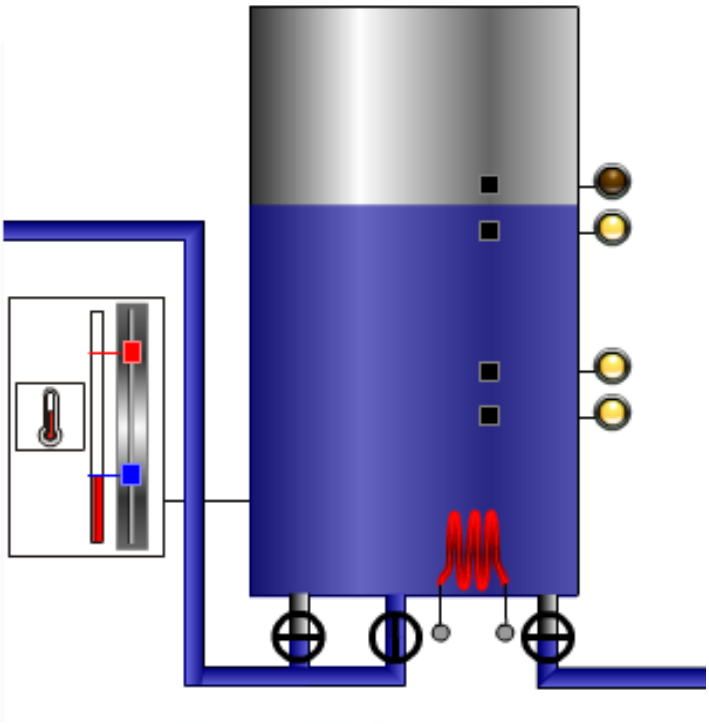
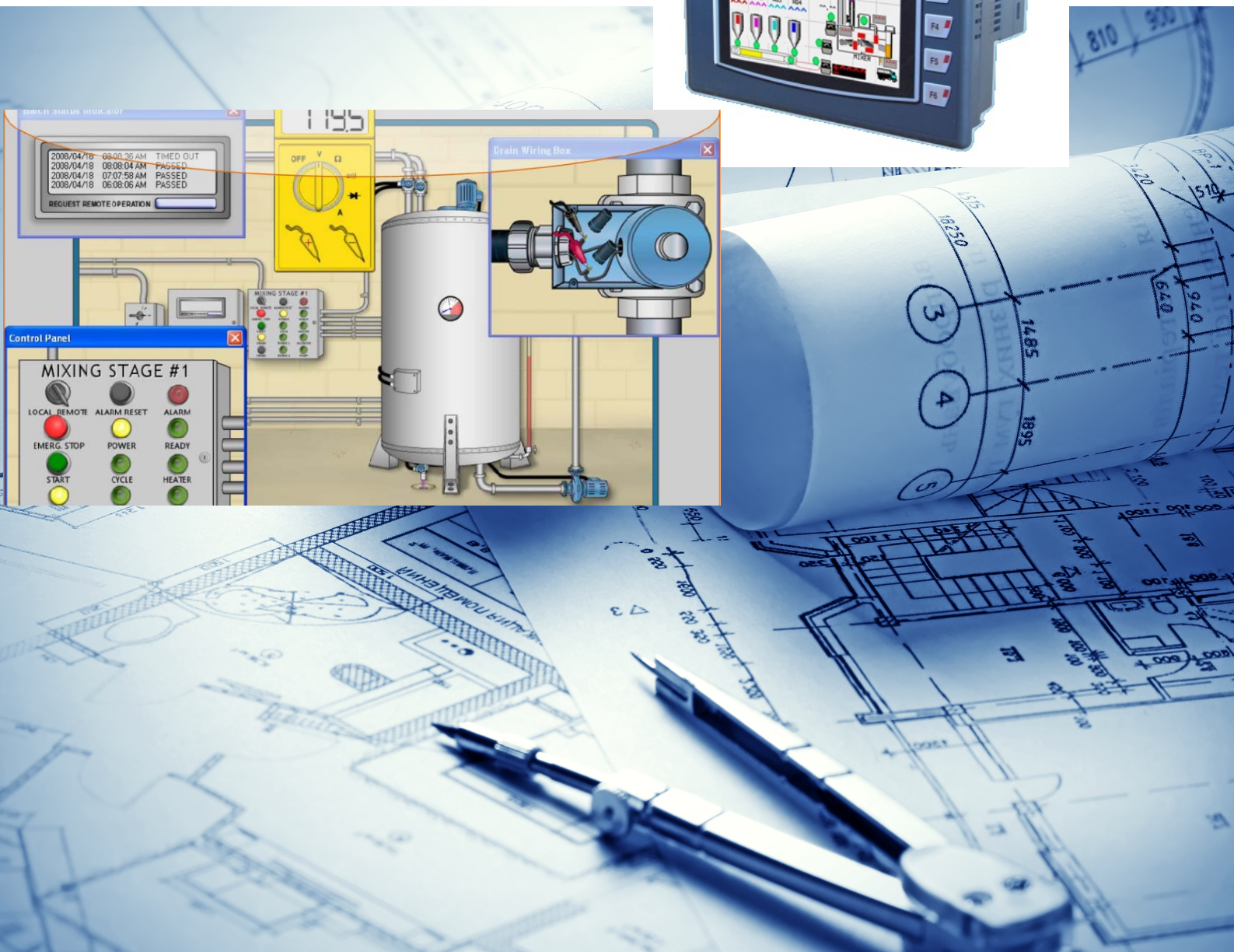
# کنترل کننده های صنعتی



طاقدیس-زمستان ۹۴



**سر فصل ها:**

فصل اول : مدارات منطقی

فصل دوم: کنترل و مدارات فرمان و قدرت سیستم های الکتریکی

فصل سوم : وسایل کنترل عمومی در مدارات الکتریکی

فصل چهارم: اندازه گیر ها

۱- اندازه گیری های وضعیت

۲- اندازه گیری دما

۳- اندازه گیری فلو

۴- اندازه گیری فشار

۵- اندازه گیری سطح مایعات

فصل پنجم: کنترل کننده های برنامه پذیر

۱- مقدمه و آشنایی با PLC های زیمنس

۲- معرفی سخت افزار LOGO

۳- اتصالات و سیم کشی

۴- آشنایی با فرامین و دستورات

۵- برنامه نویسی روی سخت افزار

فصل ششم: کنترل کننده های PID

Draft by:M.Taghdis

به نام خداوند بخشنده مهربان

# فصل اول

## مفاهیم منطقی

همان گونه که می‌دانید در سیستم‌های دیجیتال، اطلاعات ورودی به صورت گسسته (دیجیتال) وارد و به شکل دودویی (binary) نمایش داده می‌شوند. عملوندهای (Operand) مورد استفاده در محاسبات ممکن است در دستگاه اعداد دودویی و اجزای گسستهٔ دیگر مثل ارقام دهدهی به کدهای دودویی بیان شوند. البته در کامپیوترها مبناهای دیگری نظیر مبنای هشت و شانزده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هدف از ارائهٔ این فصل، معرفی مبناهای عددی گوناگون و یادآوری مفاهیم و عملوندهای منطقی، همچنین ارائهٔ توضیح در مورد برخی اصطلاحات استفاده شده در فصول آینده است که به عنوان یک چهارچوب به منظور مطالعهٔ جزئیات بیشتر فصول بعدی استفاده می‌شوند.

به دلیل گستردگی دامنهٔ استفاده از PLC در صنایع مختلف، این مجموعه جهت استفادهٔ متخصصان و کارشناسان رشته‌های مختلف تدوین شده است. در این فصل سعی شده تا تمام مطالب و مفاهیم اولیهٔ مورد نیاز در مورد سیستم‌های کنترل، عناصر و المان‌های کنترلی، مفاهیم خاص در مورد ریزپردازنده‌ها و ... توضیح داده شود. بنابراین جهت مطالعهٔ این کتاب نیاز به مراجعه به مراجع دیگر وجود ندارد و مطالب مورد نیاز در ضمیمه آمده است.

Draft by: M. Taghdis

## ۱-۱- مبناهای عددی

### ۱-۱-۱- مبنای دو یا باینری (Binary)

مبنای عددی مورد استفاده در سیستم‌های دیجیتال، مبنای دو است. پیشوند bi به معنی "دو" بوده، این اصطلاح به طور کلی سیستم، مقیاس و یا شرطی را تعریف می‌کند که دو جزء یا حالت دارد. در ریاضیات این اصطلاح نشان‌دهندهٔ سیستم عددی مبنای "دو" می‌باشد که در آن، مقادیر به شکل ترکیب‌هایی از دو رقم صفر و یک بیان می‌شوند.

با استفاده از این دو رقم می‌توان دو حالت (خاموش و روشن یا درست و نادرست) را نشان داد که آن هم به نوبهٔ خود با سطح ولتاژ در مدارهای الکترونیکی قابل ارائه است.

در حقیقت سیستم عددی دودویی را می‌توان قلب محاسبات رقمی در سیستم‌های دیجیتال دانست.

یک بیت، طبق تعریف یک رقم دودویی است، و هنگامی که به همراه یک کد به کار می‌رود بهتر است که آن را یک کمیت دودویی برابر با "۰" یا "۱" تصور کنیم. نمایش یک گروه از $۲^n$ عنصر به صورت کد به حداقل n بیت نیاز دارد. زیرا n بیت را می‌توان به $۲^n$ طریق مجزا در کنار هم قرار داد. به عنوان مثال گروهی مشتمل بر چهار ($۴ = ۲^۲$) مقدار مجزا را می‌توان با استفاده از یک کد دو بیتی نمایش و هر مقدار مجزا را به یکی از ترکیبات بیتی ۰۰، ۰۱، ۱۰ و یا ۱۱ نسبت داد.

یک گروه با هشت ($۸ = ۲^۳$) جزء، نیازمند یک کد سه بیتی است که هر جزء آن فقط و فقط به یکی از ترکیبات ۰۰۰، ۰۰۱، ۰۱۰، ۰۱۱، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۱۰ و یا ۱۱۱ نسبت داده می‌شود.

مثالهای فوق نشان می‌دهد که ترکیبات یک کد n بیتی را می‌توان با شمارش دودویی از صفر تا "$۲^n - ۱$" به دست آورد. اعداد دودویی معمولاً به شکل ترکیبات چهار رقمی نوشته می‌شوند و برای اینکه با اعداد دهدهی اشتباه نشوند بعد از آنها حرف b و یا عدد ۲ به صورت زیرنویس ذکر می‌گردد. بنابراین عدد دهدهی ۲ به شکل دودویی $۰۰۱۰_b$ و یا $۱۰_{(۲)}$ نوشته می‌شود تا با عدد دهدهی ۱۰ اشتباه نگردد.

همان گونه که ذکر شد گاهی برای جلوگیری از بروز اشتباه، مبنای اعداد را در داخل پرانتزی جلوی عدد و به صورت زیرنویس اضافه می‌کنند.

$۲_{(۱۰)} = ۱۰_{(۲)} = ۱۰_b$ (عدد دهدهی ۲)

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

در جدول ۱-۱ معادل اعداد ۰ تا ۹ دهدهی به صورت دودویی نمایش داده شده‌اند.

**جدول ۱-۱ : معادل دودویی ارقام دهدهی که با چهار بیت نمایش داده شده‌اند.**

| دودوئی | دهدهی |
|---|---|
| ۰۰۰۰ | ۰ |
| ۰۰۰۱ | ۱ |
| ۰۰۱۰ | ۲ |
| ۰۰۱۱ | ۳ |
| ۰۱۰۰ | ۴ |
| ۰۱۰۱ | ۵ |
| ۰۱۱۰ | ۶ |
| ۰۱۱۱ | ۷ |
| ۱۰۰۰ | ۸ |
| ۱۰۰۱ | ۹ |

اعداد دودویی نیز به شکل اعداد دهدهی به توان می‌رسند.

$۱۰^{۱} = ۱۰_{(۱۰)}$ $۱۰_{(۲)} = ۲^{۱}$ (عدد دهدهی ۲)

$۱۰۰_{(۱۰)} = ۱۰^{۲}$ : در مقایسه با $۱۰۰_{(۲)} = ۲^{۲}$ (عدد دهدهی ۴)

$۱۰۰۰_{(۱۰)} = ۱۰^{۳}$ $۱۰۰۰_{(۲)} = ۲^{۳}$ (عدد دهدهی ۸)

در سیستم‌های دیجیتال گاهی لازم است تا مبناهای عددی به یکدیگر تبدیل شوند. این تبدیل مبنا با مثال زیر روشن می‌گردد.

***مثال ۱-۱*** : عدد $۴۱_{(۱۰)}$ را به مبنای دو تبدیل کنید.

روند اجرای عملیات تبدیل به صورت زیر می‌باشد:

ابتدا ۴۱ بر ۲ تقسیم شده تا خارج قسمت ۲۰ و باقیماندهٔ ۱ به دست آید. خارج قسمت مجدداً بر ۲ تقسیم شده تا خارج قسمت و باقیماندهٔ جدیدی حاصل گردد. این روال به همین ترتیب تا زمانی ادامه می‌یابد که خارج قسمت صحیح به‌دست آمده صفر شود. ضرایب عدد دودویی مطلوب به صورت زیر از باقیمانده‌ها به‌دست می‌آیند.

Draft by:M.Taghdis

http://skydoc.ir

| ضریب عدد دودویی | | باقیمانده | | خارج قسمت صحیح |
|---|---|---|---|---|
| $a_0 = ۱$ | | ۱ | + | $\frac{۴۱}{۲} = ۲۰$ |
| $a_1 = ۰$ | | ۰ | + | $\frac{۲۰}{۲} = ۱۰$ |
| $a_2 = ۰$ | | ۰ | + | $\frac{۱۰}{۲} = ۵$ |
| $a_3 = ۱$ | | ۱ | + | $\frac{۵}{۲} = ۲$ |
| $a_4 = ۰$ | | ۰ | + | $\frac{۲}{۲} = ۱$ |
| $a_5 = ۱$ | | ۱ | + | $\frac{۱}{۲} = ۰$ |

$(۴۱)_{(۱۰)} = (a_5\ a_4\ a_3\ a_2\ a_1\ a_0)_2 = (۱۰۱۰۰۱)_2$ :جواب

روال ریاضی فوق می‌تواند به صورت مناسب‌تری به شکل زیر نمایش داده شود.

| عدد صحیح | باقیمانده |
|---|---|
| ۴۱ | |
| ۲۰ | ۱ |
| ۱۰ | ۰ |
| ۵ | ۰ |
| ۲ | ۱ |
| ۱ | ۰ |
| ۰ | ۱ |

۱۰۱۰۰۱ = جواب

تبدیل اعداد صحیح دهدهی به مبنای r شبیه مثال مذکور است بجز اینکه تقسیم می‌بایست به جای ۲ بر r صورت گیرد.

برای درک چگونگی تبدیل مبنای دودویی به دهدهی مثال ۱-۱ را به صورت عکس بیان می‌کنیم.

***مثال ۱-۲:*** عدد $(۱۰۱۰۰۱)_2$ را به مبنای ۱۰ تبدیل کنید.

$$۱۰۱۰۰۱_{(۲)} = ۱\times۲^۵ + ۰\times۲^۴ + ۱\times۲^۳ + ۰\times۲^۲ + ۰\times۲^۱ + ۱\times۲^۰$$

$$= ۳۲ + ۰ + ۸ + ۰ + ۰ + ۱ = ۴۱_{(۱۰)}$$

پس می‌توان گفت که هر عدد در مبنای r به شکل $(a_n\ a_{n-1}\ a_{n-2} \dots a_2\ a_1\ a_0)_r$ به صورت

Draft by:M.Taghdis

http://skydoc.ir

حاصلضرب توانهای r در ضرایب مربوطه‌اش بیان می‌شود.

$$a_n \times r^n + a_{n-1} \times r^{n-1} + a_{n-2} \times r^{n-2} + \ldots + a_2 \times r^2 + a_1 \times r^1 + a_0$$

اعداد دودویی گرچه برای کامپیوترها استفاده می‌شوند اما چون رشته‌های تکراری از صفرها و یک‌ها هستند تفسیر آنها برای مردم عادی مشکل است. برنامه‌نویسان و کسانی که با قابلیت‌های پردازش داخلی کامپیوترها سر و کار دارند جهت سهولت در تفسیر این نوع اعداد از سیستم‌های عددی اکتال (مبنای ۸) و یا هگزا دسیمال (مبنای ۱۶) استفاده می‌کنند.

## ۱-۱-۲- مبنای هشت یا اُکتال (Octal)

واژهٔ Octal از کلمهٔ لاتین "Octo" به معنی هشت گرفته شده و به مفهوم سیستم عددی مبنای هشت است که شامل ارقام ۰ تا ۷ می‌باشد. سیستم مبنای هشت برای ارائهٔ اعداد دودویی به شکل فشرده‌تر در برنامه‌نویسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که این سیستم عددی از هشت رقم تشکیل یافته است و همچنین با استفاده از ۳ بیت می‌توان هشت ترکیب مختلف را نشان داد، اعداد دودویی برای تبدیل به مبنای ۸ معمولاً به گروههای ۳ بیتی تقسیم می‌شوند.

به عنوان مثال معادل‌های دودویی هشت رقم (ارقام ۰ تا ۷) در مبنای هشت در جدول ۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱-۲ : معادل اعداد دودویی در مبنای هشت

| مبنای هشت | مبنای دو |
|---|---|
| ۰ | ۰۰۰ |
| ۱ | ۰۰۱ |
| ۲ | ۰۱۰ |
| ۳ | ۰۱۱ |
| ۴ | ۱۰۰ |
| ۵ | ۱۰۱ |
| ۶ | ۱۱۰ |
| ۷ | ۱۱۱ |

همان گونه که ذکر شد برای تبدیل اعداد دودویی به مبنای هشت، عدد مورد نظر را به دسته‌های

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

۳ بیتی تقسیم می‌کنیم. برای مثال عدد دودویی $(۱۰۱۰۰۱۱)_۲$ را در نظر بگیرید. جهت تبدیل این عدد به مبنای هشت از سمت راست شروع کرده، دسته‌های ۳ بیتی جدا می‌کنیم و در مورد آخرین دسته در صورت کمبود بیت به تعداد تفاضل بیت‌های موجود در دسته و عدد ۳، صفر اضافه می‌نمائیم. با این عمل دسته‌های ۰۱۱، ۰۱۰ و ۰۰۱ به‌دست می‌آید که با تبدیل این دسته‌ها به مبنای هشت عدد $(۱۲۳)_۸$ حاصل می‌گردد.

$$(۱۰۱۰۰۱۱)_۲ = (۰۰۱\ \ ۰۱۰\ \ ۰۱۱)_۲$$
$$= (\ \ ۱\ \ \ ۲\ \ \ ۳\ \ )_۸$$

گرچه اعداد در مبنای هشت از نظر ظاهر شبیه اعداد دهدهی هستند اما مفهوم متفاوتی دارند. به عنوان مثال عدد $(۱۲۳)_{۱۰}$ معادل با عدد $۱۲۳=۳\times۱۰^۰ + ۲\times۱۰^۱ + ۱\times۱۰^۲$ است در حالی که این عدد درسیستم‌مبنای هشت‌به‌مفهوم $۳\times۸^۰ + ۲\times۸^۱ + ۱\times۸^۲$ می‌باشدکه معادل عدد دهدهی ۸۳ است.

از آنجایی که سیستم مبنای ۸ با مضرب‌هایی از ۳ بیت کار می‌کند و میکروکامپیوترها معمولاً بر اساس واحدهای ۴ و ۸، ۱۶ و ۳۲ و ... هستند این سیستم عددی بیشتر در مینی کامپیوترها و کامپیوترهای بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل، سیستم عددی مبنای ۱۶ کاربرد بیشتری در میکروکامپیوترها دارد.

### ۱-۱-۳- مبنای شانزده یا هگزادسیمال (Hexadecimal)

واژهٔ hexadecimal از ترکیب دو کلمهٔ یونانی hex به معنی ۶ و کلمهٔ لاتین decim به معنی ۱۰ گرفته شده است. سیستم عددی مبنای ۱۶ از ارقام صفر تا ۹ و حروف بزرگ A (معادل اعشاری یا دهدهی عدد ۱۰) تا F (معادل دهدهی عدد ۱۵) تشکیل می‌گردد. هگزا دسیمال که به اختصار "هگز" گفته می‌شود در برنامه‌نویسی برای نشان دادن اعداد دودویی مورد استفاده کامپیوتر در یک قالب فشرده‌تر به کار می‌رود.

اعداد هگزا دسیمال در گروههای ۸ بیتی که اساس حافظه و منبع ذخیرهٔ اطلاعات در کامپیوتر می‌باشد، جای می‌گیرند. از آنجایی که در چهار بیت می‌توان هر یک از ۱۶ رقم را نشان داد، یک عدد دو رقمی هگز در یک گروه هشت بیتی گنجانده می‌شود. به مثال زیر توجه کنید:

***مثال ۱-۳***: عدد دهدهی ۸۳ را به مبنای ۱۶ تبدیل کنید.

Draft by M.raghdis

http://skydoc.ir

طبق روش گفته شده در مثال ۱-۱ ابتدا عدد ۸۳ را به ۱۶ تقسیم نموده، خارج قسمت و باقیمانده را به دست می‌آوریم.

| ضریب عدد هگز | | باقیمانده | | خارج قسمت صحیح |
|---|---|---|---|---|
| $a_0 = ۳$ | + | ۳ | | $\frac{۸۳}{۱۶} = ۵$ |
| $a_1 = ۵$ | + | ۵ | | $\frac{۵}{۱۶} = ۰$ |

$$۸۳_{(۱۰)} = a_1\ a_0{}_{(۱۶)} = ۵۳_{(۱۶)}$$

برای تبدیل عددی از مبنای ۲ به مبنای ۱۶ باید از سمت چپ بیت‌ها را به دسته‌های ۴ تـایی تقسیم نمود و در دستهٔ آخر به تعداد تفاضل بیت‌های موجود و عدد ۴، صفر قرار داد. مثلاً بـرای تبدیل عدد $(۱۱۱۰۰۱۰۱۰)_۲$ به مبنای ۱۶، دسته‌های ۴ بیتی ۱۰۱۰، ۱۱۰۰ و ۰۰۰۱ را خواهیم داشت و با قرار دادن معادل آنها عدد $(۱CA)_{۱۶}$ حاصل می‌گردد.

$(۰۰۰۱\ \ ۱۱۰۰\ \ ۱۰۱۰)_۲$
$(\ ۱\ \ \ C\ \ \ A\ )_{۱۶}$

در جدول ۱-۳ معادل اعداد دودویی و هگز نشان داده شده است.

**جدول ۱-۳ : معادل دودویی و هگز اعداد در مبنای ۱۰**

| مبنای ۲ | مبنای ۱۶ | مبنای ۱۰ |
|---|---|---|
| ۰۰۰۰ | ۰ | ۰ |
| ۰۰۰۱ | ۱ | ۱ |
| ۰۰۱۰ | ۲ | ۲ |
| ۰۰۱۱ | ۳ | ۳ |
| ۰۱۰۰ | ۴ | ۴ |
| ۰۱۰۱ | ۵ | ۵ |
| ۰۱۱۰ | ۶ | ۶ |
| ۰۱۱۱ | ۷ | ۷ |
| ۱۰۰۰ | ۸ | ۸ |
| ۱۰۰۱ | ۹ | ۹ |
| ۱۰۱۰ | A | ۱۰ |
| ۱۰۱۱ | B | ۱۱ |
| ۱۱۰۰ | C | ۱۲ |
| ۱۱۰۱ | D | ۱۳ |
| ۱۱۱۰ | E | ۱۴ |
| ۱۱۱۱ | F | ۱۵ |

Draft by: M.Taghdis

http://skydoc.ir

بنابر آنچه گفته شد هر گروه ۸ بیتی می‌تواند هر یک از ۲۵۶ = $۲^۸$ عدد مختلف هگزا دسیمال (از $۰۰_H$ تا $FF_H$) را در خود جای دهد.

### ۱-۱-۴- مبنای BCD (Binary Coded Decimal)

اعداد دهدهی کد شده در مبنای دو (دهدهی کدشده به دودویی) با حروف اختصاری BCD نشان داده شده و مبین سیستمی است که در آن، جهت جلوگیری از خطاها و اشتباهات مربوط به گرد کردن‌ها و تبدیل‌ها، اعداد دهدهی در مبنای دو کددهی می‌گردند.

درکد BCD، هر رقم در مبنای دهدهی به طور جداگانه به شکل یک عدد دودویی کد می‌شود. هر یک از ارقام دهدهی صفر تا ۹ در چهار بیت کددهی شده، هر گروه چهار بیتی جهت سهولت در خواندن با یک فاصله از گروه دیگر جدا می‌گردد. در این روش که ۸-۴-۲-۱ نیز نامیده می‌شود مطابق جدول ۱-۴ کدهای زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**جدول ۱-۴ : نمایش اعداد در مبنای دهدهی و معادل BCD آنها**

| مبنای دهدهی | BCD |
|---|---|
| ۰ | ۰۰۰۰ |
| ۱ | ۰۰۰۱ |
| ۲ | ۰۰۱۰ |
| ۳ | ۰۰۱۱ |
| ۴ | ۰۱۰۰ |
| ۵ | ۰۱۰۱ |
| ۶ | ۰۱۱۰ |
| ۷ | ۰۱۱۱ |
| ۸ | ۱۰۰۰ |
| ۹ | ۱۰۰۱ |

به عنوان مثال در کد BCD، عدد $۱۲_{(۱۰)}$ به شکل ۰۰۱۰ ۰۰۰۱ و عدد $۹۶_{(۱۰)}$ به شکل ۰۱۱۰ ۱۰۰۱ نشان داده می‌شود. در جدول ۱-۵ سیستم‌های اعداد به صورت یک جا نمایش داده شده‌اند.

Draft by M. Taghdis

http://skydoc.ir

جدول ۱-۵ : نمایش اعداد در مبناهای عددی مختلف

| دهدهی | باینری | اکتال | هگزادسیمال | BCD |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۰۰۰۰ | ۰ | ۰ | ۰۰۰۰ |
| ۱ | ۰۰۰۱ | ۱ | ۱ | ۰۰۰۱ |
| ۲ | ۰۰۱۰ | ۲ | ۲ | ۰۰۱۰ |
| ۳ | ۰۰۱۱ | ۳ | ۳ | ۰۰۱۱ |
| ۴ | ۰۱۰۰ | ۴ | ۴ | ۰۱۰۰ |
| ۵ | ۰۱۰۱ | ۵ | ۵ | ۰۱۰۱ |
| ۶ | ۰۱۱۰ | ۶ | ۶ | ۰۱۱۰ |
| ۷ | ۰۱۱۱ | ۷ | ۷ | ۰۱۱۱ |
| ۸ | ۱۰۰۰ | ۱۰ | ۸ | ۱۰۰۰ |
| ۹ | ۱۰۰۱ | ۱۱ | ۹ | ۱۰۰۱ |
| ۱۰ | ۱۰۱۰ | ۱۲ | A | |
| ۱۱ | ۱۰۱۱ | ۱۳ | B | |
| ۱۲ | ۱۱۰۰ | ۱۴ | C | |
| ۱۳ | ۱۱۰۱ | ۱۵ | D | |
| ۱۴ | ۱۱۱۰ | ۱۶ | E | |
| ۱۵ | ۱۱۱۱ | ۱۷ | F | |

## ۱-۲- منطق دودویی

منطق دودویی با متغیرهایی که دو ارزش جدا از هم می‌گیرند و با عملیاتی که مفهوم منطقی دارند سروکار دارد. دو ارزشی که متغیرها می‌گیرند ممکن است با اسامی مختلف نام برده شوند (مثلاً: درست و نادرست یا بلی و خیر و ...) اما برای مقصود ما مناسب است آنها را به صورت بیت در نظر گرفته، مقادیر "۰" و "۱" را به آنها اختصاص دهیم. منطق دودویی به منظور پردازش اطلاعات دودویی به فرم ریاضی به کار می‌رود.

این روش، به خصوص برای تحلیل و طراحی سیستم‌های دیجیتال مناسب است. مدارهای منطقی دیجیتال که محاسبات دودویی را انجام می‌دهند مداراتی هستند که طرز کارشان با توجه به

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

متغیرهای دودویی و عملیات منطقی به بهترین وجه بیان می‌شود. به این منطق، جبر بول[1] نیز گفته می‌شود.

## ۱-۲-۱- تعریف منطق دودویی

منطق دودویی شامل متغیرهای دودویی و عملیات منطقی است. هر متغیر دودویی فقط و فقط می‌تواند دو ارزش "۰" یا "۱" را داشته باشد. در این منطق سه نوع عملیات منطقی اصلی به ترتیب زیر وجود دارد:

۱- AND: این عمل به وسیلهٔ یک نقطه و یا عدم وجود عملگر بین دو عملوند (متغیر) نمایش داده می‌شود. مثلاً: $z = x \cdot y$ یا $z = xy$ و بدین صورت تفسیر می‌شود که از نظر منطقی $z = ۱$ خواهد بود اگر و تنها اگر $x = ۱$ و $y = ۱$ باشند، در غیر این صورت $z = ۰$ است. (توجه کنید که x و y و z متغیرهای دودویی بوده، تنها می‌توانند مقادیر "۰" یا "۱" را اختیار کنند)

۲- OR: این عمل با علامت "+" نمایش داده می‌شود. برای مثال $z = x + y$ و مفهوم آن این است که $z = ۱$ خواهد بود اگر و تنها اگر $x = ۱$ یا $y = ۱$ باشند و یا اینکه هر دو، مقدار "۱" داشته باشند. در صورتی که $x = ۰$ و $y = ۰$ باشد آنگاه $z = ۰$ خواهد بود. به عبارت دیگر $z = ۱$ خواهد بود اگر و تنها اگر حداقل یکی از دو متغیر x یا y مقدار "۱" داشته باشند.

۳- NOT: این عمل با علامت پریم (′) و یا یک خط در بالای متغیر نشان داده می‌شود. مثلاً $z = x'$ و یا $z = \bar{x}$، مفهوم آن این است که اگر $x = ۱$ باشد آنگاه $z = ۰$ است و بالعکس اگر $x = ۰$ باشد آنگاه $z = ۱$ خواهد بود.

این تعاریف را می‌توان با استفاده از جداول درستی فهرست نمود. یک جدول درستی، متشکل از تمام ترکیبات ممکن متغیرها و بیانگر ارتباط بین مقادیر آنها و نتایج حاصل از عملیات مربوطه بر روی آنها می‌باشد. جداول درستی AND و OR و NOT در جدول ۱-۶ نشان داده شده‌اند.

---

1 - Boolean Algebra

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

جدول ۱-۶ : جدول درستی عملیات منطقی AND، OR و NOT

AND

| x | y | xy |
|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۱ | ۰ |
| ۱ | ۰ | ۰ |
| ۱ | ۱ | ۱ |

OR

| x | y | x + y |
|---|---|---|
| ۰ | ۰ | ۰ |
| ۰ | ۱ | ۱ |
| ۱ | ۰ | ۱ |
| ۱ | ۱ | ۱ |

NOT

| x | x′ |
|---|---|
| ۰ | ۱ |
| ۱ | ۰ |

## ۱-۲-۲- سایر عملگرهای منطقی

هنگامی که عملگرهای منطقی AND و OR بین دو متغیر x و y قرار گیرند به ترتیب توابع بولی x.y و x + y حاصل خواهد شد.

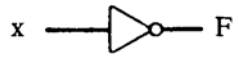
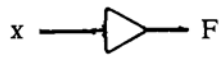
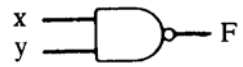
عملگرهای دیگری نیز وجود دارند که توابع جدیدی معرفی می‌نمایند. اگر چه هر تابع را می‌توان بر حسب عملگرهای منطقی AND، OR و NOT بیان کرد اما دلیلی وجود ندارد که عملگر خاصی برای بیان سایر توابع تعیین نگردد. در جدول ۱-۷ کلیهٔ عملگرهای منطقی دیجیتال و توابع متناظر آنها آمده است.

جدول ۱-۷ : عملگرهای منطقی و توابع متناظر با آنها

| نام | نماد ترسیمی | تابع جبری | جدول درستی |
|---|---|---|---|
| AND | | F = xy | x y \| F<br>۰ ۰ \| ۰<br>۰ ۱ \| ۰<br>۱ ۰ \| ۰<br>۱ ۱ \| ۱ |
| OR | | F = x + y | x y \| F<br>۰ ۰ \| ۰<br>۰ ۱ \| ۱<br>۱ ۰ \| ۱<br>۱ ۱ \| ۱ |

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inverter |  | $F = x'$ | x F<br>۰ ۱<br>۱ ۰ |
| Buffer |  | $F = x$ | x F<br>۰ ۰<br>۱ ۱ |
| NAND |  | $F = (xy)'$ | x y F<br>۰ ۰ ۱<br>۰ ۱ ۱<br>۱ ۰ ۱<br>۱ ۱ ۰ |
| NOR | | $F = (x + y)'$ | x y F<br>۰ ۰ ۱<br>۰ ۱ ۰<br>۱ ۰ ۰<br>۱ ۱ ۰ |
| Exclusive-OR (XOR) | | $F = x \oplus y$<br>$= xy' + x'y$ | x y F<br>۰ ۰ ۰<br>۰ ۱ ۱<br>۱ ۰ ۱<br>۱ ۱ ۰ |
| Exclusive-NOR (XNOR) | | $F = x \odot y$<br>$= xy + x'y'$ | x y F<br>۰ ۰ ۱<br>۰ ۱ ۰<br>۱ ۰ ۰<br>۱ ۱ ۱ |

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

## ۱-۳- مدارهای ترتیبی و فلیپ‌فلاپ‌ها

مدارهای دیجیتالی که با استفاده از توابع ذکر شده مورد توجه قرار می‌گیرند همگی ترکیبی‌اند. خروجی این گونه مدارها در هر لحظه از زمان کاملاً وابسته به ورودی‌های همان زمان است. اگرچه احتمالاً هر سیستم دیجیتال دارای مدارهای ترکیبی است اما در عمل، بیشتر سیستم‌ها شامل عناصر حافظه نیز می‌باشند. این گونه سیستم‌ها باید ضرورتاً بر حسب منطق ترتیبی بررسی شوند. یکی از مهمترین عناصر استفاده شده در مدارهای ترتیبی فلیپ‌فلاپ‌ها هستند.

فلیپ‌فلاپ‌ها سلولهای دودوئی هستند که قادر به ذخیرهٔ یک بیت اطلاعات می‌باشند. مدار یک فلیپ‌فلاپ دارای دو خروجی است، یکی برای مقدار طبیعی بیت ذخیره شده در آن و دیگری برای متمم آن (Q و Q′).

یک فلیپ فلاپ قادر است تا وقتی که تحت تأثیر سیگنال ورودی برای تغییر حالت قرار نگرفته، یک حالت دودوئی را به طور نامحدود در خود نگهداری کند. (البته تا زمانی که جریان الکتریکی لازم برای فلیپ‌فلاپ تأمین شده باشد.)

همان گونه که ذکر شد هر فلیپ‌فلاپ دارای دو ورودی S (ست) و R (ری ست) و دو خروجی Q و Q′ می‌باشد. این نوع فلیپ‌فلاپ را گاهی فلیپ‌فلاپ RS و یا لچ[1] RS می‌نامند.

## ۱-۴- اجزای حافظه و انواع آن

حال که تا حدودی با مفاهیم منطقی آشنا شدیم به ذکر مواردی در زمینهٔ ریز پردازنده‌ها، حافظه‌ها و ... می‌پردازیم.

**بیت (bit)** : این کلمه شکل خلاصه شدهٔ **binary digit** بوده، مقدار آن در سیستم‌های عددی دودویی "۰" یا "۱" می‌باشد. در پردازش و ذخیره‌سازی، بیت کوچکترین واحد اطلاعات است که کامپیوتر مورد استفاده قرار می‌دهد و به‌طور فیزیکی به وسیلهٔ پالسی که به یک مدار ارسال می‌گردد و یا به شکل نقطهٔ کوچکی روی دیسک مغناطیسی که قابلیت ذخیره‌سازی "۰" و "۱" را دارد، مشخص می‌گردد.

---

1 - Latch

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

بیت‌ها کمترین اطلاعات قابل فهم برای انسان را ارائه می‌کنند.(مانند "۰" یا "۱"، درست یا نادرست، ۰ ولت یا ۵ ولت، ۰ ولت یا ۲۴ ولت و ...)

بیت‌ها در گروه‌های هشت‌تایی، بایت ها را تشکیل می‌دهند که جهت ارائهٔ انواع اطلاعات از جمله حروف الفباء، ارقام صفر تا ۹ و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**بایت (byte)** : شکل خلاصه شدهٔ binary term بوده و یک واحد اطلاعاتی است که از ۸ بیت تشکیل می‌شود. در پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات کامپیوتر، یک بایت معادل یک کاراکتر مثل یک حرف، عدد یا علامت است. چون بایت نشانگر مقدار اطلاعات بسیار کمی می‌باشد مقادیر حافظه و منابع ذخیرهٔ اطلاعات کامپیوتر معمولاً به کیلوبایت (۱۰۲۴ بایت) یا مگابایت (۱۰۴۸۵۷۶ بایت) اندازه‌گیری می‌شوند.

از آنجایی که یک بایت از ۸ بیت تشکیل می‌شود و هر بیت می‌تواند یکی از دو مقدار "۰" یا "۱" را داشته باشد پس در یک بایت $۲^۸=۲۵۶$ حالت مختلف (از ۰۰۰۰۰۰۰۰ تا ۱۱۱۱۱۱۱۱) قابل نمایش است.

**کلمه (word)** : هر کلمه از دو بایت یعنی ۱۶ بیت تشکیل می‌گردد پس در یک کلمه $۲^{۱۶}=۶۵۵۳۶$ حالت مختلف قابل نمایش است.

### ۱-۴-۱- گذرگاه یا مسیر عمومی (Bus)

Bus در لغت به معنی اتوبوس یا وسیلهٔ حمل و نقل عمومی بوده، در اصطلاح کامپیوتری وسیله‌ای است که حمل و نقل عمومی داده‌ها را بر عهده دارد.

دراین‌گذرگاه، قسمتی که حمل و نقل و جابجایی اطلاعات را بر عهده دارد دیتاباس (data bus) می‌نامند و به قسمتی از مسیر عمومی که جابجایی آدرس‌ها را بر عهده دارد آدرس باس (address bus) گفته می‌شود.

این گذرگاه مجموعه‌ای از خطوط سخت‌افزاری است که جهت انتقال داده‌ها بین اجزای یک سیستم کامپیوتری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

به عبارت دیگر، گذرگاه، یک مسیر مشترک است که بین بخشهای مختلف سیستم از جمله ریزپردازنده، حافظه و درگاههای ورودی خروجی (I/O) و دیگر قسمتها ارتباط برقرار می‌نماید.

Draft by M. Taghdis

http://skydoc.ir

در سیستم‌های کامپیوتری، گذرگاه توسط ریزپردازنده کنترل شده، به انتقال انواع مختلفی از اطلاعات اختصاص می‌یابد. به عنوان مثال، گروهی از خطوط، داده‌ها را انتقال داده، گروه دیگر آدرس‌های محل‌های استقرار اطلاعات را منتقل ساخته، یک گروه دیگر سیگنال‌های کنترل را جهت حصول اطمینان از اینکه بخشهای مختلف سیستم از مسیر مشترک خود بدون ایجاد تداخل استفاده می‌کنند، عبور می‌دهند که به این بخش از گذرگاه control bus گویند. گذرگاهها با تعداد بیت‌هایی که در هر لحظه می‌توانند انتقال دهند مشخص می‌شوند به عنوان مثال یک کامپیوتر دارای گذرگاه ۸ بیتی در هر لحظه ۸ بیت از داده‌ها و یک کامپیوتر دارای گذرگاه ۱۶ بیتی در هر لحظه ۱۶ بیت از داده‌ها را انتقال می‌دهند.

### ۱-۴-۲- حافظه (Memory)

حافظه یکی از قسمت‌های اساسی در سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد. از حافظه جهت ذخیره نمودن دستورالعمل‌ها، اطلاعات و نتایج به‌دست آمده استفاده می‌شود. همان گونه که قبلاً ذکر شد اطلاعات ذخیره شده در حافظه به صورت باینری ("۰" یا "۱") می‌باشد.

برای ساختن حافظه معمولاً از نیمه هادی‌ها استفاده می‌شود.

در ادامهٔ بحث به ذکر انواع مختلف حافظه در سیستم‌های دیجیتالی و کامپیوتری خواهیم پرداخت.

### ۱-۴-۳- حافظه‌های با دسترسی تصادفی (RAM)[1]

این حافظه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در هر لحظه به هر سلول آن می‌توان دست یافت و اطلاعات موجود در آن بخش را خواند.

این نوع حافظه به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌گردد:

الف) حافظه‌های فقط خواندنی (ROM)

ب) حافظه‌های اغلب خواندنی (RMM)

ج) حافظه‌های خواندنی نوشتنی (RWM)

در ادامه به شرح این تقسیم‌بندی می‌پردازیم.

---

1 - Random Access Memory

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

**الف) حافظه‌های فقط خواندنی (ROM)[1]**

حافظه‌های فقط خواندنی امروزه با استفاده از تکنولوژی LSIها[2] و VLSIها در حد وسیع و انواع مختلف تولید می‌شوند. محتوای این حافظه‌ها غیر قابل تغییر می‌باشد. بدین معنی که وقتی بر روی این حافظه‌ها اطلاعاتی نوشته شود، در حالت عادی نمی‌توان آن را تغییر داد. همچنین با قطع و وصل منبع تغذیه محتوای آنها تغییر نخواهد کرد. به عبارت دیگر این گونه حافظه‌ها پاک نشدنی هستند. به همین جهت این نوع حافظه‌ها برای نگهداری برنامه و یا جداول اطلاعاتی که همیشه ثابت و بدون تغییرند بسیار مناسب می‌باشد.

حافظه‌های فقط خواندنی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- ROM (Read Only Memory)

۲- PROM (Programmed Read Only Memory)

در صورتی که محتوای این نوع حافظه در موقع ساخت توسط سازنده برنامه‌ریزی شود به آن ROM گفته می‌شود ولی اگر به گونه‌ای باشد که توسط مصرف کننده و تنها برای یک بار قابل برنامه‌ریزی باشد به آن PROM می‌گویند.

**ب) حافظه‌های اغلب خواندنی (RMM)[3]**

این نوع حافظه نیز مانند ROM برده، از آن جهت نگهداری اطلاعات مختلف استفاده می‌شود. اگر در ثبت بیت‌های اطلاعاتی حافظه‌های ROM و PROM که فقط برای یک بار قابل برنامه‌ریزی هستند اشتباهی رخ دهد راهی جز دور انداختن حافظه وجود ندارد. اما این گروه از حافظه‌ها که می‌توان محتویات آنها را پاک کرد این ضعف را برطرف می‌کند و می‌توان از آنها چندین بار استفاده نمود و برنامه‌های مختلف را در آنها ضبط و پس از اتمام کار آنها را پاک کرد. این نوع حافظه‌ها بر اساس نوع پاک شدن اطلاعات به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. (البته خاصیت پاک شدن آنها مربوط به تکنولوژی ساخت آنها است.)

۱- EPROM (Erasable Programmed Read Only Memory)

۲- EEPROM (Electrically Erasable Programmed ROM)[4]

---

1 - Read Only Memory 2 - Large Scale Integration 3 - Read Mostly Memory

۴ - این نوع حافظه را با $E^2PROM$ نیز نمایش می‌دهند.

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

### ج) حافظه‌های خواندنی نوشتنی (RWM)[1]

این نوع حافظه اغلب در سیستم‌های میکروپروسسوری برای نگهداری نتایج موقت و میانی در هنگام اجرای یک برنامه به کار می‌روند. ساختمان داخلی هر سلول حافظهٔ RWM اساساً یک فلیپ‌فلاپ می‌باشد که دو حالت پایدار برای ذخیره‌سازی منطق "۱" یا "۰" داشته، پیش‌بینی‌های لازم برای تغییر حالت سریع سلول حافظه در آن به عمل آمده است و سیگنال های کنترل تعیین می‌کنند که اطلاعات در محل آدرس داده شده نوشته یا از آن خوانده شود. این گروه به دو بخش استاتیک و دینامیک تقسیم‌بندی می‌شوند.

در جدول ۱-۸ انواع حافظه‌ها و اطلاعات دیگر در رابطه با نحوهٔ پاک شدن و ... آمده است.

**جدول ۱-۸ : انواع حافظه‌ها و سایر اطلاعات در مورد آنها**

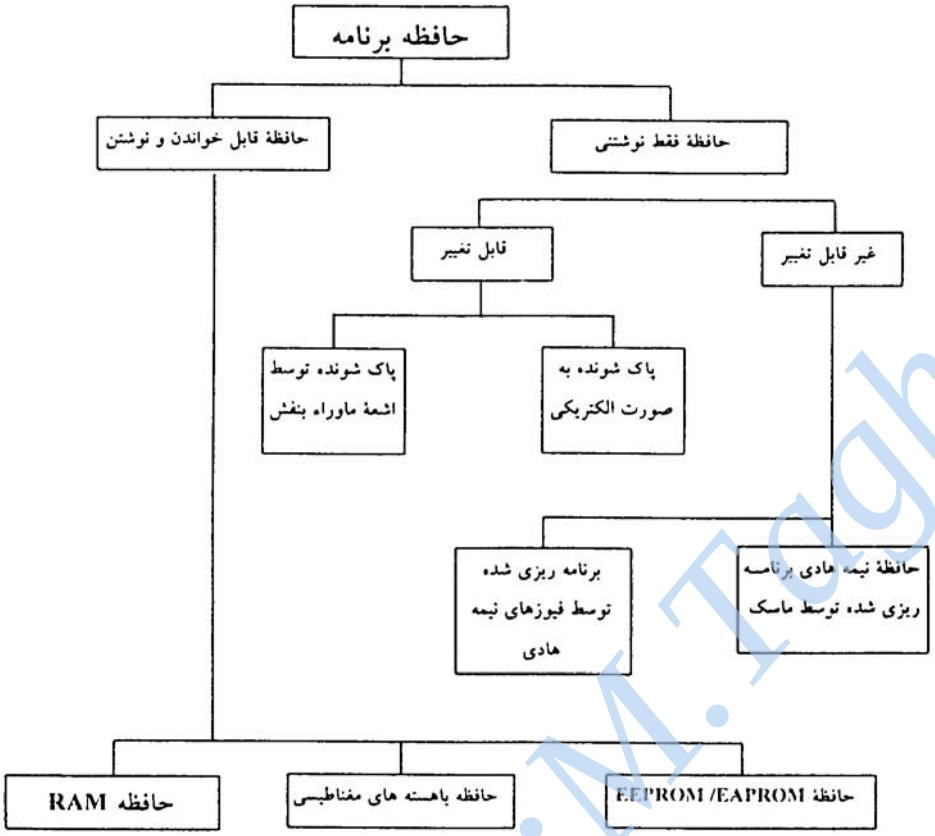
| محتوای حافظه پس از قطع تغذیه | برنامه‌ریزی | طریقهٔ پاک شدن | نوع حافظه | ساختمان |
|---|---|---|---|---|
| ناپایدار | الکتریکی | الکتریکی | حافظهٔ با دسترسی اتفاقی | RAM |
| پایدار | توسط کارخانهٔ سازنده | غیرممکن | حافظهٔ فقط خواندنی | ROM |
| | الکتریکی | | ROM قابل برنامه‌ریزی | PROM |
| | | توسط اشعهٔ ماوراء بنفش | PROM قابل پاک شدن | EPROM |
| | | | PROM قابل برنامه‌ریزی مجدد | REPROM |
| | | الکتریکی | ROM با قابلیت پاک شدن الکتریکی | EEPROM |
| | | | ROM با قابلیت پاک شدن الکتریکی | EAPROM[2] |

در شکل ۱-۱ چگونگی تقسیم‌بندی حافظه‌ها به صورتی دیگر آورده شده است.

1 - Read Write Memory  2 - Electrical Alterable PROM

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir




شکل ۱-۱ : نحوهٔ تقسیم‌بندی حافظه‌ها

حال که با اجزای تشکیل دهندهٔ حافظه و انواع حافظه‌ها آشنا شدیم به بحث پیرامون سیستم‌های کنترل می‌پردازیم.

## ۱-۵- سیستم‌های کنترل

در سالهای اخیر، سیستم‌های کنترل اهمیت فزاینده‌ای در توسعه و پیشرفت تکنولوژی جدید

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

یافته‌اند. هر یک از جنبه‌های فعالیت روزمرهٔ ما عملاً تحت تأثیر نوعی سیستم کنترل قرار دارد. مثلاً در محدودهٔ زندگی فردی، کنترل کننده‌های خودکار در سیستم‌های تهویهٔ مطبوع، دما و رطوبت هوای خانه‌ها و ساختمان‌ها را در حد مطلوب نگاه می‌دارند.

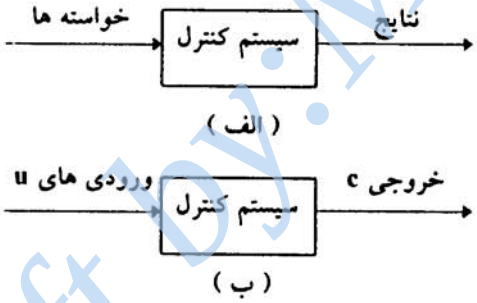
سیستم‌های کنترل در تمام بخشهای صنعت نظیر کنترل کیفیت محصولات، خط مونتاژ خودکار، کنترل ماشین‌ابزار، تکنولوژی فضایی و سیستم‌های نظامی، کنترل کامپیوتری، سیستم‌های حمل و نقل، سیستم‌های قدرت، آدمهای ماشینی و در موارد بسیار دیگری، به فراوانی یافت می‌شوند. صرف‌نظر از اینکه چه نوع سیستم کنترلی در اختیار داریم، سه بخش اساسی را می‌توان در آن مشخص کرد:

۱- خواسته‌های ما از سیستم کنترل

۲- اجزای سیستم کنترل

۳- نتایج

در شکل ۱-۲ (الف) ارتباط اساسی میان این سه بخش به شکل نمودار بلوکی نمایش داده شده است. همان طور که در شکل ۱-۲ (ب) دیده می‌شود این سه بخش اساسی به ترتیب با عناوین ورودی‌ها، اجزای سیستم و خروجی‌ها که اصطلاحات علمی‌تری هستند نیز شناخته می‌شوند.




شکل ۱-۲ : بخش‌های یک سیستم کنترل

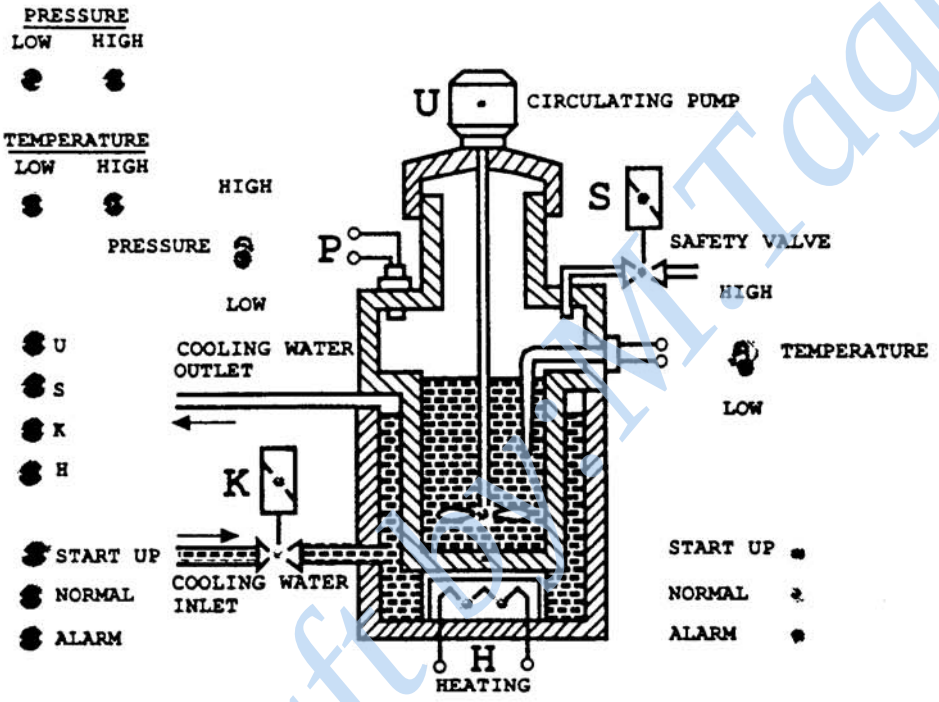
به‌طور کلی، هدف سیستم‌های کنترل این است که خروجی‌های c را به شیوهٔ از پیش تعیین شده‌ای به وسیلهٔ ورودی‌های u از طریق اجزای سیستم، کنترل کند. ورودی‌های سیستم کنترل، سیگنال های تحریک و خروجی‌های آن، متغیرهای تحت کنترل نیز نامیده می‌شوند.

Draft by: M.Taghdis

http://skydoc.ir

به عنوان مثال با ثابت نگه داشتن متغیرهای زیر می‌توان فرآیند شیمیایی موجود در شکل ۱-۳ راکنترل نمود.

- موتور همزن الکتریکی (CIRCULATING PUMP)
- فشار هوای درون مخزن و شیر اطمینان (PRESSURE و SAFETY VALVE)
- درجه حرارت سیال داخل مخزن (TEMPERATURE)
- مقدار آب خنک کننده (COOLING WATER)
- زمان (TIME)




شکل ۱-۳ : یک فرآیند شیمیایی تحت کنترل و موارد مهم در کنترل آن

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

## ۱-۵-۱- ساختار سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل از لحاظ ساختاری به دو بخش زیر تقسیم می‌شوند.

الف) سیستم‌های کنترل حلقه باز (Open Loop)

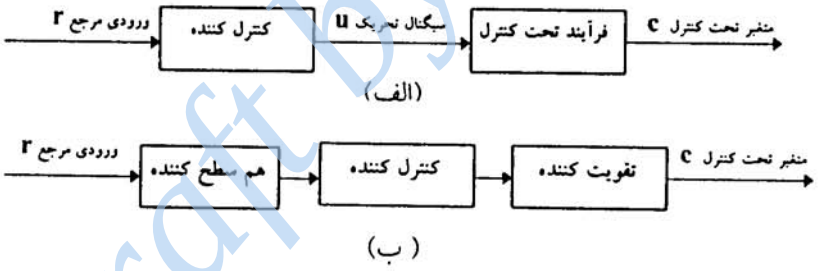
ب) سیستم‌های کنترل حلقه بسته (Closed Loop)

### الف) سیستم‌های کنترل مدار باز (Open Loop)

در این گونه سیستم‌ها که در شکل ۱-۴ (الف) نشان داده شده است خواسته‌های ما از عملکرد آن به خوبی برآورده نمی‌شود و تنها به دلیل سادگی و اقتصادی بودن سیستم‌های کنترل مدار باز، در بسیاری موارد می‌توان آنها را در حال کار یافت.

ماشین لباسشویی مثال بارزی از یک سیستم کنترل مدار باز است. زیرا عموماً مدت زمان شستشو از طریق تضاوت و تخمین فرد استفاده‌کننده تعیین می‌شود. یک ماشین لباسشویی خودکار باید بتواند دائماً میزان تمیزی لباسهای در حال شستشو را بررسی کند تا هر زمان که به اندازهٔ کافی تمیز شدند، بطور خودکار خاموش شود.

همان‌طور که در شکل ۱-۴ (الف) نشان داده شده است، اجزای یک سیستم کنترل مدار باز را معمولاً می‌توان به دو دسته تقسیم نمود. کنترل کننده و فرآیند تحت کنترل. یک فرمان یا سیگنال ورودی r به کنترل کننده اعمال می‌شود، خروجی کنترل کننده به عنوان سیگنال تحریک u، فرآیند راکنترل می‌کند به نحوی که متغیر تحت کنترل c بر اساس استانداردهای از پیش تعیین شده‌ای عمل کند.




شکل ۱-۴ : قسمتهای مختلف یک سیستم کنترل مدار باز

در موارد ساده، کنترل کننده می‌تواند بر حسب طبیعت سیستم، یک تقویت کننده، اتصالات

Draft by M.Taghdis

http://skydoc.ir

مکانیکی و یا وسایل کنترلی دیگر باشد. در موارد پیچیده‌تر کنترل الکترونیکی، کنترل کننده ممکن است یک حسابگر الکترونیکی نظیر یک ریزپردازنده باشد.

همان‌گونه که در شکل ۱-۴ (ب) نشان داده شده، گاهی ممکن است علاوه بر واحد کنترل کننده قسمتهای دیگری در سیستم کنترل مدار باز وجود داشته باشد. در ادامهٔ بحث به توضیح در مورد اجزای یک سیستم کنترل مدار باز (اجزای نشان داده شده در شکل ۱-۴ (ب) ) می‌پردازیم.

**۱- واحد ورودی (ورودی مرجع r)** : اطلاعات از طریق کلیدها و حس‌کنندها (سنسورها) به ورودی‌ها منتقل می‌گردد. این اطلاعات معمولاً به شکل سیگنال‌های الکتریکی است که می‌تواند به صورت دیجیتال یا آنالوگ باشد.

**۲- واحد متناسب کننده یا هم‌سطح کننده (Conditioning Unit)** : این قسمت در صورتی مورد نیاز است که میزان ولتاژ یا جریان سیگنال های ورودی، برای واحد کنترل کننده مناسب نباشد. بنابراین باید مقدار ولتاژ یا جریان به میزان معینی تنظیم گردد.

**۳- واحد کنترل کننده (واحد پردازش)** : این واحد، هستهٔ سیستم کنترل را تشکیل داده، اعمال منطقی و محاسباتی در این قسمت صورت می‌گیرد.

**۴- واحد تقویت کننده** : در این قسمت سیگنال های ضعیف دریافت شده از واحد پردازش، تقویت و ارسال شده تا وسایل کنترل کننده مانند شیرهای کنترل شونده توسط جریان الکتریکی (Solenoid Valves) یا کنتاکتورها را کنترل، یالامپ‌های نشان‌دهنده‌را روشن نماید.

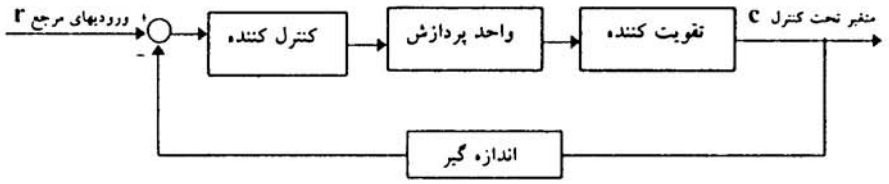
**۵- واحد خروجی (متغیر تحت کنترل c)** : از این قسمت فرمانهای سیستم کنترل به اجرا کننده‌های فرمان یعنی محرک‌ها (Actuators) و ... ارسال می‌شود.

**ب) سیستم‌های کنترل مدار بسته (Closed Loop)**

آنچه برای کنترل دقیق‌تر و قابل انعطاف‌تر لازم بوده و در سیستم کنترل مدار باز وجود ندارد یک اتصال یا فیدبک از خروجی، به ورودی سیستم است. برای دستیابی به کنترل دقیق‌تر، سیگنال تحت کنترل $c_{(t)}$ باید فیدبک شده، با ورودی مرجع r مقایسه شود و سیگنال تحریکی متناسب با تفاضل ورودی و خروجی به سیستم اعمال و در نتیجه، خطا تصحیح شود. سیستمی با یک یا چند مسیر فیدبک، نظیر آنچه که هم اکنون تشریح شد یک سیستم مدار بسته نامیده می‌شود. در شکل ۱-۵ طرز کار این گونه سیستم‌ها نشان داده شده است.

Draft by M. Taghdis

http://skydoc.ir




شکل ۱-۵ : قسمت‌های مختلف در سیستم‌های کنترل مدار بسته

همان گونه که ذکر شد در این سیستم‌ها، مقدار خروجی توسط عنصری اندازه‌گیر (سنسور) اندازه‌گیری می‌شود و در مقایسه‌ای با مقدار مطلوب، اختلاف بین خروجی و مقدار مطلوب محاسبه شده، به عنوان سیگنال خطا معرفی می‌گردد. این سیگنال خطا به واحد کنترل کننده ارسال و سپس کنترل کننده در حلقهٔ کنترل، به عنوان تصمیم گیرنده عمل می‌نماید. به این ترتیب که با توجه به تنظیم‌های از پیش تعیین شده، فرمان لازم را برای تصحیح خطا صادر می‌نماید.

## ۱-۶- انواع سیستم‌های کنترل

سیستم‌های کنترل را می‌توان بنا به روش کنترل آنها به دو دستهٔ زیر تقسیم نمود:

۱- سیستم‌های کنترل سخت‌افزاری

۲- سیستم‌های کنترل نرم‌افزاری

### ۱-۶-۱- سیستم‌های کنترل سخت‌افزاری

این سیستم‌ها شامل مداراتی هستند که با استفاده از رله‌ها و عناصر الکترونیکی مانند دیودها و ترانزیستورها ساخته می‌شوند. برنامهٔ کنترل در این سیستم‌ها نتیجهٔ روابط بین عناصر مدار الکتریکی است و به راحتی قابل تغییر نمی‌باشد. به عبارت دیگر تغییر در برنامهٔ کنترل به معنی تغییر در سخت‌افزار سیستم است البته در برخی از این کنترل کننده‌ها که با استفاده از کلیدهای انتخاب کننده (Selectors)، یا شبکهٔ دیودی (Diode Matrix) ساخته می‌شوند، برنامهٔ کنترل را می‌توان تا اندازه‌ای تغییرداد. اگرچه اعمال این تغییرات، محدود و دربرخی موارد بسیار مشکل است.

### ۱-۶-۲- سیستم‌های کنترل نرم‌افزاری

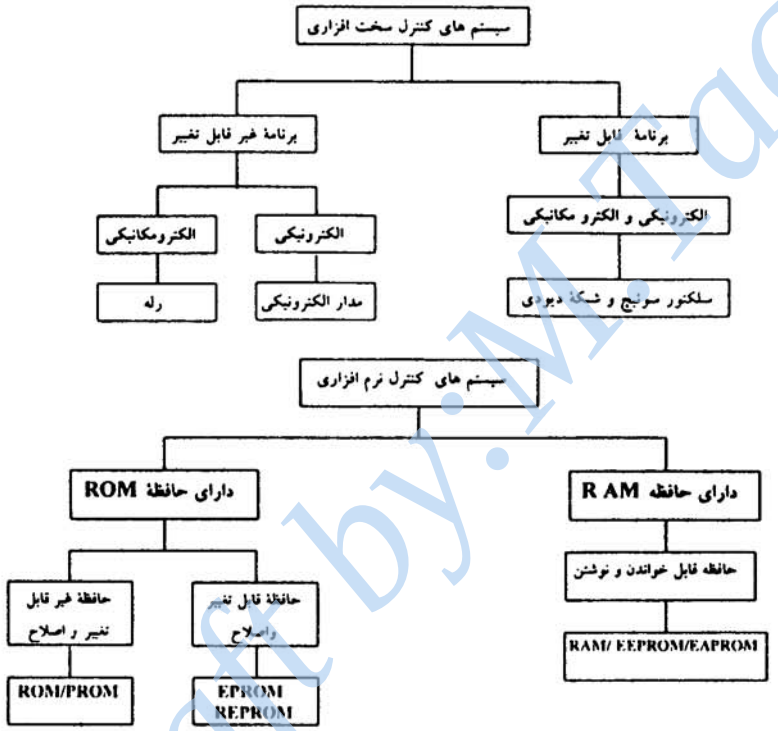
این کنترل کننده‌ها دارای حافظه‌ای هستند که برنامهٔ کنترل در آن ذخیره می‌شود. مهمترین مزیت

Draft by: M. Taghdis

http://skydoc.ir

این سیستم‌ها در آن است که نحوهٔ کنترل را با تغییر برنامه و بدون نیاز به تغییر در سخت‌افزار سیستم می‌توان عوض کرد، زیرا نحوهٔ کنترل سیستم توسط سخت‌افزار سیستم تعیین نمی‌شود بلکه برنامه‌ای که در حافظه ذخیره شده یعنی نرم‌افزار سیستم، نحوهٔ کنترل را مشخص می‌کند لذا این سیستم‌ها بسیار قابل انعطاف بوده، کاربردهای فراوانی دارند. بسته به نوع حافظهٔ این سیستم‌ها، شیوهٔ تغییر در برنامه‌ها متفاوت است. اگر از حافظهٔ RAM استفاده شود، بدون دخالت فیزیکی و تنها با اضافه یا کم نمودن چند سطر برنامه می‌توان برنامهٔ جدید را به اجرا در آورد.

در صورتی که از حافظهٔ ROM استفاده شود به اجرا درآوردن برنامهٔ جدید تنها با تعویض حافظهٔ ROM امکان‌پذیر است. در شکل ۱-۶ انواع سیستم‌های کنترل نشان داده شده‌اند.




شکل ۱-۶ : سیستم‌های کنترل سخت‌افزاری و نرم‌افزاری

حال که با مفاهیم منطقی و ساختار سیستم‌های کنترل آشنا شدیم در فصل آینده به بحث پیرامون PLC و سخت‌افزار و نرم‌افزار آن خواهیم پرداخت.

Draft by: M.Taghdis

http://skydoc.ir

# فصل دوم: کنترل و مدارات فرمان و قدرت سیستم های الکتریکی

مقدمه

**اهداف آموزشی :**

۱- آشنایی با اهداف جزوه برق صنعتی

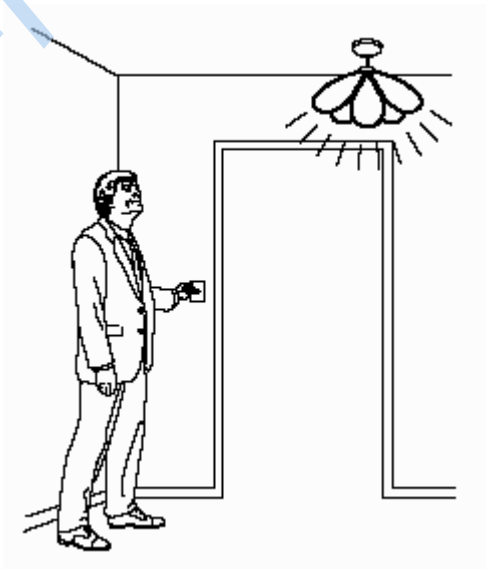
۲- آشنایی با مدارات کنترل

## ۱-۱- مدارات کنترل

یک کنترل کننده معمولاً به عنوان یک وسیله یا گروهی از وسایل تعریف می شود که به روشهای از پیش تعیین شده، توان الکتریکی تحویل داده شده به دستگاهی که به آن متصل است را تحت نظارت وکنترل دارد. عبارت کنترل که در مدارات کنترلی به کار می رود یک مفهوم کلی است که از یک کلید ساده گرفته تا یک سیستم پیچیده شامل رله ها، کنتاکتورها، تایمرها، کلیدها وچراغهای نشان دهنده را در بر می گیرد. هر مدار الکتریکی که برای روشنایی ویا قدرت به کار می رود دارای اجزای کنترلی است. به عنوان مثال کلیدی که مانند شکل (۱) برای روشن و خاموش کردن یک لامپ به کار می رود، یک مدار کنترل محسوب می شود.

البته در صنعت تعداد بسیار زیادتری از وسایل وتجهیزات وجود دارد. به عنوان مثال برای روشن وخاموش کردن یک موتور وحفاظت آن وماشین آلات مربوطه وهمچنین پرسنل در حال کار، از کنترلرها استفاده می شود. کنترلرهای یک موتور علاوه بر این، قابلیت معکوس کردن جهت، تغییرات سرعت، راه اندازی نرم (Jogging)، توالی ها و پایلوت را نیز دارا هستند.

مدارات کنترلی که برای عملکرد دقیق واتوماتیک یک ماشین به کار می روند ممکن است بسیار پیچیده باشد.

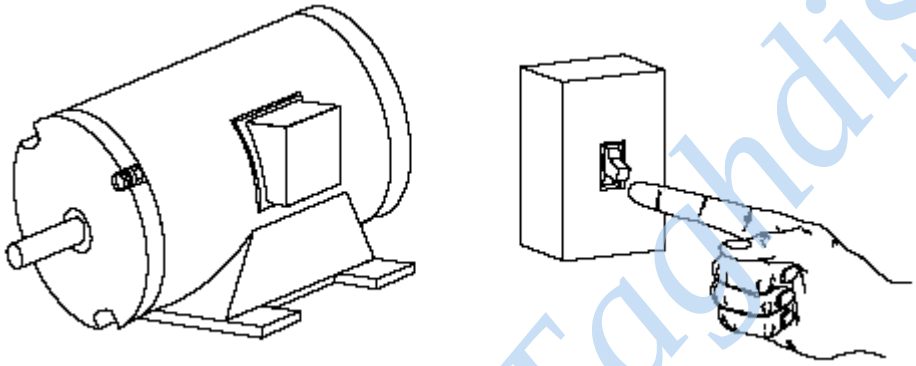


شکل (۱)

Draft by M.Taghdis

## ۱-۲- کنترل دستی

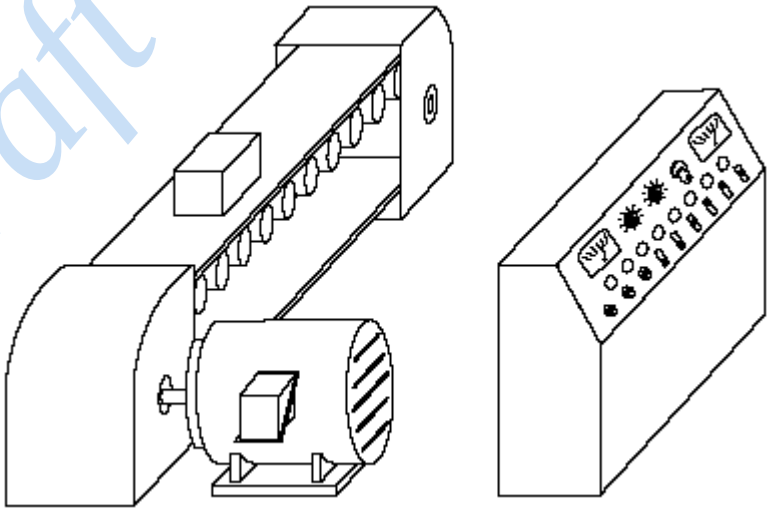
کنترل دستی به روشی اطلاق می گردد که شخص به روش دستی باعث عملکرد یک مدار شود. به عنوان مثال شخص ممکن است با وصل کردن کلید یک استارتر مانند شکل(۲) بطور دستی موتوری را روشن وخاموش نماید.



شکل (۲ )

## ۱-۳-عملکرد اتوماتیک

با وجود اینکه کنترل دستی ماشینها هنوز هم یک روش بسیار معمول است ولی بسیاری از ماشینها نیز به روش اتوماتیک روشن وخاموش می شوند. در عمل معمولاً ترکیبی از کنترل های دستی واتوماتیک به کار می رود. مثلاً در یک پروسه ممکن است موتوری به صورت دستی راه انداز شود ولی به طور اتوماتیک خاموش گردد. (شکل ۳)



شکل (۳ )

Draft by M.Taghdis

## ۱-۴-المانهای کنترل

المانهای یک مدارکنترلی شامل تمام تجهیزات ووسایل مربوطه مانندحفاظت کننده ها، هادیها، رله ها،کنتاکتورها و وسایل پایلوت وتجهیزات حفاظت اضافه جریان می باشد. انتخاب تجهیزات کنترل برای یک کاربرد خاص نیاز به فهم عمیق مشخصه های کاری کنترلر وروش سیم کشی داردکه پس از انتخاب وسایل کنترل مناسب باید در طرح نهایی لحاظ شوند.

Draft by:M.Taghdis

**اهداف آموزشی فصل دوم :**

۱- آشنایی با انواع علائم و اختصارات مورد استفاده در مدارات فرمان و قدرت .

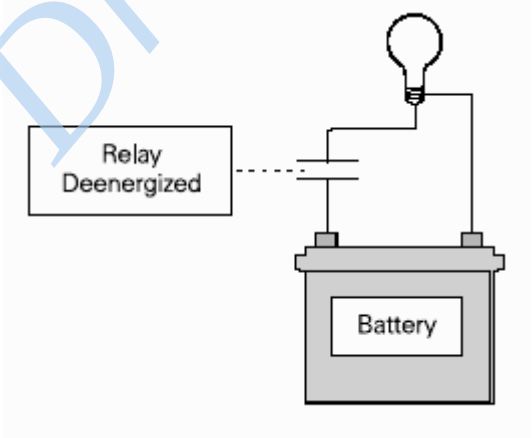
۲- آشنایی با طرز نشان دادن کنتاکتها،کلیدها،کویلها، چراغ پایلوتهاو غیره

با ابداع وتوسعه زبان انتقال ایده ها واطلاعات، فهم زبان کنترل برای فهم بهتر مدارات کنترل الزامیست. زبان کنترل شامل مجموعه علائمی است که بطور معمول برای نمایش اجزای کنترل به کار می رود. در ادامه به بحث در مورد علائم و اختصاراتی پرداخته می شود که به وفور در مدارات کنترل استفاده می شود.

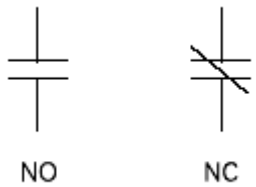
## ۲-۱- علائم کنتاکت

علائم کنتاکت برای نشان دادن باز یا بسته بودن مسیر عبور جریان به کار می روند. کنتاکتها مشابه شکل (٤) یا به صورت Normally Open (NO) و یا Normally Close (NC) نشان داده می شوند. کنتاکتهایی که با این علائم نشان داده می شوند نیاز به وسیله دیگری برای به کار انداختن آن دارند.

نمایش استاندارد یک کنتاکت، نشان گر وضعیت کنتاکت در حالت عادی وبدون کار آن است. درشکل(۵)رله ای که برای به کار انداختن یک وسیله به کار رفته است نشان داده شده است. در این شکل کنتاکتها به صورتNO نشان داده شده است و به مفهوم آنست که در موقعیکه رله بدون برق است کنتاکتها باز هستند. در این حالت مسیر جریان کامل نبوده ولامپ خاموش است.



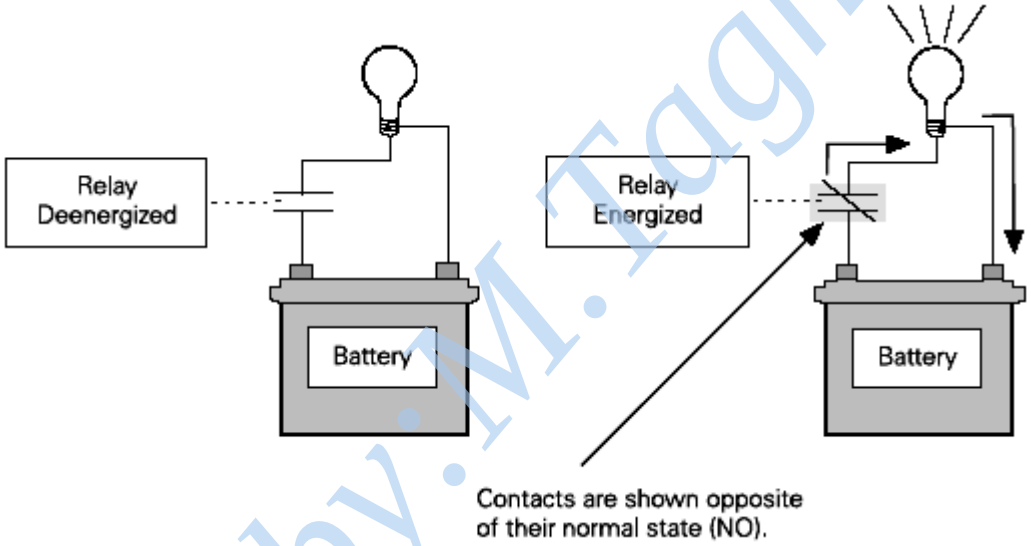

شکل (۵)




شکل (٤)

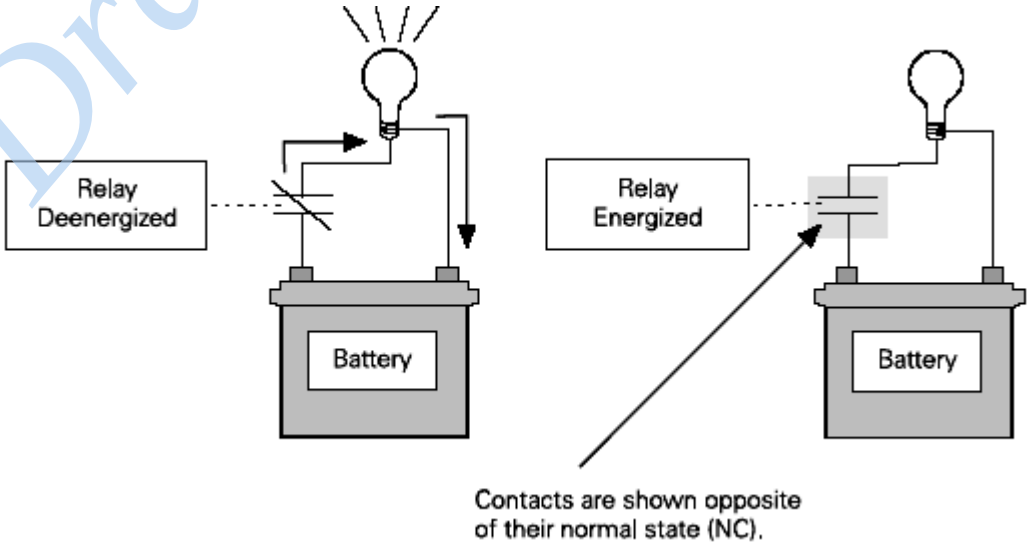
Draft by M. Taghdis

در یک دیاگرام ویا شماتیک کنترل، علائم معمولاً در حالت کاری وبرقدار نشان داده می شوند. در این جزوه جهت اهداف آموزشی، کنتاکت ویا وسیله ای که در حالت نرمال نیست به صورت پررنگ نشان داده می شود. به عنوان مثال در شکل (۶)،مدار در ابتدا در حالت بدون برق است وکنتاکتها در وضعیت NO قرار دارند. وقتی رله برقدار می شود، کنتاکتها بسته شده ومسیر جریان را کامل نموده، چراغ روشن می شود. در این شکل، کنتاکتها برای نشان دادن آنکه بسته هستند پر رنگ تر نشان داده شده اند. البته این طرز نمایش درست نبوده ودر اینجا فقط برای بیان مفهوم به کار رفته است.




شکل (۶)

در شکل (۷)کنتاکتها به صورت NC نشان داده شده است ونشان می دهد کنتاکتها در موقعیکه رله بدون برق است بسته هستند. در این حالت مسیر جریان کامل بوده وچراغ روشن است. وقتی رله برق دار می شود کنتاکتها باز شده وچراغ خاموش می شود.

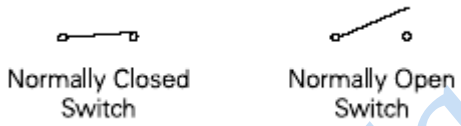



شکل (۷)

Draft by M. Taghdis

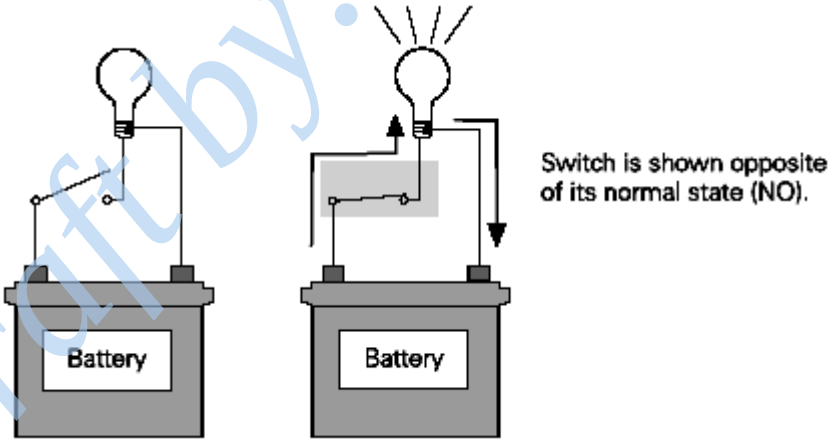
## ۲-۲ علائم کلید

علائم کلید نیز برای نشان دادن باز یا بسته بودن مسیر جریان به کار می رود.بطور کلی برای نشان دادن یک کلید ازعلائم شکل (۸) استفاده می شود ولی برای نشان دادن لیمیت سوئیچ ها، کلیدهای پایی[1]، فشار، سطح، دما، فلو(Flow) و سلکتور سوئیچ ها از علائم مختلفی استفاده می شود. کلیدها نیز مشابه کنتاکتها نیاز به یک وسیله دیگر برای تغییر وضعیت خود دارند. در یک کلید دستی شخص باید به طور دستی موقعیت کلید را تغییر دهد.




شکل (۸)

در مثال شکل (۹)یک قطب باطری به یک طرف کلیدNO ویک لامپ به طرف دیگر آن متصل است. موقعیکه کلید بسته می شود جریان از لامپ عبور می کند و هنگامیکه کلید باز می شود مسیر جریان قطع شده وچراغ خاموش می شود.




شکل (۹)

## ۲-۳ علائم کلیدهای فشاری[2]

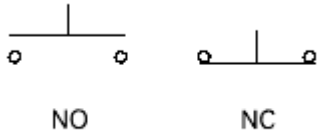
به طور کلی دو نوع کلید فشاری وجود دارد یکی لحظه ای ودیگری دائمی.

یک کلید فشاری لحظه ای NO مادامیکه شستی فشار داده شود بسته می ماند. در حالیکه یک کلید فشاری لحظه ای NC مادامیکه شستی فشار داده شود باز است. کلید فشاری دائم

1- Foot switch
2-Pushbuttons

Draft by: M. Taghdis

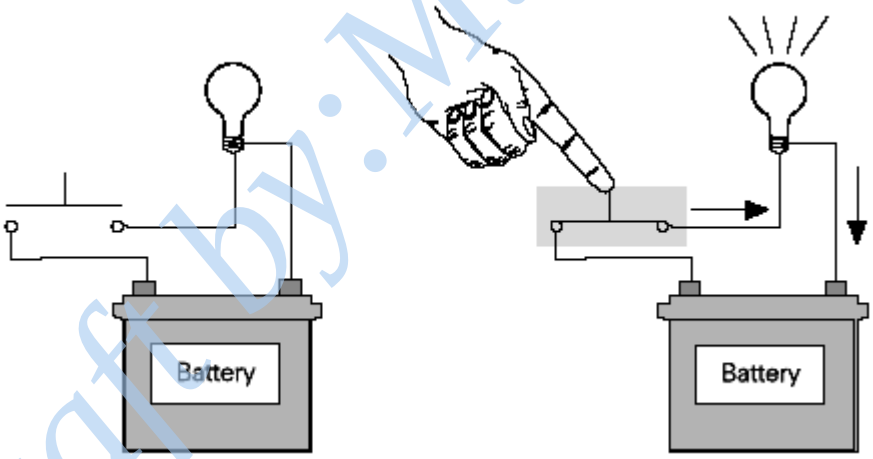
موقعیکه کلید فشار داده می شود در محل قفل می کند. در شکل(۱۰) علائم مخصوص کلیدهای فشاری لحظه ای نشان داده شده است.



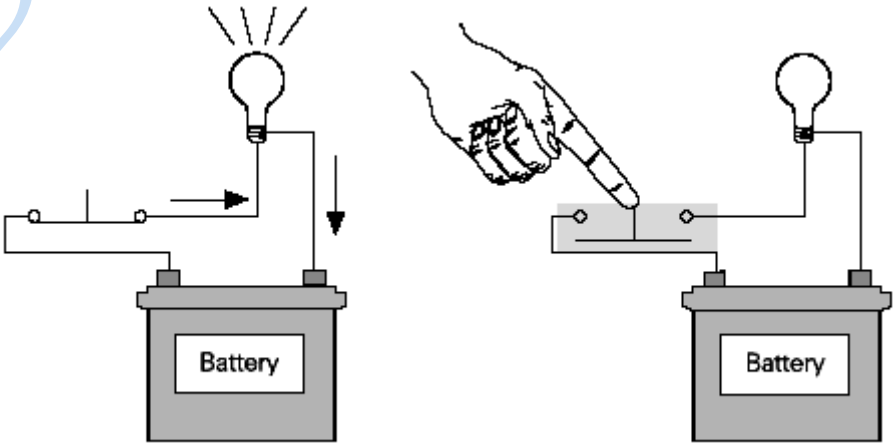

شکل (۱۰)

در مثال شکل (۱۱)یک باطری به یک طرف کلید فشاریNO ویک لامپ به طرف دیگر آن متصل شده است. وقتی کلید فشاریNO فشار داده می شود مسیر جریان بسته شده ولامپ روشن می شود.

در مثال شکل (۱۲)جریان مادامیکه کلید فشار داده نشود جاری خواهد شد. اگر کلید فشار داده شود جریان قطع شده ولامپ خاموش می شود.




شکل (۱۱)

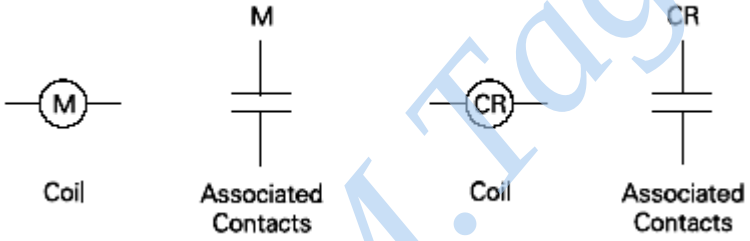



شکل (۱۲)

Draft by: M. Taghdis

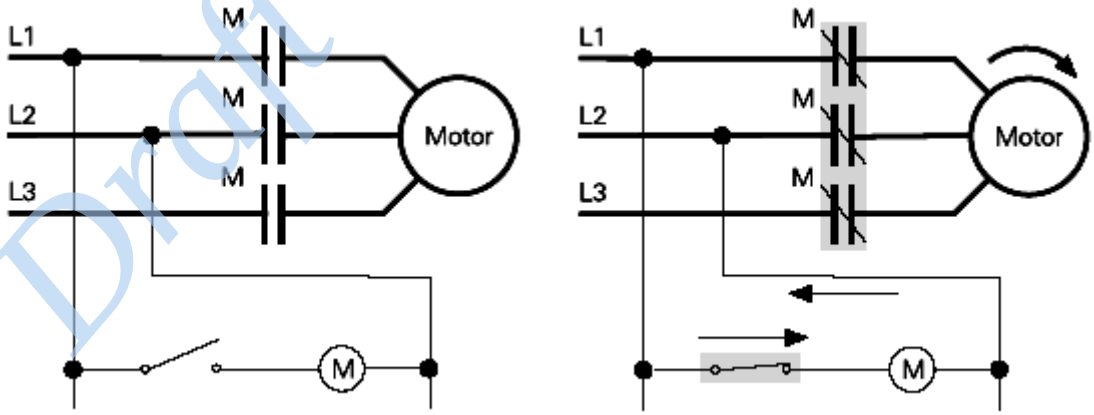
## ۲-۴- علائم کویل

کویلها در استارترهای الکترومغناطیسی، کنتاکتورها ورله ها مورد استفاده قرار می گیرد. وظیفه کنتاکتورها باز وبسته کردن کنتاکتهای مربوطه می باشد. معمولاً برای نشان دادن کویل از یک حرف مانند شکل (۱۳) استفاده می شود. به عنوان مثال حرف M نشان دهنده استارتر موتور و CR نشان دهنده رله فرمان می باشد که کنتاکتهای مربوطه نیز دارای همین حروف مشخص کننده هستند. کنتاکتورها ورله ها با استفاده از یک اصل الکترومغناطیسی که در قسمتهای آینده مورد بحث قرار خواهد گرفت کنتاکتهای خود را باز وبسته می کنند. این کنتاکتها می تواند NC یا NO باشد.




شکل (۱۳)

در شکل (۱٤)کنتاکتهای M که با موتور سری هستند، توسط کویل کنتاکتور M کنترل می شوند. وقتی کلید بسته می شود مسیر جریان از طریق کلید وکویل کنتاکتور M بسته شده وکنتاکتهایM را می بندد که این کار باعث می شود توان به موتور برسد.



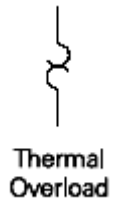

شکل (۱٤)

## ۲-۵- علایم رله اضافه بار

رله های اضافه بارکه علامت آن درشکل(۱۵) نشان داده شده است برای حفاظت موتورها در برابر اضافه دمای ناشی از اضافه بار، افت ولتاژ ویا قطع فاز در سیستم سه فاز به کار

Draft by:M.Taghdis

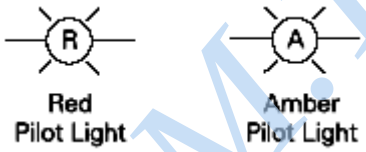
می رود. هنگامیکه یک جریان اضافی برای مدت معین از موتور بگذرد رله باز شده وموتور از منبع تغذیه توان جدا می شود.




شکل (۱۵)

## ۲-۶- علائم پایلوتها[1]

پایلوت یک چراغ الکتریکی کوچک است که برای نشان دادن شرایط مدار به کار می رود. برای مثال برای نشان دادن آنکه موتور در حال کار است از یک چراغ قرمز استفاده می شود. حرفی که در مرکز علامت این چراغ پایلوت می باشد رنگ نور را نشان می دهد. (شکل ۱۶)




شکل (۱۶)

## ۲-۷- علائم دیگر

در یک مدار کنترل علاوه بر علائمی که ذکر شد علائم دیگری نیز به کار می رود. جدول (۱) بسیاری از علائم مورد استفاده در مدارت فرمان را نشان می دهد.

Draft by: M.Taghdis

1-Pilot light

جدول (١)

## Switches

| Disconnect | Circuit Interrupter | Circuit Breaker W/Thermal O.L. | Circuit Breaker W/Magnetic O.L. | Circuit Breaker W/Thermal and Magnetic O.L. | Limit Switches: Normally Open / Held Closed | Limit Switches: Normally Closed / Held Open |
|---|---|---|---|---|---|---|

| Foot Switches | Pressure & Vacuum Switches | | Temp. Actuated Switches | | Speed (Plugging) | | Anti-Plug |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO | NC | NO | NC | NO | F | F | F |
| NC | Liquid Level Switches | | Flow Switches (Air, Water, ...) | | | R | R |

## Selector Switches

| 2 Position | 3 Position | 2 Position Selector Pushbutton |
|---|---|---|
| J K; A1 (J), A2 (K); X - Contact Closed | J K L; A1 (J), A2 (K L); X - Contact Closed | A B; 1 2; 3 4 |

| Contacts | Selector Position A: Button Free | A: Button Depres'd | B: Button Free | B: Button Depres'd |
|---|---|---|---|---|
| 1-2 | X | | | |
| 3-4 | | X | X | X |

## Pilot Lights

Indicate Color by Letter

| Non Push-to-Test | Push-to-Test |
|---|---|
| A | |

## Pushbuttons

| Momentary Contact | | | | Maintained Contact | | Illuminated |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Single Circuit | | Double Circuit | Mushroom Head | Wobble Stick | Two Single Circuits | One Double Circuit | |
| NO | NC | NO & NC | | | | | R |

## Contacts

| Instant Operating | | | | Timed Contacts - Contact Action Retarded After Coil Is: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| With Blowout | | Without Blowout | | Energized | | Deenergized | |
| NO | NC | NO | NC | NOTC | NCTO | NOTO | NCTC |

## Overload Relays

| Thermal | Magnetic |
|---|---|

## Coils

| Shunt | Series |
|---|---|

## Inductors

| Iron Core | Air Core |
|---|---|

## Transformers

| Auto | Current | Iron Core | Air Core | Dual Voltage |
|---|---|---|---|---|

Draft By : M. Tagnas

## ۲-۸- علائم اختصاری

تعدادی از علائم اختصاری که اغلب در مدارت کنترلی استفاده می شود در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۲)

| علامت اختصاری | توصیف | علامت اختصاری | توصیف | علامت اختصاری | توصیف |
|---|---|---|---|---|---|
| AC | جریان متناوب | CR | رله کنترل | FTS | کلید فوت |
| ALM | آلارم | CT | ترانس جریان | FU | فیوز |
| AM | آمپرمتر | D | پایین | GEN | ژنراتور |
| ARM | آرمیچر | DC | جریان مستقیم | GRD | گراند |
| AU | اتوماتیک | DISC | کلید جداکننده | HOA | سلکتور سویچ دستی/خاموش/اتوماتیک |
| BAT | باطری | DP | دو پل | IC | مدار مجتمع |
| BR | رله بریک | DPDT | دو پل دو جهتی | INTLK | اینترلاک |
| CAP | خازن | DPST | دو پل یک جهتی | IOL | اضافه بار لحظه ای |
| CB | کلید قدرت | DT | دو طرفه | JB | جعبه ترمینال |
| CKT | مدار | F | جلو | LS | لیمیت سویچ |
| CONT | کنترل | FREQ | فرکانس | LT | لامپ |
| M | استارتر موتور | POS | مثبت | SP | تک پل |
| MTR | موتور | PRI | اولیه | SPDT | تک پل دو جهته |
| MN | دستی | PS | کلید فشار | SPST | تک پل یک جهته |
| NEG | منفی | R | معکوس | SS | سلکتور سویچ |
| NEUT | نوترال | REC | یکسوکننده | SSW | کلید ایمنی |
| NC | نرمالی کلوز | RES | مقاومت | T | ترانسفورماتور |
| NO | نرمالی اپن | RH | رئوستا | TB | برد ترمینال |
| OHM | اهم متر | S | کلید | TD | رله زمانی |
| OL | اضافه بار | SEC | ثانویه | THS | کلید ترموستات |
| PB | شستی | SOL | سلونوئید | TR | رله تأخیر زمانی |
| PH | فاز | UV | زیر ولتاژ | U | بالا |
| VFD | درایو فرکانس متغیر | XFR | ترانسفورماتور | | |

Draft by: M. Taghdis

**پرسشهای فصل دوم :**

۱- تفاوت کلیدهایNO و NC درچیست؟

۲- انواع کلیدهای فشاری را نام ببرید.

۳- کویل چیست و نقش آن در کنتاکتور چیست؟

٤- پایلوت چیست؟

Draft by:M.Taghdis

# فصل سوم : وسایل کنترل عمومی در مدارات الکتریکی

**اهداف آموزشی فصل سوم :**

۱- آشنایی با انواع کلیدهای ساده و اتوماتیک

۲- آشنایی با انواع کلیدهای دستی شامل کلیدهای غلطکی،سلکتوری و اهرمی وموارد استفاده آن.

۳- شناخت ساختمان شستیهای فشاری و موارد کاربرد آن

٤- آشنایی با مدلهای مختلف استارترها و کنتاکتورهای دستی زیمنس

۵- آشنایی با چراغ پایلوت، میکروسوئیچها، تایمرها و انواع آنها

## ۳-۱- وسایل کنترل ساده

جهت کنترل وسایل الکتریکی ومصرف کننده ها از وسایل مختلفی استفاده می کنند که ساده ترین این وسایل کلیدها هستند. بطور کلی کلید وسیله ای است که با تغییر حالتی که در آن بوجود می آید باعث قطع ویا وصل مدار الکتریکی می شود. عمل تغییر حالت کلید از نیروی مکانیکی ناشی می شود که این نیروی مکانیکی یا مستقیماً ویا توسط انرژی دیگری مثل الکتریسیته به کلید اعمال می شود، کلیدها را از این نقطه نظر می توان به دو دسته زیر تقسیم بندی نمود :

- **کلیدهای ساده :** این کلیدها برای تغییر حالت نیاز به انرژی مکانیکی دارندو بصورت یک پل، دو پل، وسه پل ساخته می شوند.
- **کلیدهای مرکب:** این کلیدها نیروی مکانیکی را جهت تغییر حالت از انرژی واسطه ای مانند انرژی برق دریافت می کنند. مانند انواع رله ها وکنتاکتورها.

## ۳-۲- انواع کلیدهای ساده

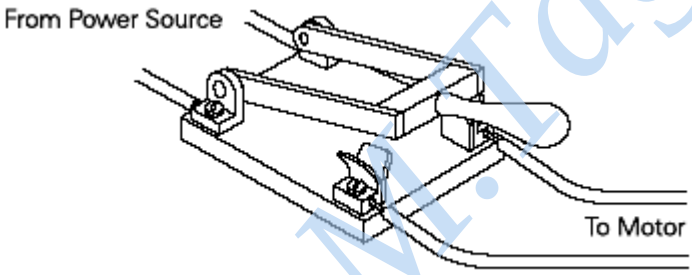
بطور کلی کلیدهای ساده به دو دسته تقسیم می شوند :

- **کلیدهای لحظه ای یا شستی ها:** که به وفور در مدارهای فرمان به کار می روند.
- **کلیدهای دائمی:** که معمولاً از نظر ساختمان بصورت اهرمی، غلطکی وسلکتوری ساخته می شوند. این کلیدها در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت .

Draft by:M.Taghdis

### ۳-۲-۱- کلید اهرمی ساده

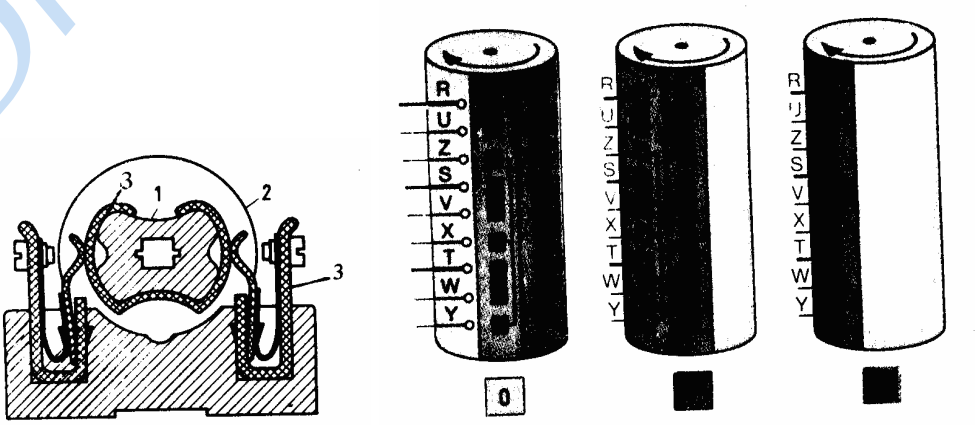
کلید اهرمی ساده یاتیغه ای که در شکل (۱۷) نشان داده شده است، از جمله ساده ترین کلیدها بوده وبوسیله اهرمی که به تیغه های کلید نیرو وارد می کند، ارتباط را برقرار می نماید. تیغه های این نوع کلید بصورت همزمان به کنتاکتهای ثابت وصل می شوند. از این کلیدها که در صنعت با نام کلید چاقویی شناخته می شوند، معمولاً برای جدا کردن مدارهای کم جریان استفاده می شود. در کلیدهای با جریان کمتر، با استفاده از دو کنتاکت که معمولاً درزیر تیغه ومحل ورود جریان قرار دارند،با بستن رشته سیم نازکی عمل فیوز را برای هر تیغه انجام می دهند. ولی در کلیدهای قدرت بالاتر از فیوزهای کاردی (NH) که در زیر تیغه قرار می گیرد استفاده می کنند.




شکل (۱۷)

### ۳-۲-۲- کلید غلطکی

ساختمان این کلید از یک استوانه عایق که حول محوری بصورت غلطک حرکت می کند، تشکیل شده است. در روی استوانه در قسمتهای لازم قطعات هادی بصورت نوار قرار داده شده است .فرم استوانه وقطعات هادی بصورتی است که با حرکت استوانه در حول محورش می تواند کنتاکتهای ثابتی را بهم وصل ویا از یکدیگر جدا نماید. شکل (۱۸) یک نمونه از این کلیدها را نشان می دهد.عمر مفید این کلیدها به علت تماس هادی با کنتاکتها زیاد نیست.




شکل (۱۸)

Draft by: M.Taghdis

### ۳-۲-۳- کلیدهای سلکتوری

گفتیم که در کلید غلطکی بخاطر تماس وسائیدگی که بین نوار هادی وکنتاکتهای ثابت بوجود می آید، از عمر کلید کاسته می شود. بهمین خاطر از کلید غلطکی کمتر استفاده می شود وبجای آن از کلید های سلکتوری که در شکل (۱۹) نشان داده شده است استفاده می شود.

در کلید های سلکتوری بجای قرار دادن نوار هادی روی استوانه وتماس آن با تیغه های ثابت، استوانه را طوری طراحی می کنند که دارای برجستگی وفرورفتگیهایی باشد. این استوانه حول محور خود حرکت کرده وزبانه هایی را بالا وپایین می برد. زبانه مزبور کنتاکتهای متحرک (پلاتین )را به کنتاکتهای ثابت، وصل ویا آنها را از هم جدا می کند.

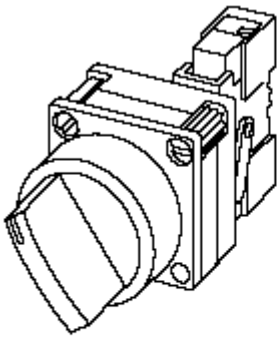
این نوع کلیدها برای باز وبسته کردن دستی کنتاکتها به کار می رود که در انواع ثابت، با برگشت فنری وبا عملکرد کلیدی موجود است. کلیدهای سلکتوری در انواع دو، سه، ویا چهار وضعیتی نیز وجود دارند. تفاوت عمده ای که بین یک شستی فشاری ویک کلید سلکتوری وجود دارد در مکانیزم عملکرد آنست.در سلکتور سوییچ برای باز ویا بسته کردن یک کنتاکت باید عملگری بچرخد.

کنتاکتهایی که در شستی های فشاری استفاده می شود، با کنتاکتهایی که درکلیدهای سلکتوری استفاده می شود قابل تعویض است. کلیدهای سلکتوری اغلب برای انتخاب یکی از چند قابلیت مدار مانند عملکرد دستی، عملکرد اتوماتیک، سرعت کم یا زیاد، پایین وبالا، چپ یا راست وتوقف وچرخش به کار می رود.

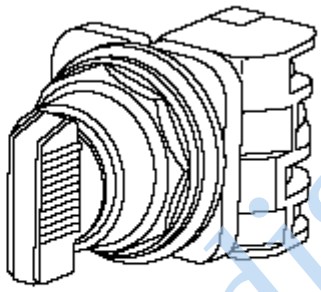
شکل (۱۹)

سلکتور سوییچ های مدل22mm زیمنس که در شکل (۲۰)نشان داده شده است تا ماکزیمم ۶مدار و مدل30mm تا ۱۶مدار را می تواند کنترل می کند.

Draft by:M.Taghdis



Siemens
22 mm Diameter
Selector Switch



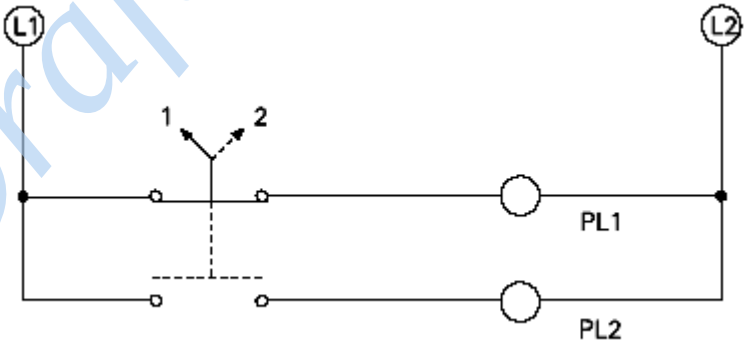
Furnas
30 mm Class 52
Selector Switch

شکل (۲۰)

کلیدهای سلکتوری از نقطه نظر تعداد وضعیت، به کلید دو وضعیتی و سه وضعیتی تقسیم بندی می شوند.

### کلید سلکتوری دو وضعیتی

در مثال شکل (۲۱) موقعیکه کلید در وضعیت ۱ است $PL_1$ به منبع وصل می شود و موقعیکه کلید در وضعیت ۲ قرار می گیرد $PL_2$ به منبع وصل می شود. در این مدار در تمام زمانها یا $PL_1$ روشن است ویا $PL_2$. کلید سلکتوری می تواند در صورتی که تنها یک سیم وجود داشته باشد به عنوان کلیدON/OFF نیز مورد استفاده قرار گیرد.

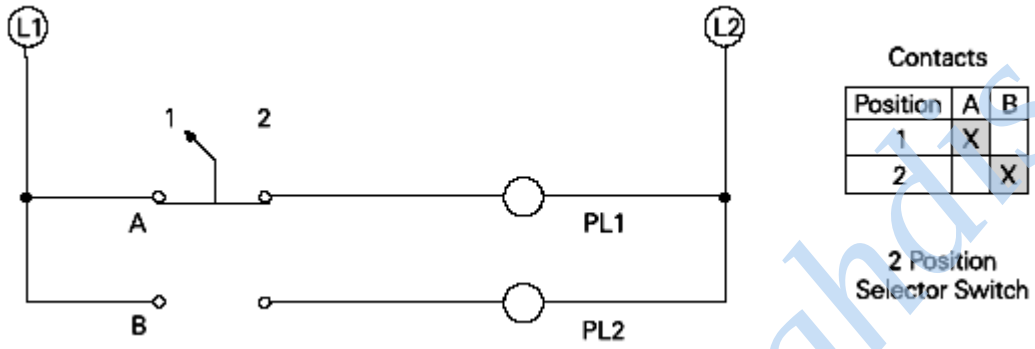



شکل (۲۱)

به طور کلی دو روش پذیرفته شده برای نشان دادن وضعیت اتصال یک کلید سلکتوری در مدار وجود دارد. در روش نخست از خطوط توپر وخط چین مانند شکل قبل برای نشان دادن وضعیت اتصال استفاده می شود و در روش دوم از جداول صحت یا جداول هدف(Target) استفاده می شود که در آن هر اتصال با یک حرف نشان داده می شود. حرف Xدر جدول نشان

Draft by:M.Taghdis

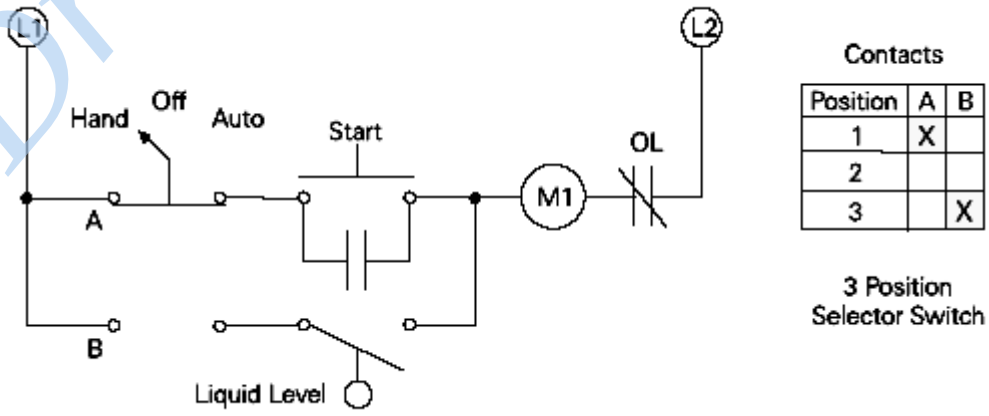
می دهد که کنتاکتها برای یک موقعیت مفروض کلید، بسته هستند. در مثال شکل (۲۲)وقتی کلید در موقعیت۲ است کنتاکت Bبسته شده و $PL_2$ به منبع وصل می شود.




شکل (۲۲)

## کلید سلکتوری سه وضعیتی

یک کلید سلکتوری سه وضعیتی را می توان برای انتخاب یکی از دو مجموعه کنتاکت ویا قطع هر دو مجموعه کنتاکت به کار برد. یکی از این نوع سویچ ها که در کنترل پمپ استفاده می شود و از نوع اتوماتیک /خاموش/دستی است، در شکل (۲۳) نشان داده شده است. موقعیکه در وضعیت دستی، دکمه استارت فشار داده می شود پمپ راه اندازی می شود. برای خاموش کردن پمپ،کلید را باید در موقعیتOff یاخاموش قرارداد.کلیدسطح مایع(Liquid Level) در وضعیتهای خاموش ویا دستی هیچ گونه تأثیری دراین مدار ندارد. ولی هنگامیکه کلید سلکتوری در موقعیت اتوماتیک قرار می گیرد پمپ توسط کلید سطح مایع کنترل خواهد شد. در مقدار سطحی که از قبل برای مایع تعیین شده است ، کلید بسته است وپمپ راه اندازی می شود. ولی وقتی سطح مایع از سطح قبلی پایین یا بالاتر رود پمپ متوقف می شود. (شکل۲۳ )




شکل (۲۳)

Draft by:M.Taghdis

### ۳-۲-۴- شستی های فشاری

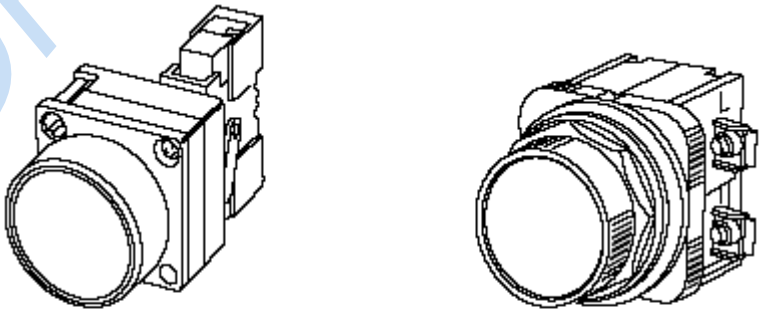
شستی فشاری یک وسیله کنترلی است که برای باز و بسته کردن یک سری کنتاکت به صورت دستی استفاده می شود.شستی ها از جمله وسایلی هستندکه به کنتاکتورها فرمان می دهند و معمولاً به دو صورت شستی وصل (استارت) وشستی قطع (استپ) درمدار بکار می روند.

از شستی استارت برای وصل کردن کنتاکتور استفاده میشود. زمانیکه به این شستیها فشار وارد می شود، مدار را وصل نموده وپس از برداشتن فشار مدار را قطع می کنند.

از شستی استپ برای قطع جریان بوبین کنتاکتور استفاده می شود. این شستی بر عکس شستی استارت در حالت عادی بسته است وفقط زمانیکه به آن فشار وارد می شود، قطع شده وبا برداشتن دست از روی آن مجدداً بسته می شود. وقتی که کنتاکتوری بوسیله استپ قطع می شود مدار قطع شده وکنتاکتور با اتصال مجدد جریان برق، وصل نمی شود مگر اینکه دوباره مدار، استارت شود.

معمولاً شستی ها را طوری می سازندکه یک شستی در حالیکه استارت است، می تواند برای مدار دیگر استپ باشد. همچنین ممکن است دو یا سه شستی استارت یا استپ روی یک محور قرار بگیرند یعنی با فشار روی یک شستی، دو یا سه فرمان به کنتاکتورهای مختلف داده می شود.

شستیها را در انواع تراز، گسترده، قارچی شکل، نورانی و غیر نورانی نیز تقسیم بندی می کنند. شستی های فشاری یا دارای کنتاکتهای NO هستند و یا دارای کنتاکتهای NC. بعضی اوقات نیز دارای ترکیبی از این کنتاکتها هستند. شستی های فشاری22mm زیمنس که در شکل (۲٤) نشان داده شده است می تواند تا ماکزیمم۶ مدار را کنترل کند ولی شستی های فشاری 30mm تا ماکزیمم۱۶ مدار را کنترل می کنند.



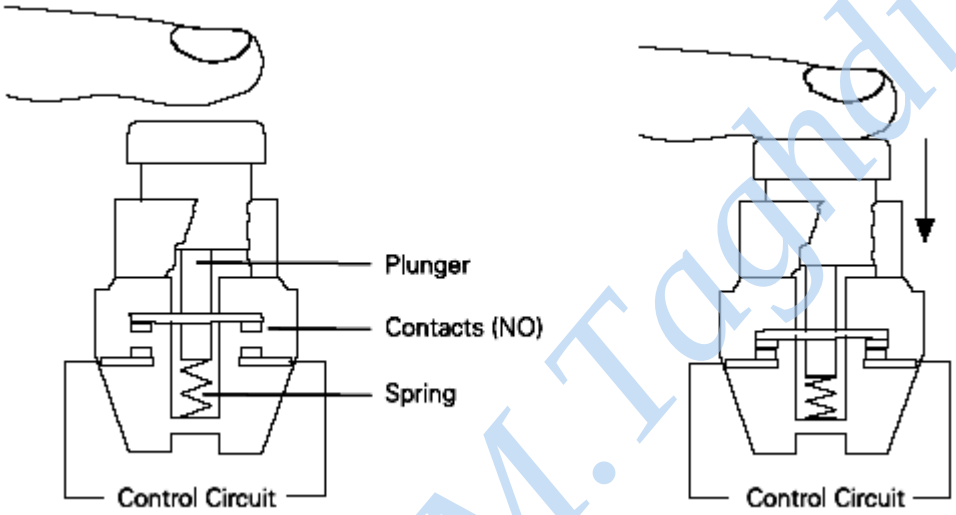
**Siemens**
**22 mm Diameter**
**Pushbutton**

**Furnas**
**30 mm Class 52**
**Pushbutton**

شکل (۲٤)

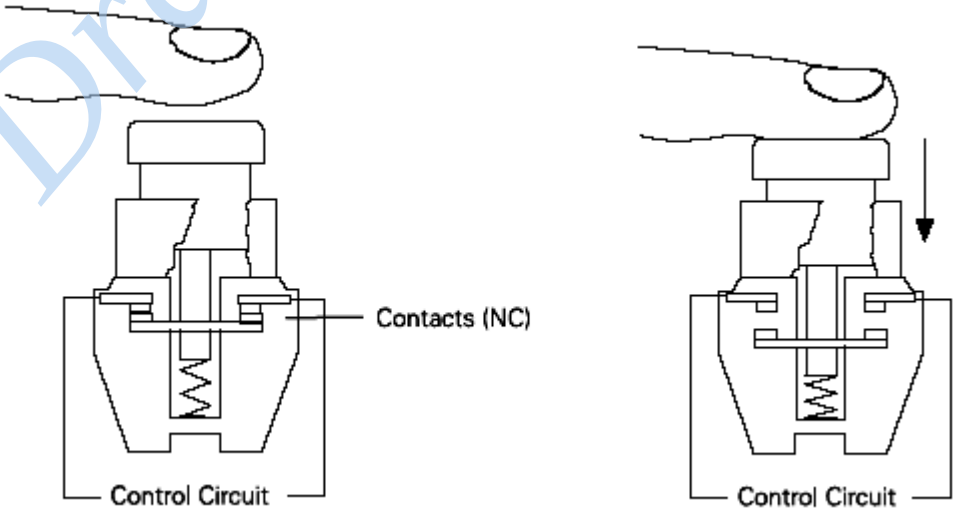
Draft by: M. Taghdis

ساختمان شستیهای فشاری مانند شکل (۲۵) از یک پیستون، یک فنر باز گرداننده و یک مجموعه کنتاکت تشکیل شده است. در این شکل یک شستی فشاری NO نشان داده شده است که در حالت عادی کنتاکتها باز بوده و هیچ جریانی از آنها عبور نمی کند. وقتی فشار از روی شستی برداشته می شود فنر، پیستون را به موقعیت باز بر می گرداند.




شکل (۲۵)

شستی های NC نیز مانند آنچه در شکل (۲۶) نشان داده شده است، برای باز و بسته کردن یک مدار مورد استفاده قرار می گیرد. کنتاکتها در وضعیت عادی بسته بوده و به جریان اجازه می دهد تا به مدار کنترل وارد شود. با فشار دادن شستی کنتاکتها باز شده و از عبور جریان به داخل مدار کنترل جلوگیری می کند. این نوع شستی ها از نوع اتصال لحظه ای هستند چون کنتاکتها مادامیکه پیستون فشار داده شود باز هستند.



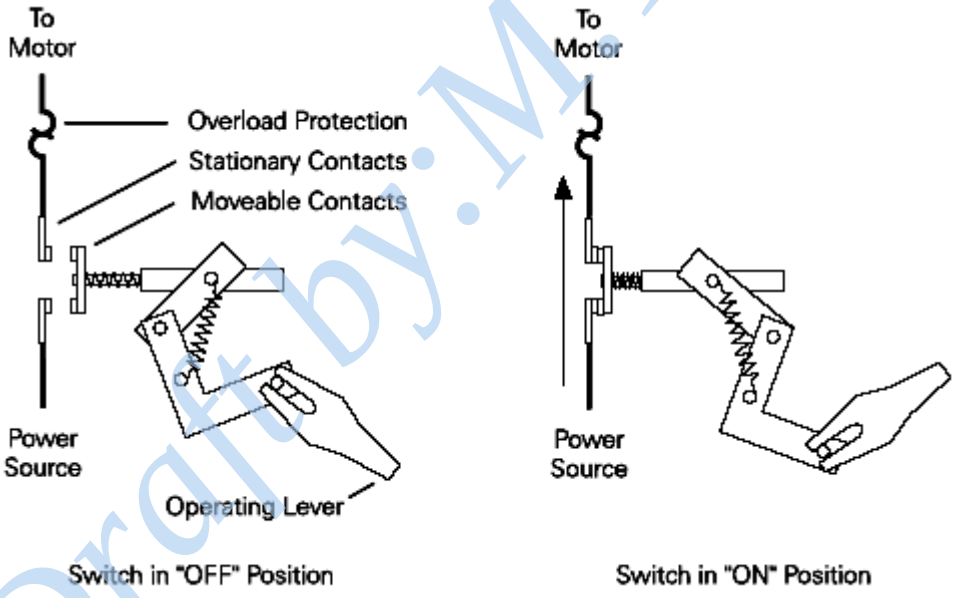

شکل (۲۶)

Draft by M.Taghdis

انواع کنتاکتها می تواند در شستی های فشاری موجود باشند. برای مثال یک شستی فشاری ممکن است یک مجموعه کنتاکت NO و یک مجموعه کنتاکتNC داشته باشد بطوریکه وقتی شستی فشار داده می شود یک مجموعه کنتاکت باز و گروهی دیگر بسته می شوند. با اتصال مناسب کنتاکتها می توان شرایط NO و NC را بوجود آورد.

## ۳-۳- کلیدها و استارترهای دستی موتورها

استانداردNEC [1] لازم می دارد که وسایل کنترلی، موتور را در برابر آسیبهای ناشی از اضافه بار حفاظت نماید.بر مبنای این استاندارد، استارتر های دستی علاوه بر یک کنتاکتور دستی که مانند یک مکانیزم کلید ساده عمل می کند به یک وسیله برای حفاظت اضافه بار نیز مجهز می شوند. شکل (۲۷)یک استارتر دستی تک پل را نشان می دهد. لازم به ذکر است که هر مجموعه کنتاکت یک پل نامیده می شود بنابر این یک استارتر با دو مجموعه کنتاکت، استارتر دو پل نامیده می شود.




شکل (۲۷)

### ۳-۳-۱- استارتر دستی دو پل

در شکل (۲۸)یک استارتر دو پل که برای یک موتور تکفاز مورد استفاده قرار گرفته است نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود استارترها معمولاً بین منبع تغذیه وبار متصل می شوند.

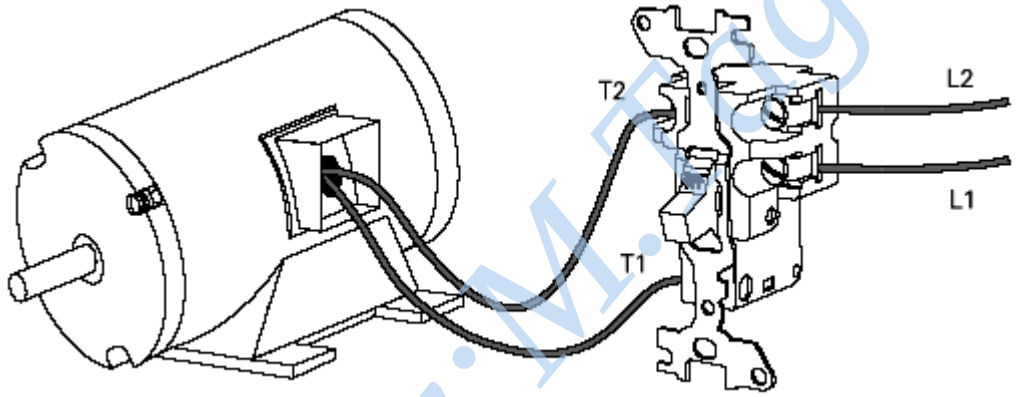
وقتی کلید در موقعیت خاموش است کنتاکتها باز بوده واز عبور جریان از منبع به موتور جلوگیری می کند. وقتی کلید در موقعیت روشن قرار می گیرد، کنتاکتها بسته شده وجریان از

1- National Electrical Code

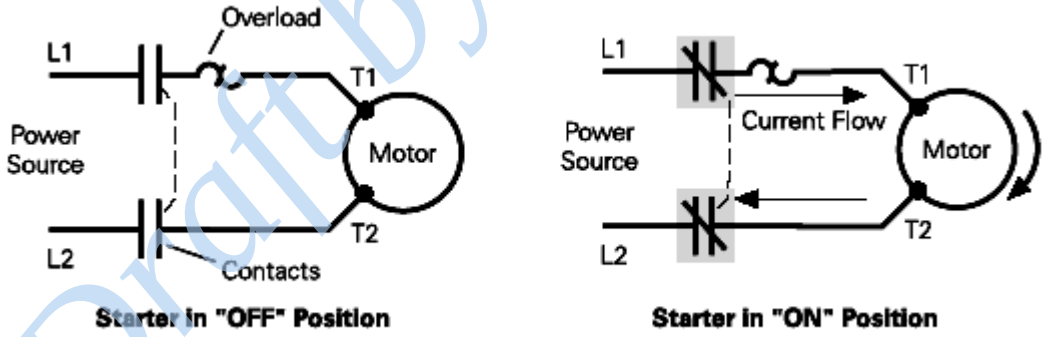
Draft by: M. Taghdis

منبع تغذیه به موتور جاری می گردد. این عملکرد با نقشه تک خطی وبا استفاده از علائم در شکل (۲۹) نشان داده شده است.

بعضی از استارترهای دستی که برای موتورها بکار می رود، دارای حفاظت افت ولتاژ LVP نیز می باشند. این نوع استارترها هنگامیکه توان ورودی قطع شود ویا افت پیدا کند، به طور اتوماتیک منبع را قطع خواهد کرد. در صورتیکه منبع توان دو باره بر قرار گردد، باید این استارتر را بصورت دستی ریست نمود. این کار باعث می شود که وقتی منبع تغذیه وصل شد، افراد از خطر برق گرفتگی وراه اندازی ناگهانی موتور محافظت شوند.




شکل (۲۸)

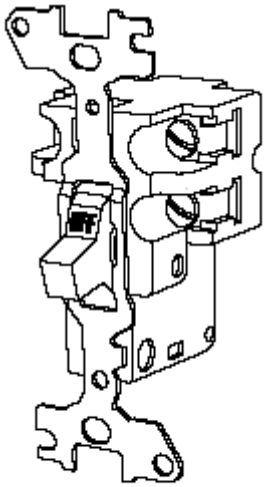



شکل (۲۹)

### ۳-۳-۲- استارتر های دستی SMF برای موتورهای کمتر از یک اسب بخار

این نوع استارترها علاوه بر کنترل خاموش- روشن، حفاظت اضافه بار رانیزبرای موتورهای کوچک فراهم می کنند.انواع یک یا دو پل این استارترها برای موتورهای تا یک اسب بخار و277VAC مناسب می باشند. نوع دو قطب این استارتر که در شکل (۳۰) نشان داده شده است، برای موتورهای 230VAC تا $\frac{3}{4}$ اسب بخار مناسب می باشد. نوع دو سرعته این استارتر نیز موجود است.

Draft by: M. Taghdis

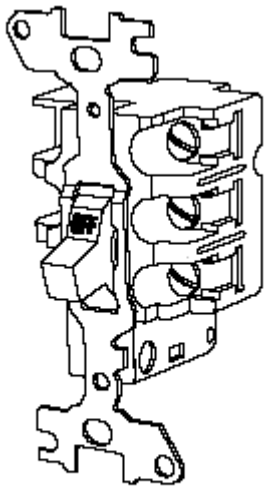


**Two-Pole Manual Starter**

شکل (۳۰)

### ۳-۳-۳- کلیدهای دستیMMS و MRS

کلیدهای MMS و MRS ساخت زیمنس مشابه با استارترهای **SMF** هستندبا این تفاوت که حفاظت اضافه بار را انجام نمی دهند. این کلیدها که در شکل (۳۱) نشان داده شده است فقط کنترل خاموش و روشن موتورهای AC سه فاز و تکفاز را انجام می دهند و حفاظت اضافه بار بطور جداگانه انجام می گیرد. این کلیدها برای موتورهای AC سه فاز تا 10HP و 600VAC وتا 1-1/2HP و 230VDC مناسب می باشند. و در انواع دو سرعته و معکوس کننده نیز موجود است.



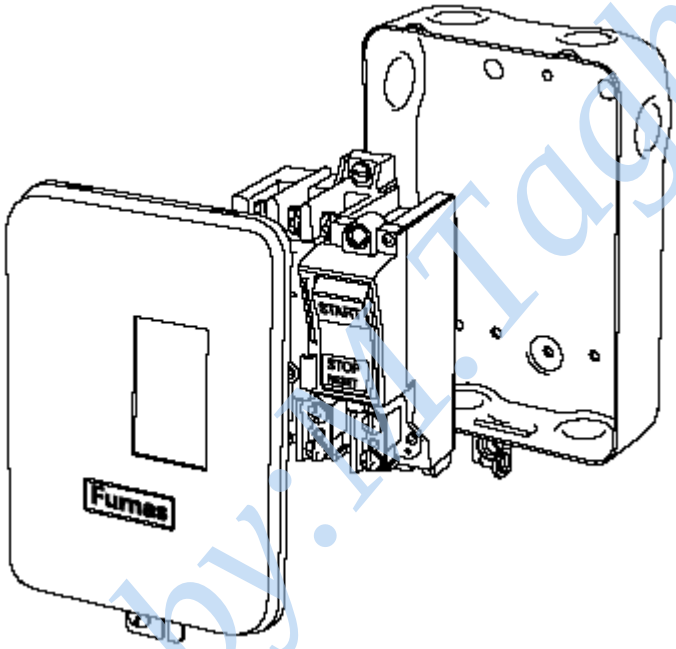
**Three-Pole Manual Switch**

شکل (۳۱)

Draft by:M.Taghdis

### ۳-۳-۴- کنتاکتور و استاتور دستی کلاس Furnas 11

استارترهای دستی کلاس Furnas 11 مجهز به رله اضافه بار آلیاژ ذوبی با هیترهای قابل تعویض و ریست دستی می باشد. این استارترها برای ماکزیمم 10HP و ولتاژ 460VAC سه فاز و5HP درولتاژ230VAC تکفازاستفاده می شود.این استارترهای دستی مانندشکل(۳۲)در محفظه های صنعتی و همه منظوره قرار می گیرند و ممکن است با مدار حفاظت افت ولتاژ نیز تجهیز شوند.کنتاکتورهای دستی کلاس ۱۱ دارای حفاظت اضافه بار نیستند.




شکل (۳۲)

### ۳-۳-۵- محافظ- استارترهای موتور از نوع 3RU10

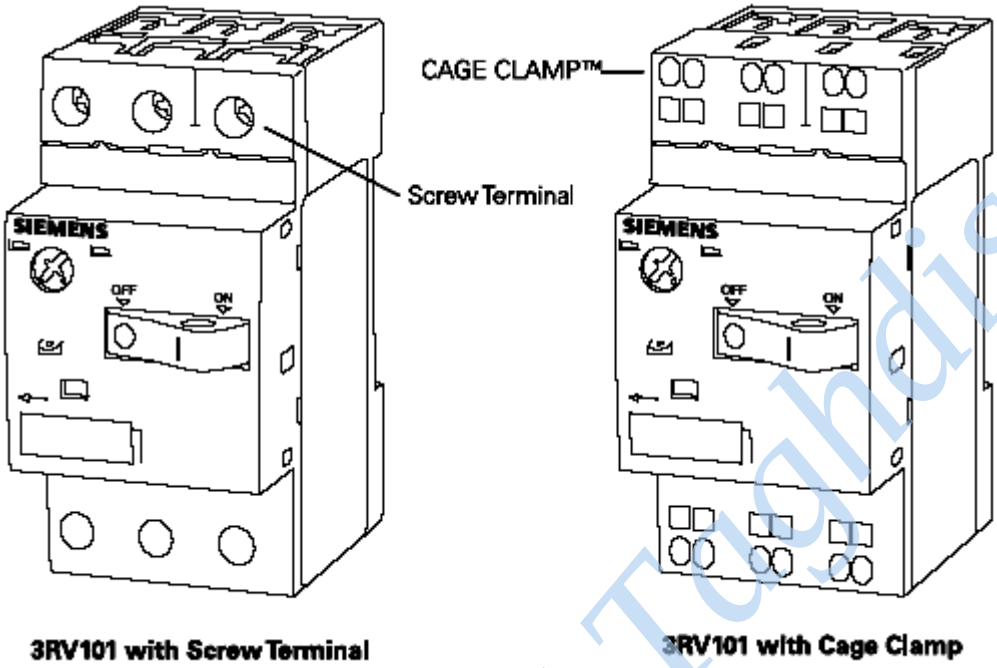
این نوع محافظها قسمتی از خط تولید محصولات کنترل موتور SiRIUS 3R زیمنس می باشد که در آن از یک نوار بیمتال برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده است. مدلهای مختلف این محافظها در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳)

| Frame | Max Current at 460 VAC | Max HP at 460 VAC |
|---|---|---|
| 3RV101 | 12 Amps | 7.5 |
| 3RV102 | 25 Amps | 20 |
| 3RV103 | 50 Amps | 40 |
| 3RV104 | 100 Amps | 75 |

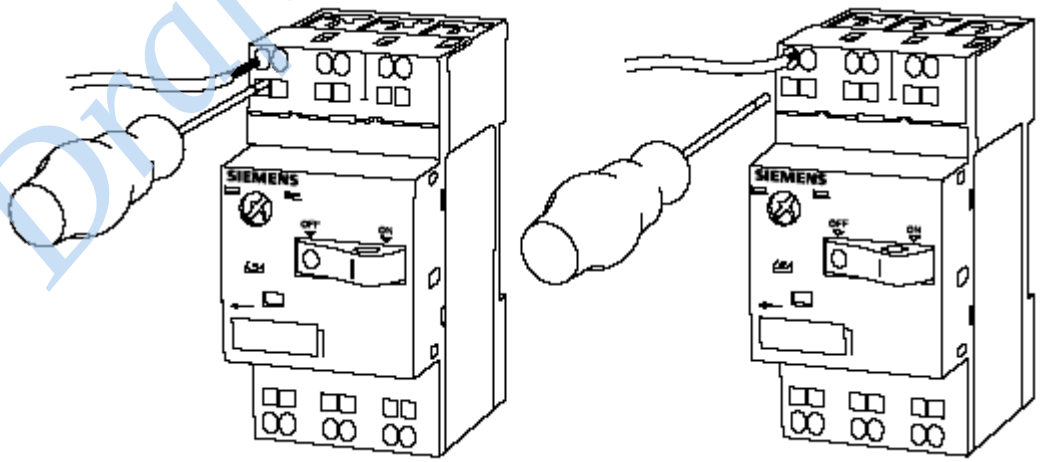
مدل 3RV101 که در شکل (۳۳) نشان داده شده است در دونوع ترمینال پیچی و کلمپی ساخته می شود. ولی مدلهای 3RV102 و 3RV103 و 3RV104 فقط به صورت ترمینال پیچی موجود است.

Draft by M.Taghdis




شکل (۳۳)

در بسیاری از محصولات SiRIUS 3R زیمنس از مدل کلمپی برای وصل سیم ها استفاده می شود. برای وصل کردن سیمها به این نوع وسایل توسط یک پیچ گوشتی مناسب مانند شکل (۳٤) و فشار دادن آن در پورت مورد نظر و وارد کردن سیم در ترمینال، به راحتی عمل اتصال صورت می گیرد. این نوع اتصال در تاسیسات الکتریکی که در معرض لرزش قرار دارند بسیار کاربرد دارد.

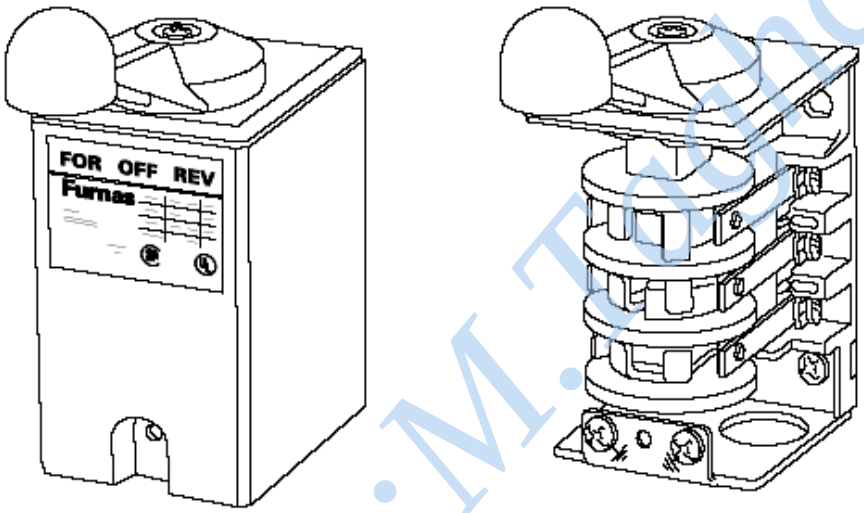



شکل (۳٤)

Draft by M. Taghdis

### ۳-۳-۶- کلید استوانه ای معکوس کننده

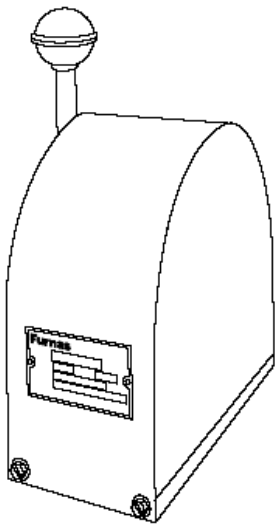
این نوع کلیدها که در شکل(۳۵) نشان داده شده است، به صورت دستی عمل می کنند ومانندکنترلر استوانه ای کلاس Furnas 58 می توانند موتورهای AC را متوقف و جهت آن را عکس نمایند. حفاظت اضافه بار در این کلیدها تعبیه نشده است و باید توسط وسایل خارجی تجهیز گردد. کنترلر کلاس58 برای موتورهای تا 10HP و 460VAC به کار می رود. نوع دیگری از این کلیدها وجود دارد که برای تغییر سرعت موتورهای چند سرعته به کار می رود.




شکل (۳۵)

### ۳-۳-۷- کلید اصلی[1]

کلیدهای اصلی کلاس Furnas 53 که در شکل (۳۶) نشان داده شده است برای کنترل بالابرها، جرثقیلها و تجهیزاتی که نیاز به تغییر و کنترل سرعت دارند به کار می روند. این نوع کلیدها دارای کنتاکتهای دائم و یا لحظه ای نیز بوده و بیش از پنج تنظیم سرعت دارد.




شکل (۳۶)

1- Master Switch

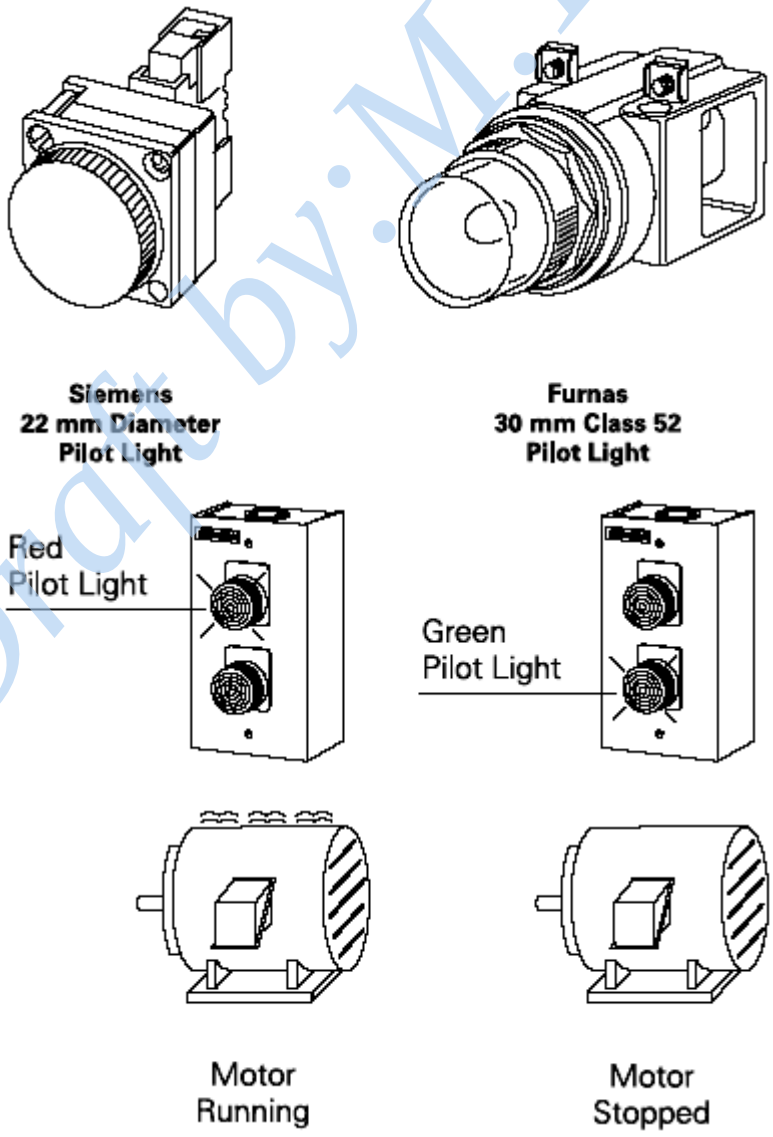
Draft by: M. Taghdis

## ۳-۴- چراغ پایلوت یا لامپ سیگنال

چراغ پایلوت یا لامپ سیگنال، لامپ کوچکی است با قدرت خیلی کم (۱/۵تا ۵وات ) که برای نشان دادن عبور جریان ویا کار مدار مصرف کننده، در مدارهای فرمان وقدرت مورد استفاده قرار می گیرد. چراغهای پایلوت با روشن شدن خود، در یک نگاه وضعیت کاری یک مدار را نشان می دهد. این چراغها معمولاً برای نمایش ON/OFF، اخطار، تغییر وضعیتها وسیگنالهای آلارم به کار می رود. چراغ پایلوت معمولاً به رنگهای قرمز، سبز، آبی، سفید و بی رنگ می باشد.

چراغ پایلوت قرمز معمولاً نشان دهنده آنست که یک سیستم در حال کار عادی است ولی چراغ پایلوت سبز معمولاً نشان می دهد که سیستم خاموش و یا بی برق است. شکل (۳۷)

هر چراغ پایلوت دارای پایه ویاسرپیچ ویژه خود می باشد که دارای شیشه یا طلق در رنگهای مختلف (درسه رنگ قرمز،سبز،نارنجی)است. ولتاژ لامپهای سیگنال معمولاً از ۲٤ تا۲۲۰ولت می باشد.



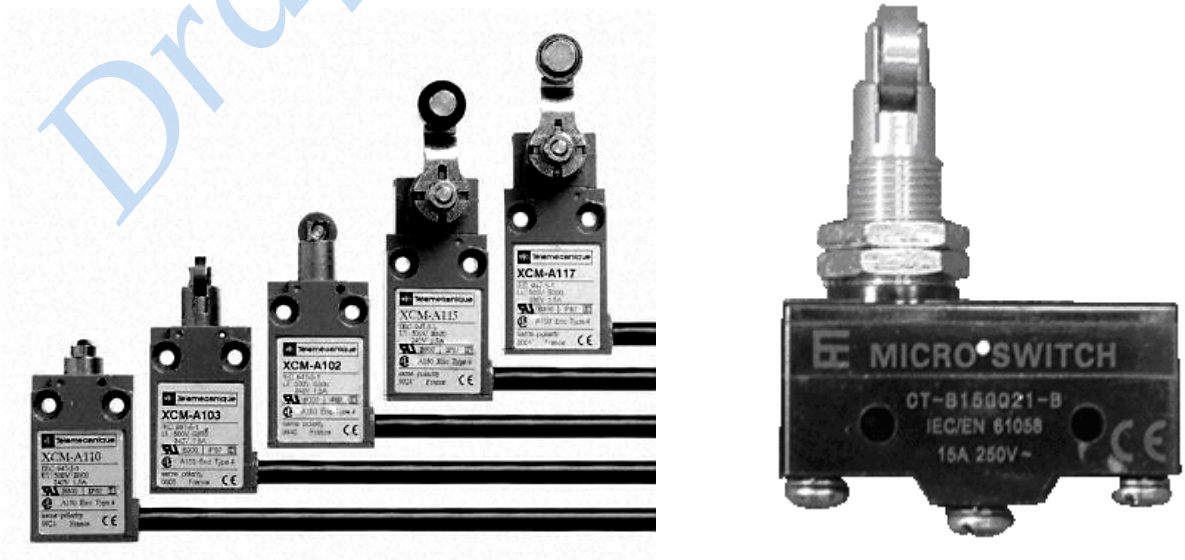

شکل (۳۷)

Draft by:M.Taghdis

## ۳-۵- میکرو سوئیچ

میکرو سوئیچ نیز مانند شستی های قطع و وصل (استارت- استپ) به کنتاکتور فرمان میدهد. تنها تفاوت آن با شستی معمولی در طریقه فرمان دادن آنست. شستیها معمولاً بوسیله انگشتان دست انسان فرمان میگیرند اما میکروسوئیچ بوسیله حرکت مکانیکی خود دستگاه یا ماشین فرمان میگیرد. با مثال ساده ای فرق شستی با میکرو سوئیچ روشن می شود. ما هر روز در موقع ورودبه خانه برای زنگ زدن از انگشتان دست وشستی استارت استفاده می کنیم یعنی مستقیماً به شستی فشار وارد می آوریم. اما زمانیکه در یخچال را باز می کنیم لامپ داخل یخچال روشن می شود. در این حالت دست ما مستقیماً در روشن شدن لامپ داخل یخچال دخالت نداشته بلکه وسیله ای ما بین در یخچال قرار دارد که باز شدن در، باعث روشن شدن لامپ میگردد. این وسیله نیز یک شستی است اما با فرمان مکانیکی یعنی باز وبسته شدن در کار می کند. به این نوع شستی ها در صنعت میکرو سوئیچ گفته می شود. البته واژه میکرو سوئیچ برای شستی های کوچک بکار برده می شودو برای شستی وکلیدهای بزرگتر از واژه لیمیت سوئیچ نیز استفاده میکنند.

همانطور که مشخص شد میکرو سوئیچ ها ویا لیمیت سوئیچ ها در اصل می توانند یک کلید محدود کننده نیز باشند که در صنعت برای کنترل قطع ووصل یک حرکت خطی یا دورانی ویا تغییر جهت گردش یک متحرک بکار می روند. مثلاً در جرثقیلهای سقفی در کارخانه که باید در چند جهت کار کنند وقتی متحرک به آخر هر قسمت از مسیر خود می رسد یک کلید محدود کننده یا لیمیت سوئیچ مدار رفت را از کار انداخته وبه کنتاکتورهای دیگر برای مدار برگشت فرمان می دهد. شکل (۳۸) چند نمونه کلید محدود کننده را نشان می دهد.




شکل (۳۸)

Draft by:M.Taghdis

## ۳-۶- تایمرها

تایمرنیز مانند شستی ومیکروسوئیچ میتواند به کنتاکتور فرمان دهد. فرق تایمر با شستی ومیکروسوئیچ در نوع فرمان دادن آنهاست. بدین ترتیب که شستی بوسیله دست انسان و میکروسوئیچ توسط اعمال مکانیکی دستگاه فرمان می گیرد ولی تایمر بطور خودکار فرمان میدهد. بطور کلی میتوان گفت که تایمر یک شستی اتوماتیک است. فرض کنید موتوری باید بوسیله استارت دستی راه اندازی شود وپس از زمان معینی بطور اتوماتیک قطع شود. در چنین مداری استارت یک شستی معمولی است اما بجای شستی استپ از تایمر استفاده میشود.

تایمرها انواع مختلفی دارندکه متداولترین آنها عبارتند از :

- تایمر موتور دار
- تایمر الکترونیکی
- تایمر پنیوماتیک
- تایمر حرارتی

### ۳-۶-۱- تایمر موتور دار

این نوع تایمر، یک موتور کوچک جریان متناوب با سرعت ثابت است که با عبور جریان از آن به حرکت در آمده وسرعت آن توسط چرخ دنده کم شده وسپس در زمان معین تیغه بسته ای را باز میکند. در این موقع باید جریان موتور تایمر قطع گردد. در این صورت تیغه هائیکه با تأخیر،کار خود را انجام داده بودند، دوباره بجای خود باز میگردند. در شکل (۳۹) ساختمان ساده یک نوع تایمر موتوردار نشان داده شده است.

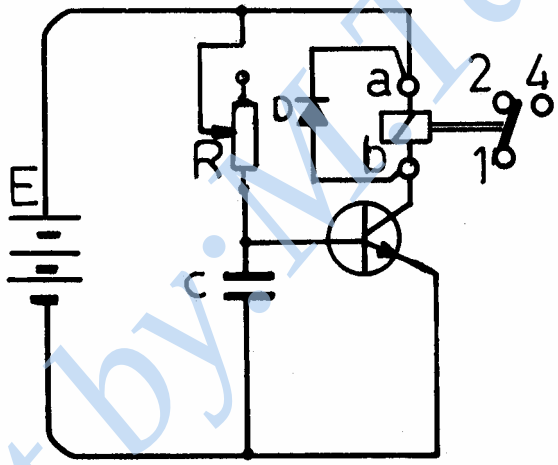
شکل (۳۹)

Draft by:M.Taghdis

### ۳-۶-۲- تایمر الکترونیکی

در این نوع تایمر که مدار آن در شکل (٤٠) نشان داده شده است،جریان الکتریسیته توسط مقاومت Rدر خازن C شارژ میشود. پس از عمل شارژ، ولتاژ بیس ترانزیستور افزایش یافته، ترانزیستور روشن وجریانی مابین امیتر وکلکتور آن برقرار میشود. این جریان وارد بوبین یک رله کوچک که معمولاً در مسیر کلکتور ترانزیستور قرار داده شده است قرار گرفته وکنتاکتهای رله عمل استپ واستارت را انجام میدهند. چون برای شارژ خازن و در نتیجه روشن شدن ترانزیستور وبالطبع عملکرد رله نیاز به زمان است، کار کنتاکتهای رله با تأخیر زمانی همراه است این تأخیر با محاسبه مقدار R وC بدست می آید.

دیودی که در این مدار بکار رفته برای حفاظت ترانزیستور میباشد. در تایمرهای صنعتی بیشتر ازIC استفاده میشود که معمولاً از نوع IC555 می باشد.




شکل (٤٠)

### ۳-۶-۳- تایمر پنیوماتیک

این نوع تایمر دارای یک کپسول هوا و یک بوبین با هسته آهنی میباشد.زمانیکه بوبین تحریک می شود هسته آهنی،کپسول هوا را فشرده میکند وهوای فشرده بعد از زمان تعیین شده کنتاکتها را بازوبسته مینماید. زمان تعیین شده قابل تغییر میباشد.

### ۳-۶-۴- تایمر حرارتی

این نوع تایمر دارای بی متال است وزمانیکه جریان وارد آن میشود گرم شده وپس از مدتی عمل قطع یا وصل را انجام میدهد. دقت این تایمر زیاد نیست بطوریکه سرما وگرمای محیط روی آن تأثیر می گذارد. به همین جهت از این نوع تایمر در برق صنعتی استفاده نمی شود ولی بصورت رله زمانی (رله راه پله )در سیم کشی ساختمان مورد استفاده قرار میگیرد.

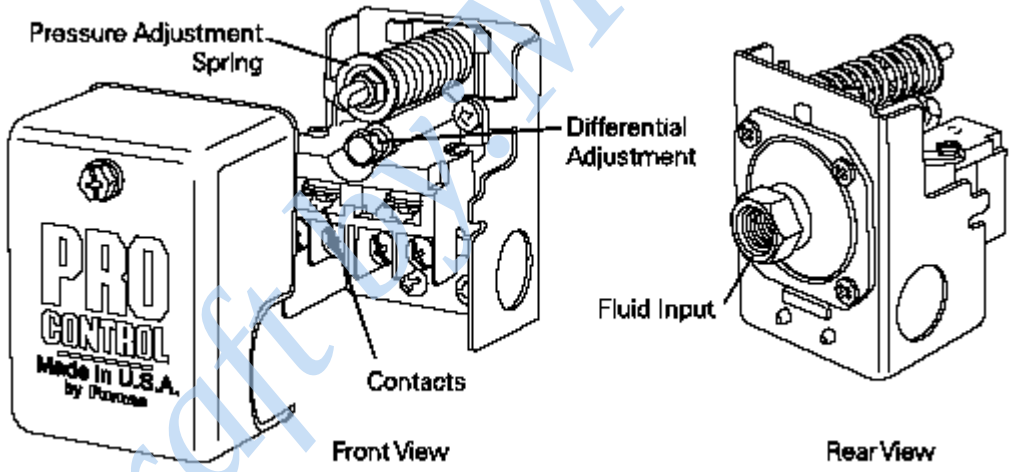
Draft by:MTaghdis

## ۳-۷- کلیدهای فشار وساختمان آن

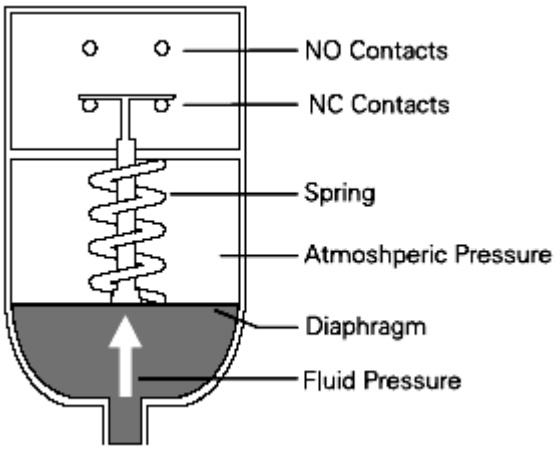
کلیدهای فشار از آن دسته وسایل کنترلی هستند که به تغییرات فشار یک مایع یا هوا پاسخ می دهند.

این کلیدها که نمونه ای از آن در شکل (٤١) نشان داده شده است کنتاکتهای الکتریکی را درپاسخ به تغییرات فشار،بازیابسته می کنندکه این کار باعث روشن ویاخاموش شدن یک موتور، باز و بسته کردن دودکشها و یا فعال کردن بوق و یاچراغ خطر می شود. کلیدهای فشار برای بارهای کمتر از ۵ اسب بخار ممکن است مستقیماً با جریان کار کنند ولی برای بارهای بزرگتر از طریق رله ها، کنتاکتورها و یا استارتر موتورها برق دار می شود.

اجزای اساسی یک کلید فشار در شکل (٤٢) نشان داده شده است. کنتاکتهای الکتریکی توسط حرکت یک دیافراگم در برابر نیروی فنر باز و یا بسته می شوند. این کنتاکتها ممکن است از نوع NC یا NO باشند. تنظیم فنر تعیین می کند که چه مقدار فشار سیال برای عملکرد کنتاکتها لازم است.



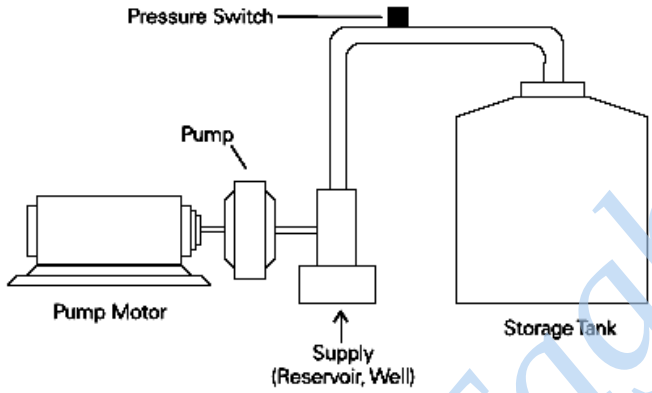

شکل (٤١)




شکل (٤٢)

Draft by M. Taghdis

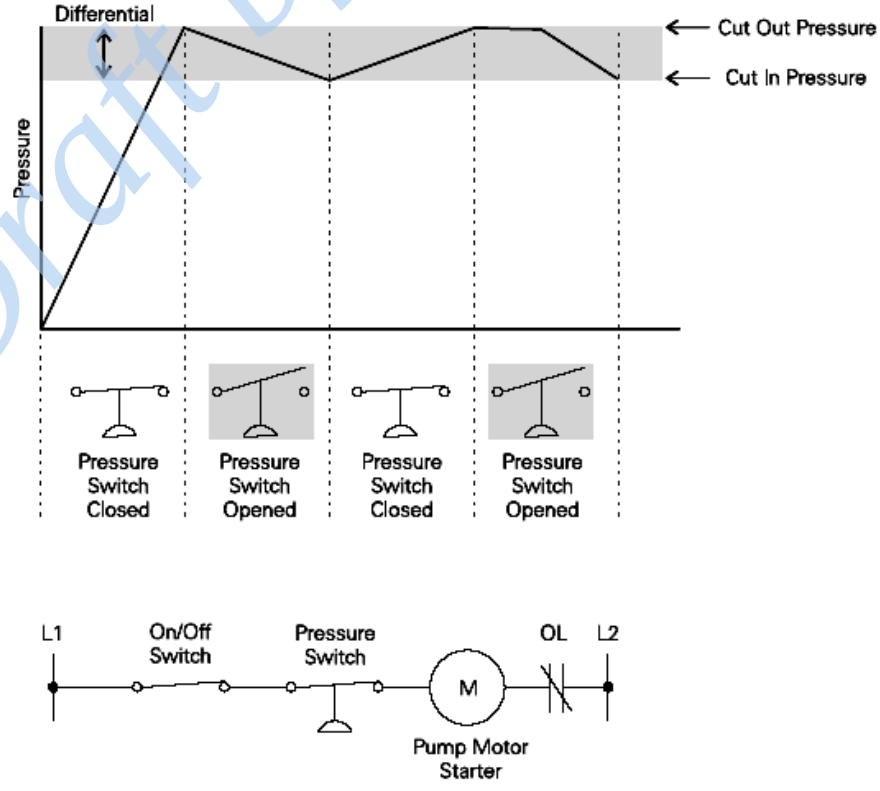
از کلیدهای فشار بطور وسیع برای نگهداشتن فشار یک مخزن در یک سطح مشخص استفاده می شود. این مخزن ممکن است حاوی یک مایع مانند آب و یا حاوی یک گاز مانند هوا باشد. (شکل۴۳ )




شکل (۴۳)

### ۳-۷-۱- عملکرد کلید فشار در یک مثال عملی

در مثال شکل (۴۳) از یک کلید فشار NC استفاده شده است. وقتی مدار وصل می شود پمپ شروع به کار می کند. هنگامیکه فشار در مخزن به سطح از قبل تعیین شده خود می رسد کنتاکتهای کلید فشار باز شده و برق موتور پمپ را قطع می کند. وقتی محتویات مخزن مصرف گردید فشار تانک کاهش می یابد. در یک سطح از قبل تعیین شده کلید فشار کنتاکتهای خود را بسته و باعث می شود پمپ به کار بیفتد. در نمودار شکل (٤٤) این عملکرد نشان داده است.

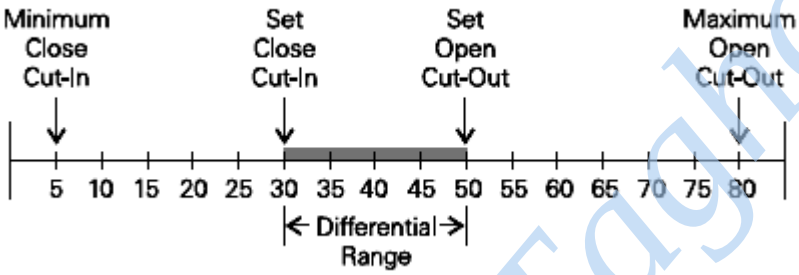



شکل (٤٤)

Draft by M. Taghdis

### ۳-۷-۲- رنج فشار در کلیدهای فشار

کلیدهای فشار بگونه ای طراحی می شوند که در داخل یک محدوده فشار مشخص شده که معمولاً برحسب پوند بر اینچ مربع است کار کنند.در مثال شکل (٤٥) یک کلید فشار آب مدل FURNAS کلاس 69ES که در رنج فشاری 5تا 80PSI کار می کند مشخص گردیده است.



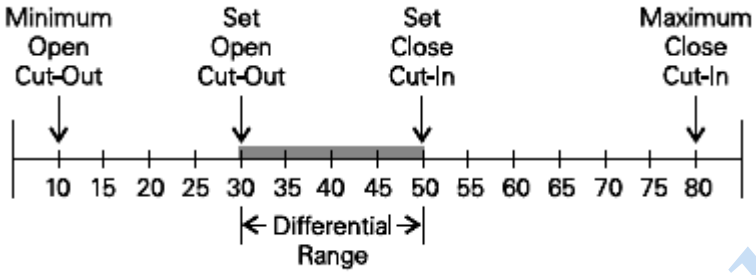

شکل (٤٥)

مینیمم فشار قطع یا CUT- IN در این کلید 5PSI است. این نقطه ای است که فشار سیال بر روی دیافراگم باعث بسته شدن کنتاکتها می شود. ماکزیمم فشار باز یا CUT OUT در این کلید80PSI است که نقطه ای است که فشار سیال بر روی دیافراگم باعث باز شدن کنتاکتها می شود. اختلاف فشار، اختلافی است که بین این دو تنظیم وجود دارد. کلید فشار مدل FURNAS کلاس 69ES دارای رنج دیفرانسیلی 15-25PSI می باشد. در این مثال فشار CUT- IN برای 30PSI و فشار CUT OUT برای 50PSI تنظیم شده است. اختلاف فشار برابر 20PSI است و کلید، فشارهای بین 30 و 50PSI را تنظیم می نماید.

### ۳-۷-۳- عملکرد معکوس کلید فشار

کلیدهای فشار با عملکرد معکوس، با بالا رفتن فشار عمل CUT- IN را انجام می دهند. این کلیدها برای به کار انداختن احتراق موتور گازی که پمپها و کمپرسورها را می چرخاند در موقعیکه به فشار ماکزیمم رسیده باشد طراحی شده اند. در مثال شکل (٤٦) از یک کلید فشار با عملکرد معکوس مدل FURNAS کلاس 69WR5 استفاده شده است. این مدل دارای مینیمم باز یا(CUT OUT ) برابر با 10PSI و ماکزیمم بسته یا CUT- IN برابر 80PSI می باشد. اختلاف یا دیفرانسیل بگونه ای تنظیم می شود که کلید در 30PSI باز و در 50PSI ببندد.

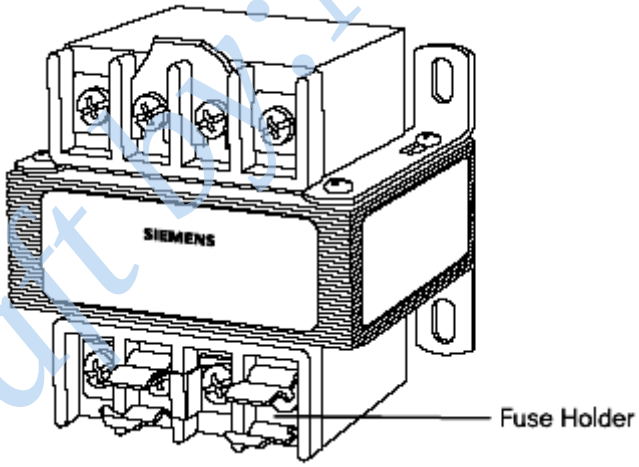
Draft by:M.Taghdis




شکل (٤٦)

## ۳-۸- ترانسفورماتورهای کنترل

بعضی اوقات برای عملکرد یک مدار فرمان نیاز به ولتاژی کمتر از ولتاژ مدار قدرت می باشد.درچنین مواقعی برای کاهش ولتاژبه ولتاژقابل استفاده درمدارفرمان از ترانسفورماتورهای کنترل استفاده می شود. ترانسفورماتورهای کنترلی زیمنس در ولتاژهای اولیه و ثانویه مختلف از 50 تا 5000 ولت آمپر موجود می باشد. نمونه ای از این ترانسفورماتور ها در شکل (٤٧) نشان داده شده است.

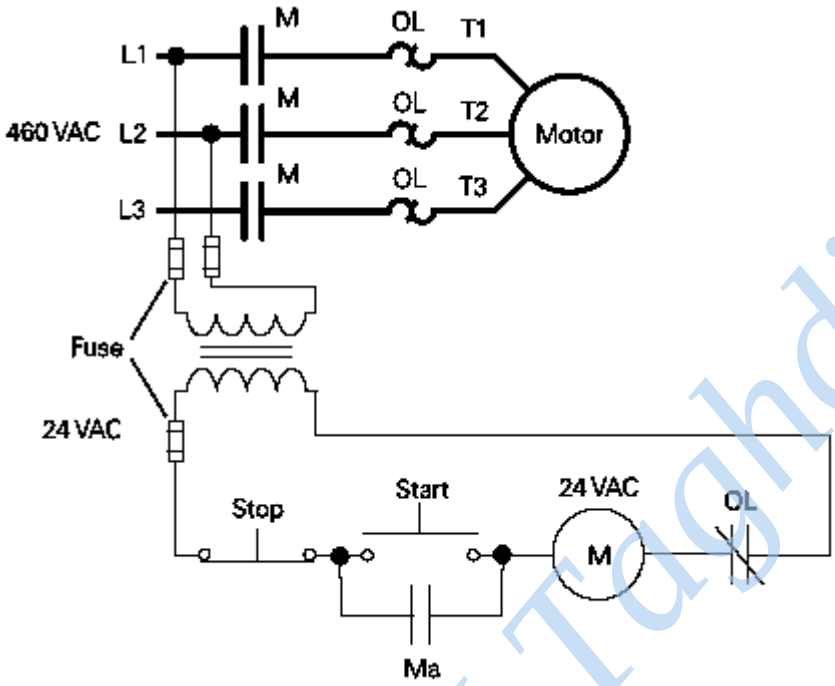



شکل (٤٧)

مدار قدرت در شکل (٤٨) دارای ولتاژ 460VAC می باشد که برای تهیه ولتاژ 24VAC جهت استفاده در مدار فرمان از یک ترانسفورماتور کاهنده استفاده شده است.

ولتاژ کویل الکترومغناطیسی باید 24VAC باشد. فیوزهایی که در اولیه و ثانویه سیم پیچ های این ترانسفورماتور تعبیه شده است حفاظت اضافه جریان را برعهده دارد.

Draft by M.Taghdis




شکل (٤٨)

Draft by:M.Taghdis

**پرسشهای فصل سوم :**

۱- انواع کلیدها را نام ببرید.

۲- تفاوت کلیدهای سلکتوری با شستی های فشاری در چیست؟

۳- انواع کلیدهای سلکتوری را نام ببرید.

٤- انواع شستی های فشاری را نام ببرید.

۵- کلید استوانه ای معکوس کننده در چه مواردی استفاده می شود؟

۶- چراغ پایلوت قرمز نشانگر چیست؟

۷- میکروسوئیچ چیست؟

۸- انواع تایمر را نام ببرید.

# فصل اول :

## تعاریف و اصطلاحات:

**سیستم کنترل اتوماتیک**:اصولاً به وسایلی اطلاق می گردد که در هر لحظه به طور اتوماتیک و خود کار و بدون کمک خارجی یک سلسله اعمال مدار را بررسی و اگر اختلافی در نتیجه پیش بینی شده داشته باشد آن را اصلاح کند.

**فرآیند :**عبارت است از یک سری تحولات زنجیره ای که به سمت نتیجه مطلوب هدایت می شوند.

**حوزه اندازه گیری (range)**: محدوده ای از دامنه تغییرات مورد اندازه گیری است که عنصر اندازه گیری قادر به اندازه گیری آن باشد.بنابر این همواره باید اندازه گیری را انتخاب نمود که حوزه اندازه گیری آن دامنه تغییرات احتمالی کمیت مورد کنترل را تحت کنترل قرار دهد.

**صفر اندازه گیری :** معمولاً نقطه مشخصی را در حوزه اندازه گیری به عنوان نقطه صفر در نظر می گیریم . مثلاً در اندازه گیری های حرارت نقطه صفر زمانی است که آب یخ می زند ، و در اندازه گیری فشار ،فشار اتمسفر به عنوان فشار صفر در نظر گرفته می شود.

**انحراف صفر :** معمولاً اندازه گیری را طوری تنظیم می کنند که خروجی آن در نقطه صفر مساوی صفر باشد،اما متأسفانه اندازه خروجی در نقطه صفر ممکن است با گذشت زمان تغییر کند ،این پدیده را انحراف صفر می گویند.

Draft by:M.Taghdis

**حساسیت** : حساسیت یک دستگاه اندازه گیری عبارت است از تغییرات خروجی اندازه گیری به واحد تغییرات در کمیت مورد اندازه گیری . به بیان دیگر حساسیت شیب مشخصه عنصر اندازه گیر می باشد. اگر شیب مشخصه در حوزه اندازه گیری ثابت باشد، اندازه گیر را خطی می گوییم.

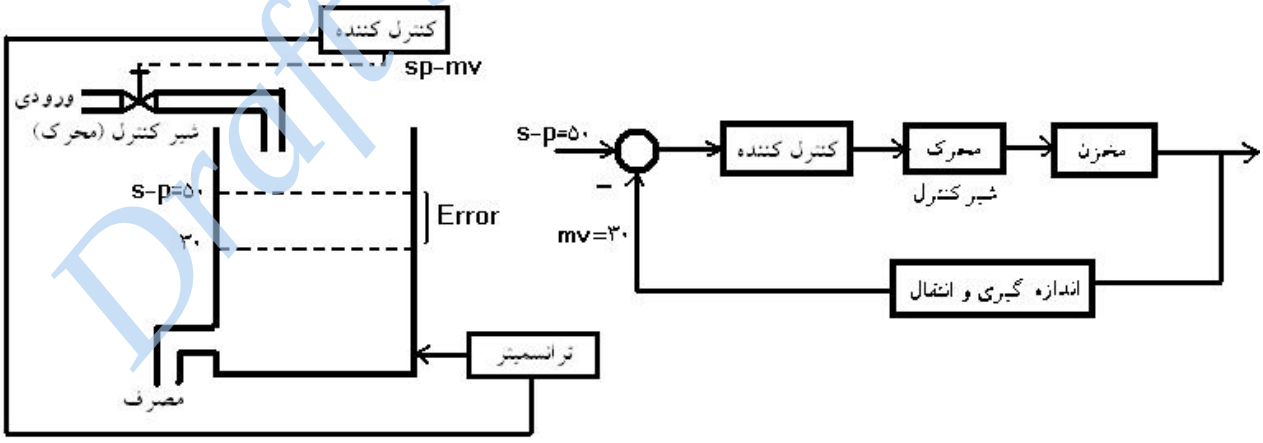
**اغتشاش:** عاملی است که بر روی خروجی تأثیر نامطلوب می گذارد ،و می تواند درونی یا بیرونی باشد .

**پایداری :** میزان ثبات یا تغییر ناپذیری یک خروجی در اثر اعمال اغتشاش را پایداری گویند.

**فیدبک (feedback) :** مقایسه خروجی یک سیستم با مقدار مطلوب و تولید یک سیگنال خطا را فیدبک گویند.

**دستگاه تحت کنترل(plant) :**هر وسیله ای که قرار است کنترل شود مثل کوره دما، مخزن فشار و ... نامیده می شوند.

**مثال) کنترل سطح مایع یک مخزن :**




شکل ۱: کنترل سطح مایع یک مخزن

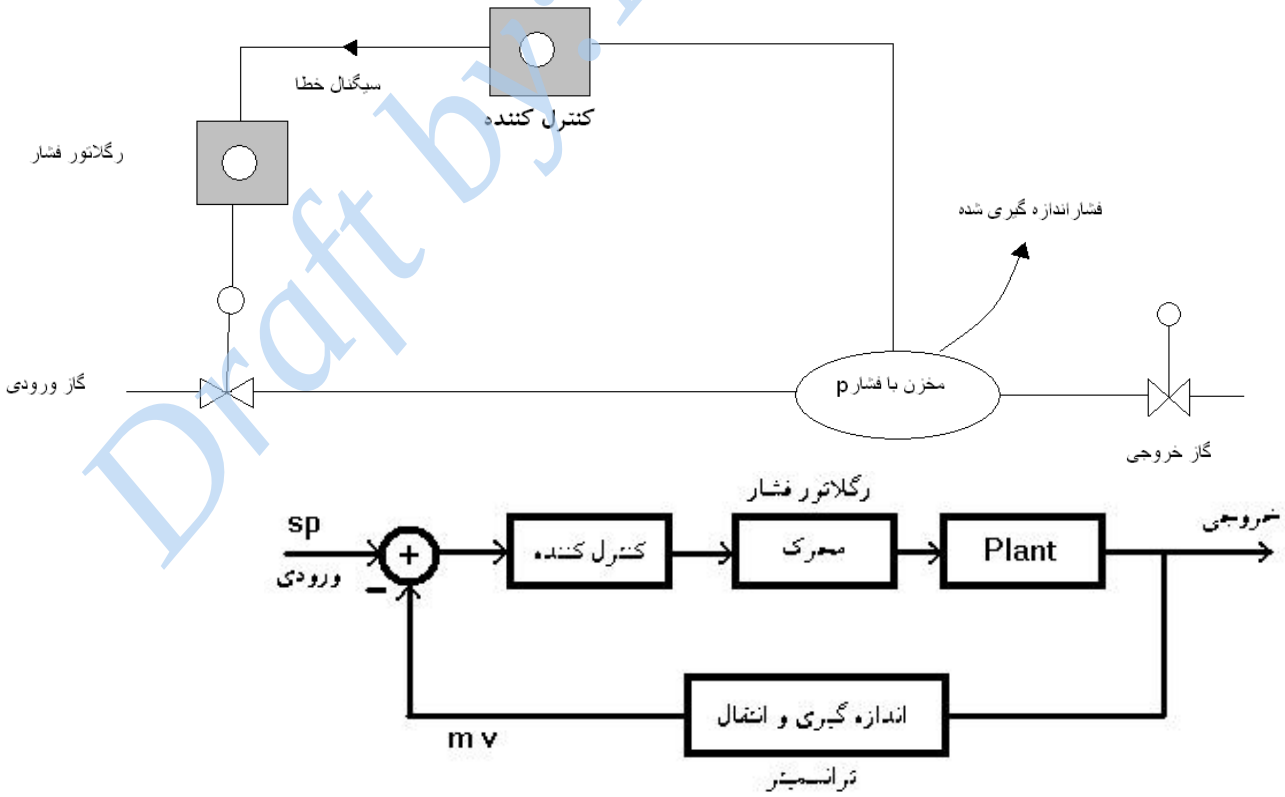
Draft by: M. Taghdis

در این سیستم می خواهیم سطح آب در یک ارتفاع معین ثابت بماند، یعنی می خواهیم سطح آب در یک حد مطلوب که به آن (set point)می گوییم،پایدار شود.

این مخزن شروع به پر شدن می کند،هر ارتفاع این مخزن در هر لحظه به عنوان خروجی این سیستم می باشد که این خروجی در هر زمان توسط وسیله اندازه گیری سطح اندازه گیری شده و در قسمت دستگاه کنترل کننده با مقدار مورد نظر مقایسه می شود،که اختلاف مورد نظر به عنوان سیگنال خطا به شیر کنترل فرستاده می شود . مطابق آن و متناسب با اختلاف ،شیر آب ورودی باز و بسته می شود. این عمل تا زمانی که خروجی به مقدار مطلوب مورد نظر نرسیده ادامه می یابد.

وقتی اختلاف صفر شود سطح همواره ثابت خواهد ماند.لازم به ذکر است این سطح با تغییرات مصرف (خروجی) و ورودی آن تغییر می کند ،که در این صورت مجددا بایستی عمل کنترل صورت گیرد.

**مثال) سیستم کنترل فشار مخزن:**




شکل ۲: سیستم کنترل فشار مخزن

Draft by:M.Taghdis

در این سیستم هدف کنترل فشار گاز درون یک مخزن می باشد.هرچه مصرف گاز زیاد تر باشد فشار گاز درون مخزن تغییر می کند.با تغییر میزان گاز ورودی سعی داریم تا فشار داخل مخزن را در نقطه ی مرجع نگهداریم.در این سیستم به غیر از تغییر مصرف در خروجی تغییرات دمای محیط نیز می تواند باعث تغییر فشار داخل مخزن شود که بعنوان اغتشاش یا نویز معروف است.

در سیستم کنترل اتوماتیک فشار داخل مخزن اندازه گیری شده و تبدیل به فشار یا سیگنال مورد نظر در دستگاه کنترل کننده و مقایسه کننده می شود وبا مقدار مطلوب مقایسه شده و در صورت خطا بطور مناسب روی رگلاتور شیر کنترل اعمال می شود تا با باز و بسته کردن شیر کنترل ورودی عمل تنظیم فشار داخل مخزن صورت گیرد. .در این سیستم ها ارتباط بین سیستمprocessو اتاق فرمان از طریق سیگنال ها و انرژی هایی چون (پنوماتیکی و هیدرولیکی در صنعت نفت و گاز و محل های قابل انفجار )و انرژی برق استفاده می شود.

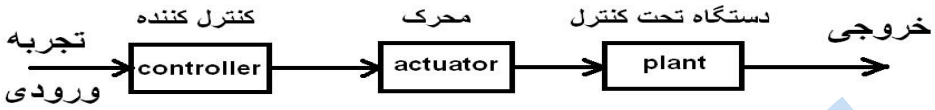
**تقسیم بندی سیستم های کنترل:**

سیستم های کنترل به دو نوع حلقه باز و حلقه بسته تقسیم بندی می شوند.تغییرات ورودی ممکن است فقط بر اساس اطلاع از مدل سیستم و یا تجربه صورت گیرد و بدون اطلاع از خروجی باشد که در آن صورت سیستم را حلقه باز می نامند.

در صورتی که عملیات و تغییرات ورودی بر اساس اطلاع از خروجی صورت گیرد سیستم را حلقه بسته و به آن سیستم کنترل فیدبک دار گویند.

در کنترل حلقه باز ورودی بر اساس اطلاع قبلی از مدل سیستم به منظور ایجاد خروجی معین به سیستم اعمال می شود .کنترل کننده شکل سیگنال ورودی را به طور متناسب تغییر و تقویت می کند .قسمت محرک دارای توان زیاد بوده و بر اساس سیگنال دریافتی از کنترل کننده نیروی لازم را اعمال نموده و حرکات لازم انجام می دهد.

Draft by:M.Taghdis




شکل ۳:بلوک دیاگرام کنترل حلقه باز

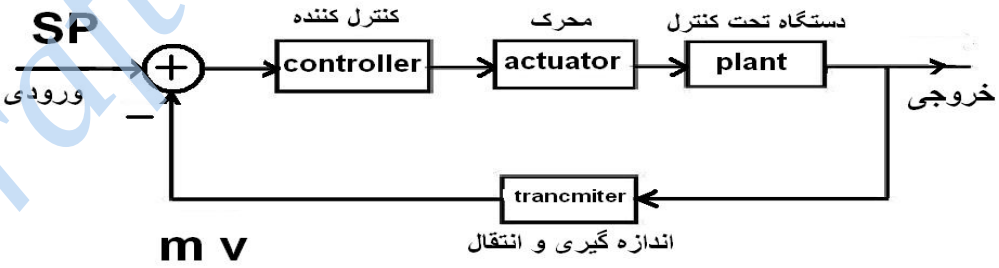
در سیستم حلقه باز اثر خطای موجود در مدل سیستم یا تحریکات موجود غیر قابل پیش بینی است.خروجی دستگاه معمولا دارای مقداری خطا نسبت به مقدار مورد نظر خواهد بود.

**کنترل حلقه بسته :**

در اینجا عمل کنترل بر اساس ورودی مرجع و خروجی صورت می گیرد.مقدار خروجی توسط اندازه گیر و مبدل به مقایسه کننده ارسال میشود و نتیجه ی مقایسه به عنوان سیگنال خطا به کنترل کننده اعمال می گردد.

**مثال**:

یک لباس شویی هوشمند که با مطلع شدن از میزان پاکی لباسها, آب و کف وارد ماشین می کند .



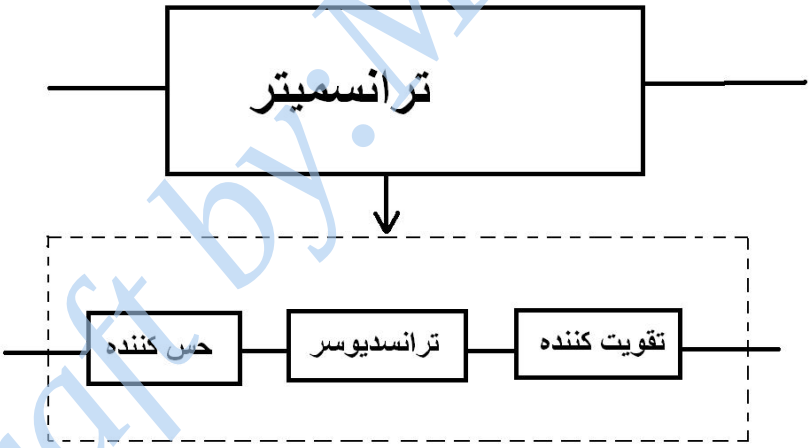

شکل ۴:بلوک دیاگرام کنترل حلقه بسته

Draft by:M.Taghdis

## انتقال دهنده های سیگنال(ترانسمیترها):

در واحد های صنعتی بزرگ که عملیات تولید در محوطه ی گسترده ای انجام می گیرد ادوات و دستگاه های کنترل و اندازه گیری بطور متمرکز در محلی به نام اتاق فرمان یا مرکز کنترل قرار دارند. بطوری که امکان اندازه گیری و کنترل کلی متغییر ها در سراسر کارخانه و محوطه آن توسط اپرا تور در هر لحظه فراهم آید.در چنین مواردی لازم است که سیگنال ها و فرمان ها از محوطه به اطاق کنترل و بر عکس منتقل شوند برای این منظور از دستگاه هایی بنام ترانسمیتر ها استفاده می شود.

ترانسمیترها روی لوله ها و مخازن در سراسر محوطه در نقاط اندازه گیری نصب می شوند. بطور کلی ترانسمیتر ها از سه قسمت اصلی حس کننده، مبدل(ترانسدیوسر) و تقویت کننده تشکیل می شود.




شکل ۵:بلوک تشکیل دهنده ترانسمیتر

Draft by M. Taghdis

شکل ۶: ترانسمیتر

ترانسمیتر ها در انواع الکتریکی و نیوماتیکی ساخته می شوند.

خروجی ترانسمیتر های الکتریکی بین ۴-۲۰میلی آمپر و ترانسمیتر های نیوماتیکی بین۳ PSIتا۱۵ بر حسب تغییرات کمیت ورودی می تواند تغییر کند. (PSI=POUND-SQUARE INCH )

لازم به ذکر است قسمت های مبدل و تقویت کننده برای انواع ترانسمیتر ها یکسان بوده و فقط قسمت حس کننده برای کمیت های مختلف متفاوت می باشد.مثلاً در مورد ترانسمیتر درجه حرارت قسمت حس کننده به درجه حرارت و درمورد ترانسمیتر های فشار قسمت حس کننده به درجه فشار حساس خواهند بود.

برای مدرج کردن و یا کالیبره کردن ترانسمیتر ها طبق دستور سازنده با دادن ورودی های معین و معلوم خروجی را تنظیم می کنیم.

Draft by: M.Taghdis

مثلاً اگر ورودی صفر باشد خروجی ترانسمیتر نیوماتیکی باید 3 psi باشد و اگر ورودی حداکثر باشد خروجی باید ۱۵را نشان دهد.

**تعریف ترانسدیوسر:**

مبدل یا ترانسدیوسر به مجموعه ای از قطعات یا به دستگاهی گفته می شود که بتواند کمیتی را دریافت و متناسب با آن، کمیتی از جنس دیگر را تحویل دهد.

**انواع ترانسدیوسر ها:**

۱-ترانسدیوسر های کمیت های غیر الکتریکی به الکتریکی ۴-۲۰میلی آمپر

۲-ترانسدیوسر های کمیت های غیر الکتریکی به نیوماتیکی ۳-۱۵ psi

۳-ترانسدیوسر های علائم نیوماتیکی به الکتریکی

۴-ترانسدیوسر های علائم الکتریکی به نیوماتیکی

Draft by:M.Taghdis

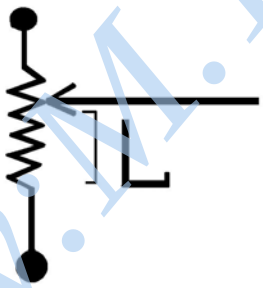
# فصل چهارم

## اندازه گیری های وضعیت(جابجایی):

**۱-اندازه گیرهای مقاومتی :** مقاومت الکتریکی یک جسم از رابطه زیر بدست می آید .

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

اگر اگر A و $\rho$ ثابت باشند مقاومت متناسب با طول خواهند بود و بنابر این از آن می توان بعنوان یک اصل فیزیکی برای ساخت اندازه گیر های وضعیت استفاده نمود.ساده ترین نوع اندازه گیر های مقاومتی اندازه گیر های پتانسیومتری می باشد.



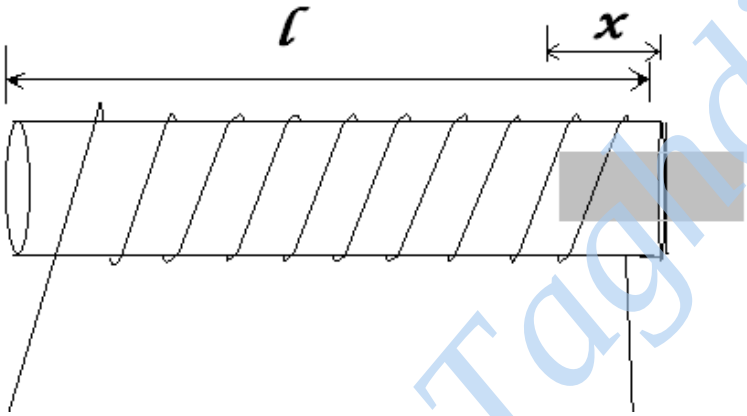
شکل ۷: پتانسیومتر

از مزایای اندازه گیر های مقاومتی میتوان به سادگی ارزانی و سهولت کاربرد اشاره کرد و از معایب آن نیز استهلاک مکانیکی و محدود بودن رنج اندازه گیری و ایزولاسیون ضعیف ورودی، خروجی اشاره کرد.

**۲-اندازه گیرهای سلفی :** مشکل اساسی اندازه گیر های مقاومتی استهلاک آنها ست چرا که لغزش سر وسط پتانسیومتر بر روی آن موجب استهلاک و سایش می شود .بعلاوه لختی سر وسط ایجاد نویز و اختلال در اندازه گیری می نماید .همچنین گرد غبار و آلودگی هایی که در محیط های صنعتی وجود دارد نیز موجب کثیف شدن پتانسیومتر و انحراف مشخصات اولیه آن می شود.

Draft by M.Taghdis

عدم ایزولاسیون الکتریکی ورودی، خروجی نیز یکی از معایب عمده این اندازه گیرهای مقاومتی می باشد .در بسیاری از کاربرد ها برای رفع مشکلات فوق از اندازه گیر های سلفی استفاده می کنیم.

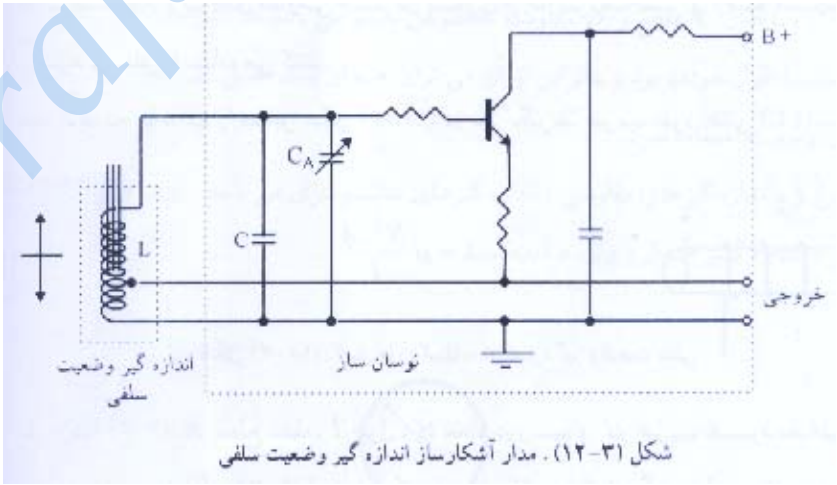



شکل ۸: اندازه گیر سلفی

اگر جابجایی مورد اندازه گیری را به هسته سلف متصل کنیم به گونه ای که مطابق شکل موجب خارج شدن یا وارد شدن هسته به داخل سیم پیچ گردد آنگاه ضریب خود القایی L که متناسب با $\mu$ است متناسب با جابجایی خواهد بود.

$$L=\frac{\mu A N^2}{l}$$

برای آشکار سازی L سیم پیچ را در یک مدار اوسیلاتور قرار میدهند.تغییرات L موجب تغییرات فرکانس اوسیلاتور میگردد.

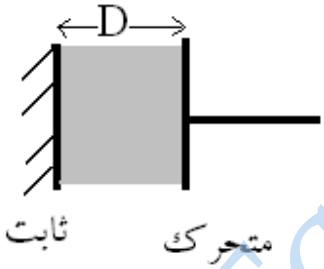



شکل (۳-۱۲) . مدار آشکارساز اندازه گیر وضعیت سلفی

Draft by: M.Taghdis

از مزایای اندازه گیری های سلفی می توان به کم بودن استهلاک و ایزولاسیون ورودی, خروجی و عدم حساسیت به گرد وغبار اشاره نمود و از معایب آن به محدود بودن رنج اندازه گیری و قیمت بالا و پیچیدگی مدارا ت جانبی اشاره کرد.

**۳-اندازه گیر خازنی:**




شکل ۱۰: اندازه گیر خازنی

$$C = \varepsilon \frac{A}{D}$$

با ثابت بودن ε و A ظرفیت خازن متناسب (معکوس)با فاصله D خواهد بود . اگر مطابق شکل یک صفحه خازنی را ثابت و صفحه دیگر را به جابجایی متصل کنیم جابجایی صفحه متحرک موجب تغییر D و در نتیجه تغییر C ظرفیت خازن می گردد.و بنابر این ظرفیت خازن متناسب (معکوس)با جابجایی خواهد بود.

تغییرات C در مدار اوسیلاتور (نوسان ساز)به تغییرات فرکانس تبدیل می شود.

اندازه گیر های خازنی در اندازه گیری جابجایی های بسیار کوچک ،دقت و حساسیت بهتری دارند.بعلاوه میدان های مغناطیسی که در محیط های صنعتی وجود دارند تأثیری بر کار آنها نخواهد گذاشت.

Draft by:M.Taghdis

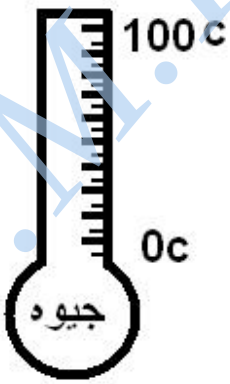
## اندازه گیری دما :

### ۱-اندازه گیری درجه حرارت به روش غیر الکتریکی:

در این روش از انبساط مایعات و گازها وفلزات استفاده می شود.

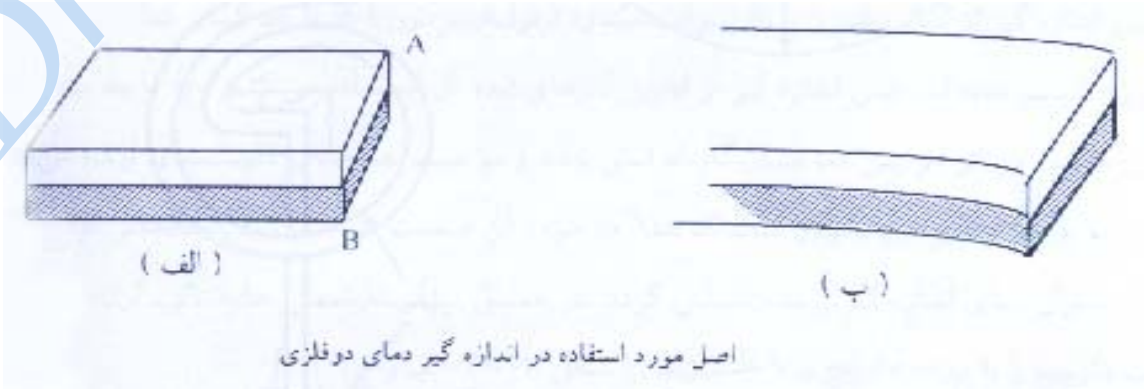
### ۱-۱ انبساط مایعات و گاز ها:

اگر مقداری جیوه و یا اتر و یا الکل در مخزن شیشه ای که دارای لوله ی مدرج است ریخته شود ،این دستگاه یک دماسنج یا ترمومتر را تشکیل می دهد که در اثر افزایش درجه حرارت محیط اطراف آن، حجم مایع افزایش می یابد و مقدار دما از روی آن خوانده می شود.




شکل ۱۱: ترمومتر

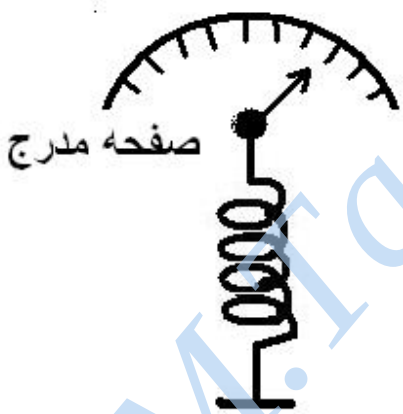
### ۱-۲ انبساط فلزات بر اثر درجه حرارت:




اصل مورد استفاده در اندازه گیر دمای دوفلزی

Draft by:M.Taghdis

اگر یک مفتول حرارت داده شود طول آن زیاد می شود ،از این خاصیت برای اندازه گیری درجه حرارت بهره می گیرند به این منظور دو نوار باریک ازدو فلز مختلف (بی متال) که ضریب انبساط یکی بیشتر از دیگری است به هم متصل کرده و یک طرف آنها را به محلی ثابت و سر دیگر آزاد را به عقربه مدرج متصل می کنیم.




شکل۱۲:بی متال از نوع مارپیچ

در عمل برای افزایش تغییر طول در اثر تغییرات دما بی متال را به صورت حلزونی یا مارپیچ می سازند .فلز های مورد استفاده معمولاً از آلیاژ های آهن ،نیکل می باشند .یک آلیاژ نیکل به نام invar دارای ضریب انبساط کوچکی است که معمولاً به عنوان فلز با ضریب انبساط کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

اندازه گیر های بی متال ارزان، ساده، محکم و بادوام می باشند و معمولاً برای کنترل های خاموش- روشن(on/ off ) و حفاظت و آلارم مورد استفاده قرار می گیرند.

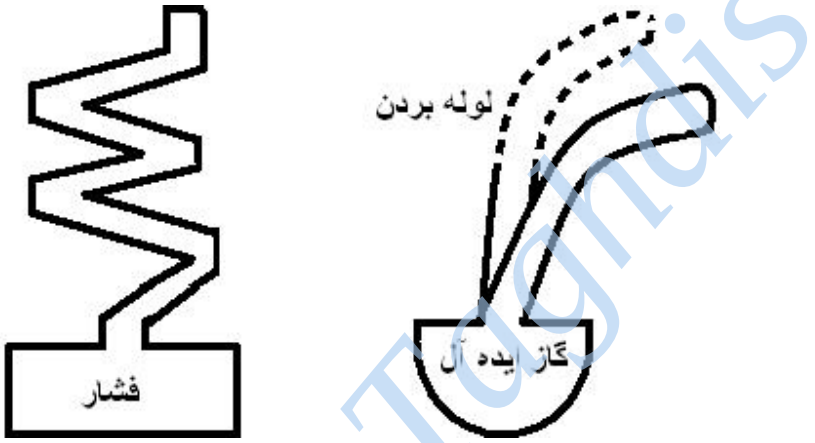
### ۳-۱ اندازه گیری دما از طریق فشار گاز:

این اندازه گیر از یک مخزن و یک لوله مسدود (لوله بردن )که با یک گاز کامل (نیتروژن) پرشده ، تشکیل یافته است.

این اندازه گیری از قانون گاز های ایده آل استفاده می کند ،با توجه به ثابت بودن حجم در اثر افزایش دما ،فشار گاز افزایش یافته و موجب جابجایی انتهای لوله می گردد.(این اثر به پدیده لوله بردن مشهور است)

Draft by: M.Taghdis

جابجایی لوله ی بردن می تواند بعنوان دمای اندازه گیری شده مقیاس گردد، در عمل برای افزایش جابجایی لوله بردن را به صورت مارپیچ و یا شکل های دیگر می سازند .




شکل۱۳:لوله بوردن

### ٤-١ اندازه گیری دما از طریق فشار بخار:

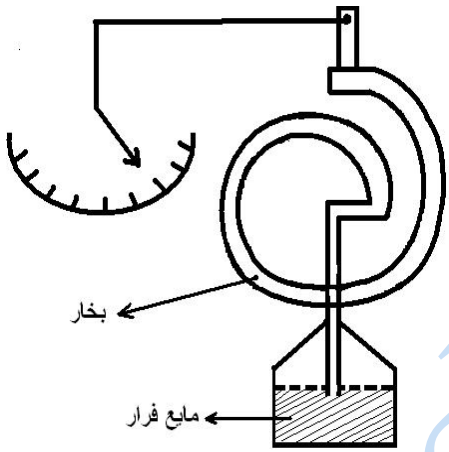
فشار بخار یک مایع تابعی از دمای آن است ،از این اصل می توان برای اندازه گیری دما استفاده نمود.اندازه گیری هایی که از این اصل استفاده می کنند ،دارای سرعت پاسخ دهی خوبی نسبت به نمونه قبل می باشند.این اندازه گیر ،از لحاظ ساختمان و قطعات شبیه نمونه قبل است ،با این تفاوت که به جای گاز از یک مایع فرار ماننده اتر استفاده میشود و ثانیا تمام مخزن از مایع پر نمی شود،بلکه در شرایط عادی در بالای مخزن و در لوله ها بخار وجود دارد و در واقع فشار توسط بخار به قسمت انتهایی لوله بردن منتقل میشود.در انتخاب مایع برای اینگونه اندازه گیر ها باید به نکات زیر توجه کنیم.

۱-نقطه جوش مایع باید کمتر از کمترین دمایی باشد که می خواهیم اندازه گیری کنیم.

۲-مایع مورد استفاده بایستی از لحاظ شیمیایی بی اثر باشد تا موجب خوردگی لوله ها نشود.

تغییر حجم لوله ها با درجه حرارت، وکامل نبودن گاز مورد استفاده از مشکلات این نوع اندازه گیر می باشد.

Draft by:M.Taghdis



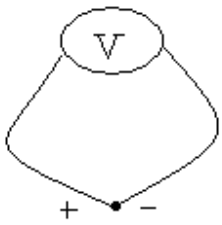

شکل۱۴: اندازه گیری دما از طریق فشار بخار

**اندازه گیری الکتریکی دما :**

**الف-استفاده از ترموکوپل :**

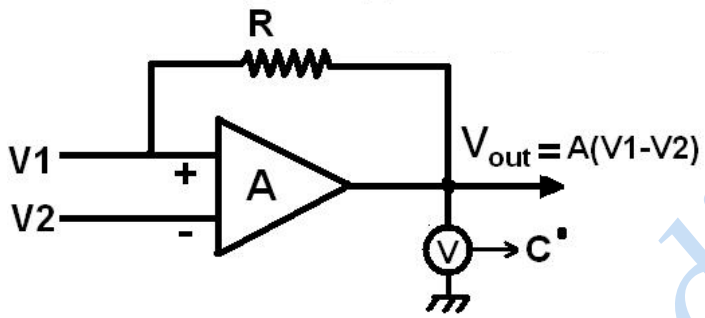
هر گاه دو انتهای دو سیم غیر هم جنس را به یکدیگر وصل کنیم و نقطه اتصال را حرارت دهیم در دو سر آن اختلاف پتانسیل به وجود می آید ، (به علت الکترون آزاد یکی از فلز ها)که اگر به یک میلی ولتمتر وصل کنیم ولتاژ را نشان میدهد،و اگر صفحه میلی ولت متر را متناسب با حرارت مدرج نماییم ،بدین وسیله می توانیم درجه حرارت را اندازه گیری کنیم.

برای تقویت این ولتاژ می توانیم از یک میلی آمپر فایر استفاده نماییم.




شکل۱۵:ترموکوپل

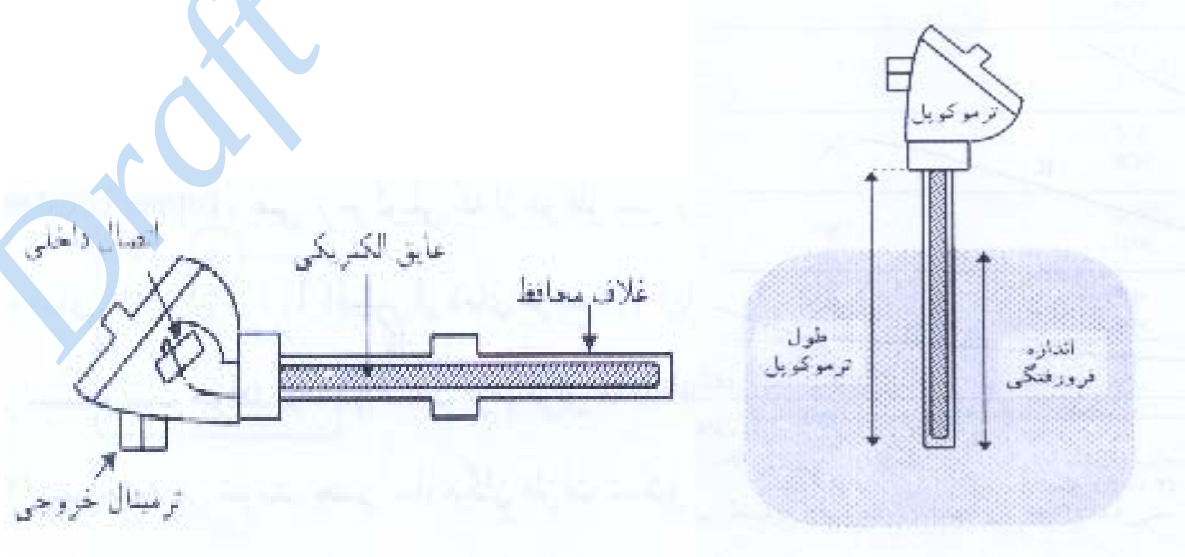
Draft by:M.Taghdis




شکل۱۷:تقویت کننده

حوزه اندازه گیری ترموکوپل ها معمولاً بین ۲۰۰-تا۱۵۰۰درجه سانتی گراد می باشد.ترموکوپل ها دارای سرعت پاسخ دهی نسبتا خوب (ثابت زمانی کوچک) می باشند.اما به لحاظ رعایت مواردی در محل نصب آنها این سرعت پاسخ دهی تا حد زیادی پایین می آید ، برای جلوگیری از خوردگی و آلودگی که منجر به تغییر مشخصات ترموکوپل و اختلال در کار آن می شود و همچنین حفاظت مکانیکی آن معمولاً ترموکوپل را در یک غلاف محافظ قرار می دهند و همانطور که گفتیم،این کار موجب افزایش ثابت زمانی ترموکوپل می گردد.

ترموکوپل ها معمولاً در ترموول( termowell )قرار میگیرند ،جهت جلوگیری از خطای ناشی از تبادل حرارتی غلاف،باید اندازه فرورفتگی غلاف در ماده حداقل ۱۰برابر قطر غلاف باشد.




شکل۱۷:طرز قرار گرفتن ترموکوپل در ترموول

Draft by:M.Taghdis

**روش شناسایی سیم مثبت و منفی در ترموکوپل :**

در ترموکوپل نوع T (مس-کنستانتین)رنگ سیم مسی مثبت کامل مشخص می باشد .بقیه ترموکوپل ها یعنی نوع ( Ivan )نوع G ،چون رنگ هر دو سیم تیره هستند که در این حالت برای تشخیص سیم مثبت از آهن ربا استفاده می شود .در میان این ۳نوع،نوع k بیشترین رنج اندازه گیری یعنی ۱۱۰۰درجه را دارا ست.

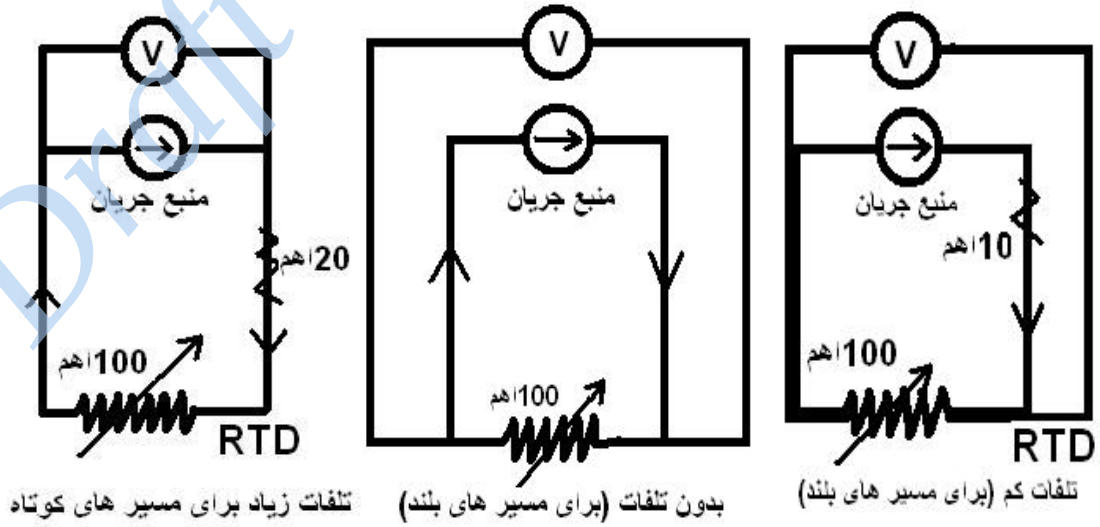
**ب-استفاده از ( RTD ) :**

عبارت است از**R**esistance **T**emperature **D**etector به معنای حس گر های مقاومتی دما .مقاومت این نوع حس گرها از جنس نیمه هادی ها یا فلز ها می باشند ، حس گر های مقاومتی دما ی ساخته شده از جنس نیمه هادی ها اصطلاحا ترمیستور نامیده می شوند . با افزایش دما مقاومت RTD نیز افزایش می یابد،زیاد شدن فاصله بین محل نصب حس گرهای دما با کنترل کننده ،باعث افزایش طول سیم میشود به طوری که مقاومت سیم های رابط با مقاومت RTD قابل مقایسه میگردد و در نتیجه تغییرات مقاومت سیم های رابط با دما منجر به بروز خطاهای قابل توجه در اندازه گیری میشود .RTD ها مقاومت حدود چند ۱۰۰اهم دارند در حالی که ترمیستور ها با مقاومت حدود چند ۱۰۰کیلو اهم ساخته می شوند .بنابر این ، اثر سیم های رابط در ترمیستور ها منفی میگردد ،در حالی که در ترمیستور ها این اثر مشکل ساز است ،لذا برای حل این مشکل RTD ها را به صورت ۳سیمه یا ۴سیمه می سازند. به دلیل آنکه مقاومت داخلی ولتمتر بی نهایت است لذا از سیمهای اندازه گیری جریانی نمی گذرد، لذا اثر مقاومت سیمهای رابط منتفی می گردد.

از انواع مهم RTD ها می توان به نوع Pt100 اشاره کرد. جنس مقاومت این نوع RTD از پلاتنیوم بوده و در دمای صفر درجه مقاومت ۱۰۰ اهم دارد.

Draft by:M.Taghdis

شکل۱۸:انواع مختلف RTD



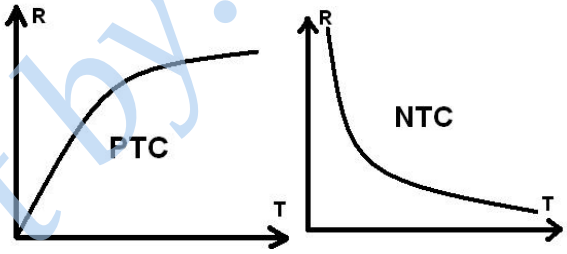

تلفات زیاد برای مسیر های کوتاه  بدون تلفات (برای مسیر های بلند)  تلفات کم (برای مسیر های بلند)

Draft by:M.Taghdis

### ج-استفاده از ترمیستور( Thermally sensitive resistor ) :

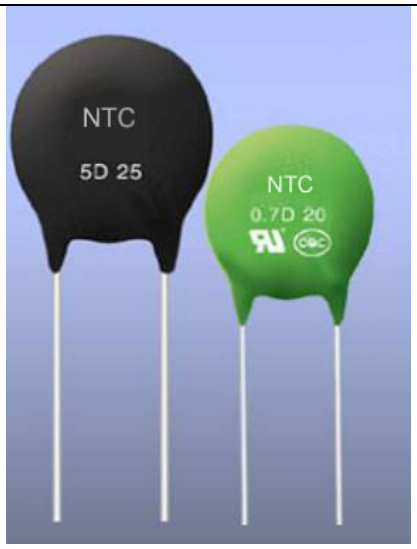
همانطور که گفته شد نیمه رساناهایی که به سبب ضریب مقاومت گرمایی زیادشان بکار می‌روند، به مقاومتهای حساس به دما یا ترمیستور thermistors که از عبارت temperature resistors sensitive گرفته شده معروفند. ترمیستور از مواد نیمه هادی ساخته می شود، ترمیستور از اکسید فلزاتی چون منگنز، نیکل، کبالت، مس و یا آهن همراه با سیلیکون ساخته می گردد. رنج دمای آن ۵۰- تا ۱۵۰ و نهایت ۳۰۰ درجه سانتیگراد می باشد، در بیشتر مصارف مقاومت آن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد محاسبه می شود که بین ۱۰۰ تا ۱۰۰ کیلو اهم می باشد، البته ترمیستورهایی با مقاومت اولیه پایین تر از ۱۰اهم و بالاتر از ۴۰مگا اهم نیز استفاده می شود. ترمیستور ها اغلب برای قطع در مسیر مدارهای الکتریکی به کار می روند.

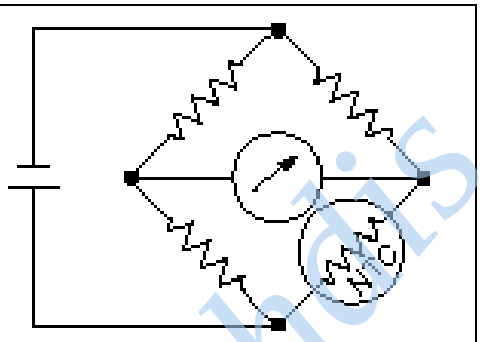
ترمیستورها به دو نوع تقسیم می شوند NTC(Negative Temperature Coefficient) که با افزایش دما مقاومت آن کاهش می یابد و Positive Temperature Coefficient ( PTC) که با افزایش دما مقاومت آن افزایش می یابد. از این مقاومتها در مدارها به صورت حسگر (Sensor)حرارتی در مسیر دستگاه های الکتریکی نظیر موتور های الکتریکی، کوره ها، سیستم های تهویه و تبرید استفاده می شود .معمولا ترمیستورهای PTC در مدارهای قدرت برای حفاظت در برابر جریان هجومی (In-Rush) به کار برده می شوند.




شیب مشخصه ی ترمیستورها بسیار بیشتر از عناصر PTC و ترموکوپل ها و RTD ها می باشد و این به معنی حساسیت بیشتر و امکان اندازه گیری دقیق تر می باشد. رصد تغییرات مقاومت یک ترمیستور در اثر یک درجه ی سانتی گراد تغییر ، چیزی در حدود ۳ تا ۵ درصد می باشد که درمقایسه با عدد ۰/۴ درصد برای فلزات ، عدد قابل توجهی است. ترمیستورها دارای اندازه ی خیلی کوچکی هستند و این باعث می شود که به تغییرات دمایی خیلی سریع پاسخ دهند. در برابر این مزایا ، ترمیستورها اشکالاتی هم دارند ، از جمله این که ترمیستورها در اثر عبور جریان الکتریسیته ، در خود تولید گرما می کنند. این سبب می شود که میزان مقاومت کم تر از مقدار صحیح آن نشان داده شود. همچنین مشخصه ی ترمیستور ها بسیار غیر خطی تر از فلزات است و از طرف دیگر حوزه ی اندازه گیری آن ها بسیار کوچک تر از فلزات می باشد.

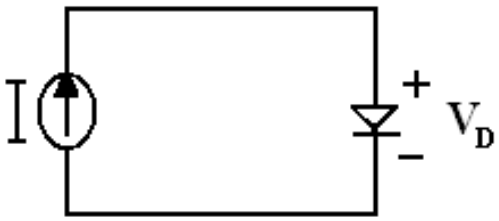
Draft by: M.Taghdis



مثالی از کاربردNTC :در صورت داغ شدن ntc تعادل پل بهم می خورد و جریانی از آمپرمتر عبور می کند.

**د:اندازه گیری دما با استفاده از سنسور مدار مجتمع درجه حرارت:** حسگرهای دمای مدار مجتمع ( Integrated Sensor Circuit Temperature) ابزارهای نیمه هادی هستند که با روشی شبیه به روش ساخت دیگر ابزارهای نیمه هادی از قبیل میکرو کنترلرها ساخته شده اند. یک دیود سیلیکون که با جریان ثابت تغذیه شود ، می تواند به عنوان اندازه گیر درجه حرارت مورد استفاده قرار گیرد و بنابراین حتما برای عملکرد نیاز به یک منبع تغذیه دارند. برتری این اندازه گیرها سادگی و ارزانی می باشد ، اما حوزه ی اندازه گیری آن ها به کم تر از $200^{\circ}C$ محدود می گردد ، این سنسورها در مقایسه با سنسورهای اندازه گیری دیگر مانند ترموکوپل ، RTD و ترمیستور دارای سیگنال خروجی بالا و با تغییرات خطی نسبت به درجه حرارت می باشند. غالبا این حسگرها ارتباط دمایی خوبی با محیط بیرونی ندارند ، بنابراین از آن ها بیشتر برای آشکار سازی حدود اندازه گیری و به کار انداختن مدارهای ایمنی و آلارم استفاده می شود. این حسگرها دارای اندازه ی فیزیکی نسبتا کوچکی هستند.




Draft by:M.Taghdis

**مقایسه ۳ نوع قبلی**

Draft by:M.Taghdis

## اندازه گیری فشار:

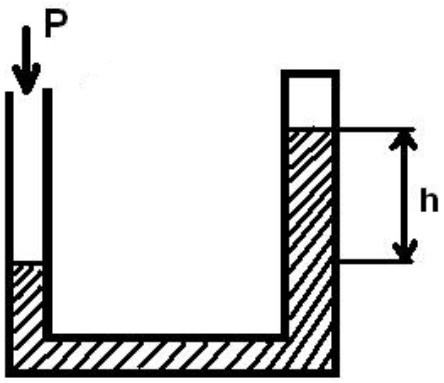
### ۱-اندازه گیری مانومتری :

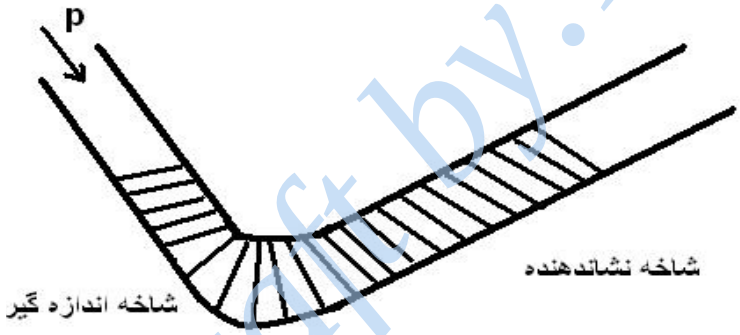
$$P=\rho g h$$

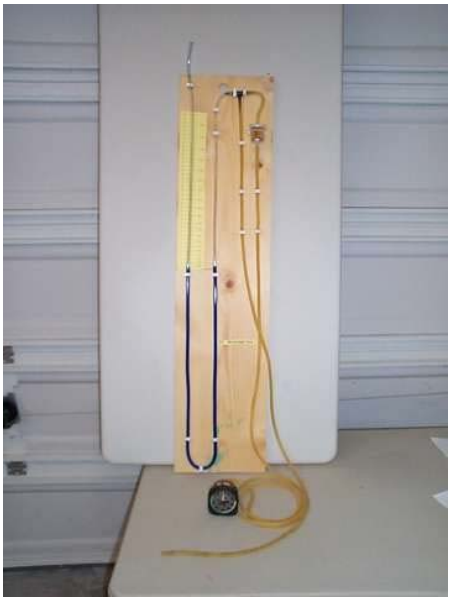
h:ارتفاع مایع در شاخه نشان دهنده:

g:شتاب جاذبه

$\rho$: *جرم مخصوص مایع*



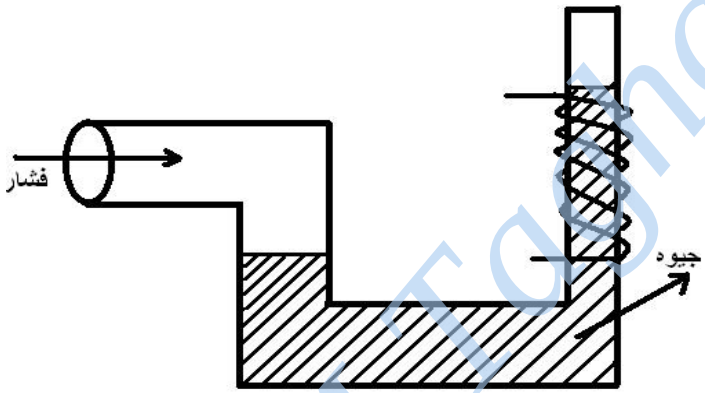



شکل۱۹:انواع مانومتر

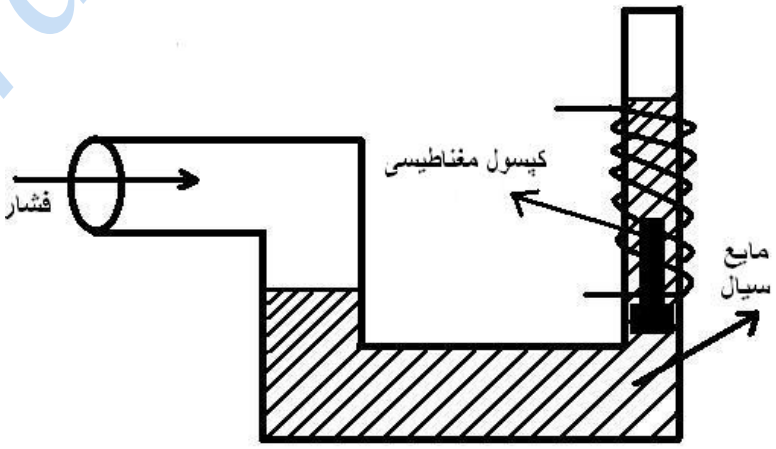
Draft by:M.Taghdis

برای اندازه گیری فشار های بالا معمولاً از سیّالی با جرم مخصوص  بالا استفاده می کنند،مثل جیوه و برای اندازه گیری فشار های پایین از مایعات سبک تر استفاده می شود مثل آب.اما در کاربر د های کنترلی ،معمولاً فشار می بایستی به کمیت دیگر (معمولاً الکتریکی )تبدیل و به کنترل کننده ارسال شود .برای تبدیل روش های زیر پیشنهاد می شود:




شکل ۲۰:مانومتر با سیال مغناطیسی

با ایجاد یک سیم پیچ به دور لوله نشان دهنده آنرا تبدیل به اندازه گیر فشار با استفاده از خاصیت سلفی می نماییم ،در این حالت سیال مانومتر می بایستی دارای خواص مغناطیسی باشد(مثل جیوه).با افزایش فشار ،ارتفاع سیال در داخل سلف بیشتر می شود و این به معنی داخل شدن هسته مغناطیسی  به سلف می باشد که موجب افزایش ضریب خود القایی می گردد ،در این اندازه گیر تغییرات فشار را به تغییرات ضریب خود القایی تبدیل می نماییم ،عیب این اندازه گیری آن است که ،سیال مانومتر باید مغناطیسی باشد. برای رفع این مشکل میتوان از طرح زیر استفاده کرد .




شکل۲۱:مانومتر با کپسول مغناطیسی

Draft by:M.Taghdis

در این طرح به جای سیال مغناطیسی از یک کپسول مغناطیسی شناور به روی سیال غیر مغناطیسی استفاده می کنیم.در اثر تغییرات فشار شناور داخل سلف بالا و پایین رفته و ضریب خود القایی آن تغییر می دهد.

**ویژگی ها:**

اندازه گیر های فشار مانومتری ساده و ارزان هستند و معمولاً فشار نسبی را اندازه گیری می نمایند ،به عبارت دیگر،فشار اندازه گیری شده را نسبت به فشار محیط می سنجد.

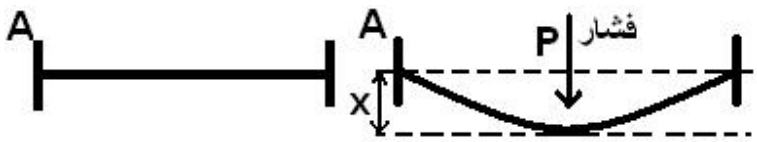
برای اندازه گیری فشار مطلق بایستی فضای بالای لوله نشان دهنده را از هوا تخلیه و مسدود نمود .

از آنجایی که اندازه گیر های مانومتری معمولاً از شیشه ساخته می شوند ،خطر شکستگی ،کار با آنها را در محیط های صنعتی دشوار می کند بعلاوه ،تبخیر مایع مانومتر و تغییر خواص آن در شرایط آب و هوایی و دما های مختلف ممکن است موجب بروز خطا در اندازه گیری شود .در صورتی که از جیوه به عنوان مایع مانومتر استفاده شود ،بایستی به خاصیت سمی آن دقت کرد.

**۲-اندازه گیر های ارتجاعی فشار:**

مواد در مقابل فشار تغییر شکل میدهند،از این خاصیت برای ساخت فشار سنج های ارتجاعی استفاده می شود.این گونه فشارسنج ها،با توجه به شکل ماده ارتجاعی به چندین دسته تقسیم می شوند که در اینجا به انواع آن اشاره می کنیم.

**الف:اندازه گیری فشار دیافراگمی:**




Draft by: M. Taghdis

## اصول کار:

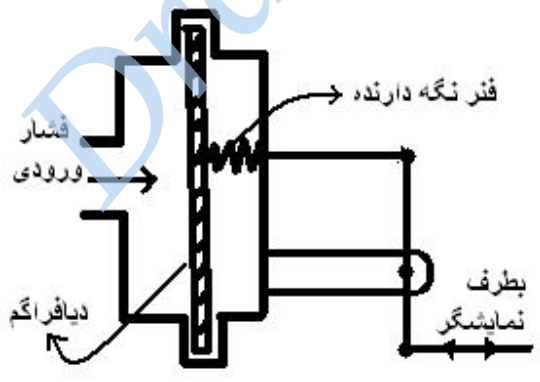
در اثر اعمال فشار به صفحهA سطح A تغییر شکل داده و به شکل خمیده در می آید.سطح A را می توان به اندازه ای دلخواه گرفت که تغییرات X به نوبه ی خود بزرگ باشد و اندازه گیر خاصیت دلخواه را داشته باشد .

جنس دیافراگم را می توان فلز یا غیر فلز انتخاب نمود.لاستیک و چرم از انواع متداول دیافراگم های غیر فلزی هستند،دیافراگم های غیر فلزی معمولاً در ابعاد بزرگ ساخته می شوند و برای اندازه گیری فشار های پایین مورد استفاده قرار می گیرند .

برای اندازه گیری فشار های بالا تر از دیافراگم های فلزی استفاده می شود.دیافراگم های فلزی از فلز های همچون برنز،آلیاژ های مس،برلیم و آلیاژ های مخصوص دیگر ساخته می شوند.

از آنجایی که دیافراگم های غیر فلزی در ابعاد بزرگ ساخته می شوند ،معمولاً نیاز به یک فنر نگه دارنده دارند تا از خمیدگی آنها در حالت تعادل جلو گیری شود. اما دیافراگم های فلزی چون محکم تر هستند و در ابعاد کوچکتر ساخته می شوند،نیاز به فنر ندارند.

برای آشکار سازی فشار و تبدیل جابجایی دیافراگم ،به کمیتی قابل ارسال به کنترل کننده روش های گوناگونی وجود دارد که همان روش های معمول اندازه گیری جابجایی می باشد.

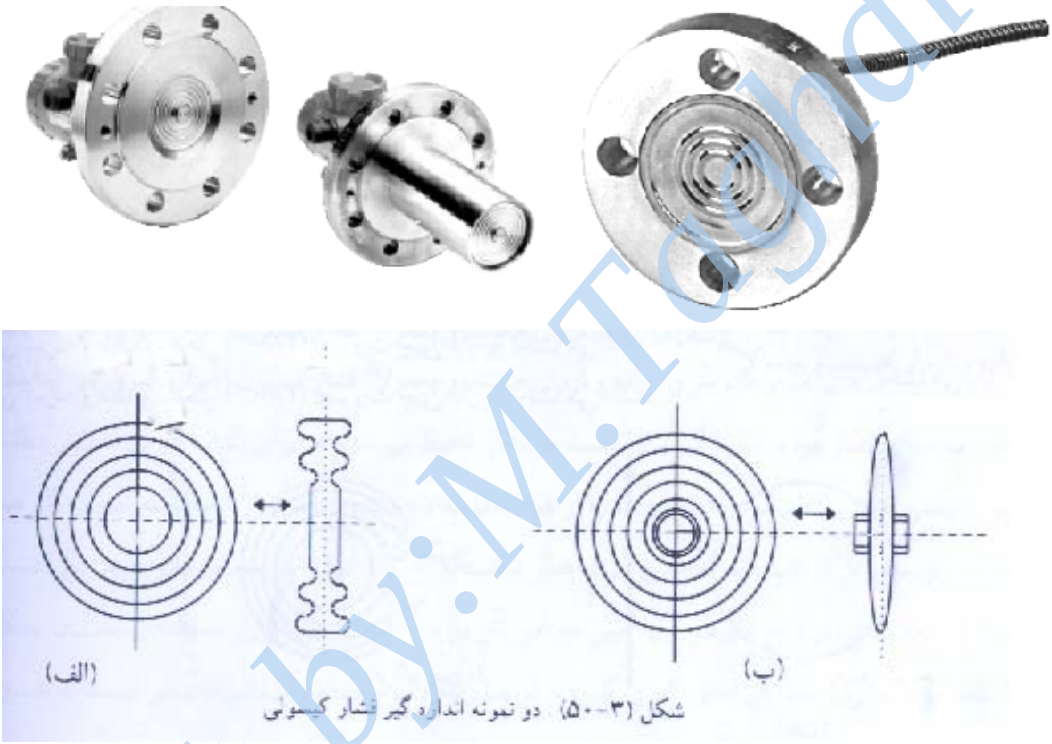


شکل۲۲:اصول کار اندازه گیر فشار دیافراگمی

Draft by:M.Taghdis

**ب:اندازه گیر فشار کپسولی:**

یک کپسول از دو دیافراگم فلزی تشکیل شده که در محیط به هم جوش خورده اند، فضای بین ۲دیافراگم با سیالی با ویژگی های مخصوص پر شده است.

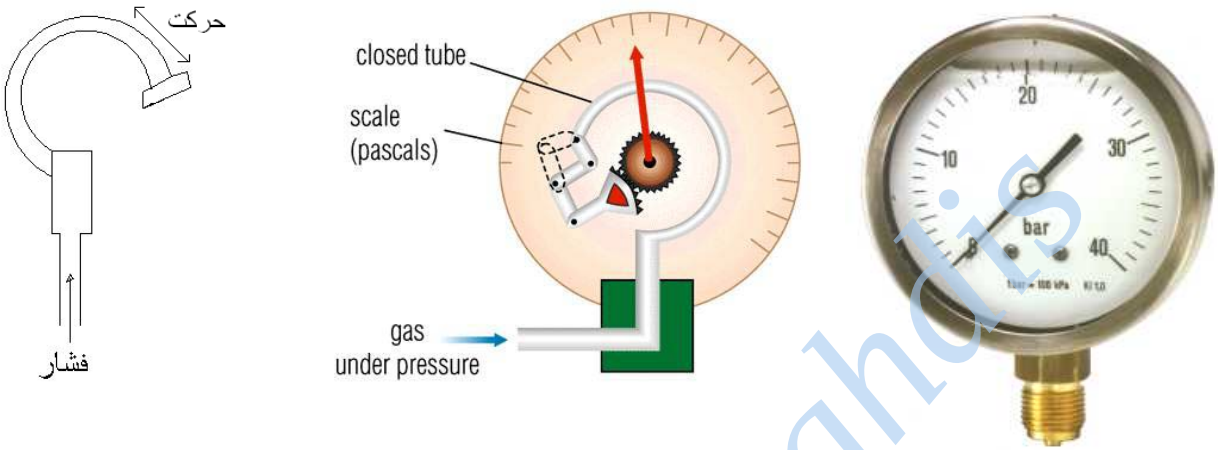



شکل۲۳:کپسول

**ج:اندازه گیر لوله بردن:**

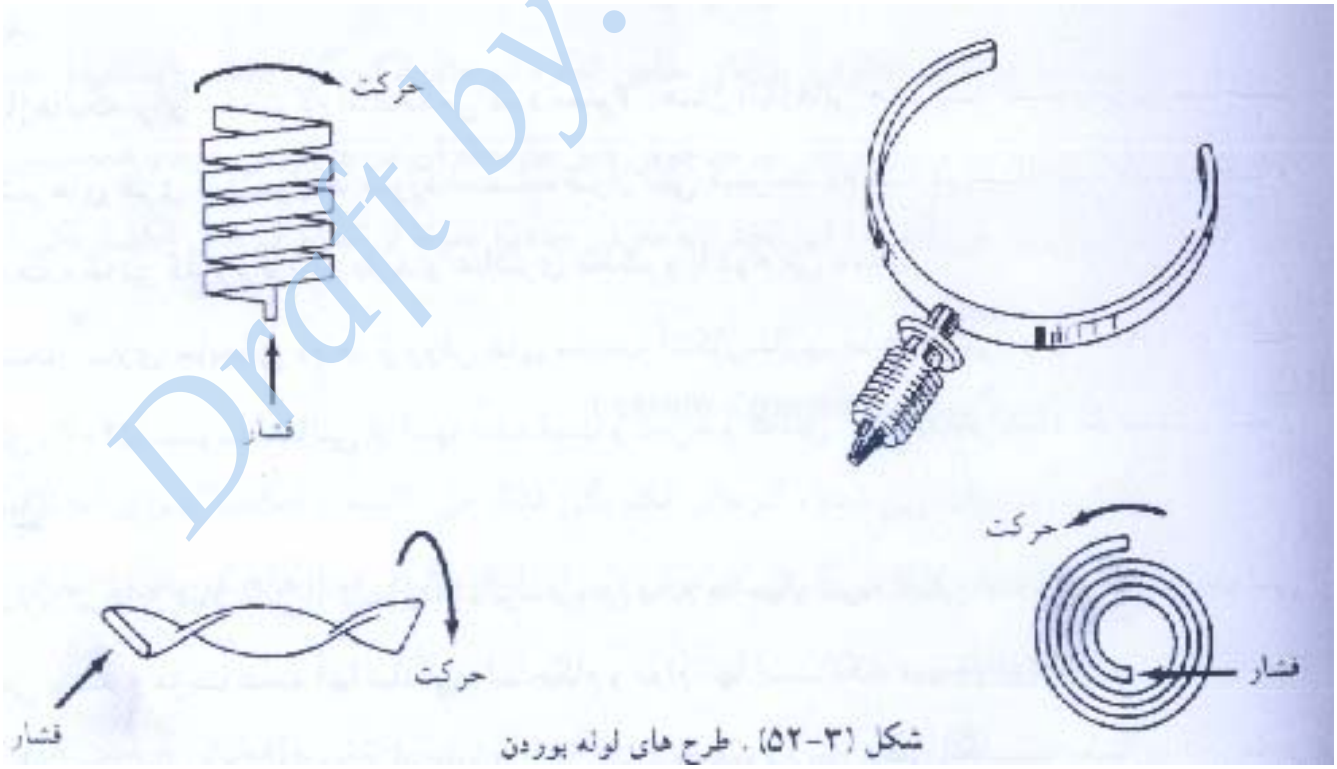
این اندازه گیر در سال ۱۸۵۲میلادی توسط بردن اختراع شد،اساس کار این اندازه گیر در شکل زیر آمده است.

Draft by:M.Taghdis




شکل۲۴:لوله بوردن جهت اندازه گیری فشار

لوله بردن یک لوله مسدود به شکل دسته عصا می باشد.وقتی به آن فشار اعمال می شود تمایل به راست شدن پیدا می کند ،در این حالت، اندازه تغییر وضعیت لوله متناسب با فشار لوله قابل اندازه گیری است.حوزه اندازه گیری لوله بردن بیشتر از دیافراگم و کپسول می باشد و معمولاً برای اندازه گیری فشار های بالا مورد استفاده قرار می گیرد .




شکل (۳-۵۲) . طرح های لوله بوردن

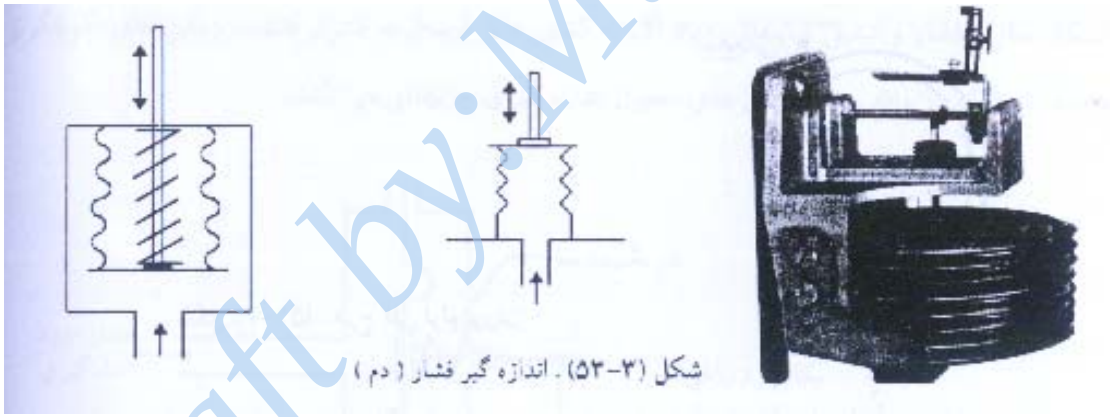
Draft by: M.Taghdis

### د:اندازه گیر دم یا بلوز:

دم یا بلوز ساختمانی شبیه به آکاردیون دارد .ساختمان آکاردیونی بلوز موجب انبساط آن در اثر اعمال فشار می شود و اندازه جابجایی متناسب با فشار اندازه گیری شده است .رابطه فشار با باز و بسته شدن بلوز شبیه رابطه ای است که در یک فنر وجود دارد و آن را می توان به صورت زیر نوشت :

$$x = k \times p \times a \rightarrow p = \frac{x}{k \times a}$$

در این رابطه p فشار مورد اندازه گیری و A سطح بلوز k را ضریب فنری یا ضریب بلوز گویند،معمولاً حوزه جابجایی دم حدود ۵الی ۱۰ درصد طول کل آن می باشد.




شکل۲۵:دم

آلیاژ هایی که برای ساخت بلوز مورد استفاده قرار می گیرد ،همان آلیاژ هایی هستند که برای ساخت دیافراگم های فلزی و کپسول ها مورد استفاده قرار می گیرد .بلوز بیشترین کاربرد را در ترانسمیتر دارد ظرفیت اندازه گیری آنها معمولا از صفر تا ۱۵ psi می باشد.

Draft by:M.Taghdis

**ویژگیها:**

اندازه گیری های دیافراگمی ،کپسول، لوله بردن و دم،چهار نمونه اصلی اندازه گیر های ارتجاعی فشار می باشند و مزیت عمده آنها،سادگی ،استحکام و دوام آنها می باشد .نکته مهم در این اندازه گیر ها ،کیفیت آلیاژی است که در ساخت آن مورد توجه قرار می گیرد و معمولاً سازنده های انگشت شماری تجربه و مهارت کافی برای ساخت آن را دارند و مشخصات این آلیاژ جزء اسرار این کمپانی ها می باشد.

اندازه گیر های فوق ،به صورت گسترده در صنایع تفت و گاز ،کشتی ها ،هواپیما ها وسایر صنایع کاربرد دارند.

## ۳-اندازه گیر های الکتریکی فشار :

در اندازه گیری های مانومتری و ارتجاعی معمولاً بایستی فشار اندازه گیری شده به کمیتی الکتریکی تبدیل شود .این عمل استفاده از قطعات و ابزار اضافی و افزایش هزینه را به دنبال دارد و همچنین احتمال وارد شدن نویز و ایجاد خطا می شود .

اندازه گیر های الکتریکی فشار علاوه بر مزایای خاص اندازه گیری الکتریکی ،فشار را مستقیماً به کمیتی الکتریکی تبدیل میکنند و از این نظر صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه می شود و همچنین دقت اندازه گیری نیز افزایش می یابد.

### ۳-الف)استرین گیج(strain gage):

استرین گیج ها، معروف ترین اندازه گیر های الکتریکی فشار می باشند و اساسا برای اندازه گیری فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرند .استرین گیج در اصل اندازه گیر استرین یا تنش می باشد.استرین یا تنش به عبارتی به معنی تغییر شکل اجسام در اثر نیروی اعمالی به آنها می باشند .هر گاه به جسمی نیرو وارد شود ،جسم در جهت نیرو تغییر شکل می دهد نسبت این تغییر طول به طول اولیه را تنش می گویند .

$$\text{تنش} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Draft by:M.Taghdis

هر گاه طول جسم افزایش یا مقطع آن کاهش یابد ،مقاومت الکتریکی جسم افزایش می یابد.در استرین گیج ها برای اینکه نشان دهیم در اثر تغییر طول چه تغییر مقاومتی در آن حاصل می شود،ضریبی به نام فاکتور گیج تعریف می شود:

$$G_f = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

نام فاکتور گیج در استرین گیج های صنعتی حدود ۲می باشد به این معنی که اگر طول جسم به اندازه ی ۱٪تغییر کند ،مقاومت آن به اندازه ۲٪تغییر خواهد کرد .

**مثال:**یک استرین گیج با ضریب $G_F=4$ برای اندازه گیری تنش به یک میله فلزی متصل شده است. اگر طول میله در اثر تنش از ۰.۲۵متر به ۰.۲۵۵متر تغییر کند .درصد تغییر مقاومت استرین گیج چقدر خواهد بود؟

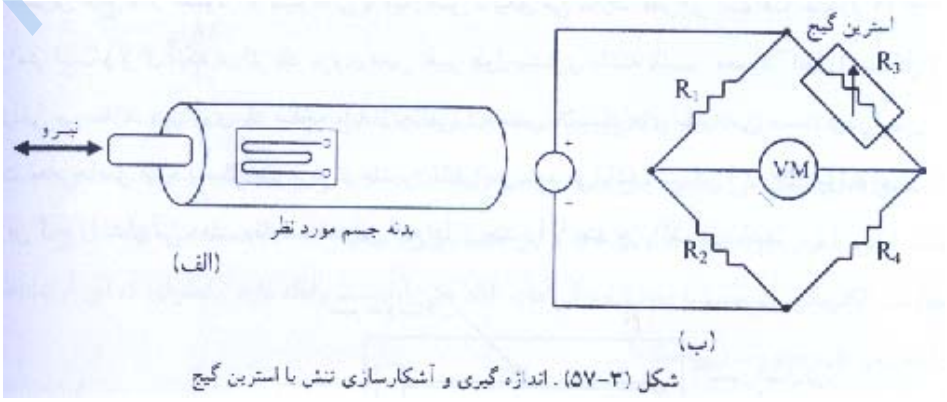
اگر مقاومت بدون تنش ۱۲۰Ωباشد ،مقاومت بعد از تنش چقدر است؟

$$R_0 = 120\Omega \quad \Delta L = L' - L_0 = 0.255 - 0.25 = 0.005m \quad \Delta R = R' - R_0$$

$$G_F = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{L_0.\Delta R}{\Delta L.R_0} = \frac{0.25 \times \Delta R}{0.005 \times 120} = 4 \Rightarrow 0.4166 \times \Delta R = 4 \Rightarrow \Delta R = 9.6$$

$$\Delta R = R' - R_0 \Rightarrow 9.6 = R' - 120 \Rightarrow R' = 129.6$$

استرین گیج ها را معمولاً از سیم هایی با آلیاژ مس و نیکل می سازند .برای تغییرات مقاومت الکتریکی به سیگنال الکتریکی ،معمولاً از اشکال متفاوت مدار پل وتستون استفاده می کنند.معمولاً پل به گونه ای تنظیم می گردد که در حالت بدون فشار



شکل (۳-۵۷) . اندازه گیری و آشکارسازی تنش با استرین گیج

Draft by.M.Taghdis

متعادل باشد. مقاومت استرین گیج ها از چند ۱۰ اهم تا چند هزار اهم می باشند.یکی از کاربرد های مهم استرین گیج ها اندازه گیری نیروی وزن می باشد.استرین گیج هایی که برای اندازه گیری وزن استفاده می شوند ،در صنعت به نام سلول های اندازه گیری بار یا *Loadcell* معروفند.

### ۳-ب)اندازه گیرهای ظرفیتی(خازنی)فشار:

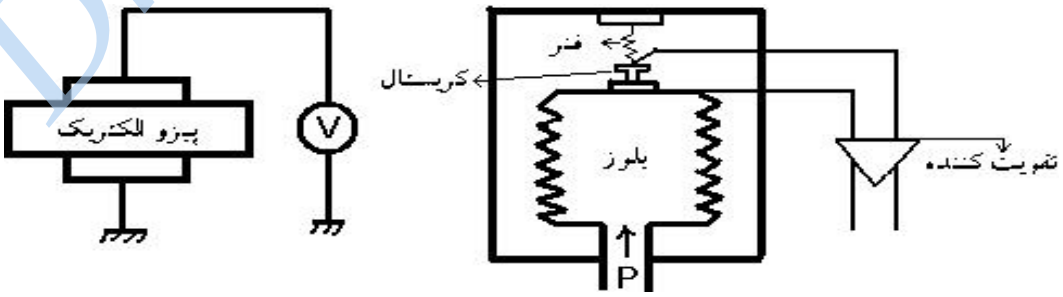
$$C=\frac{\varepsilon A}{x}$$

در اندازه گیری خازنی اغلب فشار مورد اندازه گیری به جابجایی و تغییر فاصله جوشن ها تبدیل می شود و تغییر فاصله جوشن ها منجر به تغییر ظرفیت خازنی می گردد. تغییر ظرفیت خازنی را نیز معمولاً توسط یک پل یا یک مدار اسیلاتور تبدیل به ولتاژ یا فرکانسی متناسب با فشار می کنند.

### ۳-ج)اندازه گیری پیزو الکتریکی فشار:

عناصر پیزو الکتریکی ،عناصری با قابلیت تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی می باشند،هر گاه یک عنصر پیزو الکتریکی مثل کوارتز تحت فشار قرار می گیرد ،میلی ولتمتر ولتاژی متناسب با فشار را نشان می دهد،از این خاصیت برای اندازه گیری فشار می توان استفاده نمود.

عملکرد اندازه گیری پیزو الکتریک: فشار مورد اندازه گیری از طرف بلوز موجب اعمال تنش مکانیکی به عنصر پیزو الکتریک می شود و این تنش تولید ولتاژ متناسب می کند.




شکل۲۷:پیزو الکتریک

Draft by:M.Taghdis

## اندازه گیری فلو:

در بسیاری از پروسه های صنعتی مایل به اندازه گیری و کنترل فلو یا دبی می باشیم .صنایع نفت،گاز ،صنایع پترو شیمی ،شیمیایی ،غذایی مثال های معروف از این موارد هستند از طرف دیگر گاهی کنترل فلو به عنوان یکی کمیت اولیه منجر به کنترل کمیت دیگری به عنوان کمیت ثانویه می باشد.

به عنوان مثال: می توان از کنترل دبی سوخت (کمیت اولیه )به منظور کنترل درجه حرارت (کمیت ثانویه)نام برد .فلو یا دبی به صورت حجمی یا جرمی در نظر گرفته می شود .دبی حجمی مقدار حجم سیال است که در واحد زمان از یک مقطع لوله عبور می کند و بطور مشابه دبی جرمی مقدار جرمی است که در واحد زمان از آن مقطع عبور می نماید،اگر سرعت سیال ( V )جرم مخصوص آن ( $\rho$ )باشد،دبی حجمی و جرمی به سادگی از روابط زیر بدست می آیند .

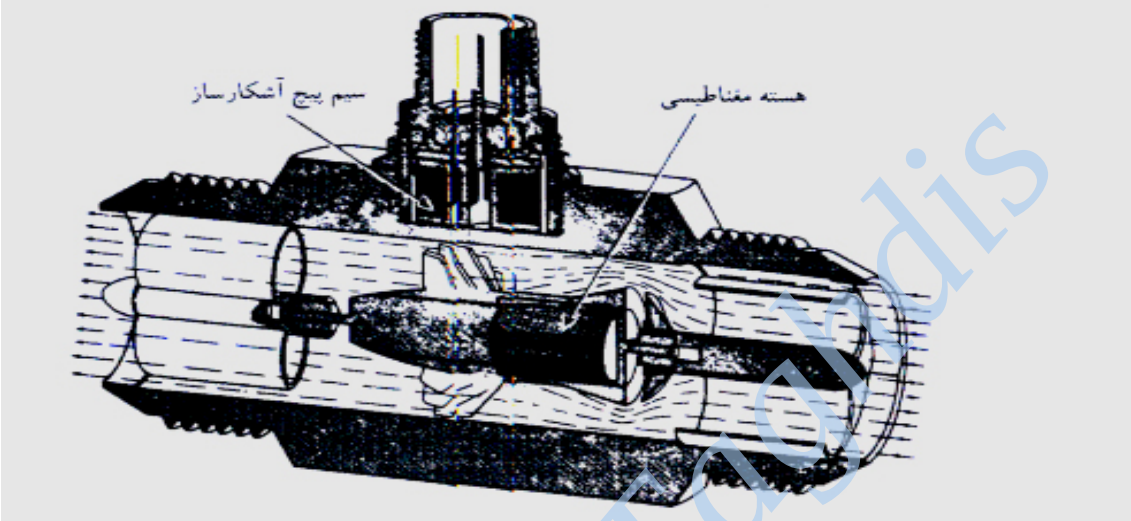
دبی حجمی $Q = V \cdot A$ دبی جرمی $Q = \rho \cdot V \cdot A$ ← مقطع لوله

سرعت سیال ← ← جرم مخصوص

در اغلب پروسه ها A و $\rho$ معلوم هستند بنا بر این اندازه گیری فلو حجمی یا جرمی مترادف با سرعت سیال می باشد، چرا که با اندازه گیری سرعت و داشتن A و $\rho$ می توان با استفاده از روابط فوق دبی مربوطه را بدست آورد، بنابراین اکثر فلومتر ها در واقع نوعی اندازه گیری سرعت سیال می باشد.

Draft by:M.Taghdis

## فلو متر توربینی:




شکل ۲۸:فلومتر توربینی

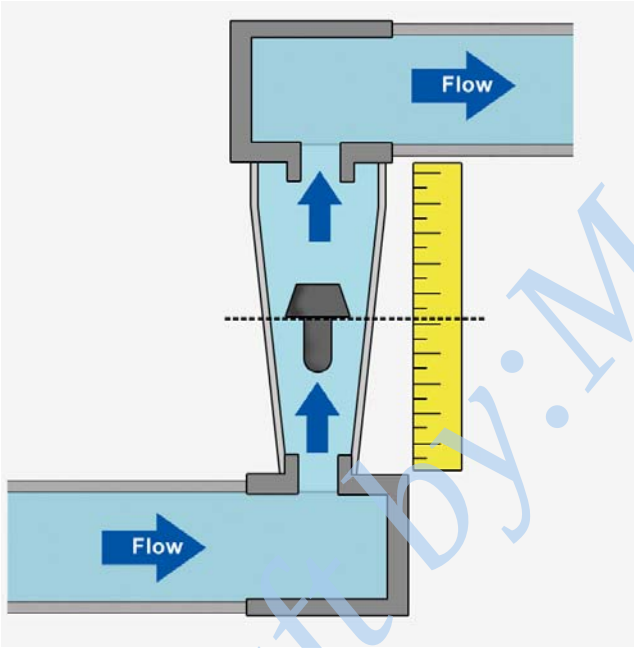
مطابق شکل یک توربین در مسیر سیال درحال حرکت قرار گرفته است،طرف دیگر توربین متصل به یک هسته مغناطیسی است،در مقابل هسته و در پوسته خارجی فلو متر ،سیم پیچ آشکار ساز قرار دارد.عبور هسته مغناطیسی از مقابل سیم پیچ موجب القاء نیرو محرکه در آن می شود ،هر چه سرعت سیال بیشتر باشد ،چرخش توربین و در نتیجه سرعت چرخش هسته مغناطیسی بیشتر می شود،و نیروی محرکه بزرگتری در سیم پیچ القا می گردد ،سرعت سیال تبدیل به فرکانس پالس می شود و با شمارش پالس ها و میانگین گیری آنها توسط مدار مربوطه سرعت سیال و به دنبال آن فلو تعیین می شود.این فلومتر ها برای اندازه گیری فلوی سیالات بسیار تمیز مناسب می باشد و در صورتی که سیال دارای ذرات ناخالص معلق و چسبنده باشد،اندازه گیری با مشکلاتی روبه رو خواهد بود. اشکال عمده این فلو متر ها ایجاد مزاحمت در حرکت طبیعی سیال می باشد و ممکن است خود باعث تغییر فلوی مورد اندازه گیری شود.

خوردگی و نیاز به تعمیرات از معایب دیگر آنها می باشد،همچنین این فلو متر ها برای اندازه گیری جریان های کم مناسب نمی باشند.

Draft by:M.Tajaddis

**فلو متر با مقطع متغییر** (rotameter)**:**

این طرح از یک محفظه که مقطع آن از پایین به بالا بیشتر می شود تشکیل شده،هرچه مقدار جریان سیال بیشتر باشد شناور در قسمت بالاتری قرار می گیرد،بنابراین محل قرار گرفتن شناور و نشان دهنده متصل به آن متناسب با دبی مورد اندازه گیری است.از این روش برا ی اندازه گیری گاز ها می توان استفاده کرد.طرح زیر ساده بوده و قطعات و متعلقات کمتری دارد ، بعلاوه استهلاک آن نیز ناچیز است.



شکل ۲۹:روتامتر

**اندازه گیری فلو از طریق فشار :**

با اندازه گیری فلو از طریق فشار می توان اجزاء و قطعات متحرک را حذف نموده و دوام استحکام و اندازه گیری را بالا برد،بعلاوه چنین طراحی معمولا ساده و ارزان میباشد.

یک سیال تحت فشار و در حرکت در یک لوله دارای ۳ نوع انرژی است ، ۱-انرژی پتانسیل ۲-انرژی جنبشی ۳-انرژی فشاری .

انرژی پتانسیل سیا ل نسبت به یک سطح مبنا سنجیده می شود و اگر لوله افقی باشد ثابت است .

Draft by:M.Taghdis

انرژی جنبشی ناشی از حرکت و جریان سیال است،و متناسب با مجذور جریان می باشد.انرژی فشار نیز ناشی از فشار سیاال است و به صورت فشار در سیال ذخیره می شود.

قانون برنولی که در واقع اصل بقای انرژی در سیالات است،رابطه انرژی ها را به صورت زیر بیان می کند:

**این که (جمع انرژی جنبشی ،انرژی پتانسیل و انرژی فشار در یک سیال ثابت است)**

بنابر این با ثابت بودن انرژی پتانسیل ،اگر انرژی جنبشی افزایش یابد انرژی فشاری کاهش خواهد یافت. به بیان دیگر اگر سرعت سیال (انرژی جنبشی)را افزایش دهیم،انرژی فشاری کاهش می یابد.روابطی که در اندازه گیری فلو از طریق فشار مورد استفاده قرار می گیرد:

$$V = K\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \xrightarrow{\times A} Q = KA\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \xrightarrow{\times \rho} M = KA\sqrt{\rho \cdot \Delta P}$$

دبی جرمی

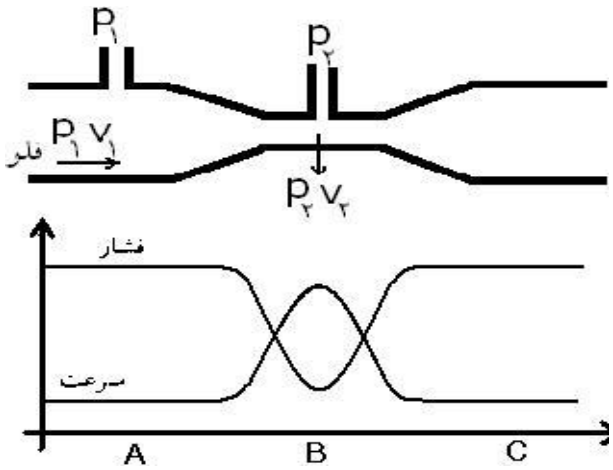
اختلاف فشار

چگالی سیال

ضریب ثابت

سطح لوله ای که سیال از آن عبور میکند

**۱-فلومتر لوله ونتوری (venture tube):**




شکل ۳۰:فلومتر لوله ونتوری

Draft by: M. Taghdis

در این طرح در مسیر عبور سیال در داخل لوله یک مانع به صورت روزنه (orifice)ایجاد می کنند .فشار و سرعت سیال در قبل از روزنه ،عادی و به ترتیب برابر $P_1$ ، $V_1$ می باشند به محض رسیدن به روزنه مقطع عبور کوچک می شود و به ازای ثابت ماندن دبی سرعت می بایستی افزایش یابد و این امر طبق قانون برنولی منجر به افت فشار در مجاورت سمت راست روزنه می شود.

در نقطه ای مانند B سرعت سیال ماکزیمم و فشار آن مینیمم است .مطابق نمودار در فاصله دور تر از نقطه B در سمت راست روزنه (نقطه C) فشار و سرعت مجددا به حوالی سرعت عادی در سمت چپ می رسد.

با اندازه گیری $P_1$ و $P_2$ ومحاسبه $\Delta=P_1-P_2$ می توان دبی سیال را تعیین نمود .تلفات انرژی در این روش کمتر است اما هزینه ی بالایی دارد.

## ۲-اندازه گیری فلو توسط استرین گیج:

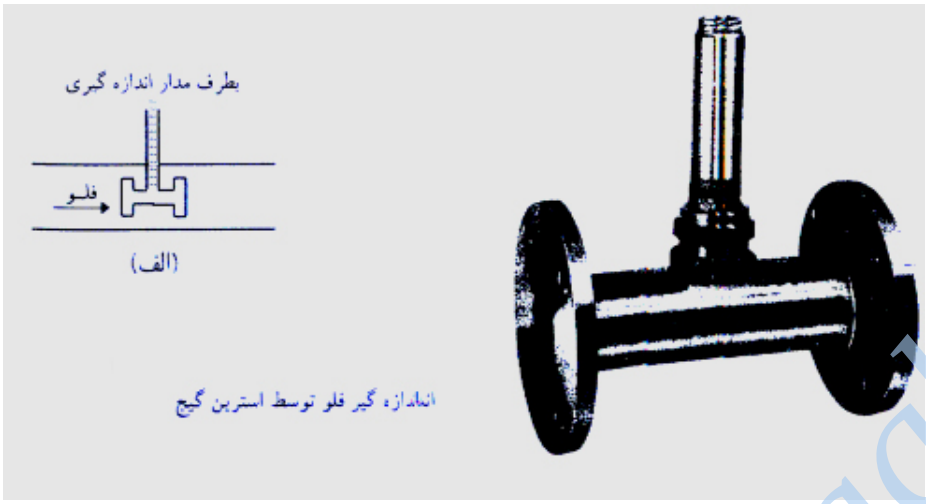
در این طرح صفحه کوچکی در مقابل جریان سیال قرار می گیرد،نیروی وارد شده بر صفحه از روابط زیر به دست می آید:

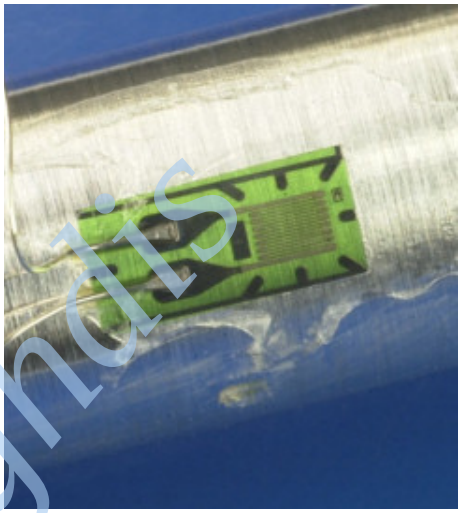
$$F = kA\rho V^2 \Longrightarrow P = \frac{f}{A} \Longrightarrow P = k\rho V^2$$

V : سرعت سیال  A: سطح صفحه

فشار وارد بر صفحه توسط استرین گیج ها اندازه گیری می شود،به این ترتیب می توان سرعت و سپس دبی را بدست آورد.این روش برای اندازه گیری فلوی سیال هایی با فشار بالا و با ذرات معلق مورد استفاده قرار گیرد.

Draft by:M.Taghdis

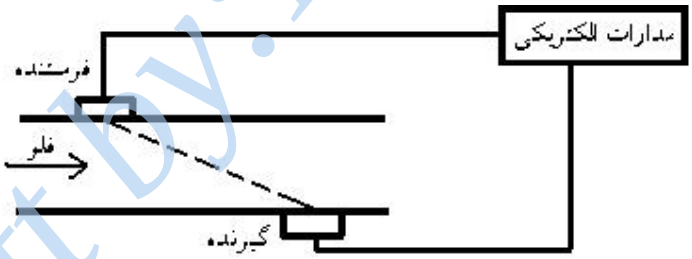


مدار استرین گیج بروی لوله

شکل۳۱:اندازه گیری فلو توسط استرین گیج

### ۳-اندازه گیری فلو از طریق آلتراسونیک:




شکل۳۲: اندازه گیری فلو از طریق آلتراسونیک

در این طرح فرستنده موج در یک طرف و گیرنده آن در طرف دیگر قرار می گیرد، مدت زمان عبور امواج از لوله بستگی به سرعت سیال در لوله دارد، با اندازه گیری فاصله زمانی بین ارسال موج توسط فرستنده و دریافت آن توسط گیرنده می توان سرعت سیال و در نتیجه میزان فلو را بدست آورد.

مزیت عمده این گونه اندازه گیری ها این است که هیچ گونه اثری بر روی کمیت مورد اندازه گیری ندارد و بعلاوه از سرعت و دقت بالایی برخوردار است،البته این مزیت، در مقابل، پیچیدگی وهزینه بالایی دارد.

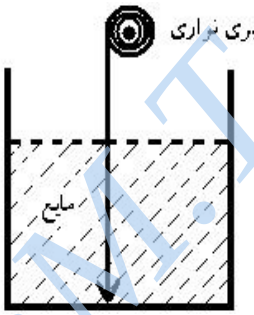
Draft by:M.Taghdis

**اندازه گیری سطح مایعات:**

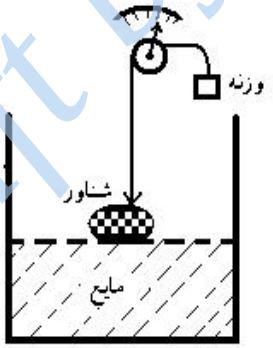
در اکثر عملیات صنعتی اطلاع از وضعیت سطح مایعات درون مخازن ضروری است،در عمل این خواسته به طور مستقیم امکان پذیر نبود زیرا پوشش مخازن فلزی بوده و وضع داخلی آنها از بیرون قابل رویت نیست.

در صنعت روش های مختلفی برای اندازه گیری سطح مایعات مخازن وجود دارد که با آنها آشنا می شویم:

**۱-با استفاده از عمق سنج ها که به صورت متری و سانتی متری مندرج شده اند:**

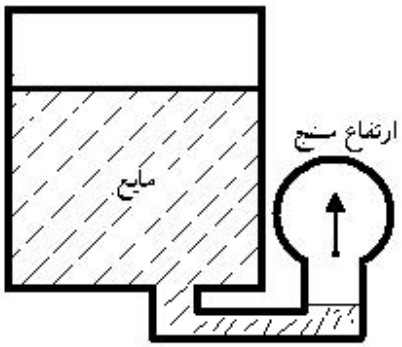



**۲-با استفاده از شناور ها یا فلوتر ها :**

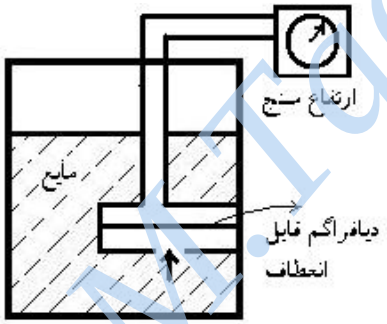


Draft by: M.Taghdis

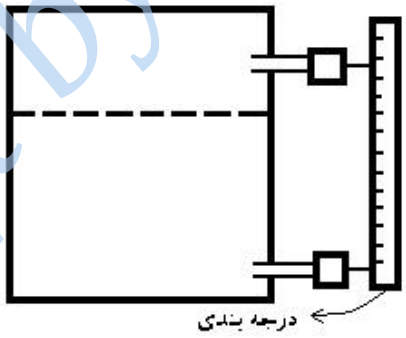
**۳-با استفاده از فشار سنج ارتفاع مایعات:**




**٤-با استفاده از خاصیت دیافرگمی :**

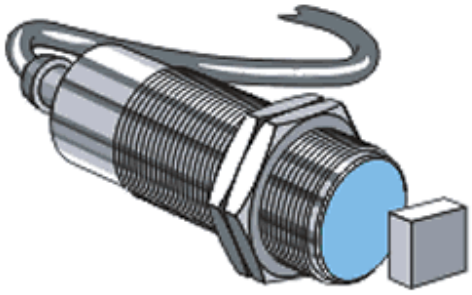



**٥-اندازه گیری با استفاده از سطح سنج شیشه ای:**




Draft by: M.Taghdis

# فصل چهارم:



Target Smaller Than Standard

**انواع سنسورهای بدون تماس**

۱) سنسور القایی (حساس در مقابل فلزات)

۲) سنسور خازنی (حساس در مقابل همه چیز)

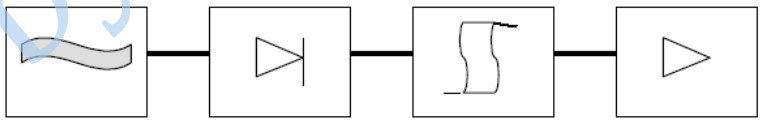
۳) سنسور نوری (حساس در مقابل همه چیز)

٤) سنسور مغناطیسی (حساس در مقابل آهنربا)

۵) سنسور کد رنگ (تشخیص نوار رنگی کاغذهای بسته بندی)

## ۵-۱) سوئیچهای القایی

سوئیچ القایی، سنسور بدون تماس می باشد که در مقابل فلزات عکس العمل نشان میدهد و میتواند فرمان مستقیم به رله ها، شیر برقی، سیستمهای اندازه-گیری و مدارات کنترل الکترونیکی مانند PLC ارسال نماید. این سوئیچها از چهار قسمت تشکیل می شوند.




قسمت اساسی این سوئیچ ها از یک اسیلاتور با فرکانس بالا تشکیل یافته که میتواند توسط قطعات فلزی تحت تاثیر قرار گیرد. این اسیلاتور باعث بوجود آمدن میدان الکترومغناطیسی در قسمت حساس سنسور میشود. نزدیک شدن یک قطعه فلزی باعث بوجود آمدن جریانهای گردابی در قطعه گردیده و این عمل سبب جذب انرژی میدان می شود و در نتیجه دامنه اسیلاتور کاهش می یابد. از آنجا که طبقه دمدولاتور، آشکار ساز دامنه اسیلاتور است، در نتیجه کاهش دامنه اسیلاتور توسط این قسمت به طبقه اشمیت تریگر منتقل میشود.

Draft by M.Taghdis

کاهش دامنه اسیلاتور باعث فعال شدن خروجی اشمیت تریگر گردیده و این قسمت نیز بنوبه خود باعث تحریک طبقه خروجی می شود.

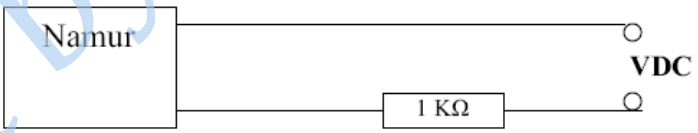
سنسورهای القایی از نظر تعداد سیم، ولتاژ تغذیه و نوع خروجی به انواع زیر تقسیم می شوند:

- دو سیمه AC
- سه سیمه NPN
- سه سیمه AC
- سه سیمه PNP
- دو سیمه DC
- چهار سیمه NPN
- دو سیمه نامور( Namur)
- چهار سیمه PNP

برخی از سنسورهای القایی خاص عبارتند از:

**- سنسور القایی نامور**

سنسورهای دو سیمه هستند که مقاومت داخلی آنها بر حسب فاصله قطعه از سنسور تغییر می کند. معمولا اتصال این سنسورها به منبع تغذیه ازطریق یک مقاومت ۱ K Ω صورت می گیرد.




با توجه به سیم بندی مدار، جریان اتصال کوتاه در دو سر سنسور محدود می باشد،لذا بدلیل این محدودیت در محیطهای قابل انفجار میتوان از این سنسور استفاده کرد.

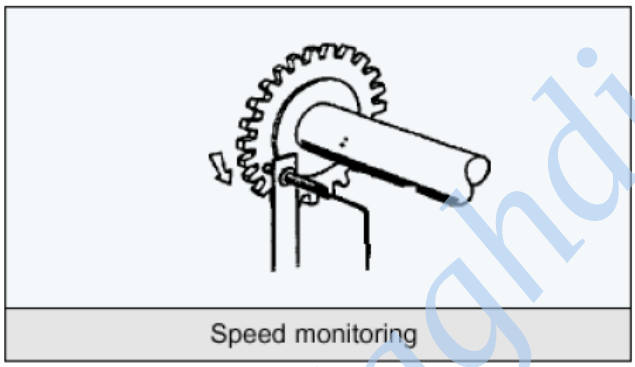
**- سنسور القایی آنالوگ**

سنسورهای القایی آنالوگ، سنسورهایی هستند که عکس العمل مقابل فلزات، بصورت ولتاژ و یا جریان خطی در خروجی آنها ظاهر می شود. کاربرد این سنسورها در اندازه گیری فاصله، جدا سازی قطعات با ابعاد مختلف، اندازه- گیری ضخامت قطعات فلزی و غیره می باشد.

Draft by:M.Taghdis

- سنسور القایی سرعت ( Speed Monitor)

از این سنسور بمنظور اندازه گیری سرعت استفاده می شود.

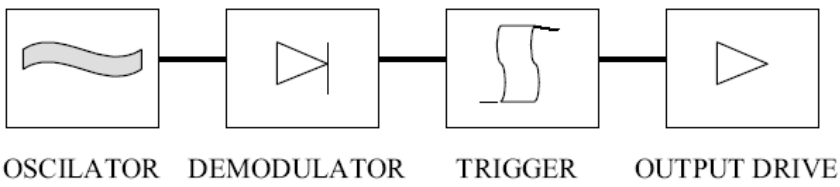



در قسمت حساس این سنسورها میدان مغناطیسی وجود دارد و این میدان در اثرحرکت چرخ دنده ها تغییر میکند. از آنجا که خروجی این سنسورها سلفی میباشد، لذا این تغییرات میدان بصورت پالسهایی در خروجی ظاهر میشوند. برخی از این سنسورها احتیاج به تقویت کننده دارند.

کاربرد این سنسورها در اندازه گیری سرعت موتور، لوکوموتیو، چرخ دنده، پمپ، توربین وغیره می باشد.

## ۵-۲) سنسورهای خازنی

سنسورهای خازنی، سنسورهای بدون تماس و کنتاکت الکتریکی هستند که در مقابل فلزات و اغلب غیرفلزات عمل می نمایند. این سوئیچها برای کنترل سطوح مخازنی که از مواد پودری، مایع و یا دانه دانه پر شده اند، مناسب می باشند. همچنین از آنها میتوان بعنوان مولد پالس بمنظور کنترل وضعیت برنامه ماشین آلات، برای شمارنده ها و آشکارسازی تقریبا تمام مواد فلزی و غیر فلزی استفاده نمود. ساختمان اساسی این سنسورها از چهار قسمت تشکیل شده است.




Draft by: M.Taghdis

قسمت اساسی اسیلاتور میباشد که از دو قطعه فلزتشکیل شده است.وضعیت قرارگیری این قطعات فلزی نسبت بهم طوریست که باعث ایجاد یک ظرفیت خازنی میشود.هرگاه قطعه ای با ضریب الکتریکی$\varepsilon$ به صفحه حساس نزدیک گردد باعث تغییر ظرفیت خازنی بین صفحات می شود. این تغییر ظرفیت خازنی باعث تغییر دامنه خروجی اسیلاتور می شود.دمدولاتور دامنه اسیلاتور را آشکار می کند و این مقدار را با سطح مرجع مقایسه می کند. هرگاه دامنه این مقدار از دامنه مرجع بیشتر باشد، خروجی سنسور تحریک می شود.

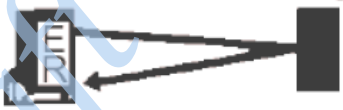
در عملکرد سنسورهای خازنی عواملی مانند رطوبت هوا، گرد و غبار و ... برفاصله سوئیچینگ تاثیر میگذارند.فاصله سوئیچینگ به نوع قطعه نیز بستگی دارد.فاصله سوئیچینگ با استفاده از پتانسیومتر روی سنسور قابل تنظیم است.

**۵-۳) سنسورهای نوری**

این سنسورها به سه نوع یکطرفه، رفلکتوری و دوطرفه تقسیم می شوند.

**- سنسور نوری یکطرفه (Diffuse)**

این سنسور بر اساس ارسال امواج مادون قرمز مدوله شده توسط دیود مادون قرمز و دریافت این امواج بوسیله فتو ترانزیستور عمل می کند.



دراین سنسورها امواج مدوله شده توسط فرستنده بطورمستقیم در فضا پخش می شود. هرگاه این امواج به مانعی برخورد کنند، منعکس می شوند که مقدار انعکاس این امواج بستگی به رنگ و جنس سطح مانع دارد و به صورت خط مستقیم نمی باشد. انعکاس سطوح روشن بیش از سطوح تیره بوده و فاصله سوئیچینگ این سنسورها بستگی به میزان انعکاس نور دارد. هرگاه در جلوی سنسور مانعی قرارگیرد و امواج انعکاس یافته به سنسور منتقل شود، خروجی تغییر حالت خواهد یافت.

Draft by M.Taghdis

در حالت کلی این سنسورها بدو نوع زیر تقسیم می شوند:

نرمال باز (Light ON)

نرمال بسته (Dark ON)

کاربرد این قطعه در آشکار سازی وجود اشیا، تشخیص پارگی ورق، کنترل انحراف ورق و ... می باشد.

**-سنسور نوری رفلکتوری (Retro-Reflective)**

این سنسور بر اساس ارسال امواج مادون قرمز مدوله شده توسط دیود مادون قرمز و انعکاس این امواج به وسیله رفلکتور و دریافت این امواج بوسیله فتو ترانزیستور عمل می کند.

در این سنسور امواج مادون قرمز بصورت پلاریزه شده درفضا پخش میشوند. یک منعکس کننده در جلوی سنسور در فاصله معینی قرار می گیرد و امواج ارسال شده پس از برخورد به این منعکس کننده با زاویه ۹۰ درجه نسبت به امواج پخش شده بطرف گیرنده برمی گردند. این سنسورها نیز به دو صورت Light ON و Dark ON ارائه می شوند.

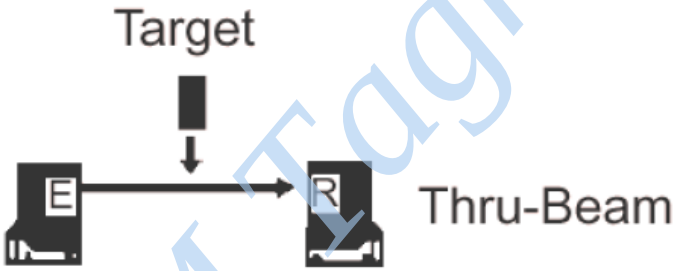
کاربرد این سنسورها در شمارش تولید، تشخیص پارگی ورق، کنترل حرکت ورق و ... می باشد.

**-سنسور نوری دوطرفه (Thru-Beam)**

این سنسور بر اساس ارسال امواج مادون قرمز مدوله شده توسط دیود مادون قرمز در قسمت فرستنده و دریافت این امواج توسط فتوترانزیستور در طرف گیرنده که در مقابل فرستنده نصب می شود، عمل می نماید.

Draft by M. Taghdis

در این نوع سنسورها، فرستنده وگیرنده مجزا ازهم میباشند. امواج مدوله شده مادون قرمز توسط فرستنده ارسال می شود و گیرنده در مقابل فرستنده نصب می شود. هرگاه مابین گیرنده و فرستنده مانعی وجود نداشته باشد، این امواج به گیرنده میرسند و درصورت وجود مانع این امواج دیگر به گیرنده نخواهند رسید. این سنسورها نیز به دو صورتLight ON و Dark ON ارائه میشوند.




**۵-٤) سنسور مغناطیسی**

این سنسورها در مجاورت میدان مغناطیسی عمل می کنند. هرگاه یک قطعه آهنربا در مقابل این سنسور قرار گیرد، کنتاکت آن عمل خواهد کرد.

کاربرد این نوع سنسور در تشخیص و کنترل سطح مایع ( با نصب یک آهنربا بر روی یک شناور )، تشخیص موقعیت پیستون درون سیلندر، اندازه گیری سرعت ( با نصب آهنربا بر روی چرخ دنده ها) و غیره می باشد.

**۵-۵) سنسورهای تشخیص رنگ**

در ماشین آلات صنایع غذایی، بسته بندی وغیره اغلب از سنسورهایی استفاده میشودکه علائم رنگی چاپ شده روی کاغذهای بسته بندی را تشخیص داده و فرمان لازم مانند قطع کاغذ را صادر کند.

حساسیت به رنگ های مختلف توسط پتانسیومتر این سنسورها قابل تنظیم می باشد. این سنسورها به صورت چهار سیمه و با خروجی NPN یا PNP تولید می شوند.

Draft by M.Taghdis

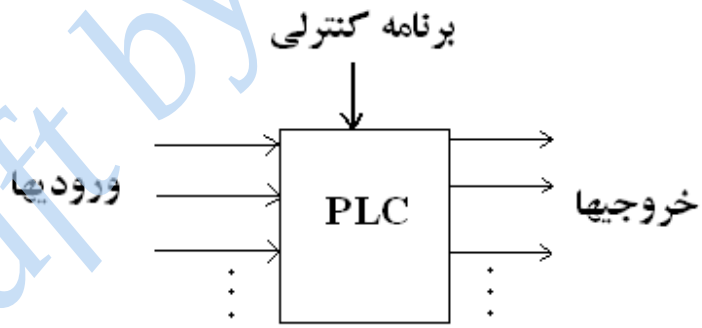
# فصل پنجم :

## کنترل کننده های برنامه پذیر(Programmable Logic Controller )-PLC

**PLC**: به معنای کنترل کننده منطقی برنامه پذیر می باشد. اولین سیستم های PLCبا استفاده از رایانه های معمولی در اواخر دهه ۱۹۶۰ودر اوایل دهه ۱۹۷۰پدید آمدند.

از شرکت های سازنده PLC می توان Allen Bradley . Siemens,اشنایدر ، LG ،Omronو... را نام برد. در این میان PLCهای زیمنس از محبوبیت بیشتری بر خور دار هستند.

PLC دارای تعدادی ورودی و تعدادی خروجی است . ورودی های PLCمی تواند سنسور ها ،میکرو سوئیچ ها ،شستی های استوپ استارت ،ترانسمیتر ها باشند و خروجی های آن موتور ها ،کنتاکتور ها و لامپ ها و ... باشند.برای یک PLC یک برنامه کنترلی نوشته می شود و PLCبر اساس دستورات ورودی وبرنامه نوشته شده برای آن خروجیها را فعال یا غیر فعال می کند.




وظیفه PLC قبلا برعهده مدارهای فرمان رله ای بود که استفاده از آنها در محیطهای صنعتی جدید منسوخ گردیده است. اولین اشکالی که در این مدارها ظاهر می شود آن است که با افزایش تعداد رله ها حجم و وزن مدار فرمان ، بسیار بزرگ می شود، همچنین باعث افزایش قیمت آن می گردد. برای رفع این اشکال، مدارهای فرمان الکتریکی ساخته

Draft by:M.Taghdis

شدند ولی با وجود این هنگامی که تغییری در روند یا عملکرد ماشین صورت می گیرد لازم است تغییرات بسیاری در سخت افزار سیستم کنترل داده می شود. به عبارت دیگر اتصالات و عناصر مدار فرمان باید تغییر کند.

هر کس که با مدارهای فرمان الکتریکی رله ای کار کرده باشد به خوبی می داند که پس از طراحی یک تابلو فرمان، چنانچه نکته ای از قلم افتاده باشد، مشکلات مختلفی ظهور نموده ، هزینه و بخصوص زمان زیادی اتلاف می گردد. به علاوه گاهی افزایش و کاهش چند قطعه در تابلوی فرمان به دلایل مختلف مانند محدودیت فضا، عملا غیر ممکن و یا مستلزم انجام سیم کشی های مجدد و پرهزینه می باشد.

اما با استفاده از PLCتغییر در روند تولید یا عملکرد ماشین به آسانی صورت می پذیرد ، زیرا دیگر لازم نیست سیم کشی و سخت افزار سیستم کنترل تغییر کند و تنها کافی است چندین خط برنامه نوشت و به PLC ارسال کرد تا کنترل مورد نظر تحقق یابد. از طرف دیگر قدرت PLC در انجام محاسباتی ، منطقی، مقایسه ای و نگهداری اطلاعات به مراتب بیشتر از تابلوهای فرمان معمولی است. ر PLC به طراحان سیستم های کنترل این امکان را می دهد که انچه را در ذهن دارند در اسرع وقت بیازمایند و به ارتقای محصول خود بیندیشند، کاری که در سیستم های قدیمی مستلزم صرف هزینه و وقت زیادی بود.

**مزایای PLC نسبت به مدارهای فرمان رله ای:**

۱-امکان کاهش حجم تابلوی فرمان:زیرا مدار فرمان حذف می شود و برنامه آن در PLCنوشته می شود.

۲- انرژی کمتری مصرف می کنند.

۳- انعطاف پذیری بیشتری دارند . شما می توانید براحتی از طریق نرم افزار در برنامه کنترلی plc تغییرات ایجاد کنید حال آنکه این مسئله قدری درمورد مدار فرمان با مشکل مواجه است.

۴- امکان شبیه سازی فرایند قبل از اجرای آن ،

Draft by:M.Taghdis

۵- امکان بالا بردن امنیت برنامه از طریق رمز گذاری به آن

۶) استفاده از PLC مخصوصا در فرآیند های عظیم موجب صرفه جویی قابل توجهی در هزینه لوازم و قطعات می گردد.

۷)PLC ها استهلاک مکانیکی ندارند، بنابر این علاوه بر عمر بیشتر، نیازی به تعمیرات و سرویس های دوره ای نخواهند داشت.

۸) PLCها بر خلاف مدارات رله کنتاکتوری، نویزهای الکتریکی و صوتی ایجاد نمی کنند.

۹) طراحی و اجرای مدارهای کنترل و فرمان با استفاده از PLC ها، بسیار سریع و آسان است.

۱۰) برای عیب یابی مدارات فرمان الکترومکانیکی، الگوریتم و منطق خاصی را نمی توان پیشنهاد نمود . این امر بیشتر تجربی بوده ، بستگی به سابقه آشنایی فرد تعمیر کار با سیستم دارد. در صورتی که عیب یابی در مدارات فرمان کنترل شده توسط PLC به آسانی و با سرعت بیشتری انجام می گیرد .

۱۱)PLC ها می توانند با استفاده از برنامه های مخصوص، وجود نقص و اشکال در پروسه تحت کنترل را به سرعت تعیین و اعلام نمایند.

امروزه در بین کشورهای صنعتی ، رقابت فشرده و شدیدی در ارائه راهکارهایی برای کنترل بهتر فرآیندهای تولید ، وجود دارد که مدیران و مسئولان صنایع در این کشورها را بر آن داشته است تا تجهیزاتی مورد استفاده قرار دهند که سرعت و دقت عمل بالایی داشته باشند. بیشتر این تجهیزات شامل سیستم‌های استوار بر کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی (Programmable Logic Controller) هستند. در بعضی موارد که لازم باشد می توان PLCها را با هم شبکه کرده و با یک کامپیوتر مرکزی مدیریت نمود تا بتوان کار کنترل سیستم‌های بسیار پیچیده را نیز با سرعت و دقت بسیار بالا و بدون نقص انجام داد.

قابلیت‌هایی از قبیل توانایی خواندن انواع ورودی‌ها (دیجیتال ، آنالوگ ، فرکانس بالا...) ، توانایی انتقال فرمان به سیستم‌ها و قطعات خروجی ( نظیر مانیتورهای صنعتی ، موتور، شیربرقی ، ... ) و همچنین امکانات اتصال به شبکه ، ابعاد بسیار کوچک ، سرعت پاسخگویی بسیار بالا، ایمنی ، دقت و انعطاف پذیری زیاد این سیستم‌ها باعث شده که بتوان کنترل سیستم‌ها را در محدوده وسیعی انجام داد.

در یک سیستم اتوماسیون، PLC بعنوان قلب سیستم کنترلی عمل می‌کند. هنگام اجرای یک برنامه کنترلی که در حافظه آن ذخیره شده است، PLC همواره وضعیت سیستم را بررسی می‌کند. این کار را با گرفتن فیدبک از قطعات ورودی و سنسورها انجام می‌دهد. سپس این اطلاعات را به برنامه کنترلی خود منتقل می‌کند و نسبت به آن در مورد نحوه عملکرد ماشین تصمیم‌گیری می‌کند و در نهایت فرمانهای لازم را به قطعات و دستگاههای مربوطه ارسال می‌کند.

Draft by:M.Taghdis

## انواع سیستم PLC

در صنعت PLC بیش از یکصد کارخانه با تنوع بیش از هزار مدل از انواع مختلف PLC فعالیت می نمایند. این نمونه های مختلف دارای سطوح مختلفی از کارآیی می باشند. PLC ها را می توان از نظر اندازه حافظه یا تعداد ورودی / خروجی دسته بندی نمود. نمونه ای از این تقسیم بندی را در جدول زیر مشاهده می کنید.

### PLCهای کوچک:

این PLCها معمولا به منظور جایگزینی کنترل کننده های سنتی استفاده می گردند و به خاطر کوچکی در کنار تجهیزات کنترل شونده نصب می شوند. قابلیت گسترش این PLC ها محدود و حداکثر یک یا دو مدول I/O است. در این PLCها یک پردازنده وجود دارد و برنامه نویسی آنها به صورت مقدماتی است واغلب با استفاده از دیاگرام نردبانی و دستورات نمادی صورت می گیرد . PLC مدل F20 شرکت میتسو بیشی از این نمونه است.

### PLC های متوسط:

این PLC ها ساختار مدولار دارند. در نتیجه توسعه یا تغییر آنها ساده است و تنها با اضافه نمودن یا تغییر مدولها صورت می گیرد. مدولها به گونه ای محلم ساخته می شوند تا در محیط های صنعتی کارکرد مطمئن داشته باشند. از این PLC ها در مواردی استفاده می شود که تعداد خطوط I/O زیاد و توسعه سیستم در آینده محتمل باشد. امکانات ارتباطی این PLCها زیاد است و می توان از آنها در کنترل گسترده استفاده نمود. برنامه ریزی این PLC ها به صورت گرافیکی نیز میسر است

### PLC های بزرگ:

در مواردی که تعداد ورودی/ خروجی بسیار زیاد است و یا عملیات کنترلی پیچیده است از PLC های بزرگ استفاده می گردد. از این PLC ها برای هدایت تعدادی PLC کوچک نیز استفاده می گردد.

از بارز ترین ویژگیهای این PLC های می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پردازنده ۱۶ بیتی برای انجام عملیات محاسباتی
- پردازنده یک بیتی برای انجام عملیات موازی و تسریع در شمارش و ذخیره
- حافظه زیاد
- عیب یابی و نمایش وضعیت
- ارتباط با اجزای کنترل گسترده
- کنترل حلقه بسته

و موارد دیگر...

Draft by M. Taghdis

برنامه نویسی PLCهای بزرگ معمولا با استفاده از زبانهای سطح بالا صورت می گیرد
البته برای ارزیابی یک PLC باید به ویژگی های دیگر نظیر پردازنده، زمان اجرای یک سیکل، سادگی زبان برنامه نویسی، قابلیت توسعه و غیره را در نظر گرفت.

در یک تقسیم بندی PLC ها در دوغالب PLC های با کاربرد محلی و PLC های با کاربرد وسیع تقسیم می گردند.

**PLC ها با کاربرد محلی:**

این نوع PLC ها برای کنترل سیستم های با حجم کوچک با تعداد ورودی و خروجی های محدود استفاده می گردند. به علت قابلیت محدودتر ، این نوع PLC ها برای کنترل همزمان تعداد کمتری از فرایند ها یا کنترل دستگاه های مجزای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند. اغلب شرکت های سازنده، این نوع PLC ها را به همراه سایر PLC به بازار ارائه نموده اند ولی برخی از شرکت های سازنده آن را با نام میکرو PLC به بازار ارائه می نمایند ، از جمله این نوع PLC می توان به نمونه زیر اشاره کرد:

۱- مینی PLC ساخت کارخانه زیمنس آلمان با نام LOGO
۲- مینی PLC ساخت کارخانه تله مکانیک فرانسه با نام Zelio
۳- PLC مولر آلمان
۴- PLC، LG کره
۵- .....

**PLC ها با کاربرد گسترده:**

این نوع PLC ها برای کنترل سایت کارخانجات بزرگ استفاده می شود. معمولا در این کارخانجات ؛ PLC ها در قسمت های مختلف سایت کارخانه وجود داشته و کنترل محلی بر قسمت های تحت پوشش خود انجام می دهند و اطلاعات مورد نیاز را با استفاده از روشهای گوناگون به اتاق کنترل مرکزی منتقل می کنند که در آن محل با استفاده از روش های مختلف مونیتورینگ صنعتی ، اطلاعات به شکل گرافیکی تبدیل کرده و بر روی صفحه مونیوتور نمایش می

Draft by:M.Taghdis

دهند. در این حال اپراتور تنها با دانستن روش کار با کامپیوتر و بودن نیاز به اطلاعات تخصصی می تواند سیستم را کنترل کند.

از جمله این PLC ها می توان به نمونه های زیر اشاره کرد:

۱- خانواده PLC های S5 و S7

۲- خانواده PLC های OMRON ژاپن

۳- خانواده PLC های تله مکانیک فرانسه

۴- خانواده PLC میتسوبیشی ژاپن

۵- خانواده PLC های LG کره

۶- خانواده PLC آلن برادلی امریکا

۷- .....

در این دسته بندی می توان محصولات PLC شرکت کنترونیک ایران را نیز طبقه بندی کرد. در ادامه به معرفی شرکت کنترو نیک ایران می پردازم.

این شرکت ۲۴ سال پیش توسط سازمان گسترش ونوسازی صنایع ایران تأسیس گردید ودرسال ۱۳۷۲ به بخش خصوصی واگذارشد. زمینه فعالیت شرکت اتوماسیون صنعتی بوده ودراین سالها همواره درجهت گسترش درزمینه های مختلف گام برداشته است.

## انواع PLC های زیمنس

### LOGO

LOGOکنترل کننده ساده وارزان قیمتی است که برای کنترل های کوچک مثل ساختمان و دستگاه های کوچک و دربرخی موارد آموزشی کاربرد دارد.این PLC هم COMPACT است و برنامه ریزی آن توسط کلید های روی آن انجام می شود .البته می توان برای ورودی یا خروجی های بیشتر از اسلات های اضافی که در بازار وجود دارد استفاده کرد.

برای برنامه نویسی این PLC از نرم افزار logo!soft comfort استفاده می شود.

Draft by:M.Taghdis

**SIMATIC S5**

کنترل کننده SIMATIC S7 که یکی از کنترل کننده های نسبتا قدیمی است در انواع مختلف مثل S5-90U یا S5-95Uبه صورت (COMPACT) بوده و حوزه عملکرد مخصوص دارند، اما انواع دیگری مثل S5-100U یا S5-115U به صورت مدولار بوده و برای کنترل های وسیع تر استفاده می شود که ورودی و خروجی های بیشتری دارند و می توانند عملیات منطقی بیشتری را انجام بدهند.

در S5 می توان PLC هایی را استفاده کرد مثل S5-135U یا S5-155U که بتوانند حوزه عملکرد بسیار وسیعی داشته باشند.

نوع PLC S5 در تمام انواع آن را که ذکر شد می توان توسط نرم افزار STEP 5 برنامه نویسی یا PROGRAM کرد.

**SIMATIC S7**

این PLC ها بعد از S5 عرضه شده اند و خود به سه خانواده مختلف تقسیم می شود :

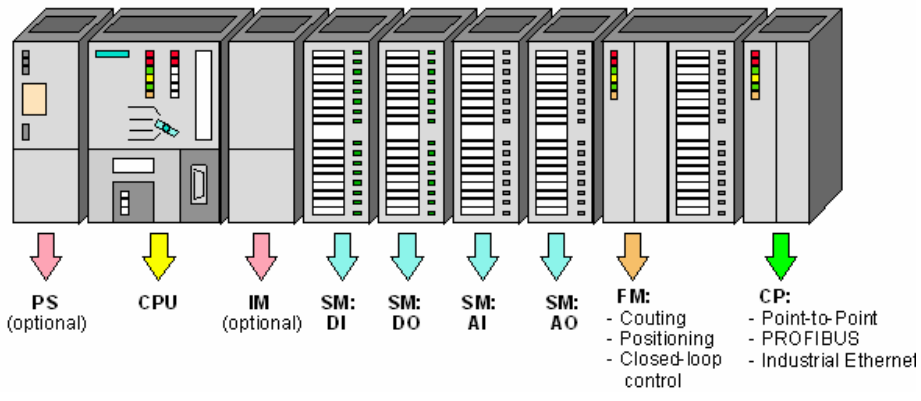
**S7-200:**که به صورت COMPACT است و برای سیستم های کنترلی کوچک به کار می رود .

**S7-300:** که خود به سه نوع S7-300F , S7-300C و S7-300 تقسیم می شود، به صورت MODULAR است و عملکرد متوسط دارد .

**S7-400:**که خود به سه نوع S7-400FH , S7-400H , S7-400 تقسیم می شود، MODULARاست ولی می تواند حوزه عملکرد وسیع داشته باشد .

این PLC ها با نرم افزار STEP7 برنامه نویسی و پیکر بندی می شوند .

شکل زیر مربوط به LOGO از PLC های ساخت شرکت زیمنس می باشد. بر روی ماجول اصلی این کنترل کننده ۸ ورودی و۴ خروجی وجود دارد که جمعا تا ۲۴ ورودی دیجیتال(I1…24) و ۱۶ خروجی دیجیتال(Q1…Q16) قابل افزایش است.




ماژولهای s7-300 ←

Draft by:M.Taghdis

ماژول اصلی دارای صفحه نمایش :

ورودی ها

محل اتصال کارت حافظه و یا کابل رابط PC

صفحه نمایش

خروجی ها

کلیدهای محلی CURSOR KEY

**انواع زبان های برنامه نویسی:**

**FBD:** Function Block Diagram دیاگرام تابع بلوکی

**LAD:** Ladder Diagram دیاگرام زبانی

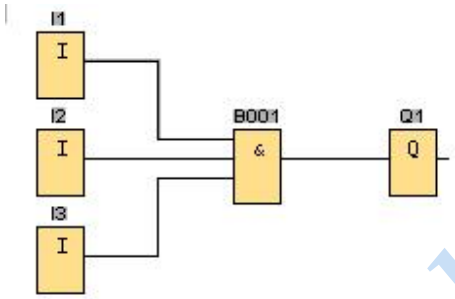
**STL:** Statement List عبارتی

**آشنائی با چند دستور ساده وابتدائی از نرم افزار LOGO!**

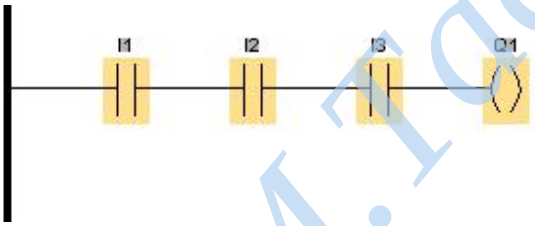
**مثال :**دستگاهی زمانی کار می کند که هر سه کلید ورودی آن همزمان فعال باشد.برنامه مربوطه را با زبان FBDوLADبنویسید.

Draft by:M.Taghdis

**(FBD)**




**(LAD)**



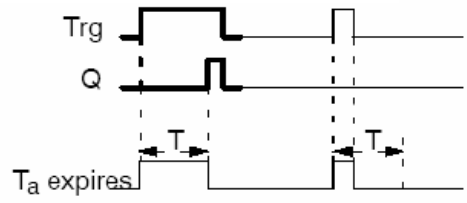

لازم به یادآوری است که معمولا برنامه مدارات فرمان به روشLAD نوشته می شوند.

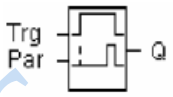
*زبان برنامه نویسی STL مختص S7,S5 می باشد.

در زیر به معرفی چند تابع ساده LOGO می پردازیم. برای توضیحات بیشتر و مطالب تکمیلی به" **جزوه آموزشی LOGO** "تالیف اینجانب مراجعه کنید.

Draft by:M.Taghdis

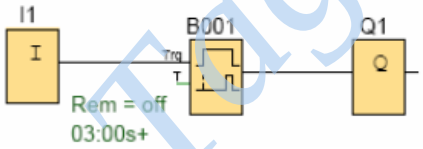
## تایمر تاخیر در وصل On-delay



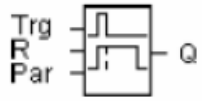

در این تابع خروجی زمانی فعال می شود که زمان تعریف شده Ta بعد از فعال شدن Trg سپری شده باشد.همچنین خروجی با لبه پایین رونده ورودی غیر فعال می شود.

**مثال** : با برنامه ای بنویسید که Q2، ۳ثانیه بعد از فعال شدن ورودی I2 روشن شود.




**تمرین** :با زدن Start , ابتدا Q1روشن و پس از 2S , Q2 نیز روشن و پس از 2S , Q3نیز روشن می شود.هرگاه Stop زده شد همگی خاموش می شوند.

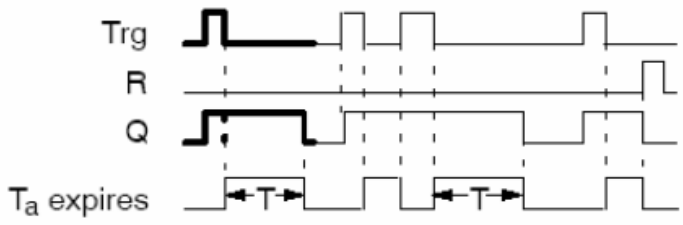
## تایمر تاخیر در خاموشی off-delay




در این تابع،خروجی با لبه بالا رونده ورودیTrgروشن می شود زمانT نیز با لبه پایین رونده Trg شروع به شمارش می کند. خروجی تا زمانیکه زمان تنظیم شده Ta سپری نشده روشن باقی می ماند.شکل زیر دیاگرام عملکرد این تابع را نشان می دهد.

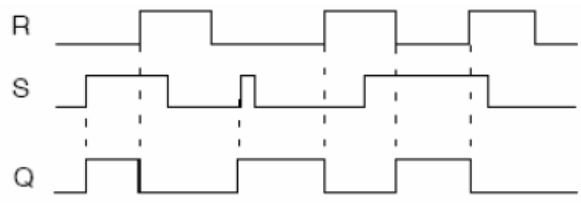
خروجی با لبه بالا رونده **R** خاموش می شود.

**Timing diagram**




Draft by:M.Taghdis

## رله نگهدارنده Latching Relay



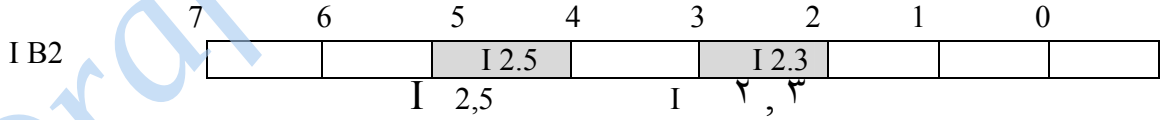
خروجی با لبه بالا رونده S فعال می شود وبا لبه پایین رونده S خاموش نمی شود مبادا اینکه ورودی R فعال شود.اگر گزینه Retentivity را فعال کنیددر این صورت وقتی برق قطع شد با وصل مجدد برق ،وضعیت رله در همان حالت قبلی باقی می ماند.

**اگر هردو ورودی با هم فعال شونددر این حالت R برS ارجحیت خواهد داشت.**

**آدرس دهی در( 7 ) STEP:** آدرس دهی در STEP 5, STEP 7 به صورت بیت وبایتی است.

بیت صفرم از بایت صفر ورودی I0.0

بیت صفرم از بایت صفر خروجی Q0.2



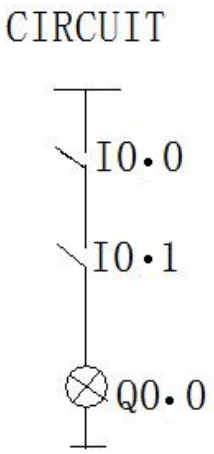

**نکته:**●هربایت هشت بیت دارد.

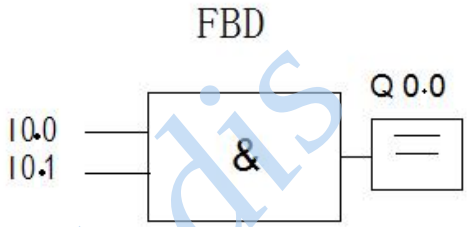
●هر Word شانزده بیت دارد

Draft by:M.Taghdis

## زبان STL در STEP 7:

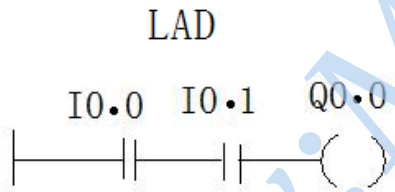
### دستور AND در STEP 7:



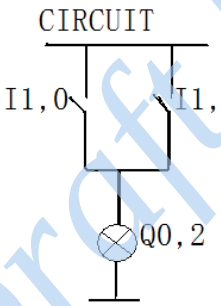



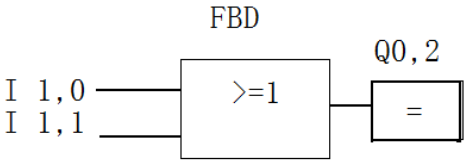

STL

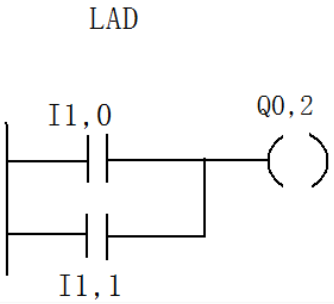
| عملگر | عملوند | |
|---|---|---|
| | شناسه عملوند | آدرس عملوند |
| A | I | 0.0 |
| A | I | 0.1 |
| = | Q | 0.0 |




### دستور OR در STEP 7:




STL

| عملگر | عملوند | |
|---|---|---|
| | شناسه عملوند | آدرس عملوند |
| O | I | **1.0** |
| O | I | **1.1** |
| = | Q | **0.2** |

Draft by:M.Taghdis

## معرفی سخت افزار Logo!

امروزه سیستمهای کنترلی که برای کنترل ازلوگو استفاده می کنند با توجه به سادگی کنترل،قابلیت توسعه وهزینه نسبتاپایینترآنها نسبت به سیستمهایی که ازPLC استفاده میکنند بسیار مورد توجه هستند.از جمله موارد کاربردی که از این سیستمها استفاده می شود ،می توان به سیستمهای کنترل روشنائی،سیستمهای آبیاری برای گیاهان گلخانه ،دستگاههای صنعتی مثل خم کن وبالابر ،کلید های چند مرحلهای یا زمانی ،تنظیم بار ثابت روی چند مصرف کننده ، سیستمهای کنترل متمرکز،دستگاههای برش،کنترل شابلونها درصنایع نساجی ، سیستم پر کردن سیلو ،چراغ راهنمائی،روشنائی راه پله،سیستم تهویه هوا و...اشاره کرد.

**لازم به ذکر است که logo در سال۱۹۹۶ وارد بازار شده است.**

### اجزاء تشکیل دهنده logo

۱-منبع تغذیه:تغذیه سخت افزارازطریق دو ترمینال L1وNانجام می شود.

۲-ورودیها

۳-خروجیها:این خروجیها بصورت رله ای یا ترانزیستوری می باشند.

٤-دریچه اتصال کارت حافظه(micro memory card; MMC)وکابل ارتباطی برای کامپیوتر(RS232)

٥-صفحه کنترل

٦-صفحه نمایش

☺ **دو مورد۵و۶ در مدلهایRCo وجود ندارند.**

۷-نمایش وضعیت حالتهایstop/Run

۸-رابط توسعه

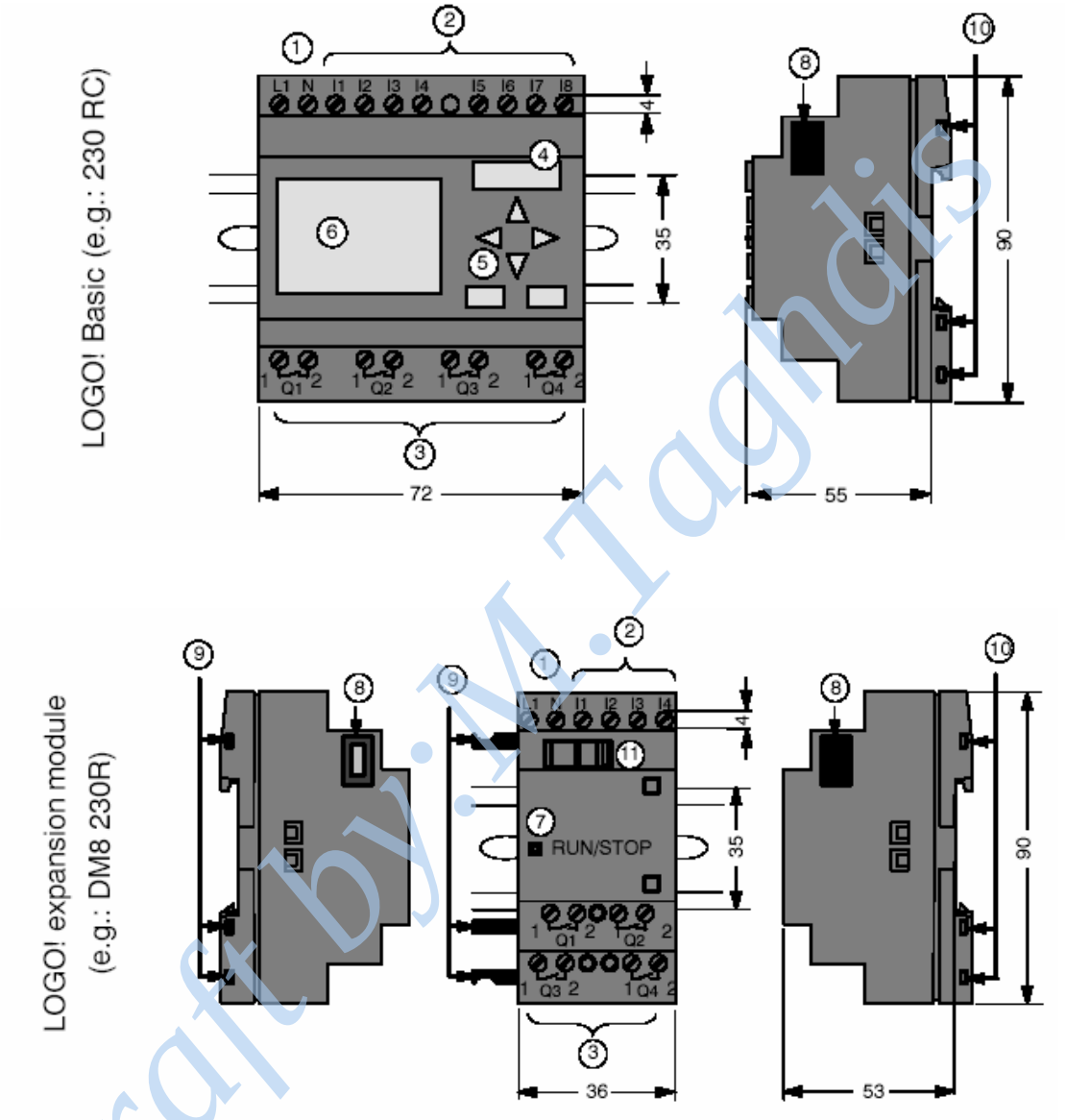
۹-میله های قفل کننده مکانیکی

۱۰-حفره های قفل گذاری مکانیکی

۱۱-کشو

Draft by:M.Taghdis

۱۲-ترمینال اتصال به زمین برای اتصال دادن دستگاه به زمین واستحفاظ اندازه گیری آنالوگ




**نکته:نسخه هایی که دارای۶ورودی ودر انواع قدیمی تر،نسخه های که دارای ۱۲ ورودی و۸خروجی هستند تقریبا منسوخ شده ودیگر استفاده نمی شوند.**

**چگونگی تشخیص مدلهای LOGO از روی دستگاه:**

برای تشخیص مدلهایLOGO از روی دستگاه آشنایی با یکسری از اعداد وحروف که هر یک بیانگر یک ویژگی از دستگاه می باشد لازم است،که عبارتند از:

**عدد12**:نشان دهنده نوع 12VDCمی باشد.

**عدد24:** نشان دهنده نوع 24VDCمی باشد.

Draft by:M.Taghdis

**عدد230:** نشان دهنده نوع 115...230VACمی باشد.

**R** (relay) : نشان دهنده خروجی های رله ای می باشددر صورتیکه حرفR درج نشده باشد مفهوم آن این است که خروجیها بصورت ترانزیستوری هستند.

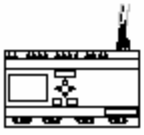
**C** (clock) : نشان دهنده دارابودن سویچ تایمر وزمان بندی هفتگی است.

**O:** نشان دهنده نسخه بدون نمایشگر است.

**DM** (Digital Module) : بیانگرماژول دیجیتال است.

**AM** (Analog Module) : بیانگر ماژول آنالوگ است.

**L** (long) : بیانگر۱۲ ورودی و۸خروجی است(در حالت معمولی ٤خروجی داریم).

| Symbol | Designation | Outputs | Typs |
|---|---|---|---|
| | LOGO! 12/24RC * | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 24 * | 4 x 24 V; 0,3 A | Transistor |
| | LOGO! 24RC (AC) | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 230RC | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 12/24RCo * | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 24RCo (AC) | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 230RCo | 4 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 12RCL | 8 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 24L | 8 x 24 V; 0.3 A | Transistor |
| | LOGO! 24RCL | 8 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 230RCL | 8 x 230 V; 10A | Relay |
|  | LOGO! 24RCLB11 | 8 x 230 V; 10A | Relay |
| | LOGO! 230RCLB11 | 8 x 230 V; 10A | Relay |

*با ورودیهای آنالوگ

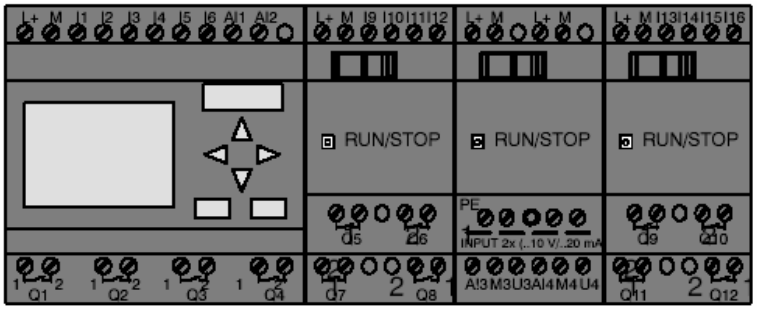
Draft by M.Taghdis

| Sym-bol | Designation | Supply voltage | Inputs | Outputs | Properties |
|---|---|---|---|---|---|
| | LOGO! 12/24 RC | 12/24 V DC | 8 digital (1) | 4 relays (10 A) | |
| | LOGO! 24 | 24 V DC | 8 digital (1) | 4 solid state 24V / 0.3A | no clock |
| | LOGO! 24RC (3) | 24 V AC/ 24 V DC | 8 digital | 4 relays (10A) | |
| | LOGO! 230RC (2) | 115...240 V AC/DC | 8 digital | 4 relays (10A) | |
| | LOGO! 12/24RCo | 12/24 V DC | 8 digital (1) | 4 relays (10A) | no display unit<br>no keyboard |
| | LOGO! 24o | 24 V DC | 8 digital (1) | 4 solid state 24 V / 0.3A | no display unit<br>no keyboard<br>no clock |
| | LOGO! 24RCo (3) | 24 V AC / 24 V DC | 8 digital | 4 relays (10A) | no display unit<br>no keyboard |
| | LOGO! 230RCo (2) | 115...240 V AC/DC | 8 digital | 4 relays (10A) | no display unit<br>no keyboard |

(1): Of those can be used alternatively: 2 analog inputs (0 ... 10V) and 2 fast inputs.
(2): 230 V AC versions: Two groups consisting of 4 inputs each. Each input within a group must be connected to the same phase. It is possible to interconnect groups with a different phase.
(3): The digital inputs can be operated with P or N action.

**ماژولهای توسعه**:هر گاه بخواهیم از ورودیها وخروجیهای اضافی برای یک دستگاه LOGO استفاده کنیم،از ماژولهای توسعه استفاده می کنیم.

انواع ماژولهای توسعه در جدول زیر آمده است.




LOGO به همراه ماژولهای افزایشی

Draft by:M.Taghavis

| Symbol | Name | Power supply | Inputs | Outputs |
|---|---|---|---|---|
| | LOGO! DM 8 12/24R | 12/24 V DC | 4 digital | 4 relays (5A) |
| | LOGO! DM 8 24 | 24 V DC | 4 digital | 4 solid state 24V / 0.3A |
| | LOGO! DM 8 24R (3) | 24 V AC/DC | 4 digital | 4 relays (5A) |
| | LOGO! DM 8 230R | 115...240 V AC/DC | 4 digital (1) | 4 relays (5A) |
| | LOGO! DM 16 24 | 24 V DC | 8 digital | 8 solid state 24V / 0.3A |
| | LOGO! DM 16 24R | 24 V DC | 8 digital | 8 relays (5A) |
| | LOGO! DM 16 230R | 115...240 V AC/DC | 8 digital (4) | 8 relays (5A) |
| | LOGO! AM 2 | 12/24 V DC | 2 analog 0 ... 10V or 0 ... 20mA (2) | none |
| | LOGO! AM 2 PT100 | 12/24 V DC | 2 Pt100 -50 °C to +200 °C | none |
| | LOGO! AM 2 AQ | 24 V DC | none | 2 analog 0 ... 10 V DC |

(1): Different phases are not allowed within the inputs.
(2): 0 ... 10 V, 0 ... 20 mA can be connected optionally.
(3): Digital inputs can be operated either with P or with N action.
(4): Two groups consisting of 4 inputs each. Each input within a group must be connected to the same phase. It is possible to interconnect groups with a different phase.

Draft by M.Taghdis

## ساختار مدولاتور LOGO

ساختار نهایی LOGO با ورودیهای آنالوگ(LOGO!24، LOGO!12/24RC/Rco ) به صورت جدول زیر است. در مدلهای LOGO!basic چهار ماژول دیجیتال وسه ماژول آنالوگ می تواند به این مدل از LOGO! اتصال یابد.در این مدلهاورودیهای I7وI8 به عنوان ورودیهای آنالوگ مورد استفاده قرار می گیرد.

**☺ بهتر است اول ماژولهای دیجیتال اتصال یابند سپس آنالوگها،تا سرعت پردازش بهتر باشد.**

**نکته:**جمعا ۲۴ورودی و۱۶تا خروجی دیجیتال داریم و ۸تا ورودی آنالوگ.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I1.....I6, I7, I8<br>AI1, AI2 | I9...I12 | I13...I16 | I17...I20 | I21...I24 | AI3, AI4 | AI5, AI6 | AI7, AI8 |
| LOGO! Basic | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>AM 2 | LOGO!<br>AM 2 | LOGO!<br>AM 2 |
| Q1...Q4 | Q5...Q8 | Q9...Q12 | Q13...Q16 | | | | |

**نکته:هرگاه بخواهید ورودیهای I7,I8 را به عنوان ورودیهای آنالوگ AI1,AI2 استفاده کنید،در آنصورت باید از به کار بردن آنها به عنوان ورودیهای دیجیتال خودداری کنید.**

حداکثر ماژولهای آنالوگ ودیجیتالی که می توان به مدل های ( LOGO!230 RC/Rcoو LOGO! 24RC/Rco)وصل کرد،به صورت جدول زیر است. در مدلهایLOGO!basic چهار ماژول دیجیتال وچهار ماژول آنالوگ می تواند به این مدل از LOGO! اتصال یابند.

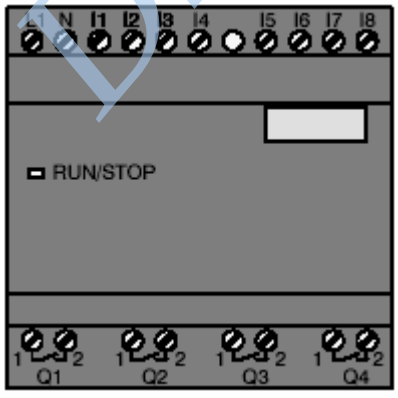
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I1 . . . . . I8 | I9...I12 | I13...I16 | I17...I20 | I21...I24 | AI1 , AI2 | AI3, AI4 | AI5, AI6 | AI7, AI8 |
| LOGO! Basic | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>DM 8 | LOGO!<br>AM 2 | LOGO!<br>AM 2 | LOGO!<br>AM 2 | LOGO!<br>AM 2 |
| Q1...Q4 | Q5...Q8 | Q9...Q12 | Q13...Q16 | | | | | |

**نکته:ورودیهای I5,I6درمدلهای LOGO!12/24RC/RCo،LOGO!24 ورودیهای سریع نامیده می شوند. در مدلهای L ورودیهای I11,I12به عنوان ورودیهای سریع بکار می روند.**

**LOGO! بدون نمایشگرو صفحه کنترل:**

این نوع LOGO! در مواردی که برای عملیات نیاز به صفحه کلید وصفحه نمایش نباشدکاربرد دارد.

LOGO!230 RC/Rco, LOGO! 24RC/Rco




LOGO! بدون نمایشگر

**مزایای استفاده از LOGO! بدون صفحه نمایش:**

۱-استفاده از آنها بسیار آسان است.

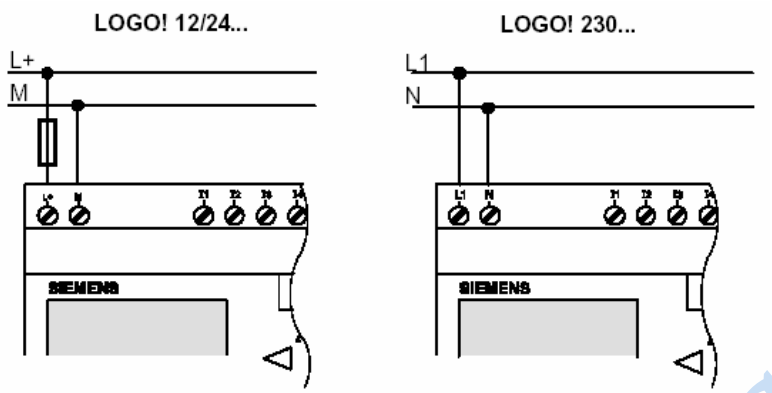
۲-بدون کابل ارتباطی ونرم افزار نمی توان وارد برنامه آنها شد.

۳-اشخاص غیر مجاز نمی توانند از آنها استفاده کنند.

Draft by M. Taghdis

# سیم بندی LOGO

## اتصال منبع تغذیه

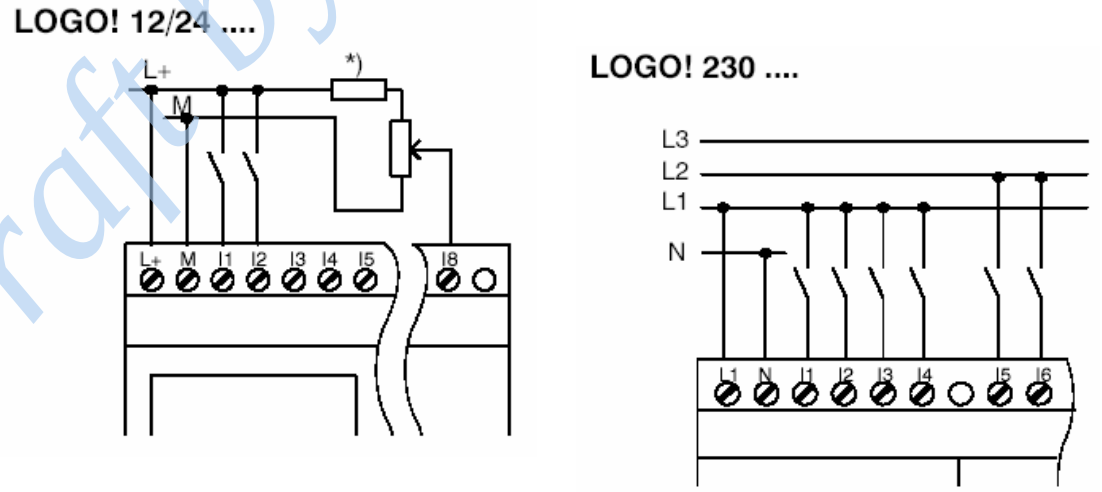



## اتصال ورودیها

ورودیهای یک دستگاه LOGOمی تواند انواع سنسورها ،شستیها ، سویچهای برقی و...باشد.

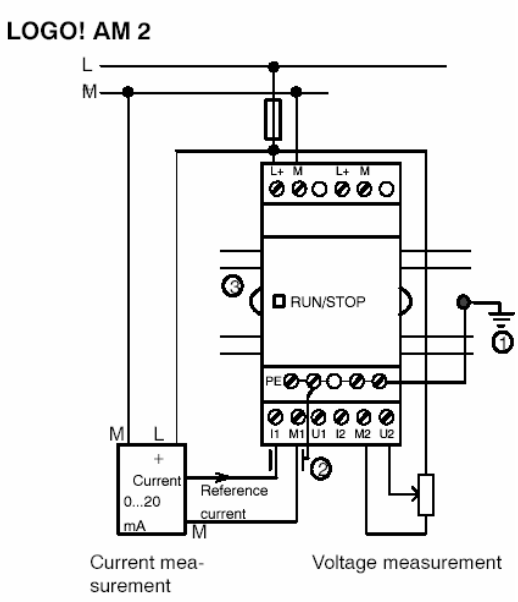
در شکل زیر چگونگی اتصال سنسورها به مدلهای مختلف LOGO را مشاهده می کنید.

در جدول زیر نیز ویژگی های چند نوع سنسور برای مدلهای مختلفLOGO بیان شده است.




در مدل230RC/RCo ورودیهای دیجیتال به دو گروه که هر کدام دارای ٤ورودی است تقسیم می شوند. باید توجه داشت که داخل یک گروه همه ورودیهاتوسط یک فاز یکسان عمل می کنند.بطور مثال ورودیهای I1 تا I4 توسط فازL1و ورودی I5 تا I8 بوسیله فاز L2 تغذیه می شوند.

Draft by M.Taghdis



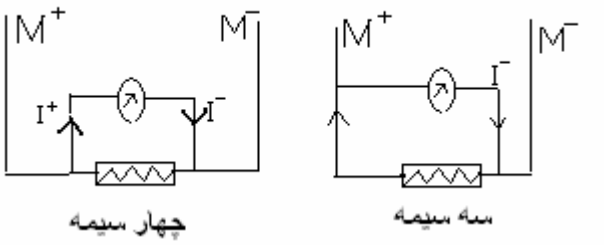

**اتصال ورودیهای آنالوگ**

ماژول توسعه LOGO! AM2 برای افزودن ورودیهای آنالوگ قابل دسترسی است.

**اتصال سنسور دمای Pt100 به ماژولLOGO!AM2 Pt100**

ابتدا توضیح مختصری در مورد RTD می دهیم.RTD اختصار کلمات **RESISTANCE TEMRATUER DEDECTORS** به معنای حسگرهای مقاومتی دما است.این نوع حسگرها از جنس فلز یا نیمه هادی می باشند. حسگرهای مقاومتی دمای ساخته شده ازنیمه هادیها اصطلاحا ترمیستور نامیده می شوند.با افزایش دما مقاومتRTD نیز افزایش می یابد.زیاد شدن فاصله بین محل نصب حسگرهای دمابا ماژول ورودی آنالوگ باعث افزایش طول سیم می شودو بطوری که مقاومت سیمهای رابط بامقاومتRTD قابل مقایسه می گرددودر نتیجه تغییرات مقاومت سیمهای رابط با دما منجر به بروز خطا های قابل توجه در اندازه گیری میشود.

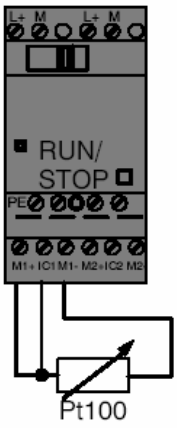
RTDهابا مقاومت حدود چند صد اهم ساخته میشونددرحالی که ترمیستورها بامقاومت حدود چندده کیلو اهم ساخته میشوند.بنابراین اثر سیمهای رابط ترمیستورها منتفی می گردد،در حالی که درRTDها این اثر مشکل ساز است،لذا برای حل این مشکلRTDها به صورت سه یا چهار سیمه(شکل زیر) می سازند.

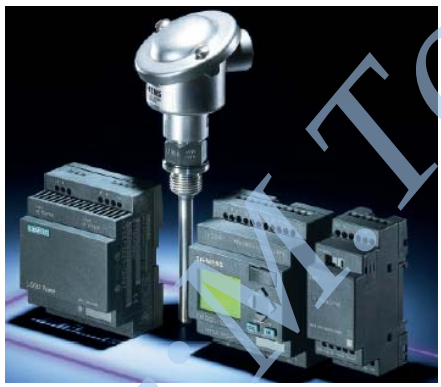



Draft by M.Taghdis

RTDهای چهار سیمه دارای بالاترین دقت می باشند،زیرا همان طور که در شکل مشاهده می کنید در اینRTDها منبع جریان ثابتی به دو سر حسگراعمال میشود وچون از این مسیر جریان نمی گذرد(چون مقاومت داخلی ولتمتر بی نهایت است)،لذا مقاومت سیمهای رابط هیچ نقشی در اندازه گیری ولتاژ ندارند.در نوع سه سیمه چون در یک مسیر عبور جریان واندازه گیری ولتاژ یکسان می باشد اندازه گیری باکمی خطا همراه خواهد بوداما از آنجا که تنظیم وکالیبراسیون چهار سیمه ها مشکل است معمولا از نوع سه سیمه استفاده می شود.

**Pt100** یک نوع RTDاست که جنس مقاومت آن از نوع پلاتینیوم بوده ودر دمای صفر درجه برابر۱۰۰اهم است.

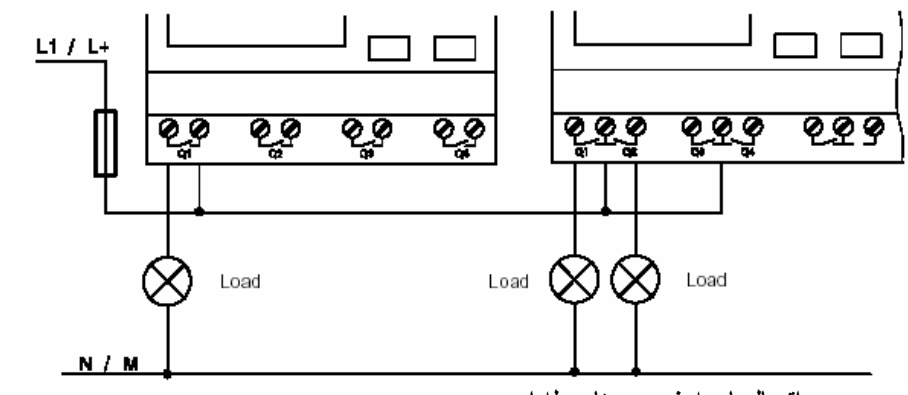


شکل مربوط به سنسور دمای pt100
به همراه ماژول AM2 PT100

## اتصال خروجیها

قبل از اتصال خروجیها باید نوع خروجی را تشخیص داد. حرف Rنشان دهنده خروجی های رله ای است. عدم درج این حرف نشان دهنده خروجی های ترانزیستوری است.خروجی های رله ای همانند یک کنتاکت عمل می کنند یعنی هر ولتاژی که به هر یک از دو پایه خروجی وصل کنیم،همان ولتاژ را در طرف دیگر خواهیم داشت. خروجی های رله ای این قابلیت را دارند که می توان بارهای مختلف از جمله کنتاکتورها ،موتورهاولامپها را مستقیما به آنها وصل کرد.

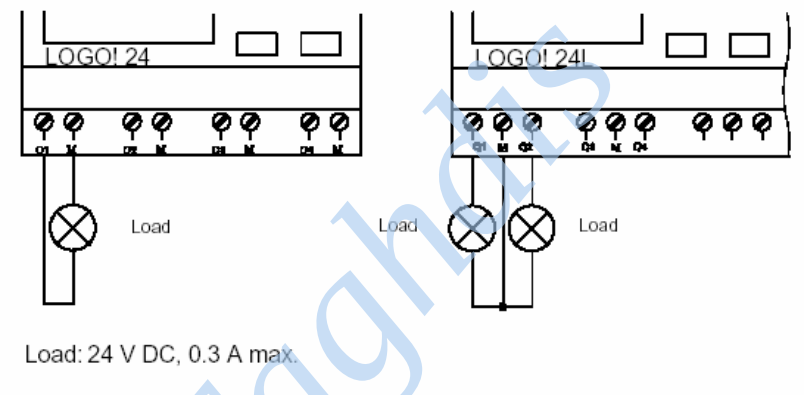



اتصال بار به خروجی های رله ای

Draft by M.Taghdis

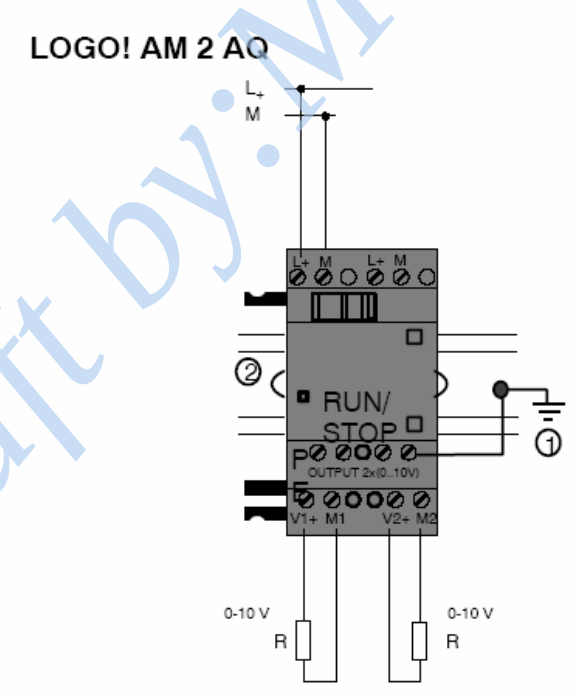
## خروجی های ترانزیستوری

در خروجی های ترانزیستوری در ترمینال خروجی یک ولتاژ مرجع(M) خواهیم داشت.ولتاژوجریان این خروجیها به ترتیب 24V و0.3A است.




**اتصال با ر به خروجی های ترانزیستوری**

## خروجی های آنالوگ




Draft by:M.Taghais

## آشنایی با دستورات LOGO

دو نوع روش برای برنامه نویسی وجود دارد:

**LAD**(*ladder diagram*):که بیشتر برای طراحی مدارات فرمان مورد استفاده قرار می گیرد.

**FBD**(*function Block diagram*):برای درک بهتر مسئله مناسب است.

## توابع بیسیک(پایه)

توابع مبنا ( **basic function** )

منظور از توابع مبنا , توابع منطقی مانند AND , OR , XOR و ..... می باشند .که شرح آن به صورت زیر است .

| Circuit diagram representation | Representation in LOGO! | Designation of the basic function |
|---|---|---|
| Series connection of normally open contacts | 1 2 3 — & — Q | AND (see page 67) |
| | 1 2 3 — & ↑ — Q | AND with RLO edge detection (see page 67) |
| Parallel connection of normally closed contacts | 1 2 3 — & — ○ Q | NAND (AND not) (see page 68) |
| | 1 2 3 — & ↓ — ○ Q | NAND with RLO edge detection (see page 69) |
| Parallel connection of normally open contacts | 1 2 3 — ≥1 — Q | OR (see page 67) |
| Series connectionof normally closed contacts | 1 2 3 — ≥1 — ○ Q | NOR (OR not) (see page 70) |
| Double change-over | 1 2 — =1 — Q | XOR (exclusive OR) (see page 71) |
| Inverter | 1 — 1 — ○ Q | NOT (negation, inverter) (see page 71) |

Draft by:M.Taghais

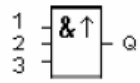
**AND :**

مشابه با اتصال سری در یک حلقه است که خروجی آن وقتی ۱ است که تمام ورودیها ۱ باشد .

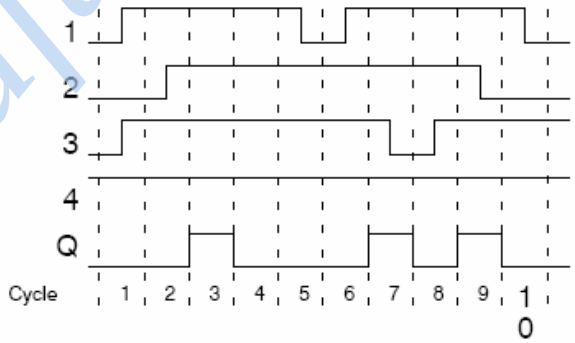
ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۱ در نظر گرفته میشود . جدول منطقی آن به شکل زیر است .

| 1 | 2 | 3 | Q |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

**AND** تحریک شده با لبه بالا رونده :




خروجی فقط هنگامی ۱ است که همه ورودیها ۱ بوده و حداقل یکی از ورودیها در سیکل قبل ۰ بوده باشد .
ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۱ در نظر گرفته میشود . نمایش سیکلهای زمانی به صورت زیر می باشد .




**NAND :**

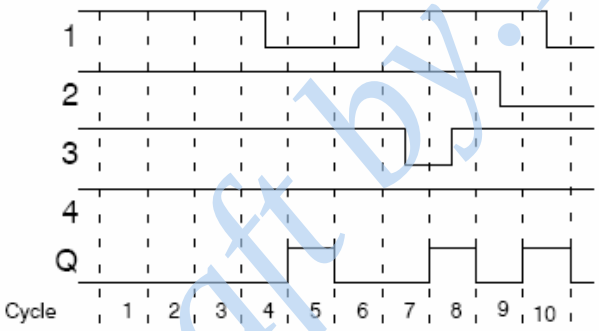
خروجی فقط وقتی ۰ است که همه ورودیها ۱ باشد . ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۱ در نظر گرفته میشود . جدول منطقی آن به شکل زیر است

Draft by:M.Taghdis.com

| 1 | 2 | 3 | 4 | Q |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |

**NAND** تحریک شده با لبه پایین رونده :

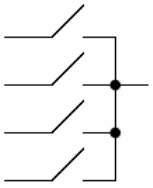
خروجی فقط هنگامی ۱ است که حداقل یکی از ورودیها ۰ بوده و همه ورودیها در سیکل قبل ۱ بوده باشد .
ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۱ در نظر گرفته میشود . نمایش سیکلهای زمانی به صورت زیر می باشد .



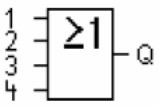

**OR** :

مشابه با اتصال موازی در یک حلقه است که خروجی آن وقتی ۰ است که تمام ورودیها ۰ باشد و خروجی آن وقتی ۱ است که حداقل یکی از ورودیها ۱ باشد .

| 1 | 2 | 3 | 4 | Q |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



Symbol in LOGO!:




Draft by:M.Taghdis

**NOR :**

خروجی فقط وقتی ۱ است که همه ورودیها ۰ باشد . ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۰ در نظر گرفته میشود .در تغییر ۰ به ۱ در یکی از ورودیها , خروجی ۰ میشود. جدول منطقی آن به شکل زیر است

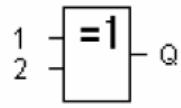
| 1 | 2 | 3 | Q |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

**XOR :**

خروجی فقط وقتی ۱ است که ورودیها غیر یکسان باشد . ورودی X ( ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده ) در این بلاک ۰ در نظر گرفته میشود . جدول منطقی آن به شکل زیر است :

| 1 | 2 | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Symbol in LOGO!:

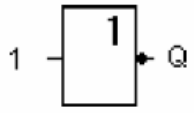



## NOT (Negation, Inverter)

این تابع معکوس کننده ورودی است , یعنی ۰ را به ۱ و ۱ را ۰ تغییر می دهد جدول منطقی آن به شکل زیر است :

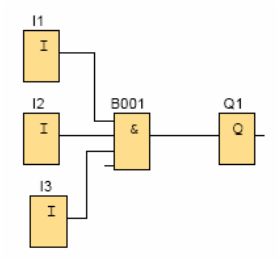
| 1 | Q |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

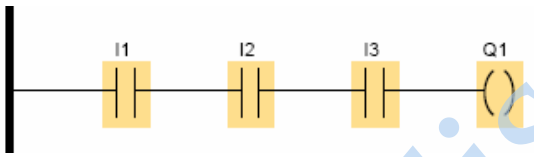
Symbol in LOGO!:



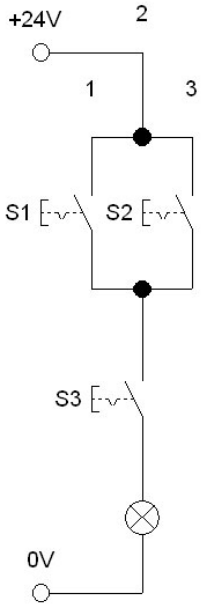

Draft by:M.Taghdis

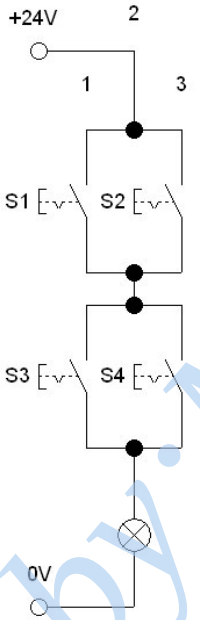
**مثال**:یک سیستم دارای سه ورودی است.دستگاه هنگامی کار می کند که هر سه ورودی فعال باشند.برنامه مربوطه را به زبانهای lad وFBDبنویسید.

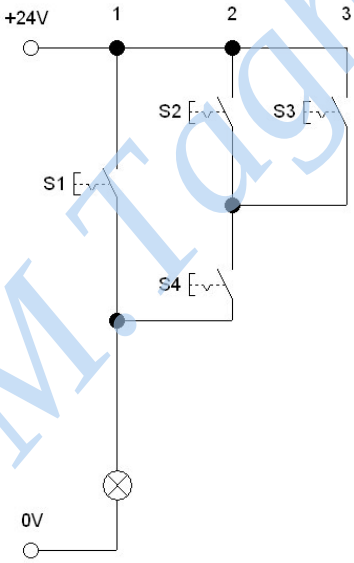


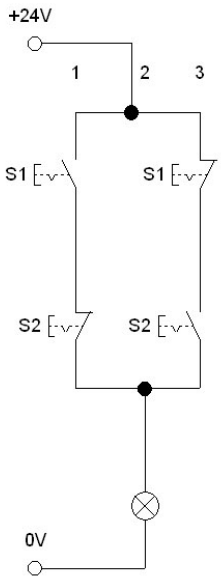



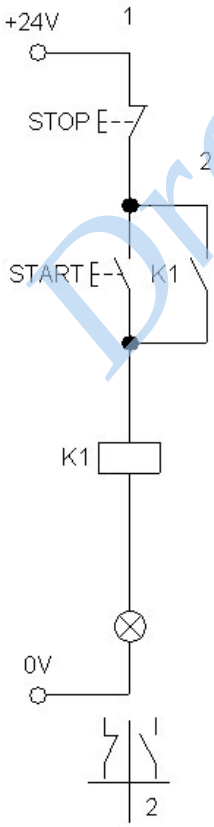

**تمرین**:برنامه مدارهای زیر را به هر دو زبان LAD,FBD بنویسید.

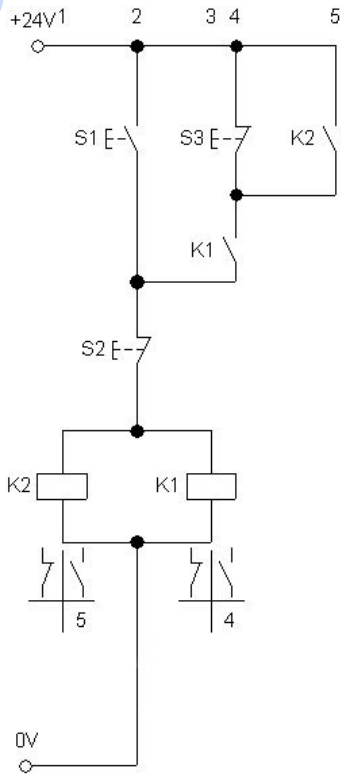


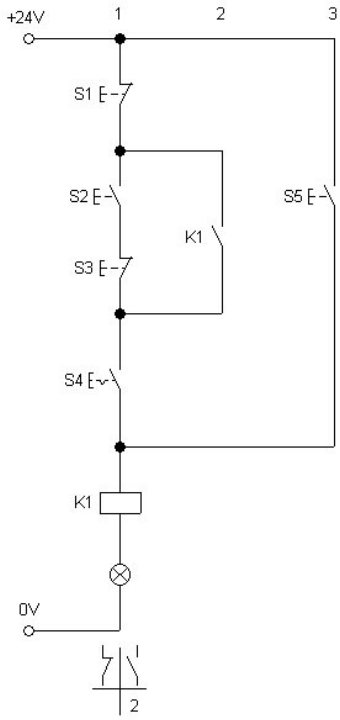



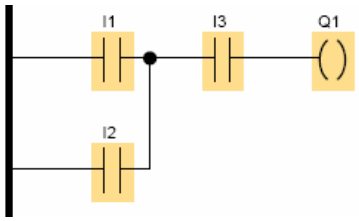



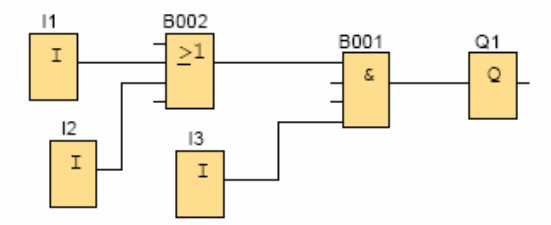



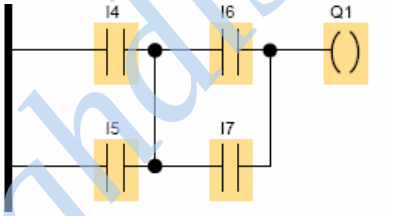

Draft by:M.Taghdis

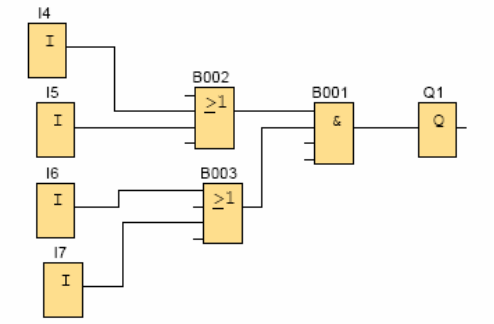
۱) از طرف سمت چپ



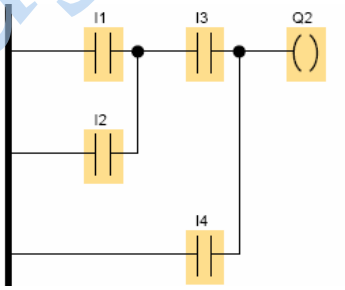



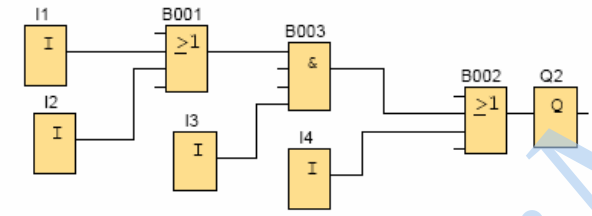

۲)



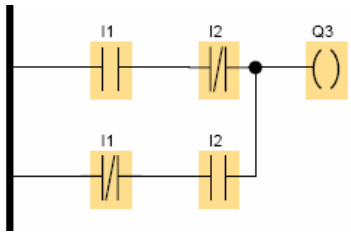



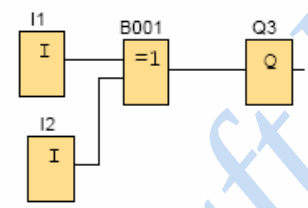

۳)



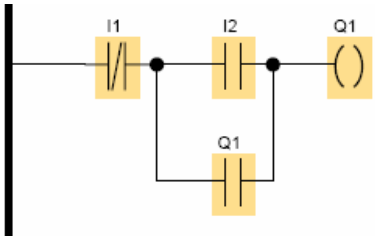



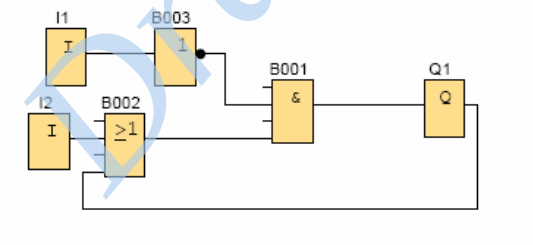

٤)



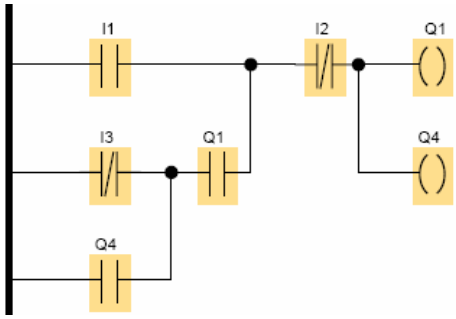




٥)

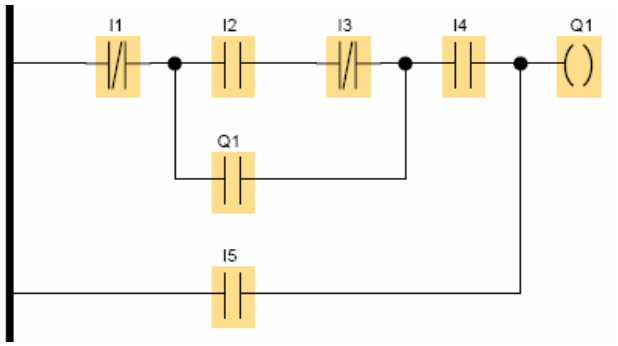



٦)

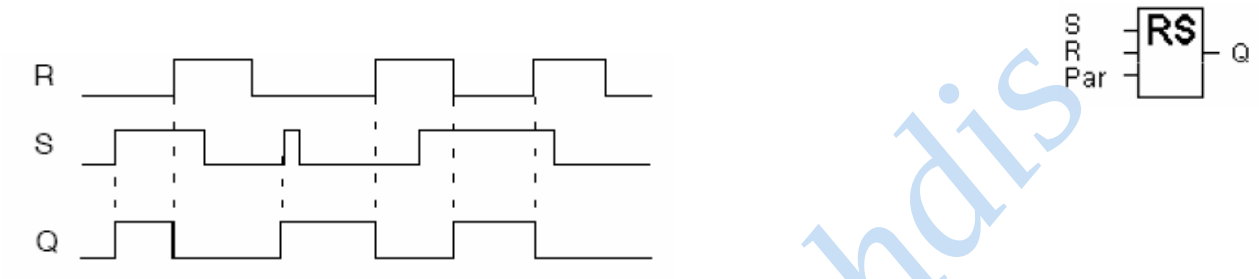



۷)




Draft by:M.Taghdis

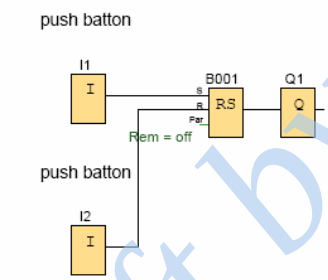
## رله نگهدارنده Latching Relay




خروجی با لبه بالا رونده S فعال می شود وبا لبه پایین رونده S خاموش نمی شود مبادا اینکه ورودی R فعال شود.اگر گزینه Retentivity را فعال کنیددر این صورت وقتی برق قطع شد با وصل مجدد برق ،وضعیت رله در همان حالت قبلی باقی می ماند.

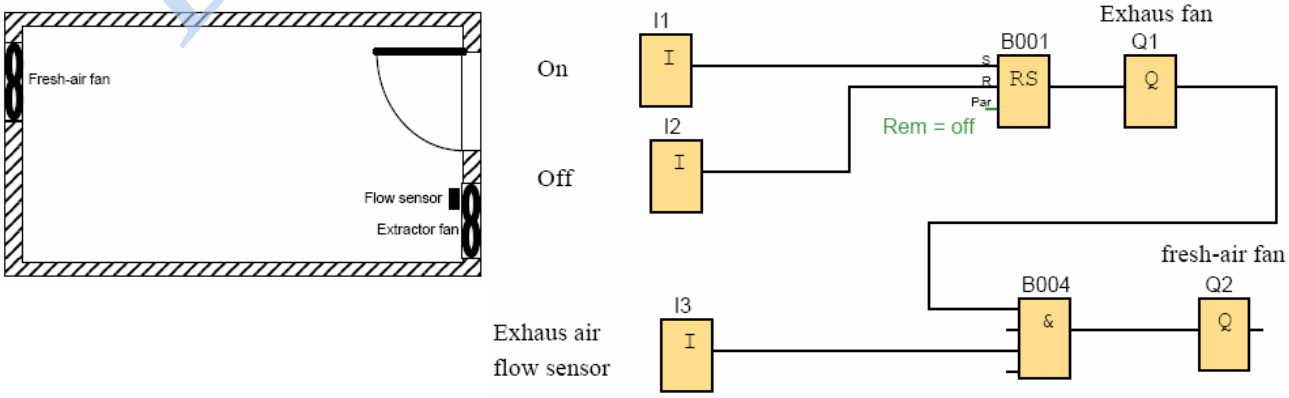
**اگر هردو ورودی با هم فعال شونددر این حالت R برS ارجحیت خواهد داشت.**

**مثال:**مدار شماره ۵ را باSR بنویسید.



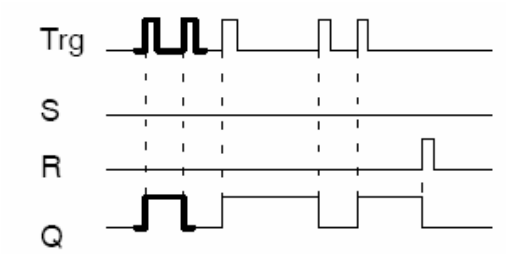

**تمرین:سیستم تهویه هوای اتاق**

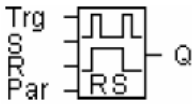
اتاقی مجهز به یک فن تخلیه هواEXHAUSTویک فن هوای تازه FRESH-AIR FAN می باشد.فن تخلیه توسط شستی ON روشن می شودو فن هوای تازه زمانی روشن می شود که قبل از آن فن تخلیه بهمراه سنسور جریان تخلیه هوا فعال شده باشد.سیستم با زدن شستی OFF خاموش می شود.




Draft by:M Taghdis

## رله پالسی Pulse Relay




در این رله، خروجی با لبه بالا رونده پالس اول روشن و با لبه با لارونده پالس دوم خاموش می شود.این رله همانند کلید start و stop عمل می کند. اگر پایه Trg فعال نباشد رله مثل فلیپ فلاپ RS (البته باویژگی ارجحیت دادن)عمل می کند.

**تمرین**:برنامه مدارات فرمان زیر را بنویسید.

**لازم به یادآوری است که معمولا برنامه مدارات فرمان به روشLAD نوشته می شوند.**

**۱-راه اندازی الکترو موتور سه فاز روتور قفسه ای بصورت دائم کنترل از دو محل**

**۲- راه اندازی دو الکترو موتور سه فازبه صورت یکی به جای دیگری به صورت دستی**

**۳- راه اندازی دو الکترو موتور سه فازبه صورت یکی پس از دیگری صورت دستی**

**٤- راه اندازی الکترو موتور سه فاز روتور قفسه ای بصورت چپگرد وراستگرد دورکند**

**٥- راه اندازی الکترو موتور سه فاز روتور قفسه ای بصورت چپگرد وراستگرد دورتند**

**٦- راه اندازی الکترو موتور سه فاز روتور قفسه ای بصورت ستاره ومثلث**

**۷-راه اندازی الکترو موتور سه فاز به صورت دالاندر**

**۸- راه اندازی الکترو موتور سه فاز روتور قفسه ای بصورت لحظه ای و دائم کنترل از دو محل**

***با وجود plc ، مدار فرمان حذف می شود، ولی مدار قدرت بر سر جای خود باقی است. یعنی فرمان کنترل را بوسیله plcانجام خواهیم داد.***

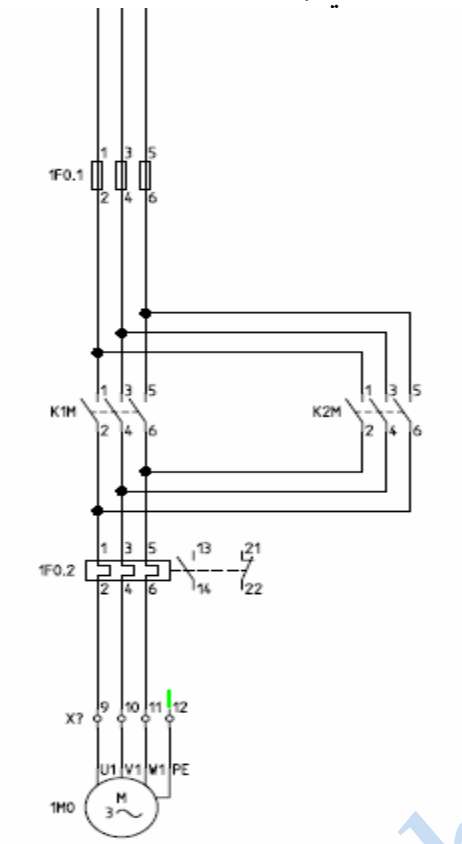
در مدارات فرمان رله کنتاکتوری،باز یا بسته بودن کنتاکتهای مدار قدرت را،مدار فرمان تعیین می کرد.

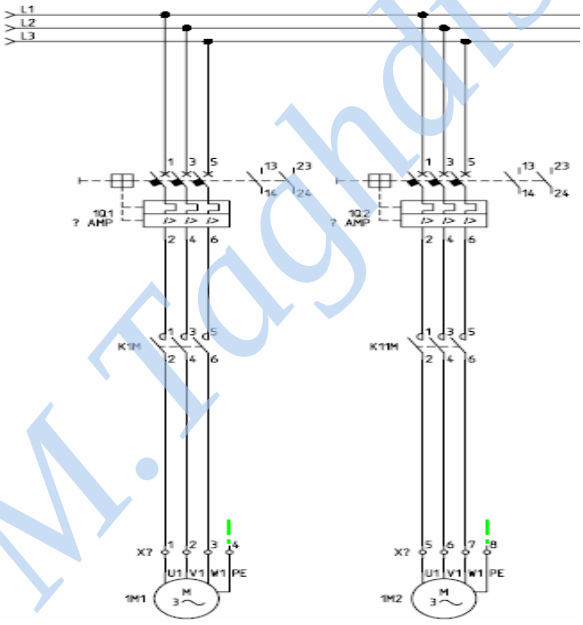
Draft by M.Taghdis

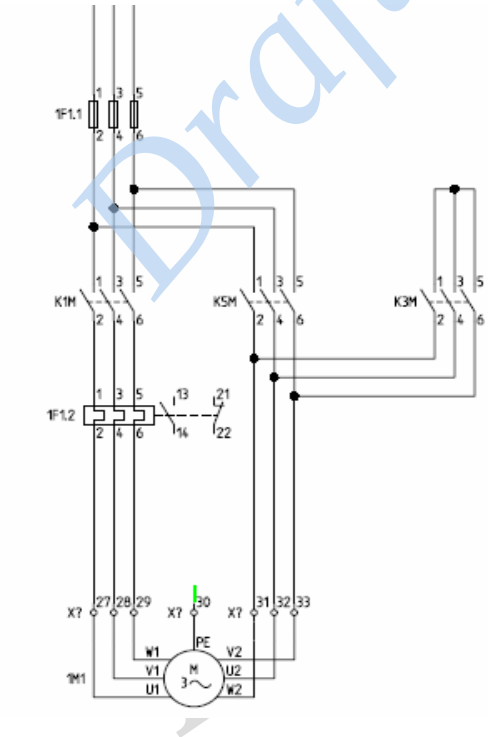
که مدار فرمان اینکار را با برق دار یا غیر برق دار کردن بوبین کنتاکتور ،انجام می داد. اکنون در حالت اتوماسیون اینکار را با وصل کردن خروجی های logo (البته مدلهای رله ای) به بوبین کنتاکتورها ،انجام خواهیم داد. در فصل قبل نیز با نحوه سیم بندی این خروجیها آشنا شده اید.

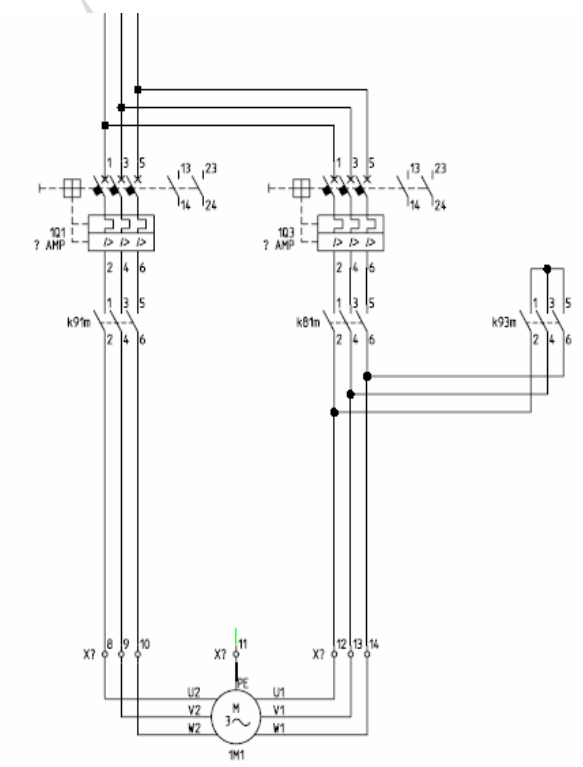
**مدارات**

**قدرت**

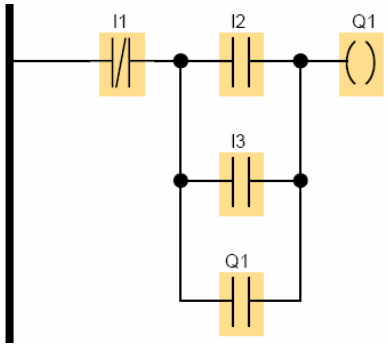


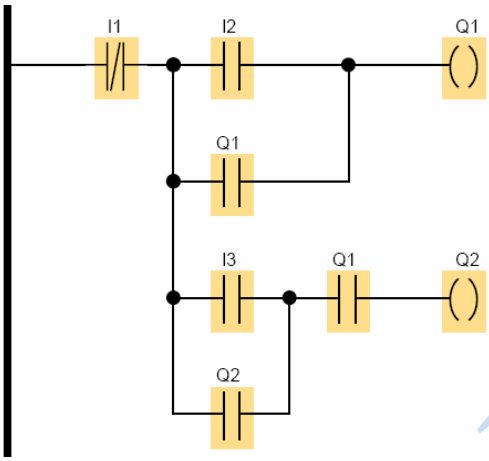



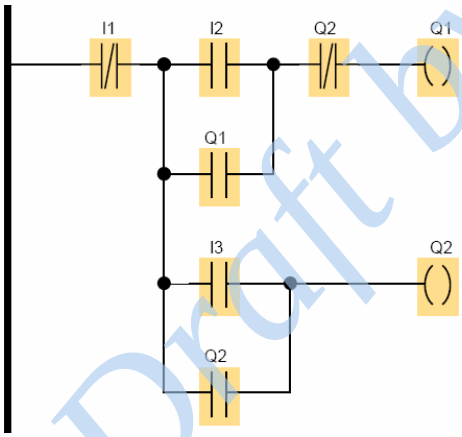



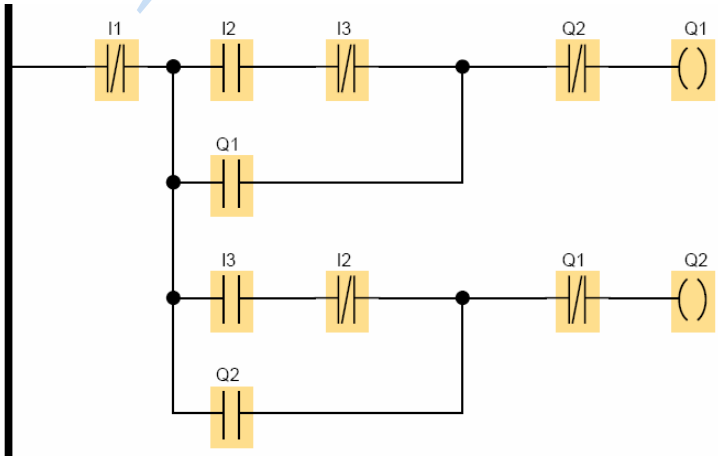




Draft by:M.Taghdis

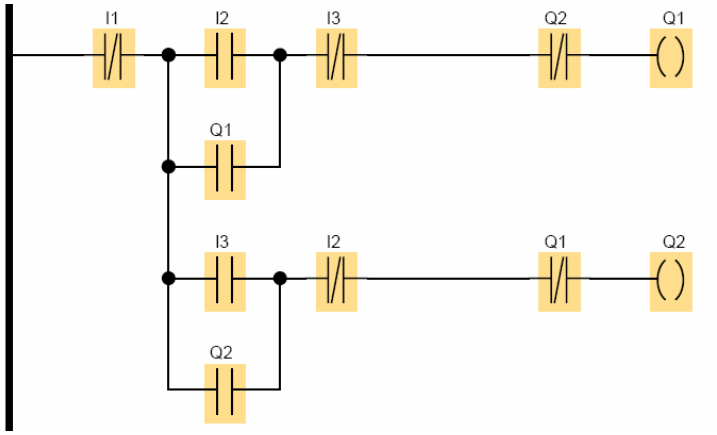


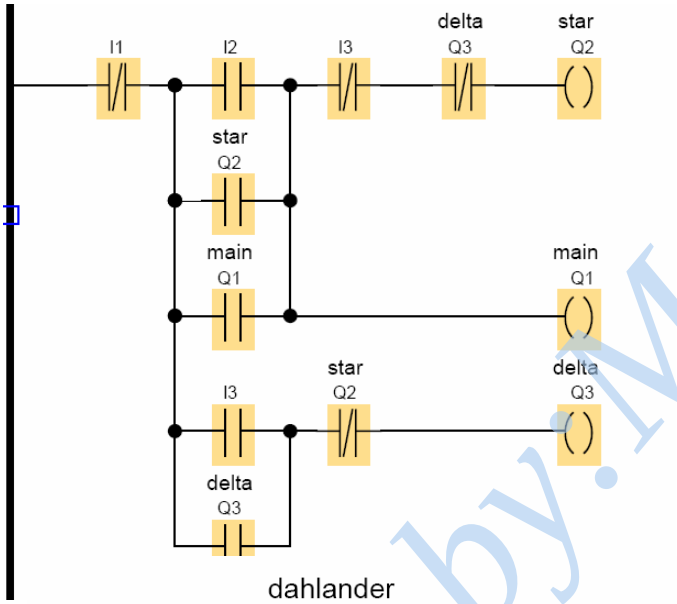



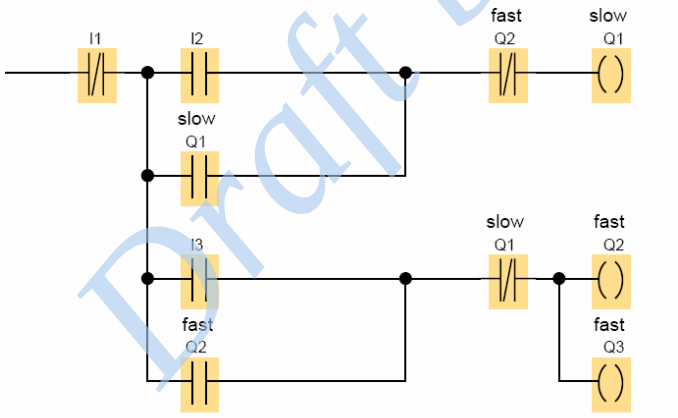



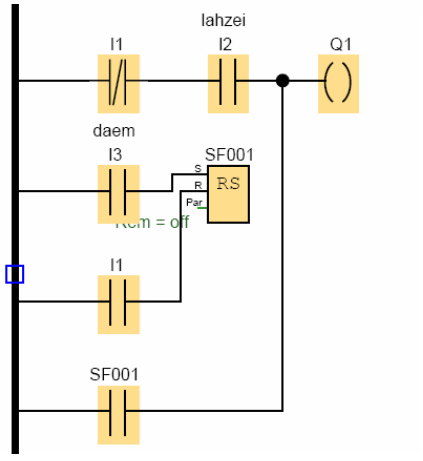

Draft by:M.Taghdis




dahlander



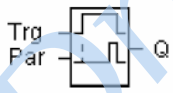
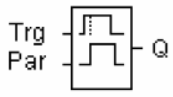
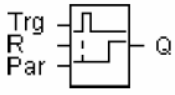
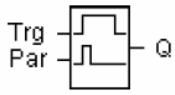

Draft by:M.Taghdis

## SF(SPECIAL FUNCTION):توابع ویژه

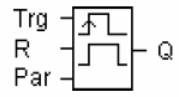
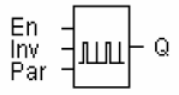
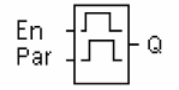
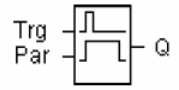
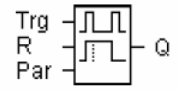
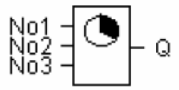
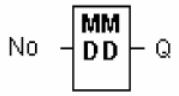
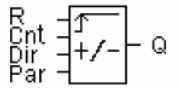
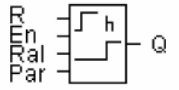
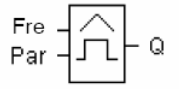
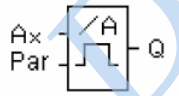
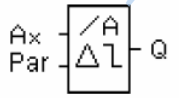
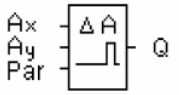
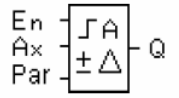
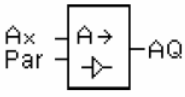
همانطور که پیش از این گفته شد , هنگام برنامه ریزی LOGO , علاوه بر توابع مبنا از توابع ویژه نیز می توان استفاده نمود. ابتدا اتصالات و یا پارا مترهایی که به سایر ماژولها و یا ورودیها متصل میشود را تعریف کرده و سپس لیست این توابع آورده میشود و بدنبال آن مشروح هر یک نیز می آید .

- **S ( set )** : می تواند برای یک کردن خروجی استفاده شود .
- **R ( reset )** : این ورودی نسبت به سایر ورودیها تقدم و ارجحیت داشته و برای صفر کردن خروجی استفاده میشود .
- **TRG ( trigger )** : این ورودی برای تحریک و آغاز به کار سیکل تابع استفاده می شود
- **CNT ( count )** : این ورودی برای شمارش پالسها استفاده میشود
- **DIR ( direction )** : این ورودی برای تعیین جهت شمارش ( صعودی یا نزولی بودن ) استفاده میشود .
- **EN ( enable )** : این ورودی بلاک را فعال می نماید . وقتی این ورودی ۰ باشد , بلوک تمام سیگنالهای دیگر را ندیده می انگارد .
- **INV ( invert )** : هنگامی که این ورودی set باشد خروجی بلوک معکوس می گردد .
- **RAL ( reset all )** : تمام مقادیر داخلی reset میشوند .
- **PAR ( parameter )** : از این ورودی برای تنظیم پارامترها استفاده میشود.
- **T (time )** : از این ورودی برای تنظیم زمان استفاده میشود.

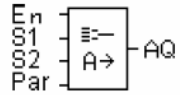
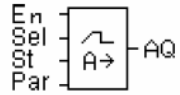
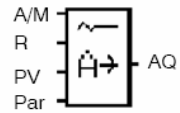
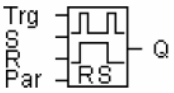
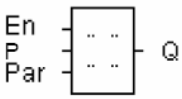
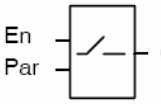
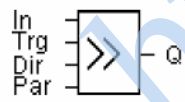
لیست بلوک توابع ویژه بصورت زیر است :

| View in LOGO! | Name of the special function | Rem |
|---|---|---|
| **Times** | | |
|  | On-delay<br>(see page 135) | REM |
| | Off-delay<br>(see page 139) | REM |
|  | On-/Off-delay<br>(see Page 141) | REM |
|  | Retentive on-delay<br>(see page 143) | REM |
|  | Wiping relay (pulse output)<br>(see page 145) | REM |

Draft by:M.Taghdis

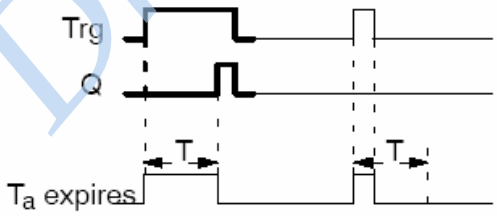
| | | |
|---|---|---|
|  | Edge triggered wiping relay<br>(see page 147) | REM |
|  | Asynchronous pulse generator<br>(see Page 150) | REM |
|  | Random generator<br>(see page 152) | |
|  | Stairway lighting switch<br>(see page 154) | REM |
|  | Multiple function switch<br>(see page 157) | REM |
|  | Weekly timer<br>(see Page 160) | |
|  | Yearly timer<br>(see Page 165) | |
| **Counter** | | |
|  | Up/down counter<br>(see Page 168) | REM |
|  | Hours counter<br>(see page 172) | REM |
|  | Threshold trigger<br>(see Page 177) | |
| **Analog** | | |
|  | Analog threshold trigger<br>(see page 180) | |
|  | Analog differential trigger<br>(see page 183) | |
|  | Analog comparator<br>(see Page 187) | |
|  | Analog value monitoring<br>(see Page 192) | |
|  | Analog amplifier<br>(see Page 195) | |

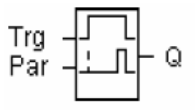
Draft by M.Taghdis

| | | |
|---|---|---|
|  | Analog multiplexer<br>(see Page 216) | |
|  | Analog ramp<br>(see Page 220) | |
|  | PI controller<br>(see Page 225) | REM |
| **Miscellaneous** | | |
| | Latching relay<br>(see Page 198) | REM |
|  | Pulse relay<br>(see Page 199) | REM |
|  | Message texts<br>(see Page 202) | |
|  | Softkey<br>(see Page 209) | REM |
|  | Shift register<br>(see Page 213) | REM |

## تایمرها TIMERS

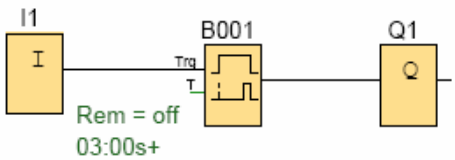
### تایمر تاخیر در وصل On-delay



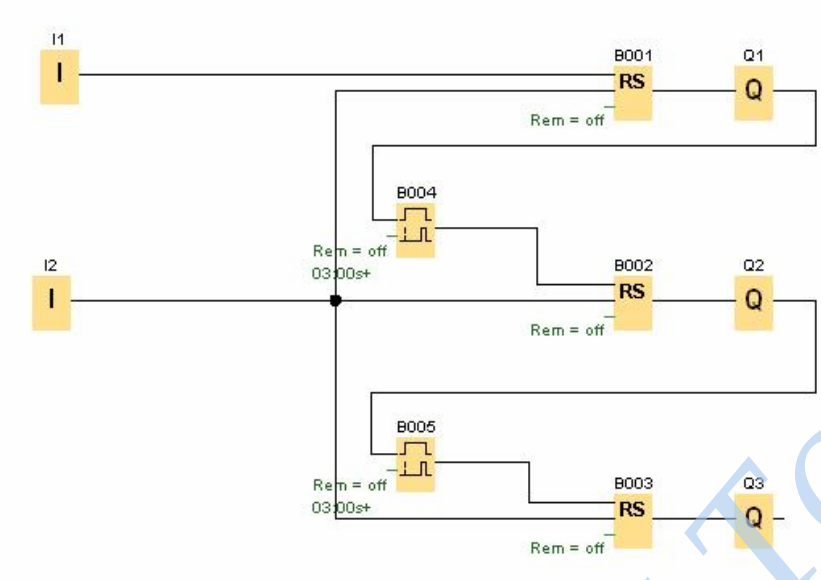

در این تابع خروجی زمانی فعال می شود که زمان تعریف شده Ta بعد از فعال شدن Trg سپری شده باشد.همچنین خروجی با لبه پایین رونده ورودی غیر فعال می شود.

**مثال** : با برنامه ای بنویسید که Q2، ۳ثانیه بعد از فعال شدن ورودی I2 روشن شود.

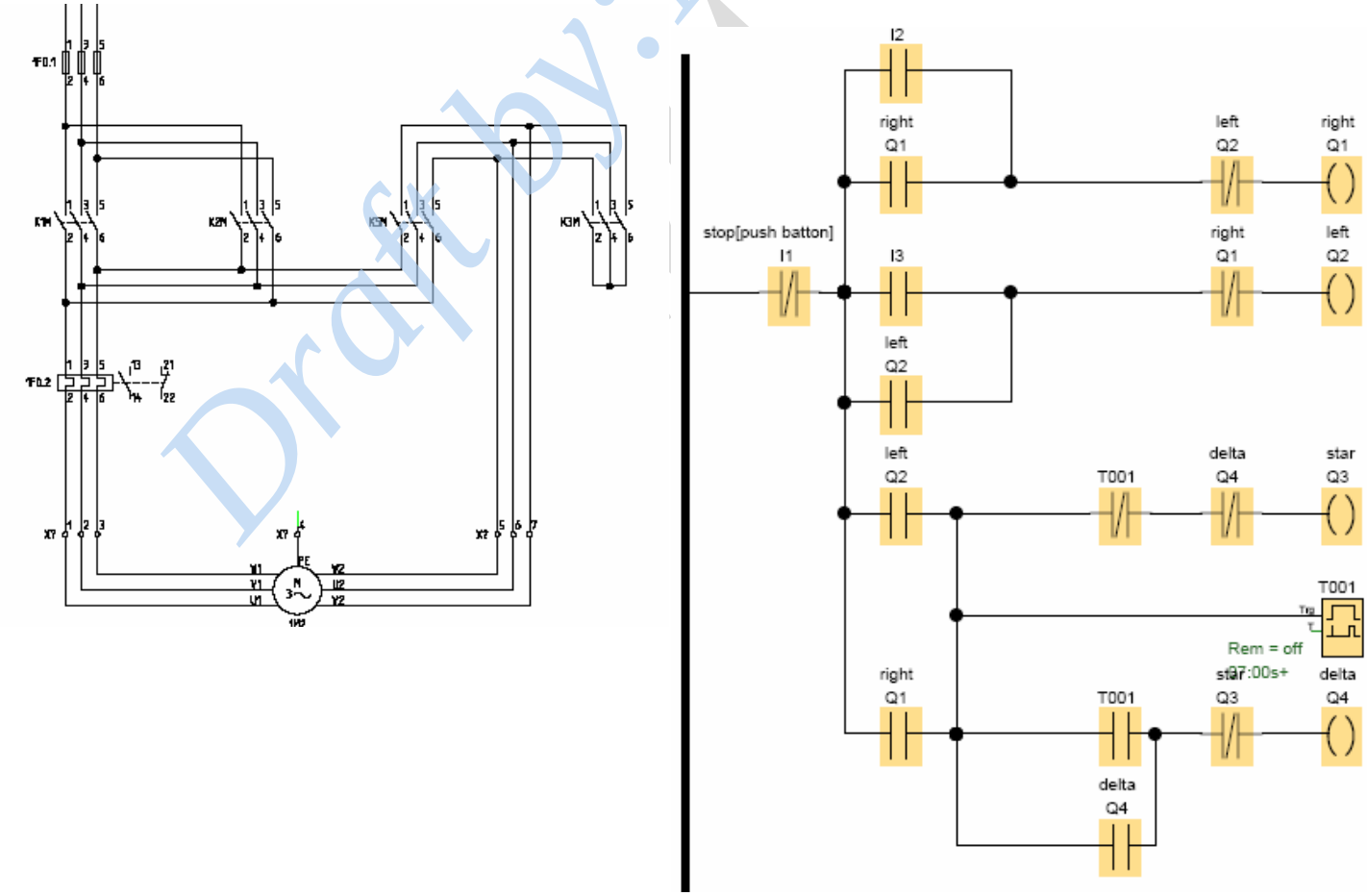



Draft by:M.Taghdis

**تمرین** :با زدن Start , ابتدا Q1روشن و پس از 2S , Q2 نیز روشن و پس از 2S , Q3نیز روشن می شود.هرگاه Stop زده شد همگی خاموش می شوند.

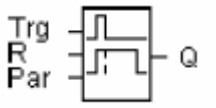



**تمرین**:برنامه راه اندازی موتورسه فاز بصورت ستاره ومثلث توام با راستگردوچپگرد را بنویسید.مدت زمان تغییر از ستاره به مثلث را ۷ثانیه در نظر بگیرید.




Draft by: M. Taghdis

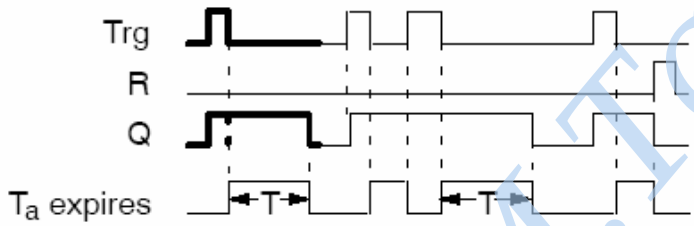
## تایمر تاخیر در خاموشی off-delay




در این تابع،خروجی با لبه بالا رونده ورودیTrgروشن می شود زمانT نیز با لبه پایین رونده Trg شروع به شمارش می کند. خروجی تا زمانیکه زمان تنظیم شده Ta سپری نشده روشن باقی می ماند.شکل زیر دیاگرام عملکرد این تابع را نشان می دهد.

خروجی با لبه بالا رونده R خاموش می شود.

**Timing diagram**



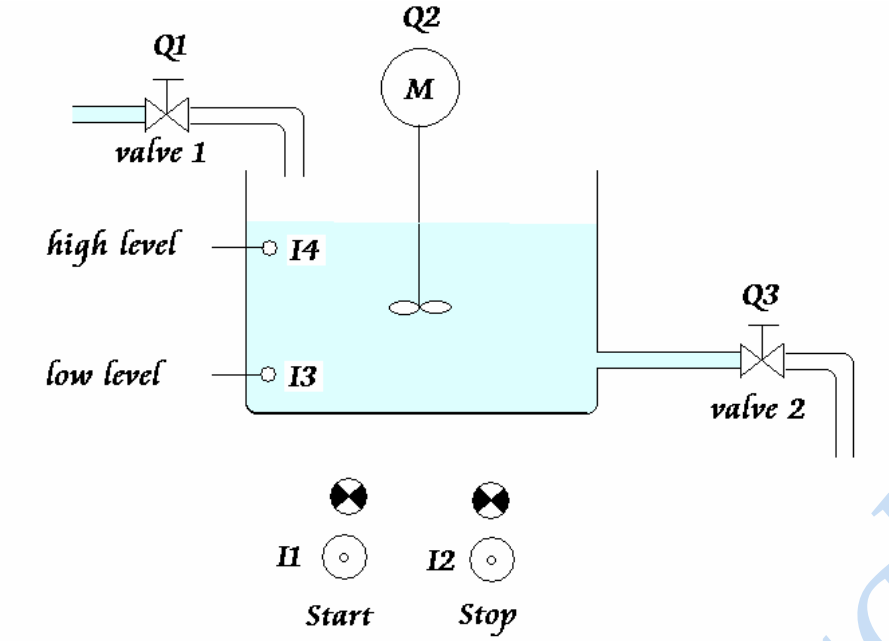

**مثال**:برنامه ای بنویسید که خروجی،۳ثانیه بعد از فعال شدن ورودی به مدت۵ثانیه روشن مانده سپس خاموش گردد.

Draft by: M.Taghdis

## تمرین: mixer

### شرح برنامه:

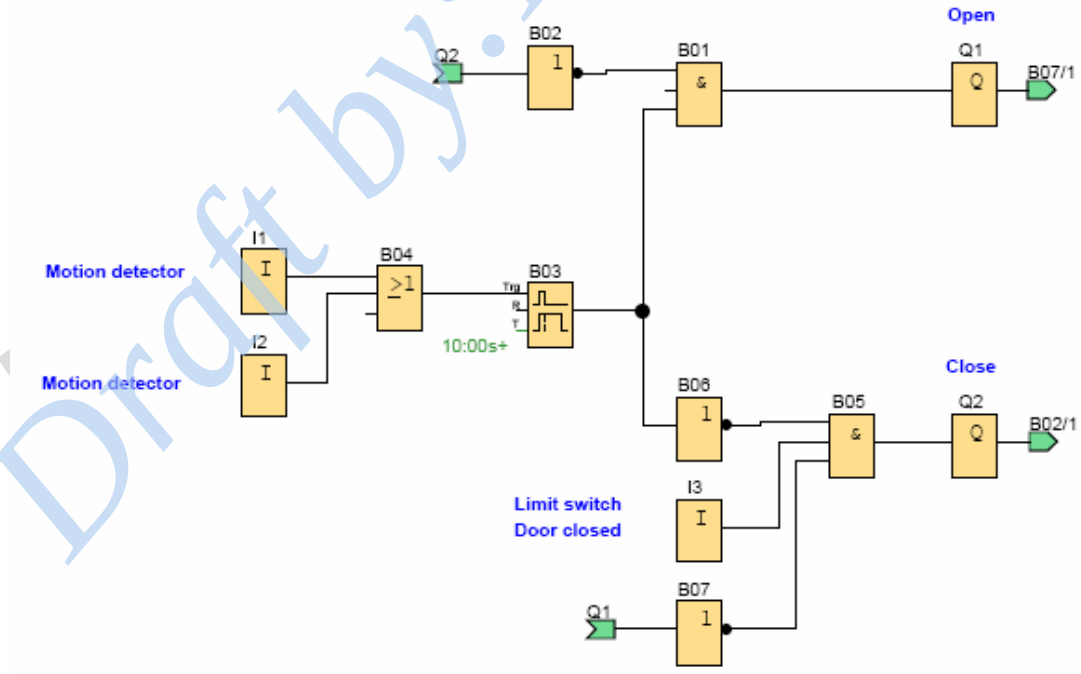
با زدن شستی استارت شیر ۱ باز و شیر ۲ بسته میشود تا مایع وارد مخزن شود . وقتی مخزن به اندازهhigh level پر شد شیر ۱ غیر فعال شده، موتورهمزن روشن می شود و به مدت 10 s میکسر را می چرخاند. سپس شیر ۲ باز شده مخزن را خالی می کند . زمانیکه سنسور Low Levelغیر فعال شد، شیر دو نیز بسته می شود . هر وقت هم Stop زده شد سیستم متوقف شود .یک لامپ هم وضعیت سیستم را از نظر Stop یا Start بودن نشان دهد.




Draft by:M.Taghdis

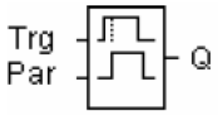
**تمرین: سیستم درهای اتوماتیک بانکها وفروشگاهها**

دو آشکار ساز حرکتی I1 وI2یکی در داخل ودیگری در خارج،نزدیک شدن اشخاص به در را، حس می کنند ویک پالس را به LOGO ارسال می کنند. در همین حال در به مت ۵ثانیه بطور اتوماتیک باز می شود واگر قبل از اتمام ۵ثانیه شخص دیگری وارد شود بایستی این زمان دوباره تمدید شود.اگر شخصی در لای در بماند لیمیت سویچ تعبیه شده حضور وی را به LOGO گزارش می دهد وتا شخص از در فا صله نگرفته در بسته نمی شود تا به وی آسیبی نرسد(لازم به یادآوری است که در حالت عادی درب بسته است).برنامه پروسه فوق رابنویسید.

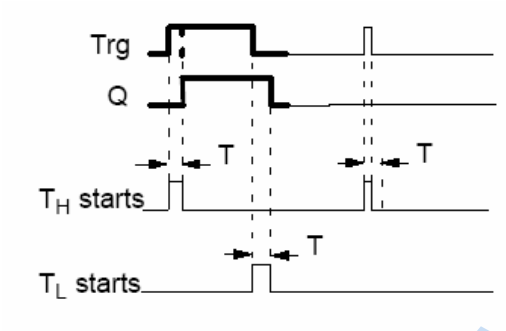



Draft by:M.Taghdis

## تایمر تاخیر در وصل وقطع ON/OFF-DELAY




این تابع یک تایمرتاخیر در وصل وتاخیر در قطع می باشد. در این تابع خروجی بعد از سپری شدن اولین زمانTH روشن می شود وبعد از سپری شدن شدن دومین زمان تنظیم شدهTL خاموش می شود. زمان TH با لبه بالا رونده وزمان TL با لبه پاسن رونده ورودیTrg شروع به شمارش می کند.شکل زیر دیاگرام عملکرد این تابع را نشان می دهد.

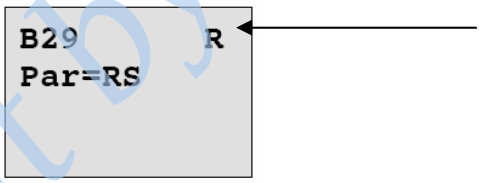



TH=زمان تاخیر در وصل

TL=زمان تاخیر در قطع

**توضیحات پنجره تایمر:**

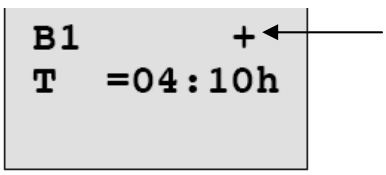
**RETENTIVE** :با انتخاب این گزینه داده های جاری بر روی بلوک تابع ویژه بعد از قطع برق تغییر نمی کند.در هنگام برنامه نویسی توسط سخت افزار نیز برای حفظ اطلاعات طبق شکل زیر عمل کنید.




حرف R نشاندهنده RETENTIVE **بودن است.**

**☺در ورژن های قدیمی، فقط کانترها دارای این گزینه هستند.**

**PROTECTION ACTIVE**: با انتخاب این گزینه به اپراتور این اجازه را نمی دهیم که در زمان اجرای برنامه وارد پارامتر برنامه شود ومقادیر بلوک زمانها و.. را تغییر بدهد. در سخت افزار این کار بوسیله علامت(–)صورت می گیرد. با انتخاب علامت(+) که پیش فرض دستگاه است کاربر می تواند پارامترها را بدون متوقف کردن برنامه از منوی SET PARM تغییر دهد.




**دقت زمانT** :تلرانس در تایمرها برابر ۵+– ثانیه در یک ۲٤ ساعت می با شد.

Draft by M.Taghdis

## باتری BACK UP

در یک LOGO بعد از قطع برق باید اطلاعات بدون هیچ تغییری ثابت باقی بمانند تا در زمان استارت مجدد، برنامه به درستی اجرا شود.مقدار زمانی که LOGOمی تواند بعدازقطع برق بوسیله باطری های داخلی اطلاعات یک برنامه را بدون تغییر نگهدارد ۸۰ ساعت است.اگر قبل از اتمام این زمان برق logo وصل نشود،در آنصورت اطلاعات از روی حافظه پاک می شوند.

**البته اصل برنامه بعد از گذشت این زمان از بین نمی رود،بلکه مقادیری که در زمان اجرا متغیر بوده(مانند مقادیر کانترها وتایمرهاوتاریخ سخت افزار) واز حافظه های پایدار Retentive استفاده کرده اند، رست می شوند.**

**تمرین:کنترل نوار نقاله جهت تخلیه بار**

مدار بایستی طبق خواسته های زیر عمل کند:

۱-با زدن شستی I1 مدار به مدت۵ثانیه شروع به بارگیری نماید.

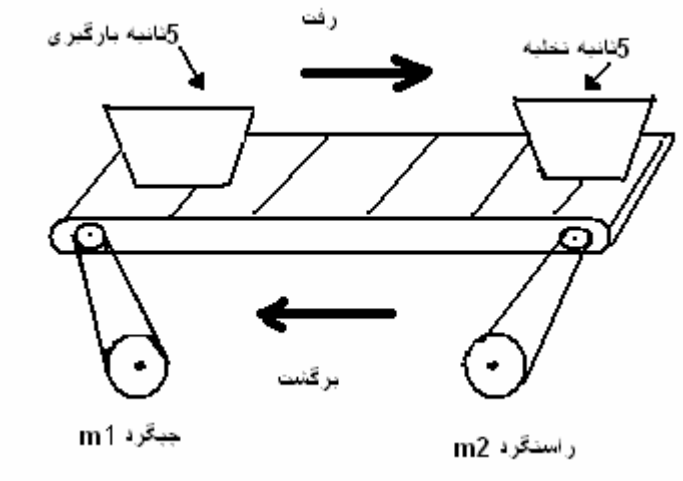
۲-بعد از اتمام ۵ثانیه بارگیری، موتورM2 برای انتقال بار فعال می شود وهمزمان با آن ۲۰ثانیه رفت نیز آغاز می شود.

۳-بعد از سپری شدن ۲۰ثانیه رفت،موتورM2 خاموش شده وهمزمان با آن زمان ۵ثانیه برای تخلیه بار شروع می شود.سپس بعد از اتمام ۵ثانیه موتورM1 برای برگشت واگن شروع به کارمی کندو بعد از سپری شدن ۲۰ثانیه برگشت،موتورM1 خاموش شده وبرای اجرای سیکل بعدی ،زمان ۵ثانیه برای بارگیری آغاز می شود.

٤-با زدن شستی I2 کل مدار غیر فعال شده وعملیات متوقف می شود.

۵-هرگاه دو شستی I1,I2 به هر علتی فعال شوند درآن صورت نباید مدارعملیات خود را آغاز کند

٦-یک چراغ چشمک زن به معنای فعال بودن سیستم روشن شود.

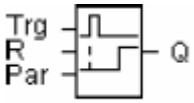



I1→START
I2→STOP
Q2→M1
Q1→M2
Q3→START LIGHT

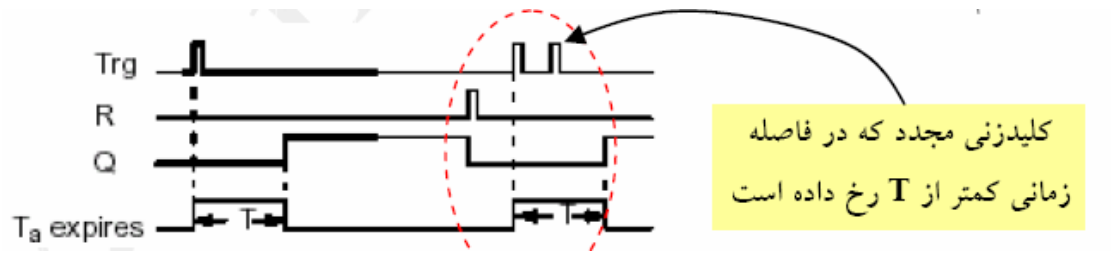
Draft by:M. Taghdis

Draft by:M.Taghdis

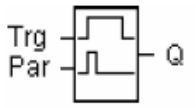
## RETENTIVE ON DELAY




همانند تایمر ON DELAY است با این تفاوت که به لبه پایین رونده ورودی حساس نیست. همچنین پایه RESET نیز دارد. شکل زیر دیاگرام عملکرد این تابع را نشان می دهد.

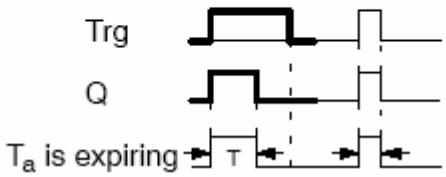


## خروجی پالسی(Wiping relay(Pulse out put




در این تابع،با فعال شدن ورودیTrg،خروجی به اندازه زمان تعیین شده فعال می شود. اگر ورودیTrg قبل از سپری شدن زمانTa صفر شود در این صورت خروجی فورا غیرفعال می شود واگر دوباره فعال شودزمانTa نیزاز صفر شروع به شمارش خواهد کرد.

**Timing diagram**




**تمرین:پروسه چراغ راهنمائی**

**شرایط برنامه:**

۱-هنگامی که کلید فعال می شود سیستم کنترل شروع به کار نماید.

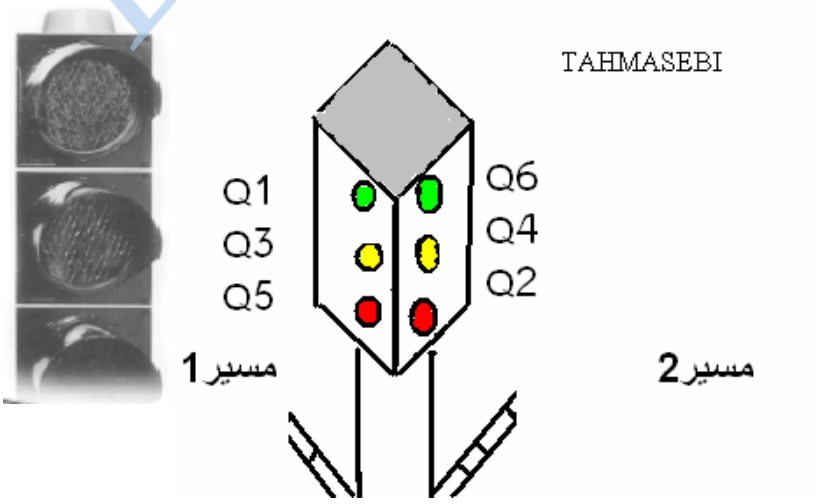
۲-زمانیکه چراغ سبز برای مسیر ۱ روشن است چراغ قرمز برای مسیر ۲ روشن باشد.

۳- زمانیکه چراغ زرد برای مسیر ۱ روشن است چراغ زرد برای مسیر ۲ روشن باشد.

(برای راحتی مسئله این طور فرض شده است)

٤- زمانیکه چراغ سبز برای مسیر ۲ روشن است چراغ قرمز برای مسیر ۱ روشن باشد

۵-مدت زمان روشن ماندن چراغهای سبز وقرمز۳۰ثانیه وزرد ۵ثانیه باشد.



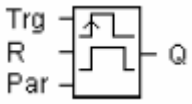

Q1سبز مسیر ۱
Q2قرمز مسیر۲
Q3زرد مسیر ۱
Q4 زرد مسیر2
Q5قرمز مسیر ۱
Q6سبز مسیر ۲

Draft by:M.Taghdis

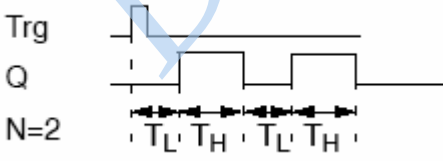
**تمرین**:اکنون برنامه فوق برای ۲مسیر با در نظر گرفتن شرایط واقعی بنویسید

Draft by:M.Taghdis

## رله لغزان با لبه راه انداز Edgge triggered Wiping relay




**این تایمر مشابه تایمر on/off است با این تفاوت که :**



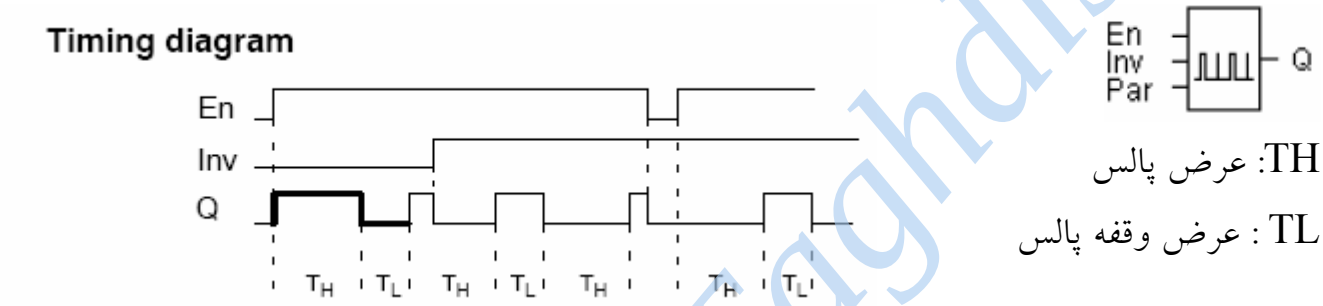

اولا،اینکار به اندازهN بار صورت می گیرد.

ثانیا،فقط به لبه بالا رونده حساس بوده وروشن وخاموش شدن خروجی پشت سر هم انجام می شود.

وقتی که زمان TL به پایان رسید خروجی Q فعال می شود وهمچنین بعد از سپری شدن زمان TH غیر فعال می شود.

*در سخت افزارهای سری OBA2,OBA3 فقط پارامتر TH موجود می باشد.همچنین ورودی R نیز موجود نیست.اگر N=1 باشد،از این تایمر می توان به عنوان تاخیر در خاموش مستقل از ورودی استفاده کرد.

**مولد پالس غیر همزمان یا آسنکرون Asynchronous pulse generator**

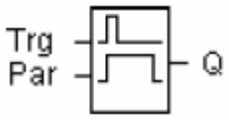



TH: عرض پالس

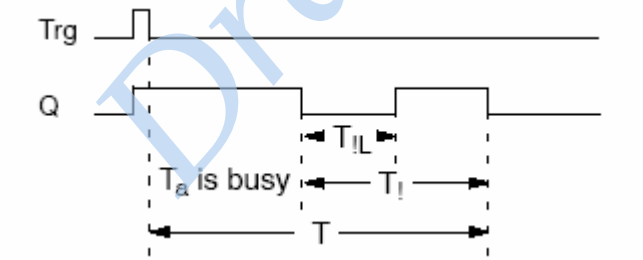
TL : عرض وقفه پالس

برای معکوس کردن عملیات (یعنی تعویض زمانTH با TL ) می توانید ورودی INV رافعال کنید.

**کلید روشنائی راه پله Stairway lighting switch**




خروجی با لبه بالا رونده پالس ورودی Trg فعال می شود وبعد از سپری شدن زمان T خاموش می شود.لازم به توضیح است که زمان کل با لبه پایین رونده Trg فعال می شود وهر بار که ورودی را فعال کنیم ،زمان از صفر شروع به شمارش می کند ،یعنی مبنای زمان آخرین لبه پالس ورودی است.

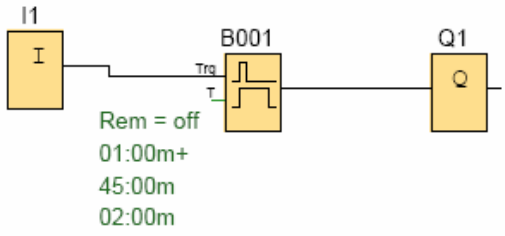



Pre-warning time (T!): زمانی است که قبل از اتمام زمان کل ، خروجی هشدار می دهد.

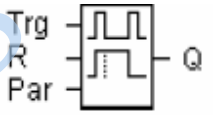
Pre-warning period(TL!): زمان خاموشی بعد از هشدار

مثال:اگر کل زمان روشن ماندن خروجی، ۱دقیقه باشدوزمان (T!)=۱۵ثانیه و(TL!)را برابر۲ثانیه فرض کنیم درآنصورت خروجی در ثانیه ٤٥ ام به مدت ۲ثانیه خاموش شده سپس روشن می شود تا اینکه کل زمان ۱دقیقه تمام شود.

Draft by:M.Taghdis




## کلید با عملکرد چند گانه Multiple function switch




**این تابع ،یک تایمر چندکاره می باشد:**

**۱-به عنوان رله ضربه ای**

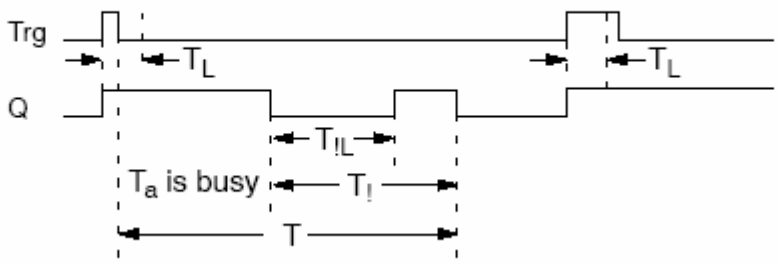
**۲-تایمر راه پله**

**۳-به عنوان ست و رست**

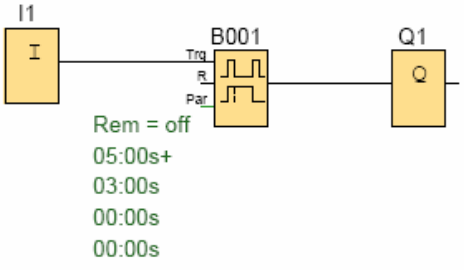
*اگر زمان TL که با لبه رونده Trg فعال می شود قبل از غیر فعال شدن Trg سپری شود،در آن صورت خروجی به صورت دائم فعال می شود وبا تمام شدن زمانT یا با فعال شدن ورودیهایTrg یاR غیر فعال می شود.

*برای حالت دوم فرض کنیدTi,TiL صفر باشند ،عملکرد تابع به این صورت است که با فعال شدنTrgخروجی نیز فعال می شود. در این صورت اگر Trg قبل از سپری شدن زمانTL باز نشانده شود،با لبه پایین رونده Trgزمان T فعال شده وبعد از سپری شدنT خروجی غیر فعال می شود.

**Timing diagram**

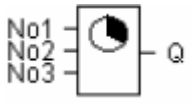



**تمرین:** چراغ راه پله را با تابع double function به گونه ای طراحی کنید که اگر فرد ۳ ثانیه دست خود را بر روی کلید نگه دارد چراغ دائم روشن بماند .




Draft by:M.Taghdis

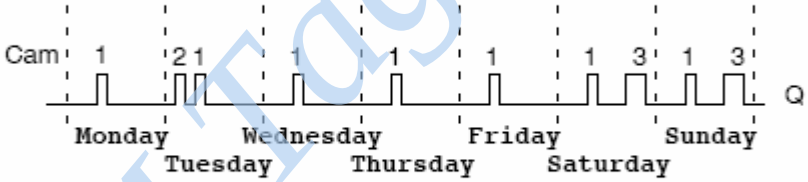
## تایمر هفتگی Weekly timer




**این تابع یک تایمر هفتگی می باشد که در ساعات وروزهای قابل تنظیم،خروجی آن فعال خواهد شد.**

**ذکر این نکته ضروری است که قطع شدن برق هیچ تاثیری بر روی عملکرد تابع زمان سنج ندارد.**

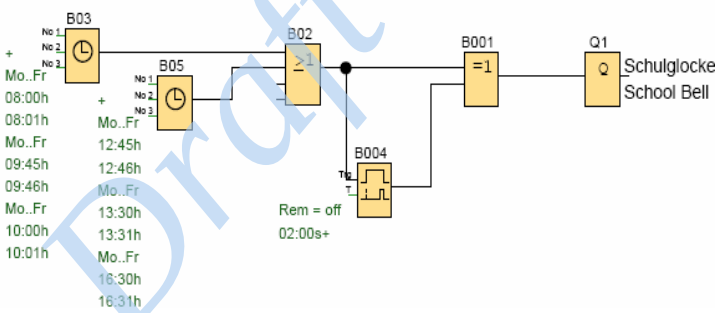
**Timing diagram (three examples)**




| | | |
|---|---|---|
| Cam No1: | Daily: | 06:30 h to 08:00 h |
| Cam No2: | Tuesday: | 03:10 h to 04:15 h |
| Cam No3: | Saturday and Sunday: | 16:30 h to 23:10 h |

**تمرین:سیستم زنگ مدرسه**

بوسیله تایمر هفتگی زنگ مدرسه را برای شروع وزنگ سیاحت وپایان مدرسه طراحی کنید،بطوریکه د ر روز های دوشنبه تا جمعه در ساعتهای ۸–۹:٤٥–۱۰–۱۳:۳۰ – ۱٦:۳۰ زده شودومدت زمان زنگ زدن را۲ ثانیه در نظر بگیرید.

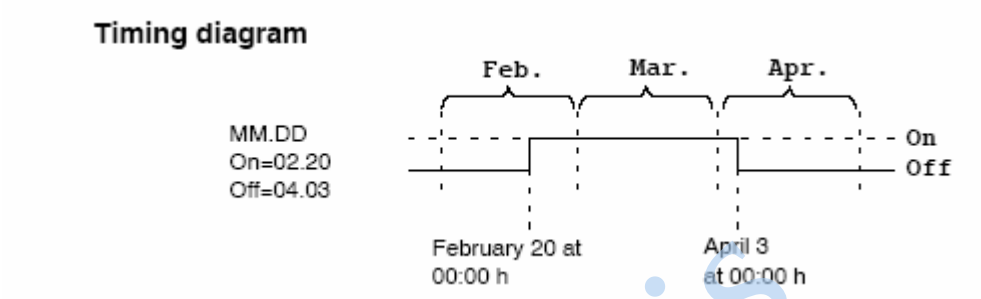



## تایمر سالیانه Yearly timer

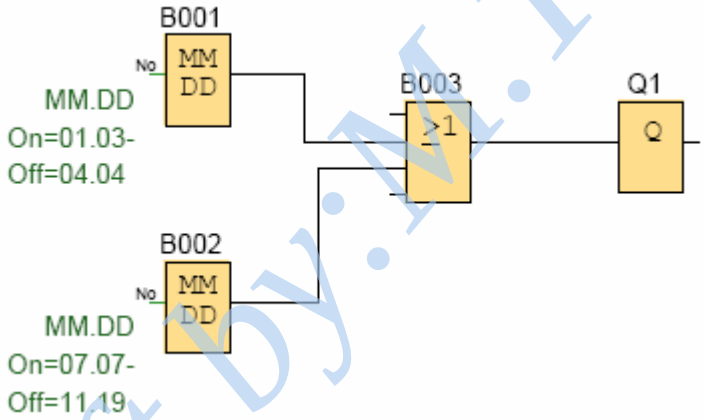
در این تابع خروجی توسط تاریخ روشن وخاموش می شود.یک تاریخ برای روشن شدن ویک تاریخ برای خاموش شدن ،از ۱۲ماه تعیین می شود.

خروجی از یک تاریخ تنظیم شده روشن می شود تا تاریخ بعدی ،که نشان دهنده خاموش شدن خروجی می باشد.

Draft by:M.Taghdis

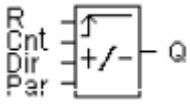



بطور مثال خروجی یک مدل LOGO از تاریخ ۱/۳ روشن می شود ودر تاریخ ٤/٤ خاموش می گردد وهمچنین خروجی این LOGO از تاریخ۷/۷ روشن شده ودر تاریخ ۱۹/۱۱ خاموش میشود.زمانیکه B1یاB2هر کدام باشنددر آنصورت خروجی فعال می باشد و برای این منظور از یک OR استفاده شده است.




## شمارنده Counter

### شمارنده بالا/پایین شمار UP/DOWN COUNTER




این تابع یک شمارنده می باشد که می تواند پالسهائی که به ورودی آن توسط سنسورها وغیره وارد می شود را شمارش کند ودر مقدار تنظیم شده ،خروجی را فعال وغیر فعال کند.

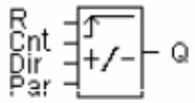
*خروجی این شمارنده زمانی فعال می شود که مقدار شمارش بیشتر یا برابر تنظیم شده شود.

*ورودی cnt :این پایه مقدار شمارش را با توجه به هر پالس ورودی وبا لبه بالا رونده تنظیم می کند.

*جهت شمارش رانیز می توانید با ورودی Dir تنظیم کنید.

Dir=1شمارش به طرف پایین

Draft by:M.Taghdis

| Symbol in LOGO! | Wiring | Description |
|---|---|---|
|  | Input R | A signal at input R resets the internal count value to zero. |
| | Input Cnt | The function counts the 0 to 1 transitions at input Cnt. 1 to 0 transitions are not counted.<br>Use<br>• inputs I5/I6 for high-speed counting (only LOGO! 12/24 RC/RCo and LOGO! 24/24o): max. 2 kHz.<br>• any other input or circuit component for counting low frequency signals (typ. 4 Hz). |
| | Input Dir | You set the direction of count at input Dir:<br>Dir = 0: Up count<br>Dir = 1: Down count |
| | Parameter | On: On threshold<br>Range of values: 0...999999<br>Off: Off threshold<br>Range of values: 0...999999<br>Retentivity for internal counter value Cnt:<br>/ = No retentivity<br>R = The status is retentive. |
| | Output Q | Q is set or reset, depending on the current value at Cnt and the set thresholds. |

Dir=0 شمارش به طرف بالا ۱..۲..۳...

On threshold آستانه روشن شدن

Off threshold آستانه خاموش شدن

**☺اگر بخواهید مقدار شمارش ، با قطع شدن برق تغییر نکند گزینه Retentivity را از پنجره تنظیمات فعال کنید.**

●اگر On threshold آستانه روشن شدن، بزرگتر از Off threshold آستانه خاموش شدن باشد:

Q=1 اگر cnt≥ on

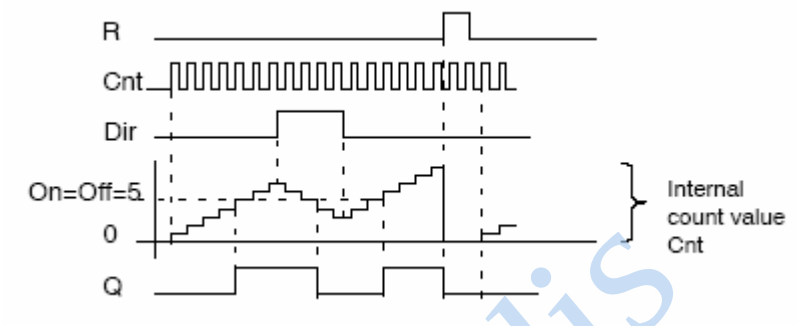
Q=1 اگر cnt<off

●اگر On threshold آستانه روشن شدن، کوچکتر از Off threshold آستانه خاموش شدن باشد:

Q=1 اگر cnt<off ≤ on

با فعال شدنReset تمامی مقادیر پاک می شوند.

Draft by M.Taghdis

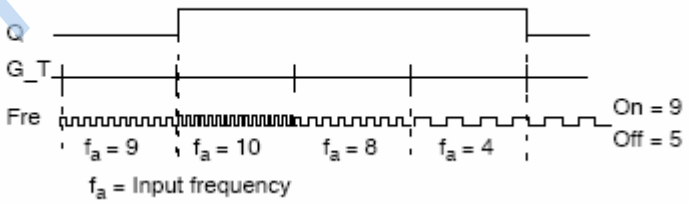



**تمرین**: برنامه ای بنویسید که یک شمارنده بسته های روی یک کانوایر را شمرده وزمانیکه تعداد بسته ها به عدد ۵ رسید شمارش را به مدت ۲ثانیه متوقف کرده وسپس چرخه را تکرار کند.

Draft by:M.Taghdis

**Threshold trigger**

**Timing diagram**

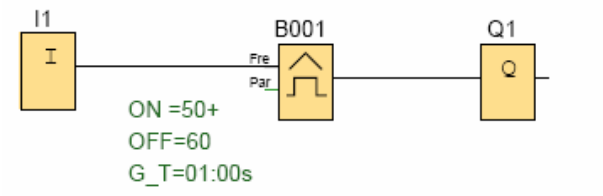



G_T : فاصله زمانی برای هر پالس فرکانسی می با شد که می تواند یک پریود مابین۰۰:۰۵ ثانیه و۹۹:۹۹ ثانیه باشد.

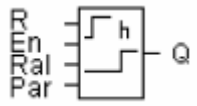
Fa : فرکانس ورودی است.تعداد تکرار پالسهای ایجاد شده توسط ورودی در یک ثانیه فرکانس ورودی نامیده می شود.

- If the On threshold ≥ Off threshold, then:
  Q = 1, if $f_a$ > On
  Q = 0, if $f_a$ ≤ Off.
- If the On threshold < Off threshold, then Q = 1 if
  On ≤ $f_a$ < Off.

در مورد دوم یعنی اگر تعداد پالسهای ورودی در مدت زمان G_T بین مقادیر onو off باشد روشن می شود.




**شمارنده ساعتی Hours counter**




این تابع ،یک ساعت می باشد که برای ذخیره کردن مدت زمان کارکرد وسیله مورد نظر مورد استفاده قرار می گیرد.وقتی ورودیEn فعال می شودپارامتر زمان تنظیم شده شروع به فعالیت می کند.خروجی زمانی فعال می شود که زمان باقی مانده MN به پایان برسد.

**MI**: فاصله زمانی طی شده

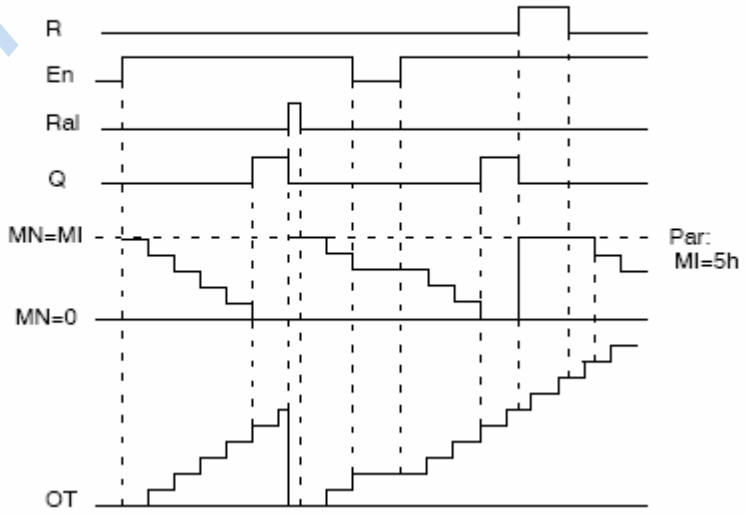
**MN**:زمان باقی مانده

**OT**:کل زمان سپری شده بعد از آخرین سیگنال بر حسب ورودیRal می باشد.

در صورتیکه ورودی( Ral(reset all نشانده شود تمامی مقادیر صفر می شوند.

اگر ورودی R نشانده شود شمارش داخلی OT حالت اجرا را دنبال کرده وتغییر نمی کند،ولی خروجی خاموش می شود.

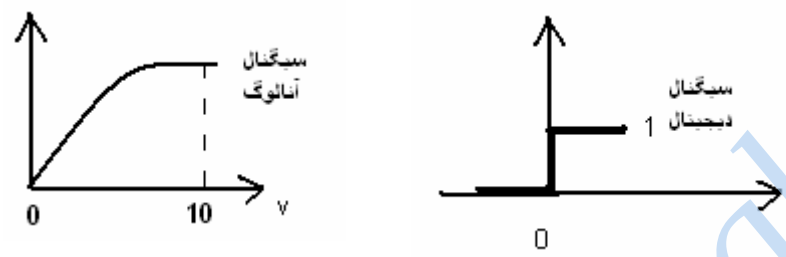
**Timing diagram**




Draft by:M.Taghdis

## آنالوگ Analog

**آنالوگ به سیگنالی گفته می شود که پیوستگی در آن حفظ شود ومتغیرنیز باشد مثل سیگنال سنسور دما،فشار وسطح مایع یک مخزن.**




در اکثر توابع آنالوگ از دو پارامتر gain وoffset استفاده می شود. سیگنالی که ازسنسور به logo وارد می شودبین ۰-۱۰ ولت و۰-۲۰میلی آمپر می باشد که این سیگنال برای logo ارزش 0تا۱۰۰۰رادارد.

$$AX \text{ مقدار واقعی} = (Ax \cdot gain) + offset$$

**مثال:**یک سنسور دما ،دمای بین۰تا۱۲۰۰درجه سانتی گراد را به یک سیگنال ۰تا۱۰ ولت تبدیل می کند.

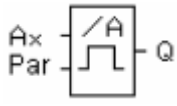
با فرض آنکه دمای کارخانه در جائی که سنسور دما قرار دارد برابر ۲۵ درجه باشد. برای آنکه logo کنترل مناسبی روی فرآیند انجام بدهد ، مقادیر A,B را تعیین کنید.

A=1200/1000=1.2 ► A=1.2

پس بایستی دمای کارخانه را از دمای اندازه گیری کم کنیم تا همواره مقدار واقعی بهlogo تحویل داده شود.

B=-25

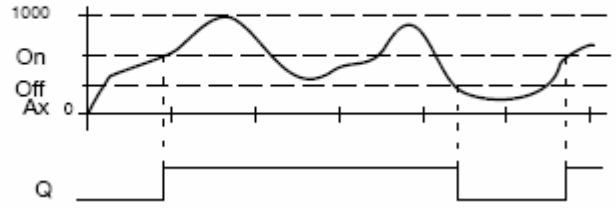
### Analog threshold trigger




خروجی زمانی روشن می شود که مقدار آنالوگ ازمقدار تنظیم شده برای آستانه روشن شدن تجاوز کند. هرگاه مقدار آنالوگ برابر یاکمتر ازمقدار تنظیم شده برای آستانه خاموش شدن شود خروجی خاموش می شود.

Draft by:M.Taghdis

**Timing diagram**




اعداد اعشاری فقط در زمان نمایش ON,OFF ومقدار AX در یک متن پیام قابل اجرا می باشند.
همچنین مقدار ON,OFF را برای مقایسه نمی توان اجرا کرد،زیرا در حین مقایسه از علا مت اعشاری چشم پوشی می شود.

**Calculation rule**

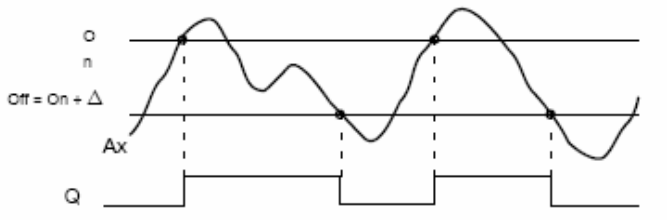
- If the On threshold ≥ Off threshold, then:
  Q = 1, if the actual value Ax > On
  Q = 0, if the actual value Ax ≤ Off.
- If the On threshold < Off threshold, then Q = 1 if
  On ≤ actual value Ax < Off.

**راه انداز تفاضلی آنالوگ Analog differential trigger**

در این تابع خروجی متناسب با ارزش آستانه و یک مقدار تفاضلی فعال و غیر فعال می شود.
پارامتر P یا تعداد ارقام اعشاری در یک پیام متنی قابل اجرا است.
تابع بطور خودکار پارامتر OFFرا بصورت OFF=ON+DELTA محاسبه می کند که به موجب آن DELTA ممکن است منفی یا مثبت باشد.

**(AX.GAIN)+B=.act.AX**

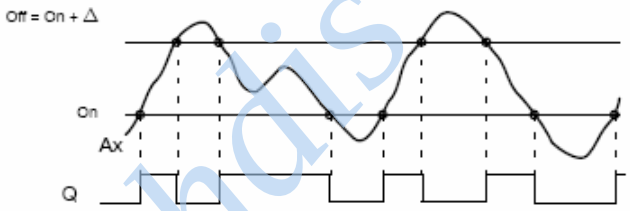
**(AY.GAIN)+B=.act.AY**




- When you set a negative differential value Δ, the On threshold ≥ Off threshold, and:
  Q = 1, if the actual value Ax > On
  Q = 0, if the actual value Ax ≤ Off.

Draft by: M.Taghdis

- When you set a positive differential value Δ, the On threshold < the Off threshold, and Q = 1, if:
  On ≤ actual value Ax < Off.




**DELTA=(-)**

## مقایسه کننده آنالوگ Analog comparator

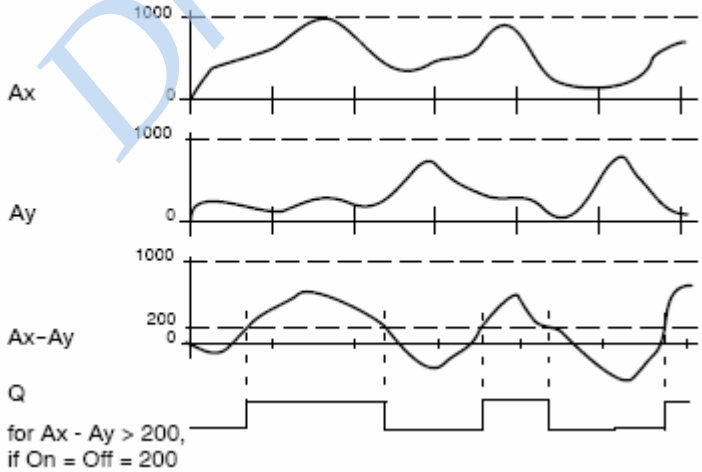
در این تابع ،خروجی زمانی فعال است که تفاوت بین AX,AY از مقدار تعیین شده تجاوز کند.

AX-AY>ON

**قاعده محاسبه:**

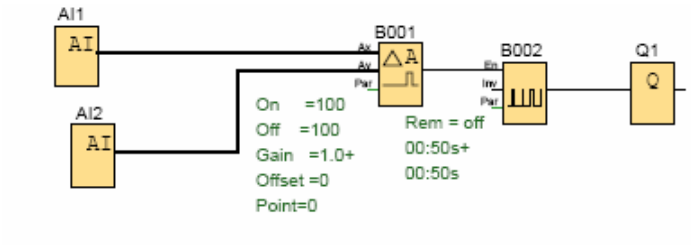
- If the On threshold ≥ Off threshold, then:
  Q = 1, if:
  (actual value Ax – actual value Ay) > On
  Q = 0, if:
  (actual value Ax – actual value Ay) ≤ Off.
- If the On threshold < Off threshold, then Q = 1, if:
  On ≤ (actual value Ax – actual value Ay) < Off.

**Timing diagram**

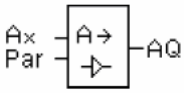



Draft by M.Taghdis

**مثال**: برای تولید یک آلیاژ مرغوب از دو کوره ذوب استفاده می کنیم. شرط تولید محصول با کیفیت آن است که دمای کوره دوم نباید بیش از ۱۰۰ درجه با دمای کوره اول اختلاف داشته باشد .برنامه ای بنویسید که در صورت بروز چنین مسئله ای چراغ آلارم چشمک بزند.




**تقویت کننده آنالوگ Analog amplifier**




☺این تابع فقط برای دستگاههای سری OBA4 قابل دسترسی است.

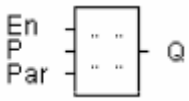
این بلوک یک مقدار ورودی آنالوگ را تقویت می کند وبه یک خروجی آنالوگ باز گشت می دهد.

(Ax · gain) + offset = actual value Ax.

مقدار واقعی AX همان مقدار واقعی AQ است.

خروجی آنالوگ تنها متواند مقادیری از۰ تا۱۰۰۰ را پردازش کند.بنابراین برای آنکه دامنه خروجی تابع در محدوده ۰ تا ۱۰۰۰ باشد ،باید از تقویت کننده استفاده کنیم.

**Message texts**



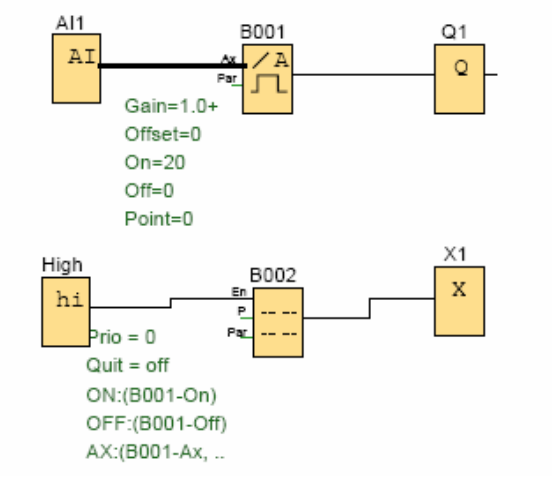

یک متن پیامی تنظیم شده در مدت اجرا نمایش داده می شود.

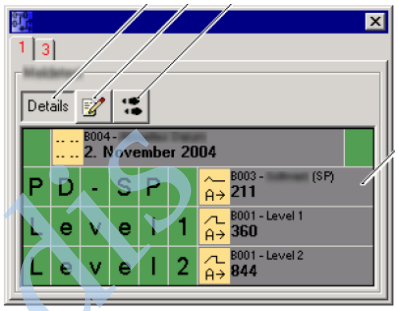
طریقه عملکرد تابع به این صورت است که هرگاه وضعیت ورودی En ازصفر به یک تغییر پیدا کند ،متن پیام تنظیم شده در حالت اجرا نمایش داده می شود.هرگاه چندین متن پیام داشته باشید.می توانید برای اولویت دادن بلوکی ،شماره آنرا از جدول مشخصات در قسمت priority تعیین کنید.

شما می توانید در هر پیام حداکثر ٤خط که هر خط دارای ۱۲حرف می باشد،را استفاده کنید.

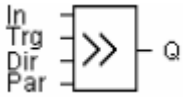
بطور مثال برنامه زیر را اجرا کنید وtext های on,off,AX را همراه با پارامترهای مربوطه در **Message texts** تایپ کنید.

Draft by:M.Taghdis




## Shift register



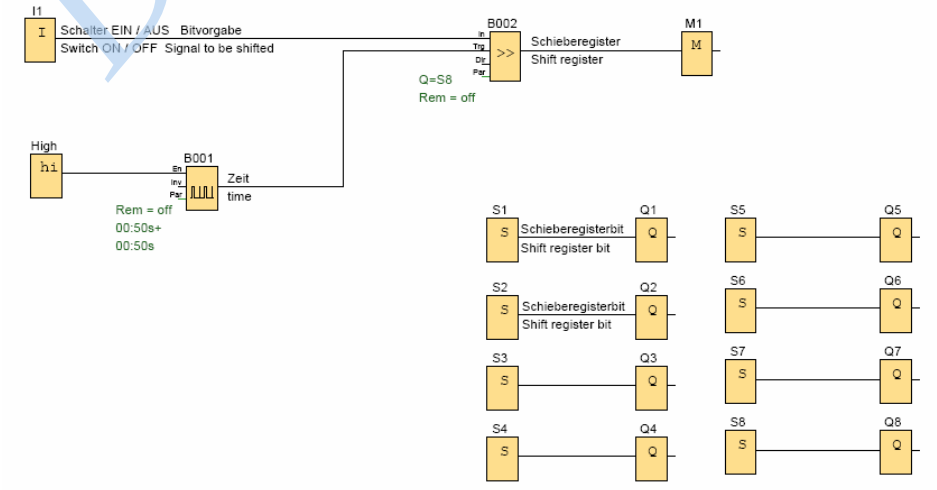

این تابع فقط برای دستگاههای سری OBA4 قابل دسترسی است.تابع شیفت رجیستر می تواند برای خواندن مقدار یک ورودی وبیتهای شیفت استفاده شده باشد.مقدار خروجی با بیت ایجاد شده شیفت رجیستر مطابقت دارد.تابع شیفت رجیسترفقط برای یکبار در داخل مدار برنامه استفاده می شود.

ورودی IN :وقتی تابع مقدار این ورودی را می خواند که فعال باشد.

ورودی Trg :تابع با یک لبه بالا رونده Trg تحریک می شود.

بیت شیفت رجیستر تعیین کننده مقدار خروجی Q است .به عنوان مثال اگر ٤را برای آن انتخاب کنیم خروجی در بیت چهارم روشن می شود.

برای آنکه بطور کامل متوجه مسئله شوید مثال زیر را اجرا کنید.



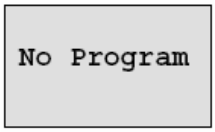

Draft by:M.Taghdir

## برنامه نویسی بر روی خود LOGO!

## سوئیچینگ روی LOGO!

شما می توانید برای راه اندازیLOGO!basic از قواعد آسان زیر پیروی کنید:

۱-اگر در داخل LOGOیا کارت متصل شده به LOGO هیچ برنامه ای نباشد درآنصورت پیغام "No program" گزارش داده میشود ،که درآن حالت دکمه ESCرا برای خارج شدن از آن حالت فشار دهید.



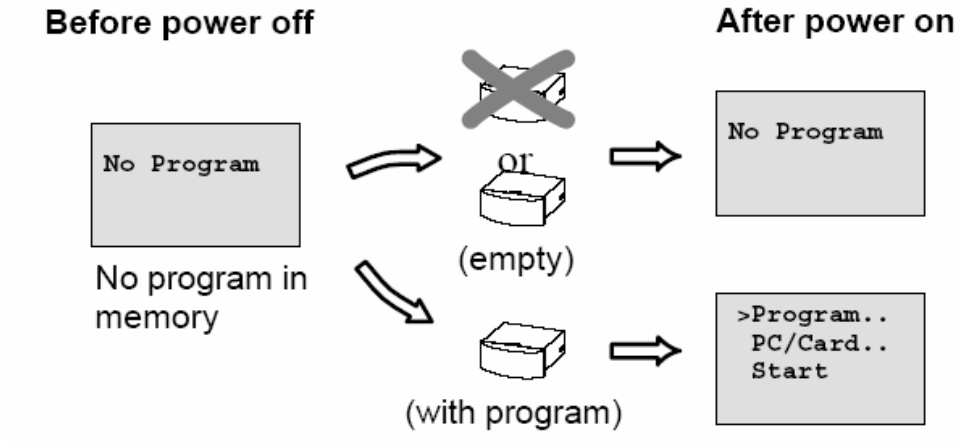

**توجه:در نسخه های قدیمی به جای دکمهESCبایستی سه دکمه ◄ ► and OK به طور همزمان فشار داده شود.**

۲-اگر برنامه ای در داخل کارت متصل شده به logo وجود داشته باشد ،در آن صورت، برنامه بعداز وصل برق بطور اتوماتیک بر روی LOGOکپی خواهد شد.

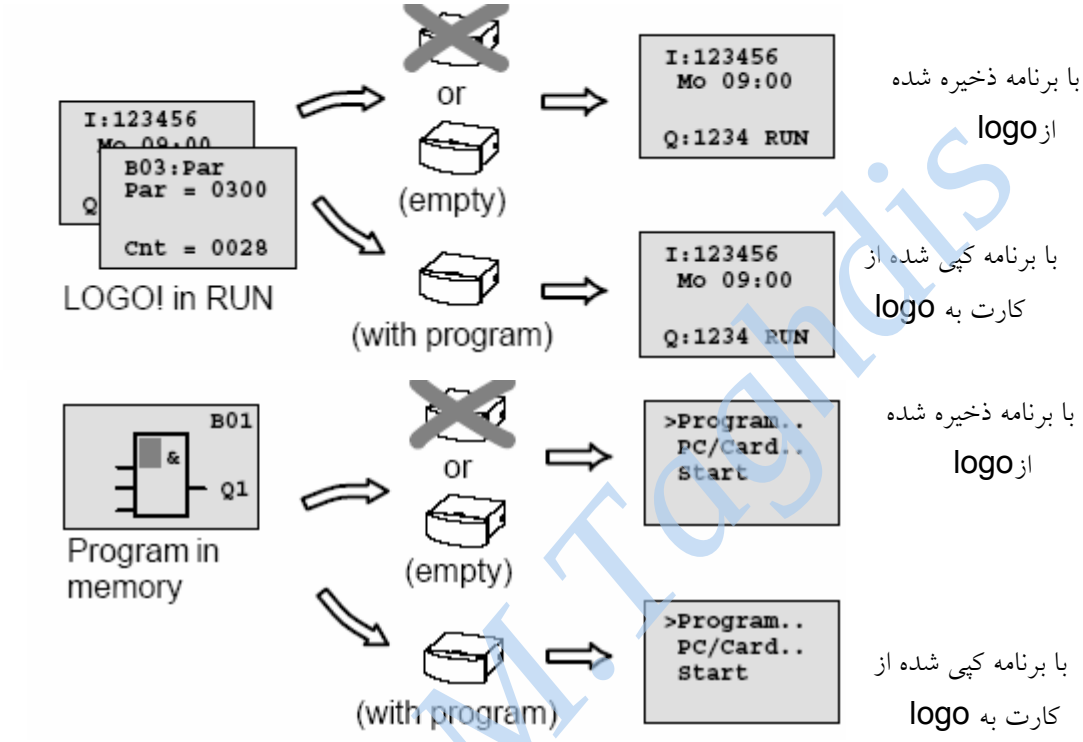
۳-اگر در داخل LOGOیا کارت متصل شده به LOGO برنامه ای باشد درآنصورت LOGO حالت عملیات را قبل از قطع برق بر عهده خواهد گرفت.(یعنی اگر قبل از قطع برق در حالتRUN بود بعد از وصل برق نیز به حالت RUN می رود.)

***نسخه بدون صفحه نمایشRCo...LOGO بطور اتوماتیک از حالت Stop به حالتRUN سویچ می شود وLED از حالت قرمزبه سبز تغییر رنگ می دهد.**

☺**نکته:** هرگاه برق بطور اتفاقی ضعیف شود وشما برنامه ای را روی LOGOوارد کنید،بعد از برگشت برق به حالت نرمال برنامه نرمال برنامه پاک خواهد شد.از این رو شما برنامه اصلی را قبل از تغییرات روی یک کارت یا روی برنامه ذخیره کنید.




Draft by:M. Taghdis

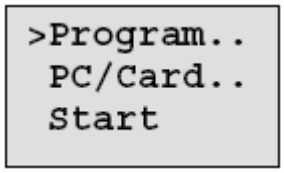



## کپی کردن برنامه از logo به کارت

برای این کار لازم است مراحل زیر را طی کنید:

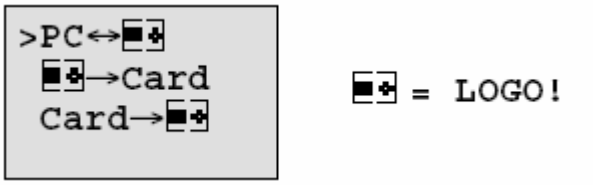
*ابتدا کارت را در داخل logo قرار دهید.

*logo را به حالت برنامه نویسی سویچ کنید.




*بوسیله کلید های جهتی PC/Card را انتخاب کنید.

*کلید ok را فشار دهید.

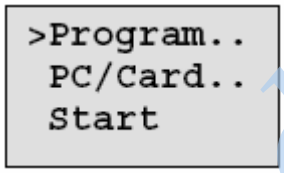



Draft by:M.Taghdis

*بوسیله کلیدهای جهتی گزینه Card→ را انتخاب کنید.

* ok را فشار دهید.

*وقتی logo عمل کپی کردن را به پایان برساند ،بطور خودکار به منوی اصلی بر می گردد.




نکته :اگر برنامه همراه رمز عبور در داخل logo ذخیره شده باشد،باید برنامه کپی شده در داخل کارت به همراه همان رمز عبور باشد.

**کپی کردن از کارت به logo**

اگر برنامه ای درداخل کارت حافظه داشته باشید در آنصورت می توانید به دو روش زیر آن را بر روی logoکپی کنید:

***کپی شدن خودکار در هنگام راه اندازی logoبا Power on**. ،هرگاه کارتی که دارای برنامه است به یک logoوصل شود در آنصورت با روشن شدن logo برنامه کارت بطور خودکار بهlogo کپی می شود.

***کپی شدن از طریق منوی PC/Cardبهlogo**

**برنامه نویسی بر روی خود LOGO!**

ابتدا عناصر مربوط به برنامه نویسی را توضیح می دهیم.

بطور کلی هر برنامه شامل دو قسمت بصورت بلوکهاBLOCKS واتصال دهنده هاconectors می باشد که شامل مجمو عه ای از ورودیهاI وخروجیهاQ وفلگهاM است. در ورژن جدید ورودیهاI وخروجیهاQ وفلگهاM که برای برنامه نویسی قابل دسترس هستند I1 تاI24 ،AI1 تاAI8،

Q1تاQ16وM1 تاM24 می باشند.وضعیت های ورودی وخروجی می توانند صفر یا یک باشند.

بطور پیش فرض وضعیت های ثابتی برایhi بصورت یک وبرای loبصورت صفر درنظر گرفته شده

Draft by.M.Taghdis

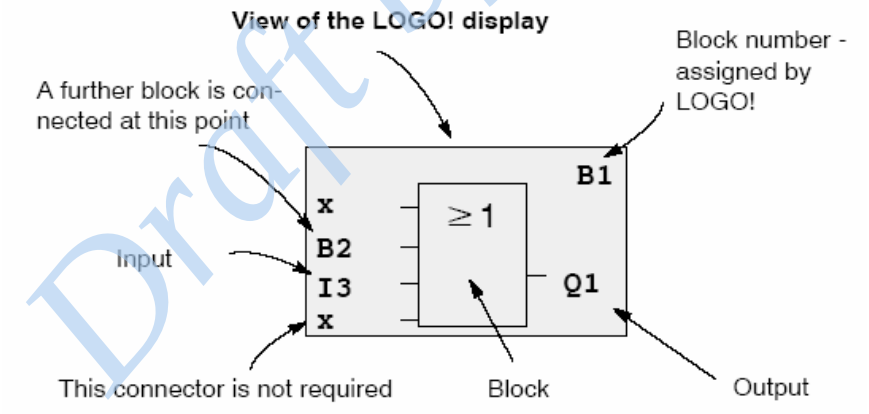
| Con-nectors | LOGO! Basic / Pure | | DM | AM | AM2AQ |
|---|---|---|---|---|---|
| Inputs | LOGO! 230RC/RCo, LOGO! 24 RC/RCo | Two groups: I1... I4 and I5 ... I8 | I9 ... I24 | AI1... AI8 | none |
| | LOGO! 12/24RC/ RCo, LOGO! 24/24o | I1... I6, I7, I8 AI1, AI2 | I9 ... I24 | AI3... AI8 | |
| Outputs | Q1...Q4 | | Q5 ... Q16 | none | AQ1, AQ2 |
| lo | Logical '0' signals (off) | | | | |
| hi | Logical '1' signals (on) | | | | |
| x | An existing connection that is not used | | | | |

**DM**: Digital module
**AM**: Analog module

Draft by:M.Taghdis

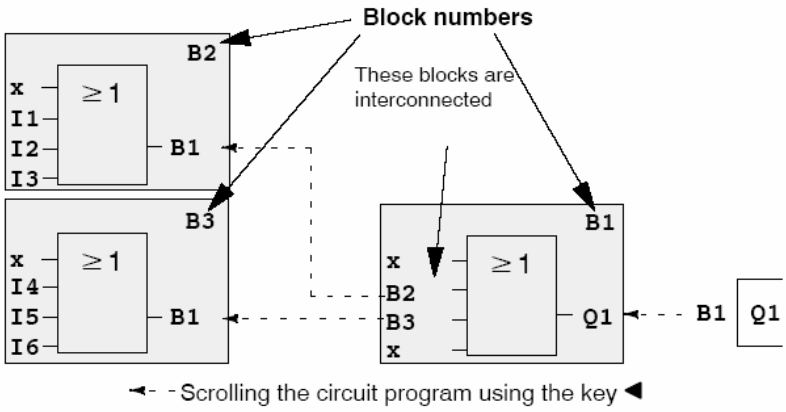
### بلوکها وشماره های بلوک

یک بلوک تابعی است که برای تبدیل اطلاعات ورودی به اطلاعات خروجی مورد استفاده قرار می گیرد. ورودی این بلوکها را ازمنویCO وگاهی SF،GFوBN انتخاب می کنیم.



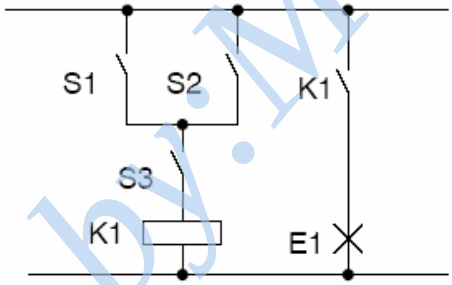

### تعیین شماره های بلوک

وقتی شما یک بلوک را در داخل نرم افزار یا LOGOدرج می کنیددر آن صورت یک شماره برای آن بلوک توسط نرم افزار یاLOGOتعیین می شود. شماره های بلوک به شما کمک می کنند تا مسیر اتصالات را در داخل برنامه همانند شکل زیر به سادگی پیدا کنید. بهتر است است برای برنامه نمودار بلوکی ایجاد کنید(مشابه روشFBD).




**نمونه ای از دیاگرام مدارLOGO**

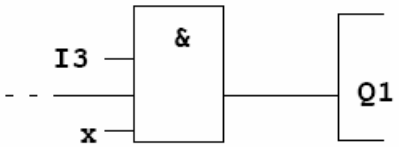
در مدار نشان داده شده شده در شکل زیر بار E1 بوسیله کلیدهایS1یا S2وS3 در وضعیتoff و on قرار می گیرد.رله k1، زمانی که کلیدهایs1 یاs2 وs3 بسته می شوند عمل می کند. این مدار را با طی مراحل زیر برای logo قابل اجرا می کنیم.




**☺ برای تبدیل مدار به دیاگرام بلوکی از خروجی به سمت ورودی حرکت کنید.**

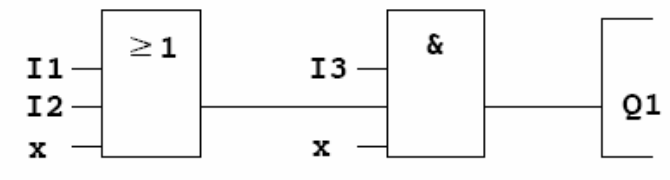
برای اینکار مراحل زیر را طی کنید:

**گام اول**: در اینجا خروجی به کنتاکت نرمال بازs3 وصل شده واز طریق آن به اجزاء دیگر مـدار متـصل شده است. رابط سریs3 بصورت یک بلوکAND تعریف می شود. پس بجای کلید S3 که به صورت یک رابط سری بین خروجی وs1 وs2 است مشابه شکل زیر از یک بلوک AND استفاده می کنیم.



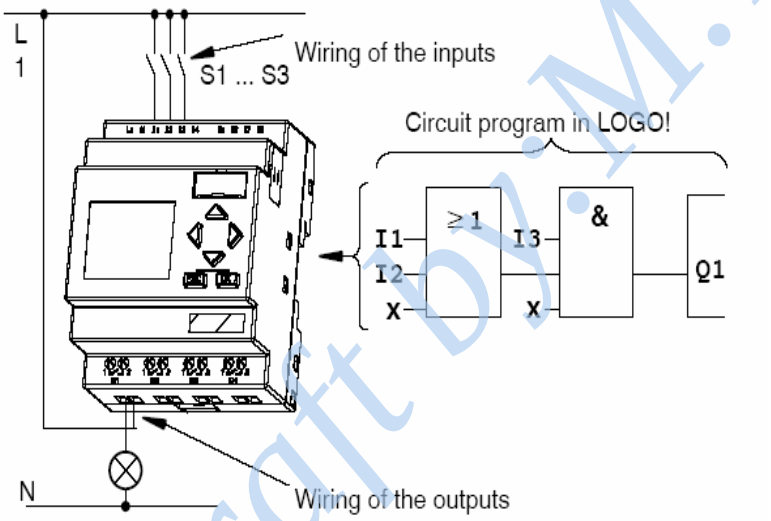

Draft by: M. Taghdis

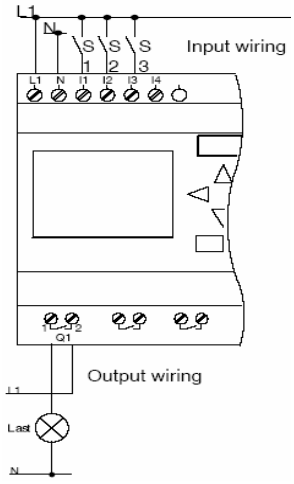
**گام دوم:**S1 و s2 بصورت موازی وصل شده اند.عملکرد مدار مشابه گیت OR است پس از یک بلوک OR استفاده می کنیم.




همانطور که مشاهده می کنید فقط دو تا از ورودیهای بلوک AND وORاستفاده شده در نتیجه ورودی سوم هریک را باید بصورت غیر فعال **"X "** علامت گذاری کرد.

سیم کشی این مدار را بوسیله LOGO در شکل زیر مشاهده می کنید.



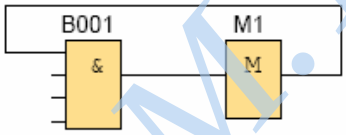




Draft by M.Taghdis

## قانون های مهم برای برنامه نویسی باLOGO

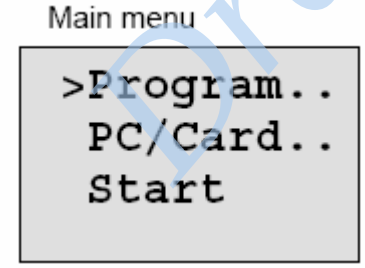
- برای ویرایش مدار در حالت برنامه نویسی بعد از وصل کردن برق یا روشن کردن دستگاه اگر گزینه "no program,press Esc" نمایش داده شد.درآنصورت می توانید حالت برنامه نویسی را با انتخاب گزینه ESC ایجاد کنید.(در نسخه های جدید این کار بوسیله فشار دادن سه دکمه ◄, ► and OK صورت می گیرد.)

- می توانید زمان ومقادیر پارامتر یک برنامه موجود را درحالت SET PARAMETR ودر حالت برنامه نویسی ویرایش کنید.
- می توانید حالت اجرای برنامه RUN را بوسیله گزینه START از منوی اصلی آغاز کنید.
- در حالت اجرا شما می توانید از طریق گزینه ESC (ودر انواع قدیمی تر با فشار دادن همزمان OK,ESC )به حالت پارامتر برگردید.
- همیشه طراحی برنامه یک مدار از طرف خروجی به طرف ورودی می باشد.
- شما می توانید یک خروجی را به چندین ورودی وصل کنید،اما نمی توانید یک ورودی را به چندین خروجی گسترش دهید.
- نمی توانید خروجی یک بلوک را به ورودی خودش وصل کنید. برای اینکار در صورت نیاز باید خروجی یک ورودی را به یک پرچم M یا یک خروجی وصل کنید سپس از طریق آنها به خود ورودی وصل کنید.



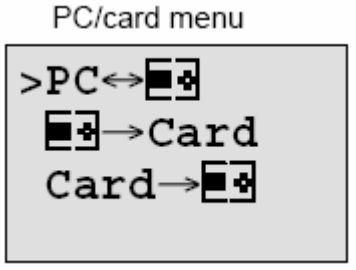

- برای تایید انتخاب ترمینال یا یک بلوک،OK را فشار دهید وبرای خارج شدن از حالت برنامه نویسی مدار ESC را فشار دهید.
- قبل از اینکه برنامه مدار خود را وارد LOGO کنید،نقشه آنرا بر روی کاغذ پیاده کنید.
- LOGO فقط برنامه های کامل ذخیره می کند،اگر برنامه ناقص باشد در آن صورت LOGO نمی تواند از حالت برنامه نویسی خارج شود.

**معرفی منوهای LOGOV3.0**

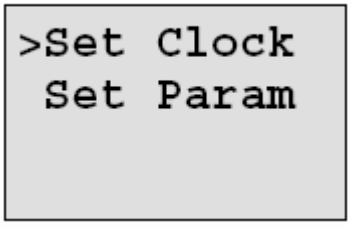



منوی اصلی

منوی برنامه نویسی



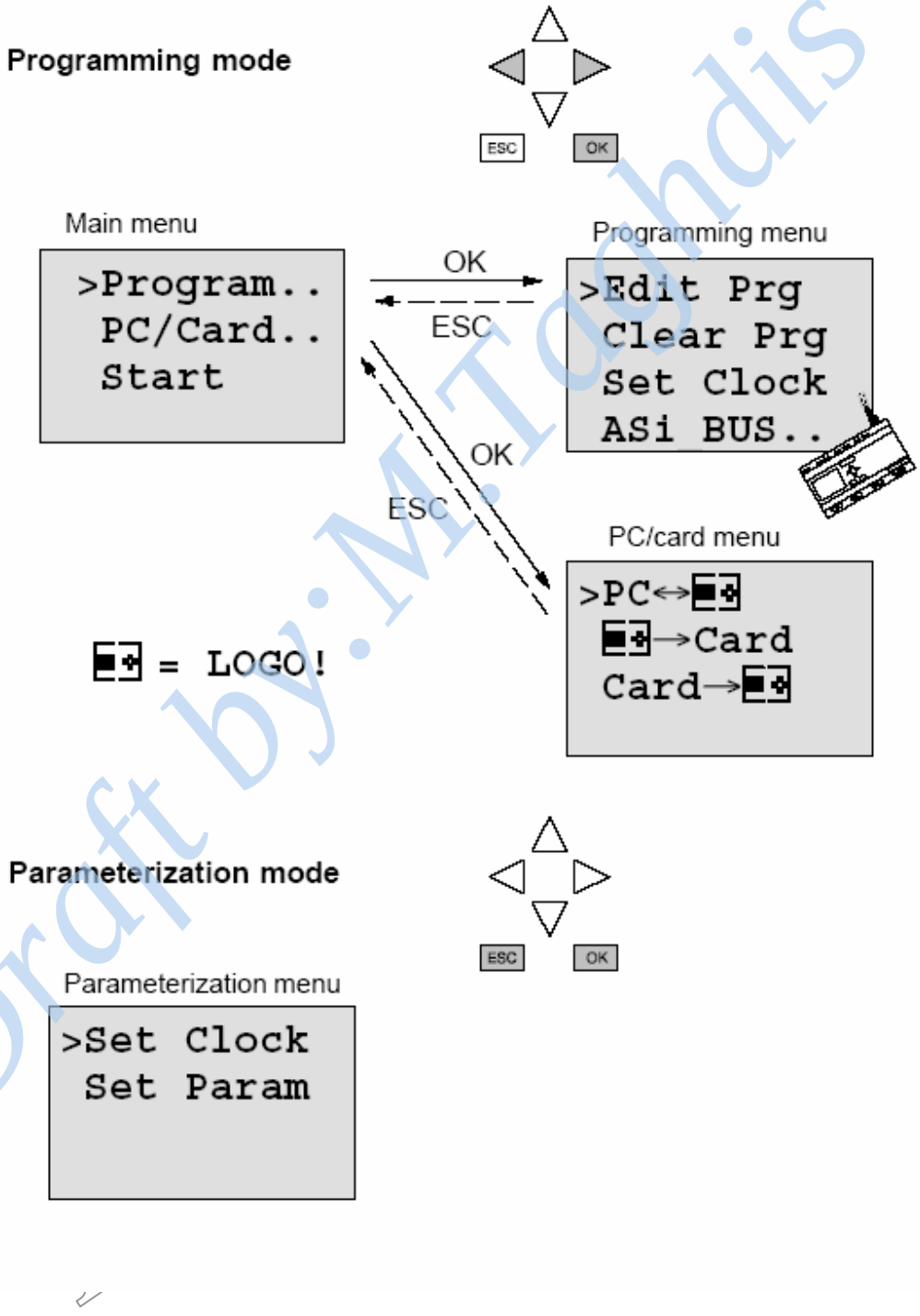

منوی کارت




منوی پارامتر

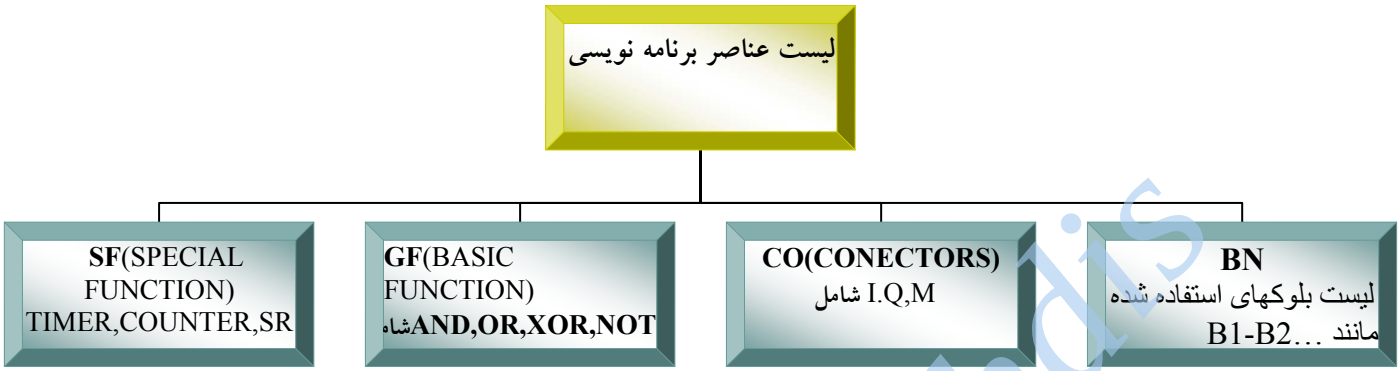
Draft by:M.Taghdis

**نحوه انتخاب منوها**




Draft by:M.Tadhis

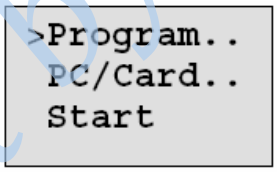
لیست عناصربرنامه نویسی



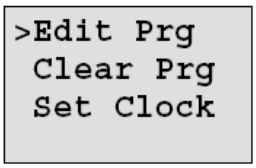

بعد ازروشن کرئن دستگاه زمانیکه پیغام NO PROGRAM ظاهر شد کلیدهای ◄, ► and OK را فشار دهید تا به منوی برنامه نویسی بروید.

☺تذکر:این کار در نسخه های جدید با استفاده از گزینه ESC صورت می گیرد.

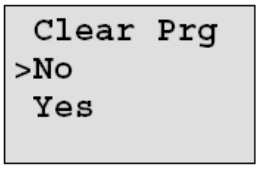
نکته:اگر قبلا برنامه ای در داخل LOGO وجود داشته بعد از روشن کردن دستگاه ،لوگو به منوی اصلی می رود.




اگر می خواهید برنامه قبلی را پاک کنید،در منوی اصلی گزینه program راانتخاب و OK رافشار دهید تا وارد منوی برنامه نویسی شوید.

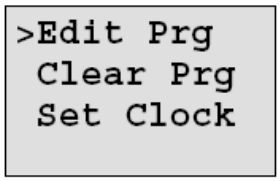



با استفاده از مکان نما گزینه Clear Prg را انتخاب وok رافشار دهید سپس در آنجا "yes " را انتخاب کنید. در آنصورت برنامه حذف خواهد شدو به منوی برنامه نویسی برمی گردد.



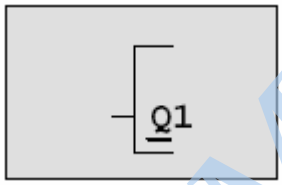

Draft by:M.Taghdis

اگر برنامه قبلی را پاک کردید،در منوی اصلی بازگزینه program راانتخاب و OK رافشار دهید تا وارد منوی برنامه نویسی شوید.




**اما بار دیگر یاد آور می شویم که جهت انتخاب گزینه های مختلف از کلیدهای ▲ or ▼ استفاده کنیدوبرای تایید انتخاب کلیدok را فشار دهید.**

گزینه Edit Prg را انتخاب کنید .سپس برای تایید ok رافشار دهید.در این حالت شکل زیر که نشان دهنده اولین خروجی است ظاهر می شود.

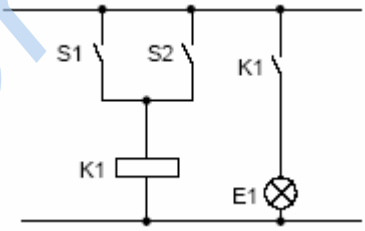



حالا شما در حالت برنامه نویسی هستید.با استفاده از کلید های نشانگر می توانید خروجی های دیگری را انتخاب کنید.از اینرو می توانید از همین نقطه ،برنامه نویسی مدار را آغاز کنید.

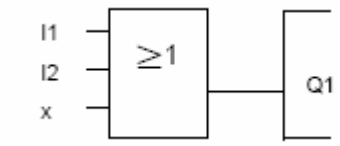
در غالب یک مثال نحوه وارد کردن برنامه از روی دیاگرام مداری را بیان می کنیم.

**برنامه اول:**

بار E1 بوسیله کلیدهای S1یاS2وS3 در وضعیتonوoff قرار می گیرد.رله K1 زمانی که کلید های S1یاS2وs3 بسته شوند عمل می کند.

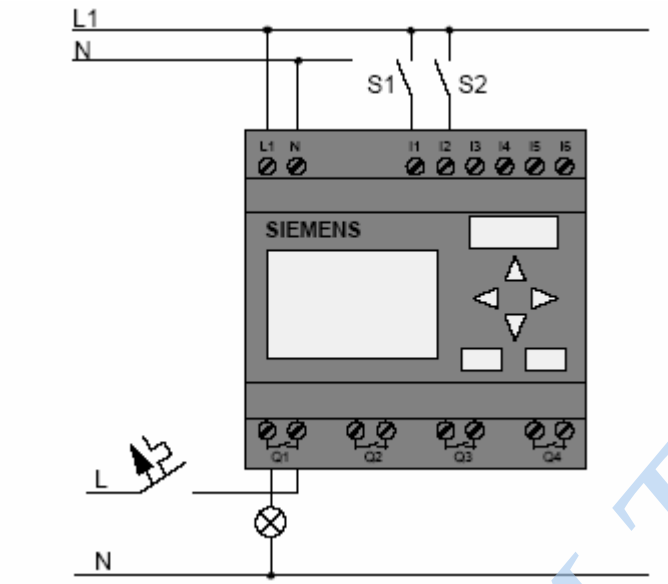



این برنامه بشکل زیرتوسط logo قابل اجرا است.

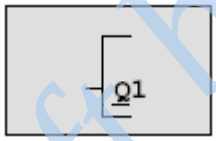



Draft by:M.Taghdis

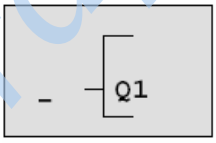
سیم بندی مدار نیز بصورت شکل زیر انجام می شود.همانطور که ملاحظه می کنید کلید s1 و s2 ورودی I1 و I2 را فعال می کنند.همچنین باربه رله خروجی Q1 متصل شده است.



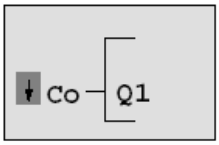

برای وارد کردن برنامه به این صورت عمل می کنیم که بعد از انتخاب گزینه Edit Prg ما اجازه ویرایش برنامه را در مسیر خروجی بسمت ورودی را خواهیم داشت.اولین مرحله تعیین خروجی واتصال آن به عناصر دیگر این است،که به صورت زیر عمل می کنیم.




با استفاده ازکلید ◄مکان نمائی را که در زیر Q قرار دارد به طرف چپ حرکت دهید.

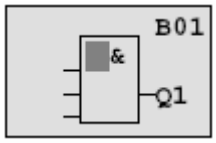



در اینجا باید یک بلوک OR را انتخاب کنید.برای اینکار کلید OK را فشار دهید.سپس علامت CO که نشان دهنده اتصال دهنده ها است مشابه شکل زیر ظاهر خواهد شد.در این حال با استفاده ازگزینه های ▲یا ▼علامت مربوط به توابع بیسیک GF را انتخاب کنید.

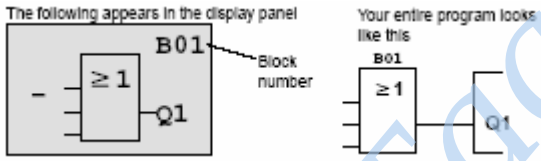



Draft by M.Taghdis

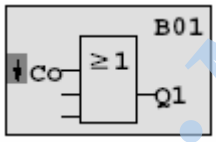
بلوک این توابع که AND است ،ظاهر خواهد شد.



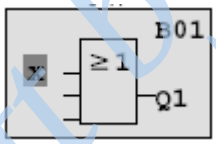

با کلید های ▲یا ▼ بلوک ORرا انتخاب کنید.سپس OK را فشار دهید.



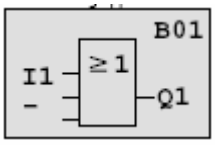

OK را فشار دهید.




OK را فشار دهید.می بینید که اولین گزینه در CO ،گزینه"X" است

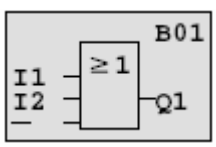



.با استفاده از گزینه های▲یا ▼ I1 را انتخاب وبرای تایید OK را فشار دهید.



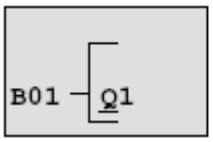

**نکته:اگر بخواهید ازورودی تابعی استفاده نکنید حتما بایستی از منوی CO برای آن ورودی گزینه"X" را انتخاب کنید ،در غیر اینصورت خطا تلقی می شود.**

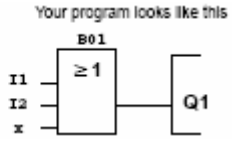
برای ورودی دوم یعنی I2 همبن کار را انجام دهید.



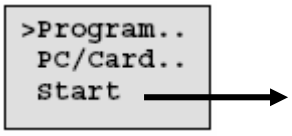

Draft by M.Taghdis

برای ورودی سوم ،چون بدون استفاده است،از CO ،" X" را برای آن انتخاب کنید.سپس **OK** رافشار دهید.تا مطابق آنچه در شکل زیر مشاهده می کنید ،ظاهر شود.

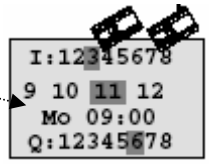



برای اجرای برنامه دوبار دکمه **ESC** را فشار دهید تا به منوی اصلی بروید..سپس در منوی اصلی گزینه **START** را انتخاب کنید وبرای تایید **OK** را فشار دهید.



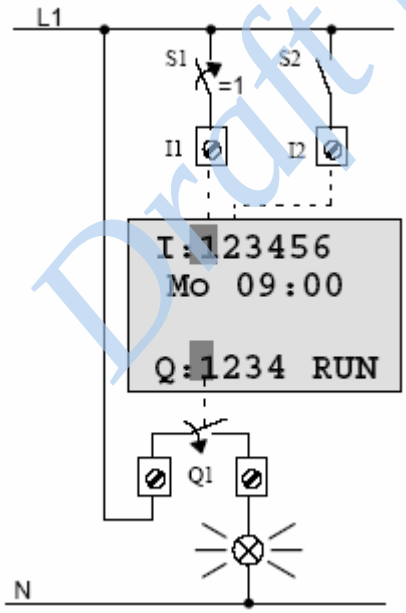

بعد از انتخاب وتایید




تاریخ وزمان جاری روز
فقط در نسخه هائی که دارای
ساعت هستندمثل **RC**

هرگاه ورودی وخروجی در وضعیت فعال قرار گیرند بوسیله علامت ▮ مشخص می شوند.

**وضعیت نمایش**




وقتی کلید S1 بسته می شود،ولتاژ روی I1 قرار می گیرد و ورودی را در وضعیت فعال قرار می هد.

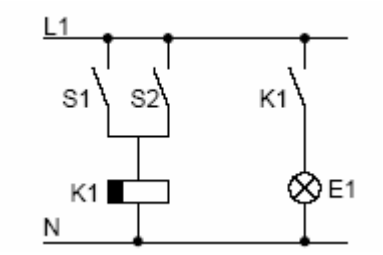
LOGO برنامه را پردازش کرده ووضعیت خروجی را مشخص می کند.اگر خروجی Q1 در وضعیت فعال قرار گیرد،LOGO رله Q1 را فعال می کندو ولتاژ باری که بر روی Q1 است تامین می شود.

Draft by:M.Taghdis

**برنامه دوم**

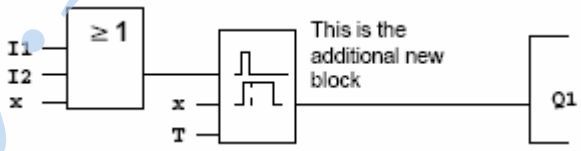
**اصلاح مدار**

برای اصلاح مدار ،مثال قبل را با کمی تغییر بصورت مدار شکل زیر ارائه می کنیم.




همانطور که مشاهده می کنید هرگاه کلید S1یاS2 بسته شوددر آنصورت رلهK1 عمل کرده و کنتاکت باز آن بسته می شود وبا این عمل بار E1 دارای ولتاژ خواهد شد. سپس بعد از سپری شدن ۱۲ دقیقه تنظیم شده، کنتاکت K1 رله باز شده و ولتاژ خروجی قطع خواهد شد.

طراحی این مدار برای LOGO مطابق شکل زیر خواهد بود.




*تایمر جز تابع **ویژه** SF است.

**ویرایش برنامه**

برای ویرایش برنامه بصورت زیر عمل کنید.

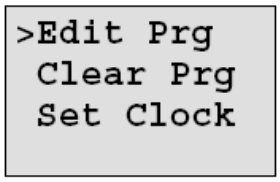
LOGO را به حالت برنامه نویسی سویچ کنید.اگر LOGO در حالت RUN قرار دارد سه کلید ◄►, **OK** را بطور همزمان فشار دهید.

***تذکر:در نسخه های جدید در حالت RUN کلیدESC را فشار دهید.در این حالت منوی پارامتر گشوده می شود .حالت STOP را انتخاب وبوسیلهOK تایید کنیدو سپس گزینه YES را انتخاب و بوسیلهOK تایید کنید.**

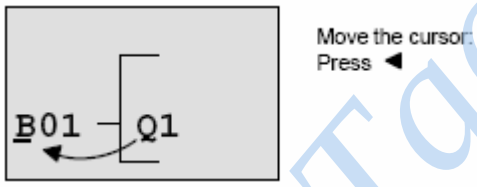
در منوی اصلی گزینه Program را انتخاب کنید.

Draft by:M.Taghdis

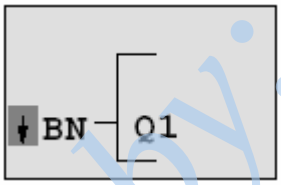
در منوی برنامه نویسی گزینه **Edit prg** را انتخاب کنید.در این حالت می توانید برنامه قبلی را اصلاح کنید.



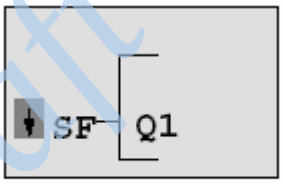

برای درج بلوک جدید به این صورت عمل می کنیم که در برنامه قبلی علامت مکان نما که در زیر Q قرار دارد را بوسیله کلید ◄ حرکت داده تا زیر حرف B از B01 که شماره بلوک OR بود قرار گیرد.



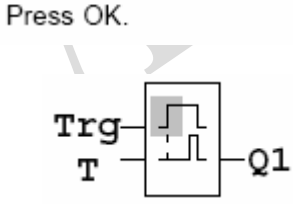

حالا می توان در این مکان یک بلوک جدید درج کرد.برای اینکار بلوک OK را فشار دهید.



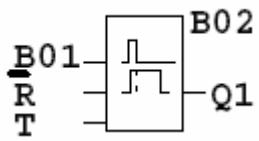

بوسیله کلید ▼ لیست SF را که شامل تایمر ها است را انتخاب کنید.




OK را فشار دهید تا اولین تابع **ویژه** نمایش داده شود.




با استفاده از کلیدهای ▲و ▼ بلوک مورد نظر را انتخاب کنید وانتخاب خود را با فشار دادن OK تایید کنید .در این قسمت بلوک تابع OFF Delay را انتخاب کنید.




Draft by M.Taghdis

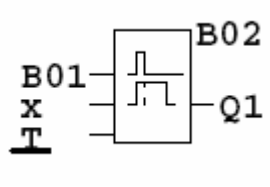
شماره بلوک درج شده B02 می باشد.بلوک شماره یک B01 بطور خودکار به ورودی بالائی بلوک شماره۲ وصل شده است واین بلوک نیز به خروجی Q1 متصل می شود.

بلوک OFF Delay دارای سه ورودی است که ورودی بالائی، ورودی راه اندازTrg می باشد.در این مثال تابعOFF Delay بوسیله بلوکORکه همان بلوک شماره یک می باشد راه اندازی می شود.

در این مثال چون از ورودی R استفاده نشده لذا آن را بوسیله "X" محدود کرده ایم.

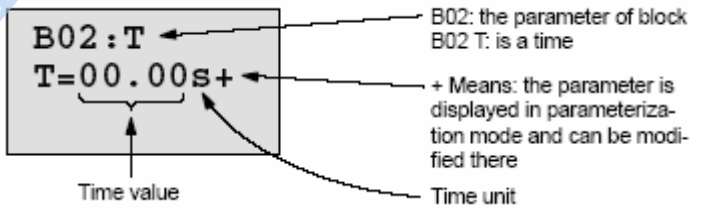
با انتخاب گزینه T می توانید زمان خاموش شدن خروجی تابع OFF Delay را تعیین کنید.

.




**روش تعیین پارامترهای بلوک**

با استفاده از کلید های ◄و►می توانید به صورت طولی حرکت کنیدو با استفاده از کلیدهای ▲و▼ می توانید مقدار زمان را تغییر دهیدودر نهایت با فشردن کلیدok تایید کنید.




تنظیمات زمان

زمان T را به روش زیر برابر۱۲:۰۰ دقیقه قرار دهید.

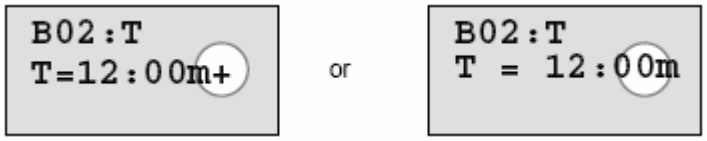
1. Move the cursor to the first position:
   ◄ or ►
2. Select '1':
   ▲ or ▼
3. Move the cursor to the second position:
   ◄ or ►
4. Select '2':
   ▲ or ▼
5. Move the cursor to the unit:
   ◄ or ►
6. Select the unit m for minutes:
   ▲ or ▼

Draft by:M.Taghdis

*نوع حفاظت+:با انتخاب این پارامتر می توان زمانTرادر حالت جایگزینی پارامتر تغییر داد.

پیش فرض نیز بر روی + است.

نوع حفاظت -: با انتخاب این پارامتر نمی توان زمانTرادر حالت جایگزینی پارامتر تغییر داد.




**طریقه انتخاب حفاظت**

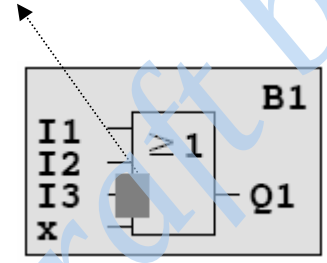
7. Move the cursor to the protection mode::
◄ or ►
8. Select protection mode '–':
▲ or ▼

**طریقه notکردن ورودی**

☺**تذکر:در ورژن های جدید برای** not **کردن ورودی ، می توان بدون کمک گرفتن از بلوک** not **این کار را انجام داد.**

جزئیات آن در شکل های زیر آمده است.

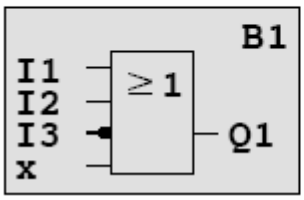
مکان نما را با استفاده از کلید ►به طرف راست حرکت دهید تا مطابق شکل روبرو علامت ظاهر شود.سپس مطابق دستورات زیر حرکت کنید.



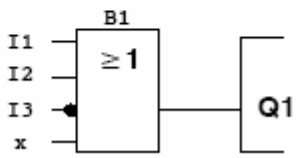

Confirm with **OK**.

Now press ▼ or ▲ to invert this input: –●

Next, press **ESC**.

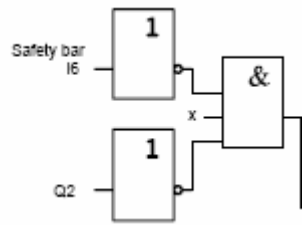



Your circuit program layout




**اما در ورژن های قدیمی برای** not **کردن ورودی باید حتما ،از بلوک**not **استفاده کنید.**

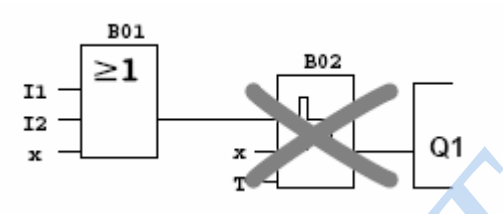
Draft by:M.Taghdis



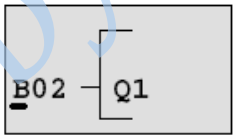

**حذف کردن یک بلوک**

فرض کنید می خواهیم بلوک شماره B02 را حذف وبلوک B01 را به جای آن به خروجی Q1 اتصال دهیم.

برای این کار به روش زیر عمل می کنیم.




- logoرابه حالت برنامه نویسی سویچ کنید.
- گزینه Edit prg را به وسیله کلیدهای جهتی انتخاب کنید.
- با فشار دادن کلیدok انتخاب خود را تایید کنید.
- مکان نما◄ را بر روی ورودی Q1که همان بلوکB02 است قرار می دهید.




- OK را فشار دهید.

حالا بلوک B02 را با بلوک B01مستقیما روی ورودی Q1با طی مراحل زیر جابجا می کنیم.

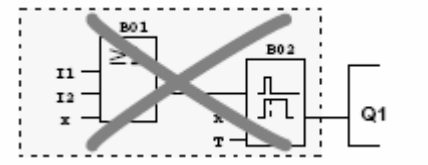
۱-لیستBNرا بوسیله کلیدهای جهتی انتخاب کرده وسپس OK را فشار دهید.

۲-بلوک B01را بوسیله کلیدهای جهتی انتخاب کرده وسپس OK را فشار دهید.

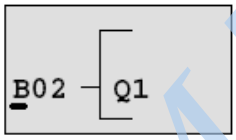
با طی مراحل بالا بلوکB02 حذف می شود.زیرا این بلوک دیگر در داخل مدار استفاده نشده است وبلوک B01 مستقیما به جای بلوکB02 به خروجی متصل شده است.

Draft by: M. Taghdis

**حذف کردن چند بلوک بهم پیوسته**




- logoرابه حالت برنامه نویسی سویچ کنید.
- گزینه Edit prg را به وسیله کلیدهای جهتی انتخاب کنید.
- با فشار دادن کلیدok انتخاب خود را تایید کنید.
- مکان نما◄ را بر روی ورودی Q1که همان بلوکB02 است قرار می دهید.




- OK را فشار دهید.
- حالا به جای B02 اتصال دهنده X را از منوی CO انتخاب وبرای تایید OK را فشار دهید.

با طی مراحل بالا بلوکB02 وهمه بلوک های متصل شده به B02 حذف می شوند.

Draft by.M.Taghdis

# فصل ششم : کنترل کننده های PID

## کنترل کننده های PID(Proportional-Integral-Derivative)

یکی از اجزای مهم و حساس حلقه ی کنترل صنعتی ، کنترل کننده ها می باشند . یک کنترل کننده با توجه به خطای موجود (اختلاف رفتار فرآیند با رفتار مطلوب) و با در نظر گرفتن قوانین کنترل (استراتژی کنترل) ، دستوری را جهت اصلاح خطا به قسمتهای بعدی (محرک – Actuator و عنصر نهایی – Final Element) ارسال می دارد . کنترل کننده ها از نظر قانون کنترل یا عملی که بر روی سیگنال خطا انجام می دهند به چند دسته تقسیم می شوند که یکی از آنها کنترل کننده های PID(Proportional-Integral-Derivative) می باشند .

از آنجا که بیش از نیمی از کنترل کننده های صنعتی که امروزه به کار می روند از طرحهای کنترل PID یا PID اصلاح شده استفاده می کنند ، شناخت و یادگیری نحوه ی تنظیم پارامترهای این نوع از کنترل کننده ها ضروری به نظر می رسد .

چون اغلب کنترل کننده های PID(Proportional-Integral-Derivative) ، در محل تنظیم می شوند ، قواعد تنظیم متفاوتی پیشنهاد شده اند . با ستفاده از این قواعد می توان کنترل کننده ها را در محل ، با دقت و ظرافت تنظیم کرد . روشهای تنظیم خودکار (Auto-tuning) نیز ابداع شده اند و بعضی از کنترل کننده های PID دارای قابلیت تنظیم خودکار می باشند .

Draft by:M.Taghdis

مزیت کنترل کننده های PID در قابلیت اعمال آنها به اکثر سیستمهای کنترل است . در زمینه سیستمهای کنترل فرآیند ، طرحهای کنترل PID و شکلهای اصلاح شده آن کارایی خود را در ایجاد یک فرآیند کنترل رضایت بخش به اثبات رسانده اند .

کنترل کننده های PID(Proportional-Integral-Derivative) ، توسط PLC نیز قابل پیاده سازی می باشند. از آنجا که به یادگیری این دسته از کنترل کننده ها و تنظیم پارامترهای آنها مستلزم شناخت و درک عمیق خواص آنهاست ؛ در این فصل سعی شده است تا مطالب و مفاهیم اولیه مورد نیاز در مورد این کنترل کننده ها به گونه ای ارائه شوند که نیاز چندانی به مراجعه به کتابهای دیگر وجود نداشته باشد .

در این فصل ، ابتدا یک سری از تعاریف و مفاهیم پایه ارائه می شوند و سپس با انواع کنترل کننده ها و مزایا و معایب هر یک ازآشنا می شویم . پس از آشنایی با مفاهیم پایه و شناخت کنترل کننده ها ، به توضیح چگونگی انتخاب و تنظیم کنترل کننده ها می پردازیم .

## تعاریف اولیه

پیش از شروع بحث درباره ی کنترل کننده ها لازم است برخی اصطلاحات پایه را معرفی کنیم :

Draft by:M.Taghdis

**اغتشاش** (Disturbance) : ورودیهای مزاحم و ناخواسته ای را که باعث انحراف خروجی از مقدار مطلوب می شوند و در امر کنترل اختلال ایجاد می کنند نویز یا اغتشاش می گوییم . اغتشاش ممکن است از راه ورودی یا راههای دیگر وارد فرآیند شود .

**کنترل بازخورد** (Feedback) : منظور از کنترل با بازخورد (Feedback) ، عملی است که می کوشد با وجود اغتشاش ، اختلاف بین خروجی سیستم و ورودی مرجع را به کمترین میزان کاهش دهد. این کوشش بر اساس اختلاف مذکور صورت می گیرد . در اینجا ، تنها اغتشاشهای پیش بینی نشده مد نظر است ؛ زیرا اغتشاشهای معلوم را همیشه می توان در داخل سیستم جبران کرد . کنترل دمای اتاق ، نمونه ای از کنترل با بازخورد (Feedback) است . ترموستات با اندازه گیری دمای اتاق و مقایسه آن با یک درجه حرارت مرجع (دمای مطلوب) وسیله گرمایشی یا سرمایشی را به کار می اندازد یا قطع می کند تا دمای اتاق برخلاف درجه حرارت بیرون ، مقدار مطلوبی داشته باشد .

سیستمهای کنترل دارای بازخورد را غالباً سیستمهای کنترل حلقه بسته می نامند .

یکی از مزیتهای سیستمهای کنترل دارای بازخورد این است که بازخورد پاسخ سیستم را نسبت به اغتشاش خارجی و تغییر پارامترهای داخلی سیستم تقریباً تأثیرناپذیر می کند . بنابراین می توان با استفاده از اجزای ارزان و نه چندان دقیق دستگاه را به خوبی کنترل کرد ؛ کاری که در سیستمهای حلقه باز ،ناممکن است .

Draft by:M.Taghdis

از دیدگاه پایداری ، ساختن سیستمهای کنترل حلقه باز ساده تر است ؛ زیرا در این سیستمها مشکل ناپایداری وجود ندارد . در حالی که این موضوع در سستمهای کنترل حلقه بسته ، یک مشکل اساسی است و باعث می شود سیستم با دامنه ای ثابت یا متغیر نوسان کند .

تأکید می کنیم که اگر در سیستمی ، ورودی از قبل معلوم است و اغتشاش وجود ندارد بهتر است کنترل به صورت حلقه باز انجام شود . سیستم کنترل حلقه بسته ، تنها هنگامی برتری خود را نشان می دهد که اغتشاشهای پیش بینی نشده یا تغییرات غیر قابل پیش بینی در اجزای سیستم وجود داشته باشد .

**پایداری مطلق** : مهمترین مشخصه رفتار دینامیکی سیستمهای کنترل پایداری مطلق است ، بدین معنی که آیا سیستم پایدار یا ناپایدار است . یک سیستم کنترل را در حال تعادل می نامیم اگر خروجی در صورت نبودن ورودی و اغتشاش ، در یک حالت باقی بماند . یک سیستم کنترل خطی مستقل از زمان در صورتی پایدار است که هنگام اعمال یک شرط اولیه جدید به آن ، به حالت تعادل خود بر می گردد . سیستم کنترل خطی مستقل از زمان ، پایدار بحرانی است اگر نوسانات خروجی برای همیشه ادامه یابد . این سیستم ، ناپایدار است اگر هنگام اعمال یک شرط اولیه جدید به آن خروجی اش به طور بی کران واگرا شود . البته در عمل ، خروجی یک سیستم فیزیکی فقط تا حد مشخصی می تواند زیاد شود ؛ چرا که یا عوامل مکانیکی آن را محدود می کنند یا سیستم پس از رسیدن خروجی اش به حد خاصی خراب یا غیر خطی می شود ، به نحوی که دیگر معادله های دیفرانسیل خطی در مورد آن صادق نخواهند بود .

Draft by:M.Taghdis

**پاسخ گذرا و پاسخ حالت ماندگار** : پاسخ زمانی یک سیستم کنترل ، از دو بخش پاسخ گذرا و پاسخ ماندگار تشکیل می شود . منظور از پاسخ گذرا ، عبور از حالت ابتدایی و رسیدن به حالت نهایی است . از آنجا که در سیستمهای کنترل واقعی ، انرژی ذخیره می شود ، خروجی سیستم هنگام اعمال مقدار مطلوب (Set Point) نمی تواند فوراً آن را دنبال کند و قبل از رسیدن به حالت ماندگار ، یک پاسخ گذرا وجود دارد . پاسخ گذرای یک سیستم کنترل واقعی ، غالباً قبل از رسیدن به حالت ماندگار ، نوسانهای میرا دارد . منظور از پاسخ حالت ماندگار ، چگونگی رفتار خروجی سیستم به ازای $t \to \infty$ است .

**خطای حالت ماندگار** : اختلافی که در حالت ماندگار بین خروجی سیستم و مقدار مطلوب (Set Point) وجود دارد ؛ خطای حالت ماندگار نامیده می شود .

**تعریف مشخصات پاسخ گذرا**

در عمل ، پاسخ گذرای سیستمهای کنترل ، غالباً قبل از رسیدن به حالت ماندگار نوسان میرا دارد . به منظور تعیین مشخصات پاسخ گذرای یک سیستم کنترل به ورودی پله ای باید موارد زیر مشخص شوند :

۱- زمان تأخیر ($t_d$-Delay Time)

۲- زمان صعود ($t_r$-Rise Time)

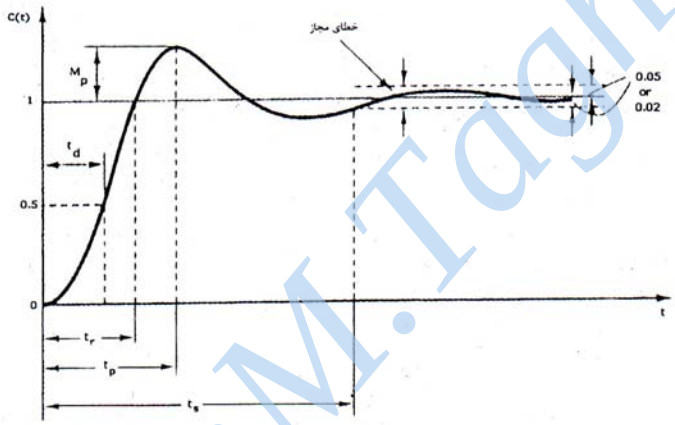
۳- زمان اوج ($t_p$-Peak Time)

Draft by:M.Taghdis

۴- حداکثر فراجهش (Overshoot-$M_p$)

۵- زمان قرار (Settling Time-$t_s$)

در ادامه ، به تعریف هر یک از این مشخصات می پردازیم **(شکل ۱ )**




**(شکل ۱)**

**۱- زمان تأخیر ($t_d$)** : زمانی است که طول می کشد تا پاسخ برای بار اول به نصف مقدار نهایی اش برسد .

**۲- زمان صعود ($t_r$)** : زمانی است که طول می کشد تا پاسخ از ۱۰٪ به ۹۰٪ یا از ۵٪ به ۹۵٪ یا از ۰٪ به ۱۰۰٪ مقدار نهایی اش برسد . $t_r$ ، سرعت پاسخ را مشخص می کند .

**۳- زمان اوج ($t_p$)** : زمان لازم برای رسیدن به اولین فراجهش است .

**٤- حداکثر (درصد) فراجهش ($M_p$)** : مقدار اوج فراجهش است که نسبت به مقدار یک اندازه گیری می شود .

Draft by:M.Taghdis

معمولاً در مواردی که مقدار حالت ماندگار پاسخ ، یک نیست درصد فراجهش به به کار می رود . این مقدار به صورت زیر تعریف می شود :

$$\text{ماکزیمم درصد } \textbf{فراجهش} = \frac{C(t_p) - C(\infty)}{C(\infty)} \times 100\%$$

اندازه حداکثر (درصد) فراجهش ، به طور مستقیم ، پایداری سیستم را نشان می دهد .

**۵- زمان قرار ($t_s$)** : زمانی است که طول می کشد تا منحنی پاسخ به محدوده ی معینی حول مقدار نهایی اش برسد و در آن محدوده باقی بماند . این محدوده معمولاً برحسب درصد مطلقی از مقدار نهایی (معمولاً ۲ تا ۵٪) بیان می شود . زمان قرار با بزرگترین ثابت زمانی سیستم کنترل مرتبط است .

پارامترهای کنترل کننده را باید طوری تنظیم کرد که پاسخ گذرای آن رضایت بخش شود .

## طبقه بندی کنترل کننده های صنعتی

طبقه بندی کنترل کننده های صنعتی از نظر قانون کنترل یا عملی که بر روی سیگنال خطا انجام می دهند عبارت است از :

**۱- کنترل کننده های دو وضعیتی (on/off)**

**۲- کنترل کننده های تناسبی (Proportional)**

**۳- کنترل کننده های انتگرالی (Integral)**

Draft by:M.Taghdis

**٤- کنترل کننده های مشتق گیر (Derivative)**

**٥- کنترل کننده های تناسبی – انتگرالی (PI)**

**٦- کنترل کننده های تناسبی – مشتق گیر (PD)**

**٧- کنترل کننده های تناسبی – انتگرالی – مشتق گیر (PID)**

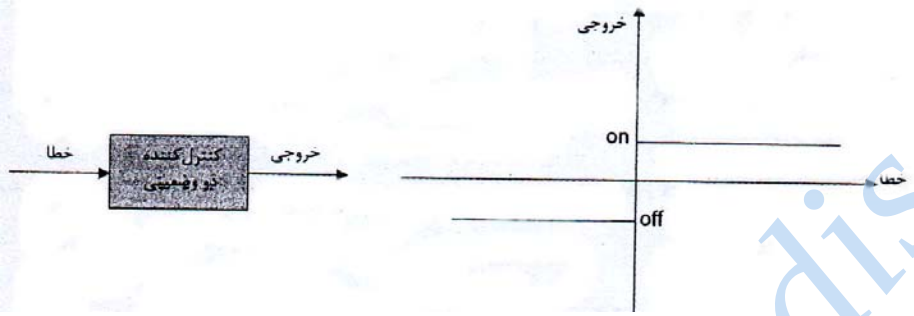
در بسیاری از کنترل کننده های صنعتی ، سیال تحت فشار مانند روغن یا هوا ، یا برق به عنوان انرژی محرکه به کار می رود . کنترل کننده ها را می توان برحسب انرژی محرکه آنها نیز طبقه بندی کرد ، به عنوان مثال ، کنترل کننده های پنوماتیکی (بادی) ، کنترل کننده های هیدرولیکی (روغنی) و کنترل کننده های الکترونیکی .

درک عملکرد هر یک از انواع کنترل کننده از اهمیت زیادی برخوردار است ؛ زیرا این سوال همواره برای مهندسین وجود دارد که برای کنترل یک فرآیند خاص باید ازچه کنترل کننده ای استفاده نمود و چگونه آن را تنظیم کرد ؟ بدیهی است که انتخاب و تنظیم کنترل کننده ها منوط به شناخت و درک خواص آنهاست . از این رو ، سعی می کنیم با معرفی هر یک از کنترل کننده ها و بررسی معایب و مزایای آنها زمینه شناخت آنها را فراهم سازیم .

**کنترل کننده های دو وضعیتی (on/off)**

مشخصه و عملکرد این نوع کنترل کننده ها در شکل ۲ نشان داده شده است .

Draft by:M.Taghdis



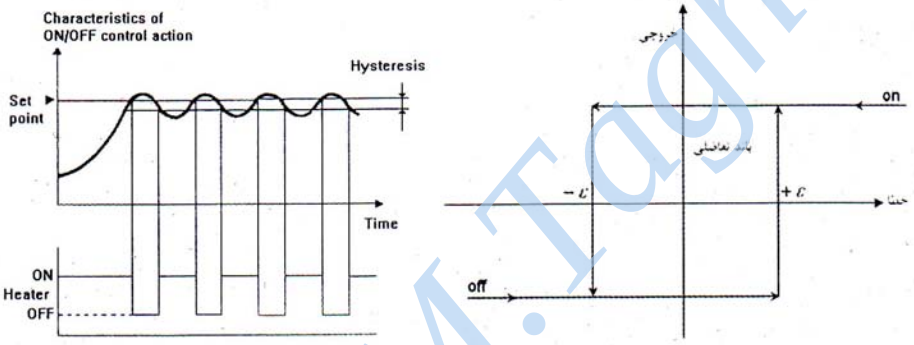

**(شکل ۲)**

خروجی این کنترل کننده ، همان طور که از نام آن پیداست ، می تواند تنها دو حالت روشن یا خاموش (on یا off) داشته باشد . مطابق مشخصه شکل ۲ در صورتی که خطا مثبت باشد، یعنی مقدار کمیت اندازه گیری شده از مقدار مطلوب کمتر باشد ، کنترل کننده فرمان روشن شدن (on) را صادر می کند و در صورتی که مقدار کمیت کنترل بیشتر از مقدار مطلوب باشد (خطای منفی) ، کنترل کننده فرمان خاموش شدن (off) را به محرک و عنصر نهایی ارسال می کند . یک نمونه ساده و متداول کنترل کننده های دو وضعیتی ، ترموستات سماور برقی است .

مشخصه شکل ۲ دارای یک اشکال عملی مهم است و آن اینکه به دلیل اثر اغتشاشهای مختلف در فرآیند (هر چند ناچیز) ، که به هر حال همیشه وجود دارند ، خطای سیستم هیچ گاه صفر نمی شود و کنترل کننده همواره در حال قطع و وصل (off و on) است . این امر سبب استهلاک کنترل کننده و عناصر محرک و نهایی می شود . در عمل ، کنترل کننده دو وضعیتی را با هیسترزیس و باند مرده (Dead-band) یعنی با مشخصه ای مطابق شکل الف- ۳ می سازند . باند

Draft by: M. Taghdis

مرده (Dead-band) را ، باند تفاضلی (Differential-gap) نیز می نامند . در این شکل ، مادامی که خطا از باند تفاضلی تجاوز نکند ، کنترل کننده در وضعیت قبلی خود باقی می ماند .




**(الف )** **( ب)**

**(شکل ۳)**

باند تفاضلی (Differential-gap) در کنترل کننده های دو وضعیتی ، معمولاً قابل تنظیم است و کاربر برحسب نیاز مقدار آن را تنظیم می نماید . به عنوان مثال هرگاه در یک کنترل دو وضعیتی دما ، باند تفاضلی را روی ۱۰ درجه تنظیم کنیم و دمای مطلوب نیز $80^{\circ}C$ تعیین شود ؛ ممکن است عملاً دمای فرآیند بین ۷۵ تا ۸۵ درجه تغییر کند .

از کنترل کننده های دو وضعیتی در تأسیسات حرارتی و برودتی و نظایر آنها ، همین طور در بسیاری از تأسیسات و سیستمهای کنترل به عنوان وسیله حفاظتی استفاده می شود . این نوع کنترل کننده زمانی که سیستمهای اصلی کنترل به

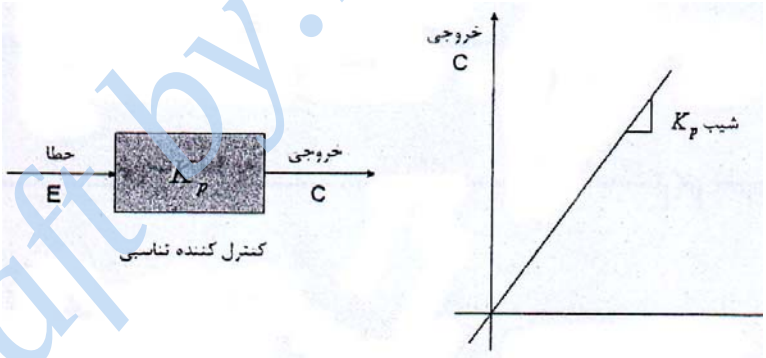
Draft by:M.Taghdis

عللی نتوانند کار خود را انجام دهند ، برای جلوگیری از صدمات و خطرات احتمالی وارد عمل می شود . عملکرد کنترل کننده های دو وضعیتی بسیار مطمئن است .

از مزیتهای مهم کنترل کننده های دو وضعیتی می توان به سادگی و ارزانی آنها اشاره نمود . عیب اصلی آنها ، عدم دقت و وجود خطای همیشگی در حلقه کنترل است ؛ با وجود این در کنترل فرآیندهایی که نیاز به دقت بالایی نداریم کنترل کننده های دو وضعیتی بهترین انتخاب می باشند .

## کنترل کننده تناسبی (Proportional)

چگونگی عملکرد و مشخصه یک کنترل کننده ی تناسبی ، مطابق شکل ۴ است .




**(شکل ٤)**

در اینجا خروجی کنترل کننده ، ضریبی از خطای سیستم به شمار می رود که آن را ضریب تناسب می گوییم و با $K_p$ نمایش می دهیم . کنترل کننده های تناسبی برای رفع مشکل قطع و وصلهای مکرر در کنترل کننده های دو وضعیتی

Draft by: M. Taghdis

ساخته شده اند . بهره ( GAIN ) کنترل کننده تناسبی قابل تنظیم است. گاهی به جای بهره از اصطلاح باند تناسبی (Proportional Band-PB) ، که طبق رابطه ی ۱ با بهره مرتبط است ، استفاده می شود :

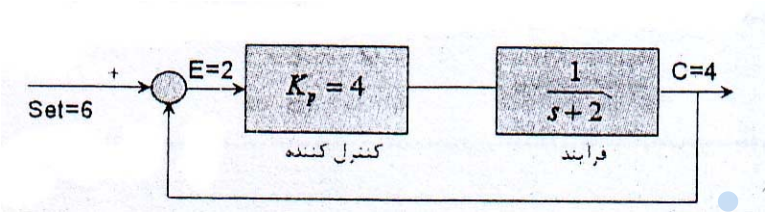
$$\%PB = \frac{100}{K_P} \qquad (۱)$$

با استفاده از کنترل کننده های تناسبی و تنظیم درست بهره ، می توان دقت و حساسیت بیشتری در کنترل یک فرآیند نسبت به کنترل کننده های دو وضعیتی به وجود آورد و البته این امر منجر به پرداخت هزینه بیشتر جهت عناصر بعد از کنترل کننده ، یعنی محرک و عنصر نهایی می شود .

گاهی برای استفاده توأم مزیتهای کنترل کننده های دو وضعیتی و تناسبی ، از کنترل کننده ای به نام کنترل کننده تناسبی زمانی (Time-proportional) استفاده می کنند . در این روش ، عنصر نهایی در یک فاصله زمانی ثابت ، مدتی باز و مدتی بسته است که نسبت مدت باز بودن به مدت بسته بودن متناسب با اندازه خطاست .

با توجه به شکل ۴، یک کنترل کننده تناسبی را می توان یک آمپلی فایر با بهره قابل تنظیم دانست . کنترل کننده های تناسبی قادر به اصلاح کامل خطا نیستند و در حالت ماندگار بین خروجی فرآیند و مقدار مطلوب (Set Point) اختلاف وجود دارد . برای روشن شدن مطلب شکل ۵ را در نظر بگیرید .

Draft by:M.Taghdis




**(شکل ۵)**

مطابق شکل در حالت ماندگار ، هنگامی که مقدار مطلوب ۶ است ، خروجی فرآیند روی ۴ تنظیم می شود و حلقه کنترل دارای خطای ماندگار ۲= E است .

$$C = E \times 4 \times \frac{1}{2} = 2E$$

$$E = (Set) - C = 6 - C$$

$$E = 6 - 2E$$

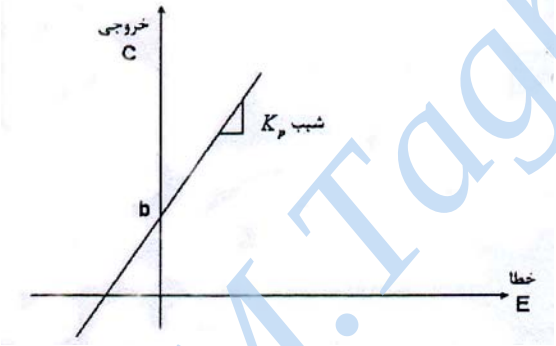
$$E = 2 \qquad \textbf{خطا}$$

$$C = 2 \times 2 = 4 \qquad \textbf{خروجی}$$

این خطا را اُفست (Offset) می گوییم . اُفست را می توان با افزایش بهره کاهش داد ؛ البته این افزایش به نوبه خود مشکلاتی را به وجود خواهد آورد .

Draft by:M.Taghdis

گاهی برای اینکه خروجی فرآیند در حالت ماندگار روی مقدار مطلوب تنظیم شود یا به عبارت دیگر خطای حلقه کنترل صفر شود ، کنترل کننده های تناسبی را به طور بایاس دار می سازند؛ به این معنی که خروجی کنترل کننده به ازای خطای صفر مقدار ثابت (Bias) دارد . مشخصه این گونه کنترل کننده ها مطابق شکل ۶ است .




**(شکل ٦)**

در اینجا ، رابطه ورودی – خروجی (رابطه ۲) به صورت زیر نوشته می شود :

$$C = K_P E + b \qquad (۲)$$

در این رابطه ، Kp را بهره و b را بایاس کنترل کننده می نامیم .

بدیهی است با تغییر مقدار مطلوب (Set Point) ، مقدار بایاس را نیز باید مجدداً تنظیم کرد این امر مشکلاتی را به دنبال دارد . بهترین راه از بین بردن خطا در حالت ماندگار استفاده از عمل انتگرال گیری است .

به طور خلاصه ویژگیهای کنترل کننده تناسبی به شرح زیر می باشد :

Draft by: M.Taghdis

♦ نسبتاً سریع می باشد .

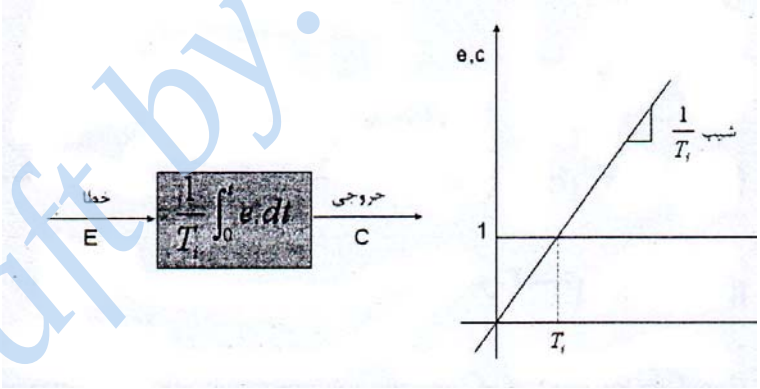
♦ خطای حالت ماندگار دارد .

♦ با افزایش مقدار مطلوب میزان خطای حالت ماندگار افزایش می یابد .

♦ با افزایش مقدار $K_P$ خطای حالت ماندگار کاهش می یابد ولی امکان نوسانی شدن سیستم وجود دارد .

## کنترل کننده های انتگرالی

خروجی این کنترل کننده ، انتگرال خطای ورودی به آن است . عملکرد و مشخصه یک کنترل کننده انتگرالی هنگامی که خطای ورودی ، پله واحد باشد مطابق شکل ۷ است .




**(شکل ۷)**

Draft by:M.Taghdis

کنترل کننده انتگرالی ، یک کنترل کننده حافظه دار است بدین معنی که خروجی آن در هر لحظه تحت تأثیر خطاهای سیستم در زمانهای گذشته است . $T_i$ را زمان انتگرال گیری می گوییم و آن مدت زمانی است که طول می کشد تا خروجی انتگرال گیر، هنگامی که ورودی آن پله واحد است از مقدار صفر به مقدار واحد برسد (شکل ۷) .

کنترل کننده های انتگرالی را کنترل کننده Reset نیز می گویند که در این صورت $T_i$ را زمان Reset می گوییم .

برای درک بهتر کنترل کننده های انتگرالی ، رابطه ۳ را که قانون یا استراتژی کنترل در آنهاست در نظر بگیرید :

$$c(t) = \frac{1}{T_i}\int_0^t e(t).dt \qquad (۳)$$

رابطه فوق را می توان به صورت رابطه ۴ نیز نوشت :

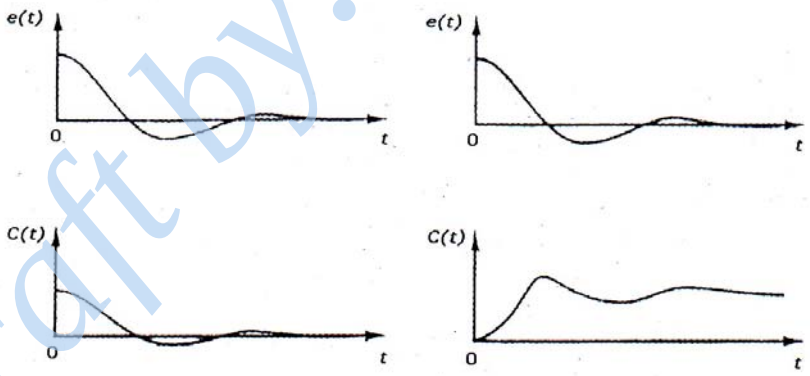
$$\frac{dc(t)}{d(t)} = \frac{e(t)}{T_i} \qquad (۴)$$

مطابق رابطه ۴ تغییرات خروجی در هر لحظه یعنی $\frac{dc(t)}{d(t)}$ ، متناسب با خطای ورودی $e(t)$ در آن لحظه می باشد و ضریب تناسب ، $\frac{1}{T_i}$ است . به این ترتیب ، تا زمانی که خطا مخالف با صفر باشد خروجی تغییر می کند و تغییرات خروجی جهت اصلاح خطا به کار گرفته می شود . هنگامی که خطا صفر شود خروجی در مقدار ثابتی تثبیت می گردد . این مقدار ثابت ، در واقع به گونه ای معادل اندازه ی بایاس در کنترل کننده ی تناسبی بایاس دار است . به عبارت دیگر ، کنترل کننده های انتگرالی با توجه به خواص کنترل کننده های تناسبی بایاس دار ابداع شده اند . با این مزیت که مقدار

Draft by:M.Taghdis

بایاس در آنها ، با توجه به سوابق قبلی سیگنال خطای ورودی به طور خودکار تنظیم می شود ؛ در حالی که در کنترل کننده های تناسبی بایاس دار ، برای هر مقدار مطلوب باید مقدار بایاس را مجدداً تنظیم نمود .

در کنترل انتگرالی ، خروجی در هر لحظه با مساحت زیر منحنی سیگنال خطا تا آن لحظه برابر است . همان طور که در شکل ۸ (الف) نشان داده شده ، خروجی c(t) حتی در زمانی که سیگنال خطا e(t) صفر است ، می تواند مقداری غیر صفر داشته باشد . چنین چیزی در کنترل کننده ی تناسبی ممکن نیست ؛ زیرا برای غیر صفر بودن خروجی باید سیگنال خطا غیر صفر باشد (وجود خطای غیر صفر در حالت ماندگار نشانه وجود اُفست است) . شکل ۷ (ب) ، منحنی e(t) و منحنی c(t) متناظر با آن را در کنترل کننده ی تناسبی نشان می دهد .




**(شکل ۸)**

کنترل کننده های انتگرالی ، معمولاً به تنهایی مورد استفاده قرار نمی گیرند و به صورت تناسبی – انتگرالی (PI) استفاده می شوند که بعداً در مورد آنها صحبت خواهیم کرد . با وجود این در بعضی از فرآیندهای کنترل سطح مایع یا کنترل

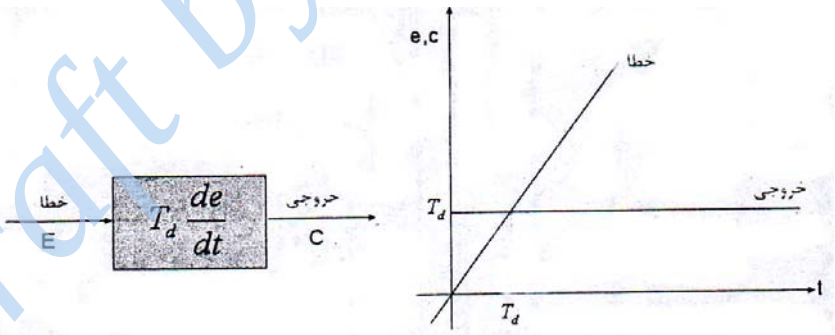
Draft by: M. Taghdis

دما یا کنترل PH ، که به دلیل ماهیت فرآیند نیاز به تصحیح آهسته فرآیند داریم ، ممکن است از کنترل کننده های انتگرالی به تنهایی استفاده شود .

مزیت کنترل کننده های انتگرالی عدم آفست (Offset) و توانایی در کاهش خطای ماندگار است و عیب آنها کند بودن و ایجاد تأخیر در پاسخ دهی است که احتمال ناپایداری را به دنبال دارد . در این نوع کنترل کننده ها با افزایش مقدار $T_i$ سیستم کندتر می شود و در صورتی که $T_i$ کوچک باشد امکان نوسانی یا ناپایدار شدن سیستم وجود دارد .

## کنترل کننده مشتق گیر (Derivative)

قانون کنترل و مشخصه یک کنترل کننده مشتق گیر در شکل ۹ نشان داده شده است




**(شکل ۹)**

Draft by M.Taghdis

شکل فوق ، خروجی کنترل کننده را هنگامی که خطا شیب واحد داشته باشد نشان می دهد . $T_d$ را اصطلاحاً زمان مشتق گیری می گوییم . ملاحظه می شود که یک کنترل کننده مشتق گیر ، تنها به تغییرات خطا و نه به مقدار آن حساس است . به عبارت دیگر اگر خطا مقداری ثابت باشد و تغییری نکند ، کنترل کننده عکس العملی نسبت به آن نشان نخواهد داد و به همین دلیل معمولاً از عمل مشتق گیری به تنهایی استفاده نمی شود . عمل مشتق گیری برای فرآیندهای تأخیردار یا با ثابت زمانی بزرگ مناسب است ؛ زیرا معمولاً تغییرات خطا مقدمه ای برای افزایش آن است و کنترل کننده مشتق گیر از این نظر آمادگی لازم برای تصحیح خطاهای آتی را فراهم می آورد ، یعنی کنترل کننده دیدی آینده نگر و پیش بینی دارد و به همین دلیل گاهی آن را کنترل کننده پیش فاز نیز می گویند . کنترل کننده مشتق گیر در صنعت، به نام کنترل کننده میزان (Rate) مشهور است .

یکی از مزیتهای کنترل کننده مشتق گیر این است که به آهنگ تغییر سگنال خطا پاسخ می دهد و می تواند قبل از بزرگ شدن بیش از اندازه ی خطا ، اصلاح قابل توجهی را به وجود آورد . پس کنترل کننده مشتق گیر خطا را پیش بینی می کند ، عمل تصحیح زود هنگام را انجام می دهد و به این ترتیب بر پایداری سیستم می افزاید .

فرآیندهایی که تحت تأثیر نویزهای شدید هستند و در کنترل آنها از عمل مشتق گیری نیز استفاده می شود ، در معرض خطر اشباع کنترل کننده و عنصر نهایی می باشند ؛ چرا که تغییرات شدید ناشی از نویز باعث افزایش خروجی کنترل کننده ، اشباع آن و همچنین اشباع عنصر نهایی می شود . در چنین مواردی ، برای حذف نویز از فیلترهای مخصوص

Draft by: M.Taghdis

استفاده می گردد . همچنین تغییرات شدید خطا هنگام تنظیم مقدار مطلوب نیز ممکن است موجب بروز مشکل فوق گردد . به منظور رفع این مشکل بعضی از سازندگان کنترل کننده را به گونه ای می سازند که عمل مشتق گیری بر روی سیگنال اندازه گیری شده و نه سیگنال خطا انجام می شود ؛ بنابراین تغییرات مقدار مطلوب خروجی کنترل کننده را تحت تأثیر قرار نمی دهد .

استفاده از عمل مشتق گیری در یک حلقه کنترل را می توان به صورت چند قانون سرانگشتی خلاصه کرد :

۱- تنظیم عمل مشتق گیری بعد از تنظیم سایر عملیات انجام می شود .

۲- در فرآیندهای کند ، به عمل مشتق گیری بیشتری نیاز است .

۳- در فرآیندهایی با بهره کم و تغییرات نادر مقدار مطلوب ، معمولاً از عمل مشتق گیری نیز در کنترل کننده استفاده می شود .

۴- در حلقه های غیر خود تنظیم (Non-self-regulating) استفاده از عمل مشتق گیری مطلوب است ؛ چرا که مشتق گیری اساساً پایداری حلقه کنترل را افزایش می دهد

۵- در حلقه های کنترل با تأخیر زیاد در اندازه گیری ، استفاده از عمل مشتق گیری مطلوب است .

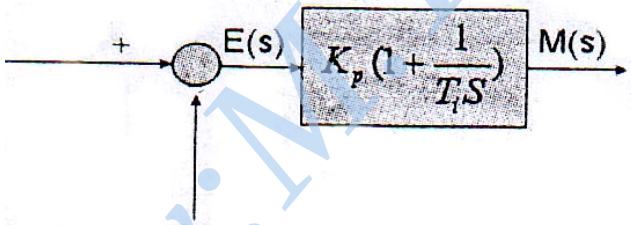
۶- معمولاً از عمل مشتق گیری ، در کنترل فرآیندهایی با چندین ثابت زمانی استفاده می کنیم . تجربه نشان می دهد که در این حالت ؛ بهتر است زمان مشتق گیری حدود دومین یا سومین ثابت زمانی بزرگ فرآیند انتخاب شود .

Draft by:M.Taghdis

تا اینجا با کنترل کننده های مستقل تناسبی ، انتگرالی و مشتق گیر آشنا شدیم . اکنون ، به معرفی کنترل کننـده هـایی مـی پردازیم که از ترکیب عملیات سه گانه فوق به دست می آیند .

## کنترل کننده تناسبی – انتگرالی Proportional-Integral (PI)

عملی که این کنترل کننده بر روی سیگنال خطا انجام می دهد ، همن طور که از نام آن پیداست، شامل عملیات تناسب و انتگرال است که آن را مطابق شکل ۱۰ و رابطه های ۵ و ۶ نمایش می دهیم .




**(شکل ۱۰)**

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_P}{T_i}\int_0^t e(t).d(t) \qquad (۵)$$

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_P(1+\frac{1}{T_i s}) \qquad (۶)$$

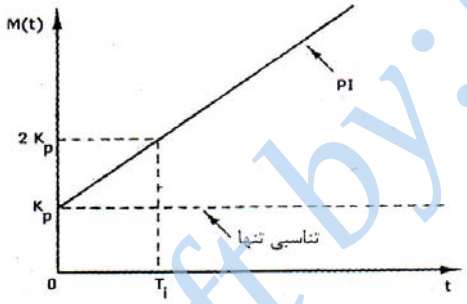
در یک کنترل کننده ی PI ، ضرایب $K_p$ و $T_i$ قابل تنظیم می باشند . با توجه به روابط فوق ، تنظیم $T_i$ قسمت انتگرالی و تنظیم $K_p$ هر دو قسمت انتگرالی و تناسبی را تحت تأثیر قرار می دهد .

Draft by: M.Taghdis

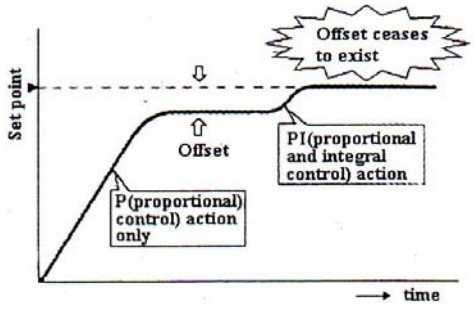
این کنترل کننده دارای خواص کنترل کننده های تناسبی و انتگرالی است . به دلیل وجود عنصر P سرعت نسبتاً خوبی دارد و به دلیل وجود عنصر I خطای حالت ماندگار ندارد . پاسخ این کنترل کننده به خطای پله واحد مطابق شکل ۱۱ است .

با توجه به شکل ۱۱ خروجی کنترل کننده با گذشت هر زمان $T_i$، به اندازه یک $K_p$ افزایش می یابد .

در شکل ۱۲ ، نتیجه افزودن عملگر انتگرالی به یک کنترل کننده ی تناسبی نشان داده شده است . همان طور که مشاهده می شود افزودن عملگر I ، باعث از بین رفتن خطای حالت ماندگار شده است .



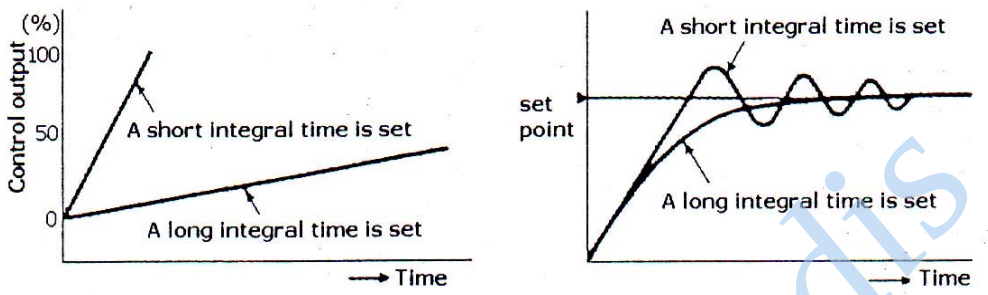

**( شکل ۱۱)**




**( شکل ۱۲ )**

در شکل ۱۳ اثر تغییر زمان اتگرال گیری ($T_i$) در پاسخ پله سیستم نشان داده شده است . همان طور که می بینید با کوچکتر شدن این زمان ، اعوجاج (Hunting) ایجاد شده است .

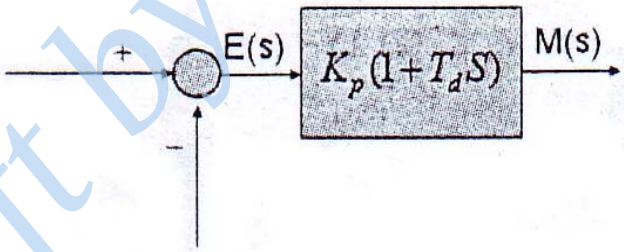
Draft by: M. Taghdis




**(شکل ۱۳)**

## کنترل کننده تناسبی – مشتق گیر Proportional-Derivative (PD)

عملیات این کنترل کننده بر روی سیگنال خطا ، شامل تناسب و مشتق است که مطابق شکل ۱۴ و رابطه های ۷و ۸ نمایش داده می شود .




**(شکل ١٤)**

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \qquad (۱۷-۷)$$

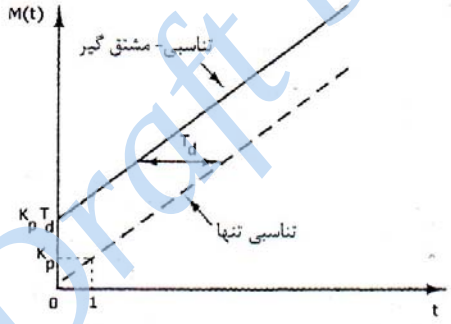
$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d s) \qquad (۱۷-۸)$$

Draft by:M.Taghdis

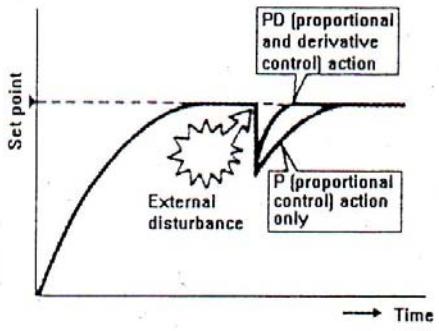
در یک کنترل کننده PD ، ضرایب $K_p$ و $T_d$ قابل تنظیم می باشد . تنظیم $T_d$ ، بر روی عمل مشتق و تنظیم $K_p$ ، بر روی عملیات تناسب و مشتق تأثیر می گذارد .

این کنترل کننده ، دارای خواص کنترل کننده های تناسبی و مشتق گیر است . عمل مشتق اثر مستقیمی در خطای حالت ماندگار ندارد ؛ ولی با افزودن میرایی به سیستم اجازه می دهد بهره $K_p$ بزرگتری انتخاب شود و این بهره بزرگتر ، دقت حالت ماندگار را بهتر می کند . پاسخ کنترل کننده ی PD به خطای شیب واحد مطابق شکل ۱۵ است .

عملگرهای P و I باعث تصحیح مقدار خروجی می شوند ؛ اما به موازات آن باعث کندی پاسخ سیستم نیز می گردند . به منظور افزایش سرعت پاسخ ، از عملگر مشتق گیر D استفاده می شود . با اضافه نمودن عملگر D ، اغتشاشهای بزرگ خارجی ، با سرعت بالایی کنترل و تثبیت می شوند (شکل ۱۶) .



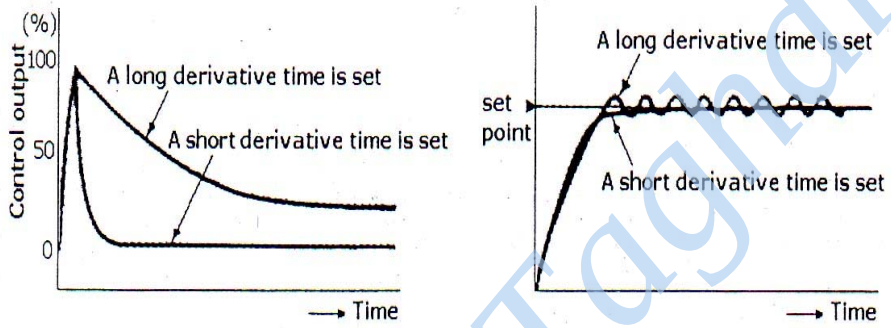

**( شکل ۱۵)**




**( شکل ١٦)**

Draft by:M.Taghdis

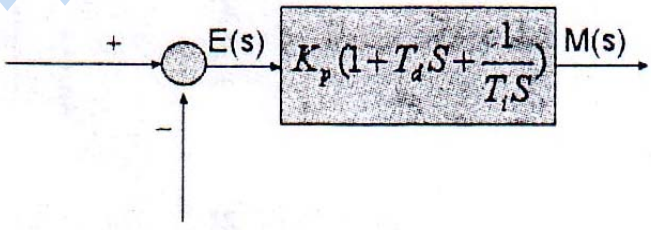
در شکل ۱۷ ، اثر تغییر زمان مشتق گیری روی پاسخ سیستم نشان داده شده است .




**(شکل ۱۷)**

## کنترل کننده تناسبی – انتگرالی – مشتق گیر (PID)

این کنترل کننده ، عملیات تناسب ، انتگرال و مشتق را بر روی سیگنال خطا انجام می دهد . بلوک دیاگرام و روابط مربوط ، مطابق شکل ۱۸ و رابطه های ۹ و ۱۰ ارائه می شوند .




**(شکل ۱۸)**

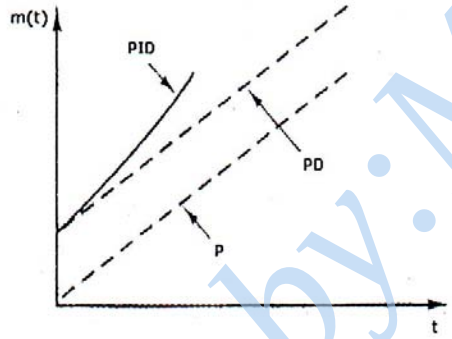
$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t).dt \qquad (۹)$$

Draft by: M. Taghdis

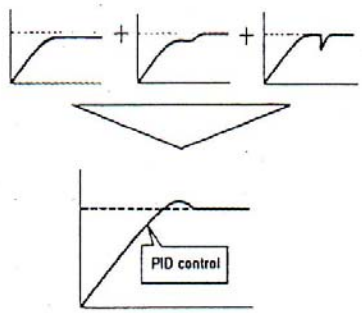
$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p(+T_d s + \frac{}{T_i s}) \qquad (۱۰)$$

در این کنترل کننده نیز ، $T_i$ ، $T_d$ و $K_p$ قابل تنظیم می باشند و تنظیم $K_p$ بر عملیات مشتق و انتگرال نیز تأثیر می گذارد .

در شکل ۱۹ ، پاسخ یک کنترل کننده ی PID به ورودی شیب واحد به طور کیفی نشان داده شده است .یک کنترل کننده PID دارای کلیه خواص کنترل کننده های P ، I و D است و با تنظیم ضرایب مربوط به آن می توان به ترکیبی از خواص هر یک از آنها رسید (شکل ۲۰).




**( شکل ۱۹)**




**( شکل ۲۰ )**

در جدول ۱ ، تأثیر افزایش ضرایب $K_p$ ، $K_I = \frac{1}{T_i}$ و $K_D=T_d$ روی مشخصات پاسخ گذاری کنترل کننده ی PID آورده شده است .

Draft by:M.Taghdis

| | Rise Time | Overshoot | Settling Time | Steady State Error |
|---|---|---|---|---|
| **افزایش** $K_p$ | کاهش | افزایش | تغییر اندک | کاهش |
| **افزایش** $K_I$ | کاهش | افزایش | افزایش | حذف |
| **افزایش** $K_D$ | تغییر اندک | کاهش | کاهش | تغییر اندک |

**(جدول ۱)**

## انتخاب نوع کنترل کننده

در این بخش ، چگونگی انتخاب نوع کنترل کننده مناسب برای یک فرآیند ، مورد بحث و بررسی قرار می گیرد . در جدول ۲ ، به ازای مشخصات فرآیند ، نوع کنترل کننده مناسب پیشنهاد شده است . باید دقت شود که تمام کنترل کننده ها می توانند برحسب مشخصات عملکرد سیستم ، یکی از دو حالت مستقیم یا معکوس را قبول کنند و عمل نمایند . واضح است که حالت مستقیم به معنای افزایش خروجی کنترل کننده به هنگام افزایش ورودی آن است . فرض کنید بخواهیم برای یک سیستم مبدل حرارتی ، کنترل کننده ای انتخاب کنیم . اگر سیستم به صورت سیستمی با ظرفیت کم عمل نماید یا به عبارت دیگر تغییر کوچکی در دبی بخار باعث تغییر زیادی در درجه حرارت شود ، معمولاً چنین سیستمی با کنترل کننده ی on/off مطلوب نیست و باید کنترل کننده تناسبی را انتخاب نمود . از طرف دیگر ، تغییرات سرعت آب باعث تغییرات بار می شود که این خود انحراف از تنظیم را به وجود می آورد .

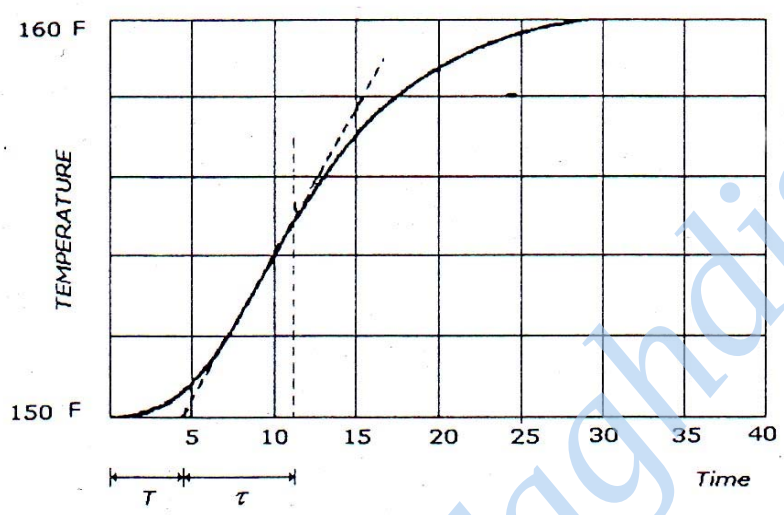
Draft by: M. Taghdis

**(جدول ۲)**

| Control Mode | Transfer Lag | Dead Time | Capacitance | Reaction Rate | Load Change | Self Regulation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| On/Off | Min | Min | High | Slow | Any | _ |
| Floating | Small | Min | Low | High | Slow | Must have |
| Proportional | Small | Small | Moderate | Slow | Small | - |
| Proportional+ Integral | Moderate | Moderate | Moderate | Any | Any | - |
| Proportional+ Integral+ derivative | Any | Any | Any | Any | Any | - |

با توجه به مطالب فوق ، نیاز به کنترل کننده ی PI مسجل می شود . امکان استفاده از کنترل کننده مشتق گیر در سیستم فوق نیاز به بررسی بیشتری درباره ی مشخصات فرآیند دارد . حال ، فرض کنید پاسخ زمانی سیستم به صورت( شکل ۲۱ ) باشد .

Draft by:M.Taghdis



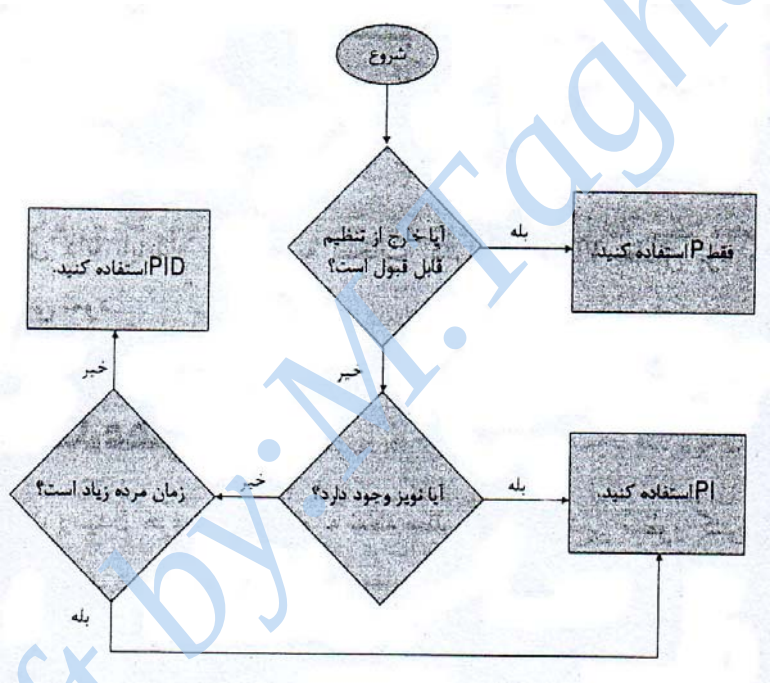

**(شکل ۲۱)**

در صورتی که از نقطه ای که بیشترین شیب را در روی منحنی پاسخ دارد ، خط مماسی به این منحنی رسم کنیم و محل برخورد این مماس با محور زمان را T و فاصله ی زمانی نقطه شیب حداکثر و نقطه T را $\tau$ بنامیم ، آنگاه اگر $\tau > T$ باشد ، وجود مشتق گیر در طرح کنترل کننده در اصلاح پاسخ ، مؤثر خواهد بود . معمولاً اگر $10 > \frac{\tau}{T}$ باشد ، از کنترل کننده نوع P و اگر ۱۰> $\frac{\tau}{T}$ >۵ باشد (که معمولاً درصد بالایی از فرآیندها این چنین اند) از کنترل کننده ی PI و اگر ۵> $\frac{\tau}{T}$ > ۲ باشد ، از کنترل کننده ی PID استفاده می شود . اگر ۲> $\frac{\tau}{T}$ >۱ باشد ، استفاده از کنترل کننده ی پیش تغذیه یا متوالی و در صورتی که ۱> $\frac{\tau}{T}$ باشد ، استفاده از کنترل کننده ی دیجیتالی توصیه می شود .

Draft by: M.Taghdis

حال با توجه به شکل پاسخ زمانی سیستم مبدل حرارتی (شکل۲۱) در صورتی که منظور استفاده از کنترل کننده ی کلاسیک باشد ، استفاده از کنترل کننده ی PID برای این سیستم توصیه می شود .

فلوچارت تعیین نوع کنترل کننده مطابق(شکل ۲۲ ) است .




**(شکل ۲۲ )**

در ادامه ، با موارد انتخاب کنترل کننده ها آشنا می شویم :

## موارد انتخاب کنترل کننده ی دو وضعیتی

اگر در کنترل فرآیندی ، وجود خطای همیشگی در یک باند اشکالی نداشته باشد ، می توانیم از کنترل کننده های دو وضعیتی استفاده کنیم .

Draft by:M.Taghdis

کنترل کننده دو وضعیتی ، یک کنترل کننده ی غیر خطی است و تحت شرایطی می تواند موجب بروز نوعی ناپایداری به نام سیکل حدی (Limit-Cycle) در حلقه کنترل شود . با وجود این در اکثر فرآیندهای صنعتی می توان بدون نگرانی از آن استفاده نمود

## موارد انتخاب کنترل کننده تناسبی

عیب عمده کنترل کننده های تناسبی ، وجود انحراف از تنظیم (آفست) در پاسخ ماندگار آنهاست و به همین دلیل معمولاً از آنها به تنهایی استفاده نمی شود . در موارد نادری که مقدار مطلوب ثابت است و فرآیند تحت اغتشاشهای شدید و مداوم نیست یا مقدار و محل ورود اغتشاشهای آن مشخص است می توان از کنترل کننده تناسبی بایاس دار استفاده نمود . با وجود این استفاده انفرادی از این کنترل کننده به ندرت مشاهده شده است . اساساً استفاده از کنترل کننده های تناسبی در فرآیندهایی با درجه بالاتر از یک ، معمول نیست .

## موارد انتخاب کنترل کننده های PI ، PD و PID

در جایی که اصطلاحاً خطای ماندگار در اولویت است باید از کنترل کننده ی PI استفاده کرد . با وجود این ، کنترل کننده ی PI به دلیل ایجاد تأخیر فاز به ناپایداری سیستم کمک می کند . در جایی که به افزایش سرعت پاسخ سیستم علاقه مند باشیم و عکس العمل سریع سیستم مهمتر از رفتارهای دیگر آن باشد ، از کنترل کننده ی PD استفاده می

Draft by: M. Taghdis

کنیم . در حالی که هم سرعت پاسخ دهی و هم اصلاح خطای ماندگار مورد نظر باشد باید از کنترل کننده ی PID استفاده شود .

در مورد فرآیندهای ذاتاً ناپایدار می توان به انتخاب کنترل کننده ی PD مطمئن بود و در مورد انتخاب کنترل کننده ی PID بررسی نمود .

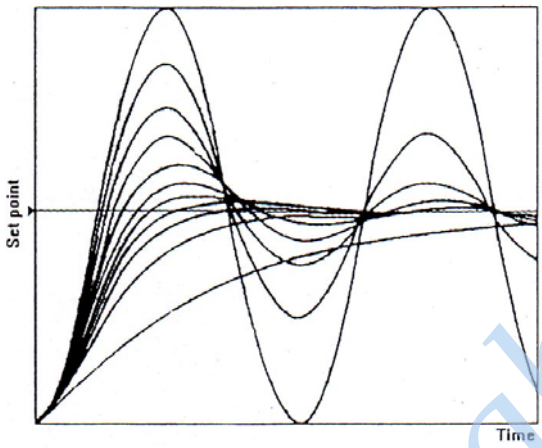
## تنظیم کنترل کننده های PID

هدف کنترل کننده ها ، رسیدن خروجی دستگاه به نقطه مطلوب است . بدین منظور کنترل کننده مقدار واقعی خروجی دستگاه را با ورودی مرجع (مقدار مطلوب) مقایسه ، انحراف از آن را تعیین و یک سیگنال کنترل را برای رساندن انحراف به صفر یا مقدار کوچک ایجاد می کند .

در یک کنترل کننده ، تعقیب نقطه مطلوب باید به گونه ای باشد که حالت گذرا و ماندگار مورد نظر برآورده شود . این امر ، بستگی به چگونگی تنظیم پارامترهای کنترل کننده دارد . اگر تنظیم به درستی انجام شده باشد ، خروجی دستگاه با سرعت مناسب و خطای ماندگار صفر یا ناچیز به نقطه مطلوب می رسد ؛ ولی اگر تنظیم به درستی صورت نگرفته باشد مشکلاتی نظیر فراجهش بیش از حد ، خطای حالت ماندگار ، کندی سیستم یا نوسانی شدن آن وجود خواهد داشت .

در شکل ۲۳ ، تأثیر مقادیر مختلف پارامترهای یک کنترل کننده ی نمونه در چگونگی تعقیب نقطه ی مطلوب نشان داده شده است .

Draft by:M.Taghdis




(شکل ۲۳ )

| کنترل کننده | $K_p$ | T | $T_d$ |
|---|---|---|---|
| P | $0.5\ K_0$ | | |
| PI | $0.45\ K_0$ | $0.825\ T_0$ | |
| PID | $0.6\ K_0$ | $0.5\ T_0$ | $0.125\ T_0$ |

(جدول ۳ )

Draft by:M.Taghdis

## معیارهای تنظیم کنترل کننده ها

تنظیم کنترل کننده ها براساس انتظاراتی که از حلقه کنترل داریم انجام می شود . این انتظارات از یک فرآیند به فرآیند دیگر تغییر می کنند ؛ به همین دلیل برای تنظیم کنترل کننده ها معیارهای مختلفی ارائه شده اند که می توان براساس نیاز و تجربه ی خود از آنها استفاده نمود.

انتخاب معیارها با توجه به اهمیتی که به نوع خطا داده می شود انجام می شود . به عنوان مثال، معیار (Integral Square Error) ISE یا انتگرال مربع خطا که به صورت رابطه ۱۱-۱۷ تعریف می شود روی خطاهای بزرگ تأکید دارد ، ضمن اینکه خطاهای مثبت و منفی به علت مجذور بودن خطا ، یکسان در نظر گرفته می شوند .

$$ISE \Rightarrow J_1 = \int_0^\infty e^2(t)dt \qquad (۱۱)$$

معیار انتگرال قدر مطلق خطا یا IAE (Integral Absolute Error) در مورد خطاهای مثبت و منفی ، تأکید یکسان دارد و به همین ترتیب در مورد خطاهای بزرگ و کوچک یکسان عمل می نماید .

$$IAE \Rightarrow J_2 = \int_0^\infty |e(t)|dt \qquad (۱۲)$$

به علت حالت گذرا ، خطا در ابتدای تغییرات بسیار است و عملکرد سیستم باید به طریقی باشد که پس از مدت کوتاهی خطا را به حداقل ممکن برساند . شاید با توجه به این مطلب ، معیارهای انتگرال زمان در مربع خطا (Integral Time

Draft by: M. Taghdis

Square Error – ITSE) و انتگرال زمان در قدر مطلق خطا (Integral Time Absolute Error – ITAE) که خطـا را

در زمانهای شروع بی اهمیت می دانند و تنها زمانی که خطا با گذشت زمان هم باقی مانده باشد روی ان تأکید می کننـد ،

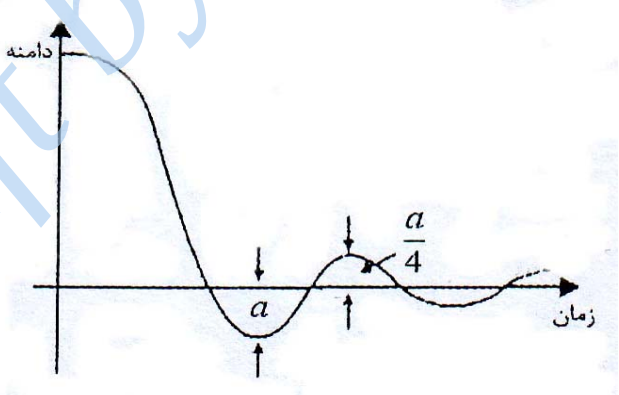
نتیجه ی منطقی تمایل به داشتن خطای کم در حالت دائمی باشد .

$$ITSE \Rightarrow J_3 = \int_0^\infty te^2(t)dt \qquad (۱۳)$$

$$ITAE \Rightarrow J_4 = \int_0^\infty t|e(t)|dt \qquad (۱۴)$$

ZN(Ziegler-Nichols) معیار دیگری است که تجربی می باشد دامنه هر جهـش را ، $\frac{1}{4}$ دامنـه ی جهـش پـیش از خـود

قرار می دهد (شکل ۲۴) .




**(شکل ٢٤)**

Draft by: M. Taghdis

منابع:


۱-کنترل صنعتی..... .....تالیف حجت سبزپوشان

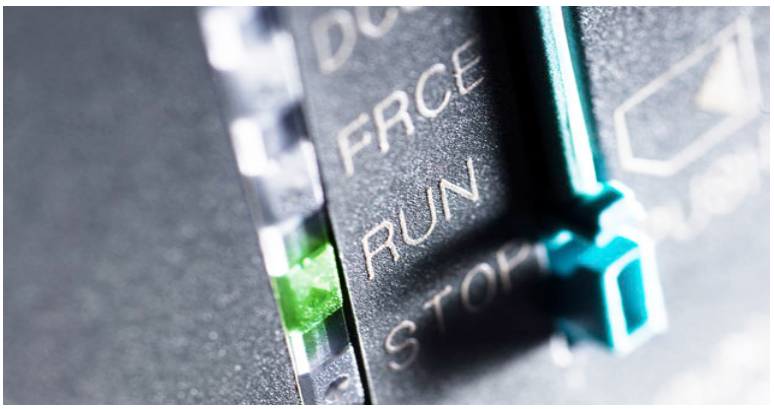
۲-ابزار دقیق وکنترل فرآیند.....تالیف محسن تقوی

۳-راهنمای جامع PLC.....تالیف سعید غریبی

۳-جزوه آموزشی LOGO..... احمد طهماسبی

۴- مرجع کامل PLC ،از مجموعه کتاب های مثلث نارنجی..... مهندس فرید قابوسی


Draft by:M.Taghdis




Draft by: M.Taghdis