

آموزش ۴ نوع

# PLC

در ۵ پروژه

• آشنایی با PLC های معروف:

Telemecanique, Mitsubishi  
Siemens, Sprecher+Schuh

• قابل استفاده برای همه کاربران غیر متخصص

• راهنمایی نصب، راه اندازی و رفع عیب

• حاوی صدها نکته کاربردی و عملی

تألیف: ناصر اسکندریان



بسم الله الرحمن الرحيم



آموزش چهار نوع

PLC

در پنج پروژه

مؤلف:

ناصر اسکندریان



کلیه حقوق چاپ و نشر این اثر برای ناشر محفوظ می باشد تکثیر تمام یا بخشی از این کتاب به صورت حروف چینی و چاپ مجدد، چاپ افست، پلی کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

اسکندریان ناصر، ۱۳۴۵  
آموزش چهار نوع PLC در پنج پروژه / تالیف ناصر اسکندریان  
تهران: بنفام، ۱۳۸۱.  
۲۰۸ ص. : مصور، جدول .

ISBN 964-7730-06-3

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا .  
۱. کنترل کننده های برنامه پذیر. ۲. طراحی منطقی الف . عنوان  
۵ الف ۹ / TJ۲۲۳  
۶۲۹/۸۹۵  
کتابخانه ملی ایران  
۳۴۲۵۰-۸۱م

**Plam**  
انتشارات بنفام

نام کتاب: آموزش چهار نوع PLC در پنج پروژه

مؤلف: ناصر اسکندریان

Benfampublisher@yahoo.com

ناشر: بنفام

نوبت چاپ: اول ۱۳۸۱

۳-۰۶-۷۷۳۰-۹۶۴ شابک

لیتوگرافی: مهران نگار

قیمت: ۱۵۰۰۰ ریال

چاپ: افرنگ

تیراژ: ۲۰۰۰ نسخه

مرکز فروش:

تهران - میدان انقلاب - روبروی سینما بهمن - خیابان منیری جاوید (اردیبهشت)

پلاک ۲۵۱ انتشارات شهید تلفن: ۶۹۵۵۳۰۷ - ۶۹۵۵۶۴۳ - ۶۹۵۲۶۵۸



**تقدیم** به یک نگاهت

شاید که از در لطف

در بزم **ماه رویان** مهمان خوانده باشم

السلام علیک یا بقیه .....۱



## مقدمه مؤلف

### «اطلب العلم من المهد الى الحد»

پیامبر اکرم (ص)

رشد سریع علوم فنی و مهندسی و تغییرات ماشین آلات و سیستمهای صنعتی را در پی داشته و صنایع به سمت اتوماسیون کامل پیش می‌روند. در این راستا آشنایی با تکنیکهای نوین و آموزش همگانی باید تداوم داشته و در برنامه ریزیها مد نظر قرار گیرد. اگر چه شناخت تکنولوژی‌های جدید برای مدیران، کارشناسان و... در صنعت یک کار پر زحمت و سخت جلوه می‌نماید ولی واقعیت این است که هر چه سیستم‌ها پیشرفته‌تر باشند کار با آنها راحت‌تر و یادگیری نحوه کار آنها آسان‌تر است. از این رو احساس نمودم که تجربه چند ساله کار با سیستم‌های کامپیوتری و PLCها و تدریس اصول کار آنها در صنعت و دانشگاه را در دو کتاب و یک دستگاه PLC آموزشی به دستداران علم و فن هدیه کنم. در این راه از کتابهای کاربردی و کاتالوگهای دستگاهها بهره‌جسته و تجربیات خویش را به آن اضافه نمودم. به این امید که شاید قدم کوچکی در راه سرافرازی میهن اسلامی مان برداشته شود.

در اینجا لازم می‌دانم که از تمامی کسانی که در اجرای این امر مرا یاری نموده‌اند قدردانی نمایم.

از خانواده گرامی ام به خاطر تحمل شرایط ایجاد شده

از جناب آقای حسن معماری به خاطر همکاری در طرح جلد و ترسیم شکلها

از سرکار خانم معماری به خاطر قبول زحمت حروفچینی کتاب

ناصر اسکندریان

آبان ماه ۱۳۸۱

# فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|-------|------|
|-------|------|

|               |   |
|---------------|---|
| پیشگفتار..... | ۱ |
|---------------|---|

## فصل اول: فرآیندهای صنعتی و کنترل آن ..... ۵

|                          |   |
|--------------------------|---|
| ۱-۱- فرآیند پیوسته ..... | ۶ |
|--------------------------|---|

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ۱-۲- فرآیند گسسته ..... | ۶ |
|-------------------------|---|

|                        |   |
|------------------------|---|
| ۱-۳- فرآیند مرکب ..... | ۷ |
|------------------------|---|

|                                                  |   |
|--------------------------------------------------|---|
| ۱-۴- کنترل توالی عملیات در فرآیندهای گسسته ..... | ۸ |
|--------------------------------------------------|---|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| ۱-۵- توصیف دنباله عملیات ..... | ۱۲ |
|--------------------------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| ۱-۶- دیاگرام نردبانی ..... | ۱۸ |
|----------------------------|----|

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| ۱-۷- سیستم بالابر (مثال)..... | ۲۲ |
|-------------------------------|----|

## فصل دوم: ساختار داخلی کنترل کننده‌های قابل برنامه ریزی ..... ۲۹

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ۲-۱- کنترل کننده‌های رله‌ای ..... | ۲۹ |
|-----------------------------------|----|

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| ۲-۲- کنترل کننده‌های قابل برنامه ریزی..... | ۳۰ |
|--------------------------------------------|----|

|                    |    |
|--------------------|----|
| ۲-۳- تاریخچه ..... | ۳۱ |
|--------------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| ۲-۴- ساختار کلی PLC ..... | ۳۲ |
|---------------------------|----|



|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| ۲-۵- حافظه‌ها .....                                   | ۳۵ |
| ۲-۶- ادوات و المانهای ورودی و خروجی و مدارهای آنها... | ۳۶ |
| ۲-۷- ادوات ورودی .....                                | ۳۷ |
| ۲-۸- ادوات خروجی .....                                | ۴۰ |
| ۲-۹- سیستم ویژه اپراتور .....                         | ۴۲ |
| ۲-۱۰- مدولهای ورودی .....                             | ۴۳ |
| ۲-۱۱- مدولهای خروجی .....                             | ۴۴ |
| ۲-۱۲- مدولهای ورودی و خروجی دور از PLC .....          | ۴۸ |
| ۲-۱۳- نحوه کار PLC .....                              | ۴۸ |
| ۲-۱۴- پردازش ورودی و خروجی .....                      | ۴۸ |
| ۲-۱۵- انواع PLC ها .....                              | ۵۱ |
| ۲-۱۵-۱- PLC های کوچک .....                            | ۵۱ |
| ۲-۱۵-۲- PLC های متوسط .....                           | ۵۱ |
| ۲-۱۵-۳- PLC های بزرگ .....                            | ۵۲ |

## فصل سوم: برنامه نویسی PLC .....

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| ۳-۱- توابع مورد استفاده در برنامه نویسی ..... | ۶۲ |
| ۳-۱-۱- تابع AND (سری) .....                   | ۶۲ |

|    |                                         |
|----|-----------------------------------------|
| ۶۳ | ۳-۱-۲- تابع <i>OR</i> (موازی)           |
| ۶۴ | ۳-۱-۳- تابع <i>OR</i> قبل از <i>AND</i> |
| ۶۵ | ۳-۱-۴- تابع <i>AND</i> قبل از <i>OR</i> |
| ۶۶ | ۳-۱-۵- تابع خود نگهدار                  |
| ۶۷ | ۳-۱-۶- تابع معکوس                       |
| ۶۸ | ۳-۲- توابع و امکانات پیشرفته تر         |
| ۶۸ | ۳-۲-۱- رله های داخلی                    |
| ۷۰ | ۳-۲-۲- فلیپ فلاپ                        |
| ۷۱ | ۳-۲-۳- تایمر                            |
| ۷۱ | ۳-۲-۳-۱- تأخیر بعد از روشن شدن          |
| ۷۲ | ۳-۲-۳-۲- تأخیر بعد از خاموشی            |
| ۷۴ | ۳-۳- شمارنده                            |
| ۷۷ | ۳-۳-۱- تک پالس                          |
| ۷۸ | ۳-۴- تابع دنباله ای ( <i>SFC</i> )      |

## فصل چهارم: پروژه حرارتی

|    |                  |
|----|------------------|
| ۸۳ | ۴-۱- توصیف پروژه |
|----|------------------|



|                               |    |
|-------------------------------|----|
| ۴-۲- تجهیزات .....            | ۸۴ |
| ۴-۳- مشخصات .....             | ۸۵ |
| ۴-۴- حل مسئله .....           | ۸۵ |
| ۴-۵- مدار اصلی .....          | ۸۶ |
| ۴-۶- پانل و تابلو .....       | ۸۶ |
| ۴-۷- مدار کنترل .....         | ۸۸ |
| ۴-۸- برنامه .....             | ۹۳ |
| ۴-۹- اجراء و راه اندازی ..... | ۹۸ |
| ۴-۱۰- مشابه سازی .....        | ۹۹ |

## فصل پنجم: پروژه آسیاب .....

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| ۵-۱- شرح پروژه .....  | ۱۰۱ |
| ۵-۲- تجهیزات .....    | ۱۰۱ |
| ۵-۳- مشخصات .....     | ۱۰۳ |
| ۵-۴- حل مسئله .....   | ۱۰۴ |
| ۵-۵- مدار اصلی .....  | ۱۰۴ |
| ۵-۶- مدار کنترل ..... | ۱۰۵ |

۵-۷- برنامه کنترل ..... ۱۰۸

۵-۸- اجراء و راه اندازی پروژه ..... ۱۱۵

### فصل ششم: پروژه آسانسور ..... ۱۱۷

۶-۱- توصیف پروژه ..... ۱۱۷

۶-۲- ادوات سیستم ..... ۱۱۷

۶-۳- مشخصات ..... ۱۱۹

۶-۴- حل مسئله ..... ۱۲۰

۶-۵- مدار اصلی ..... ۱۲۰

۶-۶- مدار کنترل ..... ۱۲۰

۶-۷- برنامه ..... ۱۲۵

### فصل هفتم: پروژه پارکینگ خودرو ..... ۱۳۵

۷-۱- توصیف پروژه ..... ۱۳۵

۷-۲- تجهیزات سیستم ..... ۱۳۶

۷-۳- مشخصات سیستم ..... ۱۳۶

۷-۴- حل مسئله ..... ۱۳۷



|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| ۷-۵- نقشه پنوماتیکی دستگاه .....                    | ۱۳۷ |
| ۷-۶- مدار کنترل .....                               | ۱۳۹ |
| ۷-۷- برنامه برای کنترل ورود و خروج .....            | ۱۴۴ |
| ۷-۷-۱- حل پروژه برای کنترل کننده شرکت Siemens ..... | ۱۴۴ |
| ۷-۷-۲- دیاگرام نردبانی پروژه با کنترل کننده شرکت    |     |
| Telemecanique .....                                 | ۱۴۸ |
| ۷-۸- پیام نما .....                                 | ۱۵۱ |

## فصل هشتم: پروژه جرثقیل سقفی .....

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| ۸-۱- توصیف پروژه .....                           | ۱۵۷ |
| ۸-۲- تجهیزات .....                               | ۱۵۸ |
| ۸-۳- مشخصات سیستم کنترل .....                    | ۱۵۸ |
| ۸-۴- حل مسئله .....                              | ۱۵۹ |
| ۸-۵- مدار اصلی .....                             | ۱۶۰ |
| ۸-۶- مدار کنترل .....                            | ۱۶۰ |
| ۸-۷- برنامه کنترل .....                          | ۱۶۳ |
| ۸-۷-۱- دیاگرام نردبانی کنترل کننده FX-48MR ..... | ۱۶۵ |
| ۸-۷-۲- دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت             |     |
| Sprecher+Schuh .....                             | ۱۷۱ |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| فصل نهم: نصب، راه اندازی، رفع عیب PLC | ۱۷۷ |
| ۹-۱- نصب PLC                          | ۱۷۷ |
| ۹-۱-۱- حفاظت فیزیکی                   | ۱۷۷ |
| ۹-۱-۲- حرارت محیط                     | ۱۷۸ |
| ۹-۱-۳- تداخل مغناطیسی                 | ۱۷۹ |
| ۹-۱-۴- سیم کشی                        | ۱۷۹ |
| ۹-۱-۵- گسترش                          | ۱۸۰ |
| ۹-۱-۶- اتصالات سیم‌های بیرونی         | ۱۸۰ |
| ۹-۲- ایمنی                            | ۱۸۱ |
| ۹-۳- اتصال وسایل ایمنی                | ۱۸۲ |
| ۹-۴- دوری از عیبهای ورودی             | ۱۸۳ |
| ۹-۵- مستند سازی                       | ۱۸۵ |
| ۹-۶- مقدمات تست دستگاه                | ۱۸۶ |
| ۹-۷- بازیابی عملیات                   | ۱۸۷ |
| ۹-۸- آزمون نهایی                      | ۱۹۰ |
| ۹-۹- عیب یابی                         | ۱۹۱ |
| ۹-۱۰- راه اندازی دستی                 | ۱۹۸ |



## پیشگفتار

پیشرفت روشهای تولیدی و تغییر الگوها در کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری، اتوماسیون در تمام سطوح تولید یک محصول را طلب می‌نماید. یکی از اجزای مهم در ایجاد اتوماسیون در یک خط تولید، وجود کنترل‌کننده‌هایی است که دارای خواصی چون، راحتی برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیری بالا، قابلیت اعتماد زیاد، تطابق سریع و آسان با دیگر سیستمها و... باشند.

مسلماً این نوع کنترل‌کننده‌ها می‌بایست ساختار سخت‌افزاری قابل انتخاب، همراه با یک محیط برنامه‌نویسی داشته باشند به همین سبب در ساختار داخلی آنها باید حداقل از یک پردازشگر<sup>(۱)</sup> بهره‌گرفته شود.

در هر مسیر تولیدی یک سری عملیات به صورت پشت سر هم و طی یک توالی خاص باید انجام گیرد تا محصول نهایی درست و قابل استفاده باشد. به عبارت دیگر یک مسیر و یا خط تولیدی به هماهنگی و نظم خاص نیازمند است و یک شخص و یا یک دستگاه و یا مجموعه‌ای از دستگاهها این وظیفه را باید به عهده بگیرند.

مسلماً وقتی از اتوماسیون صحبت به عمل می‌آید این کار باید توسط ماشین انجام شود. از جمله بالامی‌توان به این نتیجه ساده رسید که این ماشین به قدرت محاسباتی<sup>(۲)</sup> بالا نیازی ندارد ولی قدرت انجام عملیات منطقی<sup>(۳)</sup> آن باید زیاد باشد. در بکارگیری کنترل‌کننده‌های صنعتی باید به این نکته توجه نمود که هر چه

1- Processor

2- Aritmatic

3- Logic

استفاده کننده به تخصص کمتری نیاز داشته باشد آن کنترل کننده مناسب تر است. راحتی تعمیر و نگهداری، شناسایی و تشخیص سریع عیب و بالاخره کم بودن قیمت از جمله مواردی هستند که باید مد نظر قرار گیرند.

امروزه در صنایع تولیدی از کنترل کننده های قابل برنامه ریزی منطقی<sup>(۱)</sup> (PLC) برای برآوردن تمامی خواسته های ذکر شده استفاده می شود و کاهش قیمت سخت افزار کامپیوتر خود عامل بسیار مهمی در گسترش سریع تر این کنترل کننده هاست. برای آشنایی کلی با این نوع کنترل کننده ها چند سؤال طرح و به هر یک پاسخ داده می شود.

#### ۱- کنترل کننده قابل برنامه ریزی PLC چیست؟

PLC یک کنترل کننده ساخته شده با میکروپرسور است که بر مبنای برنامه موجود در حافظه و با توجه به اطلاعات ورودی یک سری خروجی ها را فعال و یا غیر فعال می نماید. برنامه شامل یک سری دستورالعملهایی است که رفتار کنترل کننده را مشخص می نماید.

#### ۲- آیا PLC همه نوع پارامترها را می تواند کنترل نماید؟

بلی - در نوع کوچک PLC ها، این امکان کمتر است ولی در PLC های متوسط و بزرگ تمامی پارامترها قابل کنترل هستند.

### ۳- مزایای PLC چیست؟

انعطاف پذیری، قابلیت اعتماد بالا، کوچک بودن، نصب آسان و سریع، نگهداری راحت، ارزانی.

### ۴- آیا همه PLC ها مشابه اند؟

اساساً همه PLC ها با اصول ثابتی برنامه ریزی می شوند. تنها تفاوت آنها فرم نمایش علائم آنهاست.

### ۵- آیا PLC ها می توانند جایگزین کنتاکتورها شوند؟

خیر - PLC فقط فرمان المانهای قدرت مثل کنتاکتور و یا شیرهای برقی را صادر می نماید.

### ۶- مهمترین فرق PLC و یک کامپیوتر خانگی در چیست؟

PLC ها از لحاظ ساختار داخلی شباهت زیادی به کامپیوترهای خانگی دارند ولی حساسیت آنها در مقابل سیگنالهای ناخواسته (نویز) بسیار کم می باشد. در این کتاب هدف، آشنایی خواننده با PLC ها و نحوه برنامه ریزی آن می باشد. مطالب کتاب به گونه ای طرح شده اند که مطالعه آنها به تخصص چندانی نیاز ندارد. توالی مطالب به گونه ای است که در انتها خواننده قادر خواهد بود که برای یک سیستم صنعتی هر چند گسترده، یک PLC مناسب انتخاب و برای آن برنامه لازم را تهیه نماید.

در فصل اول اصول بکارگیری و نحوه طراحی یک کنترل کننده مورد بررسی قرار می گیرد. در فصل دوم ساختار داخلی PLC تشریح شده و علائم و استانداردهای کلی



در طرح کنترل کننده بیان می شود. در فصل سوم نحوه برنامه ریزی PLC بر اساس ۴ نوع PLC معروف دنیا گفته می شود. از فصل چهارم تا هشتم ۵ پروژه کاربردی به صورت تکاملی به همراه نحوه برنامه نویسی تشریح می گردد. در فصل نهم یک سری نکات کاربردی برای نصب، راه اندازی و رفع عیب PLC ها توضیح داده می شود. مطالعه فصل نهم را برای همه ضروری می دانیم و آن را توصیه می کنیم. در هر فصل با یکسری مثالهای ساده سعی شده است که مفاهیم اساسی به آسانی بیان شوند.

به کسانی که برای اولین بار می خواهند با PLC آشنا شوند توصیه می شود که از ۴ نوع PLC تنها یک نوع را انتخاب نموده و تمام علائم و استانداردهای آن نوع را یاد گیرند. در این کتاب از دو مقوله اصلی آنالوگ و دیجیتال تنها به PLC های با کاربری دیجیتال (گسسته) توجه شده است. در جلد دوم این کتاب تحت عنوان آموزش پیشرفته PLC، شبکه های PLC به همراه PLC های با کاربری آنالوگ و توابع خاص چون، کنترل PID، کنترل موقعیت، مقایسه کننده های آنالوگ مد نظر قرار گرفته که به یاری خداوند به زودی به بازار عرضه می شود.

همراه با این دو کتاب یک سیستم آموزشی طراحی و ساخته شده که هم اکنون توسط نگارنده در مرحله تولید انبوه است. برای تهیه این سیستم، دانشگاهها، مراکز آموزشی و شرکتهای تولیدی و یا... می توانند با مؤلف تماس حاصل نمایند. به این امید که مورد استفاده همکاران و دانشجویان و متخصصین صنایع واقع شود.

## فصل اول

### فرآیندهای<sup>(۱)</sup> صنعتی و کنترل آن

تمام فرآیندهای صنعتی به سه دسته تقسیم می شوند:

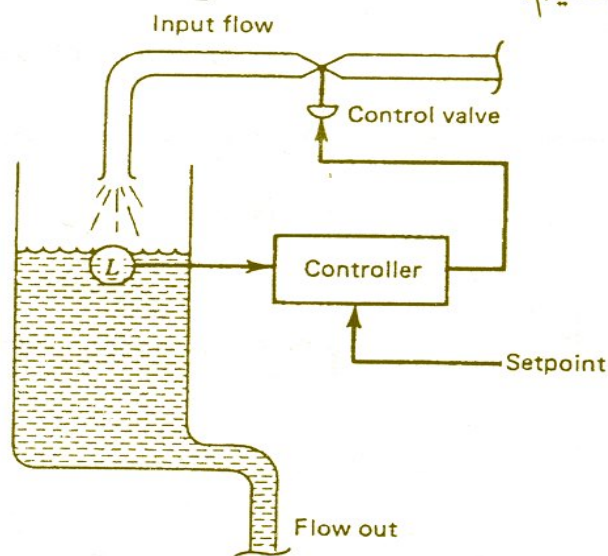
الف) فرآیندهای پیوسته<sup>(۲)</sup>

ب) فرآیندهای گسسته<sup>(۳)</sup>

ج) فرآیندهای مرکب<sup>(۴)</sup>

در این فصل با مثالهایی ساده این فرآیندها را تشریح نموده و جایگاه *PLC* در

کنترل آنها را بیان می نمائیم.



شکل (۱-۱) فرآیند پیوسته کنترل سطح

1- Process

2- Continuous

3- Discrete

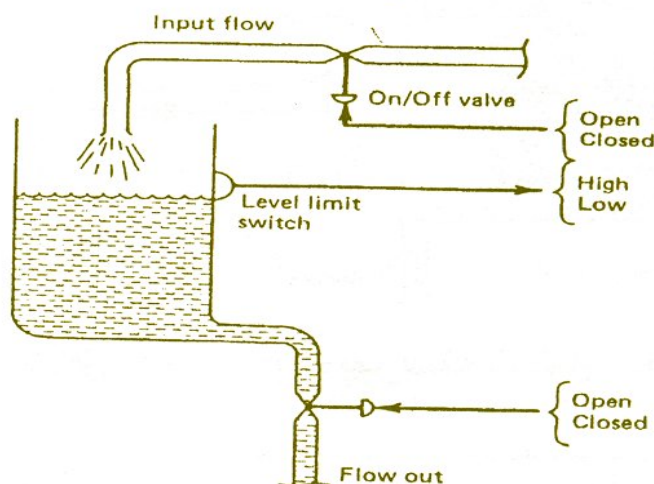
4- Composit

## ۱-۱- فرآیند پیوسته

به عنوان مثال به سطح مایع در داخل یک مخزن توجه نمائید شکل (۱-۱). یک نمونه از یک سیستم پیوسته می باشد. در این فرآیند مایع بطور دائمی از مخزن خارج شده و برای آنکه دبی آن ثابت باشد لازم است که سطح مایع در یک میزان مشخص ثابت نگه داشته شود. بر این اساس کنترل کننده استفاده شده در سیستم، یک کنترل کننده آنالوگ یا پیوسته بوده و دائماً در حال کار است و بر مبنای سطح آب داخل مخزن فرمان لازم را برای شیر صادر می کند. جالب است که در این فرآیند شیر ورودی نیز یک شیر قابل تنظیم بوده و دبی مایع را می توان توسط شیر در هر مقدار دلخواه تنظیم نمود. میزان سطح مایع به عنوان ورودی به کنترل کننده داده شده و کنترل کننده سعی می کند که سطح مخزن را همیشه در این مقدار ثابت نگه دارد.

## ۱-۲- فرآیند گسسته

در شکل (۱-۲) فرآیند کنترل سطح مایع به صورت گسسته دیده می شود. اگر چه در این فرآیند ظاهراً اصول کار با شکل (۱-۲) مشابه است ولی روند کنترل و کاربرد



شکل (۱-۲) فرآیند کنترل گسسته سطح



این فرآیند با فرآیند قبلی کاملاً متفاوت می باشد. در این فرآیند دبی خروجی هرگز نمی تواند ثابت باشد چرا که بلافاصله پس از باز شدن شیر خروجی سطح مایع تغییر می نماید. برای آنکه سطح مایع به میزان مشخص برسد باید:

۱- شیر خروجی بسته شود.

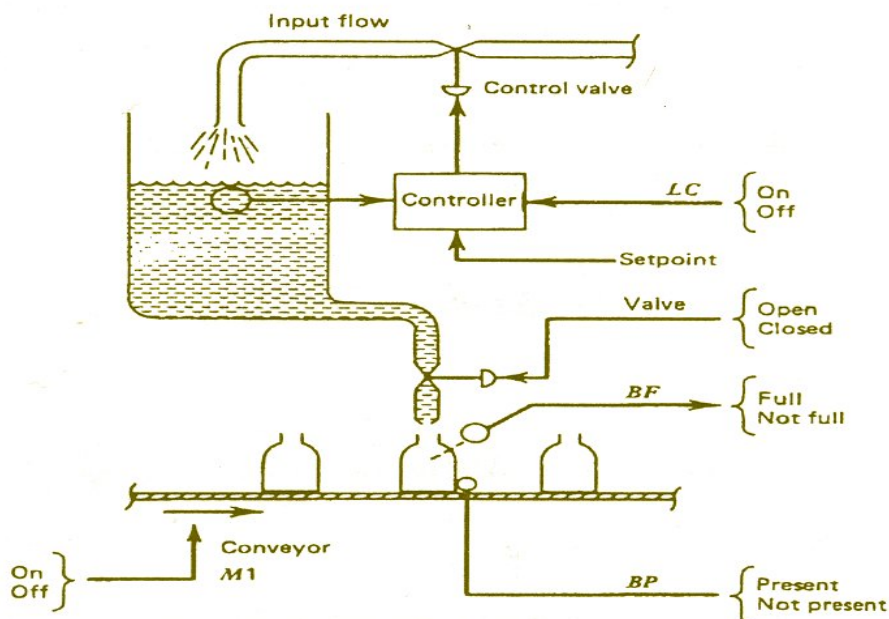
۲- شیر ورودی باز شده تا اینکه مخزن تا حد معین پر شود.

۳- شیر ورودی بسته شود.

نکته حائز اهمیت در این فرآیند دو وضعیتی بودن حالت های اجزای سیستم است. شیرهای ورودی و خروجی و سنسور اندازه گیری سطح هر یک دارای وضعیت باز یا بسته و یا پرو خالی می باشند.

### ۳-۱- فرآیند مرکب

در شکل (۳-۱) شمای کلی از یک ماشین بطری پرکن آمده است. این فرآیند یک فرآیند مرکب می باشد که در آن هم عملیات های گسسته و هم عملیات پیوسته وجود

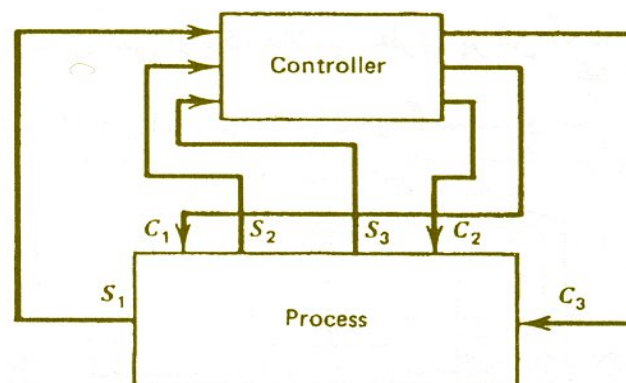


شکل (۳-۱) فرآیند مرکب

دارند. زیر فرآیندهایی چون حرکت تسمه نقاله، خروج مایع گسسته بوده و زیر فرآیند کنترل سطح مایع، پیوسته می باشد.

نکته اساسی و مهم در این است که هر زیر فرآیند پیوسته می تواند در حالت کلی به فرم گسسته در نظر گرفته شود. برای مثال کنترل کننده سطح مایع عملکرد پیوسته دارد. ولی این کنترل کننده وقتی روشن باشد می تواند عملکرد پیوسته داشته باشد بنابراین برای آن می توان دو وضعیت *on / off* در نظر گرفت.

در کنترل توالی عملیات در یک سیستم هر زیر فرآیند خواه پیوسته و خواه گسسته توسط کنترل کننده به صورت گسسته در نظر گرفته می شود. بنابراین برای هر عملیات در کنترل کننده فقط دو حالت تعریف می گردد. این دو حالت شامل موارد خاموش یا روشن، گرم یا سرد، بالا یا پائین، باز یا بسته و به زبان کامپیوتری 0 یا 1 است.



شکل (۴-۱) سیستم صنعتی با کنترل کننده

#### ۴-۱- کنترل توالی عملیات در فرآیندهای گسسته

شکل (۴-۱) ساختار کلی در یک سیستم تولیدی را نمایش می دهد. فرض کنید که کنترل کننده سه اطلاعات  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  را از سیستم دریافت و فرمانهای  $C_1$  و  $C_2$  و

$C_3$  را صادر می‌کند. برای این سیستم می‌توان یک بردار حالت بصورت بردار  $V$

$$V = (S_1, S_2, S_3, C_1, C_2, C_3) \quad (1-1)$$

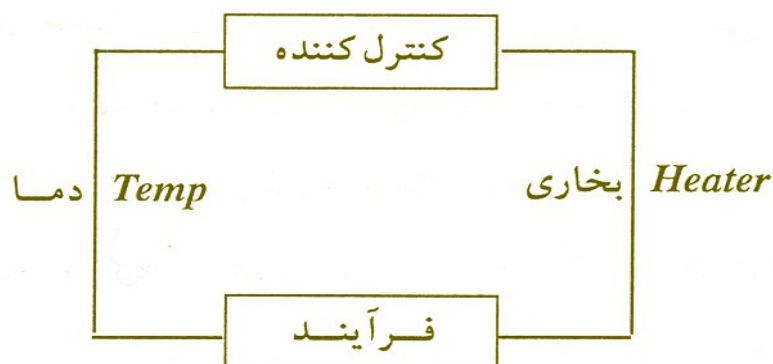
تعریف نمود. در این بردار حالت هر یک از متغیرها دو وضعیت دارد. بنابراین

$2^6 = 64$  بردار حالت مختلف برای سیستم قابل تعریف است.

مسلماً تمامی ۶۴ حالت در سیستم قابل دستیابی نیست از این تعداد تنها چند

حالت و آن هم طی یک دنباله خاص در سیستم قابل تحقق است برای مثال یک

فرآیند کنترل دما را مدل می‌نمائیم.



شکل (۱-۵) سیستم کنترل دما

بردار حالت شامل دو پارامتر می‌باشد. بنابراین چهار بردار مختلف خواهیم

داشت.

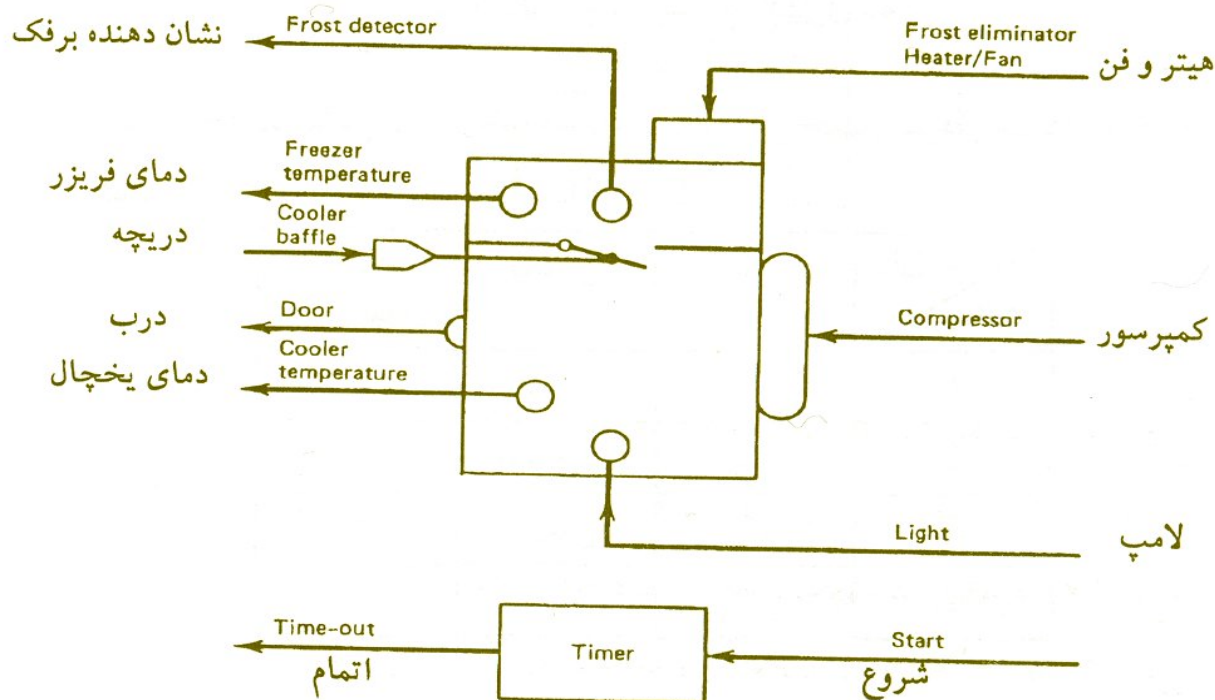
| حالت \ پارامتر | دما   | بخاری | حالت‌های قابل قبول |
|----------------|-------|-------|--------------------|
| 1              | بالا  | روشن  |                    |
| 2              | بالا  | خاموش | *                  |
| 3              | پائین | روشن  | *                  |
| 4              | پائین | خاموش |                    |

شکل (۱-۶) بردارهای حالت سیستم کنترل دما



از چهار حالت مختلف تنها دو حالت، در سیستم باید اتفاق افتد تا کار کنترل به درستی انجام گردد. اگر دما بالا باشد باید بخاری خاموش و اگر دما پائین باشد باید بخاری روشن گردد. برای طراحی یک کنترل کننده مناسب در یک سیستم اولین قدم شناخت کامل از سیستم و نحوه انجام عملیات می باشد.

قدم دوم تعیین ورودی ها و خروجی های کنترل کننده و رابطه بین آنهاست. یک فرد طراح برای طراحی کنترل کننده باید با تمام اجزای سیستم به طور کامل آشنا باشد به طوری که بتواند به آسانی ورودی ها و خروجی ها را مشخص و معین نماید. به منظور آشنایی بیشتر به یک مثال ساده توجه نمائید. فرض کنید که برای یک دستگاه یخچال فریزر بدون برفک، می خواهیم یک کنترل کننده طراحی کنیم شکل (۷-۱) ساختار کلی از این سیستم را نمایش می دهد. کنترل کننده باید یکسری اطلاعات را از سیستم دریافت نموده و بر مبنای آن فرمانهایی را صادر نماید.



شکل (۷-۱) ساختار کلی سیستم یخچال فریزر

ورودی‌ها و خروجی‌های کنترل‌کننده بشرح ذیل می‌باشند:

### ● ورودی‌ها

- ۱- وضعیت درب (بسته یا باز)
- ۲- دمای یخچال (بالا یا پائین)
- ۳- دمای فریزر (بالا یا پائین)
- ۴- تایمر واحد حذف برفک (فعال / غیر فعال)
- ۵- کلید برق اصلی (قطع یا وصل)
- ۶- سنسور تشخیص برفک (فعال یا غیر فعال)

### ● خروجی‌ها

- ۱- لامپ داخل یخچال (روشن یا خاموش)
- ۲- کمپرسور (روشن یا خاموش)
- ۳- تحریک تایمر حذف برفک (شروع یا خاتمه)
- ۴- فن و هیتر حذف‌کننده برفک (خاموش یا روشن)
- ۵- دریچه بین یخچال و فریزر (باز یا بسته)

همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود میران تبادل دما بین یخچال و فریزر توسط یک دریچه قابل کنترل می‌باشد. با توجه به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها بردار حالت برای این سیستم ۱۱ عضو دارد. بنابراین کل حالت‌های ممکن  $2^{11} = 2048$  حالت خواهد بود. از این تعداد حالت فقط چند حالت خاص آن هم طی یک دنباله می‌تواند در سیستم اتفاق افتد. دنباله مورد نیاز به فرم زیر است:

- الف) اگر درب باز شد لامپ روشن شود.
- ب) اگر دمای یخچال بالاست و سیستم حذف برفک خاموش است کمپرسور روشن شده، دریچه بین یخچال و فریزر باز شده تا دما پائین بیاید.
- ج) اگر دمای فریزر بالا است و سیستم حذف برفک خاموش است کمپرسور روشن شده تا دما پائین بیاید.
- د) اگر سنسور تشخیص برفک فعال است تایمر شروع به کار نموده کمپرسور خاموش شده و فن و هیتر حذف کننده برفک روشن شوند تا زمان تایمر به انتها برسد.
- واقعه (الف) با هر یک از دیگر وقایع، می تواند بطور همزمان رخ دهد. وقایع (ب) و (ج) می توانند بطور موازی اجرا شوند و واقعه (د) حتماً باید بعد از (ب) یا (ج) انجام شود.
- در سیستمهای گسترده بیان صحیح دنباله عملیات در طراحی درست کنترل کننده نقش اساسی دارد.

## ۵-۱- توصیف دنباله عملیات

بعد از تعیین ورودی ها و خروجی ها برای طراحی یک کنترل کننده باید ارتباط بین ورودی ها و خروجی ها مشخص گردد و برای انجام این امر لازم است که توالی و دنباله عملیات اجرایی سیستم مشخص شود.

نکته اساسی در کنترل سیستمهای صنعتی، گستره عملکرد سنسورهای موجود در آن است از آنجا که سنسورهای بکار گرفته شده در فرآیندهای گسسته از نوع دو وضعیتی هستند، گستره عملکرد آنها بسیار ناچیز است. به عنوان مثال در یک مخزن ذخیره اگر سنسور از نوع دو وضعیتی باشد گستره عملکرد آن خیلی کم و اگر از نوع



سطح سنج آلتراسونیک<sup>(۱)</sup> باشد گستره عملکرد آن بسیار وسیع خواهد بود چرا که در حالت اول سنسور تنها دو اطلاعات در اختیار کنترل کننده قرار می دهد. در حالی که در حالت دوم سنسور بسته به دقت سنسور اطلاعات بسیار زیادی در اختیار کنترل کننده قرار می دهد. (مثلاً اطلاعات سطح مخزن ده متری با دقت ۱cm در اختیار ما قرار می گیرد)

محدود بودن بازه عملکرد سنسورها باعث می شود که سیستمهای کنترل مربوطه نیاز به فاز آماده سازی<sup>(۲)</sup> اولیه داشته باشند. در فاز آماده سازی اولیه که فقط یک بار پس از روشن شدن کلی سیستم اجرا می شود سیستم به یکسری نقاط از پیش تعریف شده می رود و از آنجا خود را شناخته و شروع به کار می نماید. به عنوان مثال یک آسانسور پس از روشن شدن برای اولین بار به پائین ترین طبقه رفته و از آنجا کار خود را شروع می کند و یا در یک چاپگر سوزنی، پس از روشن شدن، سوزن به انتهایی ترین نقطه چپ چاپگر رفته و از آنجا کار را شروع می نماید. اگر بخواهیم کمی پیشرفته تر به موضوع اشاره کنیم باید بگوییم هر چه میزان فیدبک<sup>(۳)</sup> از سیستم دقیق تر باشد به فاز آماده سازی کمتر نیاز است.

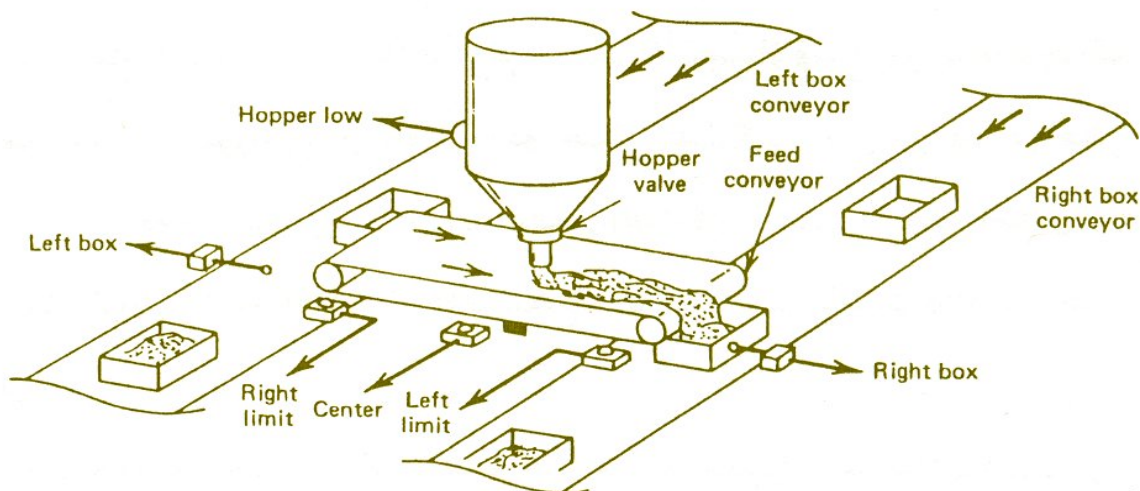
برای آشنایی بیشتر به یک مثال توجه نمائید.

شکل (۸-۱) یک سیستم را که جهت پر نمودن جعبه ها از مواد موجود در سیلو بکار می رود را نشان می دهد. دو تسمه نقاله در طرفین کار جابجایی جعبه ها و تسمه نقاله میانی کار حمل مواد را انجام می دهد. وجود جعبه در سمت راست با سنسور

1- Ultrasonic level meter

2- Initialization phase

3- Feed back



شکل (۸-۱) فرآیند گسسته

*Right Box* یا *RB* و وجود جعبه در سمت چپ با *Left Box* یا *LB* مشخص می شود موقعیت راست و چپ و وسط تسمه نقاله میانی با *Right Limit* یا *RL* و *Left Limit* یا *LL* و *Center* یا *CN* مشخص می گردد.

وجود یا عدم وجود مواد توسط سنسور *Hopper Law* یا *HL* مشخص می گردد. بنابراین در قدم اول طراحی کنترل کننده باید ورودی ها و خروجی ها را تعیین نماییم.

### ● ورودی ها

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| ۱- سنسور <i>RB</i> | ۲- سنسور <i>LB</i> |
| ۳- سنسور <i>RL</i> | ۴- سنسور <i>LL</i> |
| ۵- سنسور <i>CN</i> | ۶- سنسور <i>HL</i> |

### ● خروجی ها

- ۱- شیر سولنوئید سیلو

۲- موتور چپگرد تسمه نقاله میانی

۳- موتور راستگرد تسمه نقاله میانی

۴- موتور تسمه نقاله راست

۵- موتور تسمه نقاله چپ

پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها برای توصیف دنباله اجرایی ابتدا باید فاز آماده سازی تشریح شود.

### ● فاز آماده سازی

*A* - همه موتورهای و شیر سولنوئید خاموش

*B* - سنسور *RL* را چک کن

*B-۱* - اگر فعال بود به *C* برو

*B-۲* - اگر نه موتور راست گرد تسمه نقاله میانی را روشن کن

*B-۳* - سنسور *RL* را چک کن

*a* - اگر فعال بود به *C* برو

*b* - اگر نه به *B-۳* برو

*C* - موتور راستگرد را خاموش و موتور چپگرد را روشن کن

*D* - سنسور *CN* را چک کن

*D-۱* - اگر فعال بود به *E* برو

*D-۲* - اگر فعال نبود به *D* برو

*E* - شیر سیلو را باز کن

*F* - سنسور *LL* را چک کن

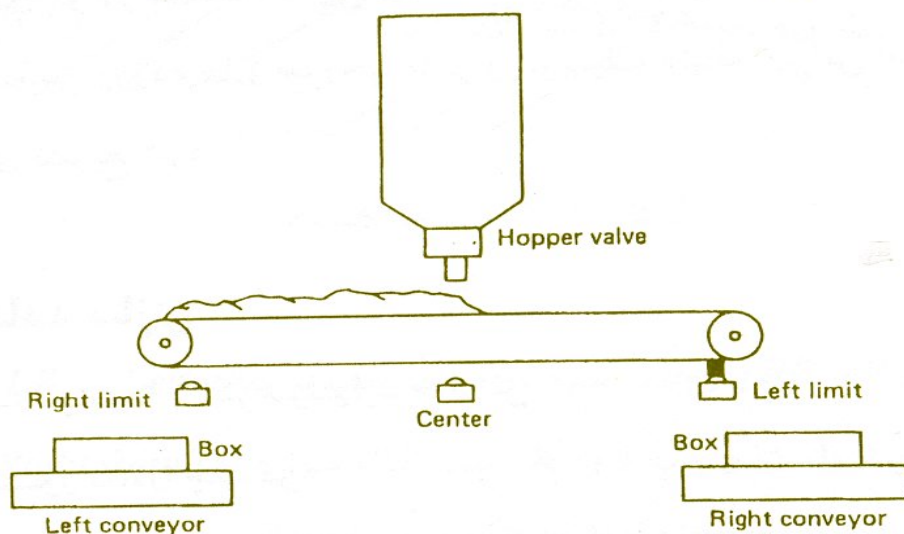


۱-  $F$  - اگر فعال بود به  $G$  برو

۲-  $F$  - اگر فعال نبود به  $F$  برو

$G$  - همه موتورهای خاموش و شیر سولنوئید را قطع کن

$H$  - به فاز اجرا برو



شکل (۹-۱) اتمام فاز آماده سازی

در این شرایط سیستم خود را شناخته و آماده انجام فاز اجرایی می باشد.

### ● فاز اجرایی

$A$  - تسمه نقاله سمت راست را روشن کن

$B$  - سنسور  $RB$  را چک کن

۱-  $B$  - اگر فعال شده بود به  $C$  برو

۲-  $B$  - اگر فعال نشده بود به  $B$  برو

$C$  - موتور راستگرد تسمه نقاله میانی را روشن کن

*D* - سوئیچ *CN* را چک کن

*D-۱* - اگر فعال بود به *E* برو

*D-۲* - اگر فعال نبود به *D* برو

*E* - شیر سولنوئید سیلو را باز کن

*F* - سوئیچ *RL* را چک کن

*F-۱* - اگر فعال بود به *G* برو

*F-۲* - اگر فعال نبود به *F* برو

*G* - شیر سولنوئید سیلو را قطع کن و تسمه نقاله میانی را خاموش کن

*H* - تسمه نقاله سمت چپ را روشن کن

*I* - سوئیچ *LB* را چک کن

*I-۱* - اگر فعال بود به *J* برو

*I-۲* - اگر فعال نبود به *I* برو

*J* - موتور چپگرد تسمه نقاله میانی را روشن کن

*K* - سوئیچ *CN* را چک کن

*K-۱* - اگر فعال بود به *L* برو

*K-۲* - اگر فعال نبود به *K* برو

*L* - شیر سولنوئید سیلو را باز کن

*M* - سوئیچ *LL* را چک کن

*M-۱* - اگر فعال بود به *A* برو

*M-۲* - اگر فعال نبود به *M* برو

(فکر می‌کنید اگر سیستم کمی گسترده‌تر بود بیان فاز آماده سازی و اجرایی چه

مقدار گسترده می‌شد؟)

شاید به نظر آید که برای بیان دنباله کنترلی و یا به عبارت دیگر ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از فلوچارت استفاده نمائیم اما برای سیستمهای گسترده استفاده از فلوچارت نیز غیر ممکن است. استفاده از بردار حالت و اعداد باینری نیز در فرآیندهای بزرگ غیر عملی است.

## ۶-۱- دیاگرام نردبانی<sup>(۱)</sup>

برای بیان رویه اجرای فرآیند یک روش فراگیر وجود دارد که با استفاده از یکسری علائم و شماتیکهای خاص به آسانی قابل بکارگیری است. در این روش بر اساس دنباله عملیاتی، یکسری ارتباطهای سخت‌افزاری بین ورودی‌ها و خروجی‌ها ایجاد می‌شود که البته در PLC‌های امروزی این ارتباطهای سخت‌افزاری به سمبل‌های نرم‌افزاری تبدیل شده است.

ارتباطهای سخت‌افزاری بین ورودی و خروجی از ولتاژ تغذیه در یک جهت شروع و در جهت دیگر به ولتاژ صفر ختم می‌گردد. به عبارت دیگر در دیاگرام نردبانی دو مسیر اصلی عمودی وجود دارد که یکی به تغذیه اصلی و دیگری به ولتاژ صفر متصل است. این دو مسیر اصلی توسط یکسری شاخه‌های افقی به هم ارتباط دارند که هر یک رانگ<sup>(۲)</sup> نامیده می‌شوند. هر رانگ از یکسری سوئیچ‌ها و یا المانهای ورودی شروع شده و به یک یا چند خروجی یا رله داخلی<sup>(۳)</sup> ختم می‌گردد هر رانگ ممکن است از چند شاخه موازی و یا چند المان سری تشکیل شده باشد.

1- Ladder diagram

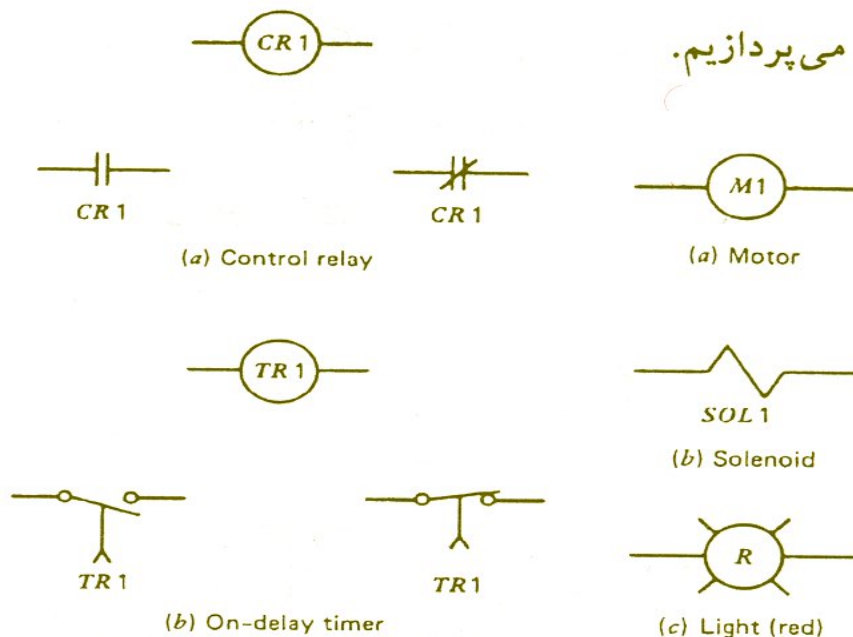
2- Rung

3- Internal relay



برای معرفی بیشتر دیاگرام نردبانی، به معرفی سمبل‌ها و علائم مورد استفاده در

دیاگرام نردبانی می‌پردازیم.



شکل (۱-۱۱) سمبل نمایش خروجی‌ها-شکل (۱-۱۰) سمبل نمایش رله و تایمر

## ● رله‌ها

بوبین رله‌ها با یک دایره نمایش داده شده همانند  $CR_1$  که دارای تیغه‌های عادی باز<sup>(۱)</sup>  $NO$  و یا عادی بسته<sup>(۲)</sup>  $NC$  که با همان شماره و عنوان نامگذاری می‌شوند. همچنین برای نمایش بوبین رله‌های تأخیری<sup>(۳)</sup> از دایره استفاده می‌شود تیغه‌های آن نیز با سمبل‌های نمایش داده شده در شکل (۱-۱۰) و با همان نام بکارگرفته می‌شود.

## ● موتورها - سولنوئیدها و لامپها

سمبل نمایش هر یک از خروجی‌های موتور، سولنوئید و لامپ در شکل (۱-۱۱) آمده است. برای موتورها از حرف  $M$  و یک عدد استفاده می‌شود. برای سولنوئیدها

1- Normally Open

2- Normally Closed

3- Time delay Relay

از حروف SOL و یک عدد برای نمایش لامپها معمولاً رنگ آنها در داخل دایره ذکر می‌گردد.



a) Push-button switches



b) Limit switches



c) Pressure limit switches



d) Temperature limit switches



e) Level limit switches

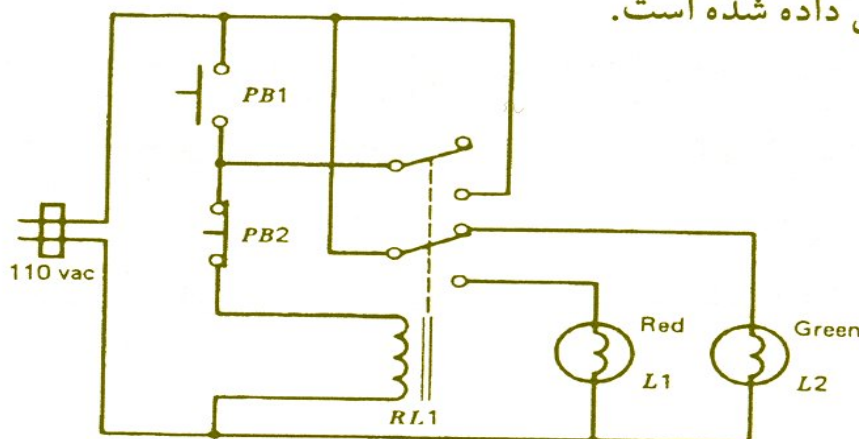
شکل (۱۲-۱) سمبل نمایش سوئیچ‌های حدی

## ● سوئیچ‌ها

یکی از مهمترین عناصر یک سیستم کنترلی سوئیچ‌ها هستند که هر یک از آنها دو حالت می‌توانند داشته باشند. یا *NO* هستند و یا *NC*. در شکل (۱۲-۱) از مورد *a* تا *e* انواع مختلف سوئیچ‌ها نمایش داده شده که هر یک از آنها هم حالت *NO* دارند و هم حالت *NC*. مورد *a* معمولاً سوئیچ‌های فشاری روی تابلوی فرمان را تشکیل می‌دهند. مورد *b* سوئیچ‌های حدی ساده بوده که کاربرد عام دارند. مورد *c* سوئیچ‌های الکتریکی هستند که با فشار محیط تغییر حالت می‌دهند.

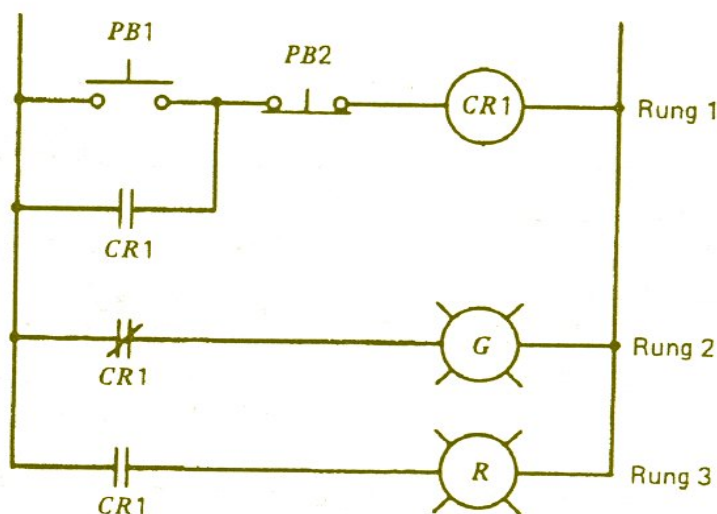
مورد *d* سوئیچ‌های حرارتی و مورد *e* سوئیچ‌های کنترل سطح می‌باشند. برای

آشنایی بیشتر با موضوع به شکل (۱-۱۳) توجه نمائید. در شکل یک رله با مدار خود نگهدار نمایش داده شده است.



شکل (۱-۱۳) مدار رله با تیغه خود نگه دار

سوئیچ  $PB1$  مربوط به راه اندازی رله می باشد و پس از راه اندازی رله در حالت جدید فعال باقی می ماند تا اینکه سوئیچ  $PB2$  فشرده شود. وقتی رله فعال نیست لامپ سبز روشن و وقتی رله فعال می شود لامپ قرمز روشن می شود. اگر بخواهیم مدار فوق را به صورت دیاگرام نردبانی نمایش دهیم شکل (۱-۱۴) را خواهیم داشت.



شکل (۱-۱۴) دیاگرام نردبانی رله با تیغه خود نگه دار

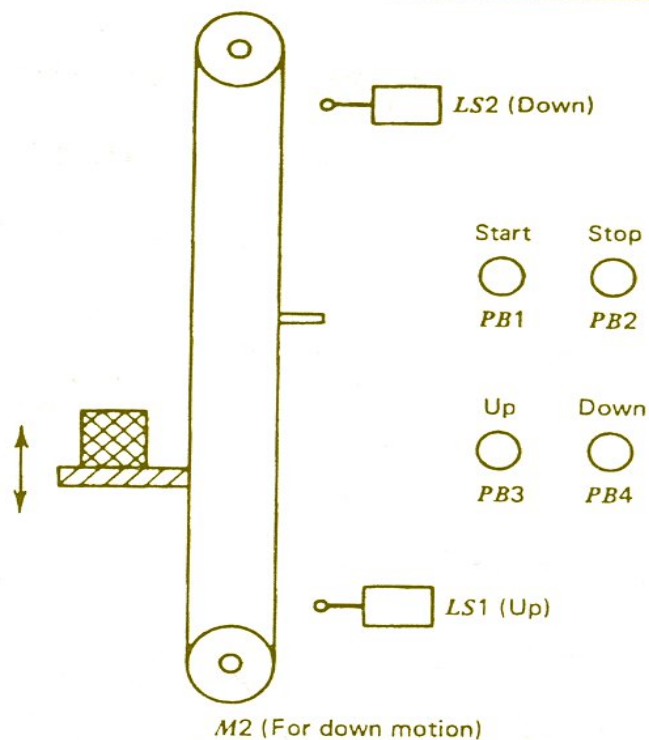


بد نیست که این جمله را مجدداً بیان کنیم دیاگرام نردبانی از دو خط موازی که در واقع مشابه دو پایه نردبان می‌باشند تشکیل شده است که در بیان سخت‌افزاری یکی از دو خط تغذیه صفر و دیگر تغذیه اصلی می‌باشد. برای مثال در سیستمهای 24 ولتی یکی از خطوط صفر ولت و دیگر ۲۴ خواهد بود. هر یک از خطوط افقی رانگ<sup>(۱)</sup> نامیده می‌شود. معمولاً هر رانگ از یکسری ورودی‌ها شروع و به خروجی‌ها ختم می‌گردد. معمولاً توالی قرار گرفتن رانگها با توالی عملیات کنترل فرآیند یکی است.

دیاگرام نردبانی شکل (۱۴-۱) دارای سه رانگ می‌باشد. در رانگ اول پس از فشرده شدن  $PB_1$  رله  $CR_1$  فعال شده و در این شرایط باقی می‌ماند چرا که کنتاکت عادی باز  $CR_1$  با سوئیچ  $PB_1$  موازی شده است. در صورتی که  $PB_2$  فشرده شود  $CR_1$  غیر فعال خواهد شد. در رانگ دوم کنتاکت عادی بسته  $CR_1$  برای تغذیه لامپ سبز رنگ به کار گرفته شده است. در رانگ سوم کنتاکت عادی باز رله  $CR_1$  جهت فرمان به لامپ قرمز رنگ به کار گرفته شده است. به منظور آشنایی بیشتر با نحوه طراحی یک کنترل کننده برای سیستم به مثال بالا بر توجه نمائید.

## ۷-۱- سیستم بالابر

مطلوبست طرح یک کنترل کننده برای سیستم نمایش داده شده در شکل (۱۵-۱) بطوری که با فشردن سوئیچ فشاری  $PB_1$  بالابر روشن شده و آماده کار گردد. سوئیچ  $PB_3$  و  $PB_4$  به ترتیب برای فرمانها *Up* و *Down* می‌باشد و با فشردن سوئیچ  $PB_2$  سیستم خاموش گردد.



شکل (۱-۱۵) سیستم بالابر

در اولین قدم می‌بایست ورودی‌ها و خروجی‌ها مشخص گردند.

### ● ورودی‌ها

- ۱- سوئیچ فشاری *PB1* برای *Start*
- ۲- سوئیچ فشاری *PB2* برای *Stop*
- ۳- سوئیچ فشاری *PB3* برای حرکت بالا
- ۴- سوئیچ فشاری *PB4* برای حرکت پایین
- ۵- سوئیچ حدی *LS1* برای حد حرکت بالا
- ۶- سوئیچ حدی *LS2* برای حد حرکت پایین

## ● خروجی‌ها

۱- موتور  $M_1$  برای حرکت بالا

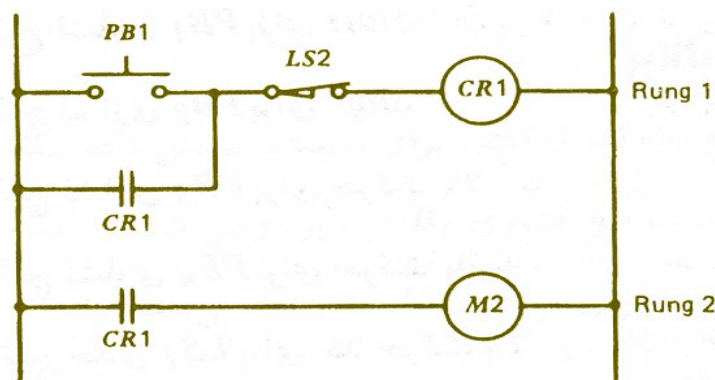
۲- موتور  $M_2$  برای حرکت پائین

## ● تعیین دنباله کنترلی

هنگامی که  $PB_1$  یا  $Start$  فشرده می‌شود بالا بر باید در حالت پائین قرار گیرد. وقتی  $PB_2$  یا  $Stop$  فشرده می‌شود بالا بر در همان شرایط باقی می‌ماند. با فشردن  $PB_3$  یا  $Up$  بالا بر باید تا حد  $LS_1$  بالا برود و وقتی  $PB_4$  فشرده شد بالا بر باید تا حد  $LS_2$  پائین بیاید. هنگامی که موتور  $M_1$  روشن است حتماً باید موتور  $M_2$  خاموش باشد و هنگامی که موتور  $M_2$  روشن است موتور  $M_1$  باید خاموش باشد.

## ● فاز آماده سازی

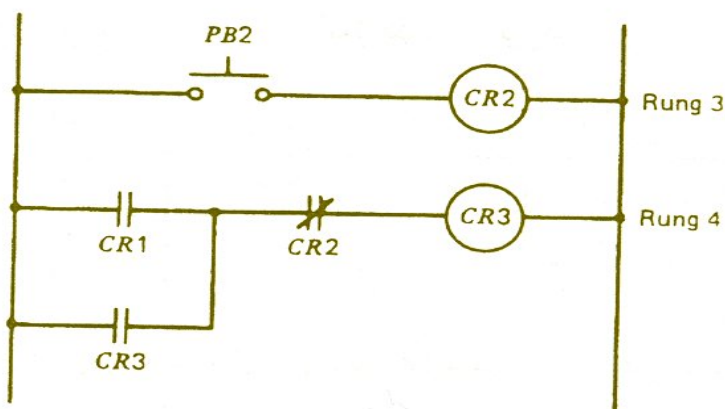
شکل (۱-۱۶) دیاگرام نردبانی مربوط به سیستم را در مرحله آماده سازی نمایش می‌دهد که مرکب از دو رانگ می‌باشد.



شکل (۱-۱۶) فاز آماده سازی سیستم بالا بر



در رانگ اول پس از فشردن سوئیچ  $PB_1$ ،  $CR_1$  فعال شده و تا زمانی که  $LS_2$  فعال نشود است  $CR_1$  فعال باقی می ماند چرا که تیغه  $CR_1$  با سوئیچ  $PB_1$  موازی شده است. از تیغه دیگر  $CR_1$  جهت راه اندازی  $M_2$  استفاده شده است.



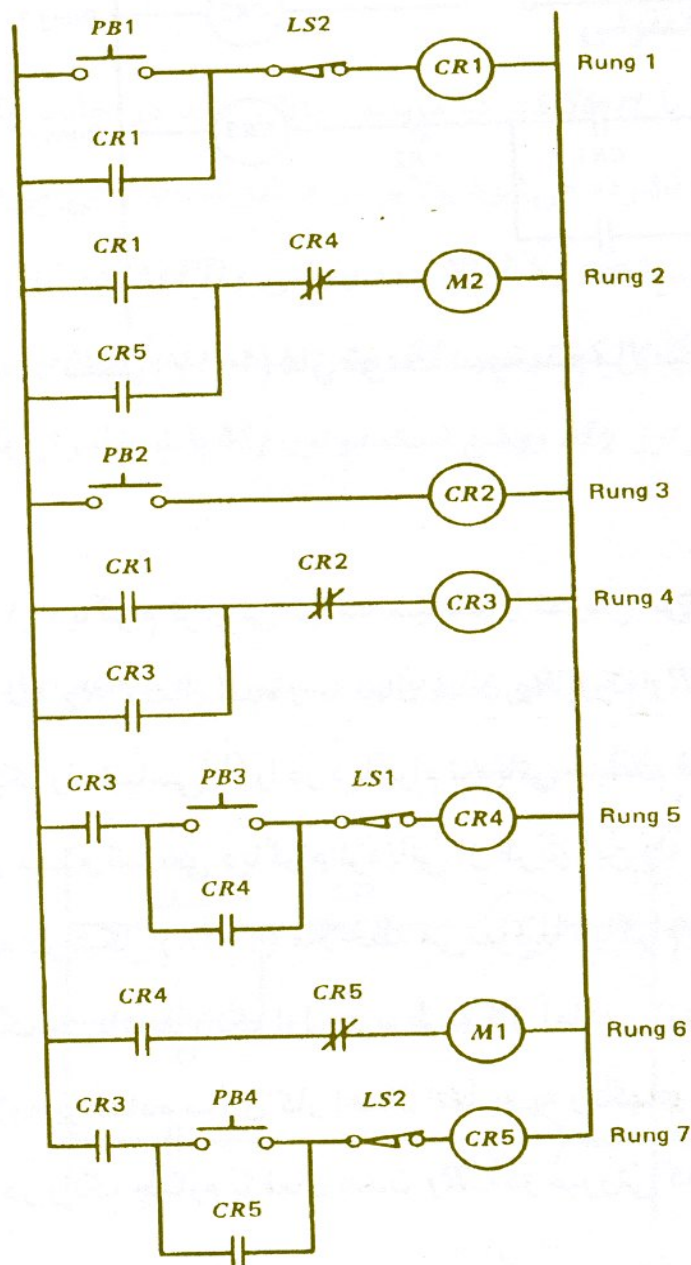
شکل (۱۷-۱) فاز توقف سیستم بالابر

## ● فاز توقف

شکل (۱۷-۱) دیاگرام نردبانی توقف سیستم را نمایش می دهد. با فشردن  $PB_2$  در رانگ شماره سه  $CR_2$  فعال شده و با فعال شدن  $CR_2$  رله  $CR_3$  غیر فعال می گردد. رله  $CR_3$  نقش یک رله اساسی<sup>(۱)</sup> را در دیاگرام نردبانی سیستم فوق داراست و در واقع تغذیه بخشهای مهم و اساسی دیاگرام نردبانی از طریق این رله تأمین می شود.

همانگونه که در شکل (۱۸-۱) ملاحظه می نمائید دیاگرام نردبانی سیستم بالابر شامل هفت رانگ می باشد. رانگ اول مربوط به فاز آماده سازی اولیه بوده با فعال شدن  $CR_1$  علاوه بر آماده سازی کار اعمال تغذیه به رانگهای حساس دیاگرام نیز انجام می شود در رانگ چهارم با فعال شدن  $CR_1$  در صورتی که  $CR_2$  فعال نباشد رله

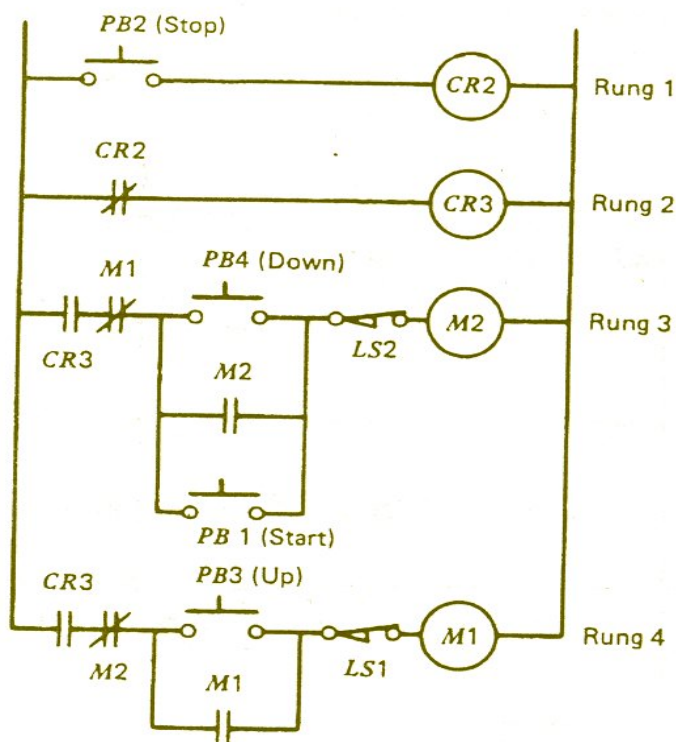
$CR_3$  فعال می‌شود و همانطوری که قبلاً توضیح داده شد  $CR_3$  رله اساسی به شمار می‌آید. رانگ دوم مربوط به حرکت پائین بوده و موتور  $M_2$  را تغذیه می‌کند. این رانگ یا توسط  $CR_1$  و یا  $CR_5$  فعال می‌گردد. رانگ سوم مربوط به عملیات توقف یا Stop می‌باشد رانگ پنجم مربوط به عملیات بالا رفتن می‌باشد.



شکل (۱۸-۱) دیاگرام نردبانی کامل سیستم بالابر

همانگونه که در رانگ ششم ملاحظه می‌نمائید با فعال شدن  $CR_4$  در صورتی که  $CR_5$  فعال نباشد موتور  $M_1$  تحریک شده و حرکت بالا رفتن انجام می‌شود. حرکت بالا تا موقع فعال شدن  $LS_1$  ادامه می‌یابد و بالاخره در رانگ هفتم عملیات حرکت پائین آمدن کنترل می‌شود. با فشردن  $PB_4$  در صورتی که  $CR_3$  فعال باشد تا زمانی که  $LS_2$  فعال نشده باشد  $CR_5$  فعال باقی می‌ماند و عمل پائین آمدن انجام می‌شود.

نکته اساسی و مهم در دیاگرام نردبانی شکل (۱-۱۸) خروجی‌هایی  $M_1$  و  $M_2$  هستند. خروجی‌های  $M_1$  و  $M_2$  خود رله بوده و برای راه اندازی موتور از یک تیغه این رله‌ها استفاده می‌شود. از تیغه‌های اضافی این رله‌ها می‌توان در ساده نمودن دیاگرام نردبانی استفاده نمود. شکل (۱-۱۹) دیاگرام نردبانی ساده شده سیستم بالابر را نمایش می‌دهد.

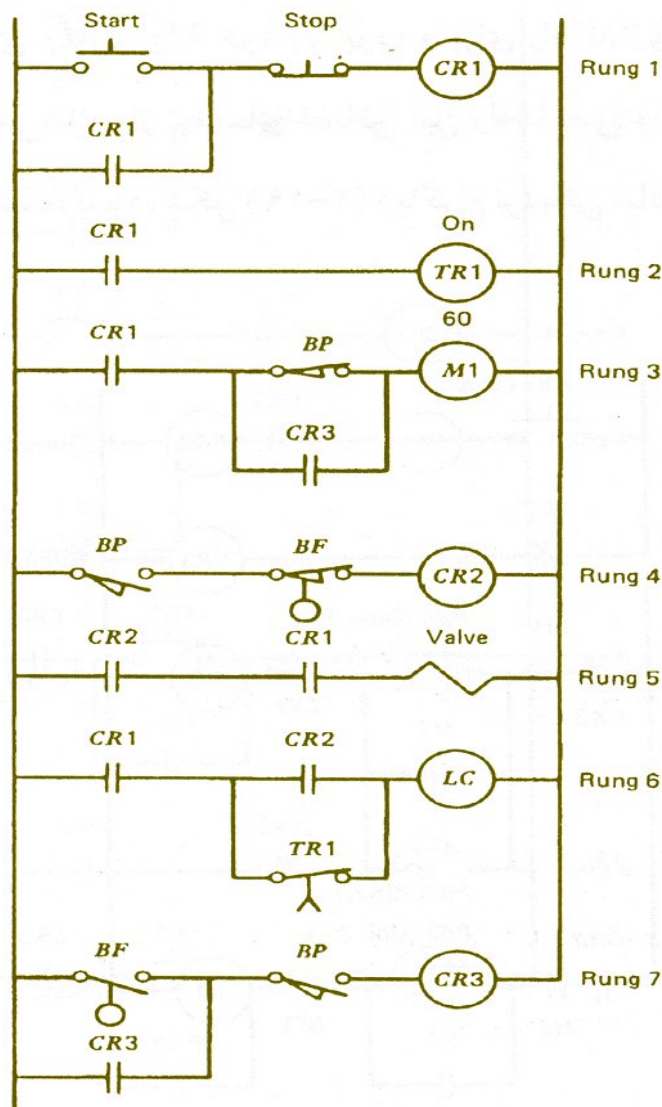


شکل (۱-۱۹) دیاگرام نردبانی ساده شده سیستم بالابر



در شکل (۱-۳) یک سیستم تولیدی پر کردن بطری از مایع داخل مخزن نمایش داده شده است. با فرض اینکه وقتی سیستم کنترل سطح خاموش است شیر ورودی کاملاً بسته باشد و زمان لازم برای پر نمودن کامل مخزن در مرحله آماده سازی یک دقیقه باشد دیاگرام نردبانی آن همان شکل (۱-۲۰) خواهد بود. در این دیاگرام فرض بر این است که تمام سوئیچ‌ها دارای دو کنتاکت عادی باز و عادی و بسته هستند و برای ایجاد فرمانهای عادی باز از روی عادی بسته و برعکس نیازی به رله اضافی

نیست.



شکل (۱-۲۰) دیاگرام نردبانی سیستم شکل (۱-۳)

## فصل دوم

### ساختار داخلی کنترل کننده‌های قابل برنامه ریزی

در فصل گذشته در مورد نحوه طراحی کنترل کننده برای یک پروسه صنعتی مطالبی ارائه شد و در انتها برای دو سیستم ساده دیاگرام نردبانی طرح گردید. حال این سؤال پیش می‌آید که چگونه می‌توان دیاگرام نردبانی طرح شده را ساخت؟ در پاسخ باید گفت که به دو روش می‌توان دیاگرام نردبانی را ایجاد نموده و از آن استفاده نمود.

۱- کنترل کننده‌های رله‌ای<sup>(۱)</sup>

۲- کنترل کننده قابل برنامه ریزی<sup>(۲)</sup>

#### ۱-۲- کنترل کننده‌های رله‌ای

یکی از راههای ساخت یک کنترل کننده برای فرآیندهای گسسته استفاده از رله‌ها در یک مدار که بر اساس دیاگرام نردبانی مورد نظر با هم مرتبط هستند می‌باشد. در واقع اولین روش برای ایجاد کنترل فرآیندها این روش بوده که هنوز هم در موارد زیادی بکار گرفته می‌شود. از مزایای این نوع کنترل کننده‌ها، حساسیت کم آنها در مقابل سیگنالهای ناخواسته یا نویز است ولی از معایب آنها می‌توان به سرعت کم،



حجم زیاد، نگهداری مشکل، عدم انعطاف پذیری و عدم امکان تغییر دیاگرام در سیستمهای گسترده و عدم برخورداری از توابع خاص اشاره نمود.

هزینه بسیار بالای ایجاد دیاگرام نردبانی با استفاده از رله‌ها از دیگر عوامل مهم در عدم استفاده از این نوع کنترل کننده‌ها در سیستم‌های امروزی است. به عنوان مثال برای حفظ یک بیت اطلاعات که دارای دو وضعیت صفر و یک می‌باشد به حداقل یک رله نیاز است. در صورتی که میلیون‌ها بیت اطلاعات در یک IC که میزان مصرف آن از یک رله هم کمتر است قابل ذخیره سازی است. ضمن اینکه اطلاعات موجود در رله در صورت قطع برق از بین رفته ولی اطلاعات موجود در نوعی IC حافظه در صورت قطع برق از بین نرفته و برای مدت زیادی قابل دسترسی باقی می‌ماند.

در کنترل کننده‌های رله‌ای قدیمی از رله‌ها جهت ضبط و یا تکرار اطلاعات در حجم بسیار زیاد که اصطلاحاً *Patch-Panel* نامیده می‌شود استفاده می‌شده است. نمونه‌ای از این حافظه‌های رله‌ای در مراکز بین شهری تلفن‌های غیر دیجیتال یافت می‌شود.

## ۲-۲- کنترل کننده‌های قابل برنامه ریزی

روش امروزی برای ساخت کنترل کننده فرآیند گسسته استفاده از سیستمهای کامپیوتری که اصطلاحاً *PLC*<sup>(۱)</sup> نامیده می‌شود می‌باشد. تکامل کنترل کننده‌های رله‌ای به کنترل کننده‌های کامپیوتری به دلایل زیر رخ داده است.



- ۱- پارامترها و متغیرهای ورودی و خروجی در کنترل گسسته طبیعت باینری<sup>(۱)</sup> (دو وضعیتی) دارند.
- ۲- تمام دیاگرامهای نردبانی قابلیت تبدیل به نرم افزار را داشته از این رو حجم سخت افزار به مراتب کاهش می یابد.
- ۳- تغییر برنامه بسیار آسان و تقریباً بدون هزینه انجام می پذیرد.
- ۴- توابع خاص همچون تایمرها، شمارنده ها، مقایسه کننده ها و... در نرم افزار به سادگی ایجاد می شوند.
- ۵- گسترش صنعت نیمه هادیها و ساخت المانهای نوری<sup>(۲)</sup> و تریستور<sup>(۳)</sup> و تریاک<sup>(۴)</sup> باعث انتقال ساده تر فرمان به سیستمهای قدرت و کاهش بیشتر حجم مدولهای خروجی می گردد.

### ۳-۲- تاریخچه

در سال ۱۹۶۸ اندیشه ساخت کنترل کننده های فرآیند گسسته در کارخانجات موتور سازی جنرالز موتور آمریکا مطرح و ۱۹۶۸ اولین کنترل کننده با ۱۲۸ ورودی و خروجی ساخته شد. در سال ۱۹۷۷ اولین کنترل کننده PLC بر مبنای میکروپروسورها به بازار آمد و روز به روز به وسعت و دامنه کاربرد آن افزوده شد تا اینکه در سال ۱۹۸۵ شبکه های PLC مطرح و در کارخانجات صنعتی به کار گرفته شد و تاکنون نیز این تحولات ادامه داشته و دارد. هم اکنون کمتر کارخانه ای یافت می شود

1- Binary

2- Opto Devices

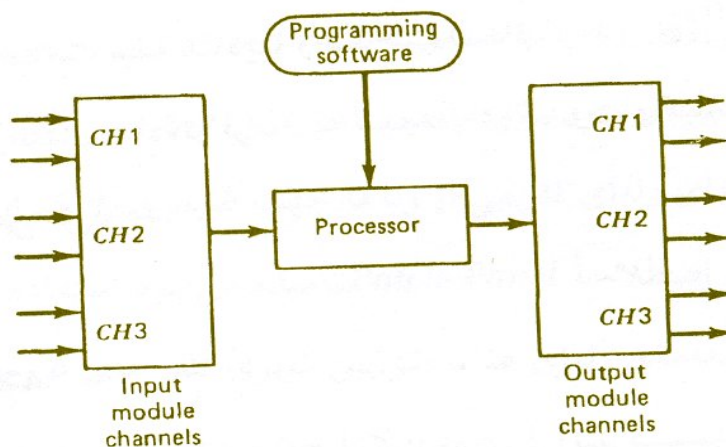
3- Thyristor

4- TRIAC

که در آن از PLC استفاده نشده باشد.

#### ۲-۴- ساختار کلی PLC

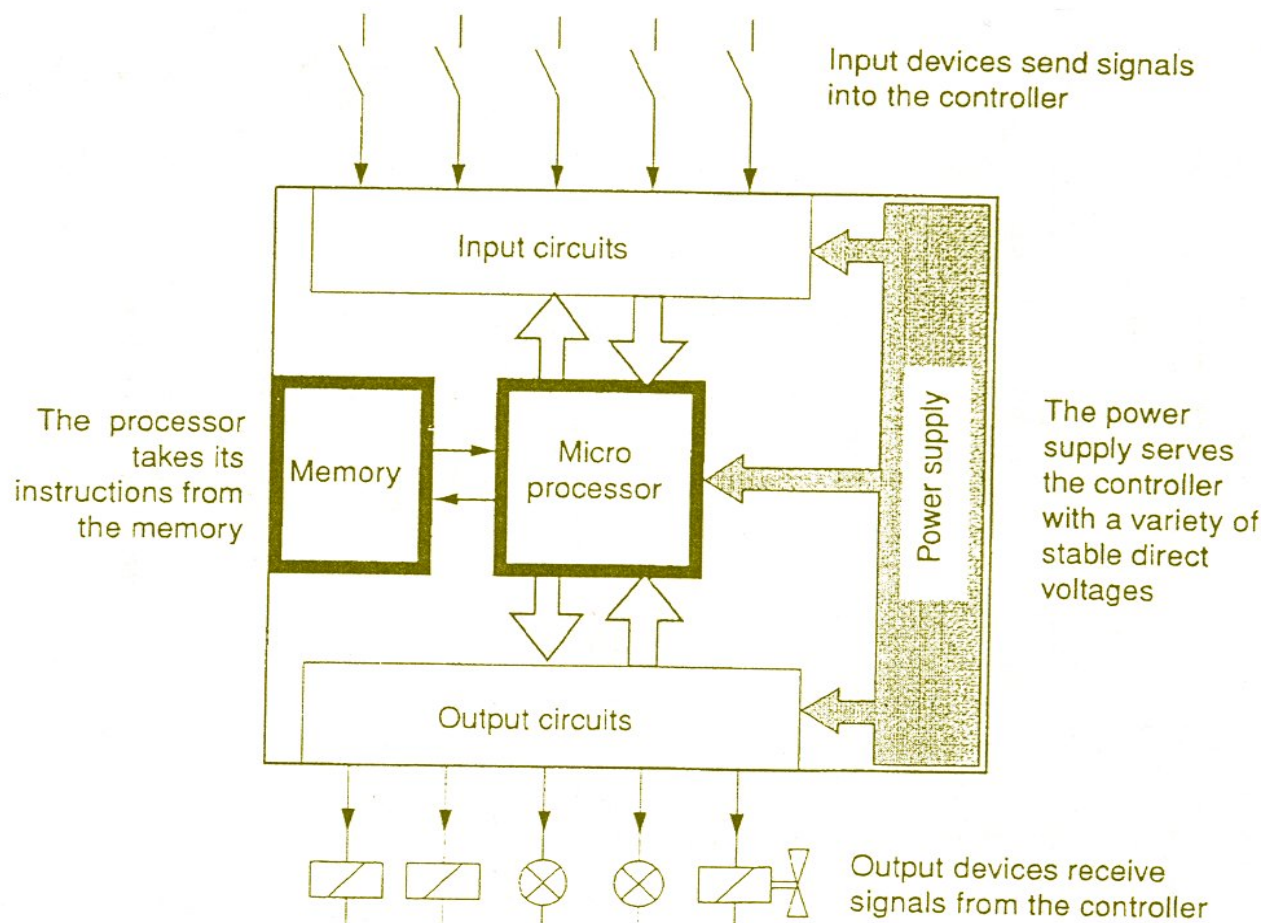
شکل (۲-۱) ساختار PLC را نمایش می‌دهد. مهمترین جزء این سیستم پردازشگر<sup>(۱)</sup> آن می‌باشد. ورودی‌ها از طریق مدولهای<sup>(۲)</sup> ورودی به پروسسور رسیده و بر مبنای نرم‌افزار موجود در حافظه PLC فرمانهای لازم جهت فعال و یا غیر فعال شدن به مدولهای خروجی ارسال می‌گردد.



شکل (۲-۱) ساختار کلی PLC

شکل (۲-۲) ساختار داخلی یک PLC را با جزئیات بیشتری نمایش می‌دهد. سیگنالهای ورودی از سوئیچ‌ها، آشکار سازها، سنسورها به واحد ورودی متصل می‌گردند. وسایل خروجی همانند رله‌ها، شیرهای برقی و نمایشگرهای موجود در دستگاه به واحد خروجی متصل می‌شوند.





شکل (۲-۲) ساختار داخلی یک PLC

میکروپروسسور دستورالعمل را از واحد حافظه دریافت می‌کند و بر مبنای ورودی‌ها یکسری خروجی‌ها را فعال و یا غیر فعال می‌نماید. منبع تغذیه<sup>(۱)</sup> وظیفه تأمین یک ولتاژ پایدار برای تمام اجزاء PLC را بر عهده دارد. شکل (۲-۳) جزئیات دقیق‌تری از یک PLC را مشخص می‌نماید. همانند تمامی سیستم‌های کامپیوتری در یک PLC نیز سه نوع گذرگاه<sup>(۲)</sup> وجود دارد. گذرگاه اطلاعات<sup>(۳)</sup>، گذرگاه آدرس<sup>(۴)</sup>،

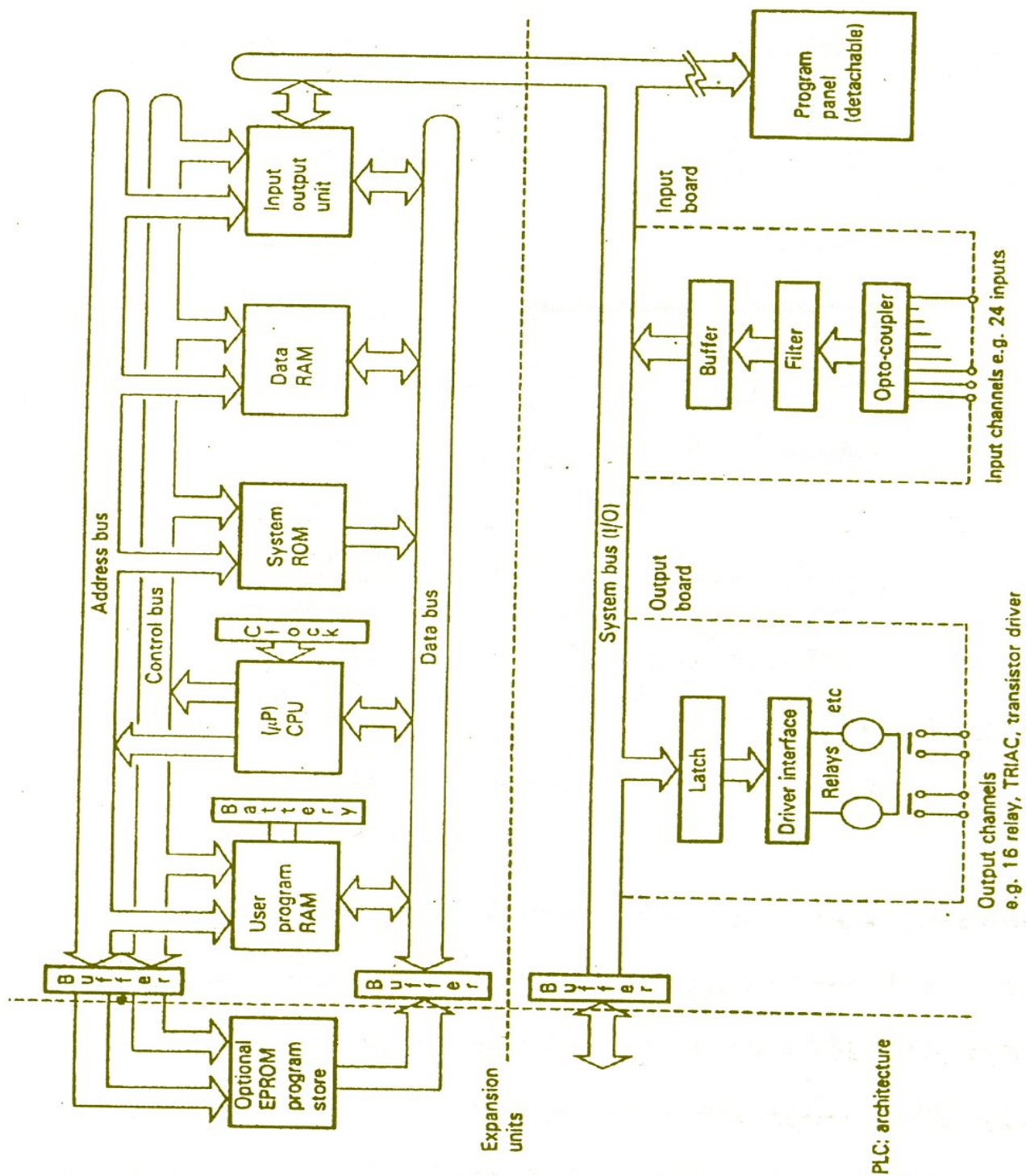
1- Power Supply

2- BUS

3- Data BUS

4- Address BUS





شکل (۲-۳) ساختار داخلی یک PLC با جزئیات دقیق

گذرگاه کنترل<sup>(۱)</sup>. تمامی اطلاعات از گذرگاه اطلاعات بین واحدهای مختلف مبادله می‌شوند. آدرسها از طریق گذرگاه آدرس مشخص شده و تمام فرآیندهای کنترلی در داخل *PLC* توسط گذرگاه کنترل انجام می‌پذیرد.

## ۵-۲- حافظه‌ها

همانند تمامی کامپیوترها، *PLC* از یک حافظه *ROM* برخوردار است که این حافظه دستورالعملهای مربوط به *PLC* و زبان برنامه نویسی را نگهداری می‌نماید. برنامه‌هایی که توسط کاربر به *PLC* داده می‌شود در یک حافظه *RAM* که به *User Program RAM* معروف است نگهداری می‌شود. این حافظه به باطری پشتیبان<sup>(۲)</sup> مجهز بوده و در صورت قطع برق محتوای آن پاک نمی‌شود.

حافظه دیگری که در *PLC* وجود دارد *Data RAM* بوده که اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها و وضعیت فعلی دستگاه در آن نگهداری می‌شود. این حافظه در صورت قطع برق پاک می‌شود.

اکثر *PLC*ها جایگاه نصب حافظه‌های اضافی را نیز دارند که معمولاً حافظه‌هایی از نوع *EPROM* و یا *EEPROM* به آن متصل می‌گردد. این حافظه‌ها ارتباط مستقیم با گذرگاههای داخلی ندارند بلکه با استفاده از مدارهای بافر به این گذرگاهها وصل می‌شوند. تمام واحدهای ورودی و خروجی نیز به گذرگاههای اصلی ارتباط نداشته و فقط از طریق واحد ورودی خروجی به این گذرگاهها متصل می‌شوند. همانگونه که در شکل ملاحظه می‌شود تمامی کانالهای ورودی و خروجی



اطلاعات خود را از طریق یک گذرگاه ورودی خروجی به واحد ورودی خروجی داده و یا از آن دریافت می نمایند. در PLC های قابل گسترش<sup>(۱)</sup> واحدهای مختلف از طریق این واحد با هم ارتباط برقرار می نمایند. میکروپروسسورهای موجود در PLC ها که به میکروکنترل کننده ها<sup>(۲)</sup> معروفند بسته به نوع PLC و دامنه کاربرد آنها از انواع ۸ بیتی، ۱۶ بیتی، ۳۲ بیتی و یا ۶۴ بیتی می توان یاد کرد که در واقع تعداد بیتها، مبین تعداد و مسیرهای موجود در گذرگاه اطلاعات می باشد.

## ۶-۲- ادوات و المانهای ورودی و خروجی و مدارهای آنها

مدولهای ورودی و خروجی PLC ها باید با ادوات و المانهای ورودی و خروجی قابل انطباق<sup>(۳)</sup> باشند. نکات اساسی در این تطابق از قرار زیرند:

● نوع جریان (a.c. یا d.c.)

● میزان جریان

● میزان ولتاژ

● پلاریته

با توجه به کاتالوگهای موجود از دستگاهها معروفترین مقادیر ولتاژها ، 115v ، 24v ، 48v و 220v هستند. در هر PLC سه سری ترمینال در دسترس هستند.

● ترمینالهای تغذیه<sup>(۴)</sup>

● ترمینالهای ورودی<sup>(۵)</sup>

1- Expansion

2- Micro Controllers

3- Compatible

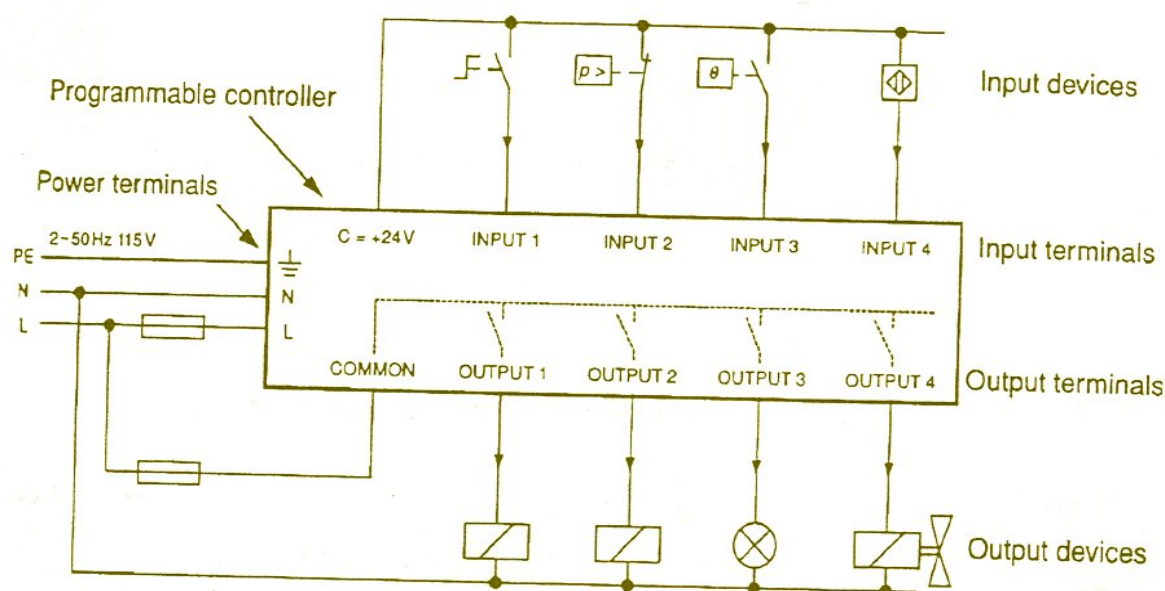
4- Power terminal

5- Input terminal



### ● ترمینالهای خروجی (۱)

شکل (۲-۴) یک نمونه اتصالات الکتریکی را در یک PLC ساده نمایش می دهد. ورودی ها از نوع 24v بوده و خروجی ها در 115v کار می کنند.



شکل (۲-۴) یک نمونه اتصالات در PLC

### ۲-۷- ادوات ورودی

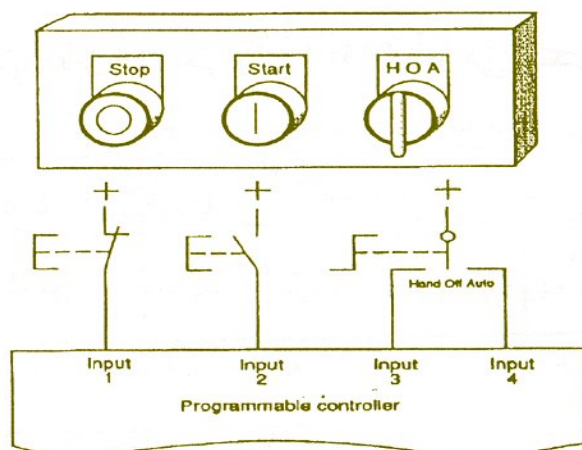
سیگنال ورودی می تواند توسط یک وسیله دستی یا اتوماتیک تولید شود. برای مثال یک سوئیچ فشاری می تواند یک سیگنال کنترلی تولید کند شکل (۲-۵). یک لیمت سوئیچ<sup>(۲)</sup> در واقع یک وسیله الکترونیکی است که می تواند موقعیت یک ابزار متحرک را مشخص کند. ترموستارت<sup>(۳)</sup> یک سنسور حرارتی است که با انبساط

1- Output terminal

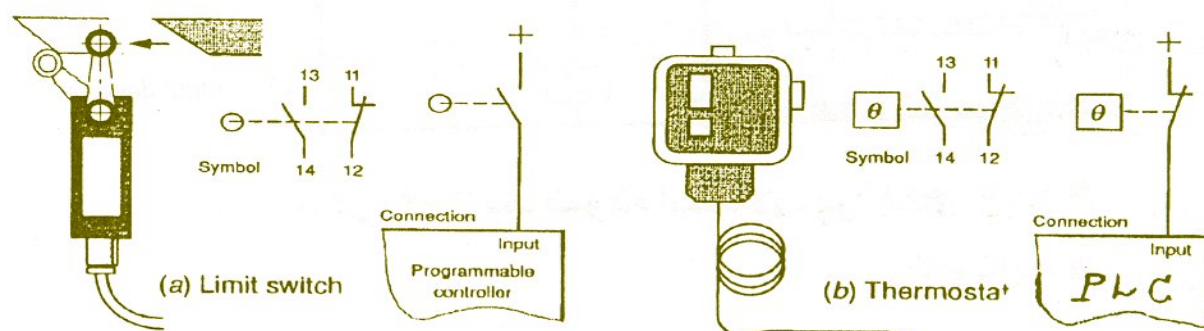
2- Limit Switch

3- Thermostart

یک گاز یا مایع مانند بی متال کار نماید و وقتی به دمای از پیش تعریف شده رسید یک کنتاکت را باز یا بسته می‌کند شکل (۲-۶).



شکل (۲-۵) سیگنالهای دستی ورودی

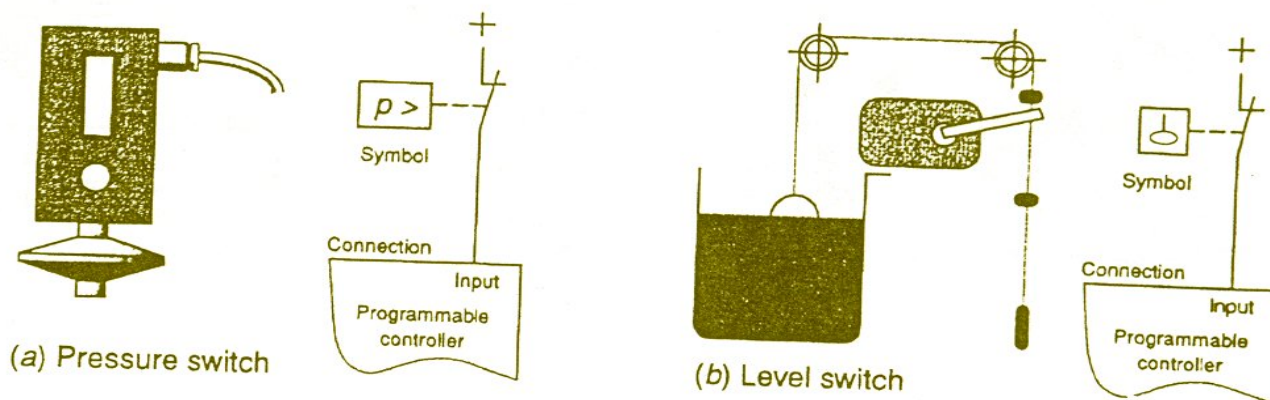


شکل (۲-۶) لیست سوئیچ و ترموستات

شکل (۲-۷) سوئیچ اندازه سطح<sup>(۱)</sup> و سوئیچ اندازه فشار<sup>(۲)</sup> را نمایش می‌دهد. هر دو این سوئیچ‌ها قابل تنظیم بوده و محدوده عملکرد آنها قابل تغییر می‌باشد. برای مثال حد جابجایی سوئیچ اندازه سطح و میزان فشاری که در آن فشار باید سوئیچ



اندازه فشار عمل نماید و کنتاکت متصل به آن قطع و یا وصل نماید قابل تنظیم است.

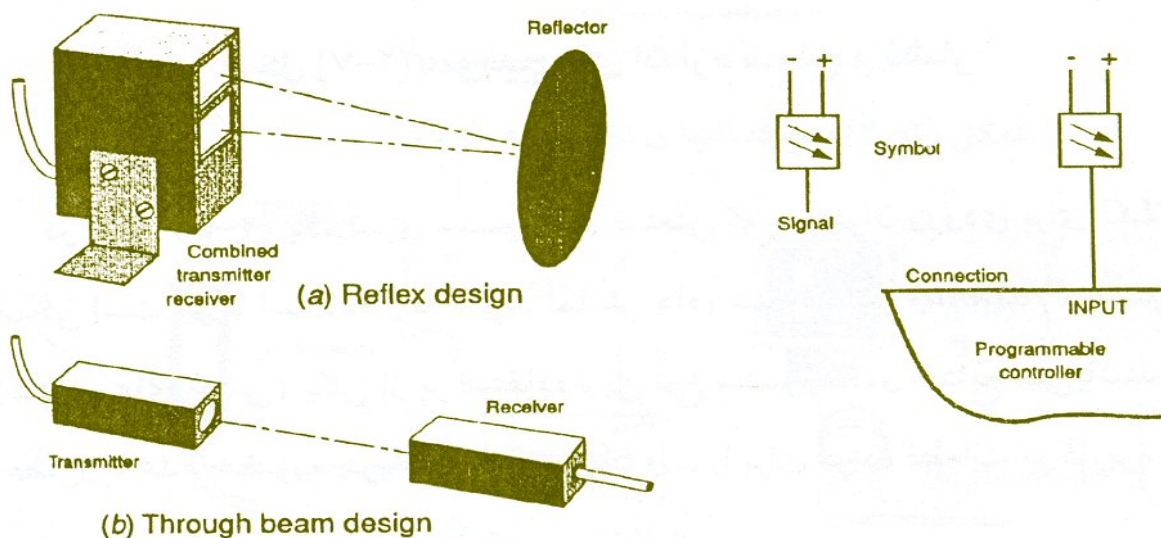
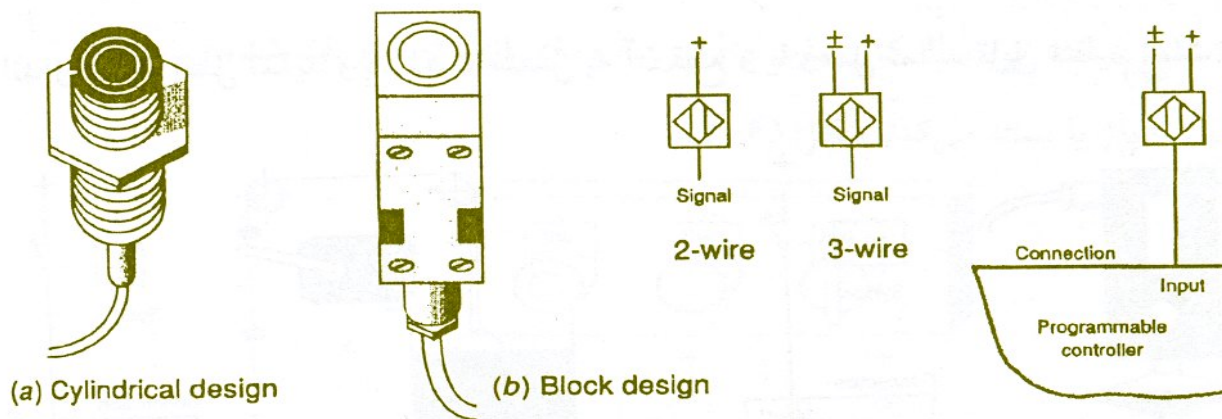


شکل (۷-۲) سوئیچ‌های اندازه سطح و فشار

در شکل (۸-۲) یک سری سنسورهای صنعتی که به عنوان ورودی برای PLCها ممکن است مورد استفاده واقع شوند نمایش داده شده است. *Proximity* سنسورها (سنسورهای حسی) یکی از پر استفاده‌ترین نوع سنسورها در صنایع می‌باشند که حضور یا عدم حضور، جریان یا عدم جریان و... را برای مواد، قطعات در کاربردهای موقعیتی، حرکتی و یا دورانی مشخص می‌نماید.

متداول‌ترین آنها نوع القایی<sup>(۱)</sup> و نوع خازنی<sup>(۲)</sup> هستند. نوع القایی برای تشخیص فلزات و نوع خازنی برای تشخیص مواد غیر فلزی بکار می‌روند. سنسورهای نوری نیز کاربرد فراوانی دارند که معمولاً با امواج مادون قرمز کار می‌کنند. این سنسورها در دو نوع انعکاسی و مستقیم وجود دارند. در نوع انعکاسی فرستنده و گیرنده به هم متصل و در نوع مستقیم فرستنده و گیرنده از یکدیگر مجزا هستند.

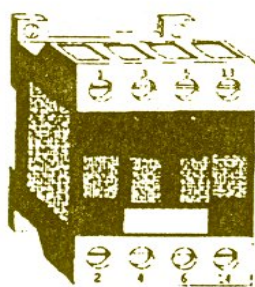




شکل (۸-۲) سنسورهای صنعتی دیگر

## ۸-۲- ادوات خروجی

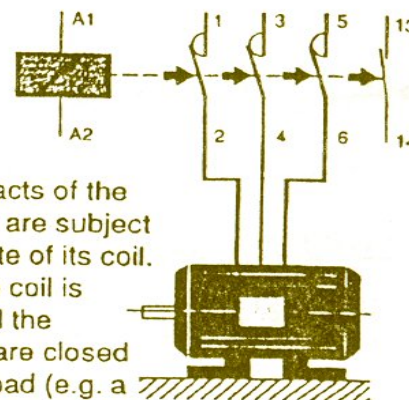
یکی از ادوات مهم خروجی کنتاکتور می باشد. کنتاکتور و رله از لحاظ عملکرد شبیه یکدیگرند فقط رله ها در جریانهای کمتر از  $10^4$  به کار گرفته می شوند. ولی کنتاکتورها تا هزاران آمپر جریان را می توانند از خود عبور دهند. شکل (۹-۲) سمبل نمایش یک کنتاکتور به همراه مدار قدرت راه اندازی یک موتور را نمایش می دهد.



(a) Contactor

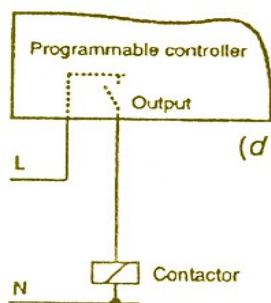


(b) Symbol

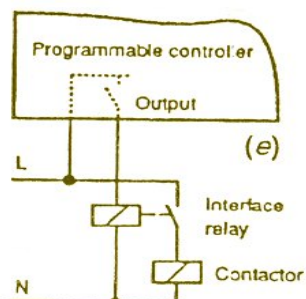


The contacts of the contactor are subject to the state of its coil. When the coil is energized the contacts are closed and the load (e.g. a motor) is connected to the supply.

(c) Operation



(d)

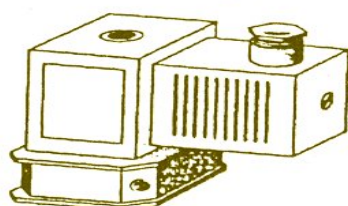


(e)

Connection of a contactor, (d) with a low coil current and (e) with a high coil current.

### شکل (۹-۲) کنتاکتور

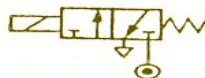
شیر سولنوئید<sup>(۱)</sup> یکی دیگر از وسایلی است که بسیار زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تمامی سیستمهای پنوماتیکی و هیدرولیکی برای کنترل نیاز به این نوع شیرها دارند. شکل (۱۰-۲) یک نمونه شیر را به همراه شماتیک آن را نمایش می‌دهد.



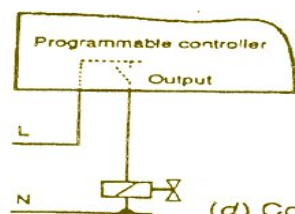
(a) Solenoid valve



(b) Electrical symbol



(c) Pneumatic symbol



(d) Connection

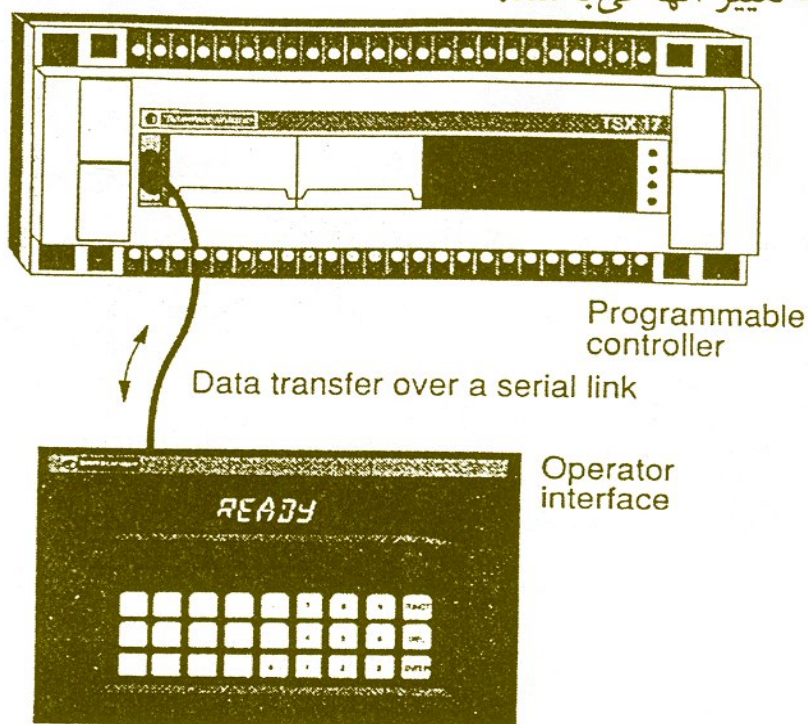
The valve is subject to the state of its coil. When the coil is energized the valve opens and fluid passes through it.

### شکل (۱۰-۲) شیر سولنوئید



## ۹-۲- سیستم ویژه اپراتور<sup>(۱)</sup>

در فرآیندهای گسترده‌تر ارتباط با اپراتور اهمیت ویژه‌ای دارد. به دلیل گستردگی میزان اطلاعات از لامپهای سیگنال و یا دیودهای LED نمی‌توان استفاده نمود و باید به گونه‌ای این اطلاعات را به صورت پیغام به اپراتور رساند یا در بعضی از فرآیندهای تولیدی اپراتور نیاز به تغییر یک سری اطلاعات دارد. به عنوان مثال تغییر میزان مواد اولیه تولید لنت ترمز اتومبیل در یک دستگاه پرس پیش فرم به منظور تولید لنت ترمزهای اتومبیل‌های مختلف. در این شرایط بهترین راه حل استفاده از یک سیستم ویژه اپراتور می‌باشد. این سیستمها فقط به یک سری اطلاعات در کنترل کننده دسترسی داشته و قادر به تغییر آنها می‌باشند.



شکل (۱۱-۲) سیستم ویژه اپراتور

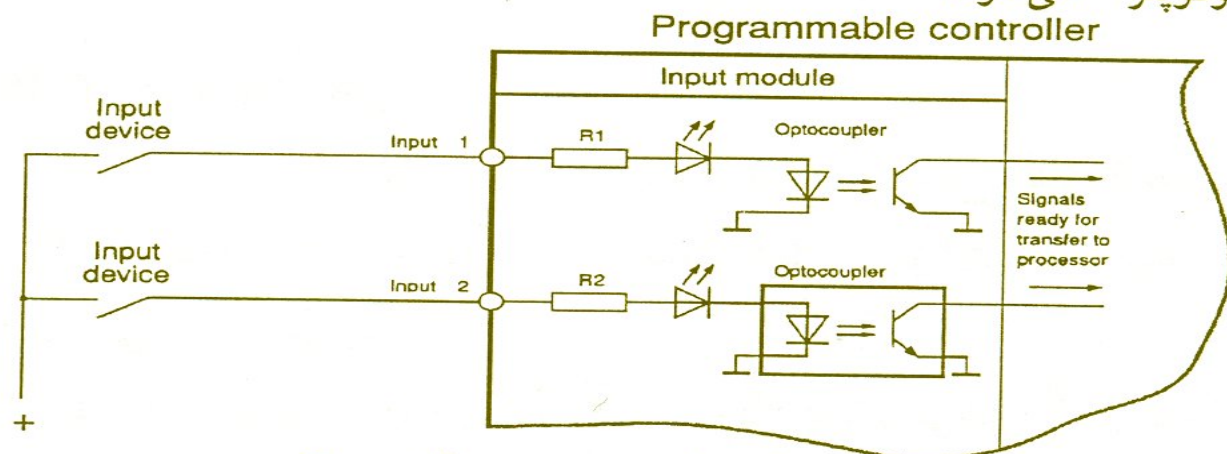


به عنوان مثال تغییر ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از این سیستم امکان‌پذیر نیست. این سیستمها نسبتاً ارزان بوده و هر شرکت سازنده PLC نمونه‌های زیادی با قابلیت‌های مختلف در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهد. نمونه پیامهایی که در روی صفحه این نوع سیستمها ظاهر می‌شود به صورت زیر است:

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <i>DEFROST CYCLE IN PROGRESS</i> | ● وضعیت   |
| <i>CONVEYOR MOTOR OVERLOAD</i>   | ● آلام    |
| <i>PRESS START TO ADVANCE</i>    | ● دستور   |
| <i>WATER TEMP. &gt; 80°C</i>     | ● اطلاعات |

## ۱۰-۲- مدولهای ورودی

مدولهای ورودی با توجه به نوع ادوات ورودی انتخاب می‌گردد. معمولاً سعی می‌شود که سیگنالهای ورودی از نوع جریان مستقیم یا جریان DC با ولتاژ 24V باشد. هر یک از این سیگنالها پس از عبور از یک مقاومت محدود کننده جریان وارد یک اپتوکوپلر<sup>(۱)</sup> می‌شود.



شکل (۱۲-۲) مدول ورودی جریان مستقیم

باید به این نکته مهم اشاره نمائیم که تمام ارتباطات PLC ها با دنیای خارج بهتر است ارتباط الکتریکی نباشد چرا که حذف نویز بسیار راحت تر انجام می پذیرد. از این رو تقریباً در تمام مدولهای ورودی و خروجی از المانهای نوری<sup>(۱)</sup> استفاده می نمایند. اگر سیگنالهای ورودی از نوع متناوب یا AC باشد سیگنال از یکسو ساز عبور نموده و سپس وارد اپتوکوپلر می شود. در داخل مدولهای آنالوگ نیز IC های خاص وجود دارد که سیگنال آنالوگ را با ارتباط نوری به طبقه بعدی منتقل می نمایند. شکل (۱۲-۲) یک نمونه مدول ورودی DC را نمایش می دهد.

شرکتهای سازنده PLC معمولاً همه انواع مدولها را در مدل کوچک PLC و متوسط و بزرگ در اختیار متقاضیان قرار می دهند. برای مثال اگر در یک کاربرد به تعداد ۲۱ ورودی ۲۴V نیاز داریم می توانیم از کمپانی Mitsubishi مدلهای E2-40MR-ES یا F2-40MR-D3 یا F2-40MS-E3 را انتخاب نمائیم و یا اگر ۱۴ ورودی ۲۳۰V جریان متناوب داریم باید دو مدل از مدل 6ES5-8MD11 را انتخاب نمائیم.

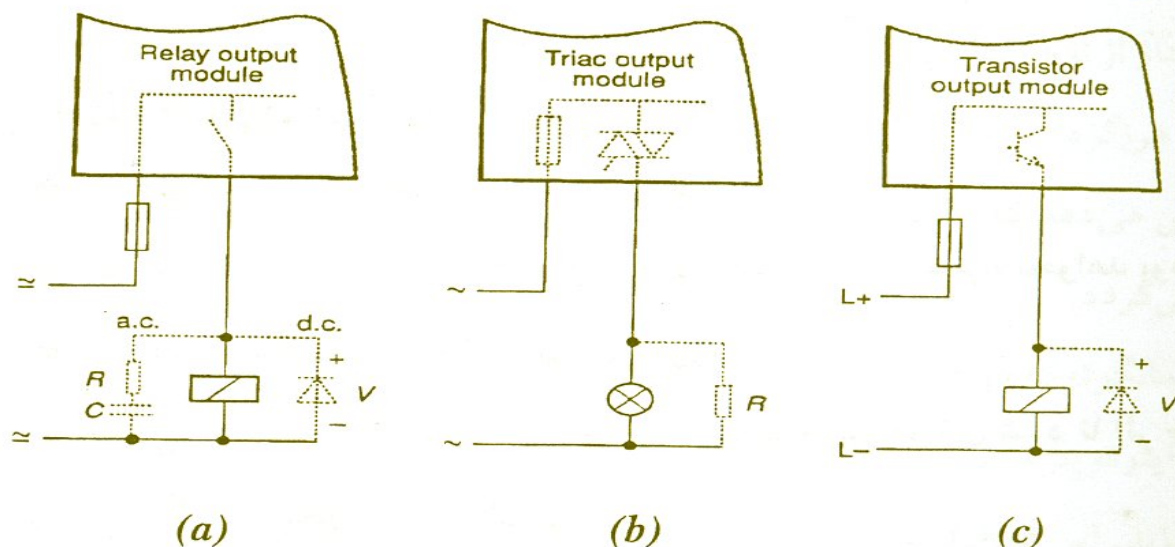
## ۱۱-۲- مدولهای خروجی

مدول خروجی کار انتقال سیگنال از میکروپروسسور از سطح ولتاژ ۵V به سطح سیگنال دستگاه را انجام می دهد. در این مدولها نیز اپتوکوپلرها کار ایزولاسیون الکتریکی را انجام می دهند.

مدولهای خروجی به دو دسته آنالوگ و دیجیتال تقسیم می شوند. اکثر مدولهای



خروجی از نوع دیجیتال می‌باشند این نوع مدولها نیز به سه دسته تقسیم می‌شوند که در شکل (۲-۱۳) نمایش داده شده است.



شکل (۲-۱۳) خروجی‌های رله‌ای، تریاکی، ترانزیستوری

۱- مدولهای خروجی رله‌ای

۲- مدولهای خروجی تریاکی

۳- مدولهای خروجی ترانزیستوری

در اینجا اشاره کوتاهی به مزایا و معایب هر یک از آنها می‌گردد.

## ● مدول خروجی رله‌ای

- برای کاربرد  $AC$  و  $DC$  مناسب است.
- در حالت قطع ایزولاسیون کامل ایجاد می‌کند.
- در حالت  $a.c.$  نیاز به مدار اسنابر<sup>(۱)</sup> دارد و در حالت  $dc$  به دیود

هرزگرد<sup>(۱)</sup>. شکل (۲-۱۳a)

- خرابی مکانیکی و عمر محدود پلاتین‌ها باعث کاهش دوام آن می‌شود.

### ● مدول خروجی تریاکی

- منحصرأ در حالت AC بکار گرفته می‌شود.
- هیچ حالت متحرک نداشته و عمل قطع و وصل با جرقه همراه نخواهد بود.
- در حالت اضافه جریان به آسانی می‌سوزد.
- به دلیل وجود جریان ناشی یک مقاومت باید با بار موازی شود تا اثر جریان ناشی حذف گردد. شکل (۲-۱۳b)

### ● مدول خروجی ترانزیستوری

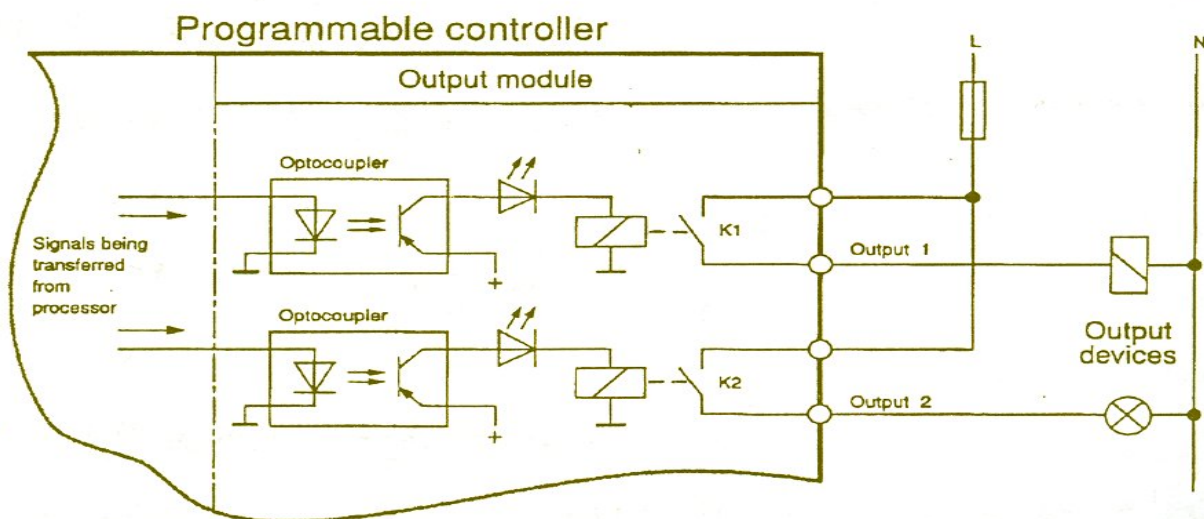
- منحصرأ در DC بکار گرفته می‌شود.
  - هیچ حالت متحرک نداشت و عمل قطع و وصل با جرقه همراه نخواهد بود.
  - سرعت سوئیچ آن بسیار بالاست.
  - با اضافه جریان و یا ولتاژ معکوس زیاد می‌سوزد.
- باید به این نکته اشاره نمود که خروجی‌های رله‌ای، تریاکی و ترانزیستوری حتی با وجود مدارهای حفاظتی در اثر اضافه ولتاژ خراب می‌شوند. برای حل این مشکل باید منبع ایجاد اضافه ولتاژ را از بین برد. بطور کلی تمام المان‌هایی که خاصیت سلفی



شدید دارند اضافه ولتاژ ایجاد می‌کنند.

شیر سولنوئیدها، بوبین رله‌ها و کنتاکتورها از جمله این المانها هستند. در صورتی که ولتاژ از نوع متناوب است از مدار  $RC$  اسنابر<sup>(۱)</sup> و اگر ولتاژ از نوع مستقیم است از دیود هرزگرد<sup>(۲)</sup> استفاده می‌نمائیم. شکل (۲-۱۴) یک مدول خروجی رله‌ای را نمایش می‌دهد که در نوع تریاک‌ی و یا ترانزیستوری، تریاک و یا ترانزیستور جانشین رله می‌گردد.

همانگونه که در شکل پائین صفحه ملاحظه می‌گردد سیگنالها رسیده از پروسسور وارد اپتوکوپلرها شده و خروجی اپتوکوپلرها همزمان با رله یک  $LED$  را فعال می‌نماید. این  $LED$  معمولاً در کنار ترمینال خروجی وجود دارد و در رفع عیب سیستم کمک قابل توجهی به ما می‌نماید. در فصل نهم مورد استفاده این  $LED$ ها بیان می‌شود.



شکل (۲-۱۴) مدول خروجی رله‌ای

## ۱۲-۲- مدولهای ورودی و خروجی دور از PLC<sup>(۱)</sup>

در شرایطی که تعداد زیادی از ادوات ورودی و خروجی فاصله زیادی از PLC اصلی دارند یک واحد ورودی خروجی ریموت (*Remote*) در کنار ادوات نصب شده و این واحد از طریق ارتباط سریال با PLC اصلی مبادله اطلاعات می نماید.

## ۱۳-۲- نحوه کار PLC

یک PLC بعد از دریافت فرمان اجرا شروع به خواندن دستورالعملها از حافظه برنامه نموده و به ترتیب به اجرای آنها می پردازد. اجرای برنامه تا انتهای دستورالعملها ادامه یافته و پس از اجرای آخرین دستورالعمل PLC به ابتدای برنامه بازگشته و مجدداً شروع به اجرای برنامه می نماید.

## ۱۴-۲- پردازش ورودی و خروجی

بطور کلی در تمام PLCها پردازش ورودی و خروجی به دوروش انجام می پذیرد.

۱- پردازش دائم و جزئی<sup>(۲)</sup>

۲- پردازش یکباره و کلی<sup>(۳)</sup>

### ۱-۱۴-۲- پردازش دائم و جزئی

در این روش اولین دستورالعمل خوانده شده و سپس اجرا می شود که این کار



حدود ۵ s طول می‌کشد. سپس ورودی‌های لازم برای اجرای دستورالعمل بعدی خوانده شده و خروجی‌های لازم فعال می‌گردند. این کار با یک تأخیر به میزان 3msec جهت اطمینان خاطر از صحت اطلاعات ورودی انجام می‌شود. در مرحله بعد دستورالعمل بعدی خوانده و اجرا می‌شود و...

این موضوع در جزء بالای شکل (۲-۱۵) نمایش داده شده است.

| Fetch, decode and execute first instruction | Scan necessary contacts | Next instruction | Scan or actuate devices | Next instruction | Scan I/O or actuate O/P | etc |
|---------------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-----|
| Typical time delay = 5 $\mu$ s              | 3 ms delay              | 5 $\mu$ s        | 3 ms delay              | 5 $\mu$ s        | 3 ms delay              |     |

| I/O copy                 | Program execution                                                 | End I/O copy                                                      | Prog |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------|
| Copy all inputs into RAM | Fetch, decode and execute all instructions in sequence            | Copy all outputs from O/P RAM to output unit, and inputs into RAM |      |
|                          | Time depends on length of total program<br>e.g. 1K program = 5 ms | Fixed length delay<br>e.g. 5 ms                                   |      |

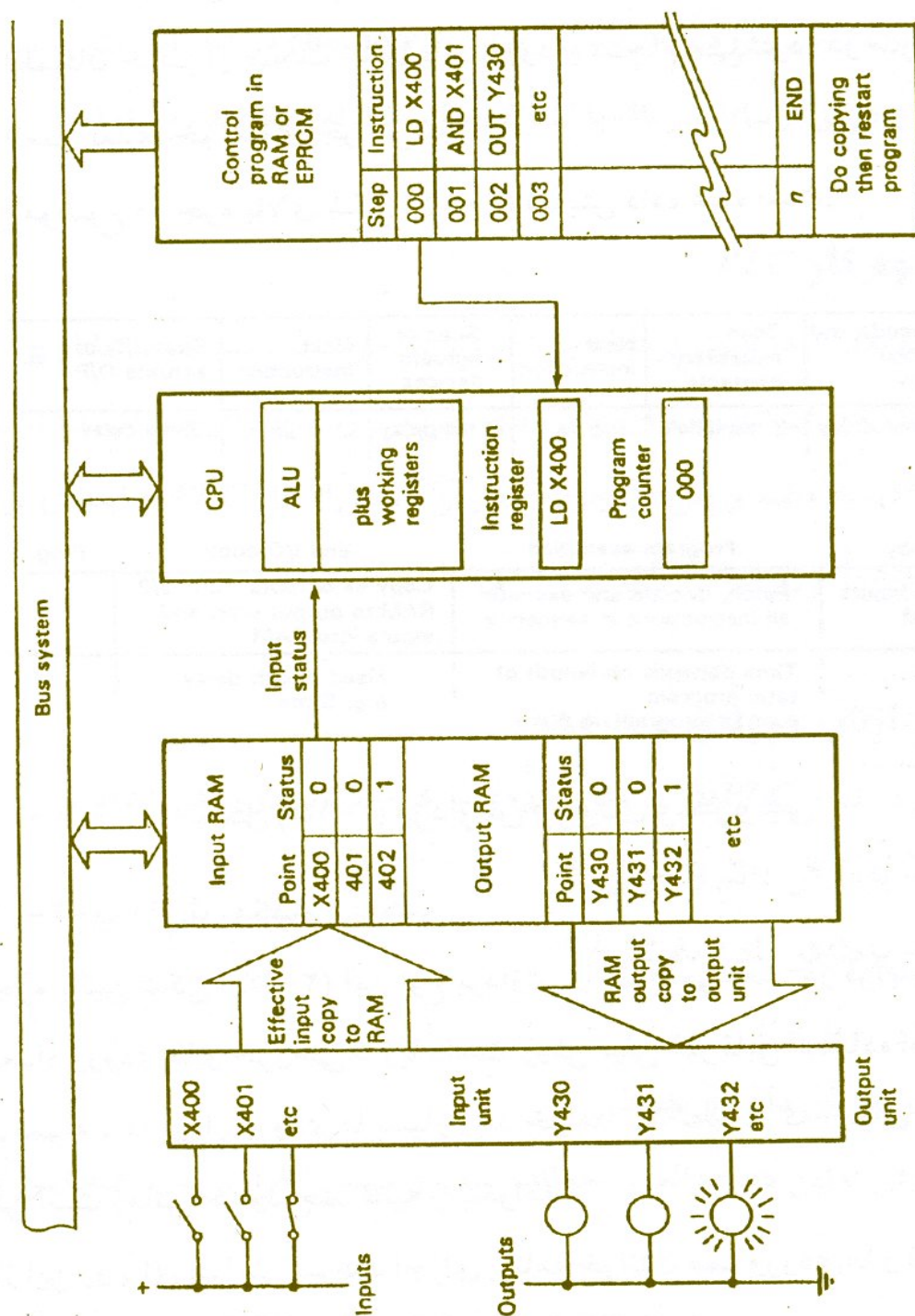
شکل (۲-۱۵) پردازش ورودی و خروجی

## ۲-۱۴-۲- پردازش یکباره و کلی

جزء پائین شکل (۲-۱۵) این نوع پردازش را نشان می‌دهد. در فرآیندهای بزرگ که تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها زیاد است روش قبلی غیر قابل استفاده است. چرا که زمان نمونه برداری از ورودی‌ها بسیار زیاد خواهد شد بطوری که اجرای کامل برنامه ممکن است زمانی حدود چند ثانیه را بخواهد.

از این رو برای افزایش سرعت اجرای برنامه خواندن همه ورودی‌ها و فرمان به همه خروجی‌ها یکباره انجام شده و سپس تمامی دستورالعملها اجرا می‌شوند. از آنجا که زمان اجرای تمام برنامه تقریباً کم است تغییر در ورودی‌ها در این زمان کم اشکالی در

کنترل سیستم ایجاد نخواهد کرد. شکل (۲-۱۲) نمایش واضح تری از نحوه اجرای یک برنامه را نشان می دهد.



شکل (۲-۱۶) نمایش نحوه کار PLC در اجرای برنامه



## ۱۵-۲- انواع PLC ها

PLC ها به سه دسته تقسیم می شوند:

۱- PLC های کوچک

۲- PLC های متوسط

۳- PLC های بزرگ

### ۱-۱۵-۲- PLC های کوچک

این نوع PLC ها کمتر از ۴۰ ورودی و ۴۰ خروجی دارند. حافظه آنها از 1k کمتر است و معمولاً در سیستمها و دستگاههای ساده و با پیچیدگی کم به کار می آیند. برنامه نویسی آنها به صورت دیاگرام نردبانی و به فرم علائم خاص می باشد.

این نوع PLC ها معمولاً در یک جعبه ساخته می شوند و تمام واحدهای ورودی، خروجی، CPU و تغذیه آن در این جعبه قرار دارد. (ساختار بلوکی) برنامه های آن در یک حافظه RAM که دارای باتری پشتیبان است ذخیره می شود. این نوع PLC ها جایگزین مناسبی برای کنترل کننده های رله ای به شمار می آیند و به همین دلیل بسیار مورد استفاده قرار می گیرند.

### ۲-۱۵-۲- PLC های متوسط

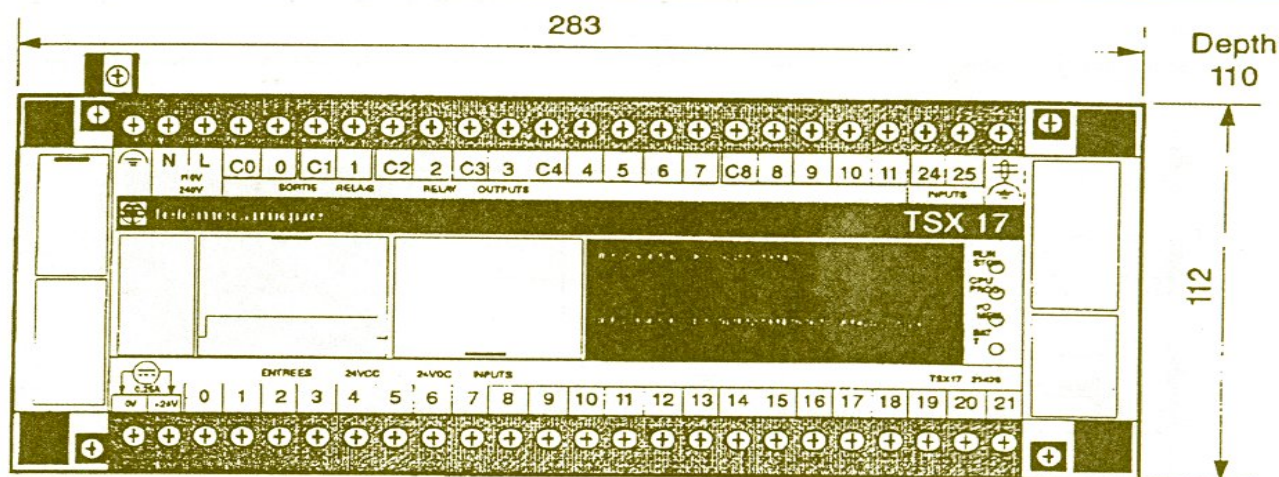
این نوع PLC ها کمتر از ۱۲۸ ورودی و ۱۲۸ خروجی دارند و حافظه آنها کمتر از 4k

است. این نوع PLC ها ساختار بلوکی یا مدولار دارند و می توان هر نوع ورودی و یا خروجی را برای آنها اختیار کرد. این نوع PLC ها قادر به اجرای برنامه با توابع آنالوگ هستند. امکانات ارتباطی این نوع PLC ها زیاد بوده و می توان از آنها در کنترل گسترده استفاده نمود.

### ۳-۱۵-۲- PLC های بزرگ

این نوع PLC ها دارای حافظه بیشتر از 4k بوده و تعداد ورودی ها و خروجی های آنها نیز از ۱۲۸ عدد بیشتر است. مسلماً این نوع PLC ها نیز دارای ساختار مدولار بوده و امکان توسعه زیادی دارند. معمولاً پروسسور اصلی آنها ۱۶ بیتی و یا بالاتر بوده و دارای یکسری پردازنده های جانبی جهت عملیاتی نظیر کنترل PID، محاسبات ممیز شناور، عملیات گرافیکی، عیب یابی و سیستم راهنما می باشند. در این کتاب سعی بر این است که بیشتر مطالب در مورد PLC های کوچک و متوسط باشد چرا که PLC های فوق کاربرد بیشتری در صنایع کوچک دارند. در صفحات بعدی ۴ نوع PLC کوچک و متوسط به شما معرفی می شوند. برای آشنایی با PLC های بزرگ و شبکه های PLC به جلد دوم این کتاب مراجعه نمایید.





## Company

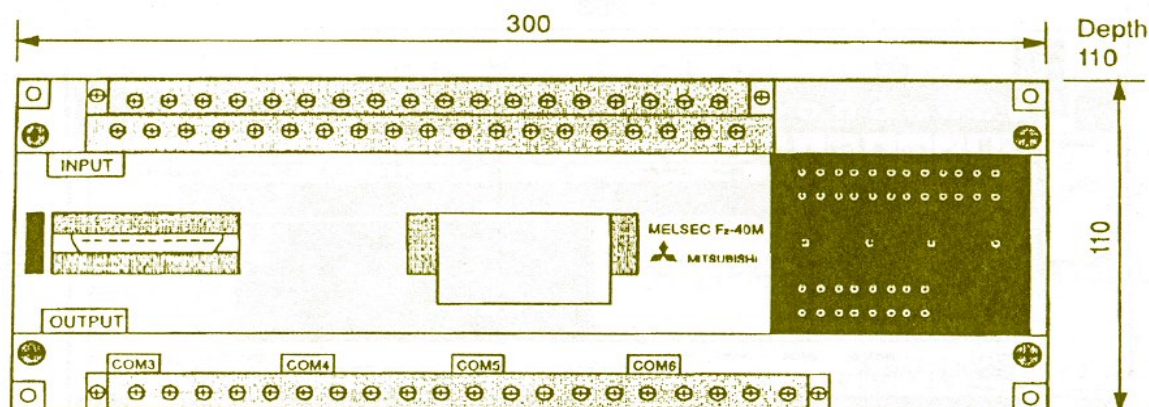
|                          |                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Name                     | Telemecanique                                                             |
| Headquarters             | BP 236, 43/45 bd Franklin-Roosevelt, 92504 Rueil-Malmaison, Cedex, France |
| Main business activities | Automation products and systems                                           |
| Employment world-wide    | 14 500+                                                                   |

## Product

|                                      |                                                                                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model                                | TSX 17 series                                                                                                    |
| Manufactured                         | Sophia Antipolis, Nice, France                                                                                   |
| Year introduced                      | 1988                                                                                                             |
| Modules available                    | Numerous modules including digital input/output, analog input/output, communications, special modules            |
| Max. I/O (PL7-1, PL7-2) <sup>2</sup> | 120      160                                                                                                     |
| Timers                               | 32      32                                                                                                       |
| Counters                             | 15      32                                                                                                       |
| Internal relays (bits)               | 256      256                                                                                                     |
| Programming terminals                | PL7-1: hand-held or software for personal computer<br>PL7-2: portable graphic terminals or software for computer |
| Other ranges                         | TSX 07 (48 I/O), TSX 47 (512 I/O), TSX 67 (1024 I/O), TSX 87 and TSX 107 (2048 I/O)                              |

<sup>2</sup> PL7-1 refers to Telemecanique's Boolean (list) language; PL7-2 refers to its Ladder and Grafset languages.

شکل (۱۷-۲) PLC مدل TSX17-20 از شرکت Telemecanique



## 2.8 Company and product information

### Company

|                          |                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|
| Name                     | Mitsubishi Electric Corporation                         |
| Headquarters             | Mitsubishi Denki Building, Marunouchi, Tokyo 100, Japan |
| Main business activities | Industrial, electronics and consumer products           |
| Employment world-wide    | 112 000 (1994)                                          |

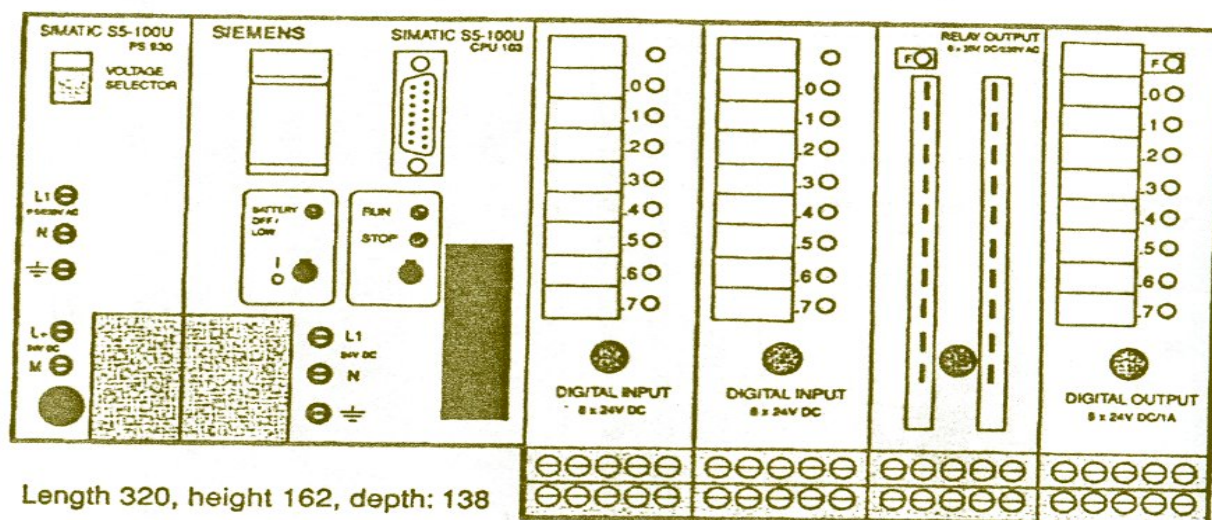
### Product

|                                                         |                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model                                                   | F <sub>1</sub> /F <sub>2</sub> /F <sub>x</sub> series programmable controller                         |
| Manufactured                                            | Himeji Works, Japan                                                                                   |
| Year introduced                                         | 1985/1993                                                                                             |
| Production                                              | >360 000 CPUs annually (F <sub>2</sub> )                                                              |
| Modules available                                       | Numerous modules including digital input/output, analog input/output, communications, special modules |
| Max. I/O <sup>1</sup> (F <sub>2</sub> /F <sub>x</sub> ) | 120    256                                                                                            |
| Timers                                                  | 32    256                                                                                             |
| Counters                                                | 32    256                                                                                             |
| Internal relays (auxiliaries)                           | 192 (64 battery-backed)<br>1024 (524 battery-backed)                                                  |
| Programming terminals                                   | Hand-held, portable graphic programmers and Medoc software for personal computers                     |
| Other ranges                                            | A1S (up to 1024 I/O) and A-series (up to 2048 I/O)                                                    |

<sup>1</sup> 'Max. I/O' in this section does not include analog signals.

شکل (۲-۱۸) مدل F2-40MR از شرکت Mitsubishi





### Company

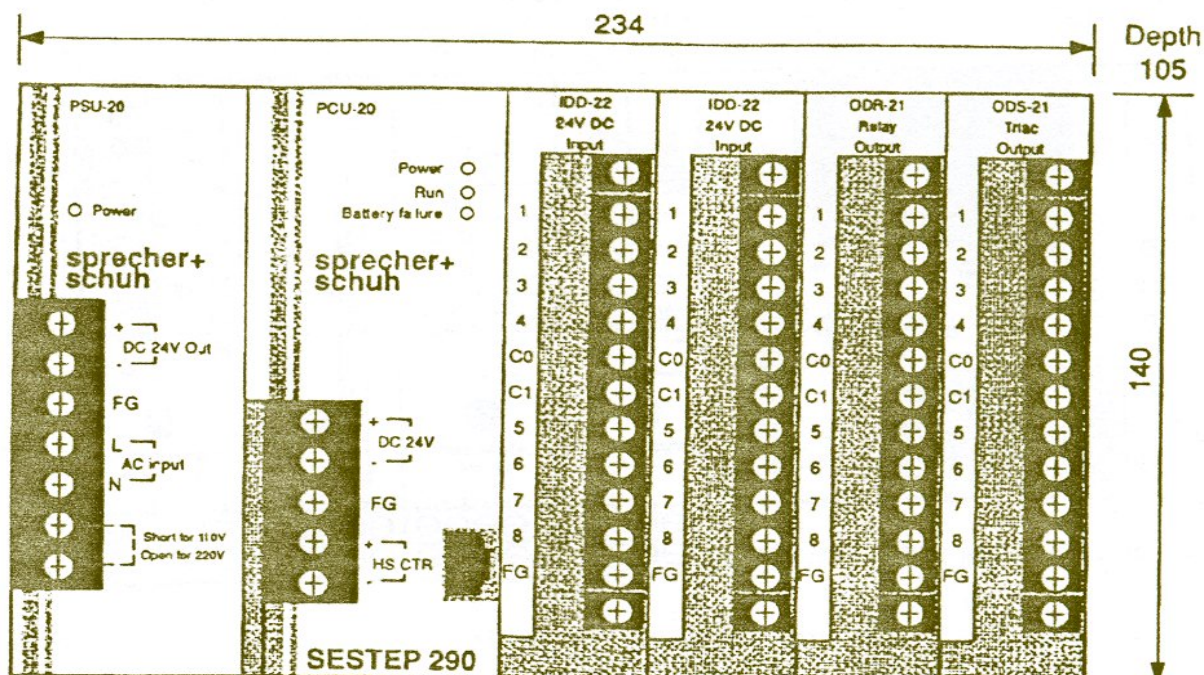
|                          |                                       |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Name                     | Siemens                               |
| Headquarters             | Munich, Germany                       |
| Main business activities | Electrical and electronic engineering |
| Employment world-wide    | 420 000+                              |

### Product

|                             |                                                                                                             |      |      |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| Model                       | SIMATIC® S5-100U                                                                                            |      |      |
| Manufactured                | Amberg, Germany                                                                                             |      |      |
| Year introduced             | 1986                                                                                                        |      |      |
| Production                  | >100 000 CPUs annually                                                                                      |      |      |
| Modules available           | Numerous modules including CPUs, digital input/output, analog input/output, communications, special modules |      |      |
| Max I/O (CPU 100, 102, 103) | 128                                                                                                         | 128  | 256  |
| Timers                      | 16                                                                                                          | 32   | 128  |
| Counters                    | 16                                                                                                          | 32   | 128  |
| Internal relays (flags)     | 1024                                                                                                        | 1024 | 2048 |
| Programming terminals       | Hand-held, portable graphic programmers and S5/S7 software for personal computers                           |      |      |
| Other ranges                | SIMATIC® S5-90U, S5-95U, S5-115U, S5-135U, S5-155U, S7-200, S7-300; SIMATIC® TI305, TI405 and TI505         |      |      |

شکل (۱۹-۲) PLC مدل SIMATIC S5-100U از شرکت Siemens





## Company

|                          |                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| Name                     | Sprecher+Schuh                               |
| Headquarters             | Aarau, Switzerland                           |
| Main business activities | Industrial control and automation technology |
| Employment world-wide    | 3500+                                        |

## Product

|                         |                                                                                                       |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model                   | SESTEP® 290                                                                                           |
| Manufactured            | In several countries                                                                                  |
| Year introduced         | 1989                                                                                                  |
| Modules available       | Numerous modules including digital input/output, analog input/output, communications, special modules |
| Max. I/O                | 128                                                                                                   |
| Timers                  | 64                                                                                                    |
| Counters                | 64                                                                                                    |
| Internal relays (coils) | 256                                                                                                   |
| Programming terminals   | Hand-held programmer and SESTEP® software for personal computer                                       |
| Other ranges            | SESTEP® 190, 390, 490, 590 and 690                                                                    |



## فصل سوم

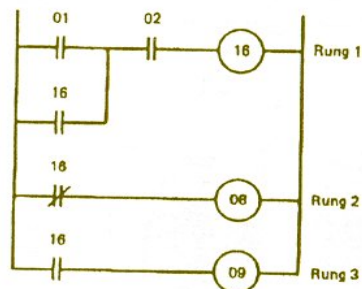
### برنامه نویسی PLC

در فصل اول چند نمونه دیاگرام نردبانی برای سیستمهای مختلف مطرح و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. علائم زیادی در این دیاگرامها بکار گرفته می شوند. برای مثال رله  $CR_1$  یا سوئیچ  $LS_1$  و یا موتور  $M_1$

در برنامه نویسی PLC ها نیز اصول بکار گرفته شده در دیاگرام نردبانی سخت افزاری رعایت می گردد ولی تعداد علائم کمتر شده و برای هر ورودی یا خروجی و... یک آدرس تعریف می شود. این آدرس به نوع PLC وابسته بوده و در PLC های مختلف متفاوت است ولی اصول کلی در تمام PLC ها ثابت می باشد. به عنوان مثال یک PLC را فرض کنید که آدرسها به صورت زیر در آن تعریف شده اند.

| <i>Function</i>         | <i>Address</i>  |
|-------------------------|-----------------|
| <i>Input channels:</i>  | <i>00 to 07</i> |
| <i>Output channels:</i> | <i>08 to 15</i> |
| <i>Internal relays:</i> | <i>16 to 31</i> |
| <i>Timers:</i>          | <i>32 to 39</i> |

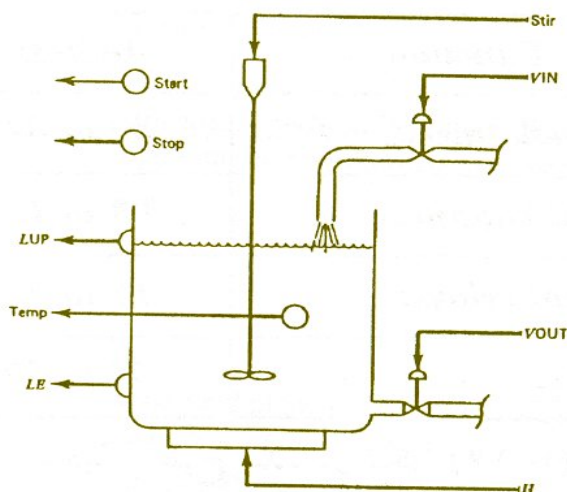
اگر بخواهیم دیاگرام نردبانی طرح شده در شکل (۱-۱۴) را با این PLC ایجاد نمائیم دیاگرامی شبیه شکل (۱-۳) خواهیم داشت.



شکل (۳-۱) دیاگرام نردبانی نرم‌افزاری شکل (۱-۱۴)

ورودی 01 سوئیچ *Start* و ورودی 02 سوئیچ *Stop* و رله داخلی 16 رله *CR1* و خروجی 08 لامپ سبز رنگ و خروجی 09 لامپ قرمز رنگ را بیان می‌کنند. با یک نگرش ساده ملاحظه می‌گردد که در دیاگرام‌های نرم‌افزاری کار بسیار آسان‌تر خواهد بود.

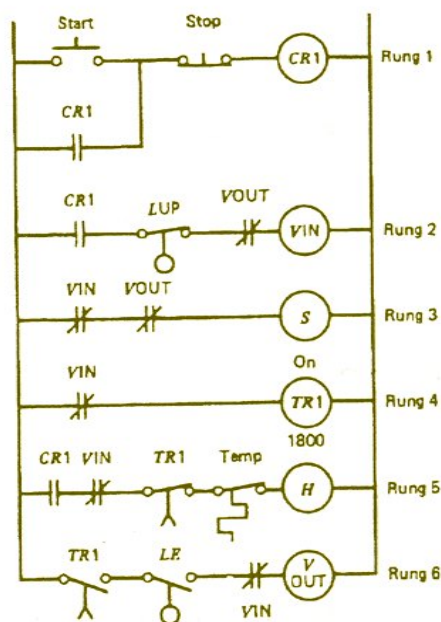
برای آشنایی بیشتر با موضوع به یک مثال دیگر توجه نمایید. شکل (۳-۲) سیستم تانک همزن را نمایش می‌دهد. در این فرآیند مایع در داخل تانک تا سطح *LUP* پر شده و سپس عملیات حرارتی به همراه همزن برای مدت سی دقیقه انجام می‌شود در مرحله بعد تانک خالی شده و مجدداً این کار تکرار می‌شود.



شکل (۳-۲) فرآیند تانک همزن



ورودی‌های کنترل‌کننده شامل سوئیچ‌های *Start* و *Stop* و سوئیچ‌های سطح *LUP* و *LE* و سنسور حرارتی *Temp* و خروجی‌ها شامل شیرهای *VIN* و *VOVT* و همزن *Stir* و گرم‌کن *H* می‌باشند شکل (۳-۳).

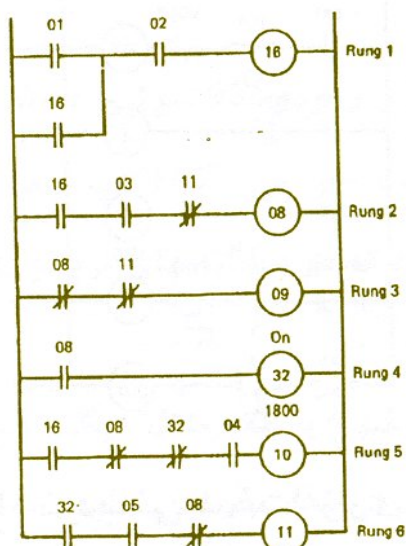


شکل (۳-۳) دیاگرام نردبانی سخت‌افزاری فرآیند تانک همزن

دیاگرام نردبانی سخت‌افزاری سیستم را نمایش می‌دهد. در رانگ اول پس از *Start* رله *CR1* فعال شده و در این حالت باقی می‌ماند. در رانگ دوم با فعال شدن در *CR1* صورت در صورت باز نبودن شیر خروجی شیر ورودی باز می‌شود و تا تا پر شدن مایع به اندازه *LUP* باز می‌ماند. در رانگ سوم در صورتی که شیر ورودی و خروجی بسته باشند همزن شروع به کار می‌نماید. در رانگ چهارم پس از بسته شدن شیر ورودی تایمر شروع به کار می‌کند. در رانگ پنجم در صورتی که شیر ورودی بسته و زمان تایمر به انتها نرسیده باشد گرم کن روشن می‌شود و تا زمانی که تایمر به انتها نرسیده و یادما به حد لازم نرسیده باشد گرم کن روشن باقی می‌ماند و بالاخره در رانگ ششم

پس از اتمام زمان تایمر در صورت بسته بودن شیر ورودی و نرسیدن مایع تا سطح LE شیر خروجی باز شده و باز باقی می ماند.

در شکل (۳-۴) دیاگرام نردبانی نرم افزاری شکل (۳-۳) نمایش داده شده است. تمامی علائم بکار برده شده در دیاگرام نردبانی شکل (۳-۳) به سه نوع سمبل تبدیل شده است و این امر ساده تر شدن دیاگرامهای نردبانی نرم افزاری را تأیید می کند.



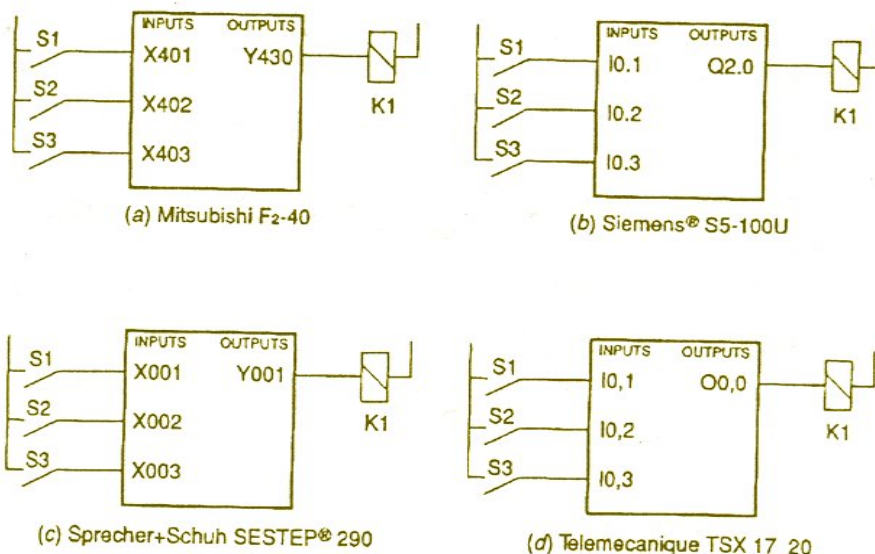
شکل (۳-۴) دیاگرام نردبانی نرم افزاری فرآیند تانک همزن

در PLC فرضی یکسری اعداد به ورودی ها، خروجی ها، رله های داخلی و تایمرها اختصاص داده شد. در PLC های واقعی این اعداد فرم خاصی دارند که در این فصل با آنها آشنا می شویم. در این فصل ضمن معرفی توابع معروف ۴ نوع PLC با نحوه برنامه نویسی در آنها آشنا می شویم.

برای شروع فرض کنید در یک فرآیند سه ورودی با نامهای  $S_1$ ،  $S_2$  و  $S_3$  داریم و می خواهیم این سه ورودی تحت یک رابطه خاص یک خروجی به نام  $K_1$  را فعال نمایند. سمبل نمایش و آدرسهای مورد استفاده در ۴ نوع PLC در شکل (۳-۵)



نمایش داده شده است.



شکل (۵-۳) نمایش ورودی‌ها و خروجی‌ها در ۴ نوع PLC

در PLC های *Mitsubishi* و *Sprecher+Schuh* ورودی‌ها با حرف *X* و خروجی‌ها با حرف *Y* نمایش داده شده است.

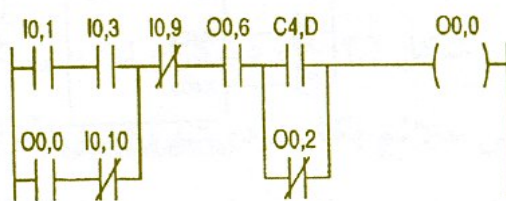
و در PLC های *Siemens* و *Telemecanique* ورودی‌ها با حرف *I* و خروجی‌ها با حروف *Q* و *O* با اندیس عدد نمایش داده می‌شود. روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها تحت یکسری توابع منطقی تعریف می‌شود. این روابط منطقی یا به صورت نوشتاری<sup>(۱)</sup> و یا گرافیکی<sup>(۲)</sup> برای PLC تعریف می‌شوند. شکل (۶-۳) هر دو نوع را نمایش می‌دهد.

در PLC های کوچک، نوع اول متداول بوده و معمولاً ترمینال برنامه ریزی آن قادر به نمایش شکل دیاگرام نردبانی به صورت گرافیکی نیست. در PLC های متوسط و

بزرگ نوع دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

| Step | Instruction | Address |
|------|-------------|---------|
| 000  | A           | I0.0    |
| 002  | AN          | I0.1    |
| 004  | A           | Q2.4    |
| 006  | O.          | F1.7    |
| 008  | A           | T3      |
| 00A  | A           | I0.5    |
| 00C  | O.          | C10     |
| 00E  | AN          | Q3.3    |
| 010  | =           | Q2.0    |

(a) نمونه‌ای از لیست برنامه



(b) نمونه‌ای از دیاگرام نردبانی

### شکل (۳-۶) نمایش برنامه نوشتاری و گرافیکی

در PLC‌های مجهز به ترمینال برنامه ریزی با قابلیت نمایش گرافیکی امکان کنترل اجرای برنامه روی دستگاه وجود دارد چرا که بطور همزمان با فعال شدن و یا غیر فعال شدن آنها علائم مربوطه در صفحه نمایش پررنگ یا کمرنگ تر می‌شوند و این امر در شناخت تشخیص عیب فرآیندها کمک قابل ملاحظه‌ای می‌نماید. این موضوع در فصل نهم مجدداً مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۳-۱- توابع مورد استفاده در برنامه نویسی

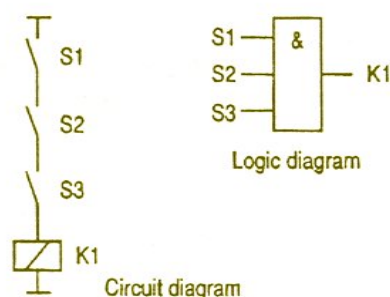
برای یادگیری اصولی تر برنامه نویسی توابع حاکم بر دیاگرامهای نردبانی را معرفی و نحوه بکارگیری این توابع در ۴ نوع PLC را شرح می‌دهیم.

#### ۳-۱-۱- تابع AND (سری)

فرض کنید در شکل (۳-۵) می‌خواهیم هنگامی که خروجی فعال شود که



ورودی‌های  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  بسته باشند. در این صورت باید از تابع  $AND$  استفاده نمائیم. شکل (۳-۷) نقشه مداری و دیاگرام نردبانی بر اساس استاندارد هر ۴ نوع  $PLC$  همراه با لیست برنامه را نمایش می‌دهد.



| Ladder diagram               | List                                        | Ladder diagram                 | List                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| <br>Mitsubishi Fz-40         | LD X401<br>AND X402<br>AND X403<br>OUT Y430 | <br>Sprecher+Schuh SESTEP® 290 | STR X001<br>AND X002<br>AND X003<br>OUT Y001 |
| <br>Siemens SIMATIC® S5-100U | A I0.1<br>A I0.2<br>A I0.3<br>= Q2.0        | <br>Telemecanique TSX 17_20    | L I0,1<br>A I0,2<br>A I0,3<br>= O0,0         |

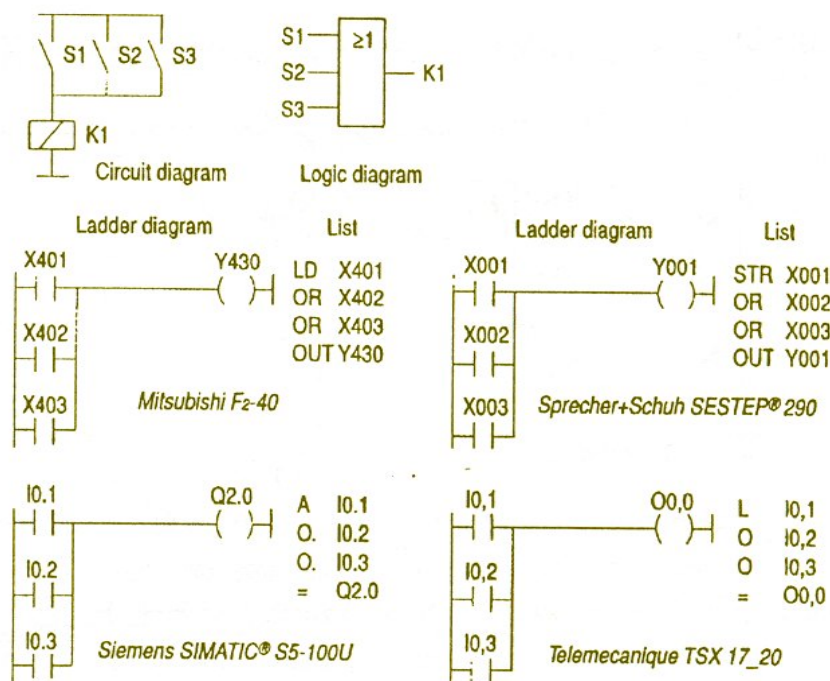
شکل (۳-۷) مدار سری (تابع  $AND$ )

با یک نگاه به لیست برنامه‌ها ملاحظه می‌شود که اولین دستور به فرم  $(LD, A, STR, L)$  می‌باشد. دستورالعمل  $AND$  به فرم  $(AND و A)$  بیان شده و دستورالعمل فعال نمودن خروجی به صورت  $(= و OUT)$  است.

## ۳-۱-۲- تابع $OR$ (موازی)

اگر بخواهیم وقتی خروجی  $K_1$  فعال شود که لااقل یکی از ورودی‌های  $S_1$  و  $S_2$  و  $S_3$  فعال هستند باید از تابع  $OR$  استفاده نمائیم. شکل (۳-۸) نقشه مداری و

دیاگرام نردبانی مربوطه را نمایش می دهد.



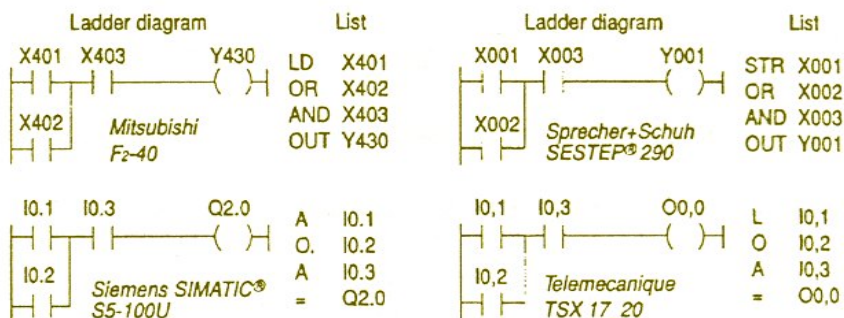
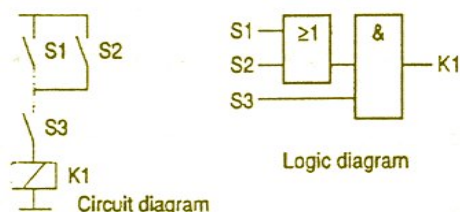
شکل (۳-۸) تابع OR (مدار موازی)

دستورالعمل OR در ۴ نوع PLC به صورتهای مختلف بیان می شود. در نوع Mitsubishi و Sprecher-Schuh از فرم OR در نوع Siemens از فرم  $O_0$  و در Telemecanique از فرم  $O$  استفاده می شود.

### ۳-۱-۳- تابع OR قبل از AND

فرض کنید می خواهیم خروجی  $K1$  زمانی فعال شود که ورودی های  $S1$  یا  $S2$  و  $S3$  بسته باشند. در این صورت باید از تابع OR قبل از AND استفاده کنیم. مدار الکتریکی مربوط به این تابع به همراه دیاگرام نردبانی و لیست برنامه در شکل (۳-۹) آمده است.

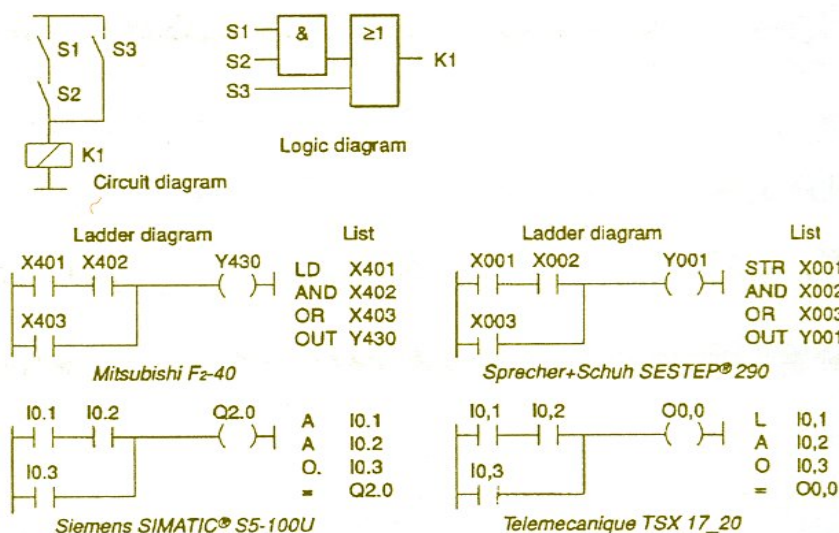




شکل (۳-۹) تابع  $OR$  قبل از  $AND$  (مدار موازی-سری)

#### ۴-۱-۳- تابع $AND$ قبل از $OR$

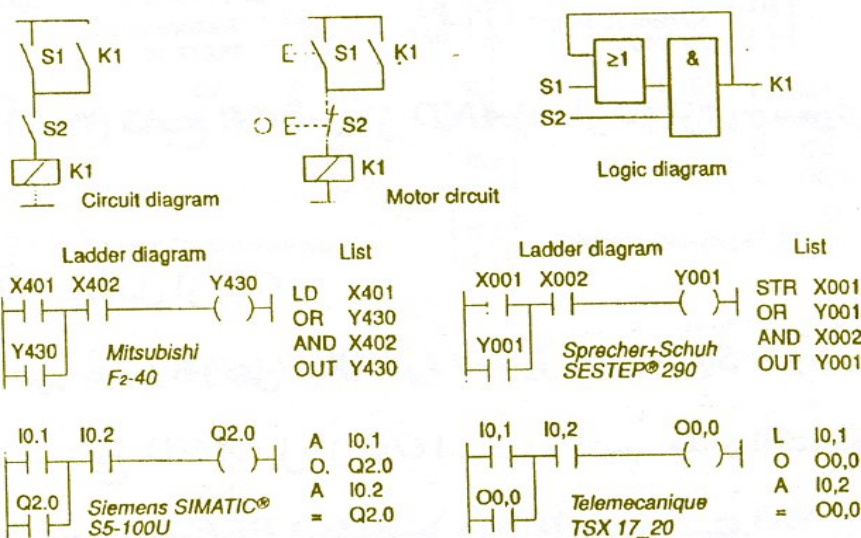
اگر بخواهیم خروجی  $K1$  وقتی فعال شود که ورودی‌های  $S1$  و  $S2$  و یا ورودی  $S3$  بسته باشند. باید از تابع  $AND$  قبل از  $OR$  استفاده کنیم. مدار الکتریکی به همراه دیاگرام نردبانی برای ۴ نوع  $PLC$  در شکل (۳-۱۰) آمده است.



شکل (۳-۱۰) تابع  $AND$  قبل از  $OR$  (مدار سری-موازی)

### ۵-۱-۳- تابع خود نگهدار (۱)

این تابع کاربرد بسیار زیادی دارد. فرض کنید که می خواهیم وقتی که ورودی های  $S_1$  و  $S_2$  بسته شدند خروجی  $K_1$  فعال شود و در صورتی که  $S_1$  باز شد کماکان  $K_1$  فعال باقی بماند. تنها در صورتی  $K_1$  غیر فعال گردد که  $S_2$  باز شود. این تابع در راه اندازی موتورها در صنعت کاربرد دارد. معمولاً در مدارهای صنعتی بجای  $S_1$  یک سوئیچ عادی باز<sup>(۲)</sup> و به جای  $S_2$  یک سوئیچ عادی بسته<sup>(۳)</sup> استفاده می شود.



شکل (۱۱-۳) تابع خود نگهدار (حفظ حالت روشن)<sup>(۴)</sup>

در دیاگرام نردبانی ملاحظه می گردد که از کنتاکت  $Y430$  بطور موازی با کنتاکت  $X401$  استفاده شده است. و یا در مدار الکتریکی مربوطه کنتاکت  $K_1$  با سوئیچ  $S_1$  موازی شده است. در عمل روی کنتاکتورها و یا رله ها یکسری کنتاکتهای اضافی وجود

1- Latch Function

2- Normally Open

3- Normally Closed

4- Hold - on



دارد و یا قابل نصب است که می تواند با همان نام کنتاکتور در مدار مورد استفاده قرار گیرد که کنتاکت  $K1$  از این نوع می باشد.

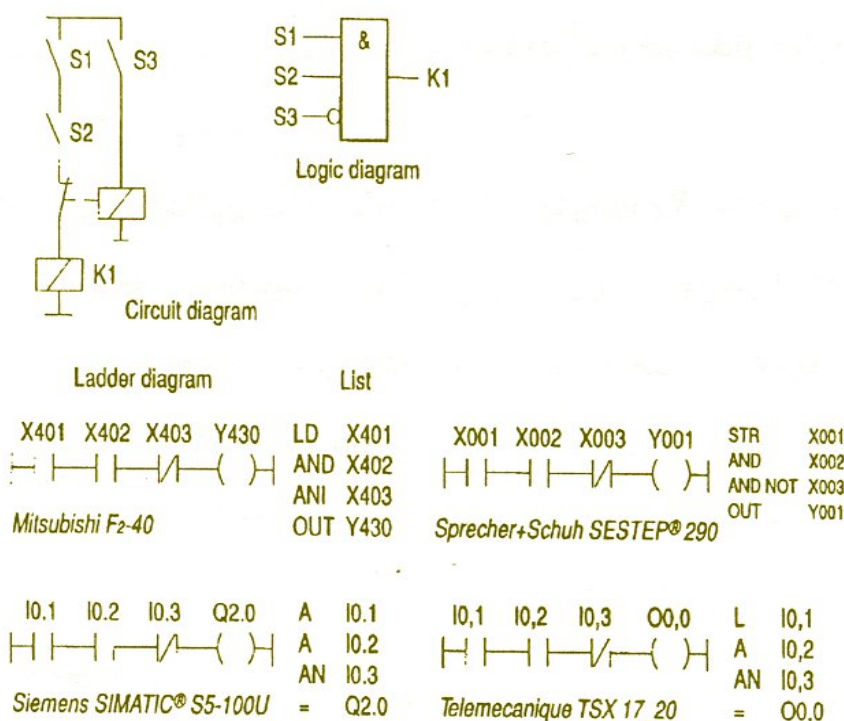
باید به این نکته اشاره نمائیم که هر یک از آدرسهای  $X400$  یا  $Y430$  و یا هر آدرس دیگر یک بیت از یک محل از حافظه را بیان می نمایند. بنابراین در استفاده از آنها در  $PLC$  ها هیچ محدودیتی وجود ندارد. در صورتی که در دیاگرامهای نردبانی سخت افزاری کنتاکتهای مربوط به یک رله و یا کنتاکتور محدود می باشند. و این مسئله از مزایای  $PLC$  ها بر کنترل کننده های رله ای است.

### ۶-۱-۳- تابع معکوس<sup>(۱)</sup>

فرض کنید می خواهیم خروجی  $K1$  وقتی فعال شود که ورودی های  $S1$  و  $S2$  بسته و ورودی  $S3$  باز باشد. جمله بیان شده حکایت از استفاده نمودن از تابع  $AND$  دارد ولی باید دقت نمود که ورودی  $S3$  به صورت عادی باز می باشد و اگر بخواهیم از آن در یک مدار سری استفاده کنیم تا موقعی که  $S3$  باز باشد خروجی  $K1$  فعال نخواهد شد.

در اینجا باید کار تبدیل سیگنال انجام شود که با یک رله این کار امکان پذیر می شود. دیاگرام مداری و نردبانی به همراه لیست برنامه در شکل (۱۲-۳) دیده می شود.

دستورالعمل  $AND$  Inverse در ۴ نوع  $PLC$  به صورت  $ANI$  در  $Mitsubishi$  و  $AND NOT$  در  $Sprecher+Schuh$  و  $AN$  در  $Siemens$  و  $Telemecanique$  بیان می شود.



شکل (۱۲-۳) تابع معکوس

## ۳-۲- توابع و امکانات پیشرفته‌تر

جهت افزایش توان برنامه نویسی و برنامه سازی در PLC ها توابع و امکانات بسیار زیادی وجود دارد که در این فصل به تعدادی از آنها اشاره نموده و در فصل‌های بعدی بعضی از توابع دیگر را معرفی می‌نمائیم.

### ۳-۲-۱- رله‌های داخلی<sup>(۱)</sup>

رله داخلی شبیه به یک خروجی بوده ولی هیچ ارتباط الکتریکی با خروجی PLC ندارد. در فصل اول نمونه‌هایی از این گونه رله‌ها در مثالهای مربوط به بالابر و سیستم



پُر کردن بطری آمده است. برای مثال در سیستم بالابر که در شکل (۱۸-۱) دیاگرام نردبانی آن ملاحظه می‌گردد رله‌های  $CR_1$ ,  $CR_2$ ,  $CR_3$ ,  $CR_4$  و  $CR_5$  رله داخلی می‌باشند. سمبل نمایش رله‌ها همانند دیگر خروجی‌ها به فرم " ( ) - " و اطلاعات مربوط به آن توسط کنتاکتهای عادی باز و یا عادی بسته در جاهای دیگر دیاگرام مورد استفاده قرار می‌گیرد.

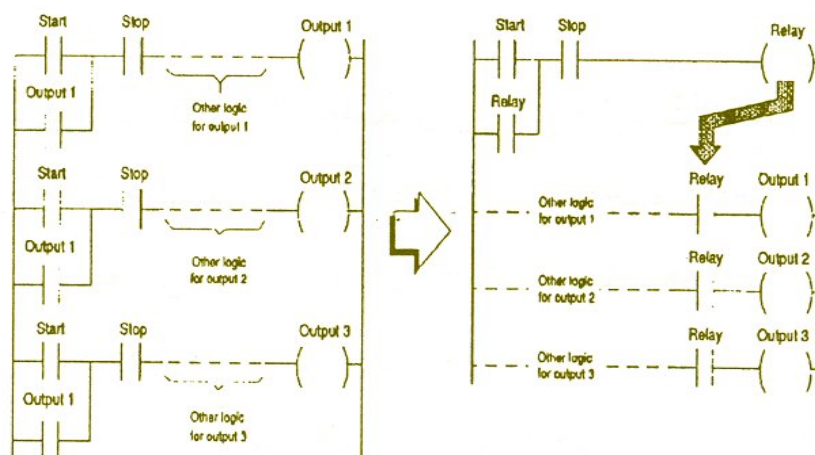
$PLC$ ها معمولاً صداها رله داخلی دارند و این در حالیست که در دیاگرامهای نردبانی سخت‌افزاری این رله‌ها حجم زیادی از کار را به خود اختصاص داده و از بعد اقتصادی کار را پُر هزینه می‌سازند. رله‌های داخلی با نامهای زیر در ۴ نوع  $PLC$  معروفند.

|                |                   |                           |
|----------------|-------------------|---------------------------|
| Mitsubishi     | Auxiliary element | M100, M101, M102, M103... |
| Siemens        | Flag              | F0.0, F0.1, F0.2, F0.3... |
| Sprecher-Sehuh | Coil              | C001, C002, C003, C004... |
| Telemecanique  | Bit               | B0, B1, B2, B3...         |

شکل (۱۳-۳) یک نمونه کاربرد کلی از رله داخلی را نمایش می‌دهد. فرض کنید که دیاگرام نردبانی فوق مربوط به یک ماشین اتوماتیک می‌باشد که با سوئیچ‌های فشاری  $Start$  و  $Stop$  می‌شود. ماشین، خروجی‌های مختلف داشته و برای فعال شدن هر خروجی لازم است ابتدا ماشین  $Start$  شود به جای آنکه در هر رانگ مربوط به هر یک از خروجی‌ها از سوئیچ‌های  $Start$  و  $Stop$  استفاده گردد فقط در یک رانگ از این دو سوئیچ برای فعال و یا غیر فعال نمودن یک رله داخلی استفاده نموده و از کنتاکت

آن رله داخلی در رانگهای مربوط به هر خروجی استفاده می‌نمائیم.

یک رله داخلی می‌تواند به باطری پشتیبان<sup>(۱)</sup> مجهز باشد بطوری که حتی در مواقع قطع برق نیز محتوای خود را حفظ نماید. این امکان در کاربردهایی که کار در صورت قطع و وصل مجدد برق باید ادامه یابد بسیار مفید می‌باشد.



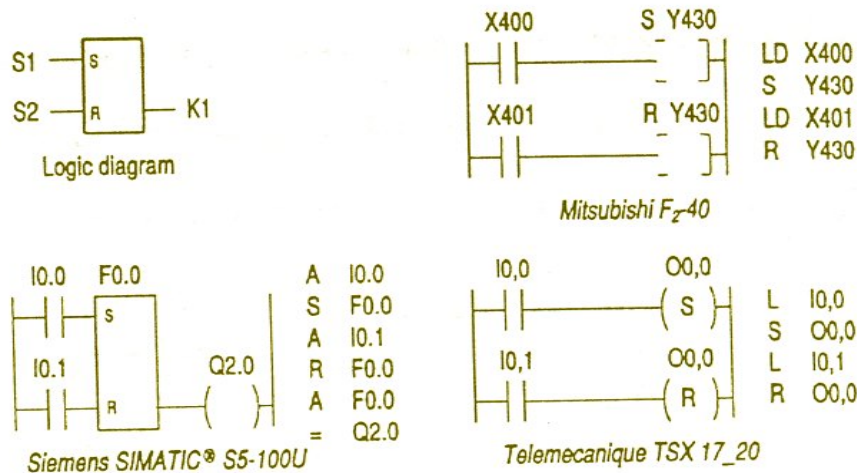
شکل (۱۳-۳) نمایش کاربرد رله داخلی

## ۲-۲-۳- فلیپ فلاپ<sup>(۲)</sup>

فلیپ- فلاپ یک تابع دو وضعیتی است که می‌تواند به یک خروجی و یا یک رله داخلی اعمال گردد. اعمال روشن یا خاموش نمودن و یا فعال یا غیر فعال نمودن به صورت جداگانه انجام شده و هر دو حالت اثر خود نگهداری دارند. عمل فعال نمودن را *Set* شدن و غیر فعال نمودن را *Reset* شدن می‌نامند. شکل (۱۴-۳) دیاگرام نردبانی فلیپ فلاپ در *PLC* های مختلف را نمایش می‌دهد.

همانگونه که ملاحظه می‌گردد از یک ورودی برای *Set* نمودن و از ورودی دیگر





شکل (۱۴-۳) فلیپ - فلاپ

برای *Reset* نمودن خروجی استفاده می‌شود. در لیست برنامه‌ها ملاحظه می‌گردد که برای *Set* نمودن از حروف *S* و برای *Reset* نمودن از حرف *R* استفاده می‌گردد.

### ۳-۲-۳- تایمر

اصولاً دو نوع تابع زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

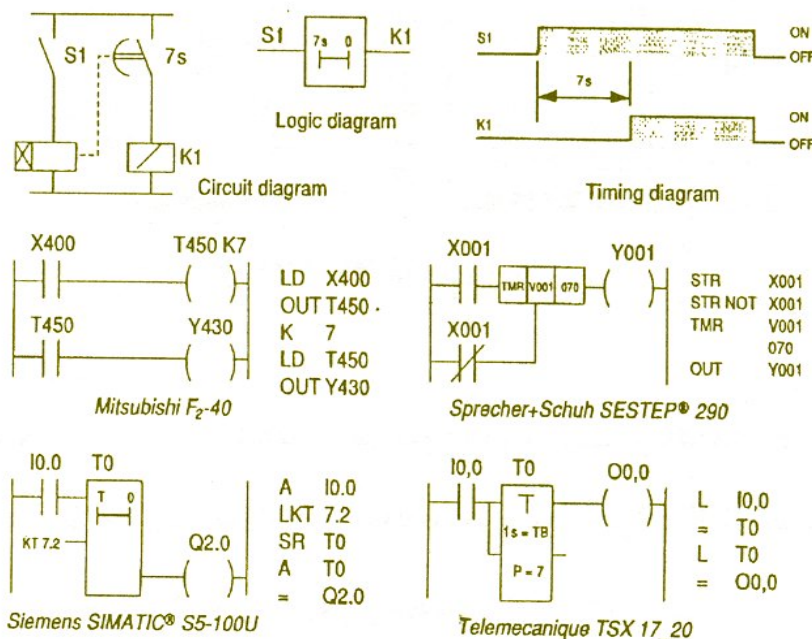
الف) تأخیر بعد از روشن شدن (۱)

ب) تأخیر بعد از خاموش شدن (۲)

#### ۳-۲-۳-۱- تأخیر بعد از روشن شدن

تایمر با تأخیر بعد از روشن شدن با شروع به کار یک سیستم شروع بکار نموده و با

روشن شدن سیستم دیگر از کار می ایستد. شکل (۱۵-۳) مربوط به تایمر با تأخیر بعد از روشن شدن است. دیاگرام زمانی<sup>(۱)</sup> رفتار این تایمر را نشان می دهد. ۷ ثانیه بعد از زمانی که  $S_1$  روشن شده روشن و با خاموش شدن  $S_1$  نیز خاموش خواهد شد.



شکل (۱۵-۳) زمان سنجی بعد از روشن شدن

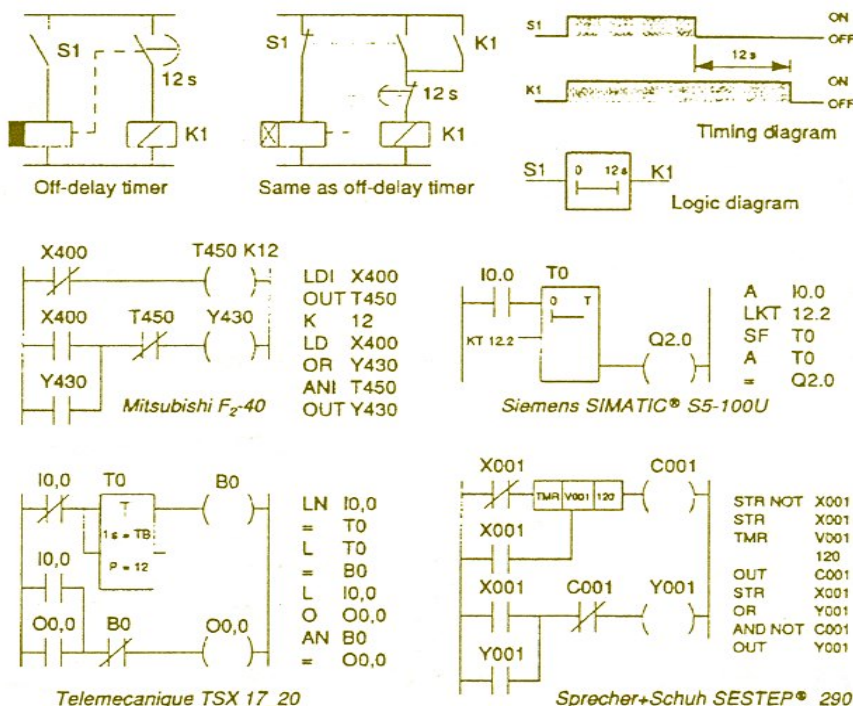
با مشاهده لیست برنامه ها ملاحظه می شود که تایمرها در PLC های مختلف بطور متفاوت نمایش داده می شوند. به عنوان مثال در نوع *Mitsubishi* تایمر با  $T$  نمایش داده شده و میزان تأخیر آن نیز با  $K$  مشخص می گردد.

## ۲-۳-۲- تأخیر بعد از خاموشی

تایمر با تأخیر بعد از خاموشی زمان بین خاموشی، اولین سیستم و روشن شدن



سیستم بعدی را تعیین می‌کند. شکل (۳-۱۶) دیاگرام زمانی رفتار این نوع تایمر را تشریح می‌کند. وقتی  $S1$  خاموش شد  $K1$  بعد از  $12\text{sec}$  خاموش می‌شود. باید به این



شکل (۳-۱۶) تایمر با تأخیر بعد از زمان خاموشی

نکته مهم اشاره شود که تایمرهای موجود در PLCها غالباً از نوع تأخیر بعد از روشن شدن یا *On-delay* می‌باشند و برای ایجاد تایمر با تأخیر بعد از خاموشی توسط تغییر مدار و یا تغییر دیاگرام نردبانی باید اقدام نمود. با مقایسه دیاگرام مداری آمده در شکل (۳-۱۶) این موضوع کاملاً مشخص می‌شود. با نگاهی به لیست برنامه‌ها به مغایرت نحوه برنامه ریزی تایمرها در ۴ نوع PLC پی می‌بریم در دیاگرام نردبانی مربوط به PLC شرکت Siemens یک سادگی دیده می‌شود. در لیست برنامه دستور  $SF$  جایگزین دستور  $SR$  در شکل (۳-۱۵) شده است و این بدین معنی است که در این نوع از PLCها تایمرها را می‌توان به صورت تأخیر بعد از زمان روشن شدن

یا تأخیر بعد از لحظه خاموشی برنامه ریزی نمود. در صورتی که در سه نوع دیگر با مدارات بیرونی نوع تایمر تغییر می نماید.

### ۳-۳- شمارنده<sup>(۱)</sup>

یک شمارنده برای شمارش تعداد تکرار یک رخداد بکار می آید. برای مثال:

- تعداد بطری های عبوری از روی تسمه نقاله
- تعداد افرادی که یک نفر را ملاقات می نمایند
- تعداد دوران یک محور
- تعداد خرابی های یک ماشین

برای برنامه ریزی یک شمارنده به سه چیز نیازمندیم.

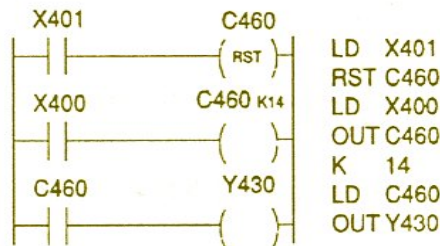
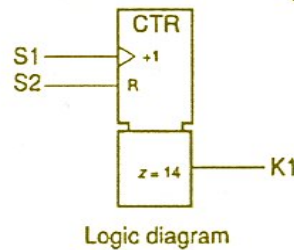
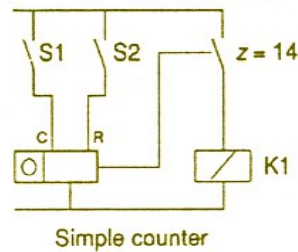
- ۱- مشخص شدن سیگنالی که باید شمارش شود.
- ۲- مشخص نمودن عدد اولیه شمارش که از آن عدد باید شروع شود.<sup>(۲)</sup>
- ۳- مشخص شدن سیگنالی که شمارنده را *Reset* می نماید.

تمام PLC های مورد بحث در این کتاب قابلیت شمارش به صورت افزایشی و کاهشی<sup>(۳)</sup> را دارند. در بسیاری از کاربردها تنها به یک مورد از این دو نیاز است.

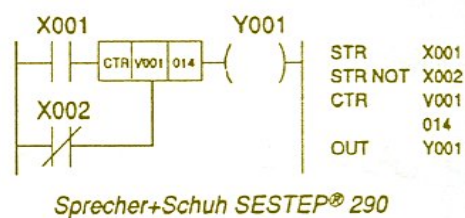
شکل (۱۷-۳) شمارنده نوع افزایشی را نشان می دهد. در دیاگرام مداری ورودی  $S_1$  سیگنالی است که باید شمارش شود و ورودی  $S_2$  سیگنالی است که شمارنده را *Reset* می کند. میزان شماره  $Z=14$  است. در صورت شمارش این مقدار توسط شمارنده



خروجی  $K1$  فعال می شود.



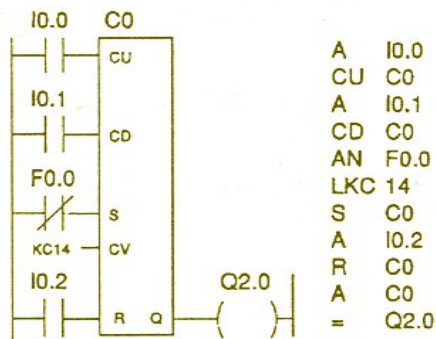
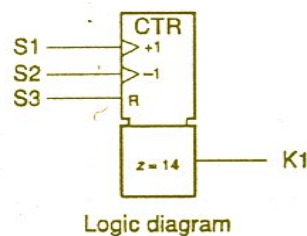
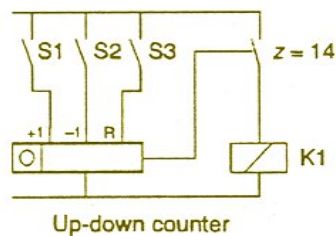
LD X401  
RST C460  
LD X400  
OUT C460  
K 14  
LD C460  
OUT Y430



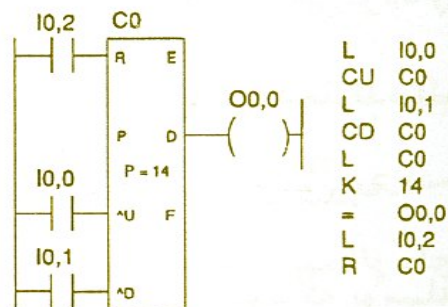
STR X001  
STR NOT X002  
CTR V001  
014  
OUT Y001

### شکل (۳-۱۷) شمارنده افزایشی

در شکل (۳-۱۸) شمارنده افزایشی-کاهشی نمایش داده شده است. در این نوع شمارنده‌ها دو ورودی برای شمارش داریم. یکی از آنها برای شمارش افزایشی و



A I0.0  
CU C0  
A I0.1  
CD C0  
AN F0.0  
LKC 14  
S C0  
A I0.2  
R C0  
A C0  
= Q2.0



L I0.0  
CU C0  
L I0.1  
CD C0  
L C0  
K 14  
= O0.0  
L I0.2  
R C0

### شکل (۳-۱۸) شمارنده افزایشی، کاهشی

دیگری برای شمارش کاهشی می باشد. ورودی سوم برای *Reset* نمودن شمارنده و میزان شمارش نیز ۱۴ می باشد. عمل شمارش افزایشی به ازای هر پالس یک عدد به عدد قبلی اضافه می نماید و در عمل شمارش کاهشی به ازای هر پالس یک عدد از عدد قبلی کم می شود. در دیاگرام مداری ورودی *S1* برای شمارش افزایشی، ورودی *S2* برای شمارش کاهشی و ورودی *S3* برای *Reset* نمودن سیگنال می باشد.

در شمارنده *Siemens* از سیگنال *Cv* جهت دریافت میزان شمارش اولیه استفاده می شود. با این عمل بلافاصله خروجی غیر فعال می گردد. با شمارش کاهشی در لحظه ای که عدد شمارنده به صفر می رسد خروجی فعال می شود.

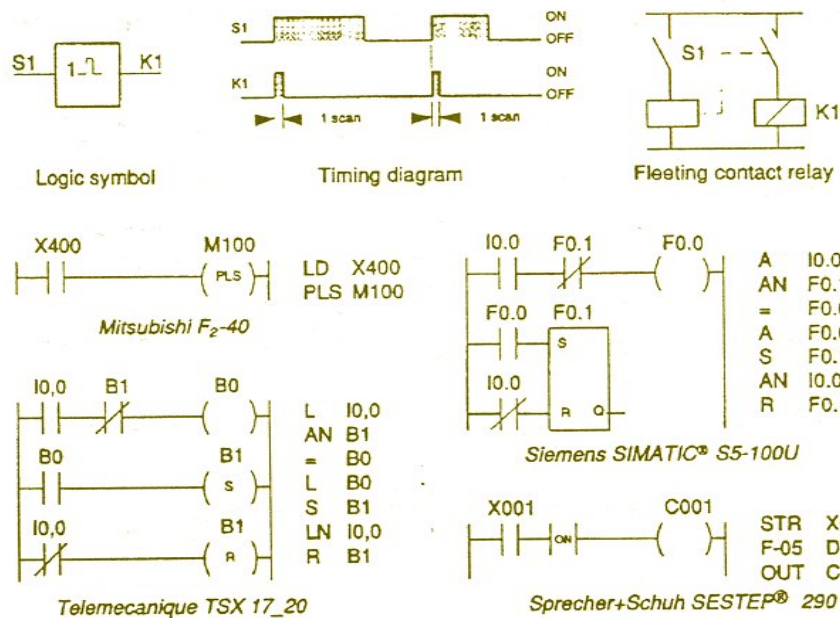
در شمارنده مربوط به *PLC* شرکت *Telemecanique* وقتی که میزان شمارش با میزان اولیه یکی شود خروجی فعال شود. اگر باز هم سیگنال شمارش ادامه یابد خروجی غیر فعال می شود. میزان اولیه می تواند تا مقدار ۹۹۹۹ باشد شمارش کاهشی در عدد صفر متوقف نمی شود و شمارنده مجدداً از عدد ۹۹۹۹ شروع به شمارش کاهشی می نماید. با فعال شدن *Reset* محتوای شمارنده صفر می گردد و این امر باعث غیر فعال شدن خروجی می گردد. بعد از روشن شدن *PLC* شمارنده باید *Reset* شده تا محتوای شمارنده بعد از شروع به کار سیستم غیر واقعی نباشد.

برای انجام این عمل از یک پالس کوتاه استفاده می شود که بوسیله *PLC* تولید می شود. برای مثال مولد این پالس در مدل *Mitsubishi* رله داخلی *M71* می باشد.



۱-۳-۳- تک پالس<sup>(۱)</sup>

تک پالس یا (تک ضرب) یک تابع برنامه نویسی است که ما را قادر می سازد تا حالت یک سیگنال را عوض کنیم. شکل (۱۹-۳) دیاگرام مداری و دیاگرام زمانی این تابع را نمایش می دهد. هرگاه ورودی  $S1$  از حالت خاموش  $OFF$  به روش  $ON$  برود  $K1$  روشن می شود (تأخیر انجام این کار کمتر از  $0.1$  ثانیه است) برای تریگر مجدد  $S1, K1$  باید قطع و سپس وصل گردد. از جمله کاربردهای تک پالس می توان به:



شکل (۱۹-۳) تک پالس (تک ضرب) One - Shot

● ایجاد پالسهای برای  $Reset$  نمودن شمارنده ها و تایمرها و یا سیکل

آماده سازی<sup>(۲)</sup>

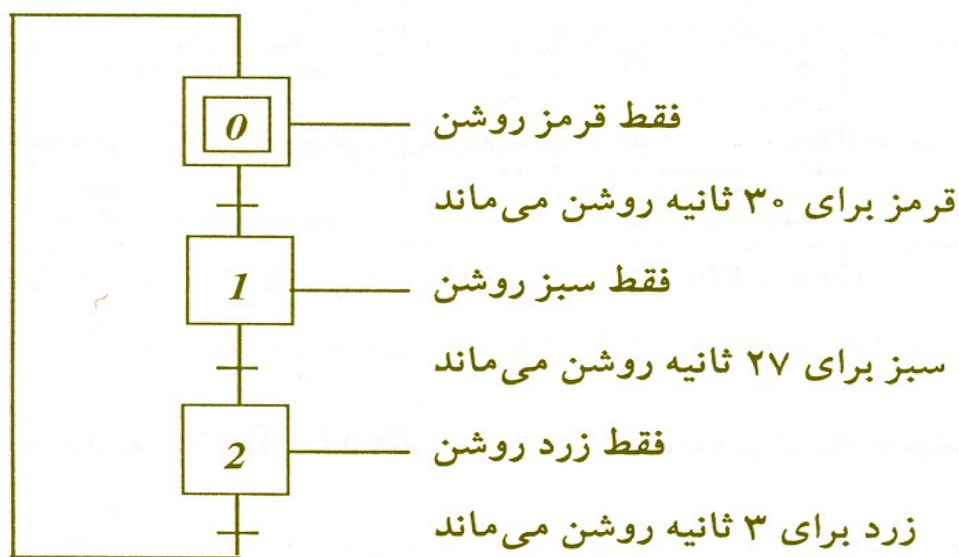
● ایجاد پالسهای کوتاه از پالسهای بلند

● تعیین نقاط تغییر سیگنال

اشاره نمود در PLC های *Mitsubishi* و *Sprecher+Schuh* این تابع به صورت آماده وجود داشته ولی در نوع *Siemens* و *Telemecanique* با استفاده از منطق خاص باید ساخته شود. سیگنال تک ضرب معمولاً به یک رله داخلی اعمال می شود.

### ۴-۳- تابع دنباله ای<sup>(۱)</sup> (SFC)

در کنترل، دنباله به یکسری عملیات و وقایع گفته می شود که در یک تعداد محدود و بصورت پشت سر هم اتفاق می افتند. به عنوان مثال کنترل چراغ راهنمایی که لامپها با دنباله قرمز، سبز و زرد روشن می شوند. تابع دنباله چراغ راهنمایی در شکل (۲۰-۳) نمایش داده شده است. هر مربع یک مرحله<sup>(۲)</sup> نامیده می شود و در آن یکسری عملیات همانند روشن و یا خاموش نمودن خروجی ها انجام می پذیرد.



شکل (۲۰-۳) تابع دنباله چراغ راهنمایی



مرحله اول با دو مربع نمایش داده شده است چرا که این مرحله بلافاصله بعد از روشن شدن سیستم باید اجرا گردد. بین دو مرحله به حالت انتقال<sup>(۱)</sup> معروف است. در این حالت شرایط اولیه جهت مرحله بعدی فراهم شده تا پس از اتمام حالت انتقال مرحله بعدی اجرا شود. ورودی‌ها، خروجی‌ها، تایمرها، شمارنده‌ها و... در حالت انتقال می‌توانند خوانده شده و مورد آزمایش قرار گیرند.

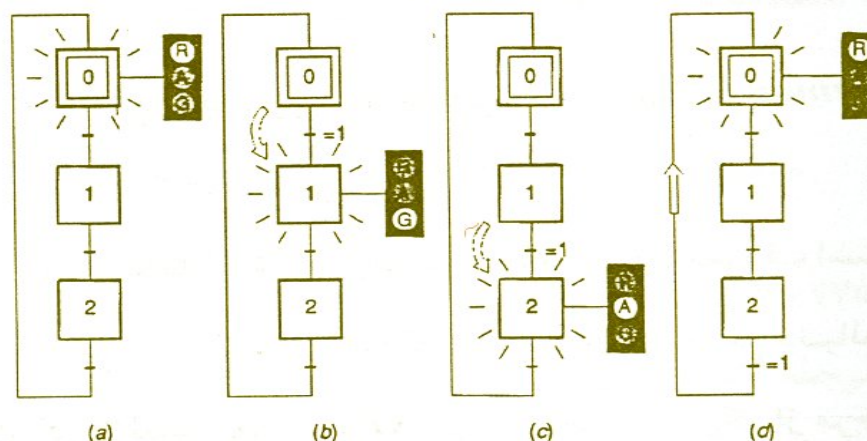
شکل (۳-۲۱) اجرای دنباله چراغ راهنمایی را نمایش می‌دهد.

در شکل (a) با اتصال تغذیه چراغ قرمز روشن و بقیه خاموشند.

در شکل (b) لامپ قرمز برای ۳۰ ثانیه روشن باقی مانده و سپس مرحله ۰ غیر فعال و مرحله ۱ فعال شده یعنی لامپ سبز روشن می‌شود.

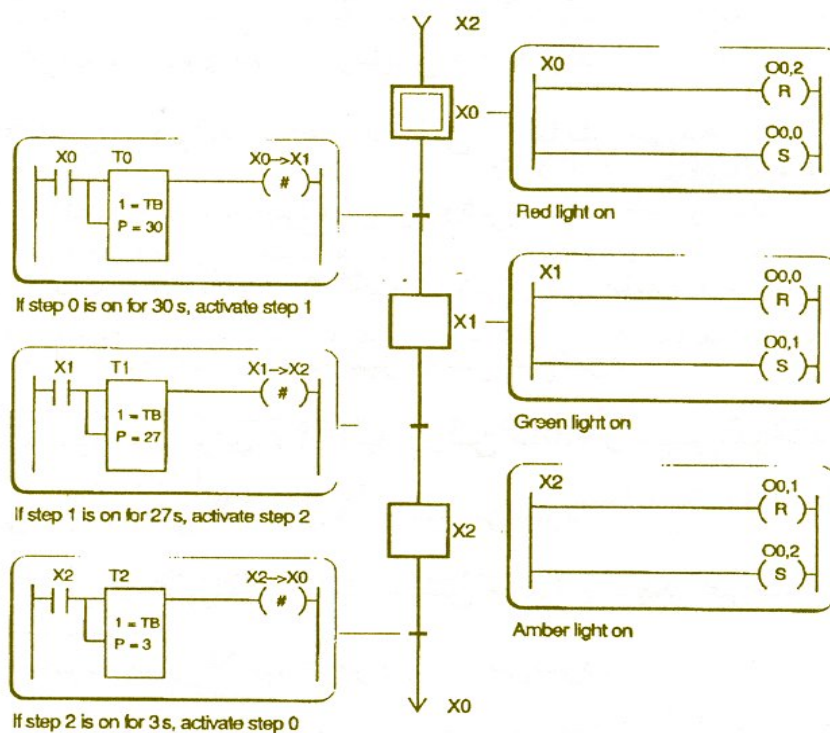
در شکل (c) لامپ سبز برای ۲۷ ثانیه روشن مانده و سپس مرحله ۱ غیر فعال و مرحله ۲ فعال می‌شود. یعنی لامپ زرد روشن می‌شود.

در شکل (d) لامپ زرد برای ۳ ثانیه روشن مانده و سپس مرحله ۲ غیر فعال و مرحله ۰ فعال می‌شود. یعنی لامپ قرمز روشن می‌شود.



شکل (۳-۲۱) شمای کلی از اجرای دنباله سیستم چراغ راهنمایی

در PLC شرکت *Telemecanique* تابع دنباله به نام *GRAFCET* معروف است. در شکل (۳-۲۲) بکارگیری این رویه و نحوه برنامه ریزی برای چراغ راهنمایی نمایش داده شده است. ارتباط بین آخرین و اولین مرحله با یک کنتاکت انجام می شود.



شکل (۳-۲۲) تابع دنباله چراغ راهنمایی در PLCهای *Telemecanique*

در PLCهای *Mitsubishi* تابع دنباله به *Step ladder* معروف است و نحوه برنامه ریزی آن بسیار آسان می باشد. در PLCهای *Siemens* تابع دنباله به *Graph 5* مشهور می باشد. در واقع در این PLC در برنامه اصلی هر یک از مرحله ها به صورت یک تابع جدید فراخوانی می شود.



در برنامه‌های پیچیده‌تر به دو تکنیک شاخه‌ای<sup>(۱)</sup> نیاز است:

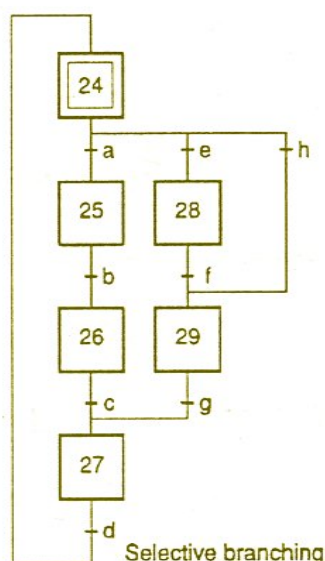
۱- انتخابی<sup>(۲)</sup>

۲- موازی<sup>(۳)</sup>

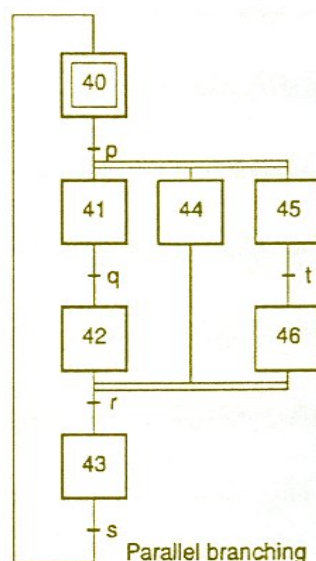
این دو رویه در شکل (۲۳-۳) نمایش داده شده‌اند.

تکنیک شاخه انتخابی اجازه انتخاب یک دنباله را در میان دو یا چند شاخه

می‌دهد.



(a)



(b)

شکل (۲۳-۳) شاخه‌های موازی و انتخابی

در شکل (۲۳a-۳) شاخه‌ها عبارتند از:

- مرحله ۲۴ و ۲۵ و ۲۶ و ۲۷ و سپس برگشت به ۲۴
- مرحله ۲۴ و ۲۸ و ۲۹ و ۲۷ و سپس برگشت به ۲۴

● مرحله 24 و 29 و 27 و سپس برگشت به 24

انتخاب شاخه‌های اجرایی بوسیله مرحله انتقالی بعد از مرحله 24 و قبل از مراحل 25 و 28 و 29 مشخص می‌گردد. بنابراین شرایط بیان این مراحل انتقالی با هم یکی خواهد بود. شاخه‌های انتخابی این امکان را فراهم می‌سازد که از بعضی مراحل گذر کنیم. برای مثال مرحله انتقالی  $h$  باعث می‌شود که از مرحله 28 گذر کنیم.

شاخه‌های موازی این امکان را ایجاد می‌کند که دو یا چند دنباله همزمان اجرا شوند. برای مثال در شکل (۲۳b-۳) دنباله اصلی بعد از مرحله 40 به سه زیر دنباله تقسیم شده که هر یک از آنها به طور مجزا اجرا شده تا اینکه دنباله در مرحله 43 همگرا می‌شود. باید دقت نمود که در این شرایط دو یا چند مرحله به صورت همزمان می‌توانند فعال باشند.

در فصلهای بعدی چند پروژه مورد بحث و بررسی قرار گرفته و در مورد بعضی از توابع کاربردی دیگر شرح داده می‌شود.

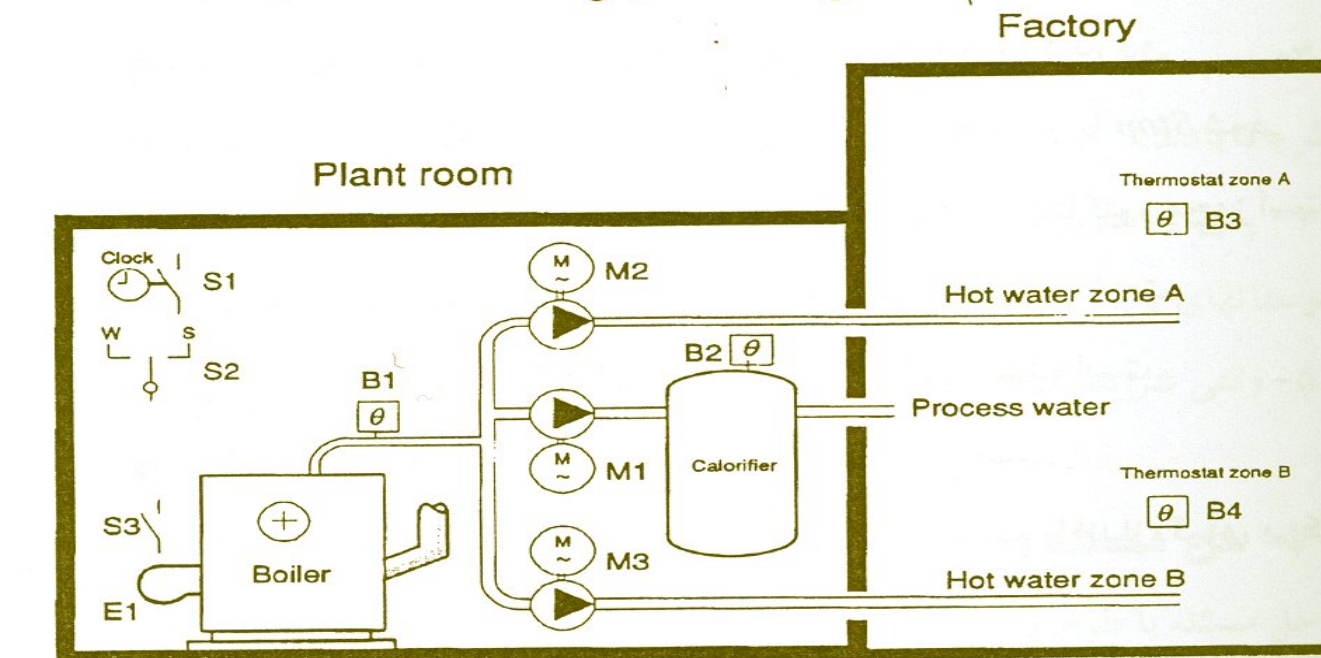


## فصل چهارم

### پروژه حرارتی

#### ۴-۱- توصیف پروژه

این پروژه مربوط به کنترل یک سیستم حرارتی که در یک ساختمان برای گرم کردن هوا و آب به کار می‌رود می‌باشد. این رویه برای یک بویلر گازی یا گازوئیلی که مورد استفاده در ساختمانهای صنعتی - تجاری و عمومی دارد قابل بکارگیری است. توابع موجود در کنترل کننده به گونه‌ای است که در سیستمهای برودتی نیز قابل استفاده است. ساختار کلی سیستم در شکل (۴-۱) نمایش داده شده است.



شکل (۴-۱) ساختار کلی سیستم حرارتی

در این پروژه آب سیستم<sup>(۱)</sup> به آبی گفته می شود که در یک بخش از واحد صنعتی یا تجاری مورد استفاده خاص قرار می گیرد. آب سیستم بوسیله آب داغ بویلر بروش تبادل حرارتی در کویل موجود در تانک آب سیستم که گالوریفایر<sup>(۲)</sup> نامیده می شود گرم می شود. فضایی که باید گرم شود به دو ناحیه  $A$  و  $B$  تقسیم شده است که هر یک از این نواحی رادیاتور مربوط به خود را داشته و ترموستات آنها مجزا بوده و برای جابجایی آب گرم، هر ناحیه به یک پمپ مجهز شده است.

زمانی که به حرارت در یک ناحیه نیازمند باشیم آب بویلر توسط پمپ ناحیه مربوطه به گردش درآمده و آب گرم وارد رادیاتورها می شود. بویلر به مدارات کنترلی داخلی مجهز بوده و موارد حفاظتی برای آن منظور شده است و تنها به یک سیگنال خارجی جهت  $Start$  و یا  $Stop$  نیاز دارد.

## ۲-۴- تجهیزات

- سیستم باید با استفاده از یک  $PLC$  بطور اتوماتیک کار کند.
- بویلر  $E1$  بوسیله یک سیگنال الکتریکی می تواند  $Start$  و یا  $Stop$  شود.
- هر یک از موتورهای پمپ ( $M1$  و  $M2$  و  $M3$ ) به یک کنتاکتور مجهز است.
- لامپ سیگنال  $H1$  برای آلامهای اصلی در نظر گرفته شده است.
- سوئیچ زمانی  $S1$  برای کنترل زمان کلی در نظر گرفته شده است.
- سوئیچ  $S2$  وضعیت تابستان یا زمستان را تعیین می کند.
- ترموستات  $B1$  دمای آب بویلر و  $B2$  دمای آب سیستم را اندازه گیری می کند.



● دو ترموستات به هر یک از نواحی  $A$  و  $B$  اختصاص داده شده است که به ترتیب  $B_3$  و  $B_4$  هستند.

● کوره به یک سوئیچ  $Lock-Out$  مجهز است که در مواقع عیبهای خطرناک بطور اتوماتیک بسته می شود.

### ۳-۴- مشخصات

۱- کل سیستم فقط طی ساعتهایی از یک روز که با تایمر  $S_1$  مشخص می شود کار می کند. در طی این زمان بویلر روشن شده و آب را تا دمای مطلوب گرم می کند. تنظیم دمای آب بطور اتوماتیک انجام می شود.

۲- وقتی سوئیچ  $S_2$  در حالت تابستان قرار دارد فقط آب سیستم گرم می شود. در حالتی که به  $S_2$  روی حالت زمستان قرار داده می شود علاوه بر آب سیستم حرارت محیط نیز تأمین می شود.

۳- پمپ  $M_1$  تنها وقتی روشن می شود که دمای آب سیستم پائین و دمای آب بویلر بالا باشد.

۴- پمپهای مربوط به گرم کردن محیط ( $M_2$  و  $M_3$ ) با توجه به وضعیت ترموستاتهای  $B_3$  و  $B_4$  وقتی  $S_2$  در حالت زمستان و آب بویلر گرم باشد کار می کنند.

۵- وقتی شرایط  $Lock-Out$  برای کوره اتفاق می افتد  $H_1$  باید روشن شود.

### ۴-۴- حل مسئله

حل مسئله با طرح و اجرای سه موضوع انجام می شود:

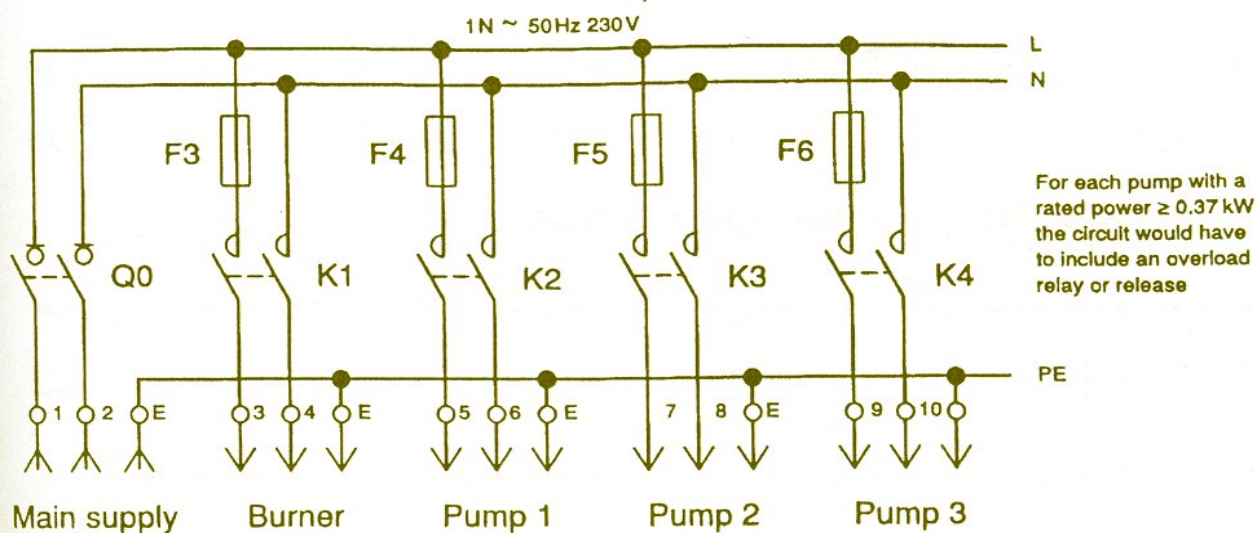
● مدار اصلی

● مدار کنترل

● برنامه کنترل

## ۴-۵- مدار اصلی

مدار اصلی در برگیرنده سوئیچ‌های اصلی (کنتاکتورها) و مدارهای محافظ برای موتورها و منبع تغذیه PLC می‌باشد. شکل (۴-۲) این مدار را نمایش می‌دهد.

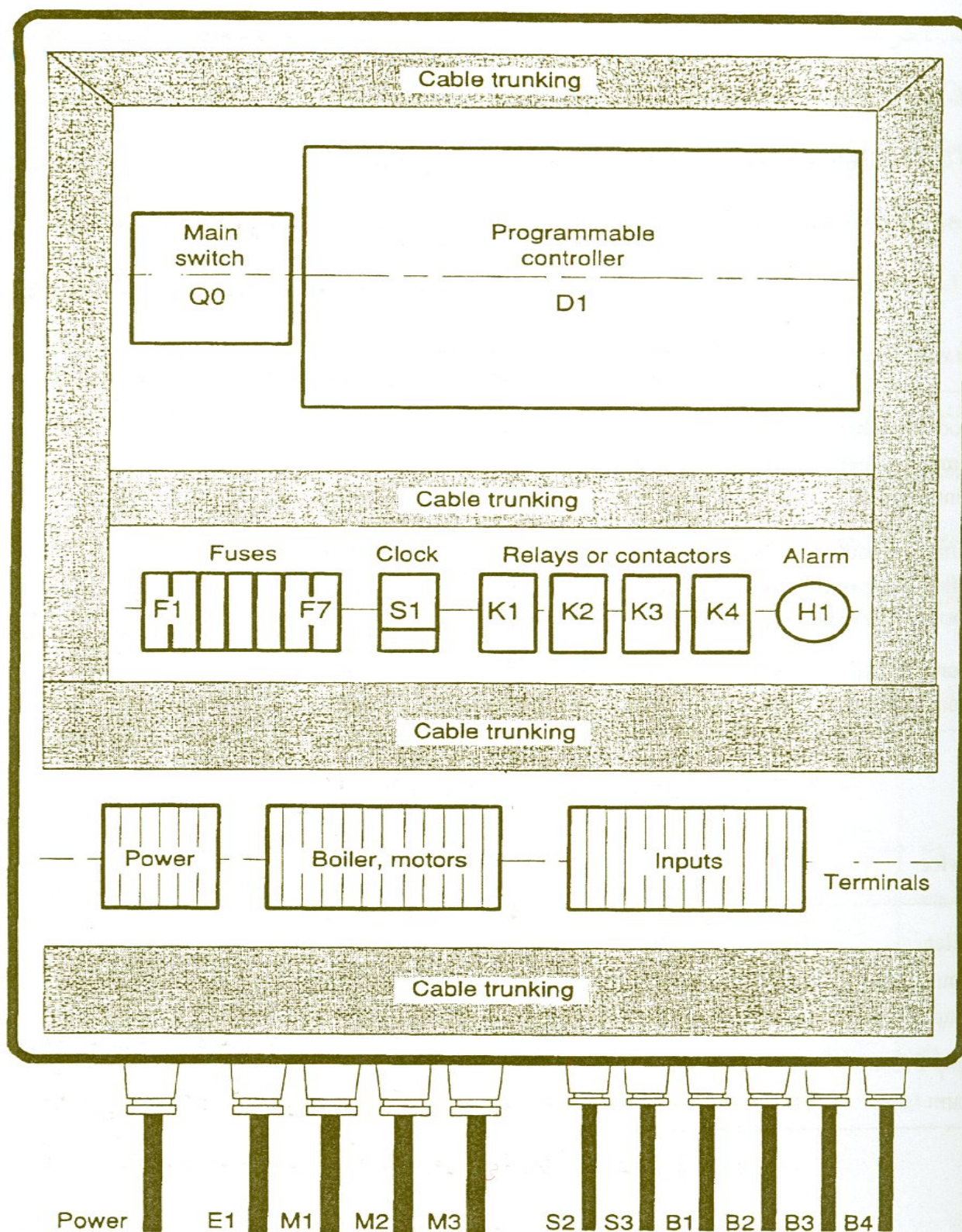


شکل (۴-۲) مدار اصلی پروژه

## ۴-۶- پانل و تابلو

شکل (۴-۳) یک ترتیب ممکن از تابلو کنترل را برای این پروژه نمایش می‌دهد. باید دقت نمود که نواحی مختلف برای کابل‌های ورودی، خروجی و قدرت در نظر گرفته شده است. از آنجا که PLC از دیگر المانها حرارت بیشتری تولید می‌کند در بالاترین جای ممکن قرار گرفته است.





شکل (۳-۴) نمونه‌ای از تابلو کنترل



## ۴-۷- مدار کنترل

جدول (۴-۱) و (۴-۲) ورودی‌ها و خروجی‌ها را بر اساس چهار نوع PLC مشخص می‌نماید. مدارهای کنترلی برای هر یک از PLCها در شکل‌های (۴-۴) و (۴-۷) آمده است. در هر حالت ورودی‌ها با ولتاژ  $24V\ d.c.$  انتخاب شده‌اند که این ولتاژ توسط خود PLC تولید می‌شود.

| Device             | Item | Input      |         |                |               |
|--------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                    |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Clock switch       | S1   | X400       | I0.0    | X001           | I 0,0*        |
| Summer select      | S2s  | X401       | I0.1    | X002           | I 0,1         |
| Winter select      | S2w  | X402       | I0.2    | X003           | I 0,2         |
| Burner lockout     | S3   | X403       | I0.3    | X004           | I 0,3         |
| Boiler water stat  | B1   | X404       | I0.4    | X005           | I 0,4         |
| Process water stat | B2   | X405       | I0.5    | X006           | I 0,5         |
| Room stat A        | B3   | X406       | I0.6    | X007           | I 0,6         |
| Room stat B        | B4   | X407       | I0.7    | X008           | I 0,7         |

## جدول (۴-۱) ورودی‌های کنترل کننده

| Device         | Item | Output     |         |                |               |
|----------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Boiler         | E1   | Y430       | Q2.0    | Y001           | O0,0          |
| Pump 1 Process | M1   | Y431       | Q2.1    | Y002           | O0,1          |
| Pump 2 Zone A  | M2   | Y432       | Q2.2    | Y003           | O0,2          |
| Pump 3 Zone B  | M3   | Y433       | Q2.3    | Y004           | O0,3          |
| Alarm lamp     | H1   | Y434       | Q2.4    | Y005           | O0,4          |

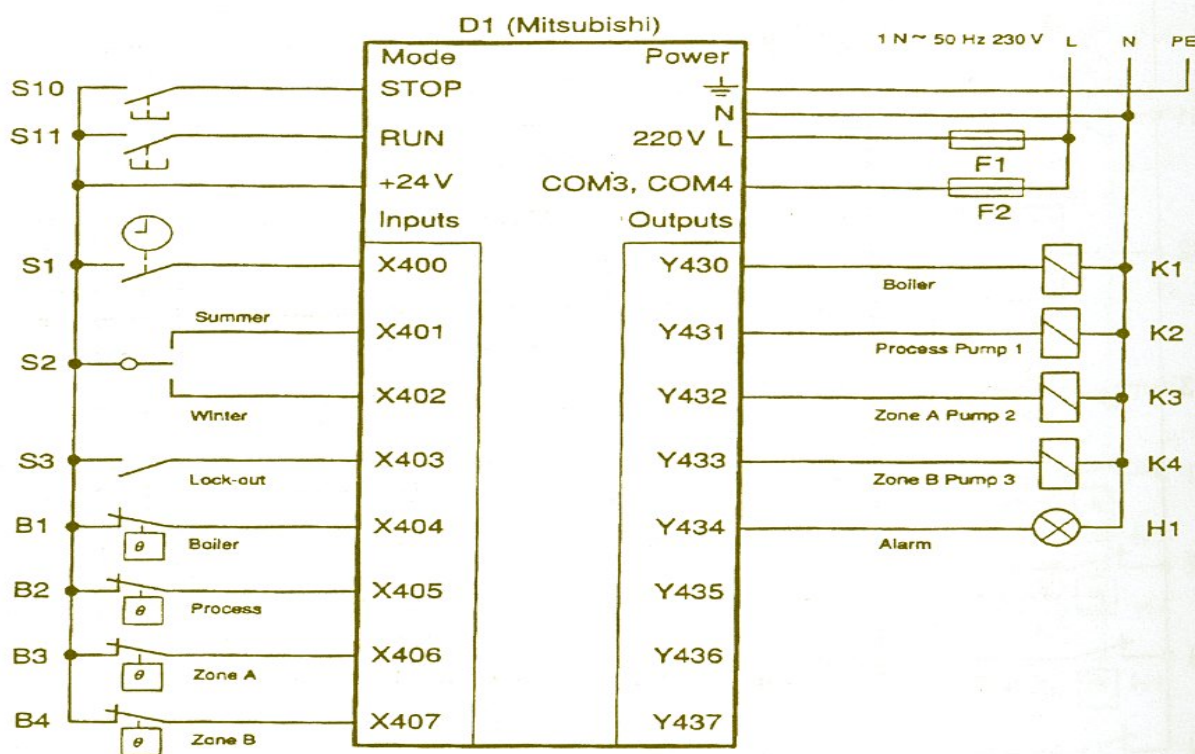
## جدول (۴-۲) خروجی‌های کنترل کننده

روی کنترل کننده برای هر ترموستات یا سوئیچ یک ورودی در نظر گرفته شده



است. اگر کنترل کننده از ساعت داخلی خود استفاده کند نیازی به سیگنال ساعت ورودی  $S1$  نیست. بنابراین این ورودی می تواند در کاربردهای دیگر مورد استفاده قرار گیرد. برای سوئیچ  $S2$  نیز دو ورودی منظور شده است که می توان آن را به یک ورودی متصل کرد و یک ورودی دیگر نیز آزاد خواهد شد. برای ترموستاتها فرض بر این است که تا رسیدن به دمای مورد نظر کنتاکت آنها بسته باشد. برای هر موتور، بویلر و لامپ سیگنال یک خروجی نیاز است. بنابراین ما از پنج خروجی استفاده می کنیم. تمام خروجی ها از مسیر فیوز  $F2$  محافظت می شوند و همه آنها در ولتاژ  $230V$  کار می کنند.

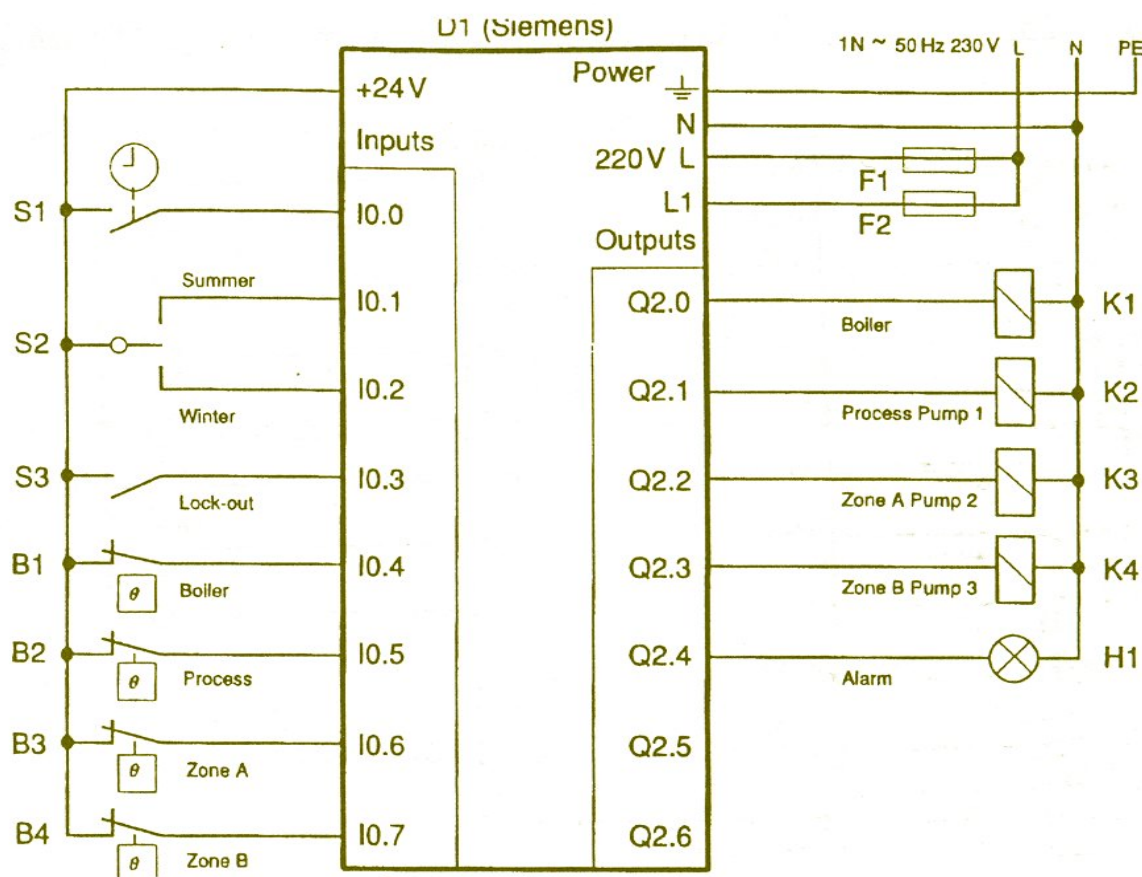
دیاگرام مداری برای  $PLC$  مدل  $F2-40MR-ES$  (با خروجی رله) از شرکت *Mitsubishi* در شکل (۴-۴) آمده است. سوئیچ های  $S10$  و  $S11$  به منظور توقف و



شکل (۴-۴) دیاگرام مداری  $PLC$  شرکت *Mitsubishi*

اجرای برنامه می‌باشند. این دو سوئیچ هیچ نقشی در برنامه کنترلی ندارند. در سمت خروجی ترمینال *COM3* مربوط به سر مشترک خروجی‌های *Y430-Y433* و *COM4* مربوط به سر مشترک خروجی‌های *Y434-Y437* می‌باشد. برای محافظت از رله‌های خروجی حتماً باید از مدار اسنابر (به شکل (۲-۱۳) رجوع شود) بطور موازی با رله‌ها استفاده نمود.

دیاگرام اتصالات برای *PLC* مدل *SIMATIC-S5-100U* در شکل (۴-۵) آمده است. حداقل ترکیب در این پروژه شامل یک منبع تغذیه، مدول *CPU*، یک مدول ورودی و یک مدول خروجی است. بهر حال با توجه به شکل (۲-۱۹) ما دو مدول ورودی و دو مدول خروجی روی *PLC* داریم.

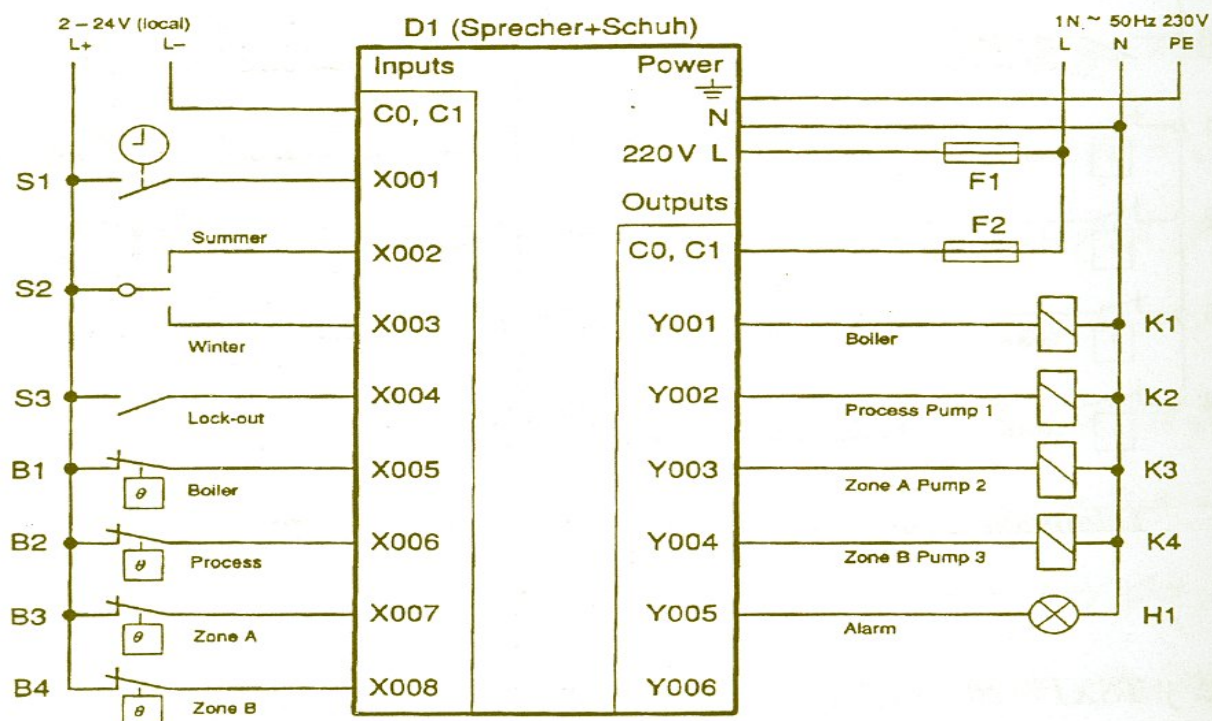


شکل (۴-۵) دیاگرام مداری *PLC* شرکت *Siemens*



تغذیه 24 ولت از مدول منبع تغذیه خارج می‌شود. سر مثبت تغذیه 24 ولت به عنوان مشترک به تمام ورودی‌ها متصل است. هر نوع مدول منبع تغذیه و یا هر نوع مدول *CPU* برای این پروژه قابل پذیرش است. مدولهای خروجی از نوع رله‌ای بوده که جریان نامی این رله‌ها 0.5 آمپر می‌باشد. در حالی که یک کنتاکتور کوچک حدود 0.03 آمپر جریان مصرف می‌کند. به این ترتیب هیچ مشکلی از بعد تغذیه نخواهیم داشت.

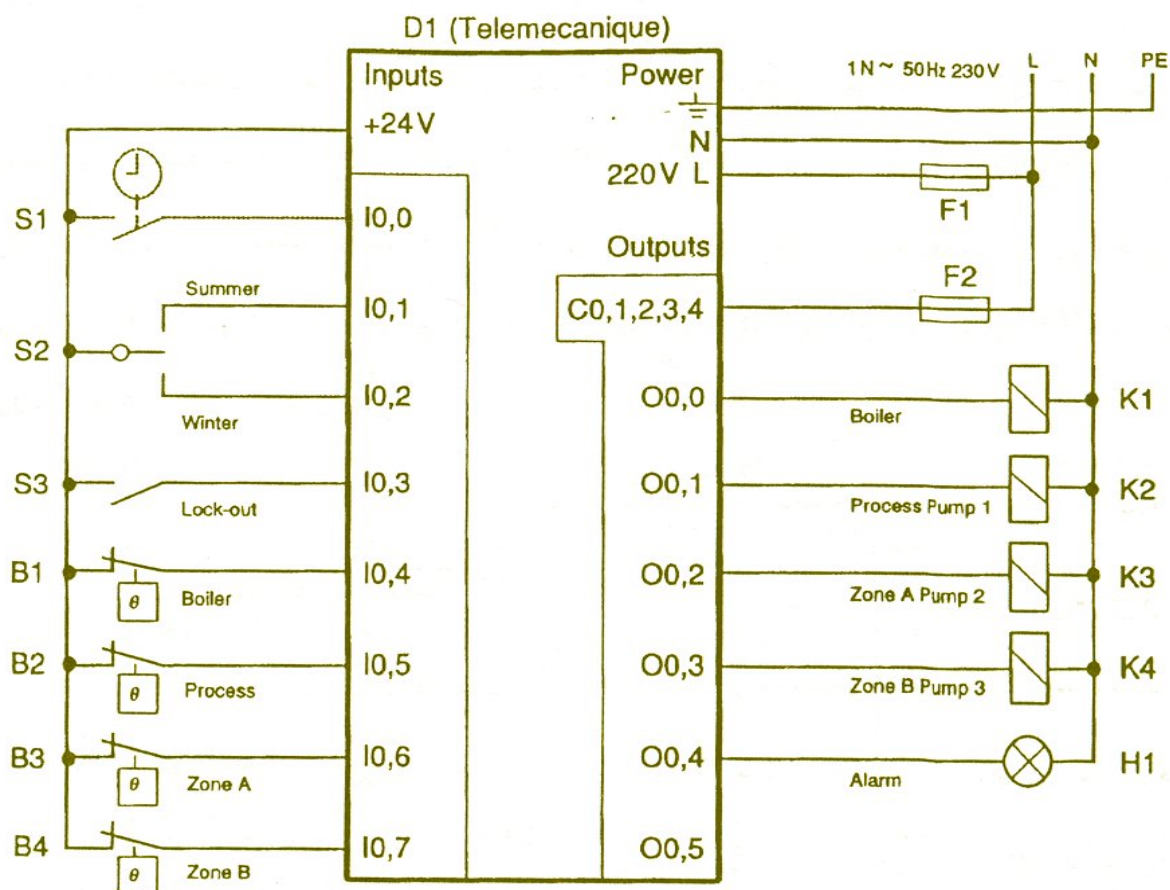
دیاگرام اتصالات برای *PLC* شرکت *Sprecher+Schuh* در شکل (۴-۶) نمایش داده شده است. مدل این *PLC* *SESTEP 240* می‌باشد. حداقل ساختار برای این پروژه مدول منبع تغذیه مدول *CPU* و یک مدول ورودی و یک مدول خروجی می‌باشد. همانگونه که در شکل (۲-۲۰) ملاحظه گردید در این نوع *PLC* دو مدول ورودی و دو مدول خروجی وجود دارد.



شکل (۴-۶) دیاگرام مداری *PLC* شرکت *Sprecher+Schuh*

ولتاژ 24 ولت DC از مدول منبع تغذیه می آید و همانند مدار قبلی سر مثبت بین تمام ورودی ها مشترک است.

در مدول خروجی که از نوع رله ای می باشد میزان جریان دهی خیلی بیشتر از میزان مصرف است. بنابراین مشکل تأمین توان در خروجی وجود ندارد. بکارگیری مدار اسنابر در دو سر هر یک از بوبین های  $K_1$  ,  $K_2$  ,  $K_3$  و  $K_4$  ضروری است.



شکل (۴-۷) دیاگرام مداری PLC شرکت Telemecanique

شکل (۴-۷) دیاگرام اتصالات کنترل کننده مدل TSX17-20 از شرکت Telemecanique را نشان می دهد. کنترل کننده ای که در این پروژه از آن استفاده



می شود مجهز به ساعت داخلی است بنابراین می توان وردی  $S_1$  را به منظوره‌های دیگر مورد استفاده قرار داد.

ساعت داخلی  $PLC$  ما را قادر می سازد که زمان روشن شدن و زمان توقف بویلر با توجه به روزهای تعطیل و روزهای پایان هفته برنامه ریزی نمائیم. برنامه ریزی زمان در این  $PLC$  با تابع  $H$  انجام می شود. خروجی این  $PLC$  از نوع رله‌ای بوده و قادر به تأمین جریان برای این پروژه است. ترمینال مشترک  $C_1$  ,  $C_2$  ,  $C_3$  و  $C_4$  به یکدیگر متصل شده بنابراین تمام خروجی‌ها در یک ولتاژ کار می کنند همانند دیگر  $PLC$  ها استفاده از مدار اسنابر روی بوبین  $K_1$  ,  $K_2$  ,  $K_3$  و  $K_4$  توصیه می شود.

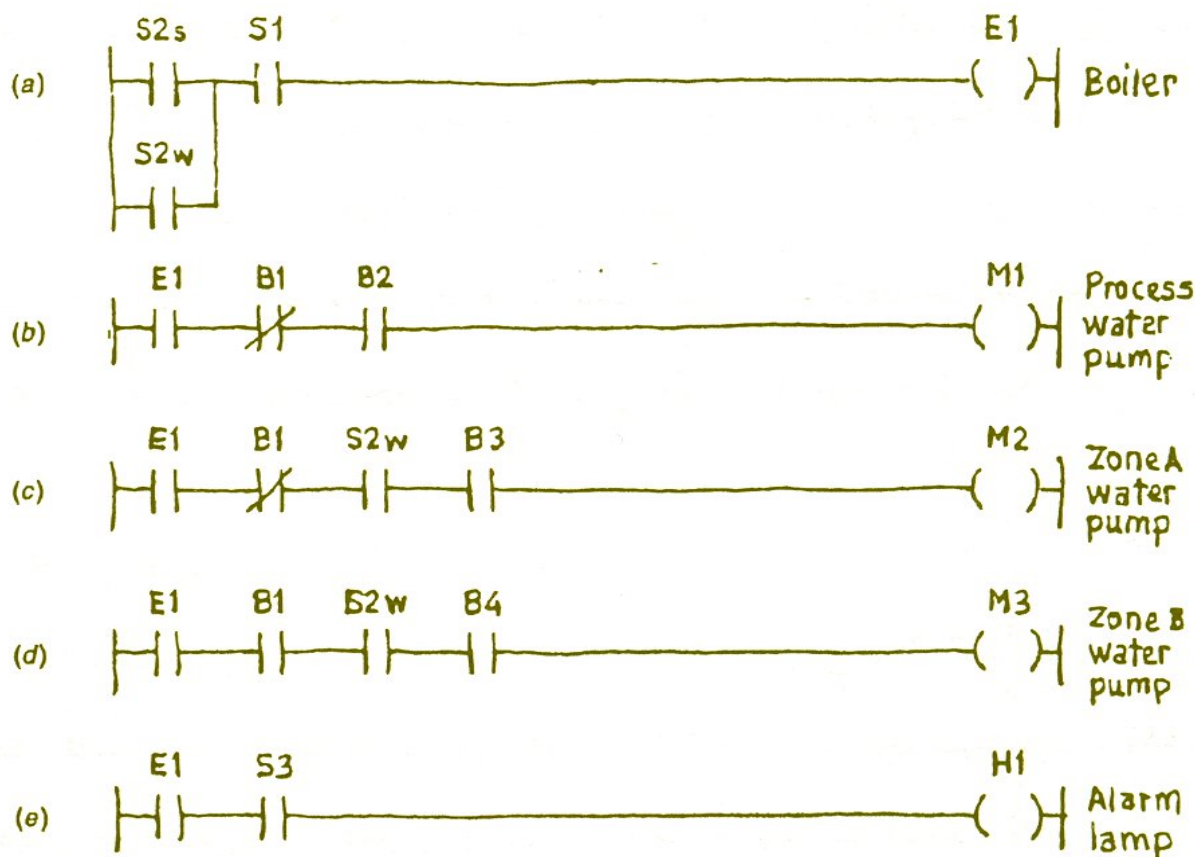
#### ۸-۴- برنامه

تعداد پنج خروجی داریم که باید کنترل شود. بنابراین دیاگرام نردبانی به پنج بخش تقسیم می شود که هر یک از آنها یک خروجی را کنترل می نماید. دیاگرام نردبانی می تواند به فرم عمومی و تنها با اسامی موجود در دستگاه باشد که در این صورت دیاگرام نردبانی شکل (۸-۴) را خواهیم داشت. بعداً این اسامی با شماره‌های واقعی ورودی و خروجی تعریف شده در یک  $PLC$  خاص جابجا شده و به کنترل کننده اعمال می شود.

در شکل (۸-۴a) کنترل بویلر نشان داده شده است. بویلر با فرمان  $S_2$  (در حالت زمستان  $S_{2w}$  و تابستان  $S_{2s}$ ) روشن شده و تا زمانی که ساعت  $S_1$  به انتها برسد روشن باقی می ماند. باید این نکته را یادآوری نمود که بویلر مجهز به مدار کنترل اتوماتیک

داخلی است و PLC تنها باید آن را روشن و یا خاموش کند.

شکل (۴-۸b) کنترل پمپ سیستم را مشخص می‌نماید. زمانی این پمپ روشن می‌شود که بویلر  $E1$  روشن باشد. در صورتی که دمای آب بویلر از حد مجاز بیشتر



شکل (۴-۸) دیاگرام نردبانی عمومی سیستم کنترل

شود پمپ باید خاموش گردد. ضمن اینکه برای روشن شدن پمپ فوق حتماً باید آب سیستم نیاز به گرم شدن داشته باشد.

شکل (۴-۸c) کنترل گرم نمودن فضای ناحیه A را مشخص می‌کند. پمپ  $M2$  وقتی روشن می‌شود که اولاً بویلر روشن باشد ثانیاً دمای آب بویلر از حد مجاز بیشتر



نشده باشد و سوئیچ  $S_2$  در حالت زمستان بوده و دمای ناحیه  $A$  نیز از حد مجاز بیشتر نشده باشد.

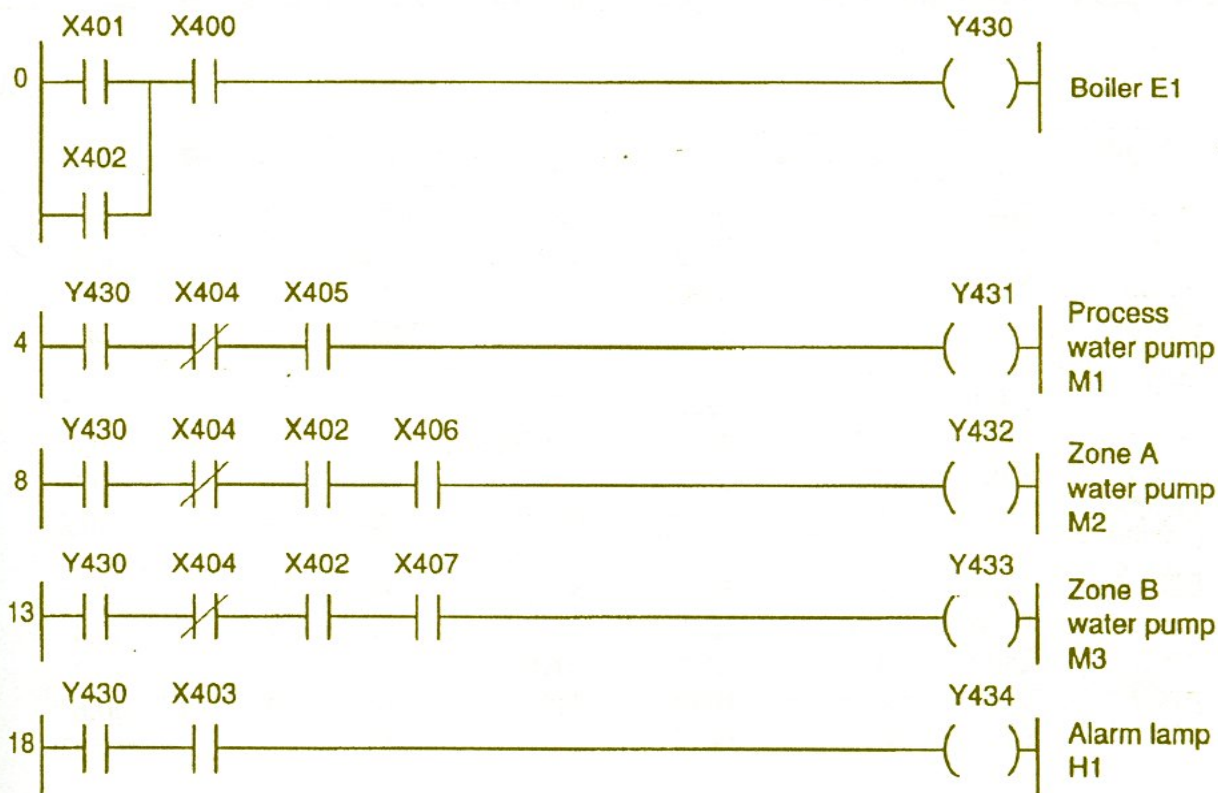
شکل (۴-۸d) کنترل عملیات گرم کردن فضای ناحیه  $B$  را مشخص می‌کند. پمپ  $M_3$  وقتی روشن می‌شود که بویلر روشن بوده و دمای آب بویلر از حد مجاز بیشتر نشده و سوئیچ  $S_2$  نیز در حالت زمستان و دمای ناحیه  $B$  از حد مجاز بیشتر نشده باشد.

| Mitsubishi |      | Siemens |      | Sprecher+Schuh |      | Telemecanique |      |
|------------|------|---------|------|----------------|------|---------------|------|
| LD         | X401 | A       | I0.1 | STR            | X002 | L             | I0,1 |
| OR         | X402 | O.      | I0.2 | OR             | X003 | O             | I0,2 |
| AND        | X400 | A       | I0.0 | AND            | X001 | A             | I0,0 |
| OUT        | Y430 | =       | Q2.0 | OUT            | Y001 | =             | O0,0 |
| LD         | Y430 | A       | Q2.0 | STR            | Y001 | L             | O0,0 |
| ANI        | X404 | AN      | I0.4 | AND NOT        | X005 | AN            | I0,4 |
| AND        | X405 | A       | I0.5 | AND            | X006 | A             | I0,5 |
| OUT        | Y431 | =       | Q2.1 | OUT            | Y002 | =             | O0,1 |
| LD         | Y430 | A       | Q2.0 | STR            | Y001 | L             | O0,0 |
| ANI        | X404 | AN      | I0.4 | AND NOT        | X005 | AN            | I0,4 |
| AND        | X402 | A       | I0.2 | AND            | X003 | A             | I0,2 |
| AND        | X406 | A       | I0.6 | AND            | X007 | A             | I0,6 |
| OUT        | Y432 | =       | Q2.2 | OUT            | Y003 | =             | O0,2 |
| LD         | Y430 | A       | Q2.0 | STR            | Y001 | L             | O0,0 |
| ANI        | X404 | AN      | I0.4 | AND NOT        | X005 | AN            | I0,4 |
| AND        | X402 | A       | I0.2 | AND            | X003 | A             | I0,2 |
| AND        | X407 | A       | I0.7 | AND            | X008 | A             | I0,7 |
| OUT        | Y433 | =       | Q2.3 | OUT            | Y004 | =             | O0,3 |
| LD         | Y430 | A       | Q2.0 | STR            | Y001 | L             | O0,0 |
| AND        | X403 | A       | I0.3 | AND            | X004 | A             | I0,3 |
| OUT        | Y434 | =       | Q2.4 | OUT            | Y005 | =             | O0,4 |
| END        |      |         |      | END            |      |               |      |

جدول (۴-۳) لیست برنامه‌های چهار نوع PLC

شکل (۴-۸e) کنترل لامپ آلام را نشان می دهد. در صورتی که بویلر روشن و سنسور S3 یعنی Lock- Out فعال باشد لامپ روشن می شود.

شکل های (۴-۹) تا (۴-۱۲) دیاگرام نردبانی سیستم حرارتی در ۴ نوع PLC را نشان می دهد. برای آشنایی بیشتر دیاگرام به صورت تکه تکه نشان داده شده است که در عمل باید پیوسته باشد.

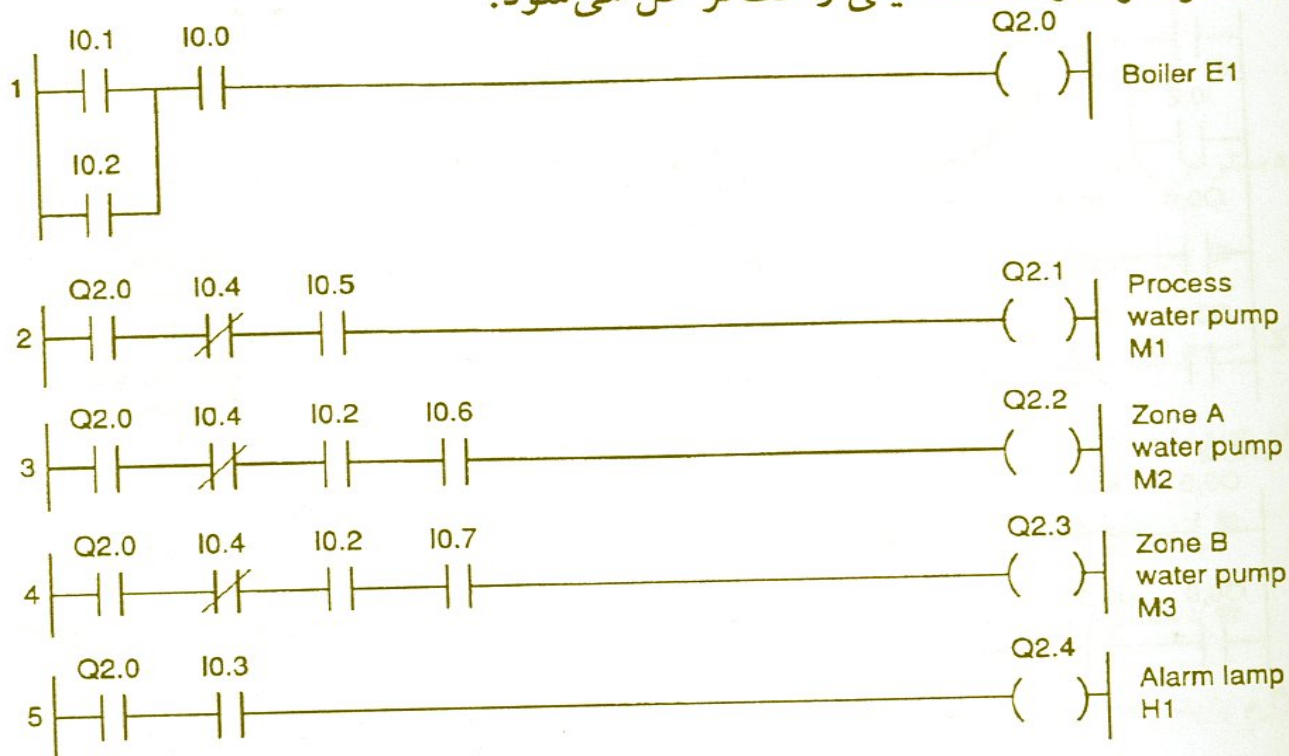


شکل (۴-۹) دیاگرام نردبانی سیستم حرارتی PLC شرکت Mitsubishi

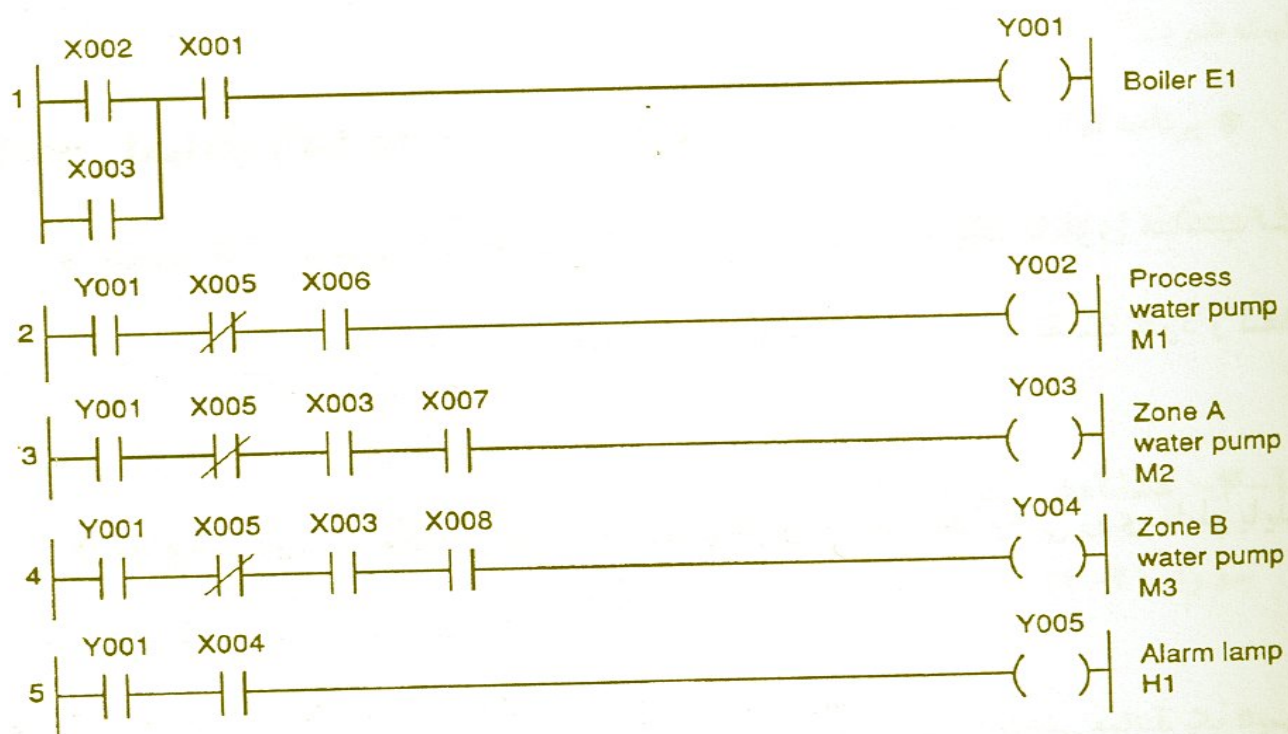
با ملاحظه جدول (۵-۳) و شکل های (۴-۹) تا (۴-۱۲) تشابه بسیار زیاد برنامه نویسی در PLC های مختلف پدیدار می شود. نکته جالب در این است که در تمام دیاگرام از توابع AND و OR استفاده شده است. از این پروژه یاد می گیریم که یک پروژه هر چند بزرگ وقتی به چند پروژه کوچک تبدیل شود مسیر اجرا را خیلی



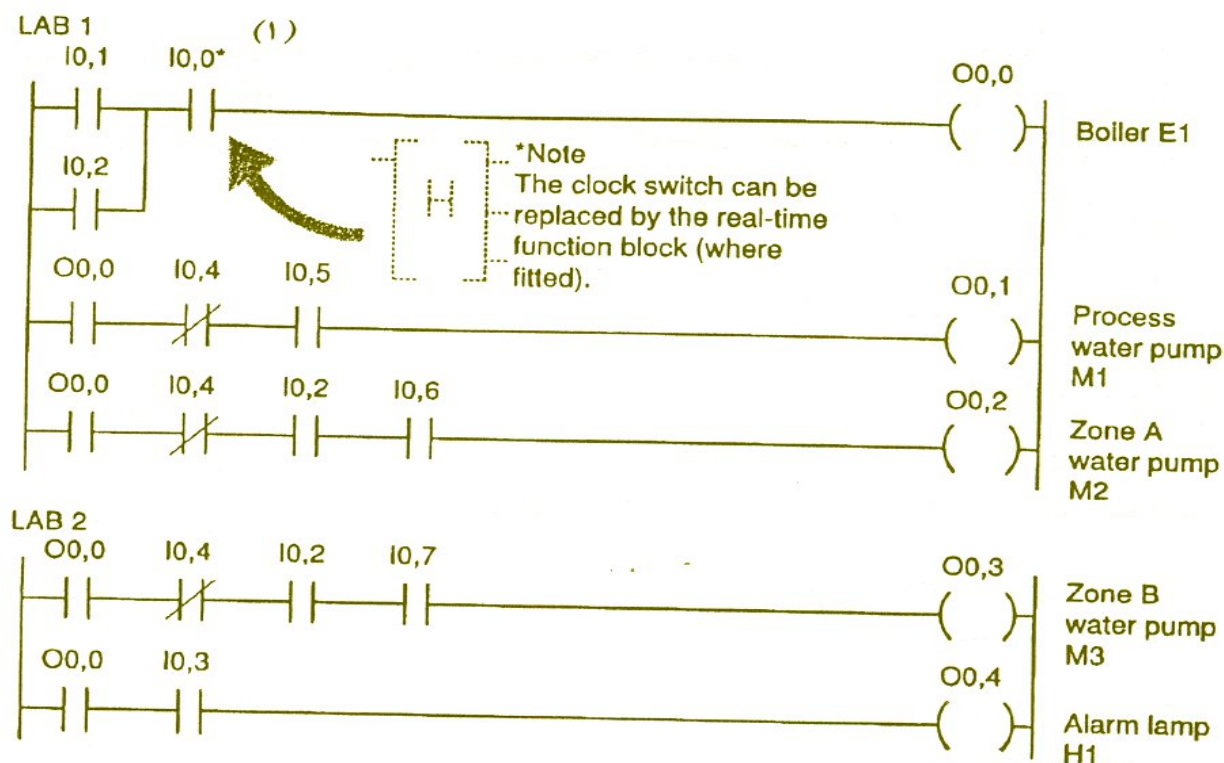
ساده تر نموده و مسئله خیلی راحت تر حل می شود.



شکل (۴-۱۰) دیاگرام نردبانی سیستم حرارتی PLC شرکت Siemens



شکل (۴-۱۱) دیاگرام نردبانی سیستم حرارتی PLC شرکت Sprecher+Schuh



شکل (۱۲-۴) دیاگرام نردبانی سیستم حرارتی PLC شرکت Telemecanique

## ۹-۴- اجراء و راه اندازی

- سخت افزار سیستم باید خریداری و مونتاژ شده و در یک تابلوی مناسب سیم بندی شود. این تابلو باید در یک نقطه مناسب و امن از دستگاه نصب شود و نقشه سیم بندی نیز در آن قرار داده شود.
- تمام سیمهای دستگاه از طریق ترمینالهای ورودی و خروجی روی تابلو باید با

۱- به جای این ورودی می توان از ساعت داخلی PLC استفاده نمود. ساعت داخلی همانند یک تایمر کار می کند و باید برنامه ریزی شود.



تابلو در ارتباط باشند. برای کابلها باید گلند مناسب در نظر گرفته شود.

● نرم افزار باید به داخل *PLC* منتقل شده و نکات مهم مربوط به برنامه باید در دسترس باشد.

● در سیم کشی دستگاه هر ورودی و هر خروجی باید تست شود تا مشخص گردد که سیم کشی درست انجام شده است. برای این کار حتماً یک چک لیست تهیه شده و در صورت تغییرات چک لیست نیز تغییر یابد.

● در نصب هر *PLC* توصیه های شرکت های سازنده باید کاملاً اجرا شود.

● دستگاه باید به صورت آزمایشی در هر مرحله تست شود و هر گونه اصلاحات لازم باید انجام و ثبت شود (رویه گفته شده در بخش (۱۰-۴) اجرا گردد).

● دستگاه باید برای تمام کار خود تست شده و هر گونه اصلاحات لازم انجام و ثبت شود.

● برنامه نهایی ذخیره شده و یک کپی از برنامه به عنوان *Back up* در یک حافظه یا دیسکت و یا نوار کاست ضبط گردد. در بعضی از *PLC* های کوچک امکان ضبط برنامه بصورت سیگنال صوتی روی نوار کاست وجود دارد.

#### ۱۰-۴- مشابه سازی<sup>(۱)</sup>

جدول (۴-۴) مراحل مشابه سازی و تست پاسخ کنترل کننده به ورودی هایی که

به صورت غیر اتوماتیک فعال می شوند را نمایش می دهد. توصیه می شود که تستهای مشابه سازی توسط یک نفر غیر از برنامه نویس سیستم انجام گردد و پاسخ کنترل کننده در هر مرحله تست شود.

| Step | Condition to be set                  | Remarks                          |
|------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1    | S1, S2, S3 off. B1, B2, B3, B4 on    | Manual settings, cold conditions |
| 2    | S2 set to winter. RUN the program    | Program runs but no output on    |
| 3    | S1 set to on (clock switch)          | Boiler E1 runs                   |
| 4    | B1 set to off (boiler up to temp)    | Pumps M1, M2 and M3 run          |
| 5    | B2 set to off (calorifier water hot) | Pump M1 stops                    |
| 6    | B2 set to on (calorifier water cool) | Pump M1 starts again             |
| 7    | B3 set to off (zone A warm)          | Pump M2 stops                    |
| 8    | B3 set to on (zone A cool)           | Pump M2 starts again             |
| 9    | B4 set to off (zone B warm)          | Pump M3 stops                    |
| 10   | B4 set to on (zone B cool)           | Pump M3 starts again             |
| 11   | S1 set to off (clock switch)         | All outputs off                  |
| 12   | S2 set to summer                     | No effect                        |
| 13   | S1 set to on, B1 still off           | Boiler E1 runs, Pump M1 runs     |
| 14   | B2 set to off (calorifier water hot) | Pump M1 stops                    |
| 15   | B3 and B4 set to off (zones cool)    | No effect                        |
| 16   | S3 set to on (at any time)           | Alarm operates                   |

جدول (۴-۴) مراحل مشابه سازی برای پروژه حرارتی



## فصل پنجم

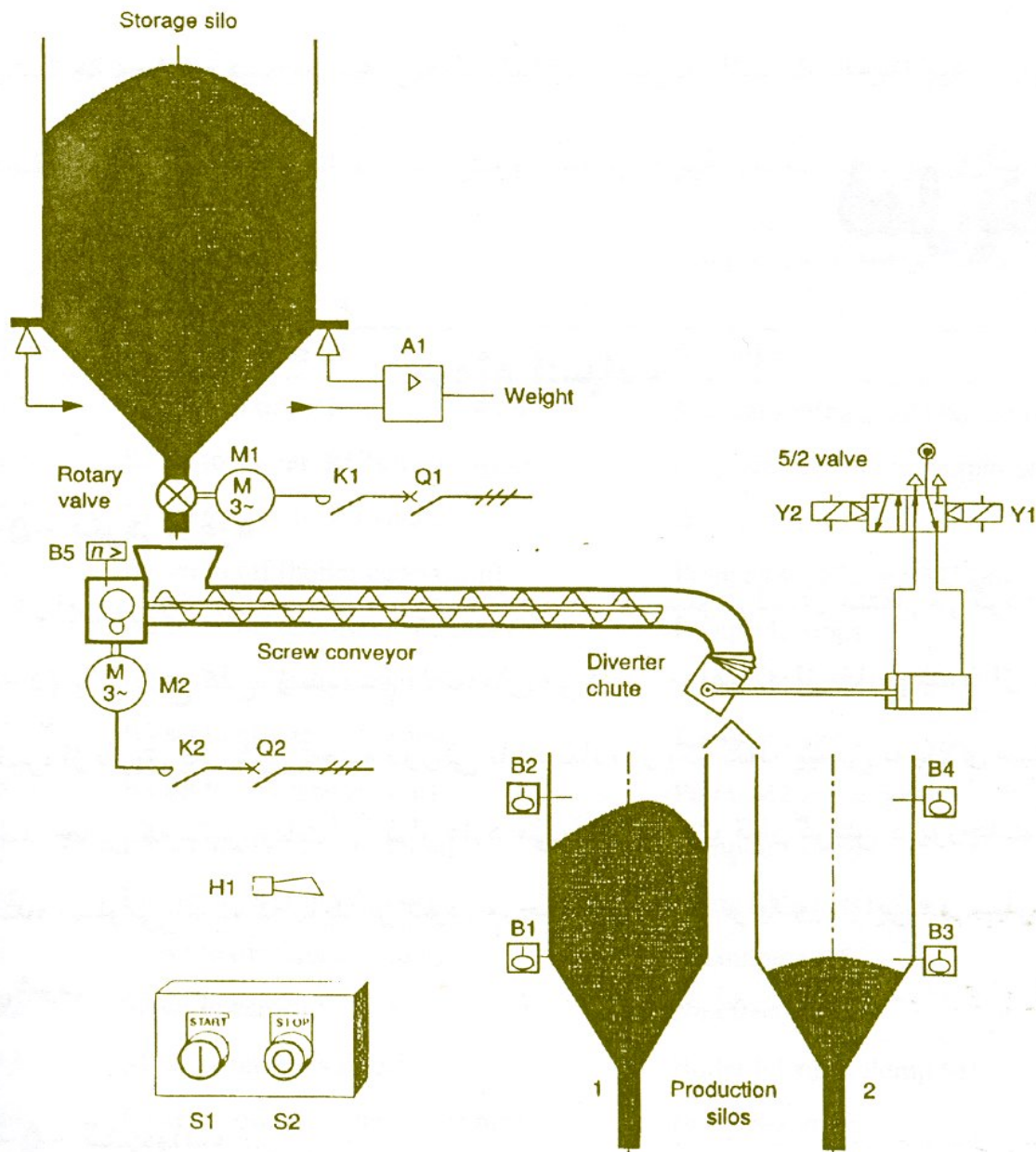
### پروژه آسیاب

#### ۱-۵- شرح پروژه

در این پروژه مواد از یک سیلوی ذخیره به دو سیلو تولیدی منتقل می‌گردد شکل (۱-۵) یک طرح کلی از سیستم را نمایش می‌دهد. مواد بعد از خارج شدن از سیلوی ذخیره از طریق یک شیر تخلیه دورانی با استفاده از یک نقاله پیچی به بالای سیلوهای تولید جایی که دایورچات<sup>(۱)</sup> قرار دارد می‌رسد. جهت قرار گرفتن دایورچات تعیین کننده سیلویی است که باید پر شود. مرحله دیگر کار تولیدی از این دو سیلو شروع می‌شود.

#### ۲-۵- تجهیزات

- فرآیند باید با استفاده از یک PLC بطور اتوماتیک کار کند.
- هر موتور یک کنتاکتور مخصوص به خود داشته که به کنتاکتهای کمکی<sup>(۲)</sup> مجهز است.
- یک آژیر جهت آلام اصلی در نظر گرفته شده است.



شکل (۱-۵) پروژه آسیاب

- یک جک پنوماتیک با شیر 5/2 (دارای پنج سر و دو حالت می باشد) موقعیت دایورتراچات را کنترل می کند.
- یک سرعت سنج به گیربکس سیستم نقاله متصل است که دوران مثبت را مشخص می کند.



- برای کنترل کلی سیستم یک سوئیچ *Start* و *Stop* در نظر گرفته شده است.
- لود سل ها (سنسورهای اندازه گیری وزن) وزن مواد موجود در سیلوی ذخیره را به صورت سیگنال در اختیار ما قرار می دهد.
- سنسورهای سطح مواد در داخل هر یک از سیلوهای تولید وجود دارند و دو سطح *Low* و *High* را تشخیص می دهند.

### ۳-۵- مشخصات

- ۱- فرآیند با فشردن سوئیچ *Start* یا *S1* شروع و با فشردن *S2* یا *Stop* در هر لحظه متوقف می شود.
- ۲- زمانی که برای تولید یک بیچ، مواد در سیلو موجود باشد لودسل *A1* سیگنال *Weight ok* را به ما می دهد و اگر مواد به اندازه کافی نباشد آژیر به صدا در خواهد آمد.
- ۳- پر کردن سیلوهای تولیدی زمانی انجام می شود که سیستم *Start* شده و سنسورهای *B1* و یا *B3* فعال و سنسور وزن یعنی *A1* نیز فعال باشد. برای پر کردن سیلوی *I* کافی است *Y1* فعال شود.
- ۴- اگر نقاله اسکرو (پیچی) روشن شود یک سیگنال مثبت در سنسور *B5* ایجاد می شود.
- ۵- وقتی *K1* فعال می شود شیر دورانی موتور دار باز شده و مواد از سیلو ذخیره برداشته می شود.
- ۶- وقتی سیلوی *I* پر شد با فعال نمودن *Y2* جهت دایورتر به سمت سیلوی *2* منتقل می شود.
- ۷- وقتی سیلوی *2* پر شد شیر دورانی موتور دار و نقاله از کار می ایستند.

۸- اگر نقاله به هر دلیل متوقف شود شیر دورانی نیز باید بسته شود.

۹- هر گونه افت بار برای موتورهای  $M_1$  و  $M_2$  باعث به صدا درآمدن آژیر

می شود.

۱۰- پر کردن مجدد وقتی انجام می شود که هر دو سیلوی تولیدی خالی شوند.

#### ۴-۵- حل مسئله

راه حل در اجرای سه مرحله خلاصه می شود:

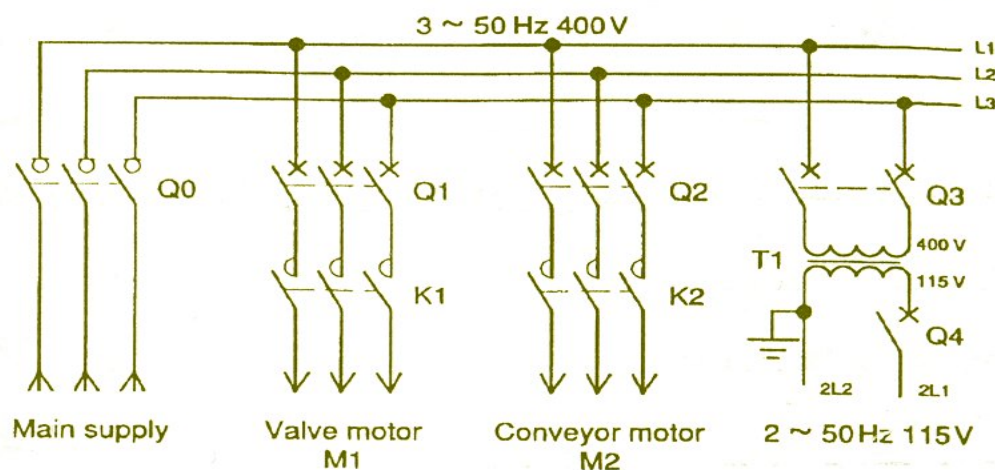
- مدار اصلی
- مدار کنترل
- برنامه کنترل

#### ۵-۵- مدار اصلی

شکل (۵-۲) مدار اصلی را نشان می دهد. در این مدار تغذیه موتورها، شیرهای

برقی فراهم می گردد. ترانس  $T_1$  به منظور ایجاد ایزلاسیون بین مدار کنترل و مدار

اصلی در نظر گرفته شده است.



شکل (۵-۲) مدار اصلی سیستم آسیاب



## ۵-۶- مدار کنترل

جدول (۵-۱) و (۵-۲) ورودی‌ها و خروجی‌های این پروژه را نشان می‌دهند. برای هر سنسور و یا سوئیچ یک ورودی روی کنترل کننده منظور شده است بنابراین به ۱۰ ورودی نیاز داریم. تیغه‌های کمکی روی قطع کن‌های بی متال  $Q1$  و  $Q2$  نیز به عنوان ورودی در نظر گرفته شده‌اند. چرا که زمان صدور فرمان به خروجی کنترل کننده باید از بسته بودن قطع کن‌ها مطمئن باشد.

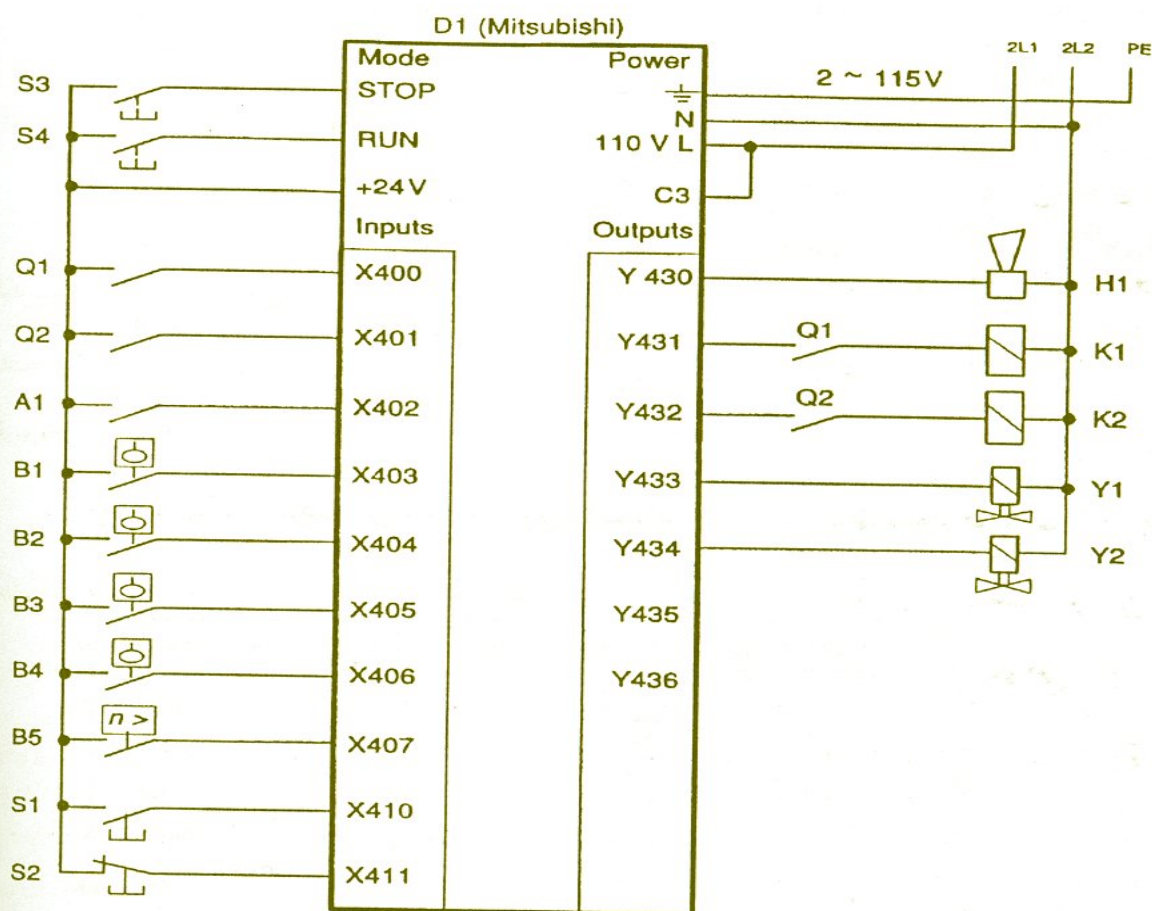
| Device            | Item | Input      |         |                |               |
|-------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                   |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Circuit breaker   | Q1   | X400       | I0.0    | X001           | I0,0          |
| Circuit breaker   | Q2   | X401       | I0.1    | X002           | I0,1          |
| Weight OK         | A1   | X402       | I0.2    | X003           | I0,2          |
| Silo 1 low-level  | B1   | X403       | I0.3    | X004           | I0,3          |
| Silo 1 high-level | B2   | X404       | I0.4    | X005           | I0,4          |
| Silo 2 low-level  | B3   | X405       | I0.5    | X006           | I0,5          |
| Silo 2 high-level | B4   | X406       | I0.6    | X007           | I0,6          |
| Speed detector    | B5   | X407       | I0.7    | X008           | I0,7          |
| Start switch      | S1   | X410       | I1.0    | X009           | I0,8          |
| Stop switch       | S2   | X411       | I1.1    | X010           | I0,9          |

## جدول (۵-۱) ورودی‌های کنترل کننده

| Device           | Item | Output     |         |                |               |
|------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                  |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Alarm hooter     | H1   | Y430       | Q2.0    | Y001           | O0,0          |
| Rotary valve     | K1   | Y431       | Q2.1    | Y002           | O0,1          |
| Conveyor         | K2   | Y432       | Q2.2    | Y003           | O0,2          |
| Solenoid valve 1 | Y1   | Y433       | Q2.3    | Y004           | O0,3          |
| Solenoid valve 2 | Y2   | Y434       | Q2.4    | Y005           | O0,4          |

## جدول (۵-۲) خروجی‌های کنترل کننده

سنسورهای اندازه گیری سطح، زمانی عمل می کنند که مواد آنها را پوشانده باشد. سنسور وزن سیلوی ذخیره وقتی فعال می شود که وزن سیلو از حداقل تعیین شده بیشتر باشد. برای هر یک از موتورها و شیرها و آژیر یک خروجی نیاز داریم. بنابراین در این پروژه کنترل کننده پنج خروجی خواهد داشت. برای اطمینان بیشتر فرمان موتورها از رله های قطع کن نیز عبور می کند تا ضریب اطمینان افزایش یابد. تمامی بوبین ها متناسب با ولتاژ نامی انتخاب شده اند. دیاگرام اتصالات در شکل (۳-۵) و شکل (۴-۵) از روی جدول ورودی و خروجی بدست آمده است. در هر حال ولتاژ کاری ورودی ها  $24V\ d.c.$  انتخاب شده است که در خود PLC تولید می شود.



شکل (۳-۵) دیاگرام اتصالات برای PLC شرکت Mitsubishi



در دیاگرام مداری شکل (۳-۵) که مربوط به *PLC* شرکت *Mitsubishi* است سوئیچ‌های  $S_3$  و  $S_4$  جهت فرمان *RUN* و *Stop* در نظر گرفته شده‌اند. از آنجا که تغذیه خروجی  $115V\ a.c.$  است استفاده کننده، باید در اتصال ترمینالها دقت کند. سوئیچ  $S_2$  نیز از نوع عادی بسته انتخاب شده است بنابراین همیشه وصل بوده و در زمانی که سوئیچ فشرده می‌شود ارتباط و سیگنال این سوئیچ قطع خواهد شد.

از آنجا که همه خروجی‌ها دارای خاصیت اندکتیو (سلفی) هستند از مدار اسنابر برای محدود کردن میزان خسارت به رله‌های خروجی باید استفاده شود.

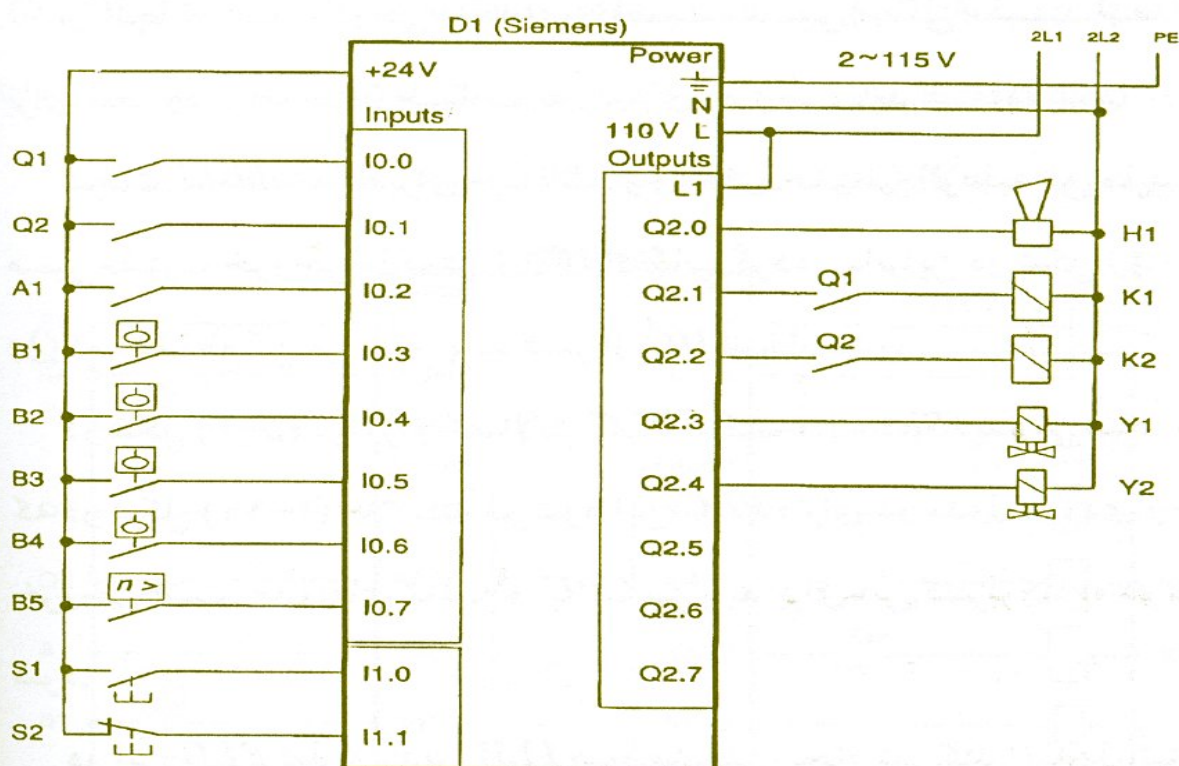
شرکت *Mitsubishi* برای حفاظت از رله‌های خروجی توصیه می‌نماید که فیوز مسیر مشترک خروجی‌ها کمتر از  $10^4$  انتخاب گردد. بنابراین در شکل (۲-۵) مقدار  $Q_4$  که یک قطع کن می‌باشد باید کمتر از  $10^4$  انتخاب شود.

در شکل (۴-۵) دیاگرام اتصالات *PLC* شرکت *Siemens* دیده می‌شود. همانگونه که در شکل (۱۹-۲) ملاحظه می‌شود این *PLC* دارای دو مدول ورودی و دو مدول خروجی است. مدولهای تغذیه و *CPU* نیز باید برای این کنترل کننده در نظر گرفته شود.

در این *PLC* تغذیه  $115V\ a.c.$  هیچ مشکلی ایجاد نمی‌کند. مدول تغذیه این *PLC* بطور اتوماتیک با ولتاژ  $115V$  یا  $230V\ a.c.$  خود را وفق می‌دهد. در این جا نیز باید اشاره شود که سوئیچ  $S_2$  یک سوئیچ عادی بسته است. سوئیچ‌های  $S_1$  و  $S_2$  به مدول  $I$  ورودی متصل شده‌اند. بنابراین آدرسهای آنها به ترتیب  $I1.0$  و  $I1.1$  می‌باشد.

از آنجا که همه خروجی‌ها خاصیت اندکتیو دارد بکارگیری مدار اسنابر ضروری است.

مسئله اضافه جریان در مدارهای خروجی در PLC های شرکت Siemens به واسطه نوع طراحی مطرح نیست و این شرکت هیچ توصیه ای در این زمینه ندارد. بر اساس یک قاعده کلی بهتر است که میزان جریان در یک محدوده نرمال تعیین شود. هر رله خروجی در حالت نامی  $0.5^4$  جریان دهی دارد. بنابراین برای هشت خروجی در یک مدول به نظر می رسد که یک فیوز با قطع کن با جریان  $4^4$  در نظر گرفته شود.



شکل (۴-۵) دیاگرام اتصالات برای PLC شرکت Siemens

## ۵-۷- برنامه کنترل

در این پروژه پنج خروجی باید کنترل شوند. از آنجا که برای سوئیچ های Start و

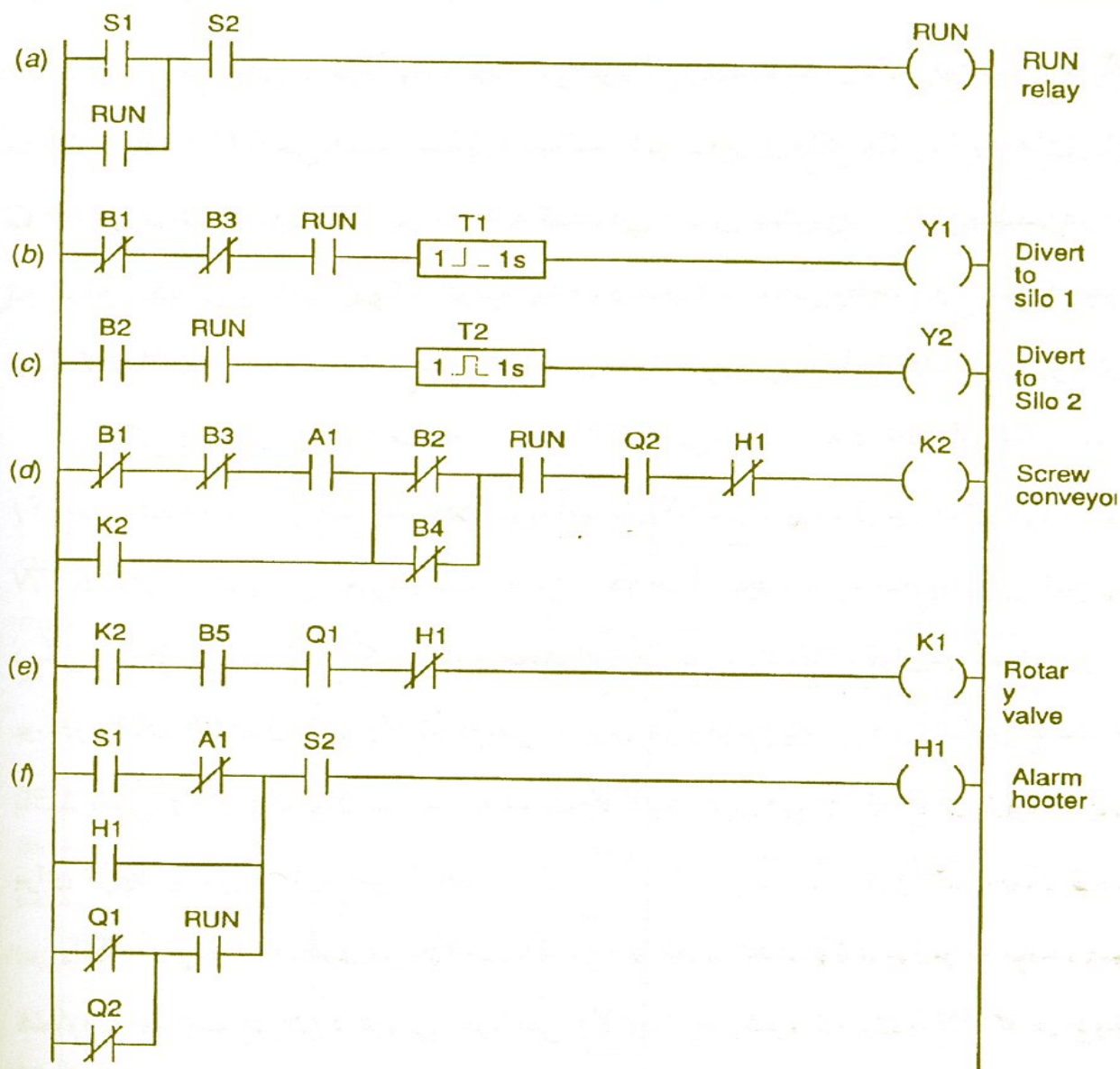


*Stop* از نوع برگشتی بافتر<sup>(۱)</sup> استفاده می‌شود لازم است که از یک رله اضافی دیگر که ما آن را رله *RUN* می‌نامیم استفاده نمائیم. این رله در واقع یکی از رله‌های داخلی *PLC* می‌تواند باشد. بنابراین برنامه کنترلی دارای شش جزء می‌باشد. در ابتدا دیاگرام نردبانی با نامهای بکارگرفته شده در سیستم اصلی ساخته و سپس در هر یک از *PLC*ها بسته به مورد، آدرسهای ورودی و یا خروجی آنها را جایگزین می‌نماییم. در شکل (۵-۵) رانگ *a* مربوط به رله *RUN* می‌باشد. رله داخلی *RUN* با سیگنال *S1* فعال شده و در این شرایط باقی می‌ماند تا *S2* فشرده شود (خود نگهدار) وقتی رله *RUN* فعال است بدین معنی است که تولید در حال انجام می‌باشد بنابراین این رله در دیگر مراحل برنامه نیز چک شده و محتوای آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در رانگ *b* کنترل شیر *Y1* انجام می‌پذیرد. در زمانی که هر دو سیلوی تولید خالی باشد یعنی *B1* و *B3* فعال نباشند به مدت *I* ثانیه خروجی *Y1* فعال می‌شود. تایمر *T1* برای تولید پالس *I* ثانیه می‌باشد.

رانگ *c* مربوط به خروجی *Y2* می‌باشد که با فعال شدن *Y2* دایورتر به سمت سیلوی شماره ۲ هدایت می‌شود. وقتی خروجی *Y2* فعال می‌شود که *B2* و *RUN* هر دو فعال باشند. آنگاه یک پالس به مدت *I* ثانیه به *Y2* اعمال می‌شود. تایمر *T2* برای تولید پالس *I* ثانیه می‌باشد.

در رانگ *d* نحوه راه اندازی نقاله مارپیچ (اسکرو) توسط *K2* مشخص شده است. در صورتی که *B1* و *B3* غیر فعال باشند یعنی هر دو سیلو خالی باشد و سنسور وزن سیلوی ذخیره یعنی *A1* نیز فعال باشد نقاله روشن شده و روشن باقی می‌ماند (چراکه



شکل (۵-۵) دیاگرام نردبانی عمومی برای پروژه آسیاب

تیغه  $K_2$  با حاصل سری  $B_1$  و  $B_3$  و  $A_1$  موازی شده است). تا زمانی که  $B_2$  و  $B_4$  فعال نشوند و یا آلام فعال نشده و  $Q_2$  نیز بسته باشد. از آنجا که نقاله مارپیچ در موقع پر شدن سیلوی ۱ و سیلوی ۲ باید روشن باشد. بر این اساس تیغه‌های عادی بسته  $B_2$  و  $B_4$  با هم موازی شده‌اند.

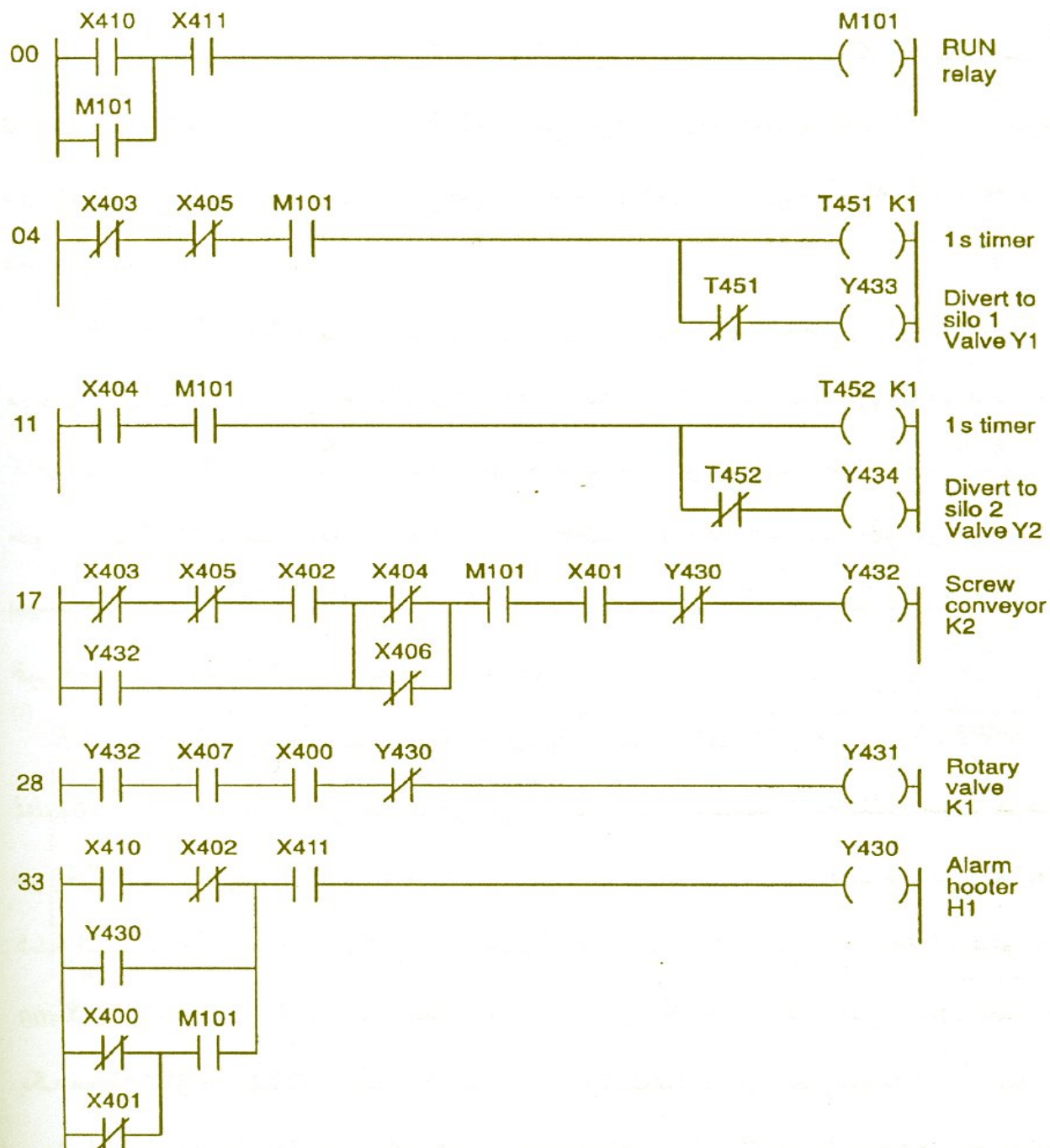


در رانگ  $e$  کنترل شیر دورانی که برای تخلیه سیلوی ذخیره به کار گرفته می شود نمایش داده شده است. زمانی  $K_1$  فعال می شود که  $K_2$  فعال بوده و  $B_5$  که مربوط به دوران مارپیچ می باشد فعال و قطع کن  $Q_1$  بسته و هیچ آلارمی نداشته باشیم یعنی  $H_1$  فعال نباشد.

رانگ  $f$  از شکل (۵-۵) کنترل آژیر را بیان می دارد. قسمت بالایی رانگ بیانگر این موضوع است که اگر سوئیچ  $S_1$  یعنی  $Start$  فشرده شود در صورتی که مواد به اندازه کافی نباشد ( $A_1$  غیر فعال باشد) آژیر به صدا در خواهد آمد. در قسمت میانی جزء خود نگهدار آژیر مشخص شده است (کنتاکت  $H_1$ ) در قسمت آخر در صورتی که سیستم در حالت  $RUN$  باشد و هر یک از موتورها دچار قطع جریان گردد ( $Q_1$  و  $Q_2$  غیر فعال شوند) آنگاه آژیر به صدا در خواهد آمد.

شکل (۵-۶) ترجمه شده دیاگرام نردبانی شکل (۵-۵) به زبان  $PLC$  شرکت  $Mitsubishi$  است. در هر حالت دیاگرام نردبانی به بخشهای مختلف جهت فرمان به هر یک از خروجی ها تقسیم شده است هر عددی که در سمت چپ دیاگرام مشخص شده است بیانگر محل قرارگیری در حافظه می باشد. بنابراین محل  $OO$  دستورالعمل  $LD X_{400}$  و محل  $17$  دستورالعمل  $LD X_{403}$  را نکه می دارد. اکثر دستورالعمل ها به یک محل نیاز دارند. اما دستورالعملهایی چون تایمرها و شمارنده ها به دو یا چند محل از حافظه نیاز دارند. برای کنترل کننده های مدل  $F_2$  شماره محل حافظه به صورت اعداد دسیمال (ده دهی) نمایش داده می شود. پالس یک ثانیه برای تحریک شیر سولنوئیدها با استفاده از یک تایمر با تأخیر در روشن شدن  $On- delay timer$  ایجاد می شود. البته باید از کنتاکت عادی بسته این تایمر استفاده نمود.

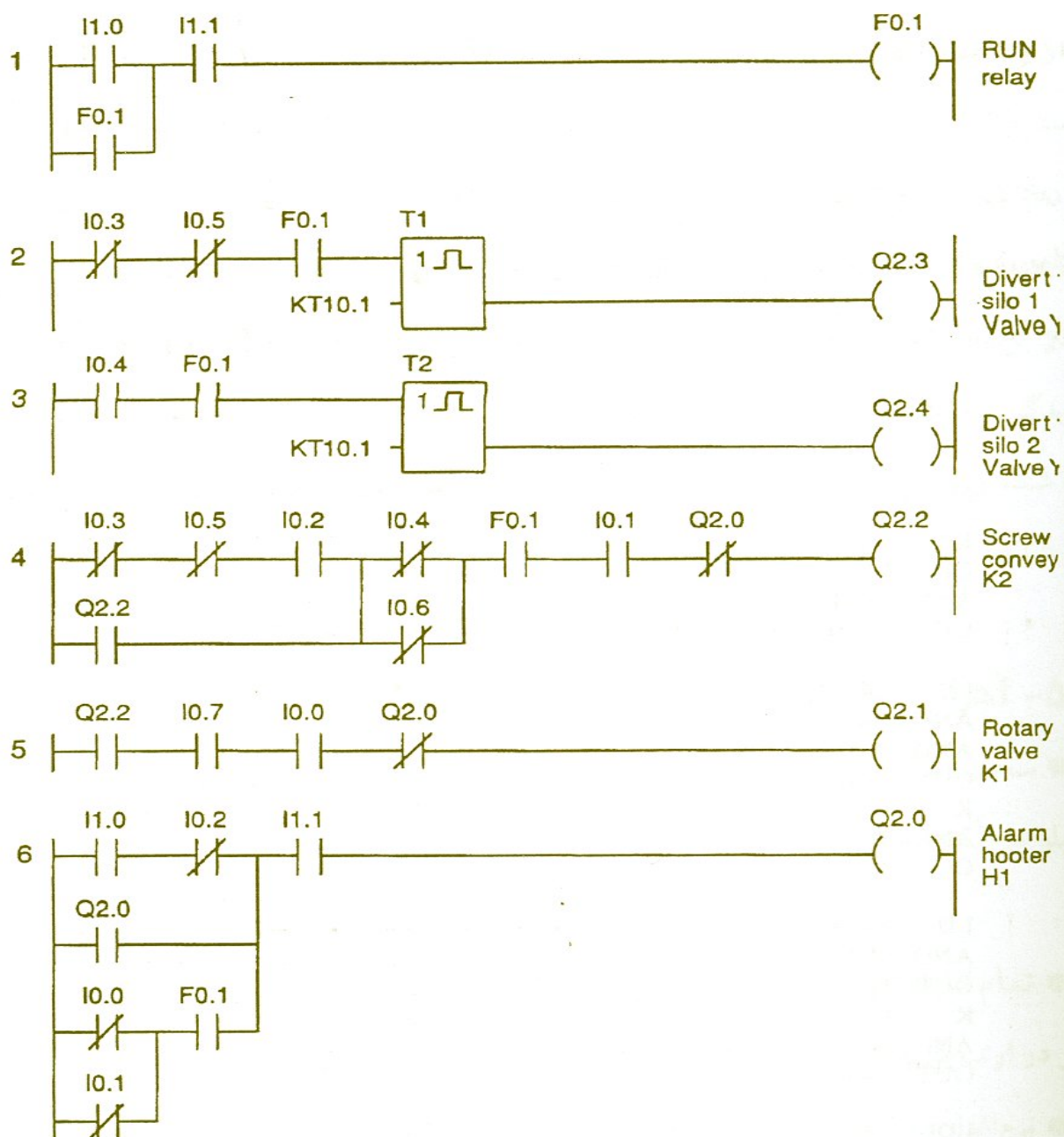
وقتی که سیگنالها در  $X_{404}$  و  $M_{101}$  ظاهر می شوند تایمر  $T_{452}$  شروع به کار



شکل (۵-۶) دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت Mitsubishi

می‌کند و همزمان خروجی  $Y_{433}$  فعال می‌شود یک ثانیه بعد تایمر  $T_{452}$  فعال شده و خروجی  $Y_{434}$  غیر فعال می‌گردد.





شکل (۵-۷) دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت Siemens

شکل (۵-۷) ترجمه دیاگرام نردبانی شکل (۵-۵) را به زبان برنامه نویسی PLC برای شرکت Siemens را نشان می دهد. همانگونه که در جدول (۵-۳) که حاوی لیست برنامه مربوط به PLC فوق دیده می شود و همچنین در دیاگرام نردبانی نیز

ملاحظه می‌گردد در این نوع PLC از یک تایمر پالسی که به صورت تابع در این PLC ها وجود دارد استفاده می‌شود.

برای مثال در رانگ سوم نیاز به یک پالس به مدت یک ثانیه در خروجی Q2.4 داریم که باید این پالس از طریق ورودی I0.4 و رله داخلی F0.1 ایجاد شود. برای این کار از T2 با KT10.0 استفاده می‌نمائیم که این سمبل به مفهوم شمارش ده پالس با پهنای 0.1 ثانیه است.

| Mitsubishi list | Siemens list |
|-----------------|--------------|
| LD X410         | A I 1.0      |
| OR M101         | O. F 0.1     |
| AND X411        | A I 1.1      |
| OUT M101        | = F 0.1      |
| LDI X403        | AN I 0.3     |
| ANI X405        | AN I 0.5     |
| AND M101        | A F 0.1      |
| OUT T451        | LKT 10.1     |
| K 1             | SP T 1       |
| ANI T451        | A T 1        |
| OUT Y433        | = Q 2.3      |
| LD X404         | A I 0.4      |
| AND M101        | A F 0.1      |
| OUT T452        | LKT 10.1     |
| K 1             | SP T 2       |
| ANI T452        | A T 2        |
| OUT Y434        | = Q 2.4      |
| LDI X403        | A(           |
| ANI X405        | AN I 0.3     |
| AND X402        | AN I 0.5     |
| OR Y432         | A I 0.2      |
| LDI X404        | O. Q 2.2     |
| ORI X406        | )            |
| ANB             | A(           |
| AND M101        | O.N I 0.4    |
| AND X401        | O.N I 0.6    |
| ANI Y430        | )            |
| OUT Y432        | A F 0.1      |

جدول (۳-۵) لیست برنامه‌های هر دو نوع PLC مربوط به پروژه آسیاب



در برنامه *PLC* شرکت *Mitsubishi* در مرحله 17 به دلیل پیچیدگی لزوم استفاده از دستور *ANB*<sup>(۱)</sup> به منظور ارتباط دو بلوک موازی که با هم سری شده‌اند را مشخص می‌کند. به همین ترتیب در مرحله 33 دو بلوک که هر یک در برگیرنده توابع *AND* می‌باشند باید با هم موازی شوند که در اینجا از دستور *ORB*<sup>(۲)</sup> استفاده می‌شود.

در برنامه مربوط به *Siemens* همانند *PLC* قبلی در قسمت چهارم به دلیل پیچیدگی دیاگرام از پرانتز استفاده می‌شود. دستورالعمل‌های بین ' ( ' و ' ) ' ابتدا اجرا شده و سپس با هم سری می‌شوند. در قسمت ششم از پرانتز جهت *OR* نمودن چند شاخه شامل *AND* از دستور *O* بدون نقطه استفاده شده است.

## ۸-۵- اجراء و راه اندازی پروژه

- سخت‌افزار مناسب باید خریداری و مونتاژ شده و در یک تابلو سیم بندی گردد و تابلو در یک محل مناسب از دستگاه نصب شده و نقشه سیم بندی در آن قرار داده شود.
- تمام کابل‌های دستگاه از طریق ترمینال ورودی و خروجی روی تابلو باید با تابلو در ارتباط باشند. برای کابل‌ها باید گلند مناسب در نظر گرفته شود.
- نرم‌افزار به *PLC* منتقل شده و نکات مهم مربوط به برنامه همراه با توضیحات باید در دسترس باشد.
- در سیم کشی دستگاه مسیر هر سیم ورودی و خروجی باید چک شده و در یک لیست مسیرهای چک شده یادداشت شود.

1- *ANB = AND Branch*

2- *ORB = OR Branch*

- قبل از روشن نمودن سیستم توصیه‌های شرکت سازنده PLC باید اجرا شود.
- دستگاه به صورت آزمایشی در هر مرحله باید تست شود و اصلاحات لازم انجام و این اصلاحات ثبت و ضبط شوند. (به فصل نهم مراجعه شود)
- دستگاه برای تمام کار خود تست شده و در صورت لزوم اصلاحات انجام پذیرد.
- برنامه نهایی ذخیره شده و یک *Back up* از آن تهیه گردد.



## فصل ششم

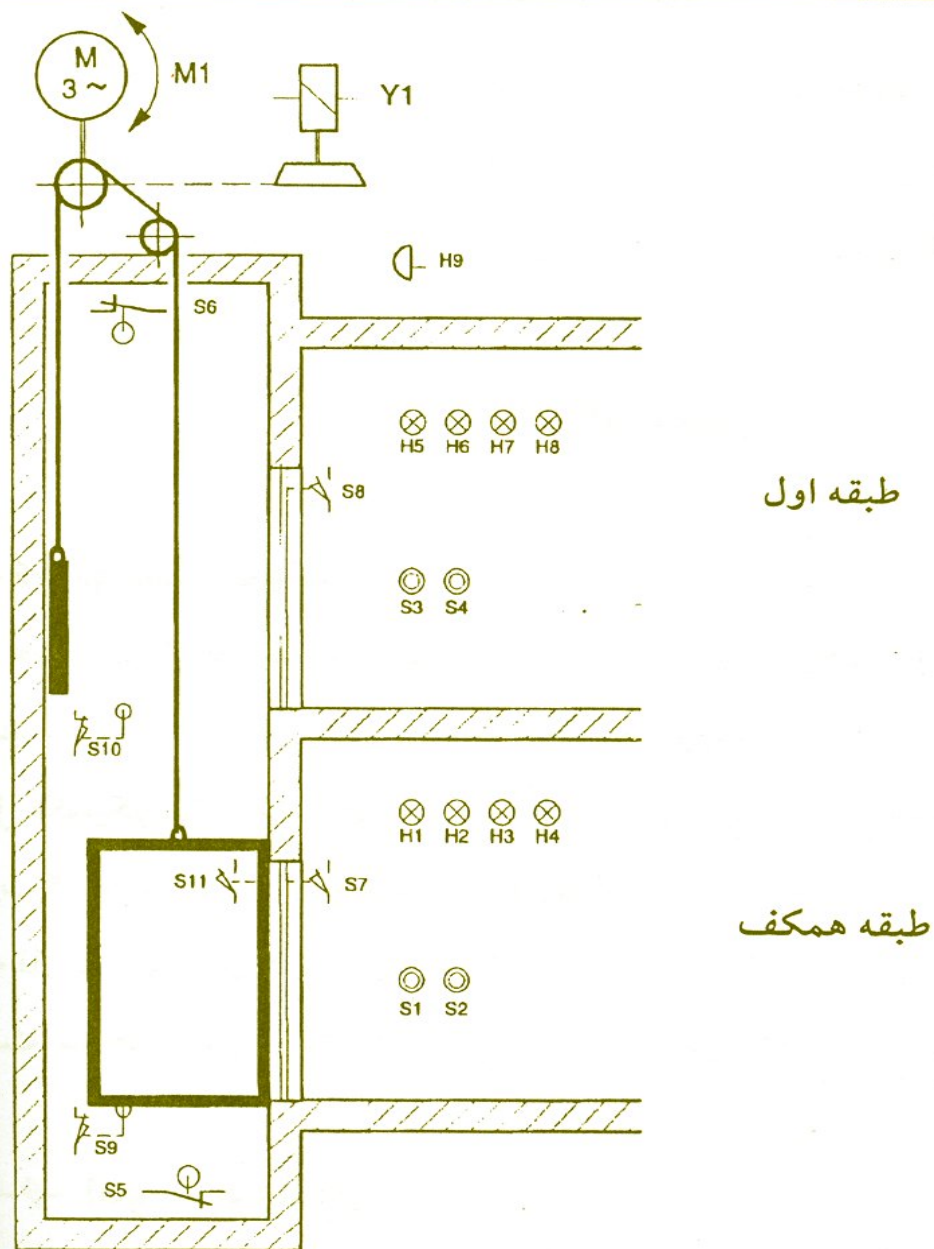
### پروژه آسانسور

#### ۱-۶- توصیف پروژه

هدف پروژه طراحی و نصب یک کنترل کننده مناسب جهت یک آسانسور، بین دو طبقه می باشد. درب آسانسور در هر طبقه به صورت دستی باز و بسته می شود و یک قفل مکانیکی از باز شدن درب در زمانی که کابین در آن طبقه نیست جلوگیری می کند. درب کابین نیز به صورت دستی باز و بسته می شود. آسانسور با یک موتور گیربکس سه فاز که جهت دوران آن نیز قابل تغییر است کار می کند. این موتور به یک ترمز مجهز است. ساختار کلی سیستم در شکل (۱-۶) نمایش داده شده است.

#### ۲-۶- ادوات سیستم

- آسانسور باید با یک کنترل کننده کنترل شود.
- موتور آسانسور برای حرکت بالا از کنتاکتور  $K_1$  و حرکت به سمت پائین از کنتاکتور  $K_2$  و رله حرارتی  $F_1$  به منظور محافظت در مقابل اضافه جریان می باشد.
- ترمز  $Y_1$  که روی موتور نصب شده است همزمان با موتور عمل نموده و برای فرمان به آن به کنترل کننده نیازی نیست.
- چراغ سیگنالها به ترتیب فوق در نظر گرفته شده اند:
- $H_1$  و  $H_5$  کابین در طبقه همکف



### شکل (۱-۶) ساختار کلی سیستم آسانسور

- $H_2$  و  $H_6$  کابین در طبقه اول
- $H_3$  و  $H_7$  درب طبقه همکف باز است
- $H_4$  و  $H_8$  درب طبقه اول باز است.



- زنگ خطر  $H9$  برای زمانهایی که عیبی در سیستم ایجاد می شود بکار گرفته شده است.
- سوئیچ های حفاظتی  $S5$  و  $S6$  به عنوان آخرین وسایل توقف و قطع مدار فرمان کنتاکتورها به  $PLC$  وارد می شوند.
- فراخوانی کابین با سوئیچ های  $S1$  و  $S3$  و حرکت با سوئیچ های  $S2$  و  $S4$  انجام می شود.
- سوئیچ های  $S9$  و  $S10$  مبین وجود کابین در طبقه همکف و طبقه اول می باشند.
- سوئیچ های  $S7$  و  $S8$  بسته بودن درب طبقه همکف و طبقه اول را مشخص می نمایند.
- سوئیچ  $S11$  بسته بودن درب کابین را مشخص می کند.

### ۳-۶- مشخصات

- ۱- در شرایط عادی سیستم با توجه به سیگنالهای دریافتی از سوئیچ های فراخوانی و حرکت کار می کند.
- ۲- آسانسور تحت شرایط زیر می تواند حرکت کند:
  - دربهای طبقات بسته باشند.
  - درب کابین بسته باشد.
  - یک فرمان فراخوانی یا حرکت داده شده باشد.
- ۳- وقتی آسانسور یک طبقه را به سمت طبقه دیگر ترک می کند باید به حرکت خویش بدون توجه به فرمانهای جدید ادامه دهد.
- ۴- لامپهای سیگنال با قواعد زیر باید روشن شوند:

- $H_1$  و  $H_5$  وقتی کابین در طبقه همکف است.
  - $H_2$  و  $H_6$  وقتی کابین در طبقه اول است.
  - $H_3$  و  $H_7$  وقتی درب طبقه همکف باز است.
  - $H_4$  و  $H_8$  وقتی درب طبقه اول باز است.
- ۵- زنگ آلام تحت شرایط زیر به صدا در می آید:
- زمان جابجایی از یک طبقه به طبقه دیگر بیشتر از ۱۵ ثانیه باشد.
  - موتور دچار اضافه بار گردد.

#### ۴-۶- حل مسئله

برای حل مسئله باید سه موضوع مشخص گردد:

- مدار اصلی
- مدار کنترل
- برنامه کنترل

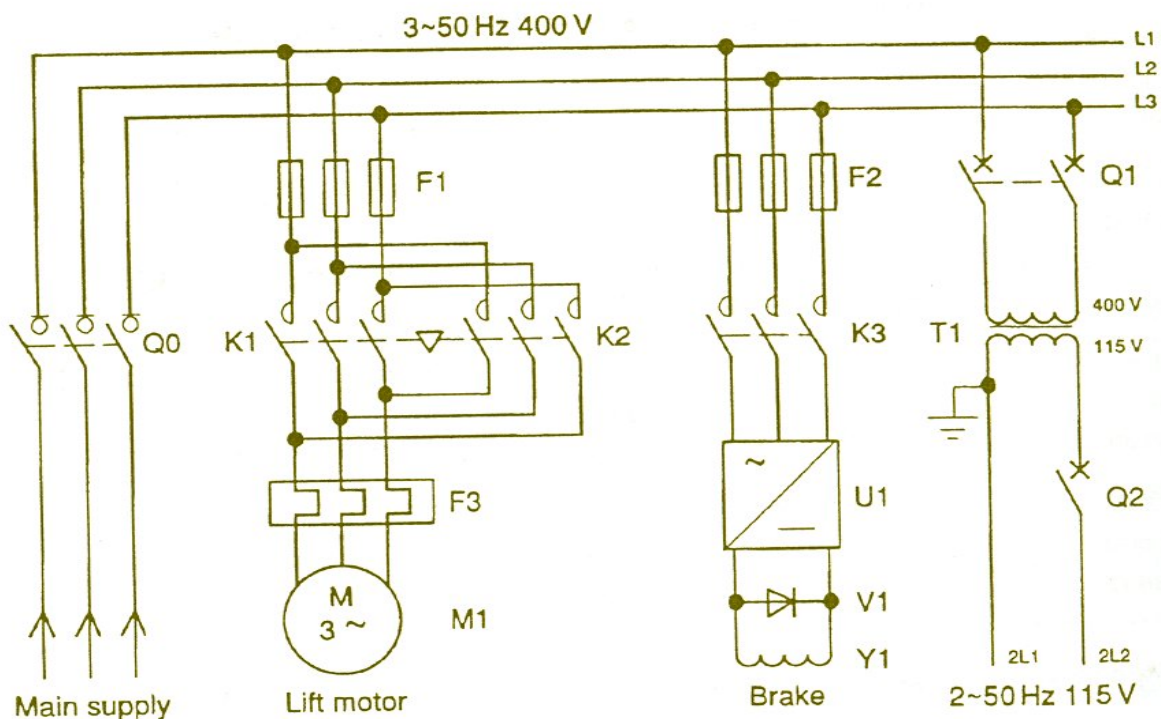
#### ۵-۶- مدار اصلی

شکل (۲-۶) مدار اصلی سیستم آسانسور را نمایش می دهد. این مدار شامل سه جزء است. مدار اصلی موتور، مدار سیستم ترمز و مدار تغذیه PLC که از یک ترانس 400/115 تشکیل شده است.

#### ۶-۶- مدار کنترل

جداول (۱-۶) و (۲-۶) ورودی ها و خروجی های کنترل کننده را مشخص





شکل (۲-۶) مدار اصلی سیستم آسانسور

می نمایند. مدار کنترل از روی این جداول بدست خواهد آمد. طبق روال گذشته ولتاژ کاری ورودی ها را  $24V d.c.$  انتخاب می نمایم. در کنترل کننده برای هر سوئیچ یا کنتاکت یک ورودی در نظر گرفته شده است. بنابراین تعداد ورودی ها ۱۲ عدد خواهد بود. باید به این نکته توجه نمود که هر سوئیچ فقط یک سیگنال به ما خواهد داد. در این پروژه از  $PLC$  های شرکت *Telemecanique* و *Sprecher+Schuh* جهت طراحی استفاده می نمایم.

دیاگرام اتصالات مربوط به  $PLC$  شرکت *Telemecanique* در شکل (۶-۶) آمده است. باید به این نکته دقت نمود که سیگنالهای خروجی سوئیچ های حفاظتی به

| Device             | Item | Input      |         |                |               |
|--------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                    |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Call at ground     | S1   | X401       | I0.1    | X001           | I0,1          |
| Dispatch at ground | S2   | X402       | I0.2    | X002           | I0,2          |
| Call at first      | S3   | X403       | I0.3    | X003           | I0,3          |
| Dispatch at first  | S4   | X404       | I0.4    | X004           | I0,4          |
| Lower safety limit | S5   | X405       | I0.5    | X005           | I0,5          |
| Upper safety limit | S6   | X406       | I0.6    | X006           | I0,6          |
| Ground access      | S7   | X407       | I0.7    | X007           | I0,7          |
| First access       | S8   | X410       | I1.0    | X008           | I0,8          |
| Lift at ground     | S9   | X411       | I1.1    | X009           | I0,9          |
| Lift at first      | S10  | X412       | I1.2    | X010           | I0,10         |
| Lift car door      | S11  | X413       | I1.3    | X011           | I0,11         |
| Overload relay     | F3   | X400       | I0.0    | X012           | I0,0          |

جدول (۶-۱) ورودی‌های کنترل کننده سیستم آسانسور

| Device             | Item | Output     |         |                |               |
|--------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                    |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Raise lift         | K1   | Y 431      | Q2.1    | Y001           | O0,1          |
| Lower lift         | K2   | Y 432      | Q2.2    | Y002           | O0,2          |
| 'Lift at ground'   | H1,5 | Y 433      | Q2.3    | Y003           | O0,3          |
| 'Lift at first'    | H2,6 | Y 434      | Q2.4    | Y004           | O0,4          |
| 'Ground door'      | H3,7 | Y 435      | Q2.5    | Y005           | O0,5          |
| 'First floor door' | H4,8 | Y 436      | Q2.6    | Y006           | O0,6          |
| Alarm bell         | H9   | Y 437      | Q2.7    | Y007           | O0,7          |

جدول (۶-۲) خروجی‌های کنترل کننده سیستم آسانسور

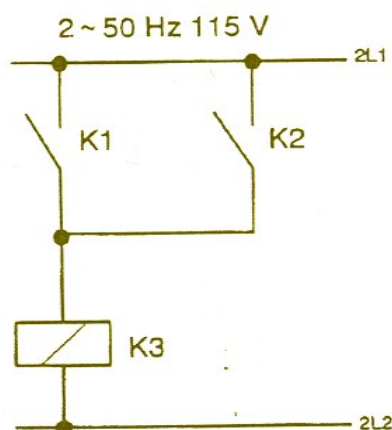
کنترل کننده وارد نشوند چرا که اصولاً توابع ایمنی<sup>(۱)</sup> باید مستقل از برنامه کار کنند. این موضوع در فصل نهم مجدداً مورد بحث قرار می‌گیرد.



برای هر موتور، هر لامپ (مثلاً  $H_1$  و  $H_5$ ) و زنگ آلام به یک خروجی نیاز است. بنابراین ۷ خروجی خواهیم داشت.

همانگونه که قبلاً گفته شد کنترل مدار ترمز مستقل از کنترل کننده و از طریق کنتاکتورهای  $K_1$  و  $K_2$  انجام می شود. شکل (۴-۶) دیاگرام مداری، برای کنترل ترمز را نشان می دهد.

وقتی که موتور آسانسور حرکت می کند یکی از دو کنتاکتور  $K_1$  یا  $K_2$  فعال است. بنابراین دو تا از کنتاکت های کمکی هر یک از آنها بطور موازی برای راه اندازی کنتاکتور  $K_3$  به کار گرفته می شود.



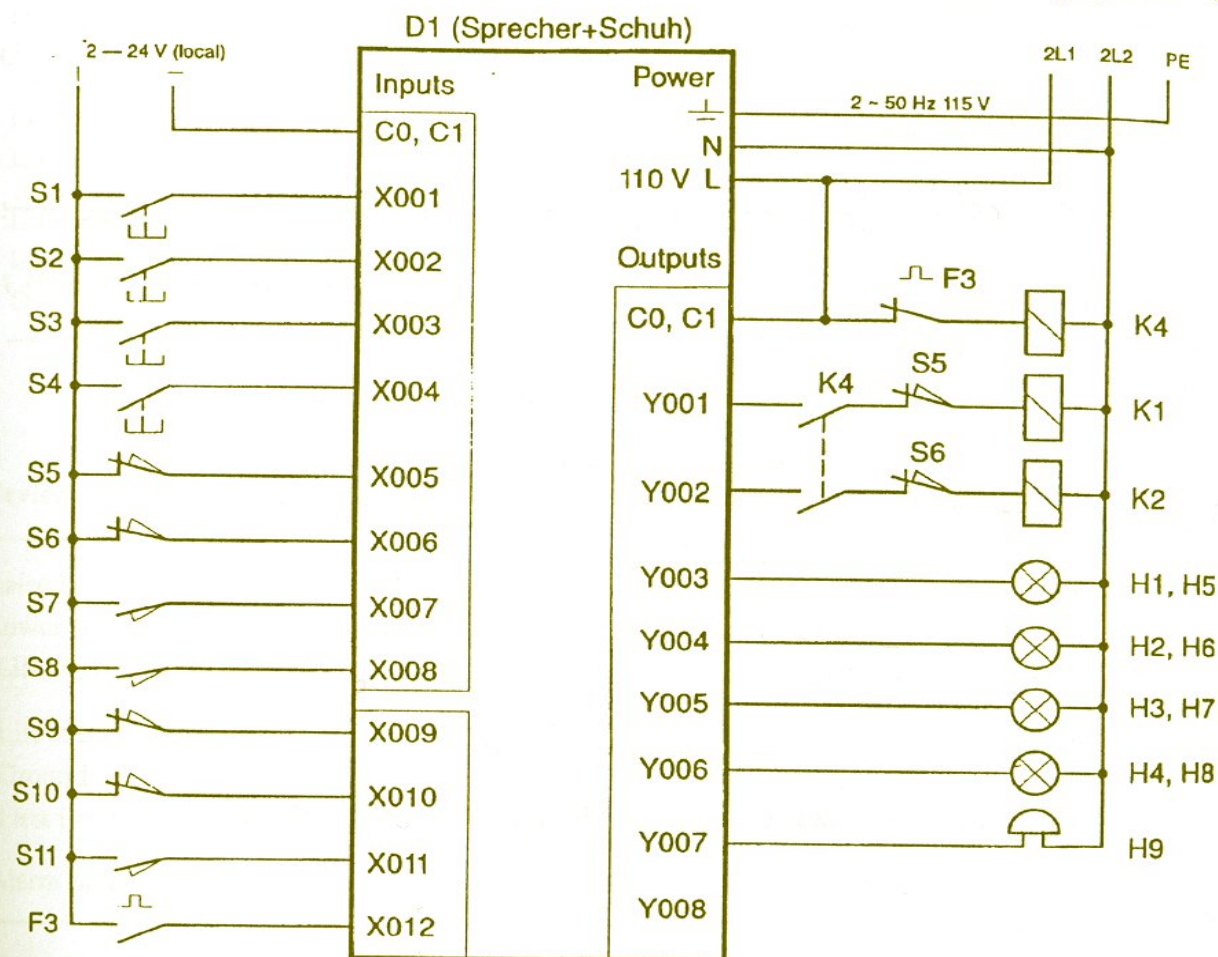
شکل (۴-۶) کنترل کنتاکتور سیستم ترمز  $K_3$

خروجی هایی که کنتاکتورهای موتور را فعال می کنند باید از رله های حرارتی عبور نمایند که این کار به دو روش انجام می شود.

یکی از روش های حفاظت خروجی ها گذر سر مشترک تغذیه خروجی ها از یک رله حرارتی است. این روش در شکل (۶-۶) نمایش داده شده است. قطع کن  $F_3$  به سرهای  $C_0$ ،  $C_1$  و  $C_2$  جریان می دهد.

روش دوم بکارگیری یک رله اضافی است که بوبین آن از مسیر قطع کن تغذیه

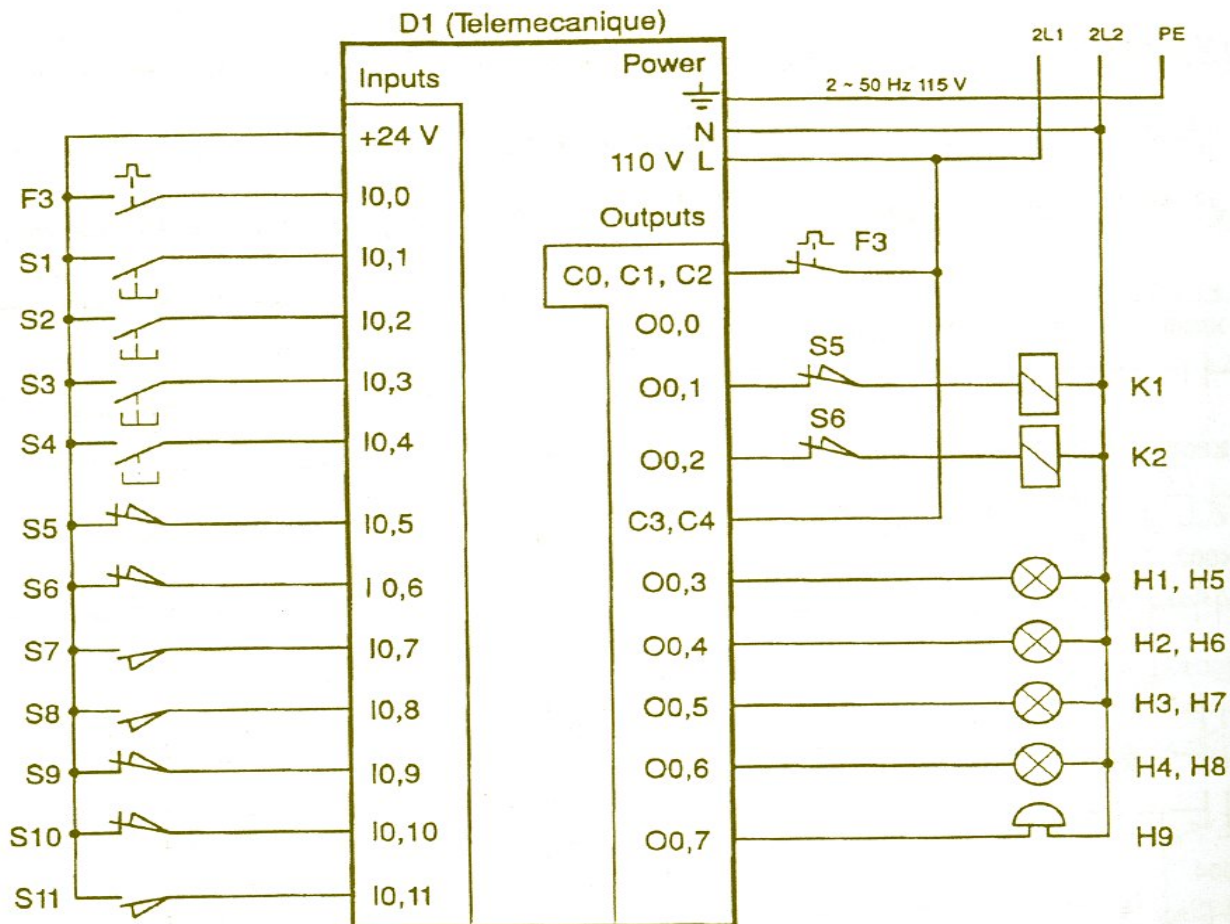
می‌شود کنتاکتهای این رله به صورت سری با خروجی‌هایی که باید محافظت شوند مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در شکل (۵-۶) با رله  $K_4$  نمایش داده شده است. این روش در صورتی که کنترل کننده تعداد زیادی خروجی را با یک سر مشترک تغذیه کند بهتر است.



شکل (۵-۶) دیاگرام مداری برای PLC شرکت *Sprecher+Schuh*

زنگ آلارم، چراغهای سیگنال و بوبین کنتاکتورها همگی با تغذیه  $115V a.c.$  کار می‌کند. البته برای لامپهای سیگنال بهتر است از تغذیه  $24V a.c.$  استفاده شود. مخصوصاً جایی که لامپ سیگنال روی درب تابلو و یا صفحه فرمان نصب می‌شود.





شکل (۶-۶) دیاگرام مداری برای PLC شرکت Telemecanique

## ۶-۷- برنامه

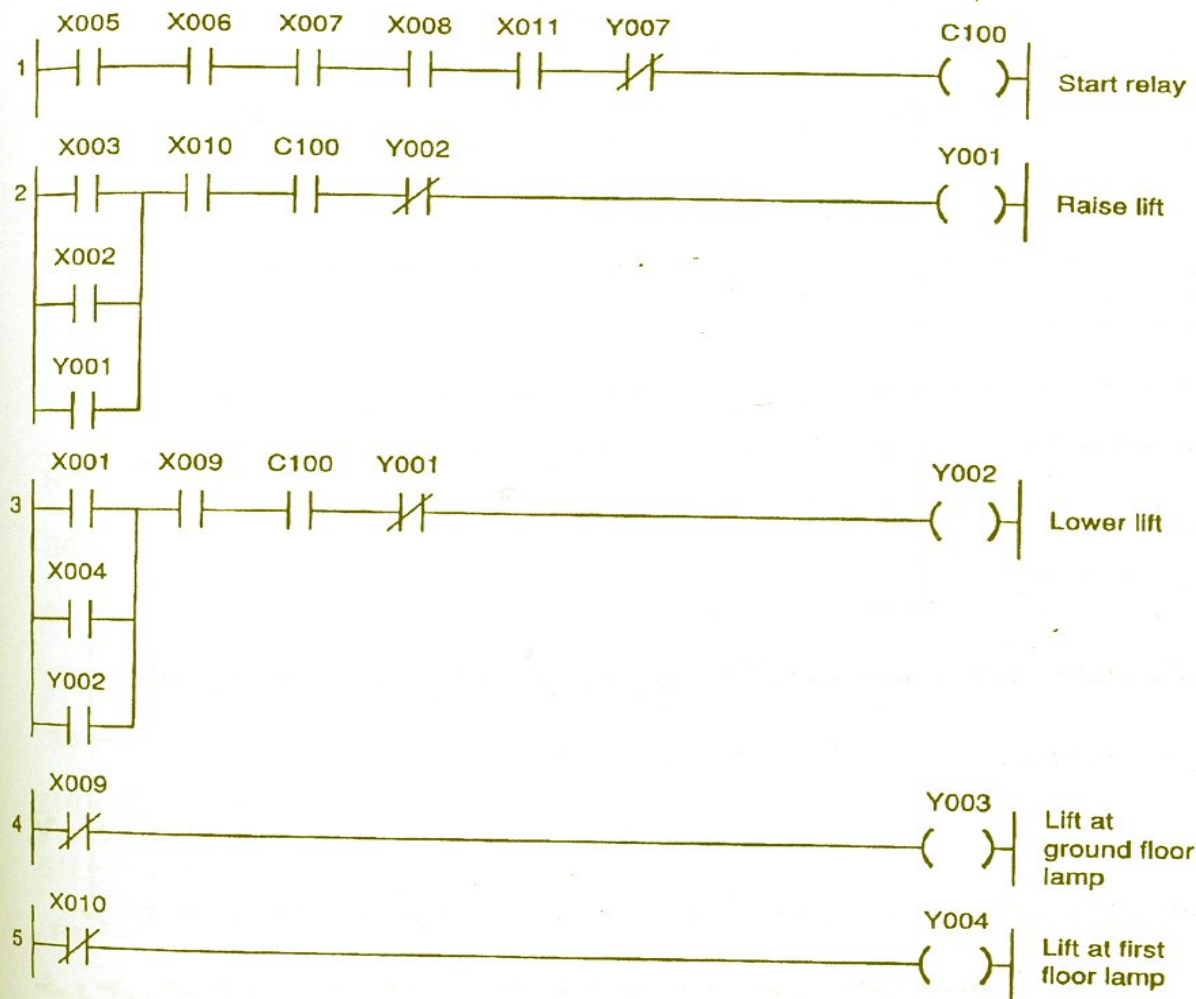
در دو پروژه قبل دیاگرام نردبانی به صورت کلی و با نامهای ادوات ورودی و خروجی طرح و سپس به دیاگرام نردبانی PLC مورد نظر تبدیل شد. بهتر است که در این پروژه و پروژه‌های بعدی مستقیماً به طرح دیاگرام نردبانی با ورودیها و خروجیهای تعریف شده در PLC مورد نظر بپردازیم.

### ۶-۷-۱- حل پروژه با PLC شرکت Sprecher+Schuh

با توجه به لیست برنامه در جدول (۶-۳) آمده است. دیاگرام نردبانی شامل ۹

رنگ خواهد بود. از ۹ رنگ ۲ رنگ اول و آخر به رله‌های داخلی فرمان داده و ۷ رنگ دیگر به ۷ خروجی کنترل کننده فرمان می‌دهند.

برای راحتی فهم هر رنگ به صورت جداگانه به نمایش داده می‌شود که در واقع همه آنها باید به هم پیوسته باشند.



شکل (۶-۷) دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت *Sprecher+Schuh*

رنگ ۱ -  $C100$  یک رله داخلی است و زمانی روشن می‌شود که همه سوئیچ‌های حفاظتی بسته (سوئیچ‌های  $X005$  و  $X006$ ) و همه درها نیز بسته ( $X007$  و  $X008$  و  $X011$ ) و هیچ آلارمی فعال نشده باشد ( $Y007$ ) این رله در رنگ دوم و سوم برای روشن



نمودن موتور در حرکت بالا و یا پائین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رانگ ۲- این رانگ برای فرمان به موتور جهت حرکت بالا می‌باشد ( $Y001$ ) خروجی مورد نظر جهت فرمان حرکت رو به بالای موتور است. این رانگ در صورتی که ورودی  $X003$  یا  $X002$  (فرمان رفتن به طبقه اول در طبقه همکف و یا فراخوانی از طبقه اول در حالی که کابین در طبقه همکف قرار دارد) فعال شوند و ورودی  $X010$  (سوئیچ حد حرکت بالا) فعال و رله داخلی  $C100$  فعال و خروجی  $Y002$  (مربوط به حرکت پائین رو) فعال نباشد خروجی اش فعال می‌شود و با توجه به موازی شدن کنتاکت  $Y001$  با ورودی‌های  $X003$  و  $X003$  خروجی  $Y001$  تا زمانی که  $X001$  فعال است فعال باقی می‌ماند.

نکته: هرگاه بخواهیم در یک سیستم در زمانی که یکی از خروجیها فعال است، خروجی دیگری فعال نباشد و بر عکس آن نیز صادق باشد باید از تیغه عادی بسته خروجی اول در رانگ خروجی دوم و از تیغه عادی بسته خروجی دوم در رانگ خروجی اول استفاده نمائیم. این موضوع در رانگ دوم و سوم کاملاً مشهود است. در رانگ مربوط به  $Y001$  از کنتاکت عادی بسته  $Y002$  استفاده شده و در رانگ مربوط به  $Y002$  از کنتاکت عادی بسته  $Y001$  استفاده شده است.

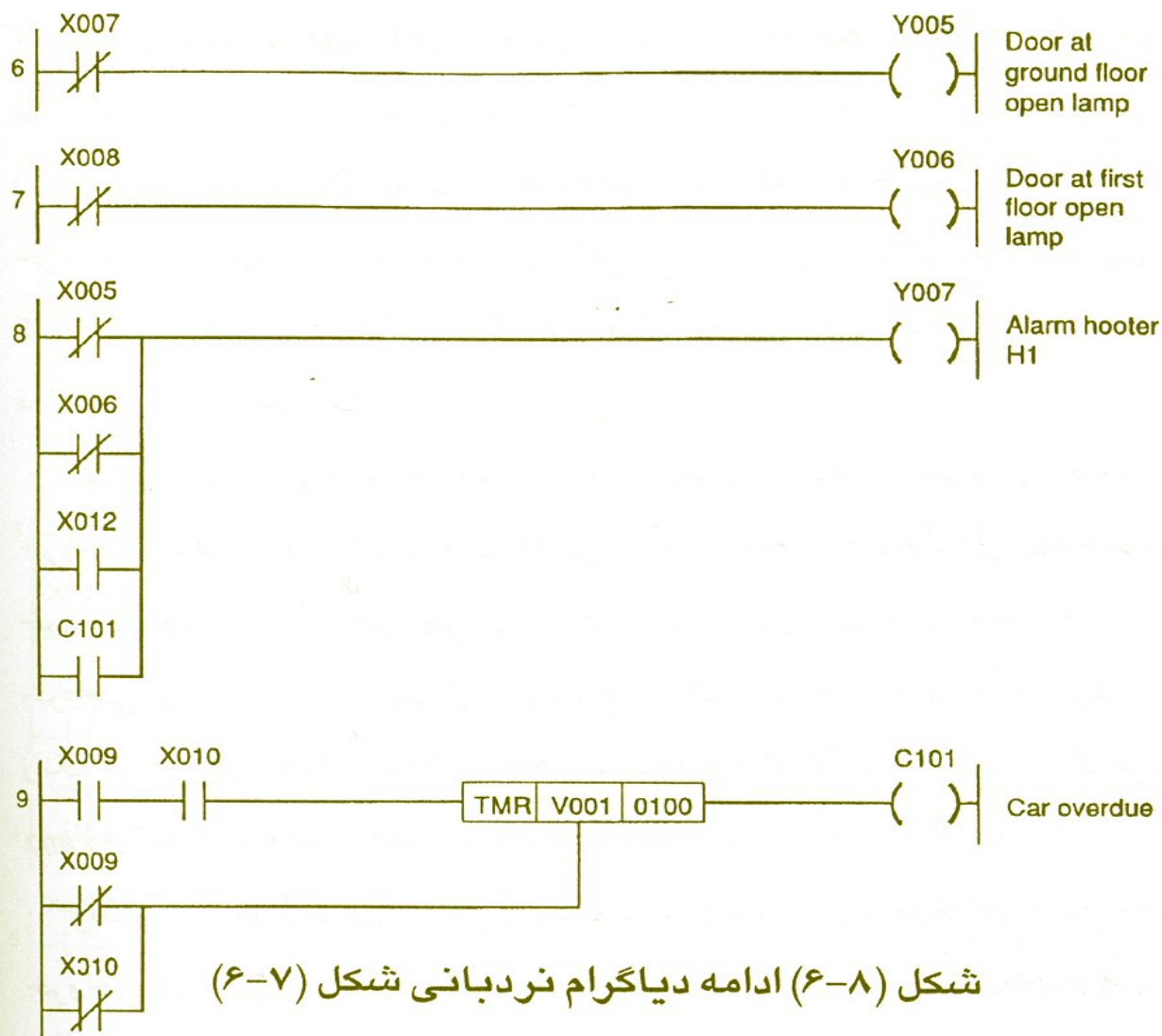
رانگ ۳-  $Y002$  خروجی کنترل کننده برای فرمان پائین آمدن کابین می‌باشد. این خروجی در صورتی که ورودیهای  $X001$  (فراخوانی از طبقه همکف) و  $X004$  فرمان جهت رفتن به طبقه پائین (همکف) فعال و ورودی  $X009$  (سوئیچ حد حرکت پائین) فعال و رله داخلی  $C100$  فعال و خروجی  $Y001$  (مربوط به حرکت بالا) فعال نباشد روشن می‌شود و تا زمانی که  $X009$  غیر فعال نشود (کابین به پائین نرسد)  $Y002$  روشن باقی می‌ماند چرا که از کنتاکت خود نگه دار استفاده شده است.

رانگ ۴-  $Y003$  (چراغ نشان دهنده اینکه کابین در همکف است) تا زمانی که

$X009$  غیر فعال باشد و هیچ سیگنالی از آن نیاید روشن می‌باشد.

رنگ ۵- خروجی  $Y004$  (چراغ نشان دهنده بودن کابین در طبقه اول) تا زمانی که

$X010$  غیر فعال باشد و هیچ سیگنالی از آن نیاید روشن خواهد بود.



رنگ ۶- در این رنگ خروجی  $Y005$  در صورتی که درب در طبقه همکف باز

باشد فعال می‌شود. این خروجی تنها در شرایطی که  $X007$  غیر فعال باشد روشن می‌شود.

رنگ ۷- در این رنگ خروجی  $Y006$  در صورتی که درب در طبقه اول باز باشد



فعال می‌شود. این خروجی تنها در شرایطی که  $X008$  غیر فعال باشد فعال می‌گردد.  
 رانگ ۸- در این رانگ نحوه فعال شدن  $Y007$  که مربوط به آلارم می‌باشد مشخص می‌گردد. این رانگ در چهار حالت فعال می‌گردد.

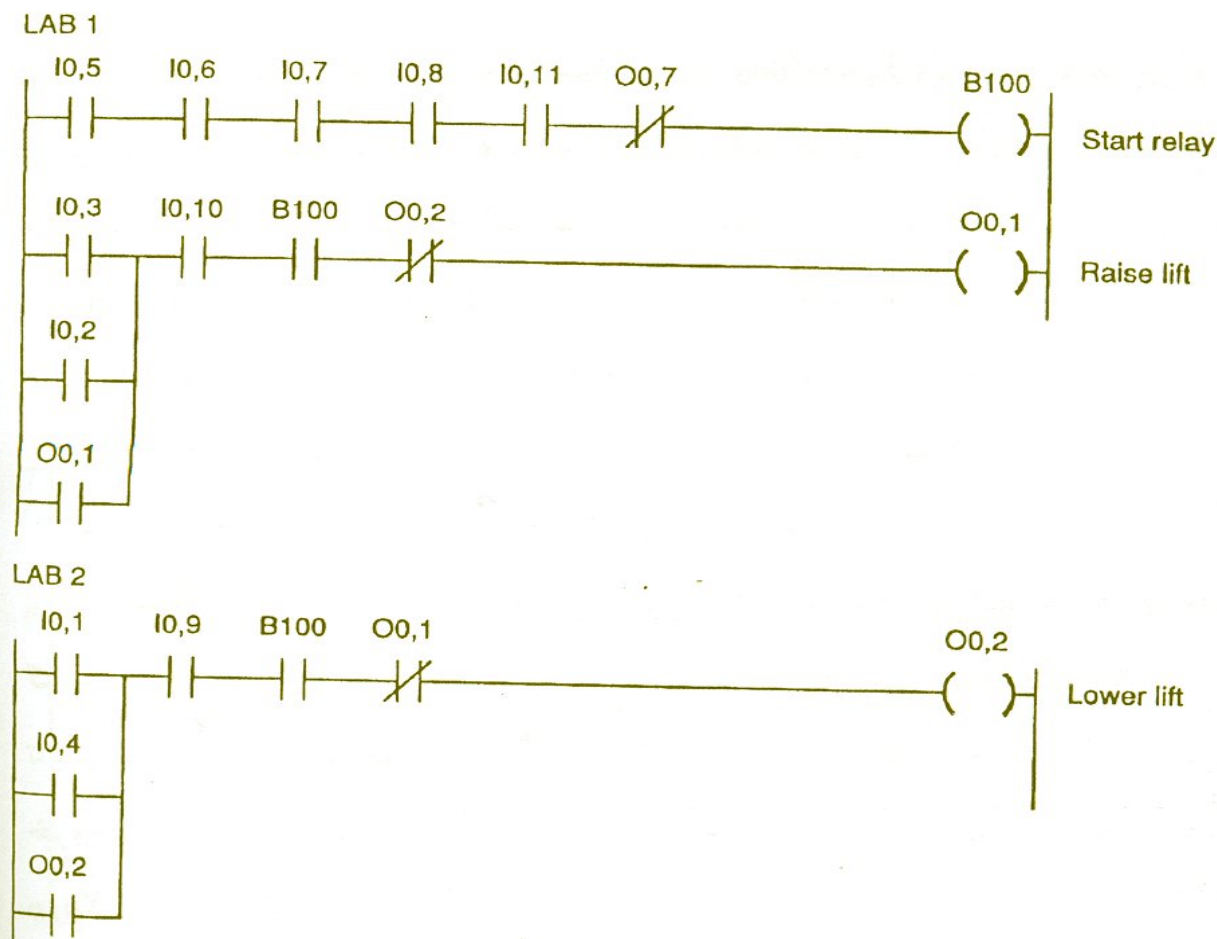
- $X005$  فعال نشده باشد (سوئیچ حفاظتی حد پائین)
- $X006$  فعال نشده باشد (سوئیچ حفاظتی حد بالا)
- $X012$  فعال شده باشد (اضافه جریان اتفاق افتاده باشد)
- $C101$  فعال شده باشد (سرعت کابین کم باشد)

رانگ ۹- این رانگ زمان جابجایی کابین را اندازه‌گیری می‌کند تایمر در زمانی که کابین بین دو طبقه در حرکت است کار خواهد نمود. (وقتی  $X009$  و  $X010$  فعال باشد تایمر شروع به کار می‌کند) در صورتی که زمان جابجایی از  $10sec$  بیشتر شود خروجی فعال خواهد شد و در صورتی که قبل از مدت ۱۰ ثانیه هر یک از  $X009$  و  $X010$  غیر فعال شوند تایمر  $Reset$  می‌گردد.

## ۲-۷-۶- حل پروژه با PLC شرکت Telemecanique

با توجه به لیست برنامه که در جدول (۳-۶) آمده است همانند دیاگرام نردبانی قبلی این دیاگرام نیز در ۹ رانگ که در پنج جزء دیاگرام ( $Label$ ) تقسیم شده است خلاصه می‌شود. شکل‌های (۸-۶) و (۹-۶) این دیاگرام نردبانی را نمایش می‌دهد.  
 جزء ۱-  $B100$  یک رله داخلی است که در صورت بسته بودن همه سوئیچ‌های حفاظتی ( $I0.5$  ,  $I0.6$ ) و بسته بودن همه درها ( $I0.7$  ,  $I0.8$  ,  $I0.11$ ) و عدم ایجاد هیچ گونه آلارم ( $O00.7$ ) فعال می‌شود. کنتاکت این رله داخلی در رانگ‌های بعدی برای روشن شدن موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

خروجی  $O0.1$  مربوط به حرکت بالا رونده کابین می‌باشد. این خروجی در



شکل (۱-۸-۶) دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت Telemecanique

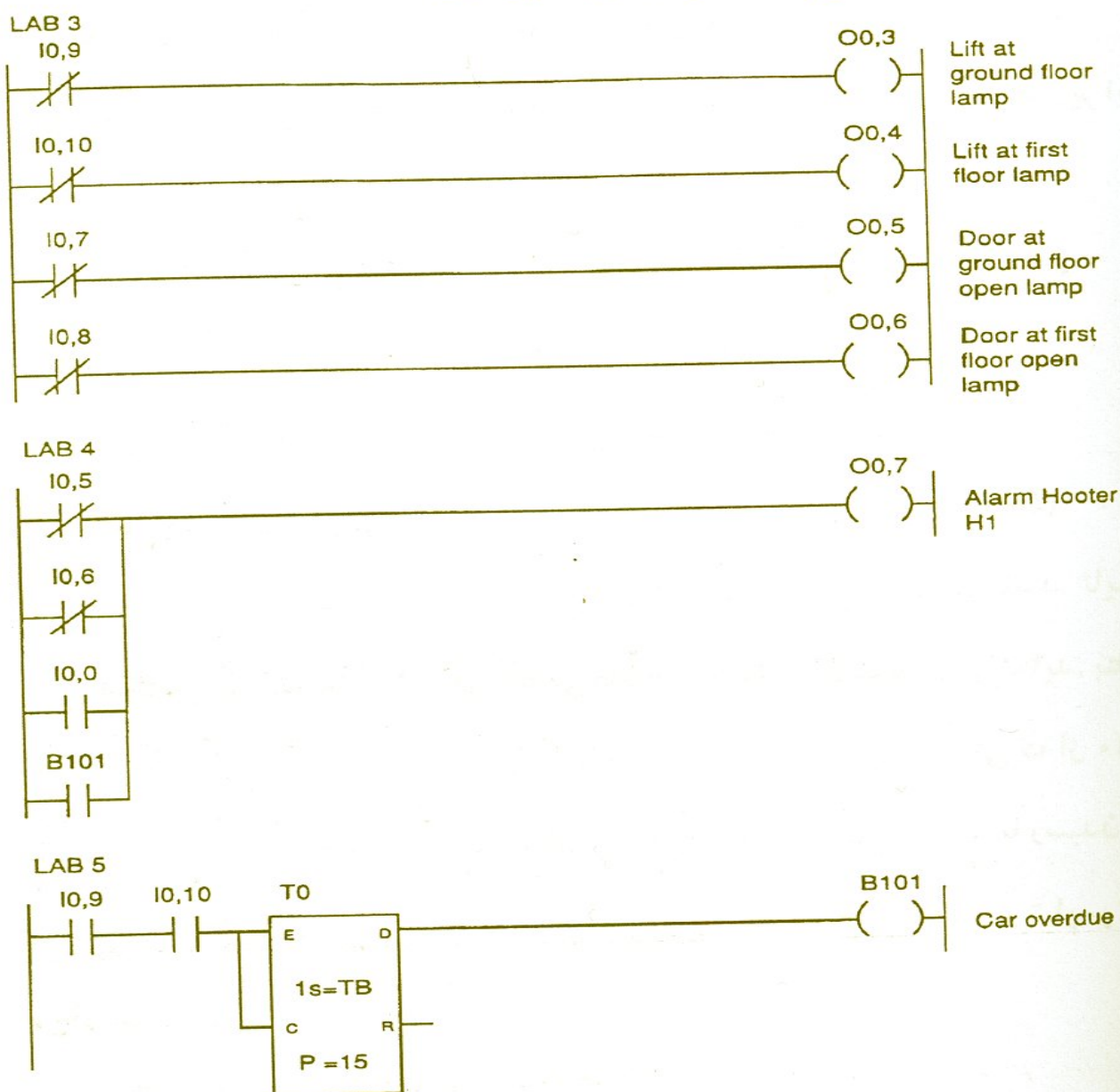
صورتی فعال می‌گردد که ورودیهای  $I0.2$  و یا  $I0.3$  که به ترتیب درخواست از طبقه اول و فرمان از طبقه همکف برای رفتن به طبقه اول می‌باشد فعال و  $B100$  و  $I0.10$  فعال و خروجی  $O0.2$  که مربوط به حرکت پائین می‌باشد غیر فعال باشد. این خروجی تا زمانی که ورودی  $I0.10$  غیر فعال نگردد روشن باقی می‌ماند چرا که از تکنیک خود نگه دار در ابتدای رانگ استفاده شده است. فعال شدن  $O0.2$  باعث غیر فعال شدن  $O0.1$  می‌شود.

جزء ۲- خروجی  $O0.2$  مربوط به حرکت پائین روکابین توسط این رانگ فعال می‌گردد. این خروجی در صورتی که ورودی‌های از  $I0.1$  (فراخوانی از طبقه همکف)



و  $I_{0.4}$  (فرمان رفتن به طبقه همکف در کابین) و ورودی  $I_{0.9}$  (رسیدن کابین به طبقه همکف) فعال و خروجی  $O_{0.1}$  (مربوط به حرکت بالا رو) غیر فعال باشد روشن می‌گردد و تا زمانی که  $I_{0.9}$  غیر فعال نگردد روشن باقی می‌ماند.

جزء ۳- خروجی  $O_{0.3}$  (لامپ نشان دهنده اینکه کابین در طبقه همکف است) وقتی فعال است که هیچ سیگنالی از طرف  $I_{0.9}$  نیاید.



شکل (۶-۸) ادامه دیاگرام نردبانی شکل (۶-۸)

خروجی  $O0.4$  (لامپ نشان دهنده اینکه کابین در طبقه اول است) وقتی روشن است که هیچ سیگنالی از طرف  $I0.10$  نیاید و خروجی  $O0.5$  (لامپ نشان دهنده اینکه درب در طبقه همکف باز است) وقتی روشن است که هیچ سیگنالی از طرف  $I0.7$  نیاید و بالاخره خروجی  $O0.6$  (لامپ نشان دهنده اینکه درب طبقه اول باز است) وقتی فعال است که هیچ سیگنالی از طرف  $I0.8$  نیاید.

جزء ۴- خروجی  $O0.7$  مربوط به آلام می باشد. هرگاه یکی از شرایط زیر ایجاد شود آن گاه این خروجی فعال خواهد شد.

- هیچ سیگنالی از ورودی  $I0.5$  نیاید (سوئیچ حفاظتی حد پائین)

- هیچ سیگنالی از ورودی  $I0.6$  نیاید (سوئیچ حفاظتی حد بالا)

- ورودی  $I0.0$  فعال گردد (رله اضافه بار عمل نموده باشد)

- کنتاکت  $B101$  فعال شود (مربوط به زمان جابجایی بیشتر از  $10sec$ )

جزء ۵- این جزء مربوط به اندازه گیری جابجایی بین دو طبقه می باشد. تایمر  $T0$

وقتی که کابین در بین دو طبقه حرکت می کند شروع به زمان سنجی می نماید. بنابراین

وقتی  $I0.9$  و  $I0.10$  فعال باشند تایمر شروع به کار می نماید. در صورتی که از ۱۰ ثانیه

بگذرد و یکی از این دو ورودی غیر فعال نشود  $B101$  فعال خواهد شد. با رسیدن کابین

به هر یک از طبقات یکی از دو ورودی  $I0.9$  و  $I0.10$  غیر فعال شده و تایمر  $Reset$

می گردد.



| Sprecher+Schuh list |      | Telemecanique list |       |
|---------------------|------|--------------------|-------|
| STR                 | X005 | L                  | I0,5  |
| AND                 | X006 | A                  | I0,6  |
| AND                 | X007 | A                  | I0,7  |
| AND                 | X008 | A                  | I0,8  |
| AND                 | X011 | A                  | I0,11 |
| AND NOT             | Y007 | AN                 | O0,7  |
| OUT                 | C100 | =                  | B100  |
|                     |      |                    |       |
| STR                 | X003 | L                  | I0,3  |
| OR                  | X002 | O                  | I0,2  |
| OR                  | Y001 | O                  | O0,1  |
| AND                 | X010 | A                  | I0,10 |
| AND                 | C100 | A                  | B100  |
| AND NOT             | Y002 | AN                 | O0,2  |
| OUT                 | Y001 | =                  | O0,1  |
|                     |      |                    |       |
| STR                 | X001 | L                  | I0,1  |
| OR                  | X004 | O                  | I0,4  |
| OR                  | Y002 | O                  | O0,2  |
| AND                 | X009 | A                  | I0,9  |
| AND                 | C100 | A                  | B100  |
| AND NOT             | Y001 | AN                 | O0,1  |
| OUT                 | Y002 | =                  | O0,2  |
|                     |      |                    |       |
| STR NOT             | X009 | LN                 | I0,9  |
| OUT                 | Y003 | =                  | O0,3  |
|                     |      |                    |       |
| STR NOT             | X010 | LN                 | I0,10 |
| OUT                 | Y004 | =                  | O0,4  |
|                     |      |                    |       |
| STR NOT             | X007 | LN                 | I0,7  |
| OUT                 | Y005 | =                  | O0,5  |
|                     |      |                    |       |
| STR NOT             | X008 | LN                 | I0,8  |
| OUT                 | Y006 | =                  | O0,6  |
|                     |      |                    |       |
| STR NOT             | X005 | LN                 | I0,5  |
| OR NOT              | X006 | ON                 | I0,6  |
| OR                  | X012 | O                  | I0,0  |
| OR                  | Y008 | O                  | B101  |
| OUT                 | Y007 | =                  | O0,7  |
|                     |      |                    |       |
| STR                 | X009 | L                  | I0,9  |
| AND                 | X010 |                    |       |

جدول (۳-۶) لیست برنامه‌های پروژه

| Sprecher+Schuh list | Telemecanique list. |
|---------------------|---------------------|
| STR NOT X009        | A I0,10             |
| OR NOT X010         | = T0                |
| TMR V001            | = B101              |
| 0100                |                     |
| OUT C101            |                     |

ادامه جدول (۳-۶) لیست برنامه‌های پروژه

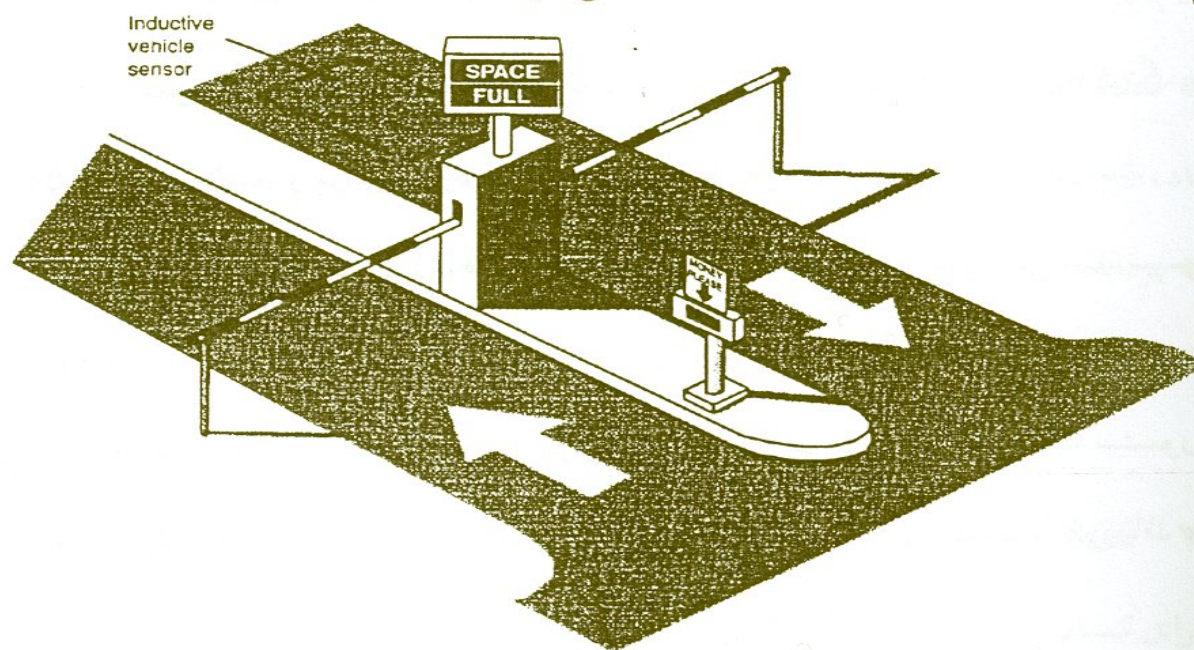


## فصل هفتم

### پروژه پارکینگ خودرو

#### ۷-۱- توصیف پروژه

یک سیستم کنترل برای پارکینگ خودرو با سیستم پرداخت وجه با تعداد جای محدود، در محل ورود و خروجی خودرو که سیستم آن در شکل (۷-۱) نمایش داده شده است مورد نیاز می باشد. یک راننده با انداختن یک سکه به داخل جعبه مخصوص در ورودی اجازه می یابد تا به پارکینگ وارد شود. در این شرایط رانندگان (اهرم) ورودی بالا رفته و اجازه ورود داده می شود.



شکل (۷-۱) سیستم کنترل پارکینگ خودرو

## ۷-۲- تجهیزات سیستم

- بازوهای ورودی و خروجی به صورت پنوماتیکی (بادی) کار می کنند.
- چراغهای نصب شده در ورودی نشان می دهد که پارکینگ پر شده و یا هنوز جای خالی دارد.
- یک سوئیچ سکه ای<sup>(۱)</sup> در ورودی قبل از اهرم ورودی وجود دارد.
- یک سنسور القایی جهت تشخیص وجود خودرو در خروجی قرار دارد.
- هر بازو به یک میکروسوئیچ بالا و میکروسوئیچ پائین که از نوع *Proximity Switch* می باشد مجهز است.
- یک صفحه نمایش در اتاق کنترل قرار داشته و اطلاعات را نمایش می دهد.

## ۷-۳- مشخصات سیستم

- ۱- کنترل باید کاملاً اتوماتیک باشد. تعداد ماشینهای موجود در پارکینگ حداکثر ۵۰ عدد می باشد و برای ورود همه نوع اتومبیل میزان ورودی یکسان است.
- ۲- پس از پرداخت پول اهرم ورودی بالا رفته و ۶ ثانیه باقی می ماند سپس پائین آمده تا اینکه سکه بعدی انداخته شود.
- ۳- وقتی یک ماشین به درب خروجی نزدیک می شود از روی یک سنسور القایی عبور می نماید. در این حالت اهرم خروجی بالا آمده و ۶ ثانیه بالا می ماند و سپس



پائین می آید تا اینکه اتومبیل بعدی جهت خروج بیاید.

۴- وقتی جای خالی وجود داشته باشد چراغ *SPACE* روشن است.

۵- وقتی پارکینگ پر باشد چراغ *FULL* روشن شده و هیچ اتومبیلی نباید وارد

شود.

۶- صفحه نمایش باید ۳۲ پیام را ارسال نماید. اولین پیام تعداد اتومبیلهای

موجود در پارکینگ را نشان می دهد.

#### ۴-۷- حل مسئله

حل مسئله در چهار مرحله انجام و تشریح می گردد.

● یک توضیح کلی در مورد نقشه سیستم بادی و کنترل آن که شبیه آن در کنترل

کننده باید انجام پذیرد.

● نقشه کنترل که شامل ورودیها و خروجیهای است که در کنترل سیستم مورد

استفاده قرار می گیرند.

● برنامه کنترل ورود و خروج اتومبیل

● برنامه ریزی و کنترل صفحه نمایش

#### ۵-۷- نقشه پنوماتیکی دستگاه

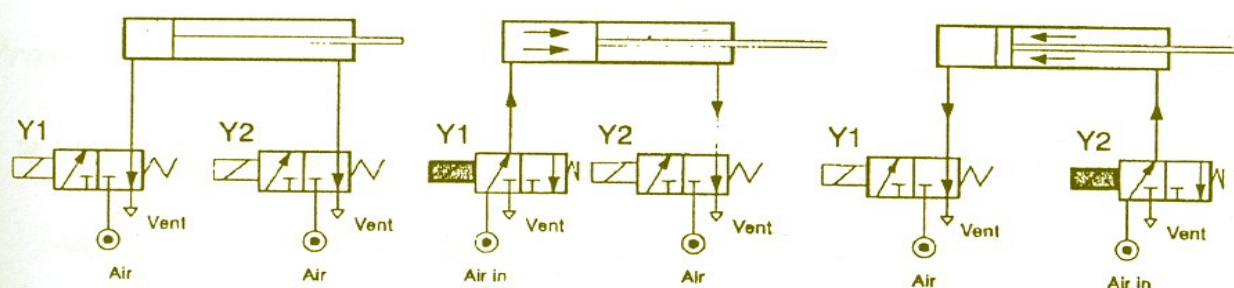
برای کسانی که با سیستمهای پنوماتیک آشنایی ندارد توضیحات این بخش مفید

خواهد بود. حرکت هر یک از اهرمها به سیلندر بادی (جک بادی) متصل به آن وابسته

است. در یک مدار بادی نمونه یک جک به یک شیر سه حالت متصل می‌گردد (شیر بادی ۵/۳). این شیر می‌تواند به دو شیر ۳/۲<sup>(۱)</sup> که در هر یک از شیرهای جک را تغذیه می‌کند تبدیل شود.

شکل (۷-۲) یک نمونه از این سیستم را نشان می‌دهد. برای جک در این شرایط سه حالت تعریف می‌شود.

- ۱- برگشت<sup>(۲)</sup>      ۲- رفت<sup>(۳)</sup>      ۳- بدون حرکت



شکل (۷-۲) عملکرد جک و شیرهای بادی

### ● بدون حرکت

در این شرایط هر دو سر جک حالت تخلیه بخود می‌گیرد و جک هیچ حرکتی نخواهد که در این شرایط هیچ یک از شیرهای سولنوئید  $Y_1$  و  $Y_2$  فعال (روشن) نیستند.

### ● حالت رفت

در این حالت شیر  $Y_1$  فعال شده و هوای فشرده از سمت چپ وارد جک شده و جک

۱- عدد سمت چپ تعداد سرهای شیر و عدد دوم تعداد حالت‌های شیر می‌باشد.



را به سمت بیرون هدایت می‌کند. در این حالت شیر  $Y_2$  بدون برق بوده و در حالت تخلیه قرار دارد.

### ● حالت برگشت

در این حالت شیر  $Y_1$  غیر فعال شده و به شیر  $Y_2$  برق داده می‌شود. شیر  $Y_2$  هوای فشرده را وارد سیلندر نموده و شیر  $Y_1$  حالت تخلیه بخود می‌گیرد. بنابراین جک به سمت داخل حرکت می‌کند.

شکل (۷-۳) سیستم کامل مربوط به کنترل اهرم‌های ورودی و خروجی پارکینگ را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود سیستم از دو جک و چهار عدد شیر سولنوئید و چهار عدد سوئیچ تشکیل شده است. شیرهای  $Y_1$  و  $Y_2$  جک اهرم ورودی را کنترل می‌نماید و شیرهای  $Y_3$  و  $Y_4$  جک اهرم خروجی را کنترل می‌کنند. میکروسوئیچ‌های  $B_2$  و  $B_3$  موقعیتهای بالا و پائین اهرم ورودی و میکروسوئیچ‌های  $B_4$  و  $B_5$  موقعیتهای بالا و پائین اهرم خروجی را آشکار می‌سازند.

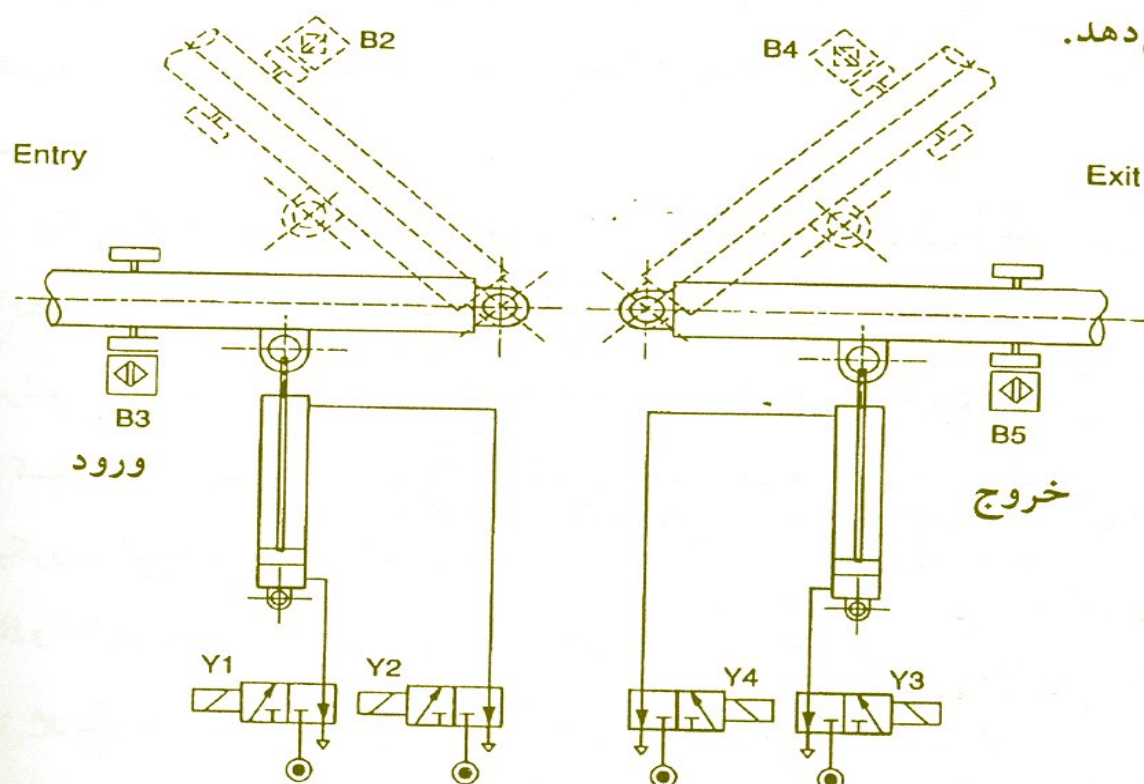
هر یک از اهرمها در یک نقطه لولا شده و با جابجایی جکها حرکت بالا و پائین را انجام می‌دهند. سنبلها و علائم موجود در شکل (۷-۲) و (۷-۳) با استاندارد  $ISO1219$  مطابقت دارد. شیرها در حالت بدون تحریک و تحریک شده با شیفต์ بلوک حالت نمایش داده شده‌اند.

### ۷-۶- مدار کنترل

ورودیها و خروجی‌های کنترل کننده در جدول (۷-۱) و (۷-۲) آمده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود کنترل کننده دارای شش ورودی و هفت خروجی است.

هر یک از سنسورهای *Proximity* سه سیمه و از نوع *PNP* می باشد و حدود  $10mA$  جریان به بار در تغذیه *dc* می دهد. برای این پروژه ما فرض می کنیم که بتواند سیگنال ورودی *PLC* را وقتی که قطعه به آن نزدیک می شود تأمین نماید. سوئیچ سکه ای وقتی مبلغ درست در آن قرار داده می شود یک سیگنال مناسب در اختیار ما

قرار می دهد.



شکل (۷-۳) نقشه پنوماتیکی اهرمهای ورودی و خروجی

| Device             | Item | Input      |         |                |               |
|--------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                    |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Coin switch        | S1   | X400       | I0.0    | X001           | I0,0          |
| Vehicle sensor     | B1   | X401       | I0.1    | X002           | I0,1          |
| Entry barrier up   | B2   | X402       | I0.2    | X003           | I0,2          |
| Entry barrier down | B3   | X403       | I0.3    | X004           | I0,3          |
| Exit barrier up    | B4   | X404       | I0.4    | X005           | I0,4          |
| Exit barrier down  | B5   | X405       | I0.5    | X006           | I0,5          |

جدول (۷-۱) ورودیهای کنترل کننده



| Device              | Item | Output     |           |                |               |
|---------------------|------|------------|-----------|----------------|---------------|
|                     |      | Mitsubishi | Siemens   | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Raise entry barrier | Y1   | Y430       | Q2.0      | Y001           | O0,0          |
| Lower entry barrier | Y2   | Y431       | Q2.1      | Y002           | O0,1          |
| Raise exit barrier  | Y3   | Y432       | Q2.2      | Y003           | O0,2          |
| Lower exit barrier  | Y4   | Y433       | Q2.3      | Y004           | O0,3          |
| 'Space' lamp        | H1   | Y434       | Q2.4      | Y005           | O0,4          |
| 'Full' lamp         | H2   | Y435       | Q2.5      | Y006           | O0,5          |
| Text display        | H3   | Y530..535  | Q3.0..3.5 | Y009..14       | O1,0..1,5     |

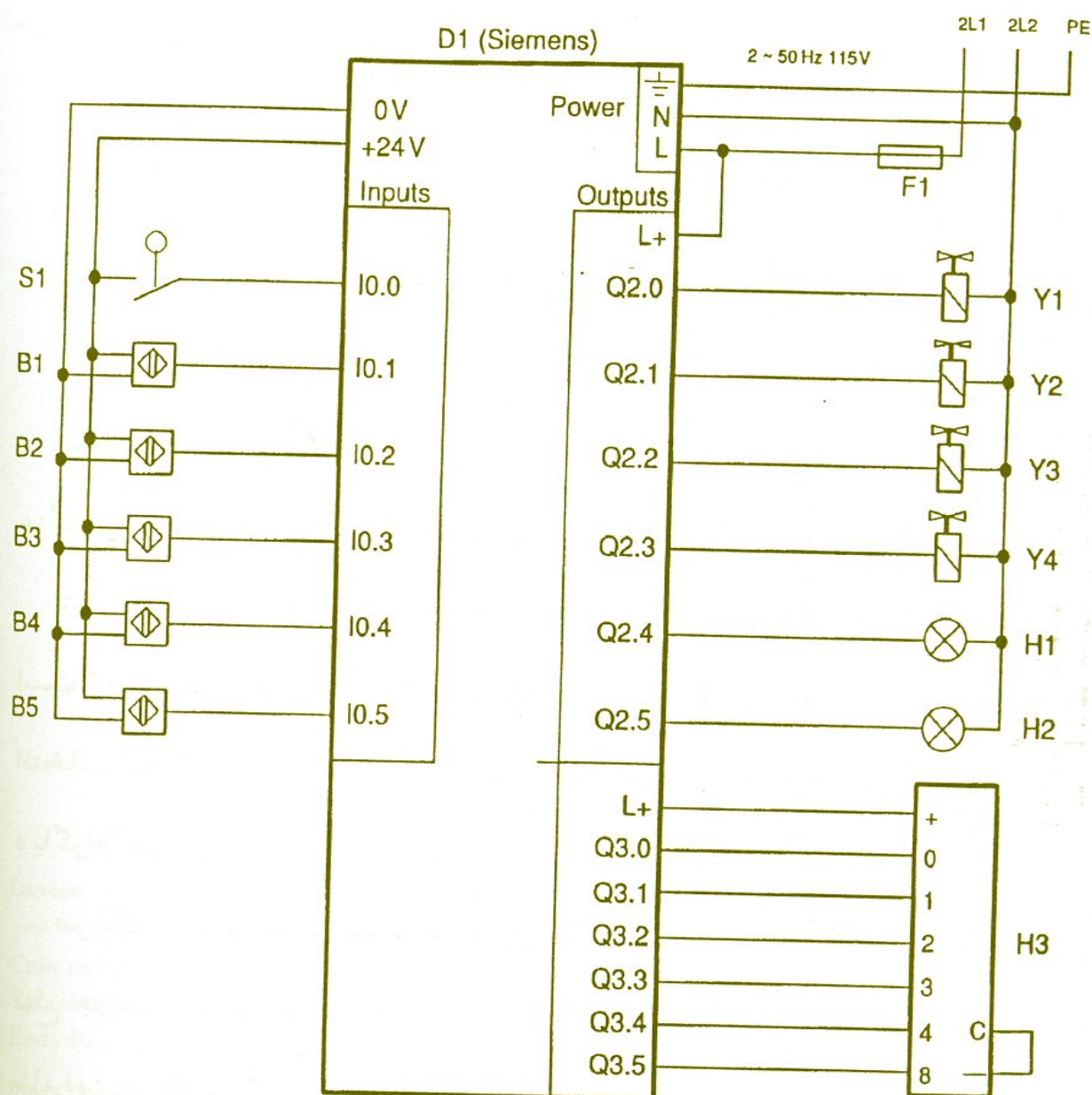
### جدول (۷-۲) خروجی‌های کنترل کننده

سنسور القایی تشخیص وسیله به یک تقویت کننده مناسب متصل شده، بطوری که هنگامی که وسیله در بالای آن قرار می‌گیرد یک سیگنال مناسب تولید می‌کند. شیر سولنوئیدها و چراغهای راهنما با ولتاژ  $115V\ ac$  کار می‌کنند. اگر چه ممکن است که شیرها با ولتاژ 24 یا 48 ولت کار کنند ولی در این پروژه نوع  $115V$  آنها انتخاب شده‌اند. برای تمام شیر سولنوئیدها مدار اسنابر باید در نظر گرفته شوند که در دیاگرام مداری آورده نشده است.

هر یک از شیر سولنوئیدها در صورتی که برق دار شوند کار می‌کنند و در صورت قطع جریان آنها نیز قطع می‌گردند. به عبارت دیگر دارای لچ (*Latch*) نیستند. بنابراین در طول مدتی که باید کار کنند می‌بایست برق دار شوند.

برای راه اندازی صفحه نمایش پیامها، ما به هشت ترانزیستور خروجی نیاز داریم (در بخش ۸-۷ توضیح داده می‌شود). این ترانزیستورها در تغذیه  $24V\ d.c.$  کار

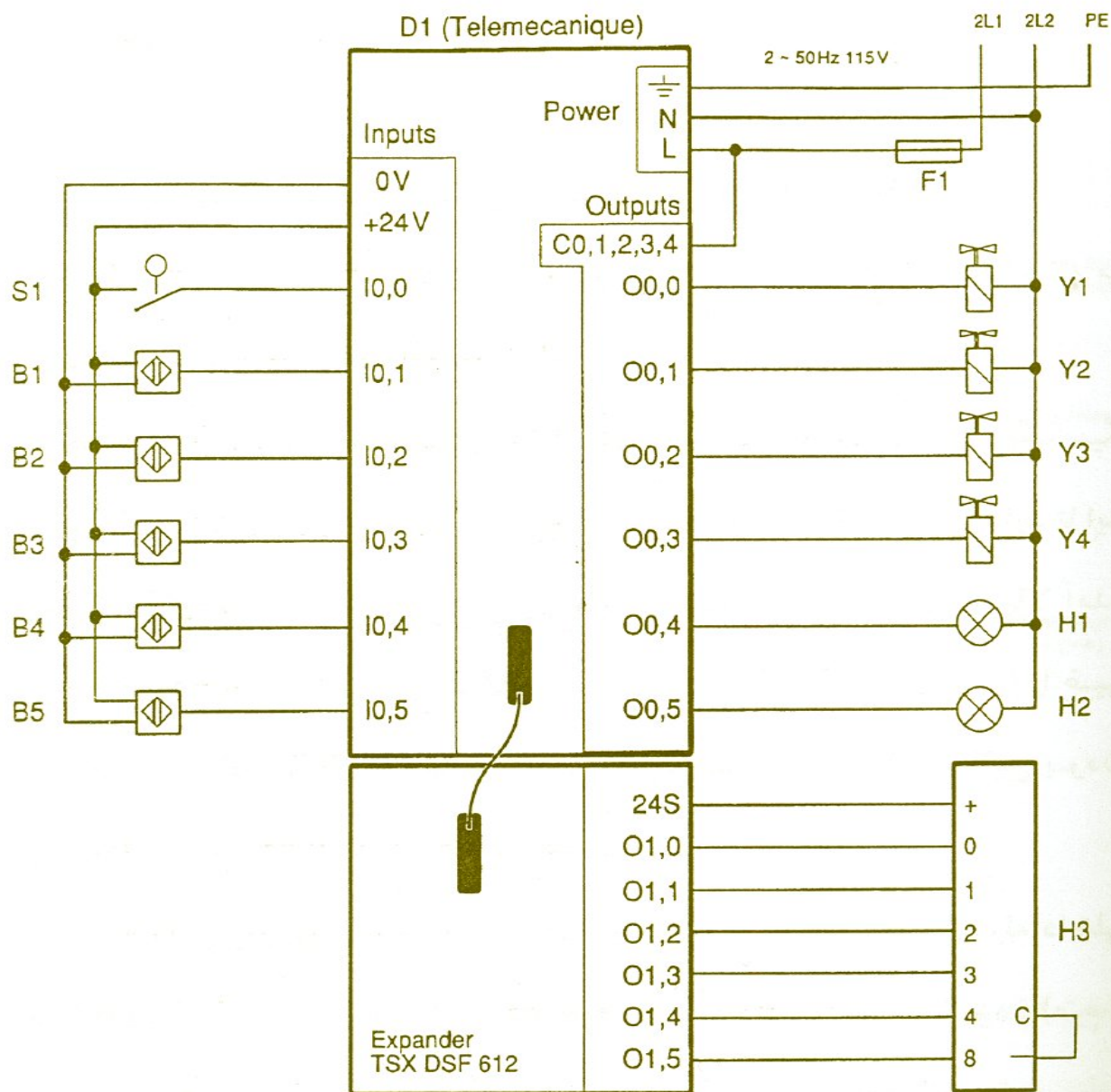
می‌کنند. در کنترل کننده شرکت *Siemens* مدول شماره ۳ کنترل کننده دارای خروجی ترانزیستور است. بنابراین ما می‌توانیم صفحه نمایش را به این خروجیها متصل



شکل (۴-۷) دیاگرام اتصالات PLC از شرکت *Siemens*



نمائیم. در کنترل کننده شرکت *Telemecanique* تمامی خروجیهای موجود از نوع رله بوده و لازم است که از یک بلوک گسترش دهنده با نوع (TSX DSF 612) که دارای خروجی ترانزیستور می باشد استفاده نماییم. تغذیه 24V از واحد نمایش و یا از PLC می تواند تأمین گردد.



شکل (۵-۷) دیاگرام اتصالات PLC از شرکت *Telemecanique*

## ۷-۷- برنامه برای کنترل ورود و خروج

دیاگرامهای نردبانی پیشنهادی برای کنترل کننده های *Siemens* و *Telemecanique* بجز برنامه ریزی مربوط به شمارنده های موجود، در بقیه موارد مشابه اند. برای آزمایش میزان شمارش شمارنده به جای عدد ۵۰ از عدد ۵ استفاده می نمائیم.

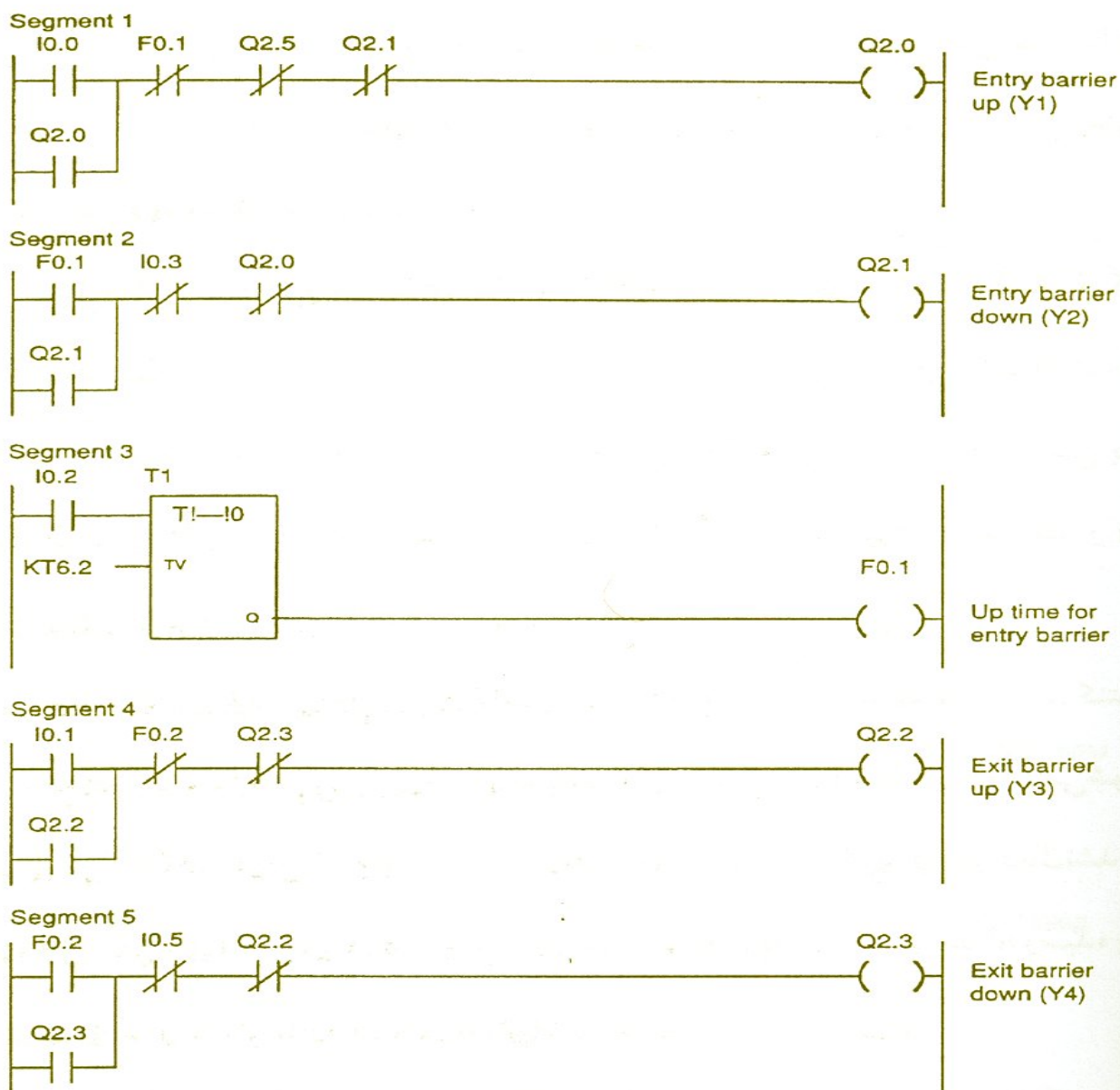
### ۷-۷-۱- حل پروژه برای کنترل کننده شرکت *Siemens*

دیاگرام نردبانی در شکل های (۷-۶) و (۷-۷) آمده است. همانگونه که ملاحظه می شود این دیاگرام شامل ۸ جزء<sup>(۱)</sup> است.

جزء ۱-  $Q2.0$  خروجی برای بالا آمدن اهرم مسیر ورودی است. یک سیگنال از جعبه سکه آن را فعال می کند و پس از فعال شدن خود را فعال نگه می دارد تا اینکه رله داخلی  $F0.1$  فعال گردد (وقتی این رله داخلی فعال می شود که زمان بالا آمدن اهرم بیشتر از حد مجاز باشد) دو سیگنال غیر فعال کننده دیگر نیز  $Q2.0$  را غیر فعال می نمایند که یکی  $Q2.5$  (به مفهوم پر بودن پارکینگ) و  $Q2.1$  (پائین بودن اهرم ورودی)

جزء ۲-  $Q2.1$  برای پائین آمدن اهرم ورودی می باشد. وقتی که رله داخلی  $F0.1$  فعال گردد (تمام شدن زمان تایمر  $T1$  که مربوط به کنترل زمان بالا بودن اهرم ورودی





شکل (۶-۷) دیاگرام نردبانی PLC شرکت Siemens

است) روشن می شود و با کنتاکت خود نگهدار تا زمانی که  $I0.3$  و یا  $Q2.0$  فعال نشده اند روشن باقی می ماند.  $Q2.0$  برای زمانی که است فرمان بالا رفتن صادر شده و  $I0.3$  برای زمانی است که اهرم به پائین ترین نقطه خود رسیده است.

جزء ۳- این رانگ برای کنترل زمان بالا ماندن اهرم می باشد وقتی که  $I0.2$  فعال شد تایمر  $T1$  که زمان آن برای ۶ ثانیه تنظیم شده، فعال شده و پس از اتمام زمان آن خروجی  $F0.1$  فعال می گردد.

جزء ۴-  $Q0.2$  خروجی برای بالا آمدن اهرم خروجی پارکینگ می باشد. هنگامی که یک سیگنال از سنسور ورودی  $I0.1$  دریافت شد، روشن شده و با کنتاکت خود نگهدار تا زمانی که رله داخلی  $F0.2$  و خروجی  $Q2.3$  فعال نشده اند روشن باقی می ماند.  $F0.2$  زمانی فعال می شود که زمان بالا ماندن اهرم سپری شده باشد و  $Q2.3$  خروجی مربوط به پائین آمدن اهرم است.

جزء ۵-  $Q2.3$  خروجی برای پائین آمدن اهرم خروجی پارکینگ است. کنتاکت رله داخلی  $F0.2$  این خروجی را فعال نموده (رله داخلی  $F0.2$  هنگامی فعال می شود که زمان بالا ماندن تمام شده باشد) و تا زمانی که رودی  $I0.5$  و یا  $Q2.2$  فعال نشده اند روشن باقی می ماند ( $I0.5$  زمانی فعال می شود که اهرم به پائین ترین نقطه رسیده باشد و  $Q2.2$  مربوط به بالا رفتن اهرم است).

جزء ۶- این رانگ رله داخلی  $F0.2$  را فعال می کند. زمانی که  $I0.4$  فعال گردد (این ورودی وقتی که اهرم به بالاترین نقطه رسید فعال می شود) تایمر  $T2$  شروع به کار نموده و بعد از ۶ ثانیه خروجی آن فعال می شود.

جزء ۷-  $C1$  شمارنده ای است که تعداد ماشینهای وارد شده را می شمارد. در واقع تعداد ماشینهای مجاز پنج عدد در نظر گرفته شده است. باید به این نکته توجه نمود که شمارنده ها در  $PLC$  شرکت  $Siemens$  در تمام اعداد خروجی فعال دارد بجز عدد



Segment 6



Segment 7



Segment 8



شکل (۷-۷) ادامه دیاگرام نردبانی شکل (۷-۶)

صفر یعنی زمانی که محتوی آن به صفر رسید. سیگنال خروجی اش صفر می شود. برای اینکه میزان شمارش اولیه به داخل شمارنده فرستاده شود از رله داخلی  $F_{127.7}$  استفاده شده است. با فرستادن عدد 5 به داخل شمارنده خروجی آن فعال شده و لامپ *SPACE* روشن می شود. هر یک سیگنال که از طرف  $I_{0.2}$  بیاید یکی از محتوای شمارنده کم می شود. زمانی که عدد به صفر رسید خروجی شمارنده غیر فعال شده و

لامپ (*SPACE*) خاموش و لامپ (*FULL*) روشن می‌شود. با فعال شدن  $I0.4$  به محتوای شمارنده یک عدد اضافه می‌شود که در این صورت مجدداً لامپ (*SPACE*) روشن و لامپ (*FULL*) خاموش می‌شود ( $I0.2$  با بالا آمدن اهرم ورودی و  $I0.4$  با بالا آمدن اهرم خروجی فعال می‌شوند).

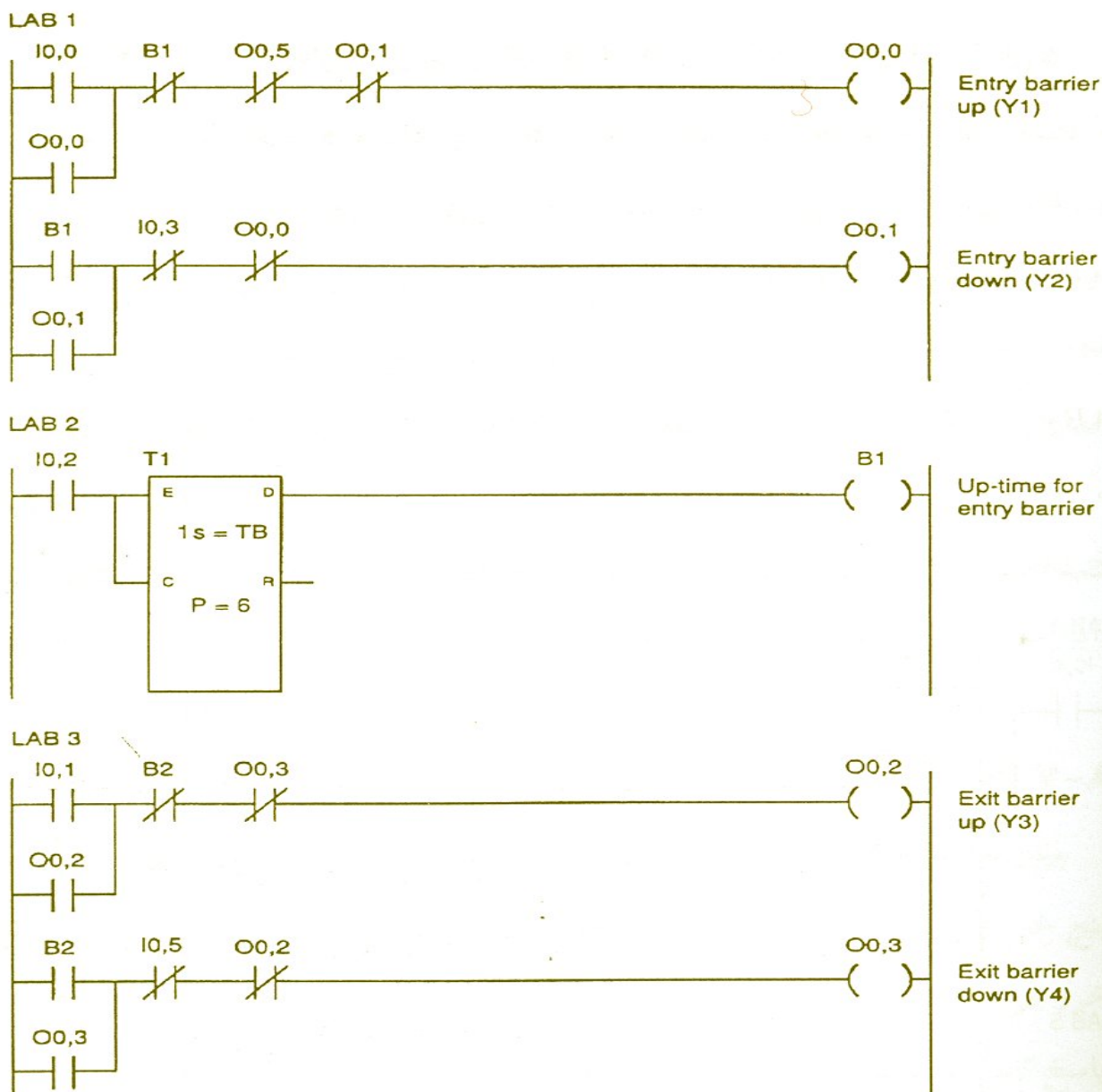
جزء ۸- خروجی  $Q2.5$  (لامپ *FULL*) وقتی که خروجی  $Q2.4$  (لامپ *SPACE*) فعال می‌شود، خاموش و وقتی این خروجی غیر فعال است، روشن می‌شود. باید دقت نمود که کنتاکت  $Q2.5$  برای غیر فعال نمودن رانگ  $I$  بکار گرفته می‌شود.

۲-۷-۷- دیاگرام نردبانی پروژه با کنترل کننده شرکت *Telemecanique*  
با توجه به دیاگرام نردبانی قبلی و جدول ورودیها و خروجیها برای این کنترل کننده نیز دیاگرام نردبانی به سادگی قابل طرح و پیاده سازی می‌باشد. در این کنترل کننده دیاگرام در پنج جزء (*LAB*) خلاصه می‌شود که بشرح ذیل است.

جزء ۱- خروجی  $O0.0$  برای بالا آمدن اهرم ورودی پارکینگ می‌باشد. یک سیگنال از ورودی  $I0.0$  این خروجی را روشن نموده و روشن باقی می‌ماند مگر آنکه رله داخلی  $B1$  (اتمام زمان بالا ماندن) و یا  $O0.5$  (به معنی پر بودن پارکینگ) و  $O0.1$  (پائین بودن اهرم) فعال گردند.

خروجی  $O0.1$  برای پائین آمدن اهرم ورودی است. رله داخلی  $B1$  این خروجی را فعال نموده و تا زمانی که ورودی  $I0.3$  و خروجی  $O0.9$  فعال نشده‌اند روشن باقی





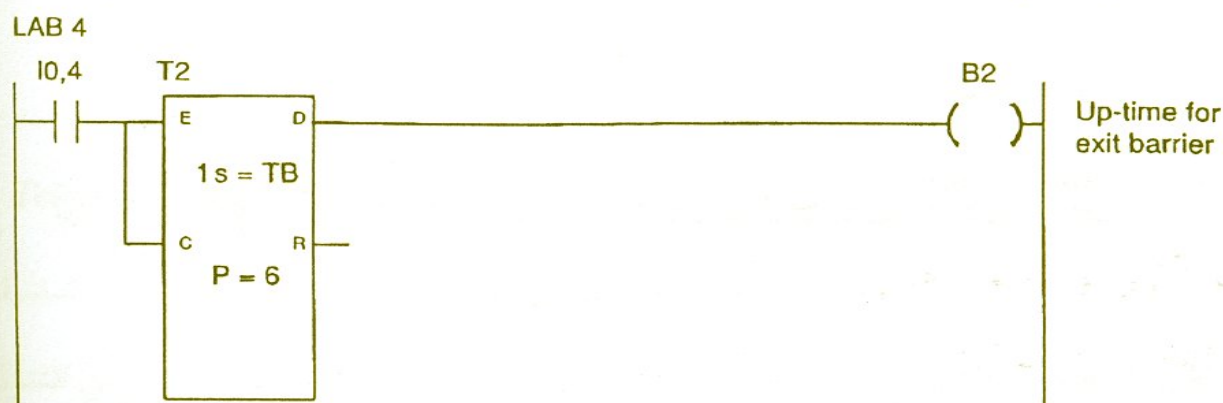
شکل (۷-۸) دیاگرام نردبانی PLC شرکت Telemecanique

می ماند (ورودی  $I0.3$  وقتی فعال می شود که اهرم پائین باشد و خروجی  $O0.0$  وقتی که اهرم بالا می رود فعال است).

جزء ۲-  $I0.2$  وقتی که اهرم ورودی کاملاً بالاست یک سیگنال ایجاد می کند که

این سیگنال تایمر  $T1$  را فعال می‌کند. بعد از ۶ ثانیه خروجی  $B1$  فعال می‌شود.  
 جزء ۳-  $Q0.2$  خروجی برای بالا آمدن اهرم خروجی پارکینگ می‌باشد. یک  
 سیگنال از سنسور  $I0.1$  این خروجی را روشن نموده و در این حالت باقی می‌ماند تا  
 زمانی که رله داخلی  $B2$  (زمان بالا ماندن تمام شده باشد) یا خروجی  $O0.3$  که  
 خروجی برای پائین آمدن اهرم است فعال شود.

$O0.3$  خروجی لازم برای پائین آمدن اهرم را ایجاد می‌کند. رله داخلی  $B2$  این  
 خروجی را فعال نموده و تا زمانی که  $I0.5$  و یا  $O0.2$  فعال نشده‌اند، روشن باقی می‌ماند  
 ( $I0.5$  وقتی اهرم کاملاً پائین باشد فعال می‌شود و  $O0.2$  برای بالا آمدن اهرم است)



شکل (۷-۹) ادامه دیاگرام نردبانی شکل (۷-۸)



جزء ۴- $I0.4$  وقتی که اهرم کاملاً بالا می آید یک سیگنال می دهد. این سیگنال تایمر  $T2$  را فعال نموده و بعد از ۶ ثانیه رله داخلی  $B2$  روشن می شود.

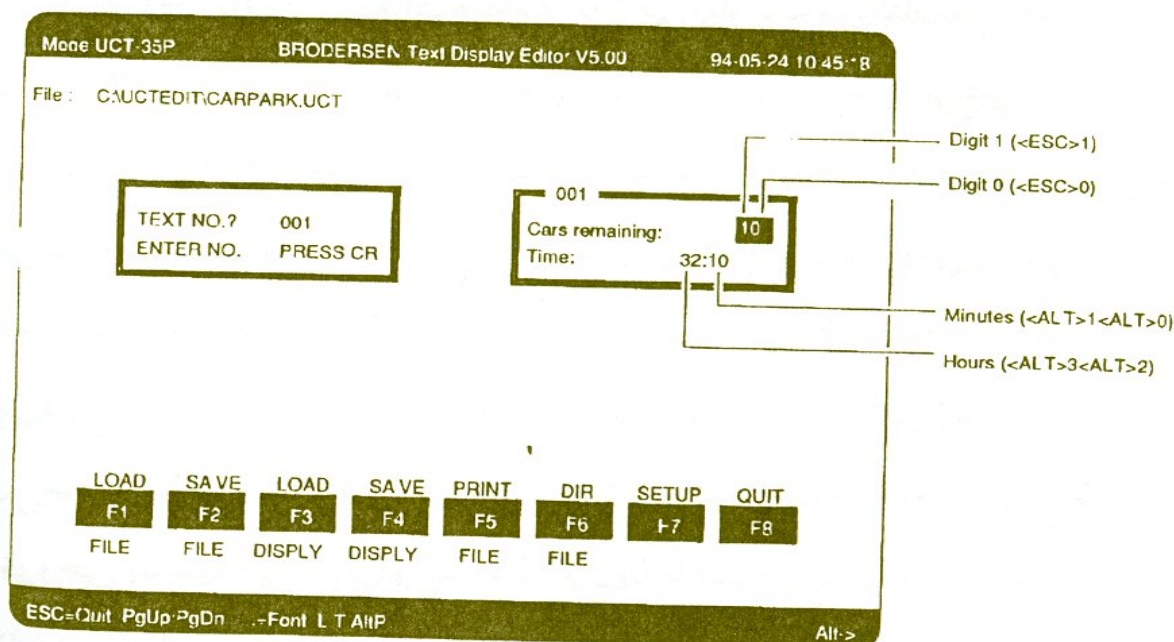
جزء ۵- $C1$  شمارنده ای است که تعداد ماشینهای موجود در پارکینگ را می شمارد. شمارنده در این نوع  $PLC$  ها وقتی که میزان شمارش با میزان اولیه یکی شود شمارنده یک سیگنال تولید می نماید. قطع سیگنال خروجی شمارنده باعث می شود که لامپ  $SPACE$  خاموش و لامپ  $FULL$  روشن می شود.

هر سیگنال از  $I0.4$  باعث کم شدن محتوای شمارنده می شود (این سیگنال از اهرم خروجی بدست می آید) هر سیگنال از  $I0.2$  باعث افزایش محتوای شمارنده می شود (این سیگنال از اهرم ورودی بدست می آید).

## ۸-۷- پیام نما<sup>(۱)</sup>

پیام نما باید ۳۲ پیام را نمایش دهد. برای ارسال ۳۲ پیام به فرم باینری<sup>(۲)</sup> نیاز به پنج خروجی داریم. از آنجا که تغییر مد پیام نما نیاز به یک بیت کنترل دارد لذا تعداد خروجی ها به شش افزایش می یابد. از آنجا که مدول خروجی رله ای دارای زمان پاسخ کند است لذا در اینجا از مدول خروجی با ترانزیستور استفاده می نمائیم.

تمامی پیامها با یک  $PC$  کامپیوتر و نرم افزار مربوطه قابل برنامه نویسی است. پس از ایجاد کردن پیامها، برنامه به پیام نما منتقل می گردد. شکل (۷-۱۰) توابع در دسترس و صفحه کامپیوتر را نشان می دهد. برای هر پیغام، استفاده کننده می تواند ۱۶ متغیر برای اطلاعات و ۱۰ عدد برای سال، ماه، روز، ساعت و دقیقه را وارد نماید.



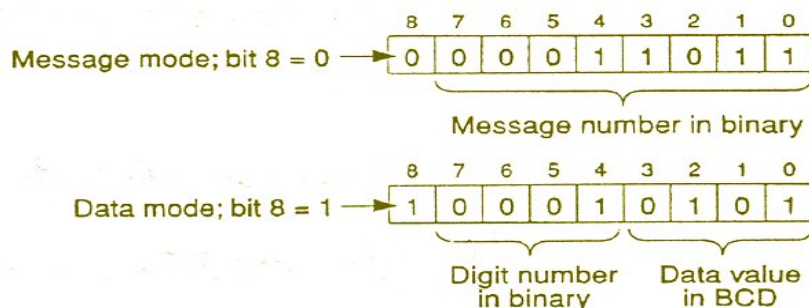
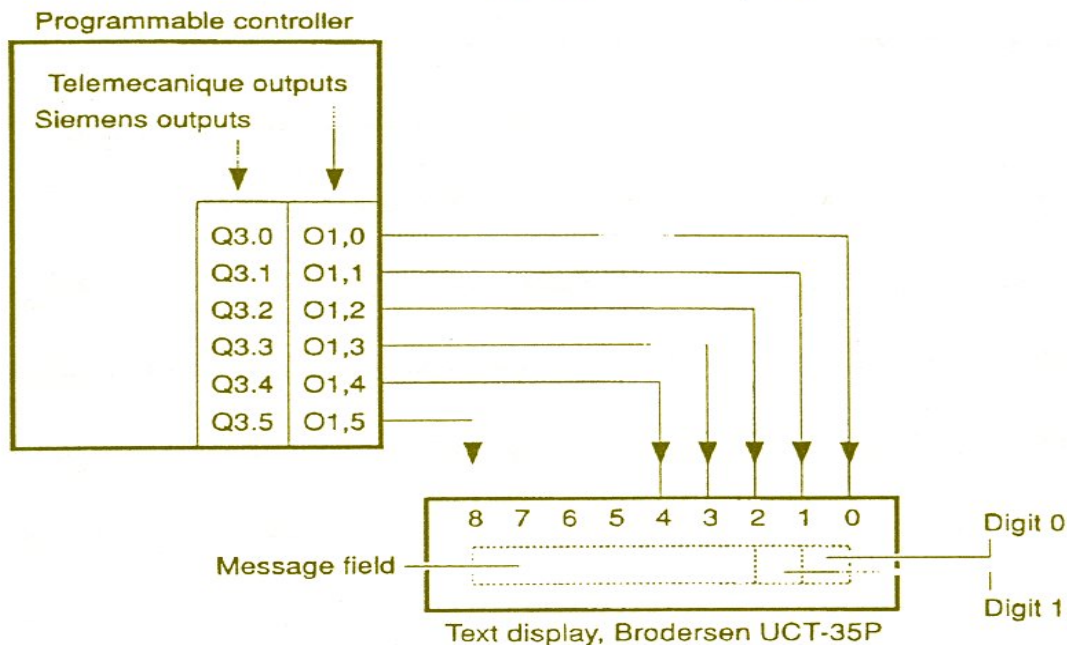
شکل (۷-۱۰) وارد کردن پیامها با یک کامپیوتر PC به پیام نما

زمانی که پیامها ایجاد و به پیام نما انتقال داده شد باید برنامه به گونه‌ای اصلاح شود که در صورت نیاز پیامها نمایش داده شوند. برای این کار باید بدانیم که کنترل کننده چه اطلاعاتی را برای پیام نما باید ارسال نماید. بعنوان مثال برای نمایش پیام شماره ۲ کنترل کننده چگونه به ارسال اطلاعات باید اقدام کند. این رویه در شکل (۷-۱۱) نمایش داده شده است.

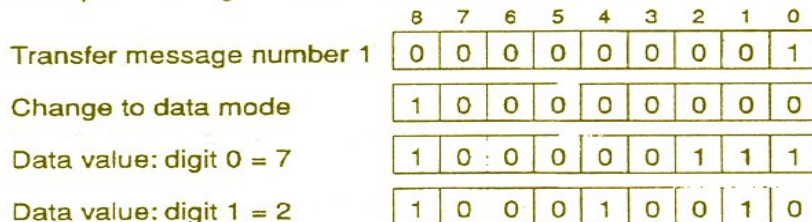
پیام نما در دو مد مجزا کار می‌کند. آخرین ورودی این دستگاه که با شماره ۸ مشخص شده است (بیت شماره ۸) در صورتی که صفر یا خاموش باشد دستگاه در حالت پیام و در صورتی که ۱ یا روشن باشد دستگاه در حالت اطلاعات یا Data قرار می‌گیرد. در زمانی که دستگاه در حالت پیام قرار دارد ورودیهای ۰-۷ که مبین یک عدد



باینری<sup>(۱)</sup> هستند شماره پیام را مشخص می کنند. شکل (۷-۱۱b)



Example: Message number 1 with data value '27'.



شکل (۷-۱۱) نحوه روشن نمودن خروجیهای کنترل کننده

برای نمایش پیام شماره 1 با اطلاعات عددی 27

در مد اطلاعات چهار ورودی اول یعنی شماره ۰-۳ به عنوان اطلاعات و ۴ ورودی بعدی یعنی ۴-۷ شماره رقم را مشخص می نمایند که در اینجا تنها به دو رقم نیازمندیم بنابراین این اعداد فقط صفر و یک به خود می گیرند.

در شکل (۷-۱۱b) چهار دسته اطلاعات، نحوه نمایش عدد ۲۷ در پیام شماره ۱ را نشان می دهد. دسته اول شماره پیام را مشخص می نماید و آخرین بیت آن نیز صفر است. دسته دوم اطلاعات برای تغییر مد دستگاه از حالت پیام به حالت Data است و تنها آخرین بیت آن یک است. دسته سوم رقم سمت راست یعنی ۷ و دسته چهارم رقم سمت چپ یعنی ۲ را مشخص می کند.

شکل (۷-۱۲) دیاگرام نردبانی لازم برای راه اندازی پیام نما را نشان می دهد. در رانگ (a) با فعال شدن رله داخلی  $B_{135}$  عدد ۵ به حافظه داخلی  $W_{10}$  فرستاده می شود. این عدد به خروجی های  $O_{1.9}$  تا  $O_{1.7}$  فرستاده می شود.

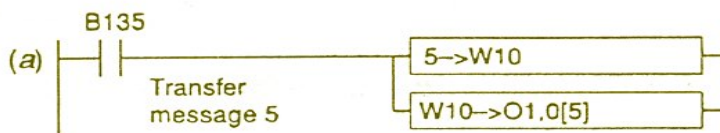
در شکل (۷-۱۲) جزء (b) یک روش برای نمایش اطلاعات، در پروژه پارکینگ اتومبیل را نمایش می دهد. در رانگ اول محتوای شمارنده  $C_1$  به  $W_0$  فرستاده می شود. عدد  $W_0$  به نوع  $BCD^{(1)}$  (اعداد صفر تا ۹) تبدیل شده و در  $W_4$  ذخیره می شود. قسمت یکان عدد در  $W_2$  و دهگان در  $W_3$  ذخیره می شود.

در رانگ سوم با فعال شدن  $B_{100}$  خروجی  $O_{1.5}$  صفر شده یا (Reset) می گردد (فعال نمودن مد پیام) با فعال شدن  $B_{101}$  در رانگ بعدی خروجی  $O_{1.5}$  فعال (Set) می شود (فعال نمودن در اطلاعات یا Data) برای پیام نما.

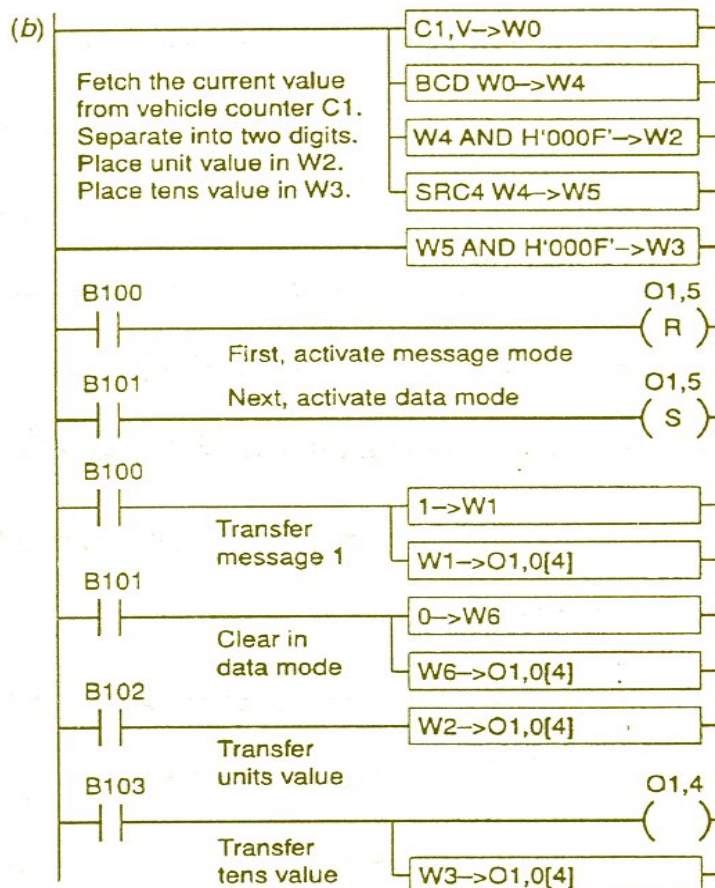
در رانگ پنجم با فعال شدن  $B_{100}$  عدد ۱ که در  $W_1$  ذخیره شده به خروجی های



$O_1$  فرستاده می شود.



L KF +5  
T QB3



AN F20.0  
JC FB10  
NAME BCDDATA  
MESS KF+1  
DIGS KF+2  
POSN KF+0  
DATA FW100  
DISP Q3.0  
MODE Q3.7

...

Note: The solution shown above appears simple because it makes use of a function block, FB10, to handle the data transfer. In this block  
MESS = message number.  
DIGS = number of digits.  
DATA = value location.  
DISP = first output.  
MODE = mode output.

Such a function block can be designed by the user or purchased from a software supplier.

شکل (۷-۱۲) برنامه لازم برای راه اندازی پیام نما

برای PLC شرکت Telemecanique

در رانگ ششم با فعال شدن  $B_{101}$  عدد صفر که در  $W_6$  ذخیره شده به خروجی های

$O_1$  فرستاده می شود.

در رانگ هفتم با فعال شدن  $B_{102}$  عدد 1 که در  $W_2$  ذخیره شده به خروجی های  $O_1$  فرستاده می شود.

در رانگ هشتم با فعال شدن  $B_{103}$  عدد 1 که در  $W_3$  ذخیره شده به خروجی  $O_1$  فرستاده شده و همزمان خروجی  $O_{1.4}$  فعال می شود.

باید به این نکته اشاره نمود که رله های داخلی  $B_{100}$  تا  $B_{103}$  به صورت پشت سر هم و با یک تأخیر خاص فعال می شوند تا اطلاعات با سرعت مناسب به پیام نما برسد.

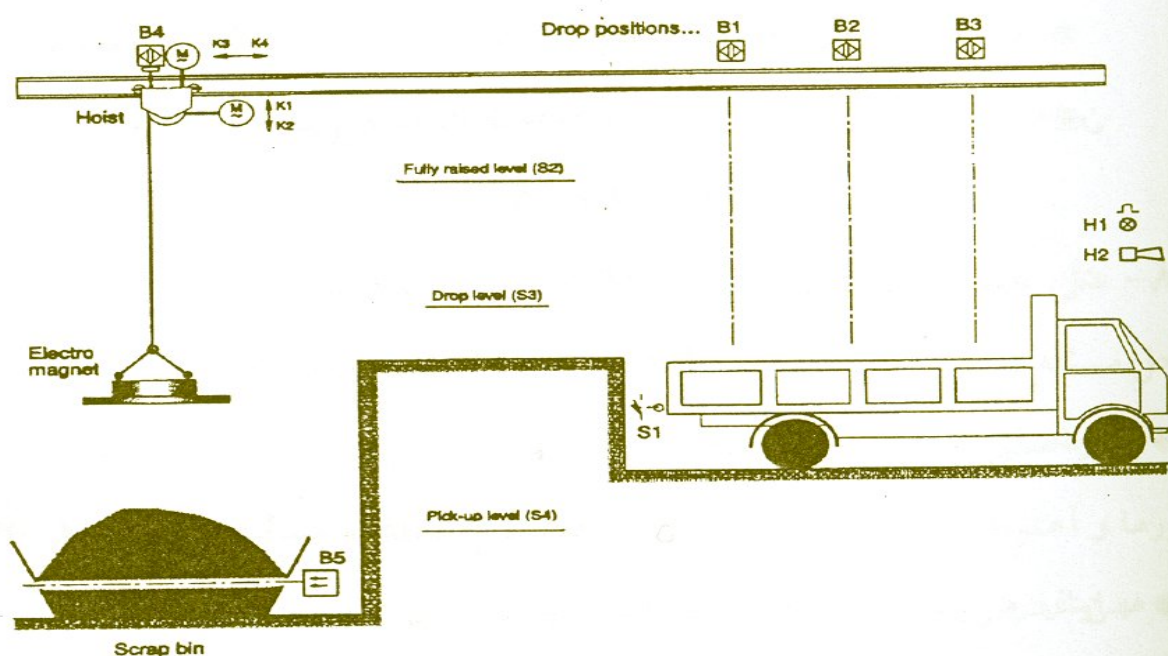


## فصل هشتم

### پروژه جرثقیل سقفی

#### ۸-۱- توصیف پروژه

نصب و راه اندازی یک جرثقیل سقفی با آهنربا برای انتقال آهن قراضه‌های موجود در انبار به کامیون که در شکل (۸-۱) نمایش داده شده است هدف ما می‌باشد. این سیستم بطور تمام اتوماتیک در شش مرحله رفت و برگشت باید کامیون را پر نموده و برای این منظور سه نقطه تخلیه در نظر گرفته شده است که در هر نقطه ۲ بار عمل تخلیه بار باید انجام شود.



شکل (۸-۱) سیستم جرثقیل سقفی مغناطیسی

## ۲-۸- تجهیزات

- یک کنترل کننده برای اتوماتیک کردن فرآیند
- یک موتور جرثقیل که دارای دو کنتاکتور  $K_1$  برای حرکت بالا و کنتاکتور  $K_2$  برای حرکت پائین
- یک موتور جابجایی که دارای دو کنتاکتور  $K_3$  برای حرکت سمت چپ و کنتاکتور  $K_4$  برای حرکت سمت راست
- آهن ربای الکتریکی که با کنتاکتور  $K_5$  فعال می شود
- چراغ راهنمای  $H_1$  برای فرمان به کامیون به منظور ترک جایگاه
- آژیر  $H_2$  برای ایجاد صدا در شرایط خطا
- سوئیچ های حسی (Proximity Switch) برای جاهای تخلیه  $B_1$  و  $B_2$  و  $B_3$
- سوئیچ حسی انتهای حرکت  $B_4$  (Home)
- سنسور نوری  $B_5$  برای تست وجود آهن قراضه
- سوئیچ  $S_1$  که با آمدن کامیون در جایگاه فعال می شود
- سوئیچ چرخشی (Screw Switch) متصل به جرثقیل برای تعیین
  - ۱- اندازه حرکت بالا  $S_2$  (Fully - Up)
  - ۲- محل تخلیه بار  $S_3$  (Drop)
  - ۳- محل برداشت  $S_4$  (Pick - Up)

## ۳-۸- مشخصات سیستم کنترل

- ۱- کنترل باید کاملاً اتوماتیک و با بالا آمدن کامل جرثقیل و رفتن به موقعیت  $B_4$  (Home) شروع شود.



- ۲- وقتی قراضه موجود باشد و کامیون هم در جایگاه قرار گیرد جرثقیل ابتدا عمل برداشت اول را انجام می دهد. کاملاً بالا می آید و به نقطه اول تخلیه رفته بار را تا محل تخلیه پائین می آورد و سپس عمل تخلیه انجام می دهد.
- ۳- برای برداشت بعدی باید کاملاً بالا آمده و سپس به نقطه برداشت برگردد و پس از برداشت و بالا آمدن مجدد به نقطه تخلیه دوم رفته و بار را تخلیه نماید.
- ۴- مجدداً کاملاً بالا آمده و برای سومین برداشت اقدام و به نقطه سوم تخلیه آمده و عمل تخلیه را انجام می دهد.
- ۵- هر یک از مراحل ۲ و ۳ و ۴ را یک بار دیگر تکرار می نماید.
- ۶- بعد از تخلیه آخر جرثقیل کاملاً بالا آمده و به نقطه (Home) بر می گردد. لامپ  $H_1$  شروع به چشمک زدن می نماید و تا زمانی که کامیون محل را ترک نماید این کار را ادامه می دهد. سیکل کاری جدید وقتی شروع می شود که کامیون برگردد.
- ۷- آژیر در شرایط زیر به صدا در می آید.
- هرگونه اضافه جریان در موتور جرثقیل رخ دهد.
  - هرگونه اضافه جریان در موتور جابجایی رخ دهد.

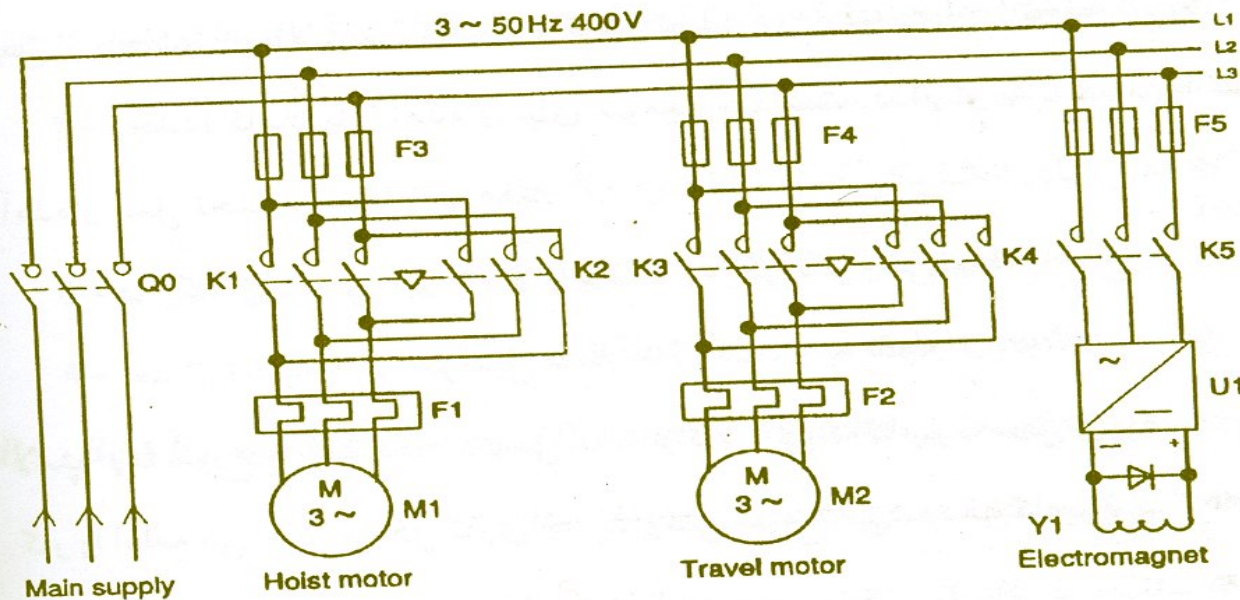
#### ۴-۸- حل مسئله

حل مسئله در سه مرحله انجام می شود:

- مدار اصلی که شامل سوئیچ های اصلی (کنتاکتورها) و مدارهای حفاظتی برای موتورها و آهنربا و منبع تغذیه مدار کنترل می باشد.
- مدار کنترل که شامل اتصالات ورودی و خروجی کنترل کننده می باشد.
- برنامه کنترلی که با توجه به نوع کنترل کننده نوشته می شود.

## ۵-۸- مدار اصلی

مدار اصلی در شکل (۸-۲) آمده است تغذیه  $115^V$  برای کنتاکتورها، لامپ چشمک زن و آژیر در نظر گرفته که به همراه کنترل کننده از یک ترانس که در شکل نشان داده نشده است تأمین می‌گردد.



شکل (۸-۲) مدار اصلی پروژه

## ۶-۸- مدار کنترل

جدول (۸-۱) و (۸-۲) به ترتیب ورودیها و خروجیهای کنترل کننده را مشخص می‌نماید.

کنترل کننده در این پروژه دارای ۱۱ ورودی و ۷ خروجی است. بر این اساس مناسب‌ترین کنترل کننده از شرکت Mitsubishi مدل FX-48MR می‌باشد که تقریباً تعداد ورودیها و خروجیهای آن دو برابر مدلهای F2 می‌باشد.

همه ورودیها در  $24v.d.c$  کار می‌کنند. هر یک از سوئیچ‌های حسی



| Device           | Item | Input      |         |                |               |
|------------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                  |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Drop position 1  | B1   | X1         | I0.1    | X001           | I0,1          |
| Drop position 2  | B2   | X2         | I0.2    | X002           | I0,2          |
| Drop position 3  | B3   | X3         | I0.3    | X003           | I0,3          |
| Home position    | B4   | X4         | I0.4    | X004           | I0,4          |
| Scrap present    | B5   | X5         | I0.5    | X005           | I0,5          |
| Truck in place   | S1   | X6         | I0.6    | X006           | I0,6          |
| Hoist up level   | S2   | X7         | I0.7    | X007           | I0,7          |
| Hoist drop level | S3   | X10        | I1.0    | X008           | I0,8          |
| Hoist pick level | S4   | X11        | I1.1    | X009           | I0,9          |
| Hoist overload   | F1   | X12        | I1.2    | X010           | I0,10         |
| Travel overload  | F2   | X13        | I1.3    | X011           | I0,11         |

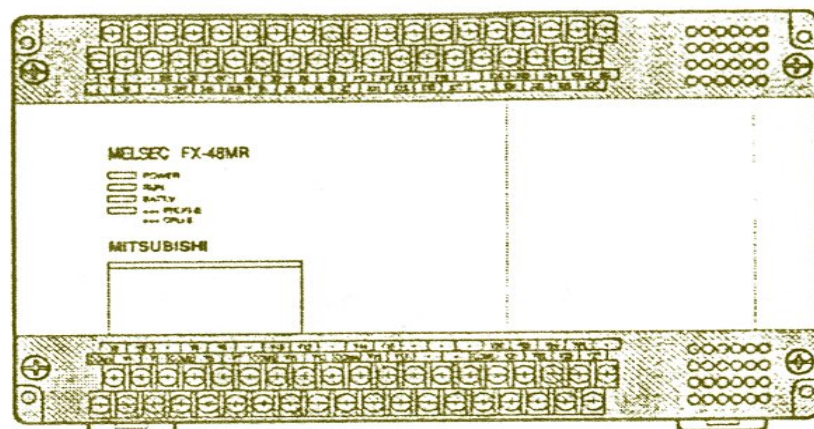
جدول (۸-۱) ورودیهای کنترل کننده‌ها

| Device         | Item | Output     |         |                |               |
|----------------|------|------------|---------|----------------|---------------|
|                |      | Mitsubishi | Siemens | Sprecher+Schuh | Telemecanique |
| Raise hoist    | K1   | Y0         | Q2.0    | Y001           | O0,0          |
| Lower hoist    | K2   | Y1         | Q2.1    | Y002           | O0,1          |
| Travel left    | K3   | Y2         | Q2.2    | Y003           | O0,2          |
| Travel right   | K4   | Y3         | Q2.3    | Y004           | O0,3          |
| Electromagnet  | K5   | Y4         | Q2.4    | Y005           | O0,4          |
| 'Truck loaded' | H1   | Y5         | Q2.5    | Y006           | O0,5          |
| Alarm          | H2   | Y6         | Q2.6    | Y007           | O0,6          |

جدول (۸-۲) خروجیهای کنترل کننده‌ها

(Proximity Switch) از نوع PNP و سه سیمه می‌باشند و وقتی که در نزدیکی هدف قرار می‌گیرد سیگنال خروجی اش فعال می‌شود. سنسور نوری B5 نیز بطور مشابه وقتی که آهن قراضه به حد کافی باشد یک سیگنال ورودی در سطح مناسب تولید می‌کند. هر یک از کنتاکتهای سنسور پیچشی (Screw) یک سیگنال با سطح مناسب به عنوان ورودی در اختیار کنترل کننده قرار می‌دهند.

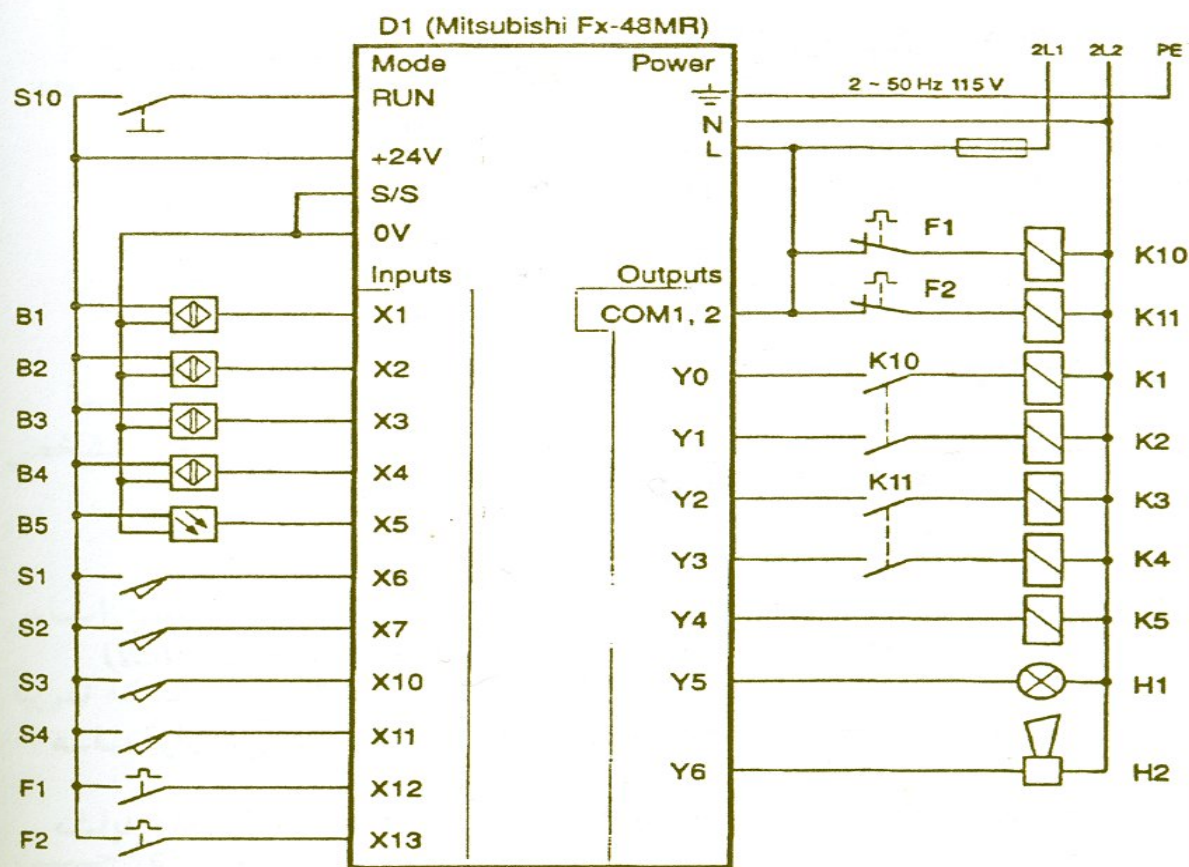
شکل (۸-۳) دیاگرام اتصالات مربوط به کنترل کننده شرکت *Mitsubishi* را نمایش می دهد.



24 inputs:  
X1-X7  
X10-X17  
X20-X27

Length: 230 mm  
Height: 140 mm  
Depth: 95 mm

24 outputs:  
Y1-Y7  
Y10-Y17  
Y20-Y27



شکل (۸-۳) دیاگرام مداری مربوط به کنترل کننده از شرکت *Mitsubishi*



## ۷-۸- برنامه کنترل

برنامه کنترلی یا دیاگرام نردبانی این پروژه برای دو نوع *PLC* از شرکتهای *Mitsubishi* و *Sprecher+Schuh* نوشته شده و با شکستن پروژه به جزءهای کوچکتر امید آن می رود که برای خواننده فهم مطالب آسان تر گردد و برنامه راحت تر بیان شود.

مهمترین ویژگی این پروژه فرم دنباله ای<sup>(۱)</sup> آن می باشد. این موضوع چند اثر خاص خواهد داشت. اولین اثر آن اختلاف روشهایی است که در دو نوع کنترل کننده به کار گرفته شده ولی اثر هر دو کنترل کننده با هم یکسان است. اثر دیگر استفاده از تابع دنباله *(SFC)*<sup>(۲)</sup> می باشد. با توجه به نوع پروژه این روش، روش مناسبی محسوب می شود. برای کنترل کننده هایی که به *SFC* مجهز هستند برنامه ریزی *SFC* نکته اساسی برنامه خواهد بود اگر چه این موضوع قبلاً توضیح داده شده است ولی بد نیست که به نکات زیر اشاره شود.

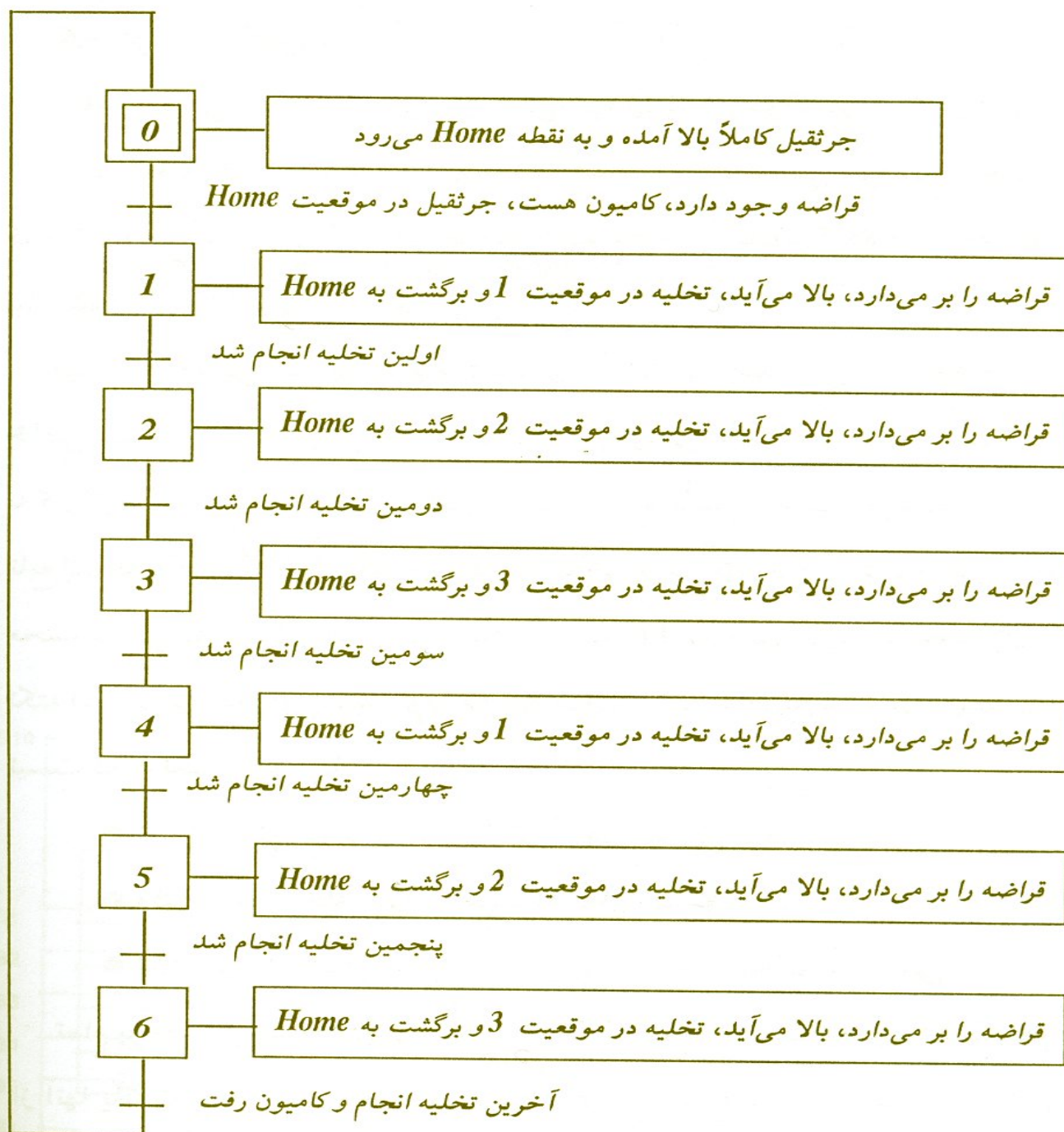
- بعد از روش شدن بلوک دو گانه<sup>(۳)</sup> در ابتدا فعال می شود.
  - وقتی یک مرحله اجرا می شود که تمام مقدمات آن قبلاً ایجاد شده باشد.
  - تنها شرایط انتقالی مرحله بعد برای هر مرحله فعال، ایجاد می شوند.
- تمام برنامه مربوط به کنترل کننده *FX-48MR* به ۹ قسمت تقسیم شده که هر یک از آنها یک تابع خاص را انجام می دهد. کنترل دنباله همانند عملکرد یک شیفت رجیستر<sup>(۴)</sup> انجام می شود. رجیستر یک محل از یک حافظه است که اطلاعات در آن

1- Sequence

2- Sequential Function Chart

3- Double box

4- Shift Register



شکل (۵-۸) تابع دنباله SFC مربوط به پروژه



نگهداری می شود. شکل (۸-۶) عملیات رد و بدل اطلاعات در شیفتر رجیستر را نمایش می دهد.

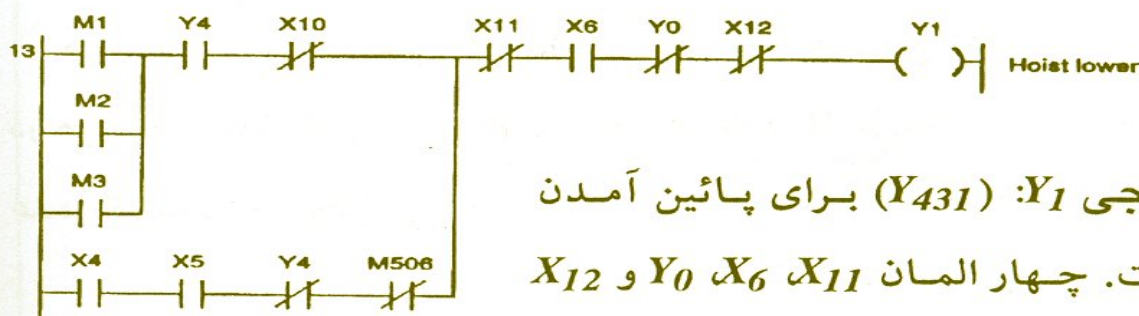
| F | E | D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |                             |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Initial conditions M500 on  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 D0 on first pass M501 on  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 D0 on second pass M502 on |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 D0 on third pass M503 on  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 D0 on fourth pass M504 on |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 D0 on fifth pass M505 on  |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 D0 on last pass M506 on   |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                             |

نشان می دهد و  $Y1$  مربوط به پائین آمدن جرثقیل می باشد. مابقی دیاگرام به سه بخش تقسیم می شود.

قسمت بالایی: بعد از تخلیه بارها جرثقیل بالا می آید (آهنربا  $Y4$  خاموش) سیگنال از  $M1$  (نقطه تخلیه اول) یا  $M2$  (نقطه تخلیه دوم) یا  $M3$  (نقطه تخلیه سوم) آمده و خروجی را فعال می کند.

قسمت میانی: جرثقیل با بار بالا می آید (آهن ربا  $Y4$  روشن) سیگنال از  $X11$  (حد پائین) آمده و خود نگهدار نیز می باشد.

قسمت پائین: در موقع روشن شدن سیستم جرثقیل بالا می آید. در این حالت  $M10$  فعال می شود.



● خروجی  $Y1$ : برای پائین آمدن

جرثقیل است. چهار المان  $X11$ ,  $X6$ ,  $Y0$  و  $X12$  عملیات پائین آمدن را کنترل می نمایند.

( $X11$  سطح پائینی و  $X6$  بودن کامیون،  $Y0$  حرکت به سمت بالا و  $X12$  اضافه جریان را مشخص می نماید) بقیه دیاگرام نردبانی به دو بخش تقسیم می شود.

قسمت بالایی: پائین آمدن جرثقیل با بار (آهنربا  $Y4$  روشن). یک سیگنال از سمت  $M1$  (نقطه تخلیه اول) یا  $M2$  (نقطه تخلیه دوم) یا  $M3$  (نقطه تخلیه سوم) آمده و هنوز به نقطه تخلیه  $X10$  نرسیده ایم.

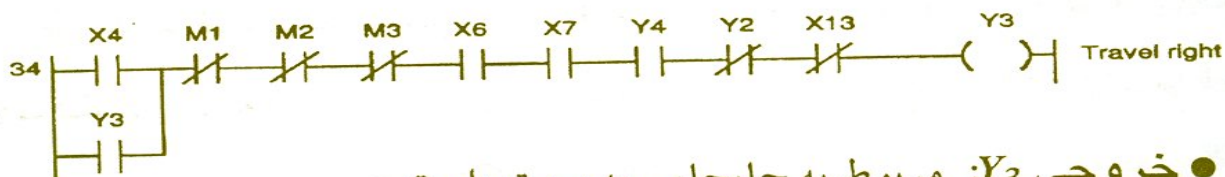
قسمت زیرین: پائین آمدن جرثقیل برای برداشت بار (آهن ربا  $Y4$  خاموش). سیگنال از طریق  $X4$  (موقعیت Home) و  $X5$  (قراضه وجود دارد) و کامیون پر نیست



M506 می آید.

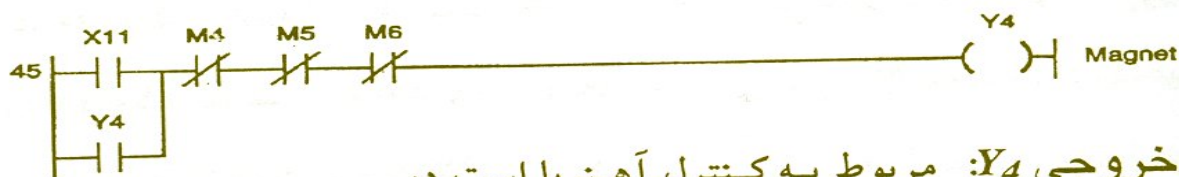


● خروجی  $Y_2$ : مربوط به جابجایی به سمت چپ است در صورتی که  $X_4$  فعال نباشد (موقعیت Home) و  $X_7$  فعال باشد (آهنربا کاملاً بالا باشد) و  $Y_4$  فعال نباشد (آهنربا خاموش باشد) و  $Y_3$  فعال نباشد (فرمان جابجایی راست نداشته باشیم) و  $X_{13}$  فعال نباشد (اضافه جریان نداشته باشیم) خروجی فعال می شود.



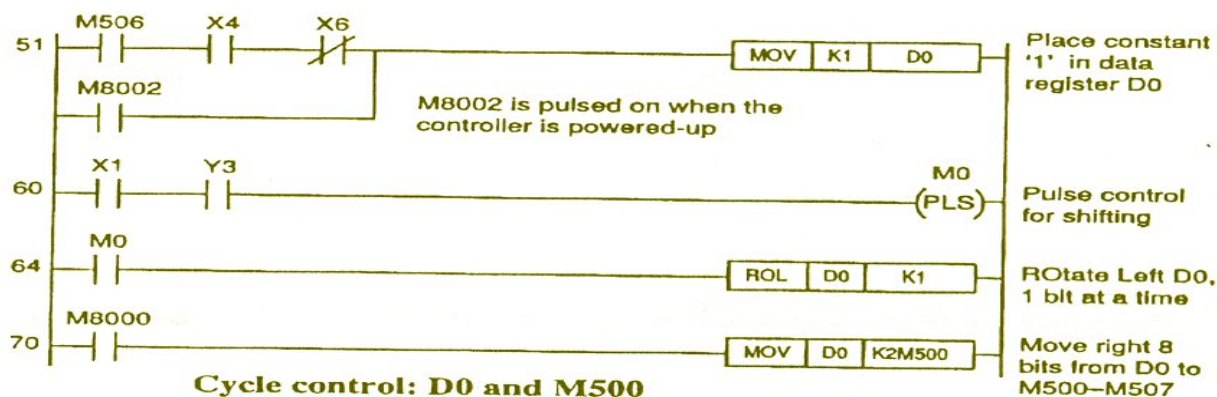
● خروجی  $Y_3$ : مربوط به جابجایی به سمت راست

است. در صورتی که  $X_4$  فعال شده و هر یک از  $M_1$ ،  $M_2$  و  $M_3$  (موقعیت های تخلیه یک تا سه) غیر فعال و  $X_6$  فعال (کامیون موجود باشد) و  $X_7$  (آهنربا کاملاً بالا باشد) و  $Y_4$  (آهنربا روشن باشد) نیز فعال باشند و  $Y_2$  (خروجی جابجایی سمت چپ) و  $X_{13}$  (اضافه جریان) غیر فعال باشند، روشن می شود و در صورتی که  $X_4$  غیر فعال گردد روشن باقی می ماند.



● خروجی  $Y_4$ : مربوط به کنترل آهنربا است در

صورتی که  $X_{11}$  روشن (آهنربا کاملاً پائین باشد) و  $M_4$  (موقعیت تخلیه اول) و  $M_5$  (موقعیت تخلیه دوم) و  $M_6$  (موقعیت تخلیه سوم) فعال نباشند روشن شده و در صورتی که  $X_{11}$  تغییر کند روشن باقی می ماند.



شکل (۸-۶) کنترل دوره

### کنترل دوره $D0$ و $M500$

از یک شیفت رجیستر برای کنترل دوره استفاده شده است. هر رجیستر ۱۶ سیگنال (بیت) که هر یک ممکن است یک (*On*) و یا صفر (*Off*) باشد را ذخیره می‌کند. همه این ۱۶ سیگنال یک کلمه اطلاعات<sup>(۱)</sup> نامیده می‌شود. مدل FX-48 می‌تواند تعداد ۵۱۲ عدد از کلمات را از  $D0$  تا  $D511$  ذخیره کند.

در رانگ بالا:  $M8002$  در زمان روشن شدن سیستم عدد  $I$  را به  $D0$  وارد می‌کند. شکل (۸-۶) این حالتها را نشان می‌دهد. برگشت به این سیکل با  $M506$  (انتهای دوره) و  $X4$  (نقطه *Home*) و عدم فعال بودن  $X6$  (کامیون محل را ترک نموده) انجام می‌شود.

دو رانگ بعدی شرایط شیفت  $D0$  را مشخص می‌کند. هر وقت  $X1$  عبور از نقطه  $(B1)$  و  $Y3$  (حرکت به سمت راست) فعال شوند پالس  $M0$  تولید می‌شود. این پالس باعث می‌شود که دستور  $ROL$ <sup>(۲)</sup> (شیفت به چپ) روی  $D0$  انجام شود. با هر بار عبور جرثقیل عدد  $I$  به سمت چپ شیفت پیدا می‌کند.



در رانگ آخر کار انتقال اطلاعات هشت بیت به رله‌های داخلی  $M500-M507$  انجام می‌شود.



### تعیین نقطه تخلیه بار

المانهای  $M501$  تا  $M506$  قبلاً تشریح شده‌اند.  $M1$  وقتی فعال می‌شود که  $M501$  یا  $M504$  فعال بوده و  $X1$  (موقعیت 1) فعال باشد.

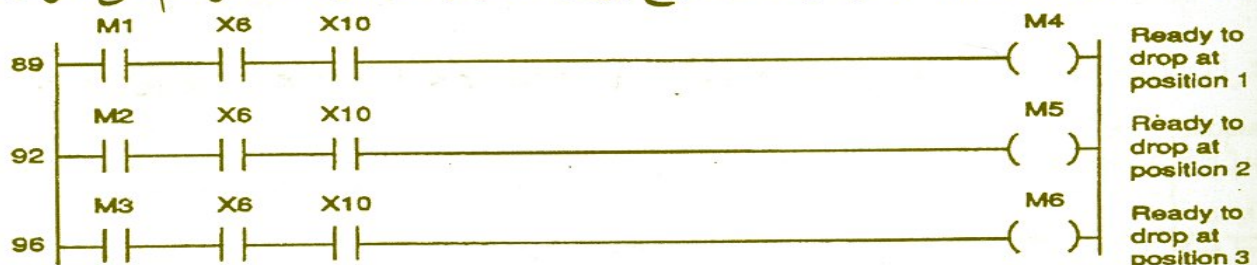
$M2$  وقتی روشن می‌شود که  $M502$  یا  $M505$  روشن بوده و  $X2$  (موقعیت 2) نیز فعال باشد.

$M3$  وقتی روشن می‌شود که  $M503$  یا  $M506$  روشن بوده و  $X3$  (موقعیت 3) نیز فعال باشد.

### آمادگی تخلیه در موقعیت خاص

سیگنال آمادگی تخلیه برای هر یک از موقعیت‌های  $M1$  و  $M2$  و  $M3$  در صورتی که

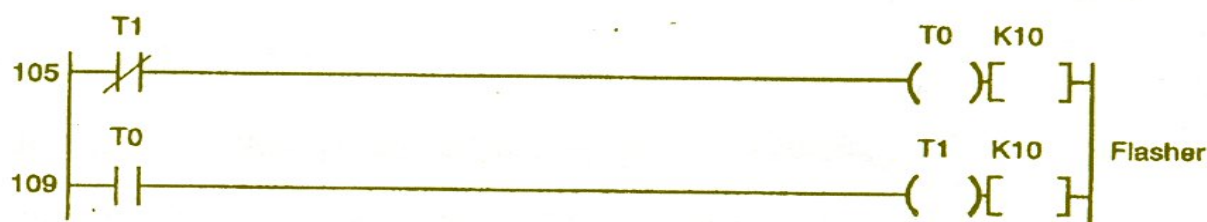
$X6$  (بودن کامیون) و  $X10$  (موقعیت صحیح برای تخلیه) فعال باشند فراهم می‌شود.





خروجی  $Y_5$ : لامپ نشان دهنده پر شدن کامیون

این لامپ زمانی که  $M506$  (آخرین تخلیه) فعال و  $Y_4$  (آهنربا روشن) غیر فعال و  $X_4$  (موقعیت Home) فعال و تایمر  $T_0$  فعال باشد روشن می شود.



چشمک زن

برای ایجاد چشمک زن از دو تایمر  $T_0$  و  $T_1$  با زمان ده ثانیه استفاده شده است. روشن شده  $T_1$  باعث خاموش شدن  $T_0$  شده و با خاموش شدن  $T_1$  مجدداً  $T_0$  عمل می کند و این کار دائماً تکرار می شود.



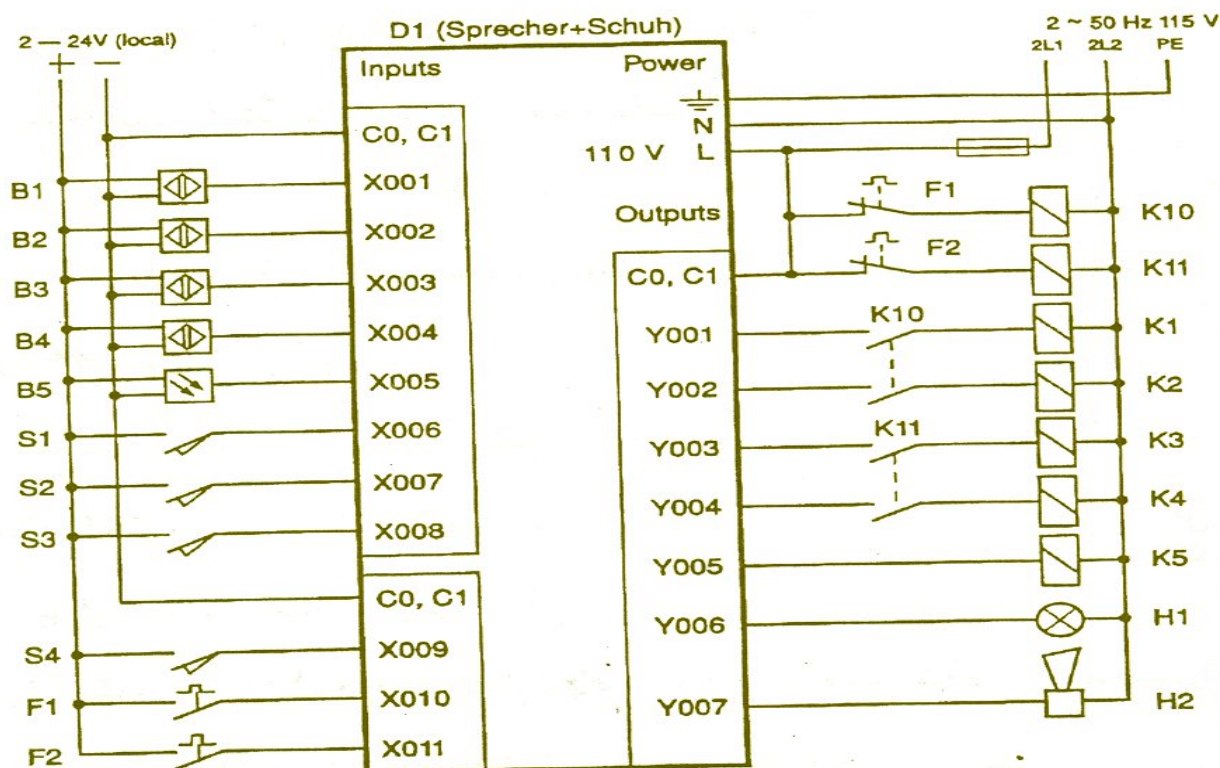
خروجی  $Y_6$ : آلام

زمانی که یکی از دو ورودی  $X_{12}$  (اضافه جریان موتور جرثقیل) و  $X_{13}$  (اضافه جریان موتور جابجایی) فعال شوند آژیر فعال و روشن می شود.





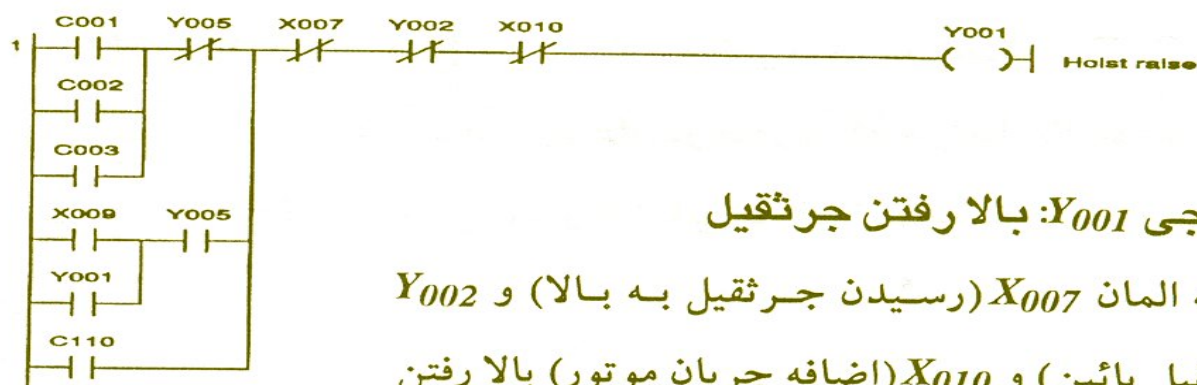
رله  $M_{10}$  بالا آمدن جرثقیل در لحظه روشن شدن سیستم  
در لحظه روشن شدن با فرمان  $M_{8002}$  در صورتی که جرثقیل بالا نباشد  $X_7$  (بالا  
بودن جرثقیل)  $M_{10}$  فعال می‌شود و تا زمانی که  $X_7$  فعال نشده است روشن باقی  
می‌ماند.



شکل (۷-۸) دیاگرام اتصالات برای PLC شرکت *Sprecher+Schuh*

## ۲-۷-۸- دیاگرام نردبانی برای PLC شرکت *Sprecher+Schuh*

تمام دیاگرام در نه بخش خلاصه می‌شود که هر یک کار خاصی را انجام می‌دهد.  
کنترل دنباله بر اساس یک شمارنده ( $CNT V_3$ ) با المانهای خاص آن  $S_{300}$  و  $S_{301}$   
و... انجام می‌پذیرد. رویه کار شمارش تعداد تخلیه (در این جا به شش تخلیه بار نیاز  
است) و فرمان مناسب با عدد داخل شمارنده می‌باشد.



### خروجی $Y001$ : بالا رفتن جرثقیل

سه المان  $X007$  (رسیدن جرثقیل به بالا) و  $Y002$  (جرثقیل پائین) و  $X010$  (اضافه جریان موتور) بالا رفتن

را غیر فعال می کنند. بقیه دیاگرام به سه بخش تقسیم می شود.

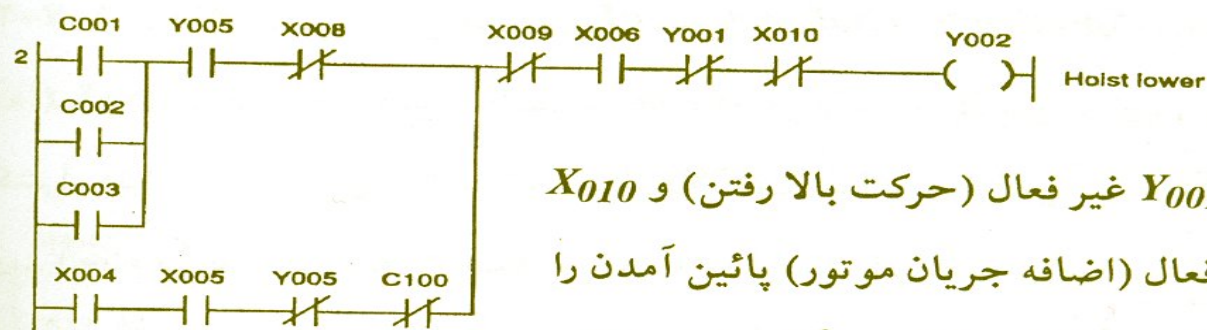
**بخش بالا:** بالا رفتن جرثقیل بعد از تخلیه بار را بیان می دارد. در این حالت آهنربا باید خاموش باشد ( $Y005$  غیر فعال) و جرثقیل در یکی از موقعیتهای تخلیه  $C001$  و  $C002$  و یا  $C003$  باشد.

**بخش وسط:** بالا رفتن جرثقیل با بار را نشان می دهد. در این حالت  $Y005$  فعال (آهنربا روشن) و  $X009$  نیز فعال (جرثقیل در پائین ترین نقطه) باشد این بخش از دیاگرام خود نگهدار است.

**بخش آخر:** بالا رفتن جرثقیل بلافاصله بعد از روشن شدن کل سیستم را نشان می دهد. که در این حالت  $C110$  فعال شده و این کار انجام می شود.

### خروجی $Y002$ : پائین رفتن جرثقیل

چهار المان  $X009$  غیر فعال (حد پائین حرکت) و  $X006$  فعال (کامیون در جایگاه) و



$Y001$  غیر فعال (حرکت بالا رفتن) و  $X010$

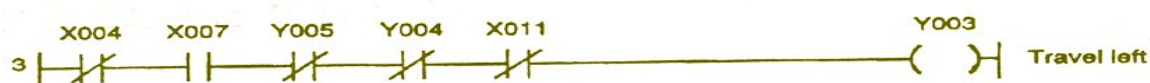
غیر فعال (اضافه جریان موتور) پائین آمدن را کنترل می نمایند. مابقی دیاگرام به دو بخش



تقسیم می شود.

بخش بالا: پائین رفتن با بار را کنترل می کند. در یکی از موقعیتهای تخلیه  $C001$  (موقعیت 1)  $C002$  (موقعیت 2) و  $C003$  (موقعیت 3) در صورتی که  $Y005$  روشن (آهنربا روشن) و  $X008$  غیر فعال (رسیدن نقطه به تخلیه) باشد خروجی فعال می شود.

بخش پائین: پائین رفتن برای برداشت بار را کنترل می نماید. در موقعیت  $Home$  ( $X004$  فعال) در صورتی که  $X005$  فعال (وجود قراضه) و  $Y005$  غیر فعال (روشن بودن آهنربا) و در صورتی که  $C100$  غیر فعال (پر بودن کامیون) خروجی فعال می شود.

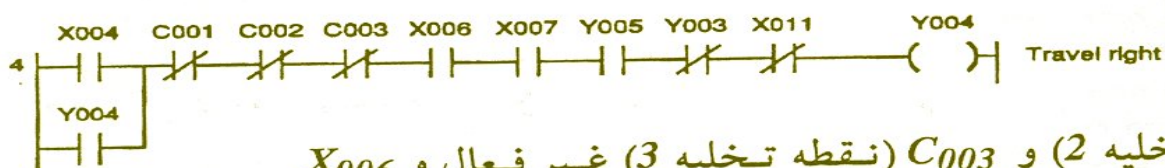


خروجی  $Y003$ : جابجایی به سمت چپ

در صورتی که  $X004$  غیر فعال (نقطه  $Home$ ) و  $X007$  فعال (بالا بودن جرثقیل) و  $Y005$  غیر فعال (آهنربا روشن نباشد) و  $Y004$  غیر فعال (حرکت سمت راست) و  $X011$  غیر فعال (اضافه جریان رخ ندهد) این خروجی فعال می شود.

خروجی  $Y004$ : جابجایی به سمت راست

در صورتی که  $X004$  فعال (نقطه  $Home$ ) و  $C001$  (نقطه تخلیه 1) و  $C002$  (نقطه



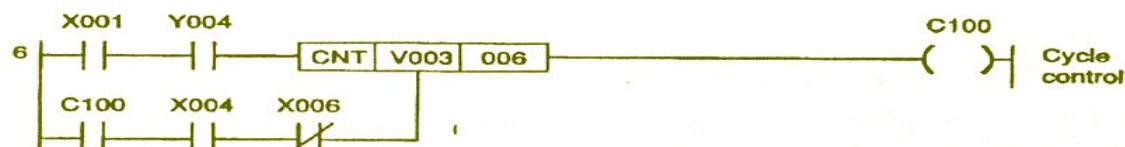
تخلیه 2) و  $C003$  (نقطه تخلیه 3) غیر فعال و  $X006$  (کامیون در جایگاه) و  $X007$  (جرثقیل بالا) و  $Y005$  (آهنربا روشن) فعال باشند و

$Y003$  (حرکت سمت چپ) و  $X011$  (اضافه جریان موتور) غیر فعال باشند خروجی فعال شده و فعال باقی می ماند.



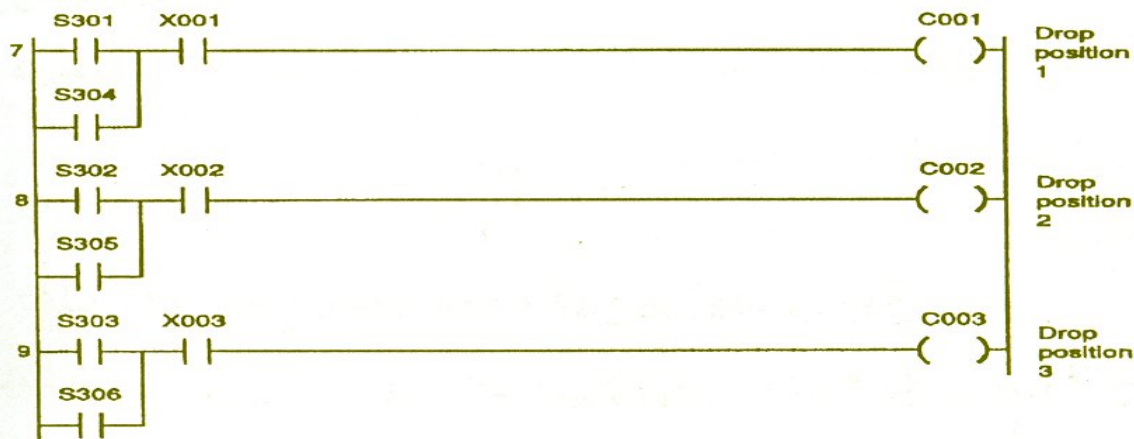
خروجی  $Y005$ : کنترل آهنربا

در صورتی که  $X009$  فعال (جرثقیل پائین) و  $C004$  (آماده تخلیه ۱) و  $C005$  (آماده تخلیه ۲) و  $C006$  (آماده تخلیه ۳) فعال نباشند این خروجی روشن شده و روشن باقی می ماند.



کنترل دوره با شمارنده  $CNT V003$

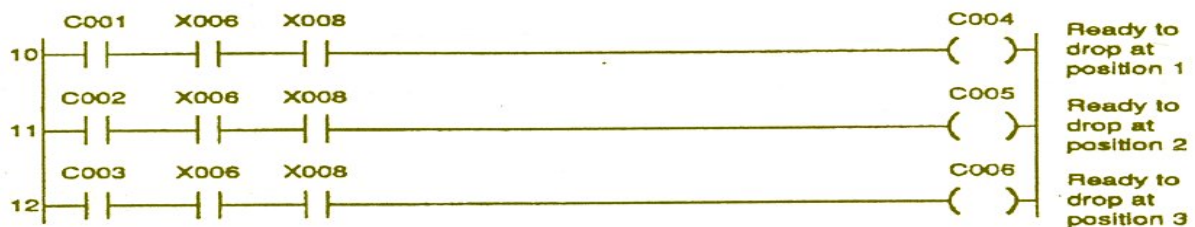
این شمارنده یک عدد اولیه از ما می گیرد (*Preset Value*) که در این پروژه عدد ۰۰۶ می باشد در صورتی که  $X001$  (موقعیت ۱) و  $Y004$  (خروجی حرکت سمت راست) فعال شوند شمارنده یک رقم می شمارد. وقتی که میزان شماره به عدد ۶ رسید رله  $C100$  روشن شده و در این شرایط یک سیکل تمام شده است. بنابراین شمارنده *Reset* شده و کامیون محل را ترک می کند.





## تعیین نقاط تخلیه

المانهای  $S301$  تا  $S306$  به شمارنده  $CNT V003$  مربوط هستند. وقتی که محتوی شمارنده  $I$  است  $S301$  روشن می شود و وقتی شمارنده  $2$  است  $S302$  روشن شده و الی آخر این کار انجام می شود. بنابراین در صورتی که  $S301$  یا  $S304$  روشن باشند و  $X001$  (موقعیت  $1$ ) فعال باشد  $C001$  فعال می شود و در صورتی که  $S302$  یا  $S305$  روشن و  $X002$  (موقعیت  $2$ ) فعال باشد  $C002$  فعال می شود و بالاخره در صورتی که  $S303$  یا  $S306$  روشن و  $X003$  (موقعیت  $3$ ) فعال باشد  $C003$  فعال خواهد شد که هر یک از  $C001$  تا  $C003$  موقعیتهای  $1$  تا  $3$  را تعیین می نماید.



## تخلیه بار در نقاط اول و دوم و سوم

در صورتی که  $X006$  (کامیون در جایگاه) و  $X008$  (جرثقیل در سطح تخلیه) فعال باشند اگر  $C001$  فعال شود آنگاه  $C004$  فعال شده و اگر  $C002$  فعال شود آنگاه  $C005$  فعال شده و اگر  $C003$  فعال شود آنگاه  $C006$  فعال خواهند شد و عمل تخلیه بار انجام می شود.



خروجی  $Y006$ : لامپ چشمک زن نشان دهنده پر بودن کامیون

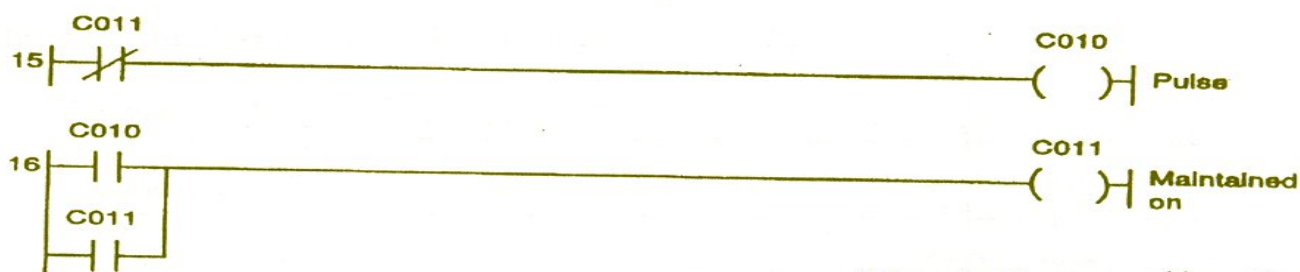
در صورتی که یک سیکل انجام شود ( $C100$  فعال شود) و  $X005$  (آهنربا روشن)

غیر فعال و  $X004$  (جرثقیل در موقعیت Home) فعال و  $C248$  که یک رله داخلی برای چشمک زدن است فعال باشد این خروجی فعال می‌شود.



خروجی  $Y007$ : آلام

وقتی آلام می‌آید که یکی از دو موتور بالا پائین  $X010$  و یا چپ و راست  $X011$  اضافه جریان بکشند.



مولد پالس  $C010$  ( $C248$ )

بلافاصله بعد از روشن شدن سیستم  $C010$  روشن شده و پس از آن  $C011$  روشن می‌شود و خود را نگه می‌دارد  $C010$  خاموش شده و این کار دوباره تکرار می‌شود. بنابراین در  $C010$  یک پالس ایجاد می‌شود.



**بالا رفتن جرثقیل بلافاصله بعد از روشن شدن سیستم**

$C110$  با یک پالس از  $C010$  روشن و خود را نگه می‌دارد و در صورتی که  $X007$  (جرثقیل کاملاً بالا) فعال شود  $C110$  غیر فعال و خاموش خواهد شد.



## فصل نهم

### نصب، راه اندازی، رفع عیب PLC

برای یک متخصص تنها یادگیری نحوه برنامه ریزی مهم نیست بلکه یک متخصص خوب کسی است که سیستم را خوب بشناسد. و به خوبی از آن استفاده نماید و به بهترین وجه از آن نگهداری و در شرایط عیب آن را رفع عیب نماید. خواندن مطالب این بخش به همه همکاران توصیه می شود.

#### ۹-۱- نصب PLC

PLC همانند دیگر وسایل صنعتی باید به درستی نصب و راه اندازی شود. در این صورت کار خویش را به خوبی انجام خواهد داد. تمامی سازندگان یکسری اطلاعات در مورد چگونگی نصب و نحوه استفاده محصول به ما می دهند که در اینجا به نکاتی چند اشاره می شود.

#### ۹-۱-۱- حفاظت فیزیکی

یک PLC باید در مقابل رطوبت، گرد و غبار، روغن و حلالها محافظت شود. این خطرها برای تمام وسایل الکترونیکی مضر هستند. روش معمولی برای محافظت پوشاندن آنهاست. برای مثال قرار دادن کنترل کننده در یک کابینت مناسب روش مناسبی است. باید توجه داشت که محدودیت بیشتر، جابجایی هوای کمتری را در

پی دارد و تهویه کمتر انجام می شود. و این امر باعث گرم شدن PLC و ایجاد اختلال در کار می گردد

## ۲-۱-۹- حرارت محیط

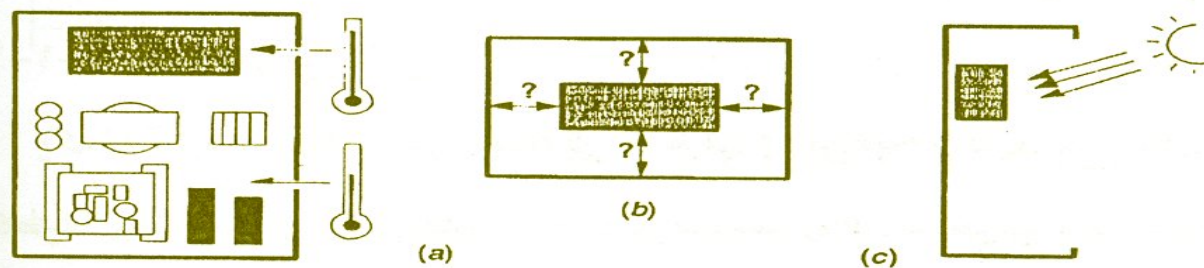
برای اکثر کنترل کننده ها حداکثر دمای محیط بین  $45^{\circ}\text{C}$  تا  $55^{\circ}\text{C}$  است و از این دما به بعد معمولاً تمامی سوئیچ دچار افت توان شده و قادر به جریان دهی مناسب نخواهند بود. مسئله افزایش دما می تواند به یکی از دلایل زیر باشد:

(الف) کنترل کننده در همان کابینی که دیگر وسایل حرارت زا وجود دارد قرار داده شده است. راه حل این مشکل جابجا نمودن کنترل کننده به جای دیگر می باشد. راه دیگر افزایش میزان تهویه با بکارگیری فن مناسب می باشد.

(ب) فضای اطراف کنترل کننده کافی نیست. در این حالت حتماً باید کنترل کننده جابجا شود و بکارگیری تهویه مناسب نخواهد بود.

(ج) یک مسیر برای ورود نور خورشید یا حرارت های دیگر وجود دارد. در این شرایط کل تابلو باید جابجا شود.

شکل (۱-۹) هر یک از این دلایل را نیز نمایش می دهد.



شکل (۱-۹) شرایط گرم بودن محیط



### ۳-۱-۹- تداخل مغناطیسی<sup>(۱)</sup>

میدانهای الکترومغناطیسی می توانند رفتار درست *PLC* را مخدوش کنند. این تداخلها ممکن است از یکی از منابع زیر باشد:

- جرقه های ایجاد شده در کنتاکتورها و یا وسایل جوشکاری، که در این حالت حتی از طریق فضا نیز اغتشاش وارد سیستم می شود. راه حل این مسئله دور کردن کنترل کننده و قرار دادن یک محفظه استیل (فولادی) برای آن است. اگر این محفظه با یک درب محافظ دار باشد نتیجه عمل خیلی بهتر خواهد بود.

- وسایل جریان بالا و فرکانس بالا (کابل های قدرت و اینورترها). در این شرایط اغتشاش از طریق سیمها به کنترل کننده وارد می شود. و پس از آن مشکل به صورت فعال شدن سیگنالهای ناخواسته پدیدار می گردد. برای حل این مشکل در ورودیها باید از کابلها شیلد دار (بافته شده) استفاده نمود و اگر جواب نداد کابلها را باید از یک محفظه فلزی عبور دهیم.

### ۴-۱-۹- سیم کشی

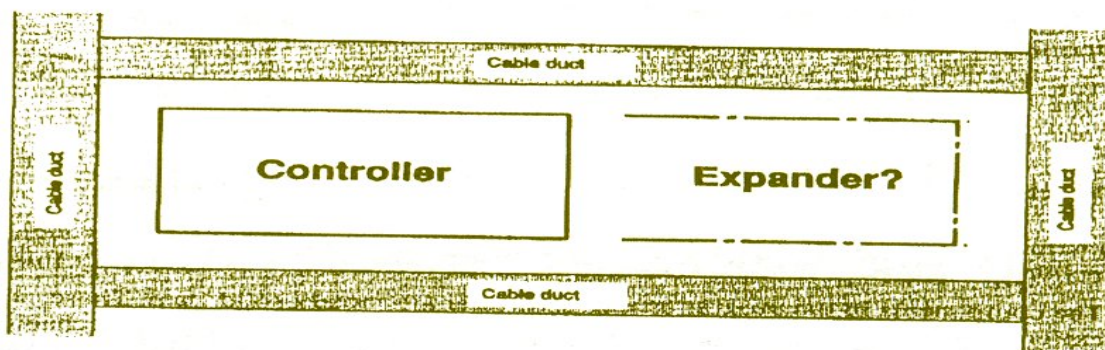
معمولاً ورودیها و خروجیهای کنترل کننده در ولتاژهای مختلفی کار می کنند. مثلاً ورودیها در  $24\text{vd.c}$  و خروجیها در  $230\text{vd.c}$  یک اشتباه ناخود آگاه این است که کابل های *I/O* از یک مسیر عبور داده شود. خطای احتمالی و اتصال ورودی بجای خروجی و خروجی به جای ورودی خسارتهای جبران ناپذیری را در پی خواهد داشت. ضمن اینکه این کار پتانسیل ایجاد اغتشاش را افزایش می دهد.

سیم کشی تابلوها در اکثر کشورهای صنعتی از دو رویه زیر برخوردار است:

- ۱- تمام کابلها برای بالاترین ولتاژ موجود انتخاب می گردند.
- ۲- یک جدا سازی مؤثر برای کابلهای با کاربرد مختلف انجام می گیرد که این کار احتمال اغتشاش را کم می نماید.

#### ۵-۱-۹- گسترش

تغییرات اندازه و یا عملکرد یک دستگاه، گاهی مستلزم افزایش ورودیها و خروجیها می گردد. PLC ها می توانند تا محدوده تعریف شده برای هر مدل با اضافه نمودن مدولهای خارجی در انواع راکسی (*Rack-type*) و بلوکی (*Block-type*) گسترده شوند. بنابراین در طراحی یک تابلو باید جای گسترش احتمالی PLC در نظر گرفته شود. شکل (۲-۹)



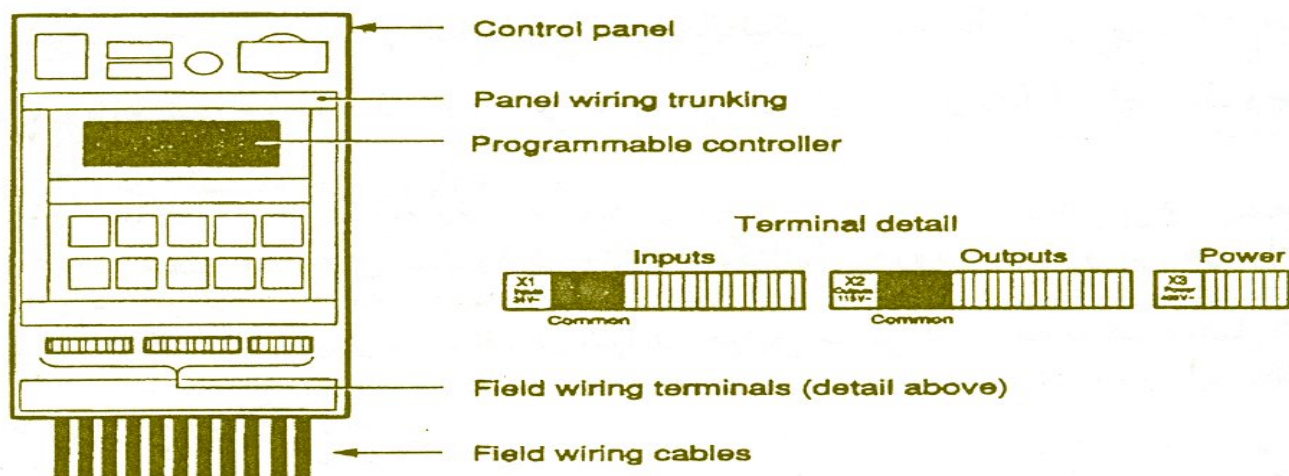
شکل (۲-۹)

#### ۶-۱-۹- اتصالات سیم های بیرونی

سیم های ورودی و خروجی که با تابلوی کنترل در ارتباط هستند بهتر است بطور مستقیم به ترمینالهای I/O مربوط به PLC متصل گردند. ولی این امر موجب می گردد



که کابل‌های پوشش دار باز شده و حجم زیادی از کابلها در مسیرهای تابلو جمع گردند. عملی تر آن است که یکسری ترمینال در محل مناسب از تابلو (معمولاً در بالا و یا پائین تابلو) نصب شده و این ارتباطات از طریق ترمینالها برقرار شود البته این روش در عیب یابی نیز بسیار مفید خواهد بود.



شکل (۳-۹)

ترمینالهای مختلف بهتر است از یکدیگر جدا باشند. برای مثال ترمینال *Power* یا تغذیه، ترمینالهای ورودی و ترمینالهای خروجی. لازم است برای هر ترمینال یک برچسب در نظر گرفته شود و نکته دیگر اینکه در هر سری از ترمینالها یکسری ترمینال مشترک<sup>(۱)</sup> برای جلوگیری از اتصال چند کابل به یک ترمینال در نظر گرفته شود.

## ۹-۲- ایمنی

ساختار و عملکرد *PLC* طوری است که سیگنالهای ایمنی و توابع ایمنی نباید در

آن مورد پردازش قرار گیرند. این امر به سه دلیل مهم می باشد.

۱- المانهای مورد استفاده در PLC از نوع نیمه هادیها بوده و نحوه و آمار خرابی آنها با خرابی المانهای الکترومکانیکی متفاوت است.

تقریباً ۵۰ درصد نیمه هادیها در صورت خرابی اتصال، و ۵۰ درصد اتصال کوتاه می شوند در صورتی که در المانهای الکترو مکانیکی در شرایط خرابی ۹۰ درصد اتصال بازو تنها ۱۰ درصد اتصال کوتاه می شوند. بنابراین در PLC ها احتمال وجود یک خروجی اشتباه خیلی زیاد است.

۲- در سطح مدارهای میکروالکترونیک سیگنالهای ورودی و خروجی در فواصل بسیار نزدیک از هم عبور می کنند. در شرایط خرابی ممکن است که به هم متصل شده و یا روی هم اثر بگذارند.

۳- در داخل کنترل کننده ها سیگنالهای ورودی و خروجی از یک مسیر مشترک به نام BUS عبور می نمایند و تنها یکسری سیگنالهای کنترلی آنها را از هم مجزا می نمایند. یک اشکال در سیگنالهای کنترلی، ممکن است فرمان روشن را به خاموش و یا بر عکس تبدیل کند به همین دلایل ما باید:

- تمام توابع ایمنی و اضطراری را به گونه ای طرح نمائیم که حتی در شرایط خطا و خرابی PLC، آنها درست عمل نمایند.
- تمامی عواملی که باعث ایجاد عیب می شوند را تا حد ممکن برطرف نمائیم.

### ۳-۹- اتصال وسایل ایمنی

وسایل ایمنی در سیستمهای صنعتی در حالت کلی شامل موارد زیرند:

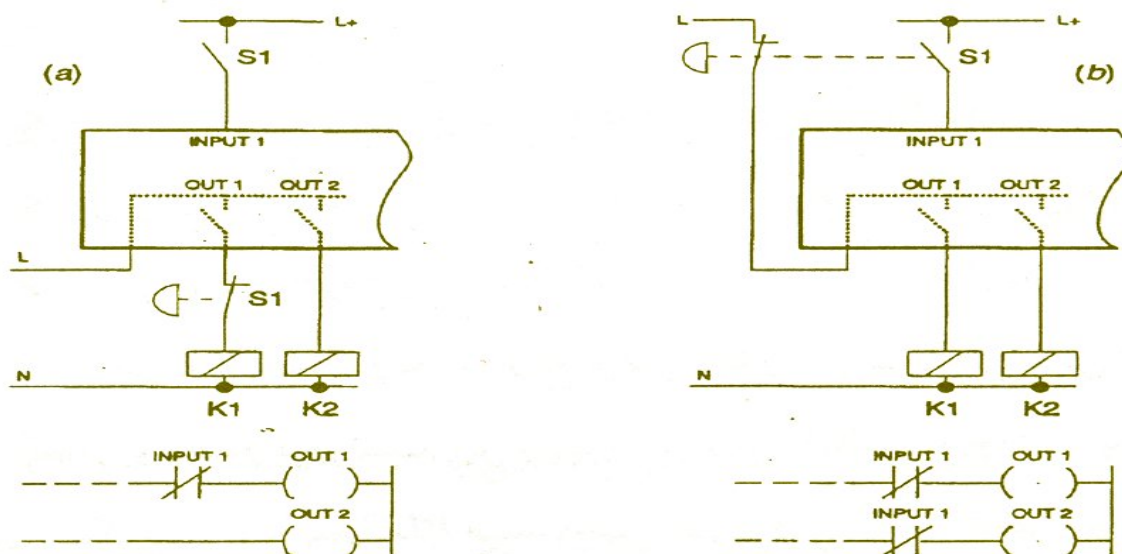
- سوئیچ توقف اضطراری *Emergency stop switch*



● سوئیچ حدی ایمنی *Safety limit*

● رله‌های حفاظتی *Protective relay*

شکل (۴-۹) نحوه اتصال یک سوئیچ توقف اضطراری در یک سیستم که دارای *PLC* است را نشان می‌دهد. این روش برای هر وسیله ایمنی که یک سوئیچ خاموش دارد بکار گرفته می‌شود. کنتاکتی که عمل ایمنی را به عهده دارد به مدار خروجی متصل می‌گردد. در این صورت اگر خروجی یک کنترل کننده به هر دلیلی فعال گردد، خطر آخرین نخواهد بود. کنتاکت دیگر به عنوان یک ورودی برای کنترل کننده مورد استفاده قرار گرفته و می‌تواند در برنامه به عنوان ضامن عملکرد صحیح خروجی مد نظر قرار گیرد.



شکل (۴-۹) نحوه اتصال سوئیچ توقف اضطراری

#### ۴-۹- دوری از عیبهای ورودی

سازندگان *PLC* زحمت زیادی می‌کشند تا اینکه محصول آنها در مقابل تغییرات سیگنال ورودی مصون باشد. استفاده کننده با چند آزمون می‌تواند از رعایت قوانین

مطمئن گردد.

● رعایت صحیح قوانین زمین نمودن نقاط مختلف (*Earthing*)

● رعایت صحیح قوانین فیوز کردن نقاط

● رعایت صحیح قوانین حفاظت در مقابل اضافه ولتاژ

اتصال به زمین یکی از مسائل بسیار مهم می باشد. معمولاً لازم است که یک سیستم ارت به ترمینال ارت *PLC* متصل گردد. سیگنال ارت کنترل کننده نباید به صورت مشترک با وسایل جریان بالا و وسایل اغتشاش زا بکار گرفته شود. اگر یک *PLC* به درستی به ارت متصل شده باشد نباید عیبهای ذکر شده در قبل را داشته باشد. عمل فیوز نمودن *Fusing* در مدارهای خروجی باید به درستی انجام گردد. یک فیوز بزرگتر از جریان نامی باعث:

● جوش خوردن کنتاکتهای یک رله در اثر اتصال کوتاه گردد.

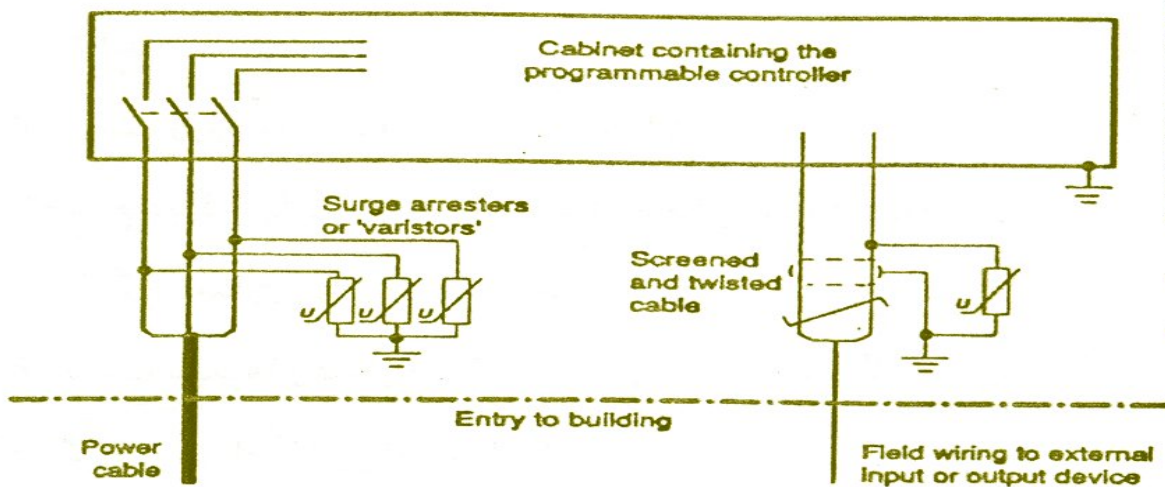
● خرابی خروجی های ترانزیستوری و اتصال کوتاه شدن احتمالی آن شود.

● خرابی تریاک خروجی و اتصال کوتاه شدن احتمالی آن گردد.

محافظت در مقابل اضافه ولتاژ در واقع نوعی محدود کردن خرابی ناشی از قطع و وصل ناگهانی و رعد و برق است. این عیب از طریق سیگنالهای ورودی و یا حتی از طریق سیگنال تغذیه به *PLC* صدمه می زند. شکل (۵-۹) نحوه استفاده از واریستور<sup>(۱)</sup> (مقاومت متغیر با ولتاژ) برای کاهش صدمات ناشی از اضافه ولتاژ را نشان می دهد. واریستور یک المان غیر خطی است که در حالت عادی دارای مقاومت بی نهایت است و در صورتی که ولتاژ آن از حد مجاز بیشتر شود مقاومت آن ناگهان



صفر شده و هدایت می‌کند.



شکل (۹-۵) مدارهای حفاظتی

با زمین کردن مناسب نقاط در مدار می‌توان از ورود سیگنالهای ناخواسته به داخل کنترل کننده جلوگیری نمود.

### ۹-۵- مستند سازی

یکی از دلایل مهم برنامه نویسی گرافیکی به وسیله ترمینال با یک PC کامپیوتر بهره‌گیری از امکان پرینت برنامه می‌باشد. این امر مزایای زیادی به دنبال دارد.

● مستند سازی بطور اتوماتیک بروز می‌شود.

● تمام برنامه می‌تواند بازنگری شود.

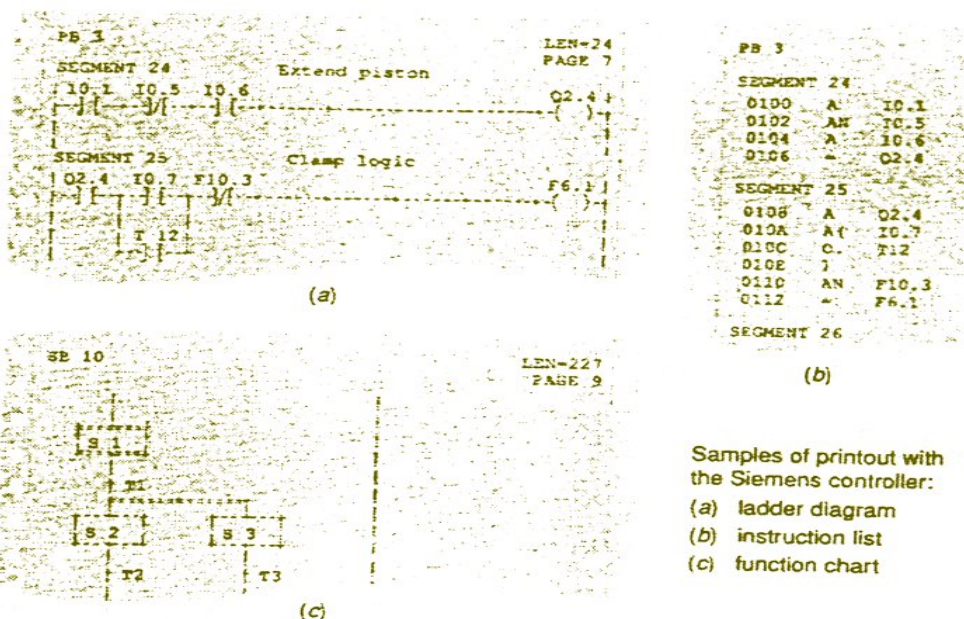
● چندین کپی قابل تهیه است.

● عیب یابی با اطمینان انجام می‌شود.

بر حسب نوع و امکانات ترمینال بعضی یا همه اطلاعات زیر قابل پرینت شدن

است.

- ۱- برنامه به صورت دیاگرام نردبانی یا لیست
  - ۲- توابع دنباله‌ای
  - ۳- لیست ورودیها و خروجیها با توضیحات
  - ۴- تمام دیاگرامهایی که در آن از المان انتخاب شده استفاده شده است
  - ۵- دیاگرام مداری برای مدول خاص
  - ۶- لیست تایمرها و شمارنده‌های برنامه ریزی شده و دیگر المانهای موجود در دیاگرام به همراه مقادیر ثابت یا اولیه آنها
- استفاده کننده می‌تواند به هر صفحه یک عنوان اختصاص دهد یا به آن یک شماره نسبت دهد. نمونه‌ای از پرینت در شکل (۹-۶) دیده می‌شود.



Samples of printout with the Siemens controller:  
(a) ladder diagram  
(b) instruction list  
(c) function chart

شکل (۹-۶) نمونه پرینت اطلاعات یک PLC

## ۹-۶- مقدمات تست دستگاه

قبل از راه اندازی یک سری تستهایی برای اطمینان از درستی عملکرد دستگاه باید



انجام شود. وقتی که برای کنترل یک دستگاه از *PLC* استفاده می‌شود یکسری کارها به عنوان مقدمه و قبل از انجام تست باید انجام شود.

۱- بازدید کلی از سیم‌کشی به منظور اطمینان از اتمام کار نصب و انجام آن به طور ایمن و استاندارد

۲- با استفاده از وسایل مناسب، تست تمام سیم‌کشی‌های *PLC* به منظور تست ایمنی و اتصال به تغذیه درست.

۳- فعال نمودن همه وسایل حفاظتی و تعیین نقاط قطع صحیح برای آنها (قطع جریان)

۴- خاموش کردن همه مدارهای ایزوله‌کننده موتورها

۵- روشن نمودن تغذیه اصلی مربوط به *PLC*

۶- فعال نمودن هر سوئیچ روی دستگاه به منظور اطمینان از ارتباط صحیح به *PLC* و دیدن نتایج حاصل از فعال شدن سوئیچ در خروجی.

۷- انتقال برنامه به *PLC*

۸- فعال نمودن هر یک از خروجیها به صورت دستی به منظور بررسی درست عملکرد و صحت سیم‌کشی

۹- تست همه سوئیچ‌های قطع اضطراری

۱۰- روشن نمودن همه مدارهای ایزوله موتورها و تست مجدد مرحله ۸ و تست جهت دوران موتورها

## ۷-۹- بازبینی عملیات

یک ترمینال برنامه ریزی می‌تواند برای بازبینی اجرای برنامه مورد استفاده قرار

گیرد. برای مثال استفاده کننده می تواند وضعیت المانهای انتخاب شده را ببیند. این امر در عیب یابی بسیار مفید است. با یک نگاه در مسیر سیگنالهایی که باید فعال شوند تا خروجی مربوط فعال شود ورودی معیوب شناسایی و نسبت به رفع عیب آن اقدام می شود. در سیستمهای کنترل رله ای هیچ امکان مشابه وجود ندارد.

برای بازبینی، ترمینال باید در مد صحیح قرار گیرد. برای مثال:

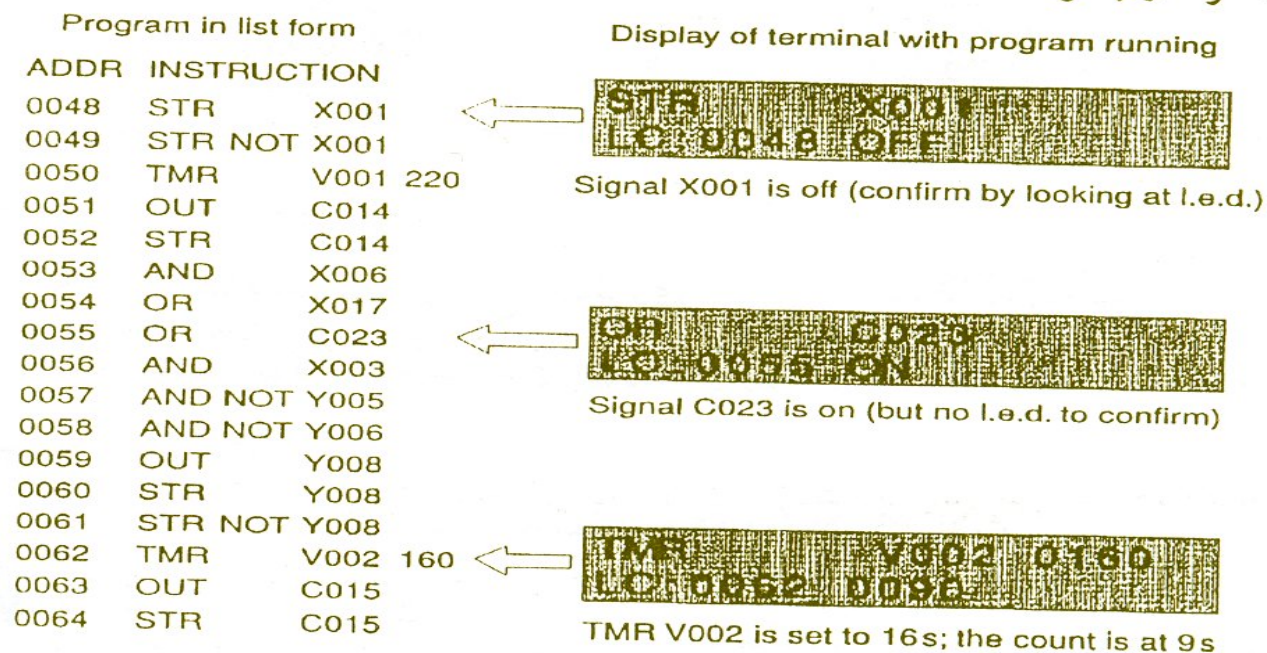
● در PLC شرکت Mitsubishi در *Monitor mode*

● در PLC شرکت Siemens در *Test mode*

● در PLC شرکت *Sprecher+Schuh* در *Monitor mode*

● در PLC شرکت *Telemecanique* در *Debug mode*

شکل (۷-۹) لیست برنامه مربوط به کنترل کننده *Sprecher+Schuh* دیده می شود. ترمینال می تواند هر یک از مراحل برنامه را فراخوانی نموده و مقادیر پارامترها را بخواند.



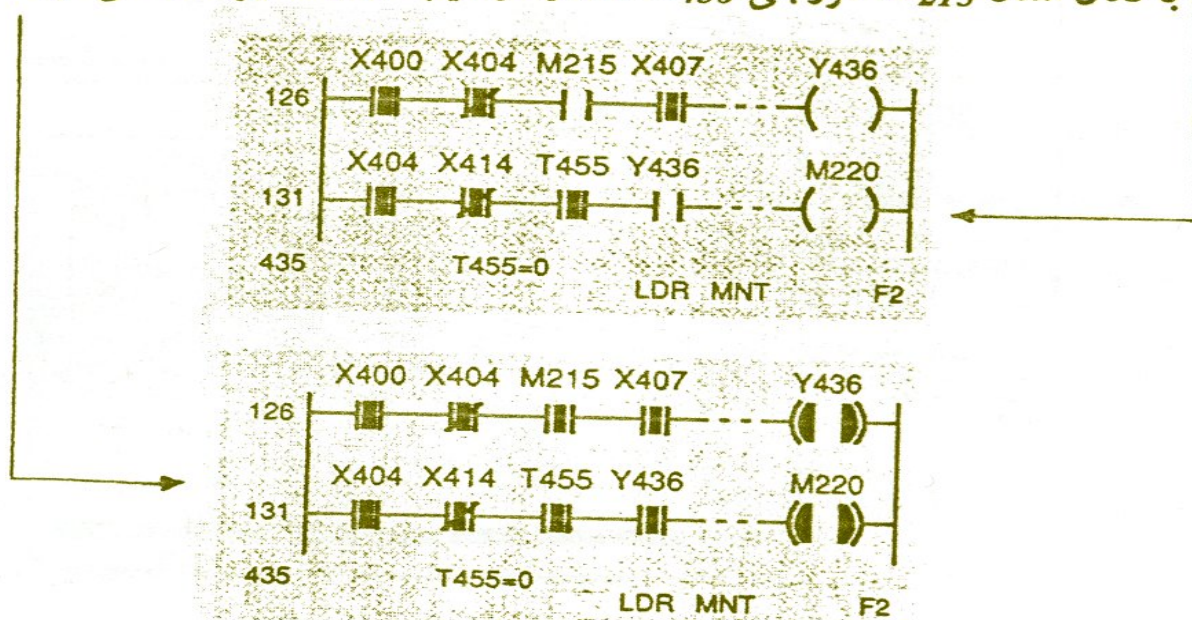
شکل (۷-۹) بازبینی لیست برنامه در حال اجرا



شکل (۸-۹) عملکرد یک برنامه را به صورت گرافیکی نشان می‌دهد. این روش قابل فهم‌تر از روش قبلی است. ارتباط بین المانها خیلی واضح است و المانهایی که فعال هستند پررنگ‌تر (توپر) دیده می‌شوند. در هر حالت مقادیر فعلی شمارنده‌ها و تایمرها قابل دیدن است.

به دلیل عدم فعال شدن  $M_{215}$  خروجی  $Y_{436}$  فعال نشده و در نتیجه  $M_{220}$  نیز فعال نمی‌شود.

با فعال شدن  $M_{215}$  خروجی  $Y_{436}$  فعال و در نتیجه  $M_{220}$  نیز فعال می‌شود.



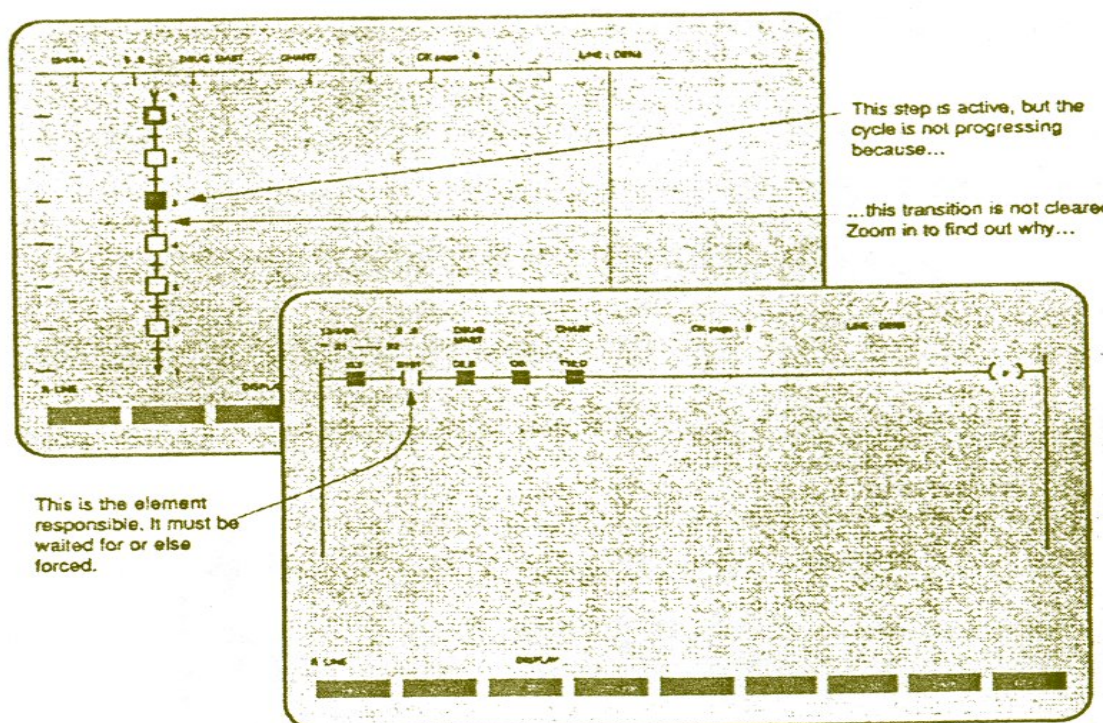
شکل (۸-۹) بازبینی دیاگرام نردبانی برنامه در حال اجراء

شکل (۹-۹) یک تابع دنباله  $SFC$  را در حالت بازبینی نمایش می‌دهد. مرحله فعال (مرحله ۳) در مانیتور پررنگ دیده می‌شود. اگر سیکل کاری پیشرفت نداشته باشد یافتن دلیل آن بسیار آسان خواهد بود.

با بررسی حالت انتقالی بعد از این مرحله (مرحله ۳) به علت عدم پیشرفت و ادامه



حرکت (SFC) پی می‌بریم با نگاهی دقیق‌تر به حالت انتقالی و دیاگرام نردبانی آن ملاحظه می‌شود که رله  $B181$  عمل نمی‌نماید. بنابراین با آزمایش بیشتر دلیل عدم عملکرد آن را بیابیم و در مواقع ضروری با فعال نمودن دستی  $B181$  از حالت انتقالی عبور نمائیم.



شکل (۹-۹) بررسی یک SFC متوقف شده

## ۸-۹- آزمون نهایی

وقتی که همه تستهای مقدماتی کامل شد دستگاه برای آزمون نهایی آماده می‌شود. ترمینال برنامه نویسی به PLC متصل شده و در حالت بازیابی برنامه قرار دارد. پردازشگر PLC در وضعیت RUN و دستگاه به صورت آزمایشی کار می‌کند.



اصلاح برنامه بواسطه موارد ذیل ممکن است انجام گیرد.

- مشخصات نادرست
- تفسیر نادرست عملکرد
- خطای برنامه نویسی
- تغییرات دستگاه

البته تغییرات سیم کشی لازم نیست مگر آنکه بخواهیم یک سنسور و یا یک سیستم تحریک (خروجی) به آن اضافه گردد.

از ترمینال برنامه نویسی می توان برای نوشتن، اضافه نمودن و یا پاک کردن بخشهایی از برنامه اقدام نمود. در این شرایط باید CPU متوقف شود.

هدف آزمون نهایی تست کلی طراحی است و ممکن است یکسری نکات در نظر گرفته نشده باشد که با این کار این معایب بر طرف شده و سیستم با یک عملکرد قابل اعتماد و دور از هر گونه خرابی بواسطه این عیبهآ آماده کار می گردد.

## ۹-۹- عیب یابی

وقوع عیب در تمامی دستگاهها اجتناب ناپذیر است. اما در دستگاههای اتوماتیک اثر عیب به رخداد بزرگ تبدیل می شود و بواسطه یک عیب کوچک ممکن است تولید متوقف شود بنابراین در دستگاههای اتوماتیک عیب یابی یکی از مسائل بسیار مهم می باشد و PLC در این راه خود کمک شایانی خواهد نمود.

عیب یاب باید کاملاً به موضوع آگاه باشد به عبارت دیگر باید مستندات سیستم شامل دیاگرام اتصالات مدول I/O یک پرینت از برنامه و مراجع لازم در مورد سیستم را در اختیار داشته باشد. منبع عیب به طور سیستماتیک با شناسایی مقصر اصلی پیدا می شود. اکثر تازه کاران طبیعتاً در وهله اول PLC را منبع عیب می دانند در صورتی که

احتمال خرابی در بیرون از PLC خیلی بیشتر است.

شکل (۹-۱۰) این موضوع را نشان می‌دهد که احتمال خرابی در سنسورها و محرکها و یا سیم کشی بیش از ۹۰ درصد و احتمال خرابی PLC کمتر از ۱۰٪ می‌باشد.



شکل (۹-۱۰) درصد خرابی و منبع آن

در عیب یابی عادی، تست و بازبینی تمام اجزاء دستگاه که مربوط به عیب هستند قبل از هرگونه بکارگیری ابزار تست ضروری است. خیلی ساده می‌توان چک نمود که گره‌ای در کار وجود ندارد و سپس دست به کارهای اساسی تر زد.

جدول (۹-۱) عیبهای کلی مربوط به سیستمها را همراه با منابع احتمالی آنها بیان می‌کند. اگر چه این جدول جامع و کامل نیست اما یک راهنمای عملی برای متخصصین تعمیر و نگهداری می‌باشد. این جدول هیچ ربطی به سیستم تشخیص عیب یک PLC ندارد. این سیستم نیز خود یک کمک خوبی در رفع عیب محسوب می‌شود. لذا توصیه می‌شود که استفاده کننده از PLC در چنین مواردی به دفترچه راهنمای سازنده PLC حتماً مراجعه نماید.

اکثر عیبهای ناشی از PLC از مدولهای ورودی و خروجی و منبع تغذیه می‌باشند. در این موارد دیودهای نورانی روی سیستم می‌تواند راهنمای خوبی باشد و به



آزمایش دیگر نیازی نیست. اکثر *PLC* ها با علائم خاص عیبهای زیر را خبر می دهند.

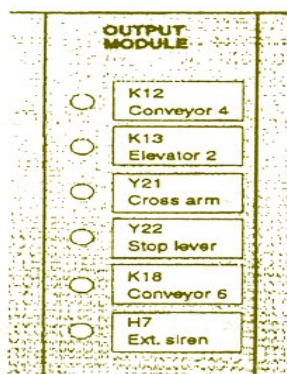
- عیب *CPU*
- عیب حافظه
- کم بودن باتری
- عیب *I/O*
- عیب تایمر محافظ (۱)

آزمون نهایی خوب رویه ای برای آشکار سازی و رفع عیبهای برنامه می باشد. گاهی این عیبهاتحتی سالها بعد از استفاده از دستگاه مشخص می شوند چراکه بعضی از عیبهات به وسیله مسائل پیش بینی نشده محیطی ایجاد می شوند.

اکثر سازندگان *PLC* یک جدول راهنمایی برای عیب در کتابچه راهنما در نظر می گیرند و استفاده از این جدول به همه استفاده کنندگان توصیه می گردد.

عیب یابی می تواند خیلی راحت تر شود اگر چند نکته زیر رعایت گردد.

۱- هر ترمینال ورودی و خروجی می تواند با یک برچسب با نام سیستم متصل به آن مشخص گردد. این موضوع دسترسی به جدول *I/O* را بی تأثیر نموده و با در اختیار داشتن دیاگرام اتصالات منبع عیب سریع مشخص می شود. شکل (۹-۱۱) یک نمونه این کار را نمایش می دهد.



شکل (۹-۱۱) قرار دادن برچسب در خروجی

جدول (۱-۹) راهنمای عیب یابی

| اثر عیب                         | منبع عیب                                                            | راهنمایی                                                                                                                                                       |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| خرابی کلی و توقف سیستم اتوماتیک | خرابی تغذیه و قطع تغذیه (برق اصلی)                                  | تمام ادوات دستگاه از کار می افتند.<br>مسیر برق دستگاه چک شود                                                                                                   |
|                                 | تغذیه اصلی قطع شده                                                  | اگر لامپ تغذیه خاموش است کلید برق اصلی یا قطع کن جریان چک شود                                                                                                  |
|                                 | سوئیچ قطع اضطراری فعال شده                                          | تمام سوئیچ های قطع اضطراری را چک نمایید                                                                                                                        |
| همه ورودی ها قطع شده اند        | اتصال کوتاه شدن یا زمین شدن سنسورها و یا سیمهای انتقال              | برنامه توقف را اجرا و ورودیها را یکی یکی قطع کنید تا تغذیه برگردد                                                                                              |
| همه خروجی ها قطع هستند          | فیوز مدار کنترل یا قطع کن جریان عمل نموده و یا برنامه متوقف شده است | با یک ولتر تغذیه مدار کنترل را تست کنید در صورتی که لامپ RUN روی PLC خاموش است و لامپ CPU/MEM یک خطا را نشان می دهد. عیب را بر طرف و سیستم را دوباره روشن کنید |
| گروهی از خروجی ها قطع هستند     | فیوز مربوط به این گروه قطع شده است                                  | LED های خروجی روشن هستند: عیب ممکن است در اثر اتصال کوتاه یا زمین شدن باشد سیستم را چک کنید                                                                    |
|                                 | مدول خروجی معیوب شده است                                            | LED های خروجی خاموشند: طبق دستور مدول را عوض کنید.                                                                                                             |



### ادامهٔ جدول (۱-۹) راهنمای عیب یابی

| اثر عیب                              | منبع عیب                                             | راهنمایی                                                                                               |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| یکی از دستگاههای خروجی روشن نمی شود  | عیب سیم کشی (قطع سیم)                                | LED خروجی روشن است: ولتاژ در خروجی وجود دارد ولی در دستگاه ولتاژ ظاهر نمی شود                          |
|                                      | خرابی دستگاه                                         | LED خروجی روشن است و ولتاژ دو سر دستگاه می آید                                                         |
|                                      | سیگنال ورودی قطع است                                 | LED خروجی خاموش است: مسیرهای ورودی را شناسایی و با بازبینی عیب را شناسایی نمائید تا LED خروجی روشن شود |
|                                      | مدول خروجی خراب است                                  | با تست و بازبینی و اطمینان در درستی مسیرهای ورودی مدول خروجی را طبق دستور عوض کنید                     |
| یکی از دستگاههای خروجی دائم روشن است | سیگنالهای کنترلی آن را روشن نگه می دارد              | با بازبینی دیاگرام نردبانی و تست برنامه مشکل را رفع نمائید.                                            |
|                                      | رله یا ترانزیستور یا تریاک مدول خروجی خراب است       | LED خروجی خاموش است. مدول خروجی را طبق دستور تعویض نمائید.                                             |
| برنامه متوقف شده است                 | دستگاه به حالت Stop رفته (طبق برنامه یا خطای دستگاه) | دستگاه را به مد RUN برده و اگر اشکالی نبود کار را ادامه دهید                                           |

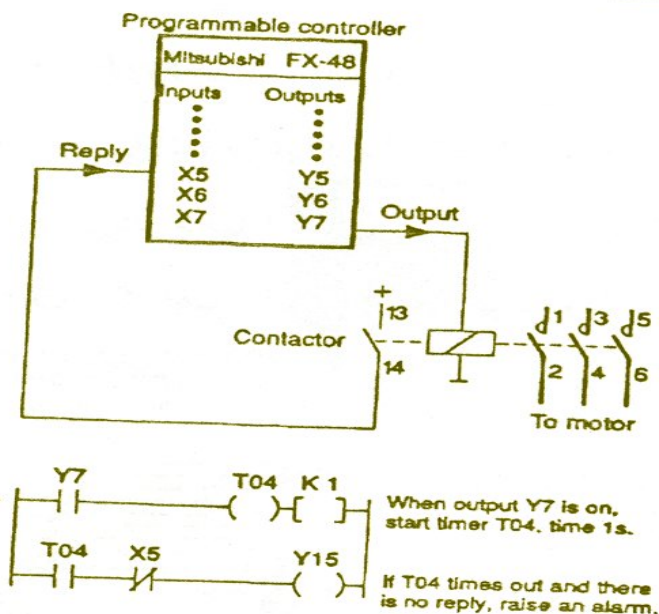
ادامه جدول (۱-۹) راهنمای عیب یابی

| اثر عیب                     | منبع عیب                      | راهنمایی                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| برنامه متوقف شده است        | عیب از CPU یا MEM             | LED مربوطه باید علامت دهد کپی برنامه سالم را دوباره به سیستم انتقال دهید (Reload) و به مد RUN بروید و سپس به حالت بازبینی رفته و زمان خواند اطلاعات Scan time را چک کنید اگر زیاد بود آن را کم کنید |
| هیچ برنامه‌ای وجود ندارد    | RAM دستگاه فاقد تغذیه است     | لامپ Low battery روشن است. باتری را عوض نموده و دوباره برنامه ریزی کنید.                                                                                                                            |
| عیب دائمی و عملکرد ناخواسته | تداخل مغناطیسی و یا رعد و برق | کنترل کننده را از منبع تداخل شیلد کنید. مدارهای محافظ در مقابل اضافه ولتاژ را چک نموده و دوباره سیستم را برنامه دهید.                                                                               |

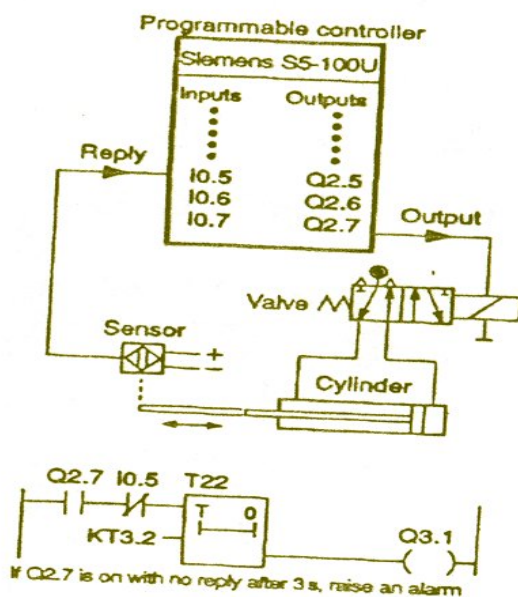
۲- ترمینالهای خروجی تابلو کنترل می‌توانند با یکسری تقسیم بندی منطقی که با برچسبهایی نیز مشخص شده در گروههای خاص از هم جدا شوند و هر ترمینال تنها به یک ورودی یا یک خروجی متصل باشد این کار سرعت عمل عیب یاب را زیاد می‌کند.

۳- برنامه می‌تواند طوری طراحی شود که علائم عیب (آلارم) تولید کند که اصطلاحاً Reply نامیده می‌شود. این سیگنال در واقع یک ورودی است که مشخص می‌نماید که آیا خروجی مورد نظر عمل نموده یا خیر؟ (به نوعی یک مسیر فیدبک ایجاد می‌کند) Reply می‌تواند به دو فرم مستقیم یا غیر مستقیم باشد.





(a)



(b)

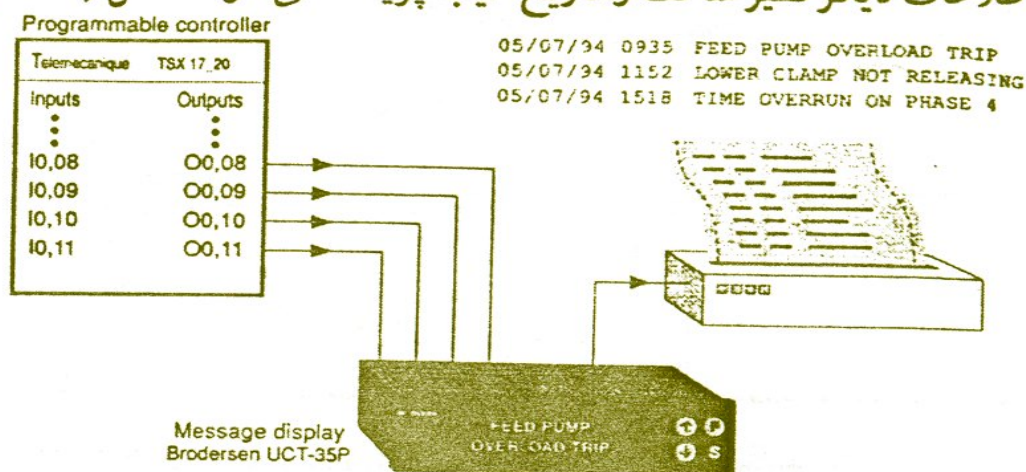
### شکل (۹-۱۲) نمایش *Reply* مستقیم و غیر مستقیم

● *Reply* غیر مستقیم: در شکل (۹-۱۲a) خروجی  $Y7$  موتور را با یک کنتاکتور کنترل می‌کند. وقتی این خروجی فعال شد همه کنتاکت‌های کنتاکتور فعال می‌شوند (بسته نوع کنتاکت یا بسته و یا باز می‌شوند) در این شرایط ورودی  $X5$  یک سیگنال دریافت می‌کند. برنامه به مدت ۱ ثانیه از روشن شدن  $Y7$  این ورودی را چک می‌کند. اگر این ورودی فعال نشد خروجی  $Y15$  را به عنوان آلام روشن می‌نماید. چون سیگنال برگشتی از خود موتور گرفته نشده (سنسور دورانی) به این روش غیر مستقیم گفته می‌شود.

● *Reply* مستقیم: در شکل (۹-۱۲b) خروجی  $Q2.7$  یک جک را بوسیله یک شیر سولنوئید کنترل می‌نماید. وقتی این خروجی فعال شد و جک کاملاً باز شد سنسور حسی (*Proximity*) که به ورودی  $I0.5$  متصل است فعال می‌شود. برنامه برای سه ثانیه این سیگنال را چک می‌کند. اگر این سیگنال فعال نشود برنامه با فعال نمودن  $Q3.1$  ایجاد آلام می‌نماید. از آنجا که سنسور مستقیماً با جک مرتبط است به

این روش *Reply* مستقیم گفته می شود.

۴- یک پیام نما می تواند برای نمایش عیبه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. نوعی از پیام نما که به پرینتر مجهز است در صورت وجود عیب همراه با مشخصات عیب، اطلاعات دیگر نظیر ساعت و تاریخ عیب پرینت می شود. شکل (۹-۱۳)



شکل (۹-۱۳) پیام نمای مجهز به پرینتر

## ۹-۱۰- راه اندازی دستی

مداخله دستی در کار یک ماشین اتوماتیک خیلی مفید واقع می شود. بخصوص در زمان آزمون اولیه و یا زمان عیب یابی شکل (۹-۱۴) یکسری تکنیکهای ساده را برای سیستمهای الکتریکی و یا بادی نشان می دهد.

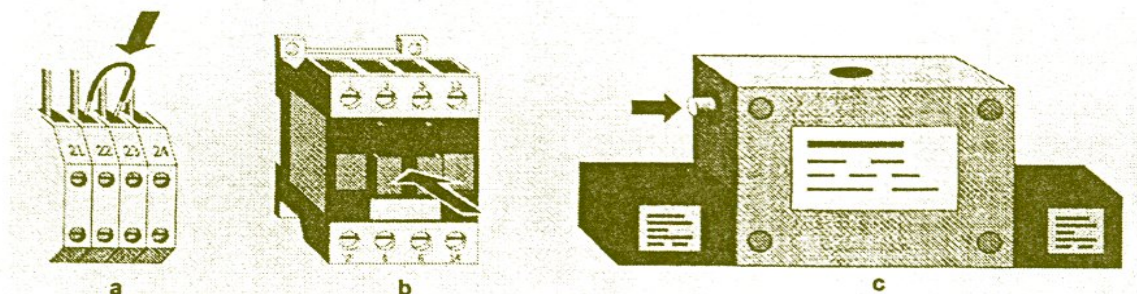
شکل (۹-۱۴a) بکارگیری یک سیم رابط یا *Jumper* در یک ترمینال که یک سنسور یا سوئیچ به آن متصل است را نشان می دهد. این عمل همانند فعال شدن آن سنسور یا سوئیچ می باشد.

شکل (۹-۱۴b) یک کنتاکتور یا یک رله می تواند با فشردن بخش نمایش داده شده بطور دستی فعال شود.

شکل (۹-۱۴c) یک شیر سولنوئید می تواند با فشردن محور کوچک روی آن بطور

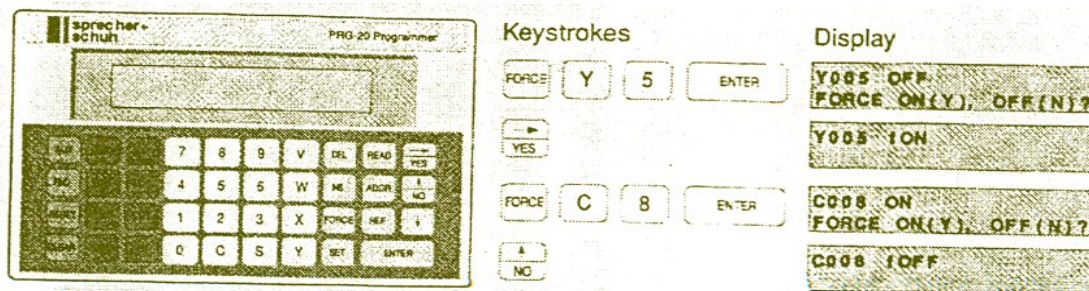


دستی فعال شود. همه این کارها در شناخت و تشخیص سریع تر عیب به ما کمک شایانی می نماید.



شکل (۹-۱۴) راه اندازی دستی المانها

اگر این کار توسط ترمینال PLC انجام گیرد در واقع *Forcing* صورت گرفته است. *Forcing* به ما این امکان را می دهد که هر یک از خروجیهای کنترل کننده را به دلخواه روشن یا خاموش نمائیم. شکل (۹-۱۵) چگونگی اجرای دستور *Forcing* را در یک ترمینال برنامه ریزی نشان می دهد.



شکل (۹-۱۵) نحوه انجام *Forcing* در ترمینال برنامه ریزی

یک المان *Forc* شده می تواند به دستور *Unforcing* از این حالت خارج شود.

والسلام

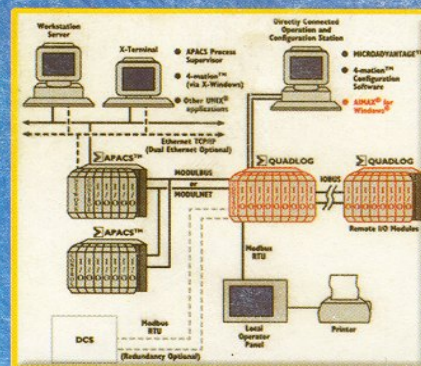
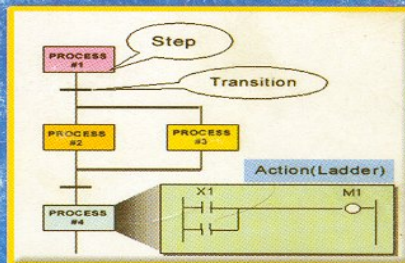
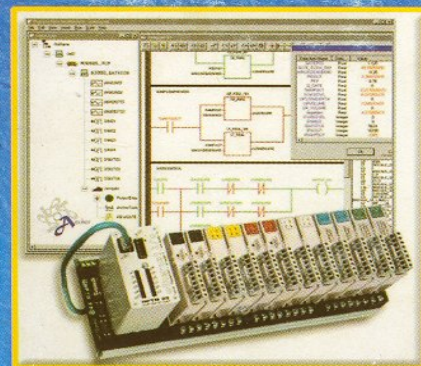
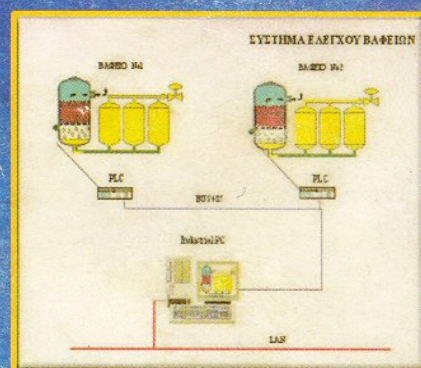
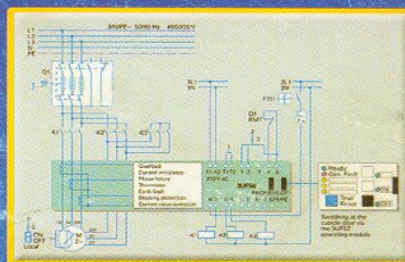
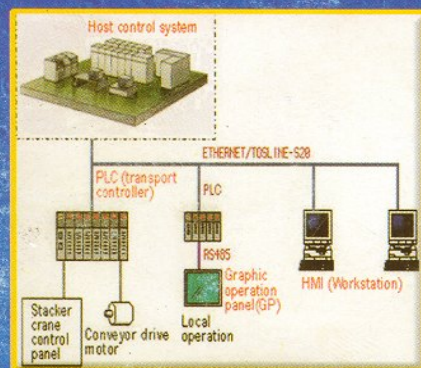
آبان ماه ۱۳۸۱



Learning 4 types

# PLC

in 5 projects



ISBN 964-7730-06-3



میدان انقلاب ، روبروی سینمای بهمن ، خیابان منیری جاوید ( اردیبهشت )  
پلاک ۲۵۱ ، انتشارات شهید : تلفن : ۶۹۵۲۶۵۸ - ۶۹۵۵۳۰۷ - ۶۹۵۵۶۳۳