عناصر نوری برای اجرای ایزولاسیون بین ورودی و خروجی استفاده شده است. در تصویر زیر اجرای آن با اپتو کوپلر نمایش داده شده است.



نمونه ای از شبیه سازی SSR

در مقایسه با رله EMR، رله های SSR بدلیل نبود المان های مکانیکی دارای طول عمر طولانی تری می‌باشد. علاوه بر این، SSR ها سریع تر از EMR های معمولی بوده و مدت زمانی بین 5 تا 20 میلی ثانیه برای سوئیچ در EMR ها و مدت زمانی بین 0.25 تا 10 میلی ثانیه برای SSR نیاز می‌باشد. با این وجود EMR ها ادوات خیلی ساده و ارزان تر بوده و در مقابل SSR، عدم استفاده صحیح و نادرست را بهتر تحمل می‌نمایند. عیب یابی EMR آسان تر بوده و SSR ها در محیط های با تداخل الکترومغناطیسی، خیلی بهتر از EMR ها عمل می‌کنند. درحالی که EMR ها دارای عملکرد حرارتی بهتری می‌باشند.

مقایسه رله های سیگنال و قدرت

رله های سیگنال رایج، دارای سیم پیچ قالب گیر ثانویه بوده که باعث عملکرد بهتر و ایزوله بین کانتکت و بوبین رله می‌شود. این رله ها برای سویئچ کردن سیگنال، صدا و دیتا تا بار های مقاومتی و 2 آمپر جریان کشی مناسب می‌باشند. نمونه متفاوت دیگر رله های سیگنال شامل رله های Yoke یا Yoke-type، رید رله reed relay و SSR ها می‌باشد. رله های سیگنال بطور معمول در کاربرد های همانند سیستم های اندازه گیری، تجهیزات مخابراتی و رابط های کامپیوتری یافت می‌شوند.

متقابلا رله های قدرت نیز به طور معمول می‌توانند تا 600 ولت و 100 آمپر عمل سوئیچینگ را انجام دهند. بنابر این محدوده سوئیچینگ کنتاکتور ها همپوشانی دارند. در رله های قدرت با مصارف عمومی از موج PWM برای کنترل استفاده می‌شود که روشی موثر در افزایش راندمان و عملکرد حرارتی می‌باشد.

مقایسه رله های non-Latching و Latching

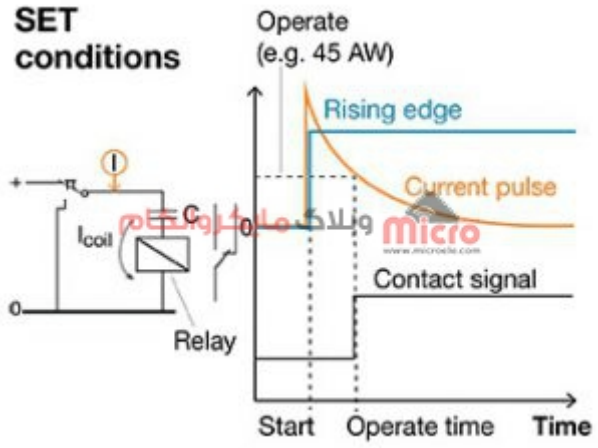
مادامی که به بوبین رله ولتاژی اعمال نگردد رله های غیر Latching (مونواستابل) در یک موقعیت OFF یا بدون انرژی ثابت باقی خواهند ماند. اما زمانی که ولتاژ اعمال گردد، نیروی مغناطیسی توسط سیم پیچ داخلی ایجاد شده و تیغه در وضعیت ON قرار خواهد گرفت. در این حالت اگر ولتاژ بوبین قطع گردد تیغه به حالت قبلی خود یعنی همان حالت OFF باز خواهد گشت.

از آنجا که رله های غیر Latching با مدل Latching (بای استابل) دارای عملکرد و طراحی مشابه هستند، تفاوت اصلی این است که در حالت بیان شده در قبل یعنی بعد از وصل ولتاژ بوبین و قطع آن، تیغه در آخرین حالت خود باقی خواهد ماند. رله های Latching دارای دو حالت ON و OFF بوده و آخرین وضعیت تا ریست شدن رله باقی خواهد ماند. برای ریست این نوع رله یک سیگنال دیگر باید اعمال گردد. رله های Latching دارای دو مزیت: 1- مصرف توان در حد صفر پس از کلید زنی حتی با حفظ حالت سوئیچ رله برای مدت های طولانی 2- بوبین رله بدون تحریک، حرارتی

ایجاد نکرده و در نتیجه کمک شایانی به سیستم در عملکرد حرارتی بهتر می‌نماید.

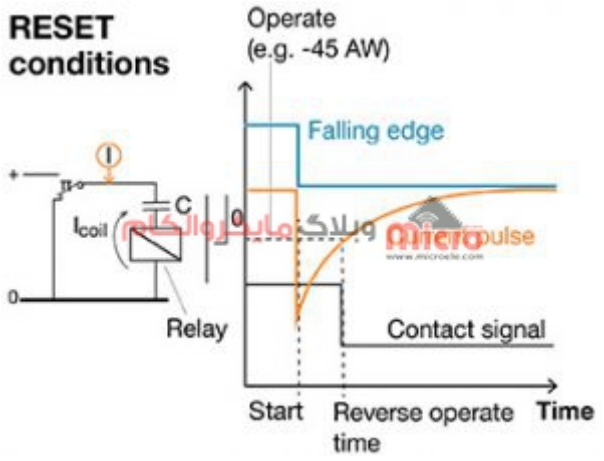
رله Latching تک بوبین

در رله تک سیم پیچ Latching از یک بوبین برای کنترل تیغه ها استفاده می‌شود. با تحریک بوبین می‌توان وضعیت تیغه رله را نیز تغییر داد. برای ریست کردن وضعیت تیغه، ولتاژ با پلاریته معکوس باید به بوبین رله اعمال گردد. ساده ترین حالت برای کنترل آن استفاده از یک کلید فشای می‌باشد. علاوه بر این می‌توان از یک مدار خازنی برای این امر نیز بهره برد. در این حالت خازن بصورت سری با رله قرار گرفته و هنگامی که ولتاژ به بوبین رله اعمال گردد، خازن شروع به شارژ شدن می‌کنند. هنگامی که خازن شارژ شود، جریان کاهش خواهد یافت تا زمانی که در اثر فول شارژ شدن خازن جریان به صفر رسد (غیر از جریان نشتی که در خازن باقی می‌ماند).



فعال کردن رله

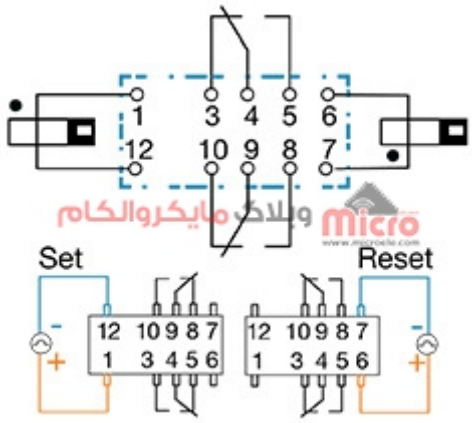
برای ریست کردن مدار خازنی، اتصال بوبین باید باز شده و به ولتاژ صفر یا GND متصل گردد. در این حالت مسیر دشارژ خازن فراهم شده و شروع به دشارژ کرده و بعنوان یک منبع تغذیه برای بوبین رله با پتانسیل معکوس خواهد بود. لذا در این حالت رله ریست خواهد شد.



ریست کردن رله

رله Latching دو بوبین

همانطور که در تصویر زیر مشخص است این مدل رله توسط دو بوبین کنترل می‌شود. برای انجام عملیات مورد نیاز ولتاژ یا به بوبین Set یا Reset اعمال خواهد شد. با توجه به وجود دو بوبین برای انجام فرایند ست و ریست کردن بطبع نیاز به دو منبع ولتاژ نیز می‌باشیم. با این وجود این کار باعث می‌شود رله را بتوان توسط دو مدار مستقل کنترل نمود.



رله *Latching* دو بوبین

رله های IM

رله های تولید شده یکپارچه یا همان Integrated Manufacturing که به اختصار بصورت IM نیز شناخته می‌شوند رله هایی همه کاره هستند. باتوجه به ابعاد و فرم ظاهری کوچکی که دارند، گزینه مناسبی در کاربرد هایی است که نیاز به

قطعات و ادوات کوچک دارند. اجزایی که این نمونه Relay را تشکیل می‌دهند توسط رزین پلاستیکی احاطه شده و در یک بسته بندی عایق شده قالب گیری و شکل داده خواهند شد. اتصالات الکتریکی توسط رزین محافظت شده و به رله مقاومت بالایی در مقابل شوک خواهد داد و از این رو دارای مصونیت می‌باشد. همچنین شایان ذکر است برخلاف سایر رله ها، IM Relay ها قادر اند هر دو سیگنال و توان های قدرتی را سوئیچ نمایند. همچنین IM Relay می‌تواند بار های قدرت را با جریان های 2 تا 5 آمپر و 60 وات سوئیچ نماید.

انتخاب رله

از آنجایی که تعداد زیادی از رله ها با مشخصات گوناگونی وجود دارد این امر مهمی است که رله متناسب با نیاز خود را انتخاب نماییم. در انتخاب یک رله پارامتر های مهم و گوناگونی باید مد نظر گرفته شود. به برخی از این موارد در ادامه اشاره شده است.

- ولتاژ کاری
- تعداد و نوع کانتکت ها
- ولتاژ و جریان کانتکت
- ولتاژ و جریان بوبین
- ایزولاسیون بین مدار بوبین و کانتکت ها
- مناسب بودن یا نبودن رله برای محیط های پر نویز
- ملاحظات ایمنی: بسته بندی رله باید در مقابل لمس و ایجاد شوک یا جرقه مصونیت داشته باشد
- نحوه نصب رله همانند مدل های SMD، دارای سوکت و...
- سرعت کلید زنی (مهم برای کاربرد های سریع)

بررسی و کاربرد

هنگامی که از یک رله در کابرد های مختلف استفاده می‌کنیم باید به برخی از پارامتر ها و نکات توجه نماییم. مثلا باید به مدار درایور رله، نوع باری که با Relay کنترل می‌شود، ابعاد و عملکرد مورد نیاز آن توجه نمود.

ولتاژ بوبین و جبران سازی دما

سیم پیچ یا بوبین رله معمولا از سیم های مسی با ضریب دمایی مثبت پیچیده می‌شود. برای تحریک آن از یک ولتاژ ثابت استفاده می‌شود که باعث افزایش دما و در نتیجه افزایش مقاومت سیم پیچ و کاهش جریان می‌گردد. استحکام و قدرت میدان مغناطیسی ایجاد شده بصورت مستقیم با تعداد دور–آمپر(AT)؛ جریان ضرب در تعداد دور سیم پیچ، در ارتباط است. ولتاژ ثابت و افزایش دما باعث کاهش AT شده و در نتیجه قدرت میدان مغناطیسی کاهش پیدا خواهد کرد. برای عملکرد صحیح و قابل اطمینان، حتی در بدترین شرایط ممکن، باید نسبت AT همیشه حفظ شود.

جریان در سیم پیچ DC با ولتاژ اعمال شده و مقاومت سیم پیچ تعیین می‌گردد. جریان سیم پیچ با کاهش ولتاژ یا افزایش مقاومت کاهش می‌یابد. در نتیجه باعث کاهش AT و کاهش میدان مغناطیسی نیز می‌شود.

جریان در سیم پیچ AC تحت تاثیر امپدانس سیم پیچ و ولتاژ اعمال شده است. با این حال، تغییر مقاومت سیم پیچ نسبت به حالت DC تاثیر کمتری دارد. زیرا امپدانس ($Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$) شامل راکتانس و مقاومت است. مقاومت سیم پیچ در اثر دما تغییراتی دارد که در ادامه فرمول های مربوطه جهت محاسبه تغییرات مقاومت سیم پیچ در اثر حرارت آورده شده است.

```
Rf=Ri((Tf + 234.5)/(Ti + 234.5))

Where:
Ri = Coil resistance at initial coil temperature
Rf = Coil resistance at final coil temperature
Ti = Initial coil temperature
Tf = Final coil temperature
Tri = Ambient temperature at start of test
Trt = Ambient temperature at end of test
Vo = Original "operate" voltage
Vf = Final operate voltage (corrected for coil temperature change)
```

تلفات برگشتی

تلفات/موج برگشتی یا همان Return Loss می‌تواند با استفاده از بهترین حالت مسیر کشی در PCB به حداقل ممکن برسد. در تصویر زیر بهترین حالت مسیر کشی در PCB برای به حداقل رساندن این پارامتر نمایش داده شده است.

بهترین مسیر کشی در *PCB* برای رله

ایزولاسیون

جلوگیری از سیگنال های ناخواسته از تابش و بازتاب در کاربرد های فرکانس بالا و توان بالا بسیار مهم است. ایزولاسیون را می‌توان با اقدامات زیر بهبود بخشید:

- مسیر سیم کشی برای طول های بیشتر از λ/10 نباید موازی و نزدیک هم دیگر باشد.
- مسیر سیم کشی نباید در زیر رله رسم شود.
- هنگامی که نیاز است سیم کشی در یک سطح دیگر نیز عبور کند، باید با زاویه 90 درجه عبور کند.
- اتصال زمین باید از طریق Via ها در اطراف مسیر سیم کشی و Pad ها و زیر رله انجام شود. همچنین زمین ورودی و خروجی نباید یکسان باشند.
- ترمینال های سیم پیچ های غیر استفاده باید به زمین وصل گردد.
- استفاده از شیلد کردن نیز می‌تواند در ایزولاسیون موثر وقع شود.

نتیجه گیری

در این مطلب به معرفی و بررسی Relay و برخی از نکات مهم و کمتر پرداخته شده به آن مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از رله (Relay) به خودی خود و بدون در نظر گرفتن برخی از پارامتر های دیگر می‌تواند در عمر مفید رله و سایر ادوات نیز تاثیر گذار باشد.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند.

همینطـور میتونیـد ایـن مطلـب را تـوی اینسـتاگرام بـا هشتـگ microelecom# بـه اشتـراک بگذاریـد و پیـج مایکروالکام (@microelecom) رو هم منشن کنید.