

INDÍCE**A-AUTOMATOS PROGRAMÁVEIS****1- INTRODUÇÃO**

1.1. O que é um PLC. Arquitectura dos PLCs.-----	1
1.1.1 Introdução	
1.1.2 Funcionamento	
1.2 Classificação das linguagens -----	5
1.3 A electrónica das entradas e saídas.-----	6
1.3.1 Entradas digitais -----	6
- Em c.c.	
- Em c.a.	
1.3.2 Entradas analógicas -----	8
1.3.3 Saídas digitais -----	9
- saídas por relé	
- saídas de estado sólido	
1.4 Directivas para instalação de PLC's -----	13
1.4.1 Prevenção do ruído electromagnético -----	13
1.4.2 Ligação da alimentação -----	14
1.4.3 Disposição da cablagem -----	15
1.4.4 Supressão do ruído na carga -----	16
1.5 Considerações gerais sobre o Projecto de Quadros Eléctricos -----	20

2. PROGRAMAÇÃO DO PLC

2.1 Funcionamento da consola -----	21
2.2 Programação Booleana -----	29
• Instruções básicas	
• Temporização	
• Contagem	
• Bits de sistema	
2.3 Ligações das entradas e saídas -----	40
2.4 Exercícios -----	45
2.5 Aplicações -----	75

3. PROGRAMAÇÃO EM GRAFCET

3.1 Elementos do GRAFCET -----	91
3.1.1. Etapa	
3.1.2. Acção	
3.1.3. Transição e receptividade	
3.1.4. Ligações:	
• Divergência em OU	
• Convergência em OU	
• Divergência em E	
• Convergência em E	
3.2 Implementação de um automatismo-----	97
3.2.1 Regras de evolução	
3.2.2 Equação Geral de Etapa	
3.3. GRAFCET nível 1 e de nível 2 no âmbito do projecto -----	99
3.4. Exercícios -----	100
3.5. Aplicações -----	108
3.6. Programação -----	111
3.6.1 Instruções	
3.6.2 Exercícios	

B – ELECTROPNEUMÁTICA

1. CIRCUITOS BÁSICOS E LÓGICOS		
1.1	Funcionamento de Válvulas Solenóide -----	117
1.2	Actuadores pneumáticos lineares -----	123
1.3	Esquemas electropneumáticos para comando de cilindros -----	129
2. IMPLEMENTAÇÃO DO GRAFCET COM SEQUENCIADORES		
2.1	Esquema interno de um Sequenciador -----	138
2.2	Acções -----	139
2.3	Exercícios -----	142
2.4	Aplicações -----	151

C – SENSORES/TRANSDUTORES

1. TEMPERATURA -----		156
2. FORÇA/PRESSÃO/ACELERAÇÃO		
2.1	Sensores Nível/Pressão -----	167
2.2	Sensores Força/Binário -----	180
2.3	Sensores de Aceleração -----	184
3. MEDIÇÃO DE PROXIMIDADE/PRESENÇA		
3.1	Interruptores de Fim de Curso -----	194
3.2	Reed -----	197
3.3	Detectores indutivos -----	198
3.4	Detectores capacitivos -----	203
3.5	Detectores optoelectrónicos -----	203

UNIDADE 1

1.1. - O QUE É UM PLC. ARQUITECTURA DOS PLCs

1.1.1. - Introdução

Os autómatos programáveis aparecem nos Estados Unidos em 1969 e foram concebidos a pedido dos fabricantes de automóveis, que pretendiam automatizar as suas fábricas, com material que se pudesse adaptar à evolução do fabrico de um modo mais simples e a custo mais baixo do que os sistemas cablados geralmente utilizados até essa altura.

Um **Autómato Programável Industrial** (PLC: programmable logic controller) é um equipamento electrónico programável em linguagem não informática, desenhado para controlar em tempo real e em ambiente de tipo industrial processos sequenciais destinados a automatizar operações próprias de determinado processo produtivo.

É pois uma ferramenta muito útil para a automatização de processos nos mais variados tipos de indústrias (electrónica, mecânica, têxteis, papel, química, etc.) e estão concebidos para funcionar em ambientes industriais severos.

Podem ser ligados directamente aos detectores e pré-accionadores graças às entradas/saídas industriais.

O seu carácter programável confere-lhe uma grande flexibilidade de uso, adaptando-se quer a mudanças de métodos, a meios de produção e inclusivamente a mudanças de produtos. De salientar que as linguagens de programação dos autómatos são bastante mais simples do que as linguagens de programação convencionais, estando o seu emprego ao alcance da maioria dos técnicos não havendo necessidade de recorrer a especialistas em informática.

Hoje em dia, existem inúmeros modelos de autómatos programáveis: desde os nano-autómatos, indicados para máquinas e instalações simples com um pequeno número de entradas/saídas, até aos autómatos multifunções, capazes de gerar vários milhares de entrada/saídas e destinados a pilotar processos complexos.

1.1.2. - Funcionamento

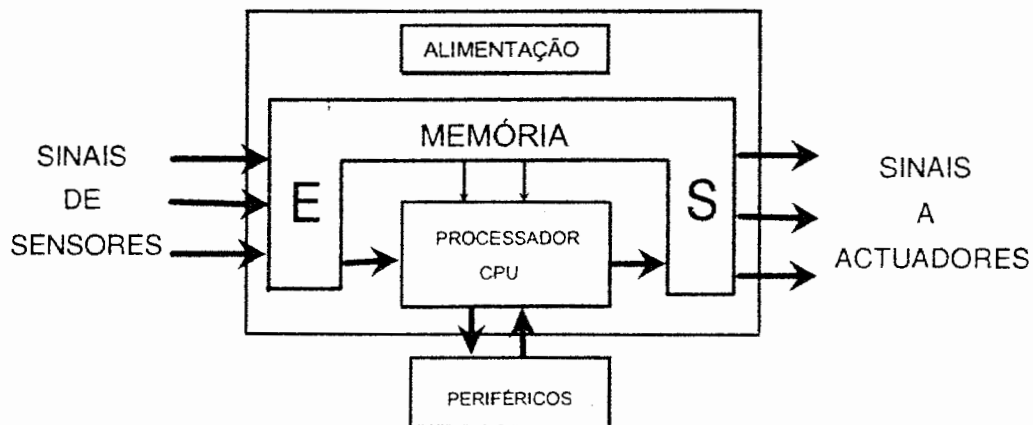
Do ponto de vista do utilizador, o funcionamento interno do PLC pode ser imaginado como o de um mais ou menos complexo conjunto de relés de vários tipos devidamente interligados e funcionando todos em conjunto. Muitos instaladores e utilizadores, com experiência prévia no projecto e execução de quadros eléctricos a relés preferirão pensar o autómato nestes termos. Uma das linguagens disponível, a ladder, presta-se bem a esta filosofia.

No entanto, o PLC real é controlado por um microprocessador que interpreta uma sequência de instruções que especificam as acções a realizar em função do estado das variáveis de entrada e das outras variáveis, internas, entretanto avaliadas.

Todos os PLCs actuais têm uma arquitectura de hardware electrónico que compreende:

- ⇒ Unidade Central de Processamento (CPU)
- ⇒ Memória RAM, EPROM e EEPROM,
- ⇒ Dispositivos de E/S
- ⇒ Periféricos

O diagrama de blocos representado mostra esta arquitectura típica.



A **CPU**: Tem como função principal o tratamento das instruções que constituem o programa. A sua *performance* está directamente ligada ao *tempo de resposta*: tempo necessário para levar a cabo as distintas operações de controlo. Em particular, o tempo de resposta de um sistema (activação de um sinal de saída em relação a uma entrada) vem determinado principalmente por:

- ◆ *ciclo de scan*: conjunto de tarefas que o autómato efectua quando está a controlar um processo:

- ⇒ tarefas comuns: supervisão geral

- ⇒ ler entradas e actuar saídas

- ⇒ execução das instruções: tempo parcial de processamento de cada instrução, normalmente os fabricantes indicam valores entre 30 e 0,4 ms. para 1K de instruções (1K = 1024 instruções)

- ⇒ serviço a periféricos

- ◆ tempo de ON/OFF dos módulos de E/S

A **Memória** destina-se a armazenar as instruções que constituem o programa de funcionamento do automatismo e outros dados. São utilizadas duas famílias de memórias:

- ◆ Vivas ou memórias RAM (Random Access Memory). O seu conteúdo pode ser lido e modificado sempre que se queira, mas são voláteis e perde-se toda a informação em caso de falha de energia.

- ◆ Mortas, cujo conteúdo é conservado em caso de falha de energia e podem apenas ser lidas. Para poderem ser escritas novamente é necessário fazer um apagamento total, por um processo especial, exterior ao PLC, através de raios ultravioletas (EPROM) ou eléctrico (EEPROM). A solução EPROM é preferível pois é mais económica e mais robusta electricamente. A EEPROM, ainda que remotamente é susceptível de alteração extemporânea, em caso de situações de ruído electromagnético.

Os **Dispositivos de entrada/saída** destinam-se à aquisição de sinais vindos do exterior. Podem ser binários, analógicos e futuramente “fuzzy” (vagos ou difusos).

- ◆ **módulos digitais** podem ser a relé, transístor ou triac. As saídas a relé são normalmente preferidas porque na maior parte das vezes dispensam os relés de acoplamento aos actuadores.
- ◆ **módulos analógicos** destinam-se por exemplo, a válvulas proporcionais ou a variadores de velocidade, executam a conversão digital/analógica sendo as gamas mais comuns: 4 – 20 mA / 1 – 5 V / 0 – 10 V.
- ◆ **módulos especiais** destinam-se por exemplo ao posicionamento de um ou mais eixos num motor passo-a-passo ou a reconhecer sinais de alta frequência: geradores de impulsos (encoders) ou fotocélulas que geram sinais cujo período é de milisegundos.
- ◆ **módulos fuzzy**, estão a ser desenvolvidos para tornar os computadores capazes de fugir à tradicional lógica binária. O objectivo final é copiar o raciocínio humano e conseguir desenvolver processos lógicos partindo de indicações pouco precisas, mais qualitativas que quantitativas do tipo “esta sala está pouco quente”. Esta expressão é fuzzy e está entre o “tudo” e o “nada”, numa escala repartida (0 / 0.1 / 0.2 / 0.3 / 0.4 / 0.5 / 0.6 / 0.7 / 0.8 / 0.9 / 1)

Periféricos são dispositivos que realizam tarefas complementares ao funcionamento do autómato e estão em constante comunicação com este. Usam-se tanto para programar como para visualizar o estado do autómato. O computador, consola de programação, interface de impressora, gravador de EPROM são alguns exemplos de periféricos.

1.2. - CLASSIFICAÇÃO DAS LINGUAGENS.

Diversas linguagens de programação para PLC, foram aparecendo, originadas em fabricantes de autómatos e obtendo mais ou menos sucesso conforme o utilizador, o tipo de aplicação e mesmo a região geográfica.

A linguagem de contactos (Ladder Network), mais próxima da “cultura” dos relés. O GRAFCET, desenvolvido e muito utilizado em França, é uma linguagem também conhecida como diagrama de etapas ou Sequential Function Chart.

Finalmente um conjunto de linguagens poderosas são englobadas no conceito de blocos funcionais, muito baseadas nos princípios Booleanos.

Em 1992 apareceu a primeira norma internacional, respeitante à normalização das linguagens de PLC. Trata-se da norma da Comissão electrotécnica Internacional, I.E.C.-1131-3.

Esta norma admite 5 tipos de linguagem e determina a forma como elas devem ser implementadas. As linguagens são:

- **SFC (Sequential Function Charts), ou seja GRAFCET**
- **FBD (Function Block Diagrams)**
- **LD (Ladder Diagram)**
- **ST (Structured Text)**
- **IL (Instruction List)**

1.3. - A ELECTRÓNICA DAS ENTRADAS SAÍDAS

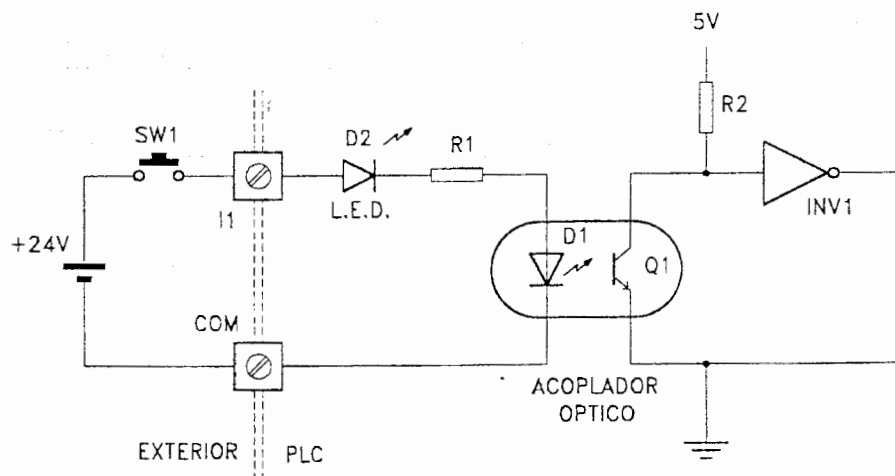
A própria razão de ser do autómato programável está ligada á capacidade de adquirir geralmente estados de dispositivos situados a "montante" da sua lógica de controlo, isto é, estados que constituem as "entradas" do PLC, e á capacidade de actuar sobre dispositivos a "jusante", isto é, sob comando das suas "saídas". Torna-se portanto indispensável conhecer suficientemente a electrónica das entradas e saídas do PLC, para se conseguir ligar eficazmente a este os referidos dispositivos externos de aquisição e de comando.

1.3.1. - Entradas Digitais

Entradas em Corrente Contínua

Destinam-se a determinar se um par de contactos externos está fechado ou aberto. Esse par de contactos pode ser um comutador, uma botoneira, um interruptor de fim-de-curso, ou qualquer outro dispositivo cujo estado "lógico" seja relevante para a função a desempenhar pelo PLC.

O circuito mais amplamente utilizado para entrada dos PLCs pressupõe uma fonte de tensão contínua exterior de 24V. A figura seguinte mostra os elementos indispensáveis a este tipo de circuito.



Quando o interruptor SW1 está fechado, fecha-se o circuito de entrada e logo D1 emite a luz necessária para saturar o Fototransistor Q1, levando a entrada do inversor lógico INV 1 a um nível baixo de tensão, e portanto a sua saída ao nível alto. De um

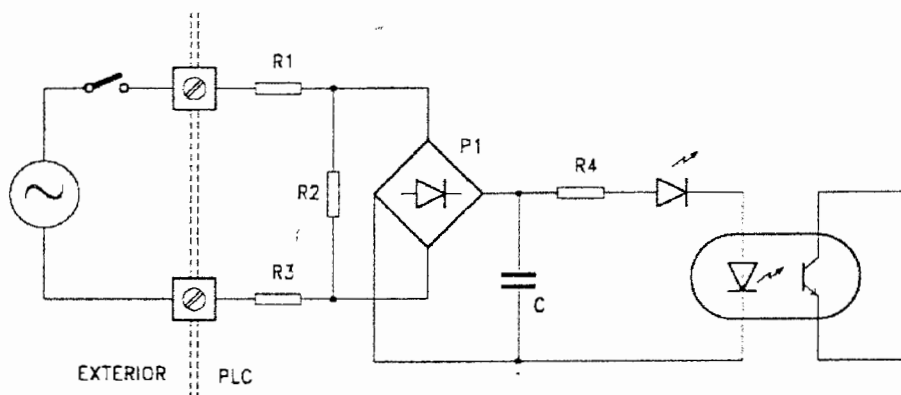
modo geral, o fecho de um par de contactos da entrada é considerado uma entrada de nível lógico 1 no esquema lógico programado dentro do PLC. O LED D2 serve como sinalizador visual do estado da entrada I1.

Repare-se que não existe nenhum contacto físico entre a malha do circuito de entrada e a alimentação a 5 VDC da parte lógica (CPU, Memória, etc.) do PLC. Este isolamento, muito benéfico em termos de robustez e fiabilidade, é conseguido graças ao acoplador óptico.

As outras tensões contínuas utilizadas, se bem que menos frequentemente do que os 24 V DC, são: 12 V DC, 48 V DC e 110 V DC. Há ainda fabricantes, que além das, entradas convencionais a 24 V DC, oferecem um certo número de entradas com níveis TTL (0 a 5V), não isoladas opticamente. Destinam-se a fazer interface com dispositivos lógicos.

Entradas em Corrente Alternada

Nalgumas aplicações torna-se preferível utilizar sinais de entrada em corrente alternada, provenientes de certos dispositivos. Alguns fabricantes de PLCs oferecem circuitos de entrada para tensões alternadas, conforme se exemplifica na figura abaixo.



Os elementos fundamentais adicionados a este circuito são, uma malha de resistências para baixar o valor eficaz da tensão, e uma ponte rectificadora que juntamente com o condensador de filtragem, oferecem ao restante circuito um sinal idêntico ao do caso de entrada em corrente contínua.

As tensões mais comuns em C.A. são os 220V AC, 110V AC e 24V AC. Quem necessita de usar um pequeno número de entradas AC numa aplicação em que a maioria

das entradas sejam os "standard" 24V DC, pode facilmente conciliar as duas necessidades, construindo externamente ao PLC, e para as entradas AC, o referido circuito Resistência-Ponte-Condensador e alimentar com a saída desta a entrada normal de 24V DC.

1.3.2. - Entradas Analógicas

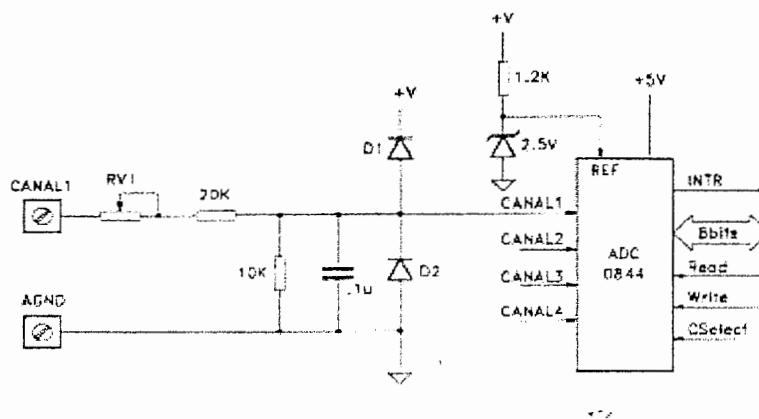
As entradas analógicas têm como função detectar *níveis analógicos* e fazer a conversão *analógica/numérica* e conversão *numérica/analógica*.

Na *deteção de níveis analógicos* o sinal analógico é comparado com dois níveis reguláveis, alto e baixo e o resultado da comparação enviado ao programa do utilizador. Estes módulos (2, 4, 8 ou 16 entradas) existem em três versões: detectores de nível alto, para termopares e para sondas com resistências.

Na *conversão analógica/numérica* o sinal analógico é convertido em informação numérica (12 ou 16 bits) que é transmitida ao programa do utilizador. Estes módulos podem adquirir a totalidade das grandezas analógicas utilizadas nas aplicações industriais: normalizadas nível alto, nível baixo, termopares, sondas com resistências.

Na *conversão numérica/analógica* a informação numérica (8 ou 12 bits) emitida pelo programa do utilizador é convertida em sinal analógico normalizado 0-10 V, 4-20 mA ou 0-20 mA, para o comando de variadores de velocidade, válvulas, etc.

A título de exemplo, apresentamos o esquema do circuito interno ao PLC, referente a um canal de entrada analógica.



1.3.3. - Saídas digitais

Saídas por Relé

É o tipo de saída mais comum nos autómatos programáveis. Considera-se digital este tipo de saída, pois cada relé só pode tomar um de dois estados: contacto fechado ou contacto aberto.

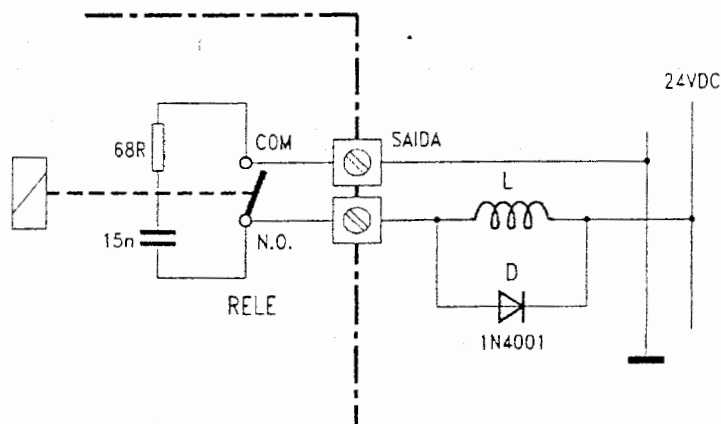
O relé é um dispositivo Electromecânico, que apresenta várias vantagens:

- garante um bom isolamento galvânico (por construção), entre a bobine e os contactores;
- conduz qualquer tipo de sinal, quer em corrente contínua como alterna, tipicamente admitindo 250V de tensão com o contacto aberto. É um componente electricamente robusto e bem compreendido pela maioria dos utilizadores.

Por outro lado, o relé tem, em relação aos semicondutores, dois pontos mais sensíveis:

- necessita de uma corrente mínima fluindo através do contacto, isto é, se com o contacto fechado a corrente imposta pela carga for extremamente pequena, ele comporta-se como estando aberto;
- é um componente com partes móveis e tem portanto uma duração limitada. O número de aplicações é tipicamente da ordem das dezenas de milhão.

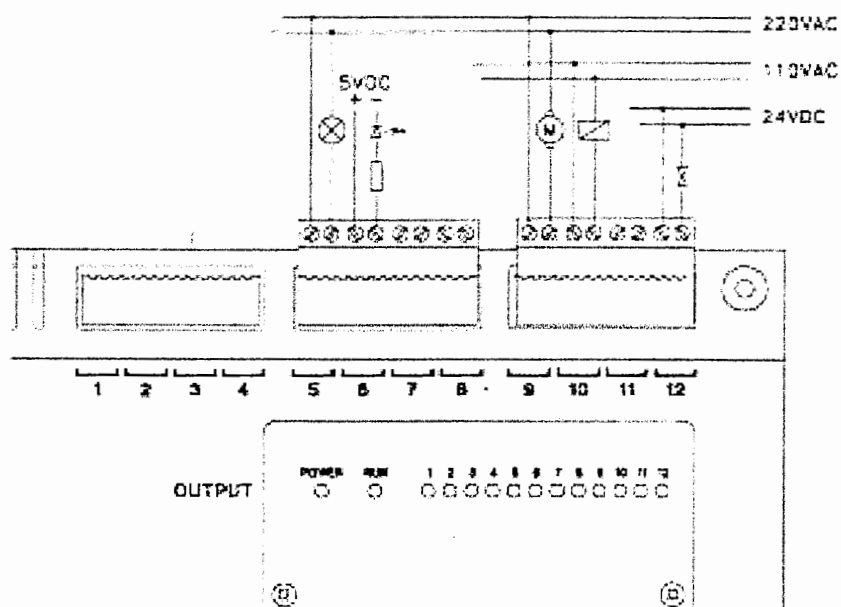
Como exemplo apresenta-se o esquema.



A bobine do relé é posta à condução por um circuito integrado com saída por uma montagem Darlington. Este circuito obedece às ordens do microcontrolador.

Na utilização prática das saídas por relé há que ter em atenção alguns factores, que se passam em revista:

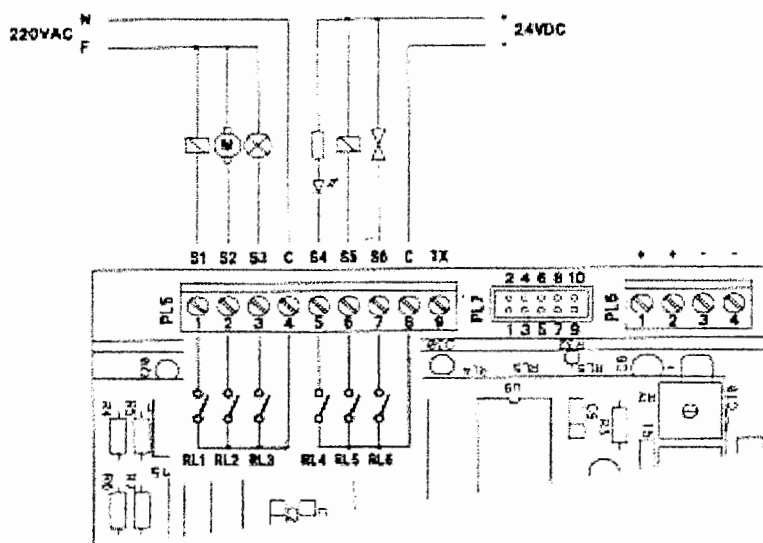
- Quando a carga comutada por um relé do PLC é alimentada a DC e contém uma bobine, é imprescindível instalar entre os terminais da bobine da carga um diodo, com o cátodo à tensão positiva, conforme se mostra no desenho. Este diodo destina-se a promover a circulação de corrente e portanto a dissipação de energia da bobine quando se dá o corte do relé, evitando assim o arco entre os contactos e respectiva deterioração e ainda interferência electromagnética produzida.
- Por cada saída ou seja, por cada relé existem dois terminais. São eles o Comum (COM) e o normalmente Aberto (NO).
- No PLC, todos os Comuns dos relés são independentes, podendo-se ligar cargas à saída dos relés referidos a potenciais todos eles distintos uns dos outros. O desenho abaixo exemplifica isto



- Quando uma saída está "activa" correspondendo a um nível lógico 1 do Programa, o LED respectivo acende e o relé fecha o contacto Comum (NO).
- Quando o relé está aberto, mas com uma tensão de 220 V AC, aquela malha consome uma corrente residual de cerca de 1 mA.

Em muitos modelos, os terminais "comum" dos relés são interligados aparecendo ao utilizador apenas um único terminal "comum" no autómato por cada grupo de vários relés de saída. Esta filosofia poupa o número de terminais de aperto e o seu espaço e nalguns casos simplifica a cablagem (quando todas as cargas têm a mesma alimentação). Por outro lado, torna menos flexível o autómato quando se utilizam cargas alimentadas a potenciais diversos.

Mostra-se como exemplo o caso do μ PLC, em que cada 3 relés partilha o terminal "comum".

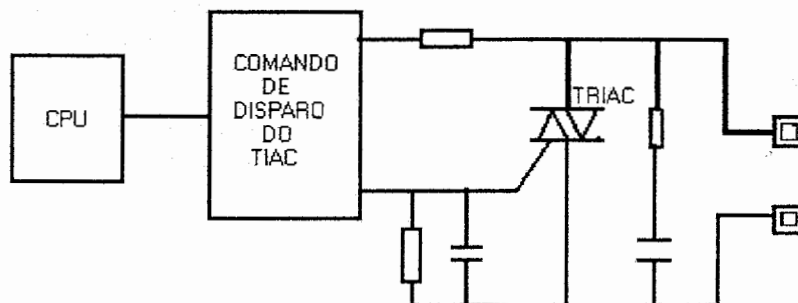


Saída de estado sólido

Alguns modelos de autómato programáveis apresentam saídas através de dispositivos semicondutores.

Para cargas alimentadas a corrente contínua utilizam-se transístores, ou montagens em darlington de transístores.

Para cargas alimentadas a corrente alterna utilizam-se triacs. Apresenta-se o esquema de um circuito de saída deste tipo.



Saídas analógicas

Alguns modelos de PLC dispõem de saídas analógicas, isto é, saídas em que a tensão e a corrente tomam em cada momento um valor possível de entre um número de patamares, compreendidos entre um mínimo e um máximo, que constituem os extremos da gama. O patamar de tensão (ou corrente) é a tradução analógica de uma grandeza numérica computada pelo programa que corre no autómato.

As saídas analógicas podem servir no posicionamento de válvulas, no controlo da velocidade de um motor ou no comando de outros tipos de accionadores que admitam uma entrada analógica.

As gamas mais utilizadas para os sinais analógicos de saída são:

- em tensão, 0 a 10V; 0 a 5V; -5V a +5V; -10V a +10V.
- em corrente, 4 a 20 mA e 0 a 20 mA.

No caso das saídas em tensão, há que ter em atenção a capacidade de fornecimento de corrente dessa saída. Normalmente restringe-se a algumas dezenas de mA, pelo que pode ser necessário utilizar amplificador DC de corrente, antes do accionador.

1.4.- DIRECTIVAS PARA INSTALAÇÃO DE PLCS

1.4.1.- PREVENÇÃO DO RUÍDO ELECTROMAGNÉTICO

Ligação à Terra

Os PLC apresentam uma caixa externa em material não metálico, poliuretano ou poliamida. No entanto, todos os modelos incluem uma chapa em alumínio que forma uma superfície contínua com área não inferior à do circuito impresso.

Esta superfície metálica tem duas funções importantes serve de dissipador ao regulador de tensão interno ao PLC, e simultaneamente serve de plano de massa para efeitos de protecção contra ruído electromagnético.

Em todos os modelos de PLC, a referida chapa metálica está ligada fisicamente à massa lógica (relativa à alimentação interna a 5 V DC) do circuito electrónico do PLC. Para obter os melhores resultados da referida blindagem deve respeitar-se o seguinte:

1. Em todas as instalações em que seja incorporado um PLC, deve dispor-se de uma boa terra.
2. Ligar o negativo da tensão de alimentação do PLC à terra, através de um condutor de cobre de 2,5 mm² de diâmetro (no mínimo).

1.4.2. - LIGAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO

Introdução

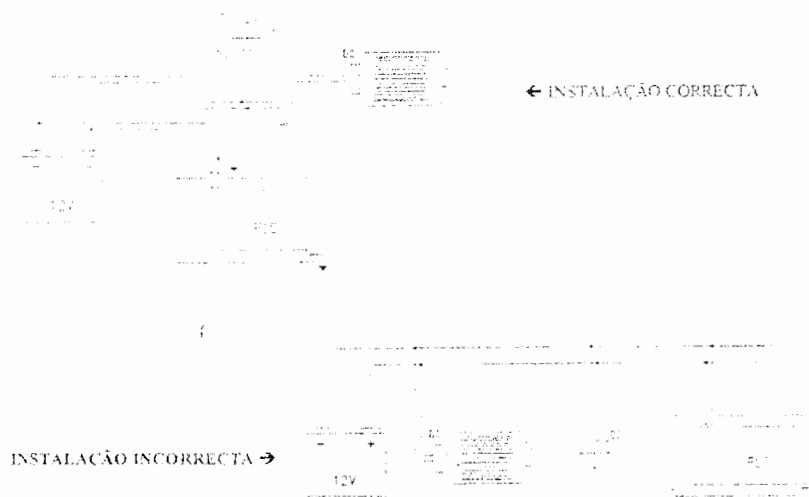
A situação ideal é a de se utilizar uma alimentação exclusiva para o PLC. Em AC será uma fase ou um secundário destinada ao PLC, e portanto diferentes daquelas que alimentam os dispositivos de potência.

Em DC terá uma alimentação exclusiva de 12 V DC ou 24 V DC. Caso isto não seja viável devem seguir-se as indicações que se seguem.

Autómatos alimentados a DC

Em PLCs alimentados a tensões contínuas, tipicamente 12 VDC ou 24 VDC, deve-se utilizar um par de cabos desde a fonte de alimentação até ao PLC, exclusivamente para esse efeito.

Caso existam outros dispositivos alimentados com a mesma tensão, eles deverão de dispor de cablagem independente.

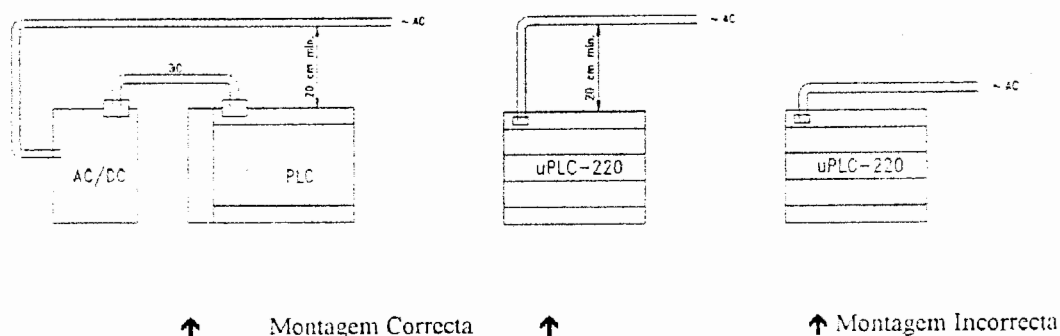


As fontes de alimentação devem ter o seu terminal de terra ligado à terra da instalação.

Autómatos alimentados a 220 AC

Neste caso existe dentro da caixa do autómato ou na sua proximidade imediata uma fonte que transforma os 220 VAC em tensão inferior e depois a rectifica e filtra.

O cuidado a ter é o de deixar um espaço de 20 cm entre os cabos de 220 VAC e o PLC.



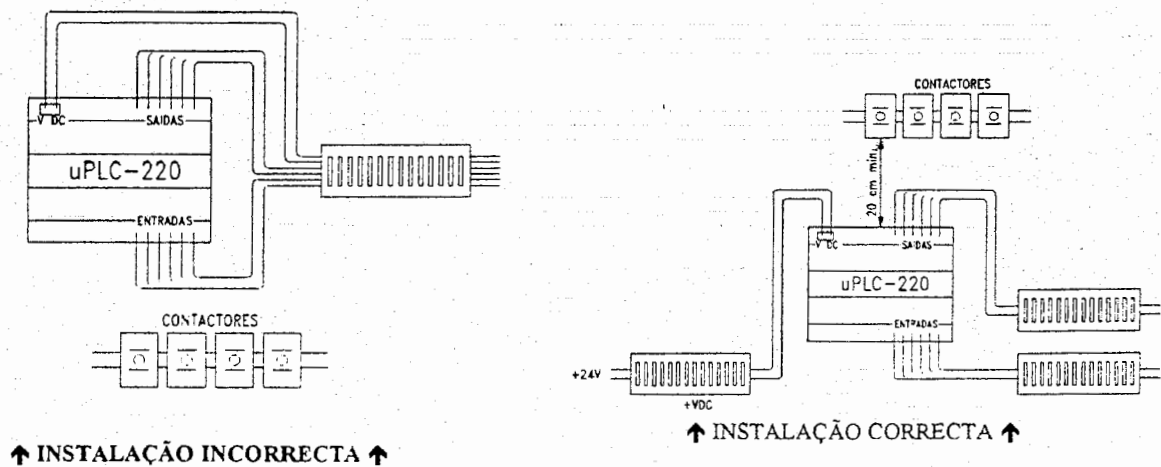
Os cabos de alimentação não devem ser encaminhados pelas mesmas colunas dos cabos de sinais de entrada ou saída.

1.4.3. - DISPOSIÇÃO DA CABLAGEM

Para além dos princípios atrás expostos relativos aos cabos de alimentação, há a respeitar a directiva de não misturar na mesma caleira cabos de saídas com cabos de entradas dos PLC.

No quadro de comando, utilizar uma caleira para os cabos que transportam os sinais de entrada (sensores, micro-interruptores, etc.) e uma outra caleira para os sinais de saída do PLC.

Além disto todas as possíveis fontes de ruído (contactores, relés de potência, válvulas, etc.) devem estar montadas no quadro, pelo menos a 20 cm do autómato e da caleira dos sinais de entrada.



Quando for imperioso passar cabos de entrada e de saída na mesma caleira, isso pode ser feito desde que num percurso limitado, e blindando com fita de blindagem o conjunto dos cabos de entrada. Neste caso, um extremo da fita de blindagem será ligado á terra.

1.4.4. - SUPRESSÃO DE RUIDO NA CARGA

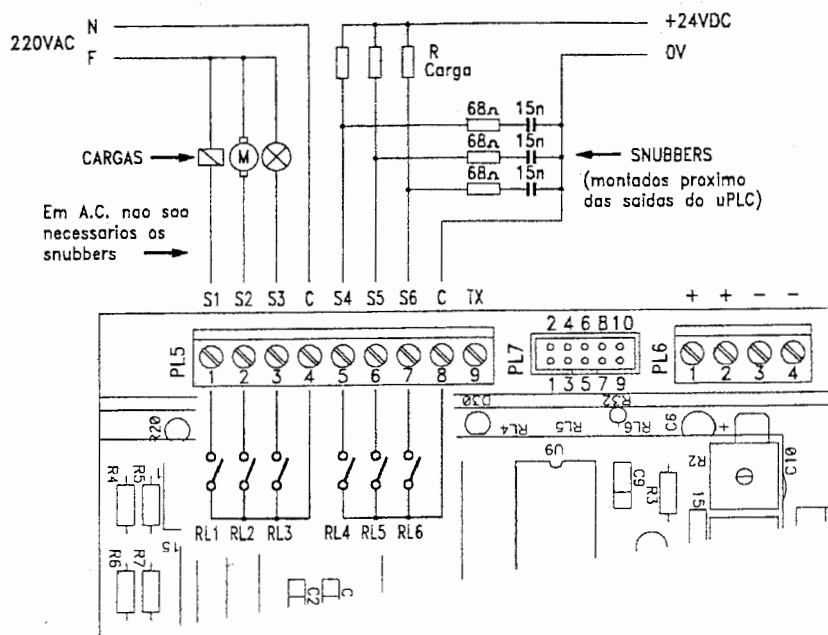
Protecção dos contactos do relé do PLC.

Quando a carga comutada pelo relé de saída do PLC é alimentada a corrente contínua, existem dois efeitos nocivos que devem ser minimizados através de uma malha RC de amortecimento entre os contactos do relé. Os dois efeitos referidos são:

- A formação de um arco eléctrico entre os contactos, o qual provoca ruído electromagnético.
- O deslocamento de material de um contacto para outro, o que reduz a vida útil do relé.

Existem fabricantes que equipam os PLC com uma malha RC (designada também por “snubber”). Os valores são de $R = 68 \Omega$ e $C = 15 \text{ nF}$.

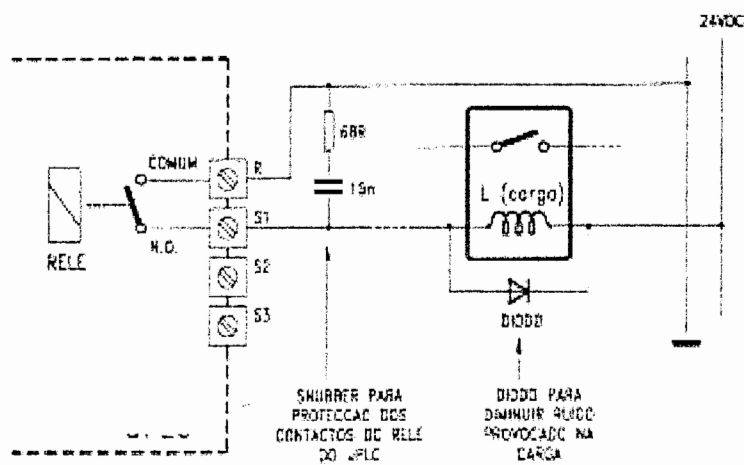
No PLC em que o espaço interior é muito limitado, não existem "snubbers". Portanto, recomenda-se que, nas saídas que atraquem cargas alimentadas a corrente contínua se instalem exteriormente os respectivos “snubbers”.



Controlo do ruído Gerado na carga Externa do PLC

Cargas alimentadas a Corrente Contínua

Quando a carga comutada por um relé é alimentada a DC e contém uma bobine é imprescindível instalar entre os terminais da bobine da carga um diodo, com o cátodo á tensão positiva, conforme se mostra no desenho. Este diodo destina-se a promover a circulação da corrente e portanto a dissipação de energia da bobine quando se dá o corte do relé, evitando assim o arco entre os contactos e respectiva deterioração e interferência electromagnética.

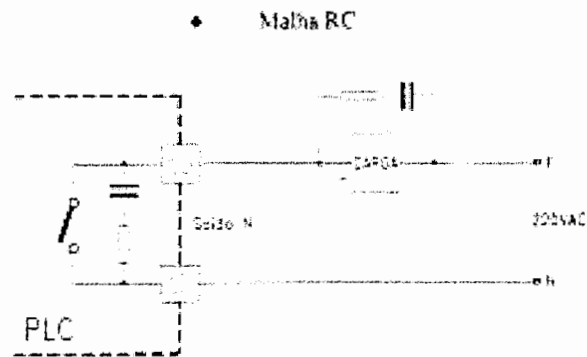
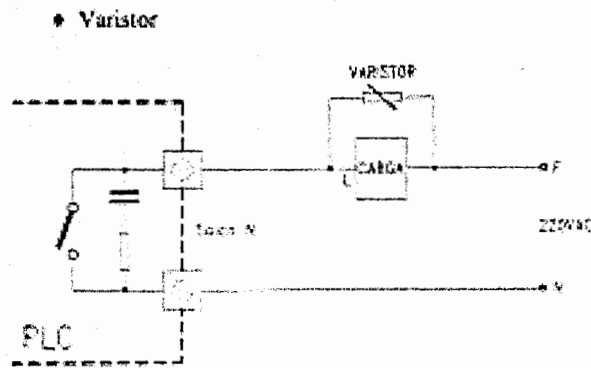


Cargas Alimentadas a Corrente Alternada

Mesmo com bobines alimentadas em AC, a maioria dos dispositivos electromagnéticos, como relés auxiliares, contactores, válvulas e motores são geradores de ruído pois a sobretensão na bobine no momento do corte provoca um arco no relé.

Assim deve instalar-se um supressor de sobretensão em paralelo com o circuito que constitui a carga de saída do PLC, nomeadamente uma bobine.

Esse supressor permite a circulação da corrente na bobine e assim dissipar a energia armazenada na mesma, evitando o arco. Há diversos tipos de circuito para o efeito, mas os dois mais recomendados são:



Consoante as características do circuito de carga assim devem ser escolhidos os elementos supressores. Assim (para carga 220 VAC), o varistor deve ter uma tensão normal de operação máxima na ordem dos 250 V a 300 V, e uma tensão de limitação (em que começa a conduzir) da ordem dos 390 V a 470 V. A capacidade de absorção de energia do varistor também pode ser escolhida em face do tipo de carga.

Quando se opta pela malha RC, há que ter em conta a potência da resistência e a tensão do condensador, que deve ser superior a 300 V. A corrente no condensador é também um parâmetro a ter em conta.

1.5. - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O PROJECTO DE QUADROS ELÉCTRICOS

Sendo os autómatos programáveis baseados em circuitos integrados, eles são muito mais performantes do que os circuitos lógicos implementados com base em relés mas por outro lado são obviamente mais sensíveis às interferências electromagnéticas.

Assim, todos os cuidados já descritos nos parágrafos anteriores, são de facto necessários. Apresentam-se de seguida, os princípios mais gerais relativos ao projecto de quadros eléctricos de comando.

Sempre que o espaço o permita, deve dividir-se o quadro eléctrico em dois, ou pelo menos, em duas zonas distintas:

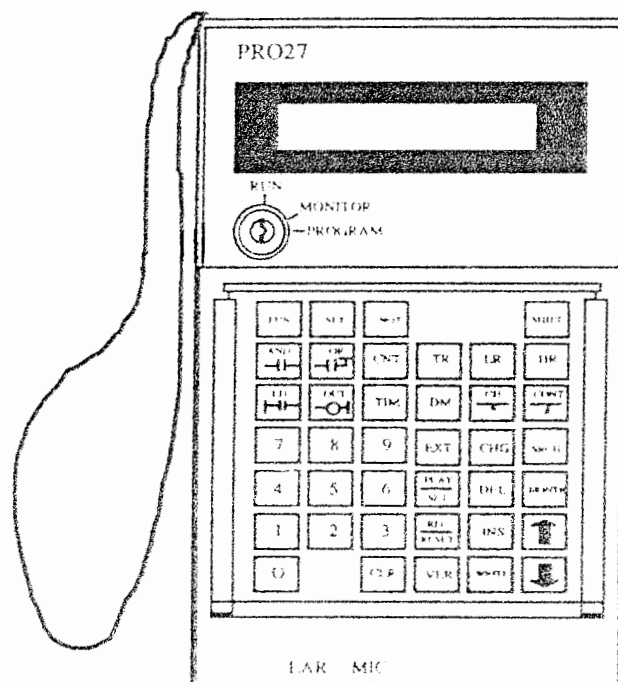
A *Zona de Comando*, onde normalmente as tensões em jogo vão até aos 24 VDC e as correntes são pequenas, e a *Zona de Potência* onde se devem localizar os órgãos que comutam maior potência.

Em relação ao local (dentro do quadro) em que é instalado o PLC, seja sobre calha DIN seja com outro tipo de fixação, é aconselhável deixar algum espaço à esquerda e à direita do PLC, com dois objectivos:

- Possibilitar futura expansibilidade, deixando o espaço para instalar um segundo autómato ou uma expansão do primeiro.
- Facilitar a remoção do autómato, se necessário.
- Ajudar a cumprir as normas relativas a distância às fontes de ruído.

2. PROGRAMAÇÃO DO PLC

2.1. – FUNCIONAMENTO DA CONSOLA – OMRON



FUNÇÕES DA CONSOLA

A consola permite executar as seguintes funções:

- **Edição:** introdução e alteração de programas
- **Monitorização:** visualiza e altera em tempo real o valor das variáveis internas
- **Controlo:** run/stop da execução de um programa instalado
- **Transferência:** gravação de programas em cassetes áudio
- **Comunicação:** recepção e emissão de mensagens com o autómato a executar um programa

ELEMENTOS DA CONSOLA

A consola é constituída pelos seguintes elementos:

- **DISPLAY:** Permite a visualização de dados, instruções do programa e mensagens de diagnóstico
- **SELECTOR:** determina o modo de operação da CPU «PROGRAM», «MONITOR», «RUN»
 - **PROGRAM:** permite escrever o programa em memória
 - **MONITOR:** permite a simulação do programa e:
 - + Alteração de dados
 - + Activação e desactivação de E/S
 - + Alteração de SV de TIM/CNT
 - **RUN:** executa o programa e permite a visualização de mensagens de diagnóstico.
- **TECLADO**

Permite a interacção entre o autómato e o operador e é composto por:

 - **Teclas Numéricas** - Para introduzir endereçamentos, dados, constantes, etc.
 - **Tecla CLR** - Cancela a operação em curso
 - **Teclas Operativas** Para as funções de edição de programas.

EXT	Externo
CHG	Modificar
SRCH	Procurar
VER	Verificar
DEL	Apagar
MONTR	Monitor

PLAY/SET	Ler / ligar
REC/RESET	Gravar / desligar
INS	Inserir
WRITE	Confirmar
↑	Para trás
↓	Para a frente

Teclas de Instrução- Para seleccionar as instruções de programação do PLC.

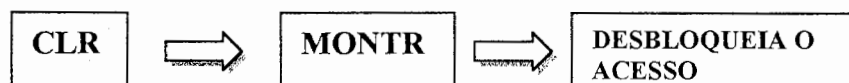
LD/AND/OR/NOT/OUT	Funções lógicas básicas
FUN	Funções especiais
SHIFT+CONT/#	Bit ou contacto genérico
SHIFT+CH/*	Canal genérico de 16 bits
TIM	Temporizador
CNT	Contador
DM	<i>Data Memory</i> – canal de memória
SFT	<i>Shift</i> - deslocamento de dados
HR	<i>Holding relais</i> – relés de retenção
TR	<i>Temporary relais</i> – relés temporários
LR	<i>Link relais</i> – canais de comunicação

Tecla SHIFT - Selecciona a opção superior das teclas de dupla função.

PROGRAMAÇÃO COM A CONSOLA - (ANEXO A)**PASSWORD**

Depois de especificar o modo PROGRAM, a consola de programação visualiza a mensagem “PASSWORD”. A password é necessária para evitar erros de manuseamento acidentais quando se inicializa o funcionamento da consola:

Pulsando as teclas:



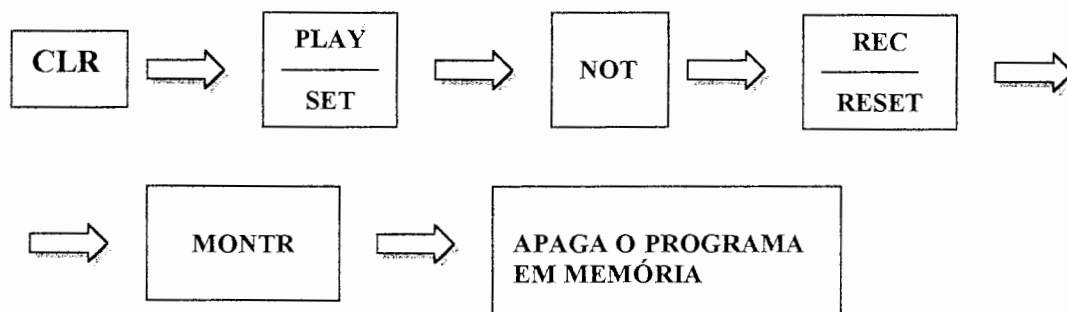
CLR – Limpeza

MONTR- Confirmação

LIMPEZA DA MEMÓRIA

Antes de escrever um novo programa, é necessário apagar todos os dados em memória, uma vez que está protegidos por uma bateria.

Pulsando as teclas :

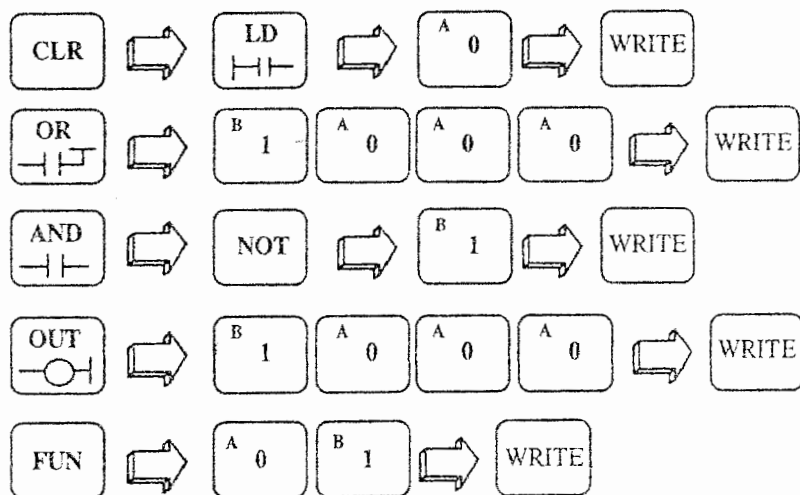


ESCRITA DO PROGRAMA



A escrita de um programa em memória faz-se no modo PROGRAM. Para se escrever o programa utilizam-se as teclas numéricas e de instrução. O valor numérico ou instrução só é validado quando se pulsar a tecla **WRITE**.

Ex.:

Endereço	Instrução	CANAL
0000	LD	00000
0001	OR	01000
0002	AND NOT	00001
0003	OUT	01000
0004	END(01)	



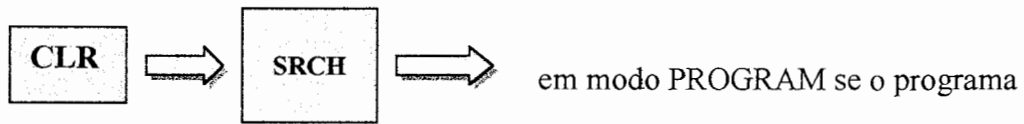
LEITURA DO PROGRAMA

Em modo MONITOR ou RUN posiciona-se no início do endereço da instrução a partir da qual se pretende visualizar o programa e com as teclas   poderá mover-se dentro do programa.

TESTE DO PROGRAMA

Uma vez escrito o programa, é conveniente testá-lo para comprovar que está escrito conforme as regras predeterminadas.

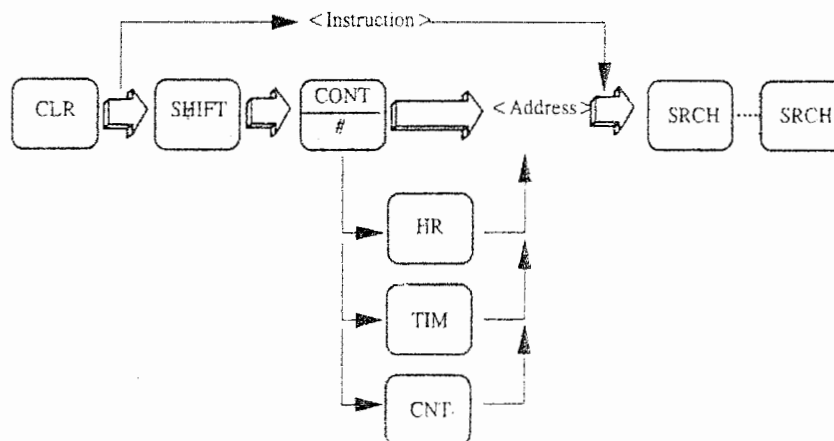
Pulsando as teclas



tiver erros, visualiza-se uma mensagem de erro assim como o seu endereço e dados onde se encontra.

BUSCA DE INSTRUÇÃO

Para ter acesso a uma instrução basta especificar essa instrução e pulsar **SRCH**. Pulsando continuamente a tecla **SRCH**, todos os endereços que contenham a instrução especificada se visualizam sucessivamente. Esta operação pode realizar-se em qualquer modo de funcionamento.

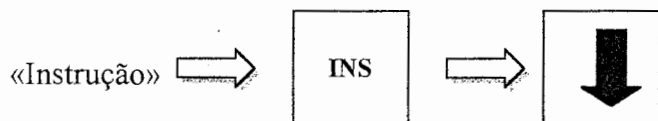


Ex.: Procurar a instrução LOAD

CLR	0000
LD —	0000 LD 00000
SRCH	0200 SRCH LD 00000
SRCH	0202 LD 00000
SRCH	1082 SRCH END(01)

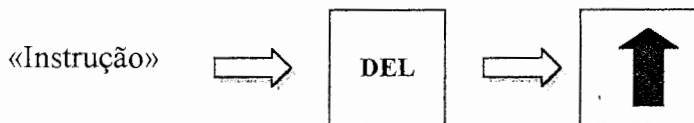
INSERIR INSTRUÇÃO

Utilizando a tecla **INS** podem-se inserir instruções adicionais no programa armazenado em memória. Esta operação só é possível em modo **PROGRAM**.



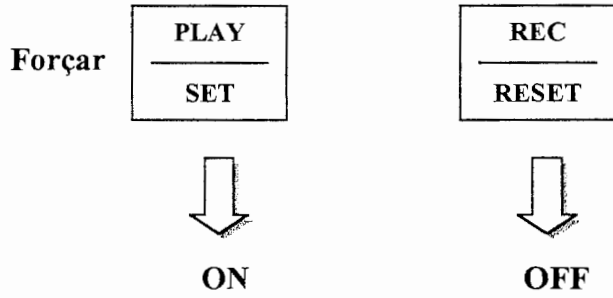
APAGAR INSTRUÇÃO

Em primeiro deve-se procurar o endereço da instrução a eliminar, de seguida pulsando a tecla **DEL** elimina-se a instrução pretendida.

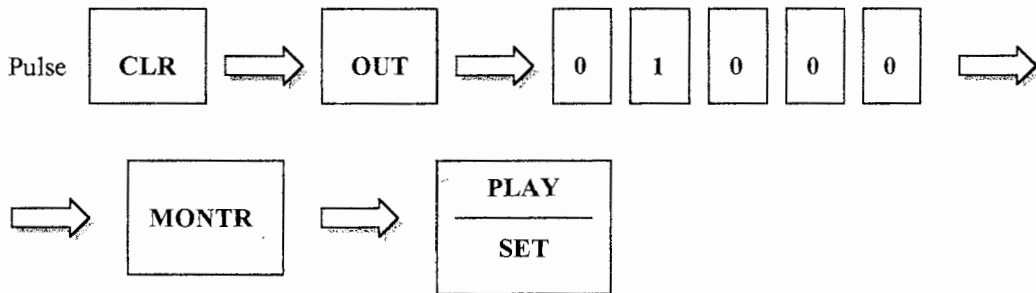


FORÇAR A SET/RESET

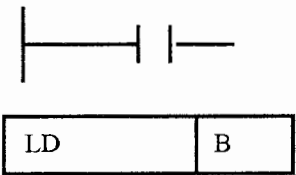
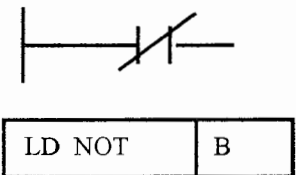
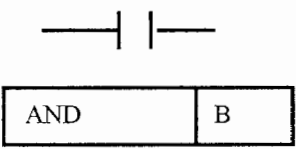
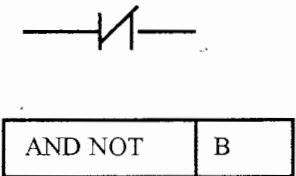
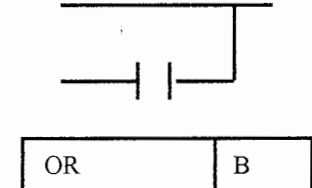
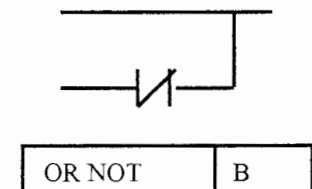
O estado dos pontos de E/S, relés auxiliares internos, relés de retenção e TIM/CNT podem forçar-se a **SET** ou a **RESET**, mediante **PLAY/SET** ou **REC/RESET**. Esta operação não pode realizar-se em modo RUN.



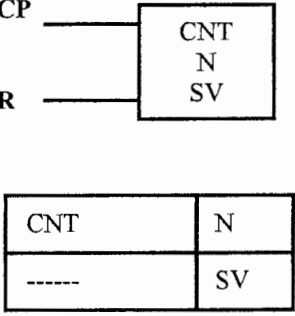
Ex.: Colocar o LED da saída 01000 activado

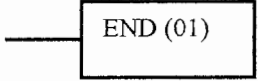
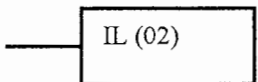
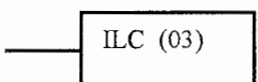


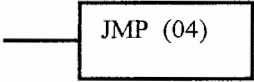
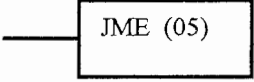
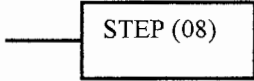
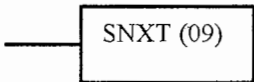
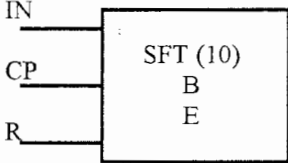
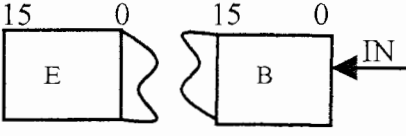
2.2. – PROGRAMACÃO BOOLEANA**INSTRUÇÕES**

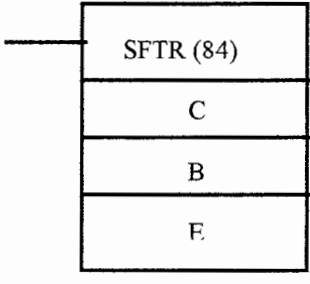
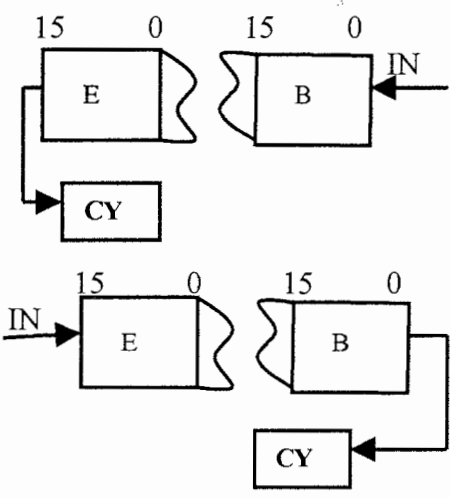
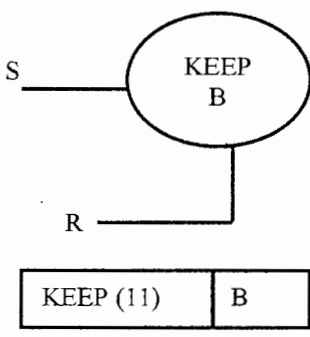
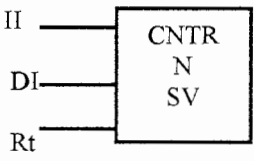
NOME	SIMBOLO	FUNÇÃO	OPERANDO
LOAD LD	 LD B	Inicia cada linha ou bloco com o bit numa posição determinada	B: IR SR HR TC
LOAD NOT LD NOT	 LD NOT B	Inicia cada linha ou bloco com o bit na situação inversa	
AND AND	 AND B	Realiza um AND com o operando especificado	
AND NOT AND NOT	 AND NOT B	Realiza um NAND com o operando especificado	
OR OR	 OR B	Realiza um OR com o operando especificado	
OR NOT OR NOT	 OR NOT B	Realiza um NOR com o operando especificado	

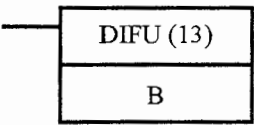
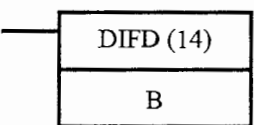
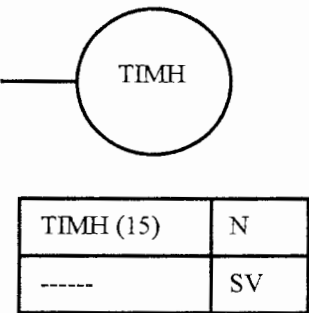
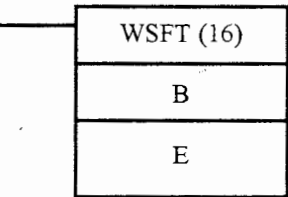
NOME	SIMBOLO	FUNÇÃO	OPERANDO	
AND LOAD AND LD		Realiza um AND entre dois blocos	-----	
OR LOAD OR LD		Realiza um OR entre dois blocos	-----	
OUTPUT OUT		Indica um bit de saída ON	B: IR HR TR	
OUTPUT NOT OUT NOT		Indica um bit de saída OFF		
TIMER TIM		Realiza um temporizador à acção (0.1 a 999.9 s)	N: TC	SV: IR HR #

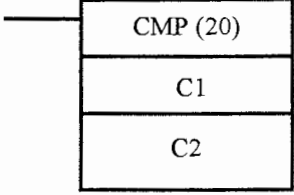
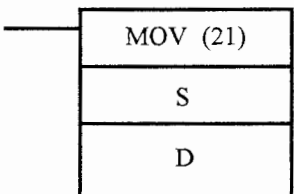
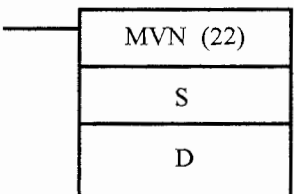
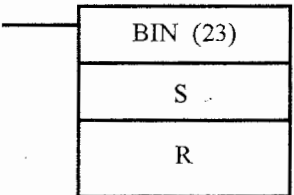
<p>COUNTER CNT</p>		<p>Realiza um contador descendente SV (set value): 0 a 9999 CP (count pulse) R (reset)</p>	<p>N: TC</p>	<p>SV: IR HR #</p>
-------------------------------	---	--	-------------------------	---------------------------------------

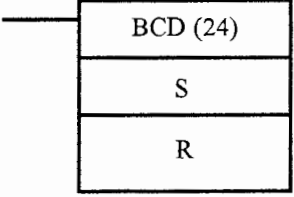
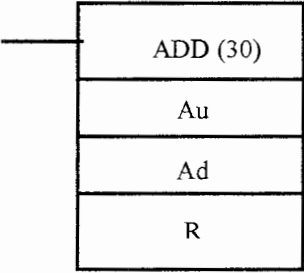
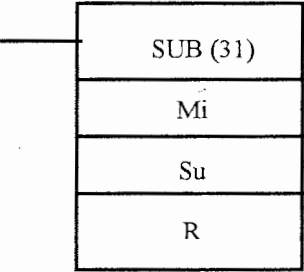
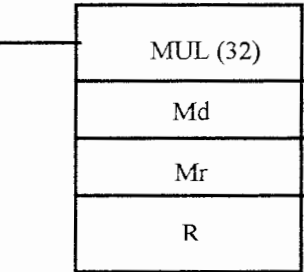
<p>No Operation NOP (00)</p>	<p>-----</p>	<p>Nada mais é executado e a próxima instrução é movida</p>	<p>-----</p>
<p>END END (01)</p>		<p>Indica o fim do programa</p>	
<p>INTERLOCK IL (02)</p>		<p>Se IL estiver ON (resultado da malha anterior), a secção do programa entre IL e ILC é processada normalmente.</p>	
<p>INTERLOCK CLEAR ILC (03)</p>		<p>Se IL estiver OFF, as saídas na secção do programa entre IL e ILC são colocadas na forma seguinte: OFF – Bits de saída RESET - Temporizadores N/Modificadas - Contadores, registos de deslocamento, Latches</p>	

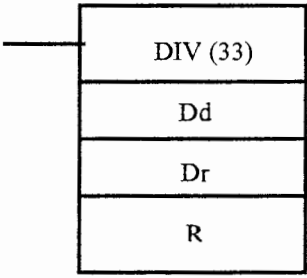
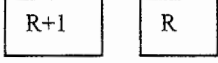
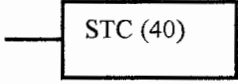
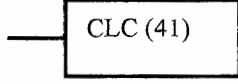
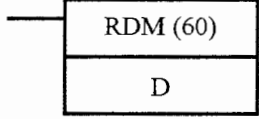
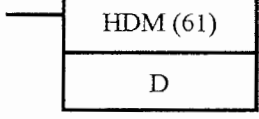
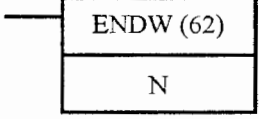
<p>JUMP JMP (04)</p>		<p>Salto para JME se o resultado da malha antes for OFF. Todas as saídas mantêm o estado anterior Não devem usar-se as seguintes instruções entre JMP e JME: - DIFU e DIFD - RDM - HDM</p>	<p>N: 00 a 99</p>
<p>JUMP END JME (05)</p>			
<p>STEP (08)</p>		<p>Indica o início de uma etapa de GRAFCET. - Uma etapa não deve conter as instruções: END, IL, ILC, JMP, JME, SBN - STEP sem operando indica o fim do GRAFCET</p>	<p>N: HR</p>
<p>SNXT(09)</p>			
<p>Shift Register SFT (10)</p>		<p>Realiza um registo de deslocamento começando no canal B e terminando no canal E. IN: Entrada de dados CP: Transição de deslocamento R: Reposição</p> 	<p>St/E: IR HR</p>

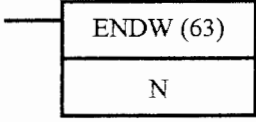
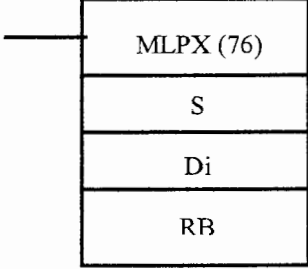
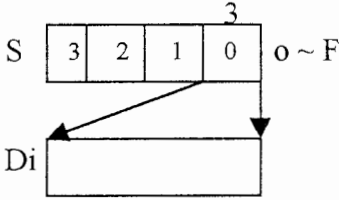
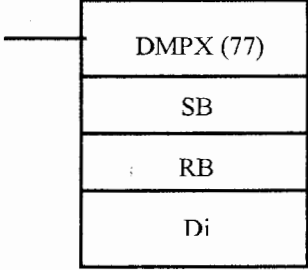
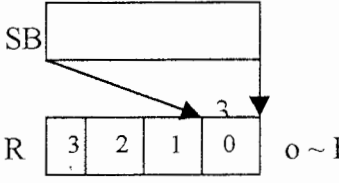
<p>Reversible Shift Register SFTR (84)</p>		<p>Realiza um registo de deslocamento com CARRY entre o canal B e E num sentido ou noutro de acordo com o conteúdo do canal de controlo. IN: Entrada de dados CP: Transição de deslocamento R: Reposição</p> 	<p>C/B/E IR HR DM</p>
<p>LATCHING RELAY FUN (11)</p>		<p>realiza um relé S – Set R- Reset</p>	<p>B: IR HR</p>
<p>Reversivel Counter CNTR (12)</p>		<p>Realiza um contador ascendente-descendente. II (increment input) DI (decrement input) R (reset)</p>	<p>N: TC SV: IR HR</p>

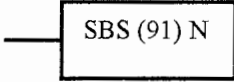
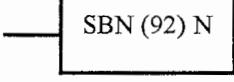
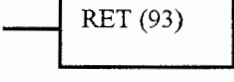
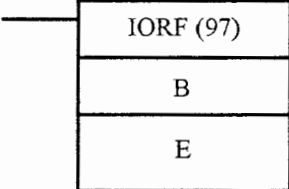
<p>Diferentiation Up (13) DIFU (13)</p>		<p>Coloca a saída ON durante um ciclo de scan, no seguimento de uma transição OFF → ON da entrada</p>	<p>B: IR HR</p>													
<p>Diferentiation Down (14) DIFD (14)</p>		<p>Coloca a saída ON durante um ciclo de scan, no seguimento de uma transição ON → OFF da entrada</p>	<p>B: IR HR</p>													
<p>High Speed Timer TIMH (15)</p>	 <table border="1" data-bbox="467 943 758 1059"> <tr> <td>TIMH (15)</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>-----</td> <td>SV</td> </tr> </table>	TIMH (15)	N	-----	SV	<p>Realiza um temporizador à acção (0.01 a 99.99 s)</p>	<p>N: TC</p>	<p>SV: IR HR</p>								
TIMH (15)	N															
-----	SV															
<p>Word Shift WSFT (16)</p>		<p>Desloca os dados entre os canais B e E, canal por canal. São introduzidos zeros no primeiro canal e perde-se o conteúdo do ultimo.</p> <table border="1" data-bbox="792 1381 1118 1634"> <tr> <td>E</td> <td>B+1</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>F 0 C 2</td> <td>3 4 5 2</td> <td>1 0 2 9</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">↓ ↓</p> <table border="1" data-bbox="792 1553 1118 1634"> <tr> <td>E</td> <td>B+1</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>3 4 5 2</td> <td>1 0 2 9</td> <td>0 0 0 0</td> </tr> </table>	E	B+1	B	F 0 C 2	3 4 5 2	1 0 2 9	E	B+1	B	3 4 5 2	1 0 2 9	0 0 0 0	<p>B/E: IR HR DM</p>	
E	B+1	B														
F 0 C 2	3 4 5 2	1 0 2 9														
E	B+1	B														
3 4 5 2	1 0 2 9	0 0 0 0														

<p>Compare CMP (20)</p>		<p>Compara dois conjuntos de 4 dígitos em BCD e coloca as flags GR, EQ e LE de acordo</p>	<p>C1/C2: IR HR TC DM</p>																	
<p>Move MOV (21)</p>		<p>Transfere o conteúdo do canal S, ou uma constante de 4 dígitos para o canal D</p>	<p>S: IR HR TC DM</p>	<p>D: IR HR DM</p>																
<p>Move Not MVN (22)</p>		<p>Inverte o conteúdo do canal S, ou uma constante de 4 dígitos e transfere para o canal D</p>	<p>S: IR HR TC DM</p>	<p>D: IR HR DM</p>																
<p>BCD-Binário BIN (23)</p>		<p>Converte os 4 dígitos BCD do canal S para Binário e transfere para R</p> <p style="text-align: center;"> $S \xrightarrow{\quad} R$ (BCD) (BIN) </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 10^0$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 10^1$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 10^2$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 10^3$</td></tr> </table> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 16$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 16^1$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 16^2$</td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">$\times 16^3$</td></tr> </table> </div>		$\times 10^0$		$\times 10^1$		$\times 10^2$		$\times 10^3$		$\times 16$		$\times 16^1$		$\times 16^2$		$\times 16^3$	<p>S: IR HR TC DM</p>	<p>D: IR HR DM</p>
	$\times 10^0$																			
	$\times 10^1$																			
	$\times 10^2$																			
	$\times 10^3$																			
	$\times 16$																			
	$\times 16^1$																			
	$\times 16^2$																			
	$\times 16^3$																			

<p>Binário -BCD BCD (24)</p>		<p>Converte o conteúdo Binário canal S para BCD e transfere para R</p> <p>S (BIN) → R (BCD)</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x16⁰</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x10⁰</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x16¹</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x10¹</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x16²</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x10²</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x16³</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 5px;">x10³</td> </tr> </table>		x16 ⁰		x10 ⁰		x16 ¹		x10 ¹		x16 ²		x10 ²		x16 ³		x10 ³	<p>S: IR HR TC DM</p>	<p>D: IR HR DM</p>
	x16 ⁰		x10 ⁰																	
	x16 ¹		x10 ¹																	
	x16 ²		x10 ²																	
	x16 ³		x10 ³																	
<p>Soma ADD (30)</p>		<p>Soma dois operandos de 4 dígitos em BCD e coloca o resultado no canal R</p> <p>Au+Ad + CY → R CY</p>	<p>Au/Ad: IR SR HR TC DM</p>	<p>R: IR HR DM</p>																
<p>Subtracção SUB (31)</p>		<p>Subtrai dois operandos de 4 dígitos em BCD e coloca o resultado no canal R</p> <p>Mi - Su - CY → R CY</p>	<p>Mi/Su: IR SR HR TC DM #</p>	<p>R: IR HR DM</p>																
<p>Multiplicação MUL (32)</p>		<p>Multiplica dois operandos de 4 dígitos em BCD e coloca o resultado no canal R e R+1</p> <p>Md x Mr → R+1 R</p>	<p>Mi/Su: IR SR HR TC DM #</p>	<p>R: IR HR DM</p>																

Divisão DIV (33)		Divide dois operandos de 4 dígitos em BCD e coloca o quociente no canal R e o resto no R+1 	Mi/Su: IR SR HR TC DM #	R: IR HR DM
Set Carry STC (40)		Coloca a flag (CY) de transporte a ON	-----	
Clear Carry CLC (41)		Coloca a flag (CY) de transporte a OFF	-----	
High Speed Reversible Drum Counter RDM (60)		Realiza um contador reversível UP-DOWN	D: IR HR DM	
High Speed Drum Counter HDM (61)		Realiza um contador ascendente de alta velocidade, para impulsos com frequência até 2 KHz	D: IR HR DM	
End Wait ENDW (62)		Força o tempo de ciclo ao valor especificado	N: IR HR TC # DM	

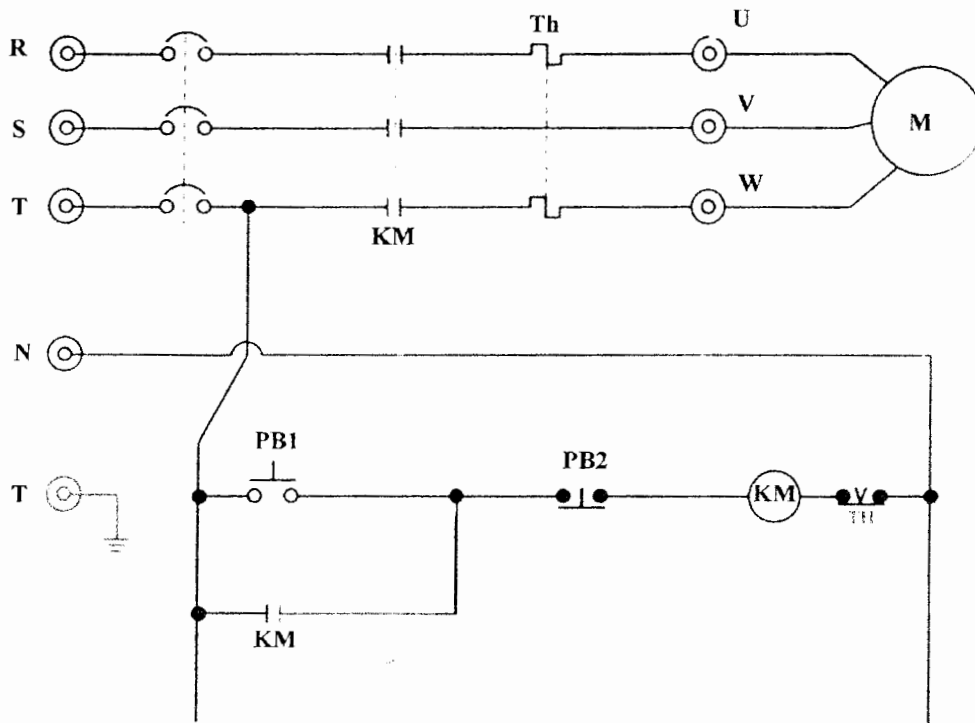
<p>Network Identifier NETW (63)</p>		<p>Usado como identificador no programa. Não tem qualquer efeito</p>	<p>-----</p>	
<p>Decodificador 4-16 MLPX (76)</p>		<p>Descodifica até 4 conjuntos de 4 bits (valor em hexa) do canal S, para um valor decimal entre 0 e 15 e coloca ON o(s) bit(s) correspondente a esse valor no canal RB (e seguinte).</p> <p>S: Canal de origem Di: Designador de dígitos RB: Canal inicial de destino</p> 	<p>S: IR SR HR TC DM</p>	<p>DI/RB: IR HR TC DM #</p>
<p>Codificador 16-4 DMPX (77)</p>		<p>Determina a posição do bit mais significativo a ON no canal S, codifica-a em hexa e coloca a esse valor o dígito especificado do canal RB. Podem ser codificados até 4 canais consecutivos.</p> <p>S: Canal de origem Di: Designador de dígitos Rb: Canal inicial de destino</p> 	<p>S: IR SR HR TC DM</p>	<p>DI/RB: IR HR TC DM #</p>

<p>Subroutine Call SBS (91)</p>		<p>Chama a subrotina N para execução</p>	<p>N: 00 a 15</p>
<p>Subroutine SBN (92)</p>		<p>Inicia a subrotina N.</p>	<p>N: 00 a 15</p>
<p>Return RET (93)</p>		<p>Indica o fim da subrotina.</p>	<p>-----</p>
<p>I/O REFRESH IORF (97)</p>		<p>Refresca os canais de E/S entre B e E</p>	<p>B/E: 00 a 99</p>

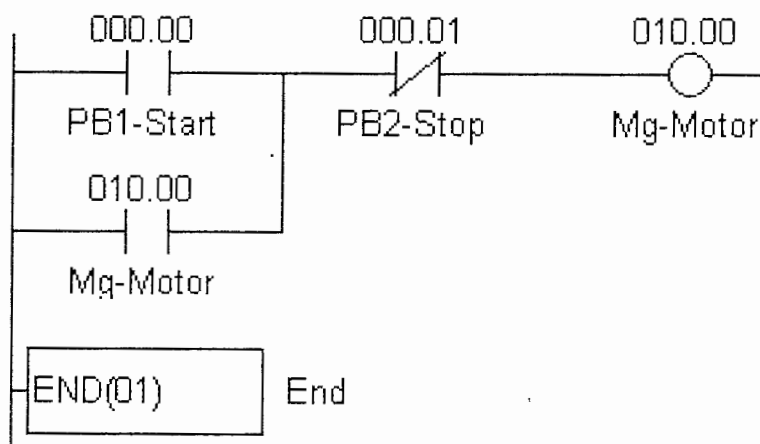
2.3. – LIGAÇÕES DAS ENTRADAS E SAÍDAS

Exemplo 1: PARAGEM E ARRANQUE DE UM MOTOR ASSÍNCRONO TRIFÁSICO

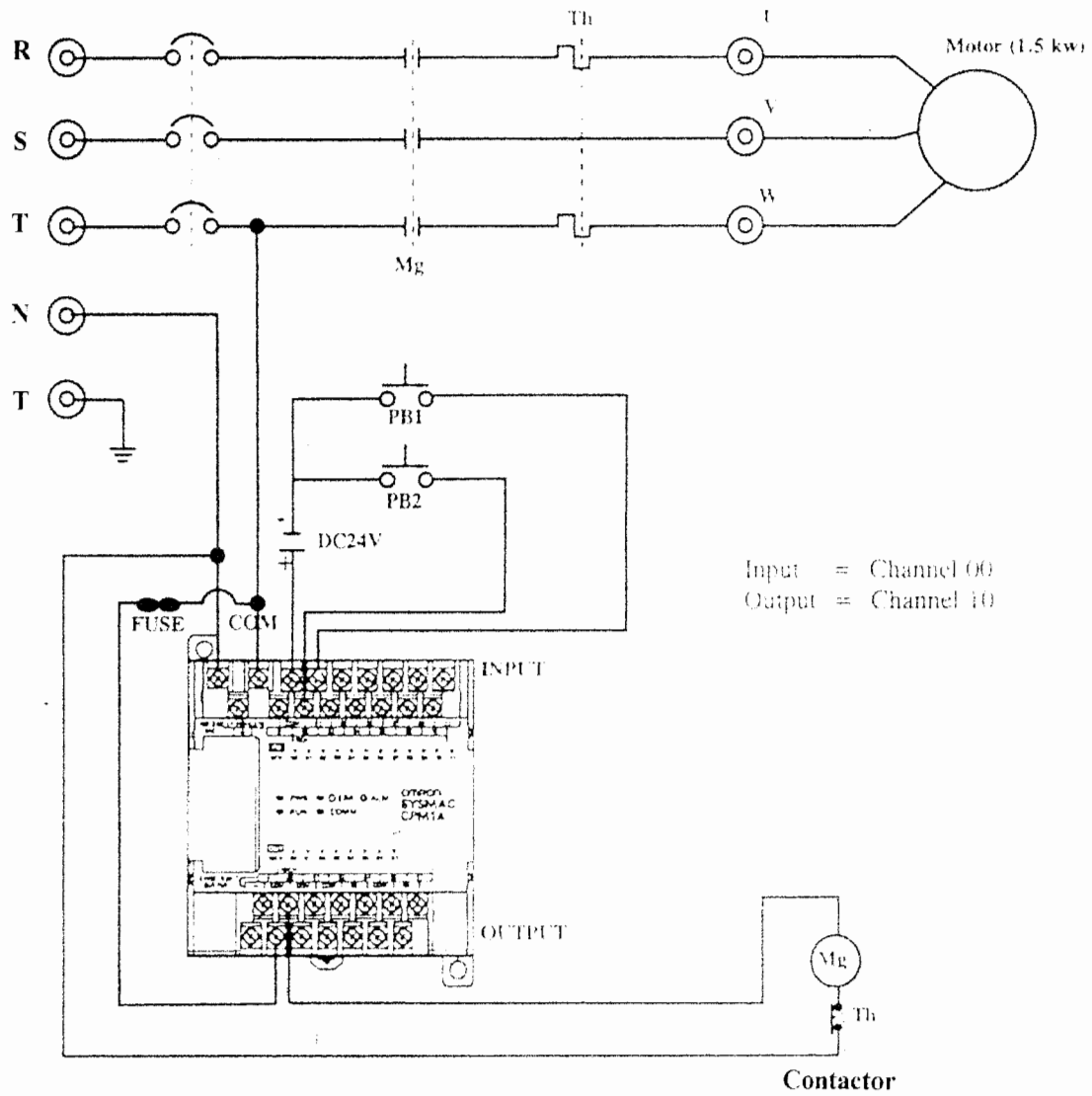
i) Esquema de potência/comando



ii) LADDER



iii) Ligação ao PLC

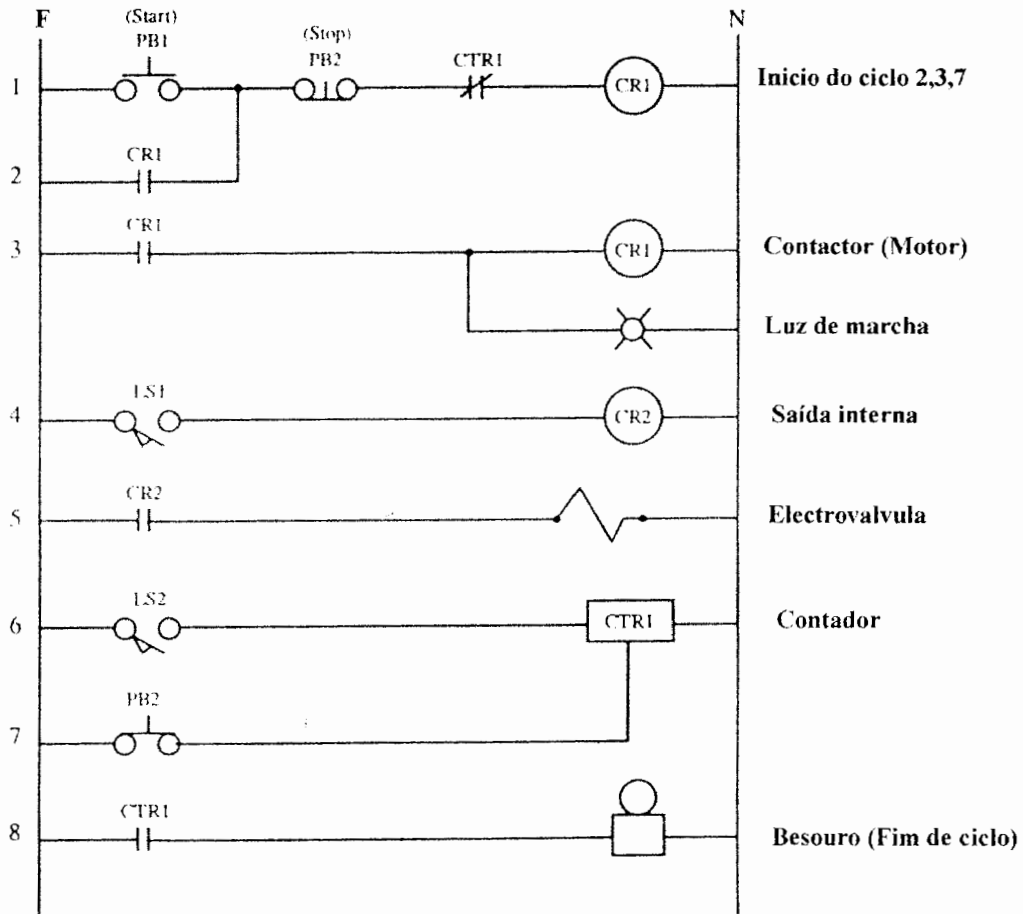


Exemplo 2: CIRCUITO DE COMANDO GENÉRICO

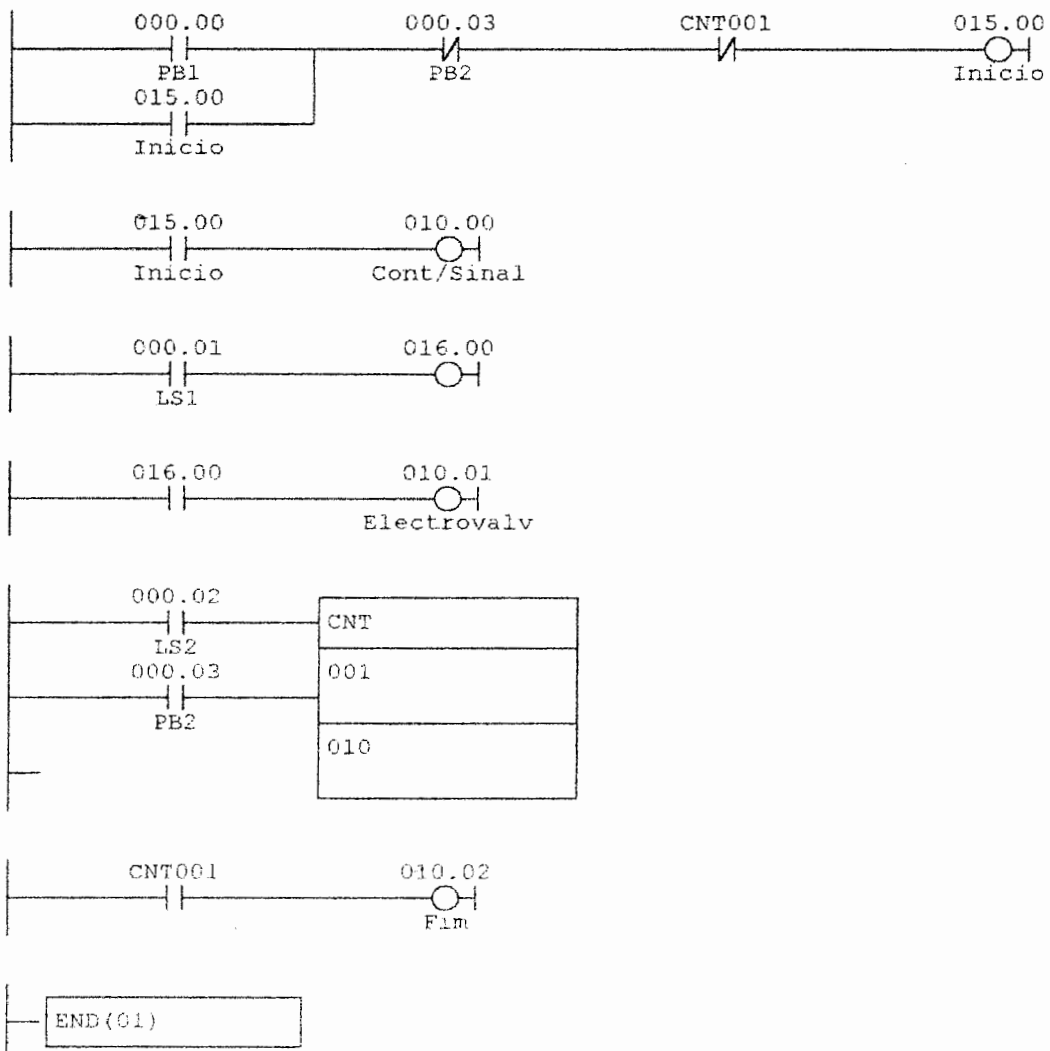
i) Esquema de comando

Entradas: PB1 (NA), LS1 (Fim de curso), LS2 (Fim de curso) e PB2 (NF)

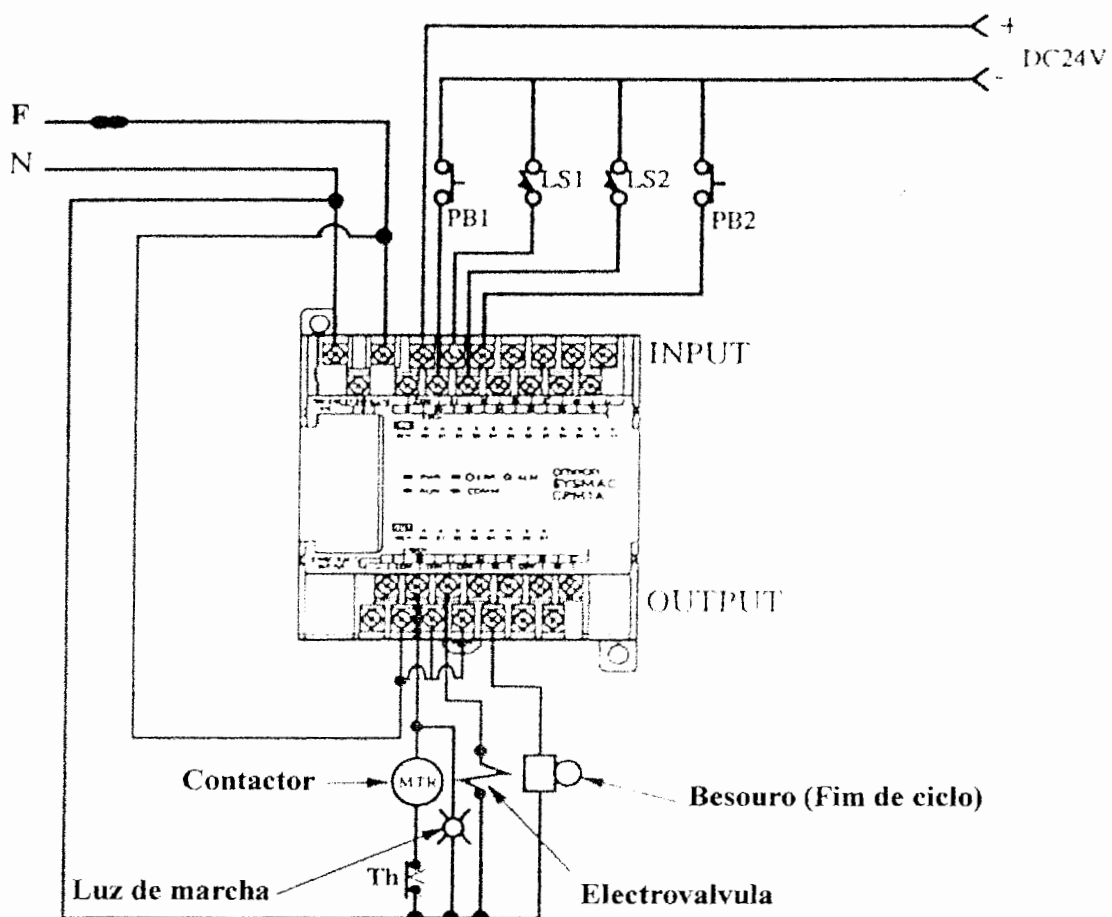
Saídas: CR1 (Motor) e Sinalizador; electroválvula (cilindro pneumático) e Besouro (fim de ciclo).



ii) LADDER



iii) Ligação ao PLC

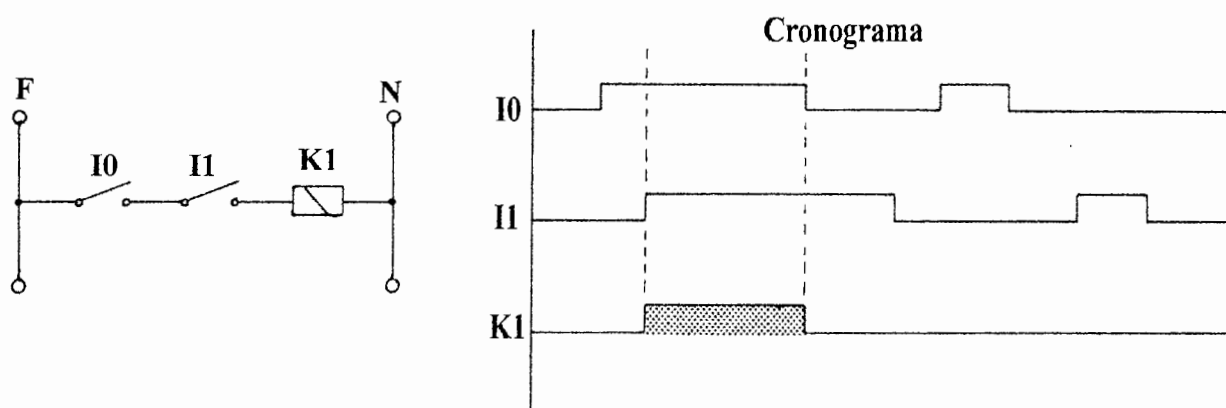


TEMA : OPERANDOS LÓGICOS ELEMENTARES

Operadores LOAD, AND, OR, NOT e OUT

Exercício 1

Pretende-se que a saída k1 (relé) ligada à saída 010.00 actue, quando se pressiona os interruptores I0 e I1 ligados respectivamente às entradas 000.01 e 000.02.



1.1 Preencha a tabela de endereçamentos.

Tabela de endereçamentos	
Entradas/saídas	Endereços
Interruptor I0	000.00
" I1	000.01
Saída K1	000.00

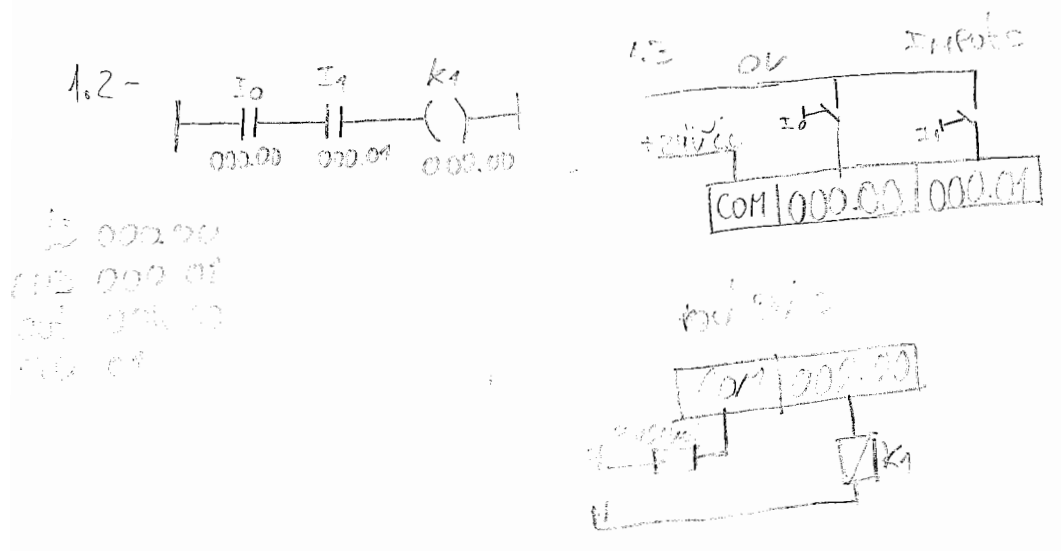
1.2 Estabeleça o diagrama de contactos e respectiva lista de instruções.

Lista de instruções		
N.º de linha	Instrução	Operando
00	L0	000.00
01	A12	000.01
02	OUT	000.00
03	END	00

1.3 Desenhe o esquema de ligações das entradas saídas.

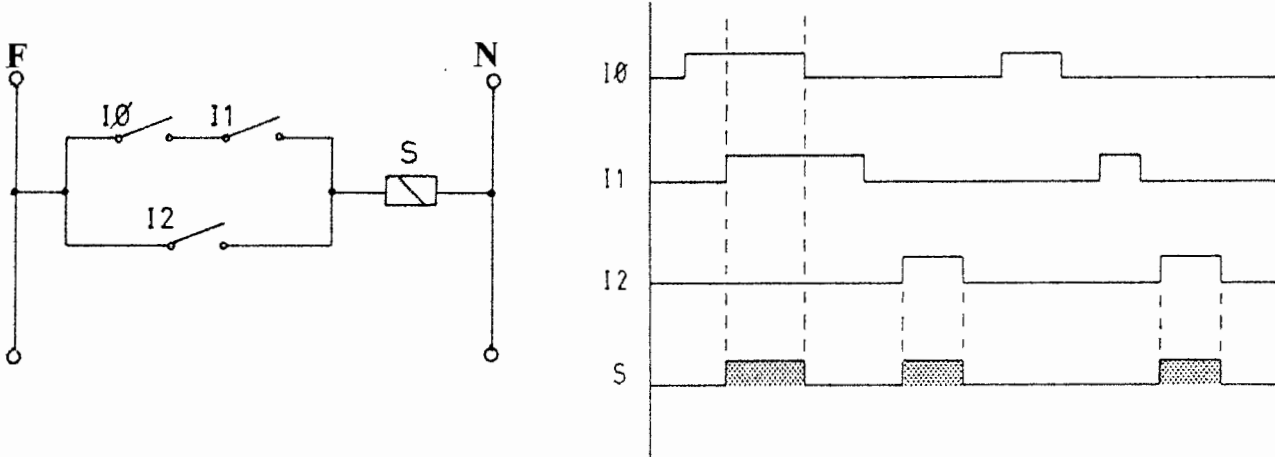
1.4 Edite o programa e teste-o.

⊗ Obs: A memória encontra-se organizada em canais e cada um é um registo de 16 bits. Os dígitos da esquerda especificam o canal e os da direita o ponto dentro do canal. Por exemplo 001.04 especifica o quinto ponto do segundo canal

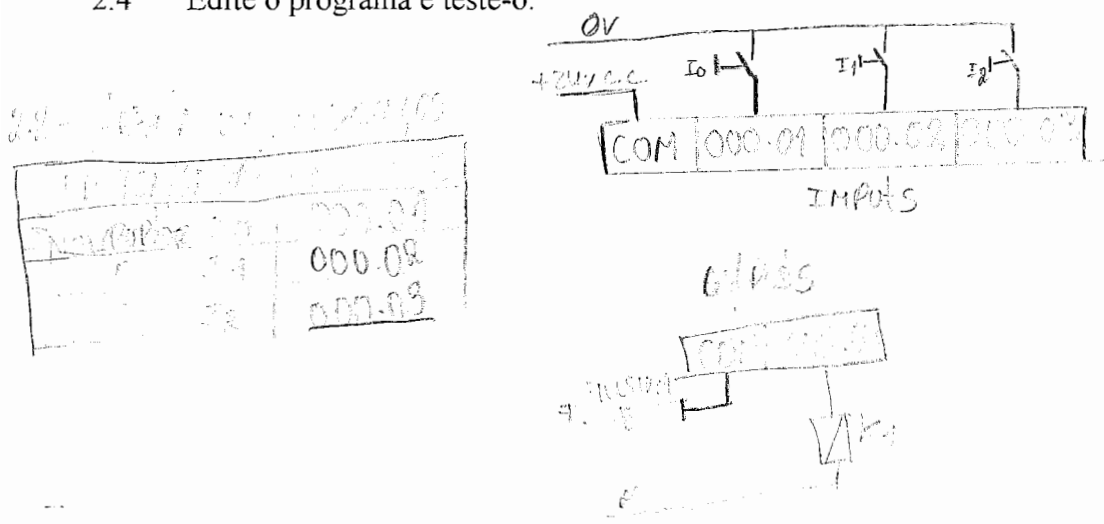


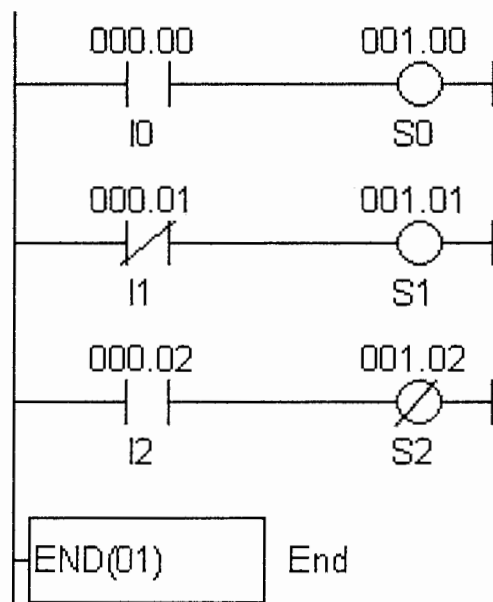
Exercício 2:

Pretende-se que a saída **S** ligada à saída **010.00** actue, quando se pressiona os interruptores **I0** e **I1** ou **I2** ligados respectivamente às entradas **000.01**, **000.02** e **000.03**.



- 2.1 Apague o programa anterior (consulte a lista de procedimentos da consola).
- 2.2 Preencha a tabela de endereçamentos e desenhe o esquema de ligações das entradas saídas.
- 2.3 Estabeleça o diagrama de contactos e respectiva lista de instruções.
- 2.4 Edite o programa e teste-o.



Exercício 3:

- 3.1 Escreva e teste o programa correspondente ao esquema.
- 3.2 Desenhe o esquema de ligações das entradas saídas.

☒ Obs:

- À direita de uma saída não se pode programar nenhum contacto.
- Uma saída não pode ser ligada directamente à barra de início. A solução passa por inserir uma **flag sempre a ON**. Consulte a lista de **special relais (SR)**

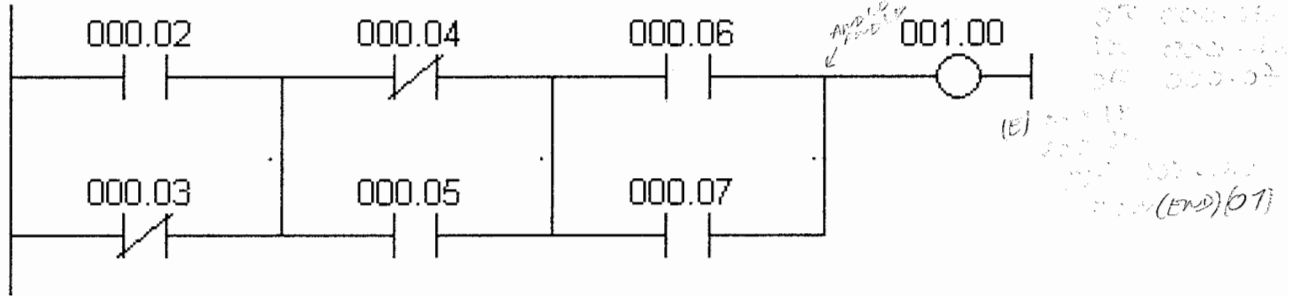


- O fluxo de sinal vai da esquerda para a direita e de cima para baixo
- É aconselhável não programar uma saída, como saída, mais do que uma vez
- Pode-se utilizar livremente o contacto de uma saída como uma entrada auxiliar.

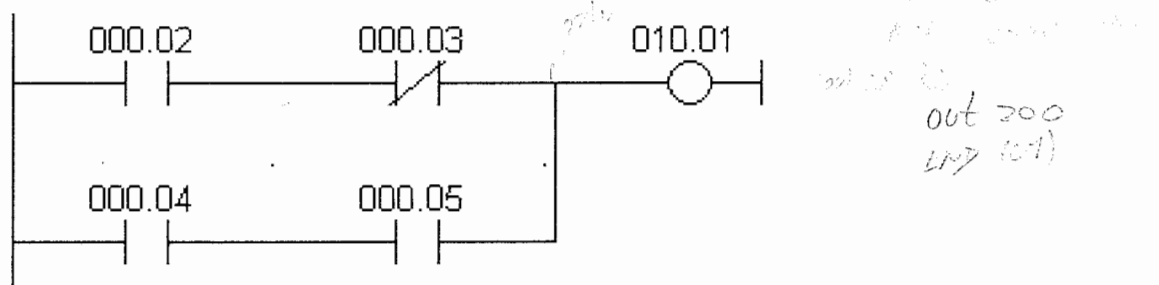
Operadores AND-LD, OR-LD

Exercício 4:

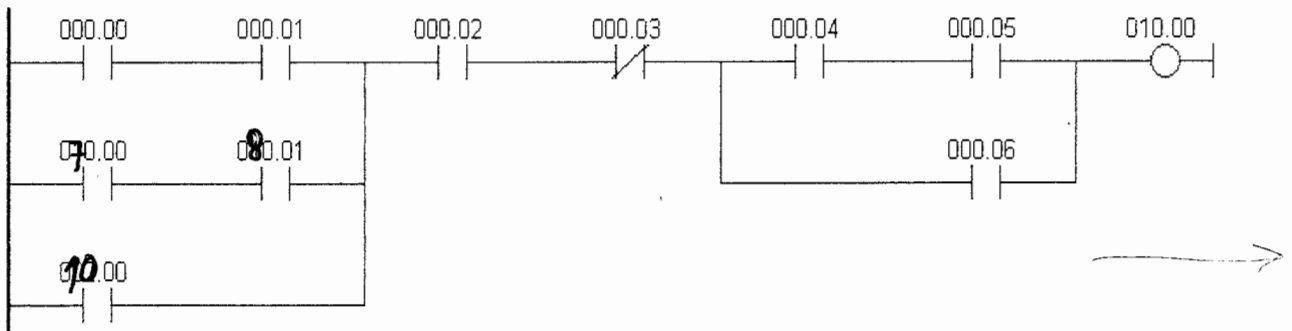
4.1 Escreva e teste o programa correspondente ao esquema.



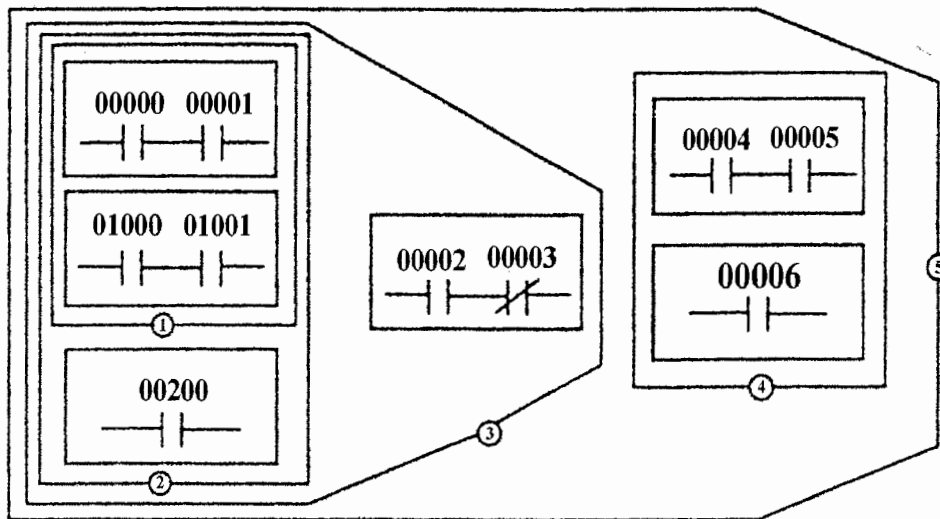
4.2 Escreva e teste o programa correspondente ao esquema



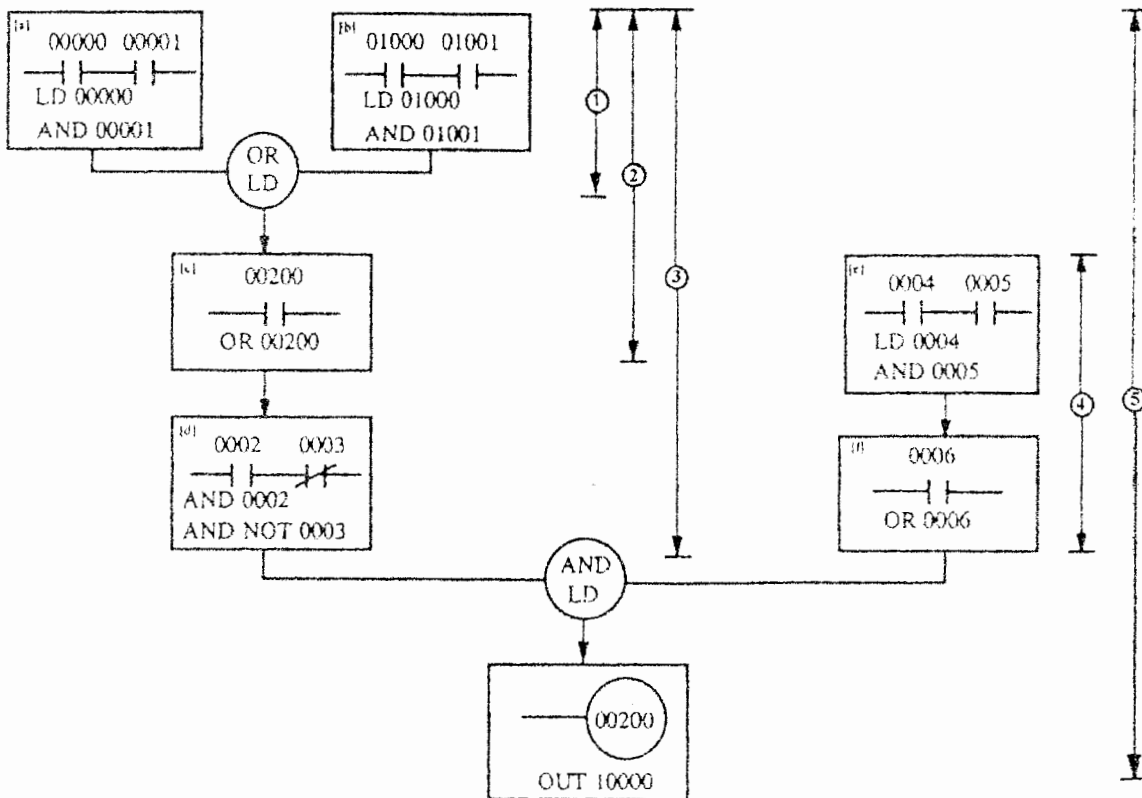
4.3 Escreva e teste o programa correspondente ao esquema



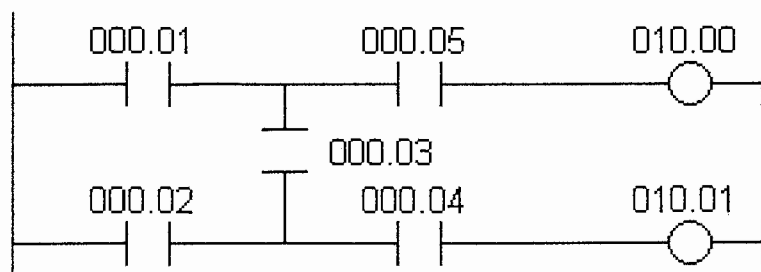
Sugestão: comece por dividir o circuito em pequenos blocos



Programa cada bloco de cima para baixo e depois da esquerda para a direita

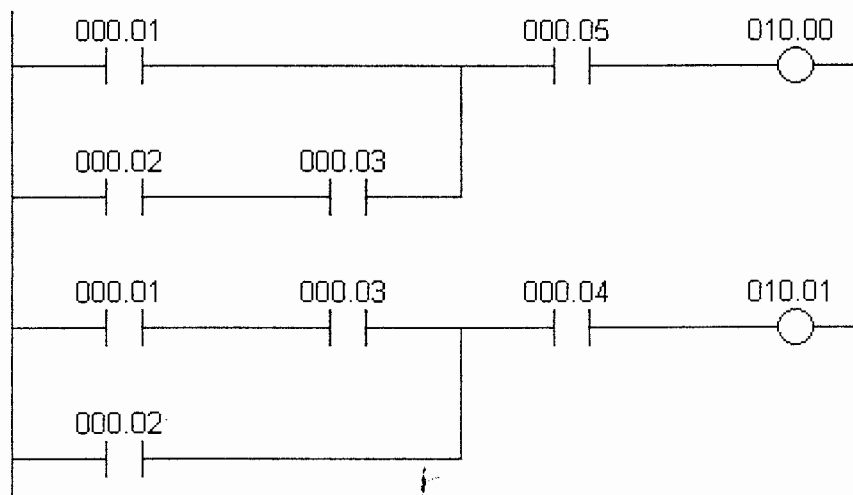


B)

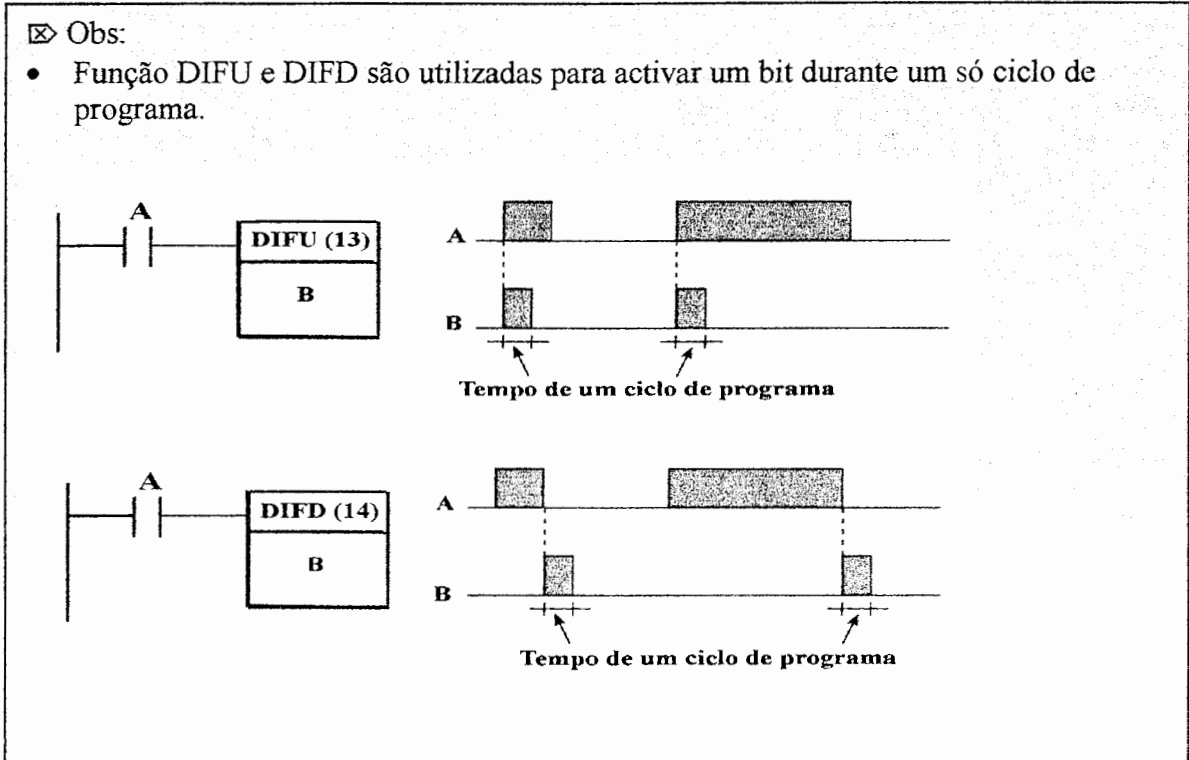


☹ **Impossível de programar !!!**

Solução:



Geração e memorização de impulsos



Exercício 5:

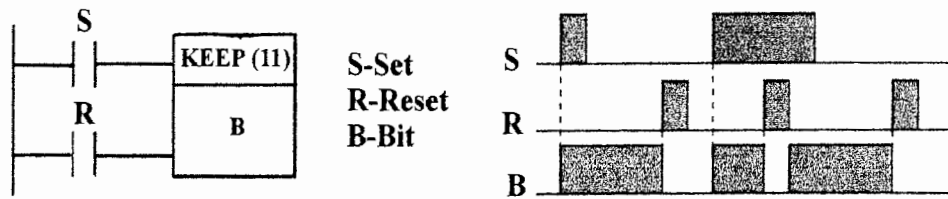
Estabelecer um automatismo que cumpra a seguinte função:

- sempre que se actua no botão de pressão **P** a lâmpada **L** acende se estiver apagada, ou apaga se estiver acesa.

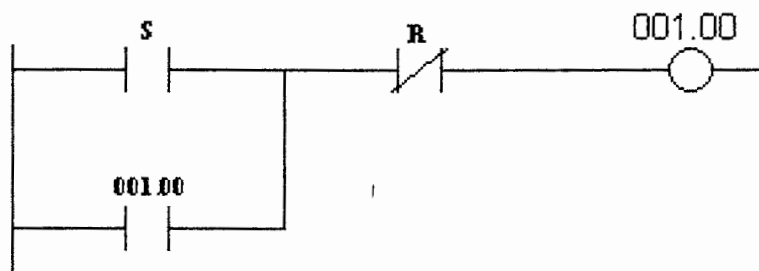
Tabela de endereçamentos	
Entradas/saídas	Endereços
Entrada P	0000
Saída L	0100

☒ Obs:

- Função KEEP funciona como um relé biestável que é activado com S e desactivado com R



Este circuito de retenção pode-se escrever conforme a figura a seguir representada:



Exercício 6:

Pretende-se comandar o arranque e a paragem de um motor assíncrono trifásico, através de dois interruptores de posição S1 (arranque) e S0 (paragem). A acção sobre o interruptor S1, leva ao arranque do motor, mantendo-se nessa situação até uma ordem de paragem por acção no interruptor S0.

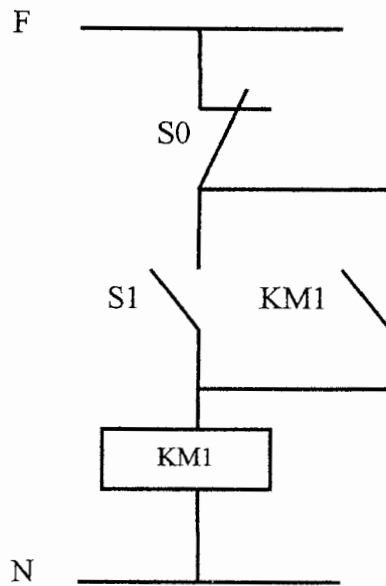
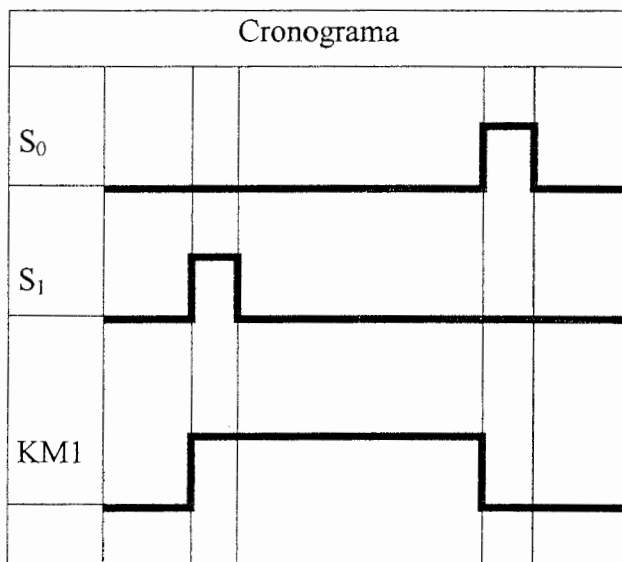


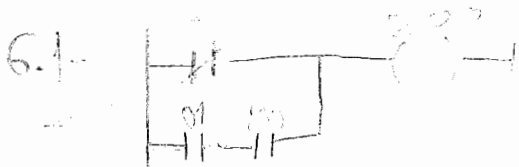
Tabela de endereçamentos	
Entradas/Saídas	Endereços
Botão de pressão S ₀	000.00
Botão de pressão S ₁	000.01
Contactador KM1	010.02



6.1 Estabeleça o diagrama de contactos e respectiva lista de instruções.

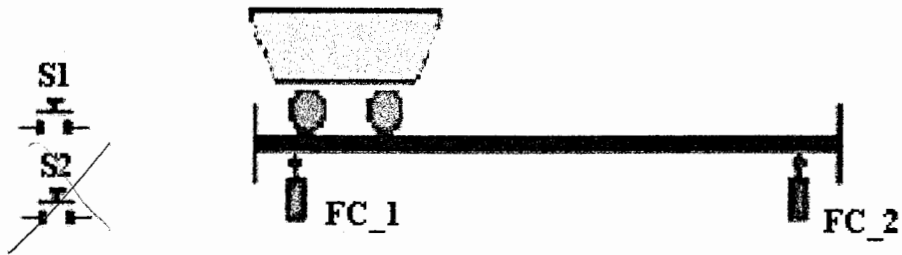
6.2 Desenhe o esquema de ligações das entradas saídas.

6.3 Edite o programa e teste-o



Lyndal 00
by 01
00 00
01 01
02 02

Exercício 7



O carrinho da figura destina-se ao transporte de objectos. Em situação de repouso o carrinho encontra-se no limite esquerdo do seu percurso (situação da figura).

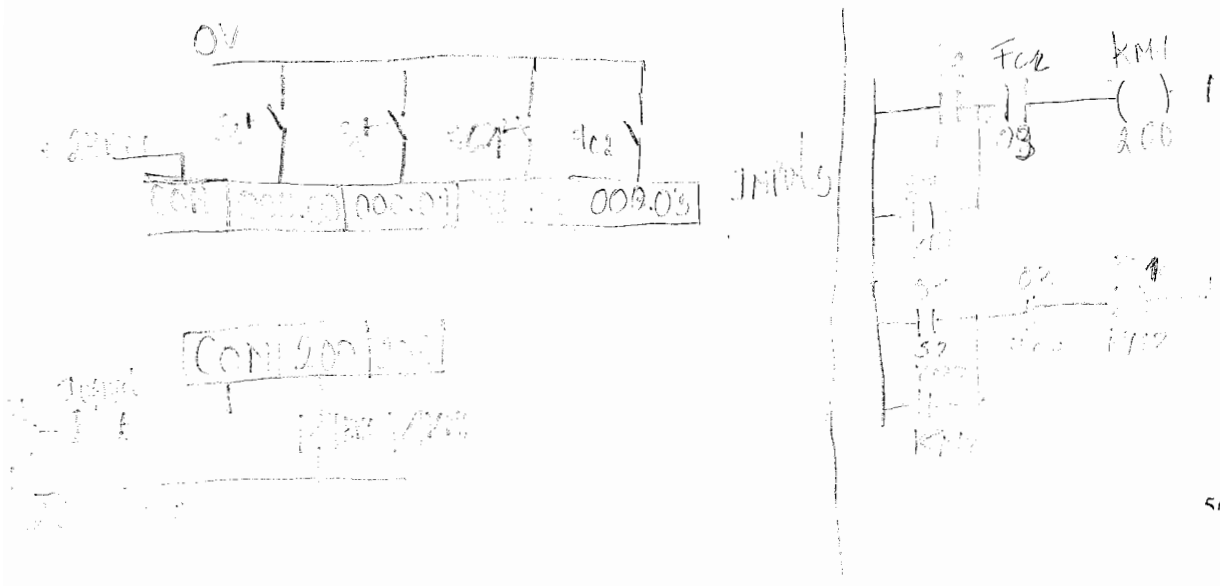
O sistema é posto em funcionamento quando se pressiona S1 (direita).

~~Quando se actua no botão S2 o sistema completa o ciclo e pára na posição inicial.~~

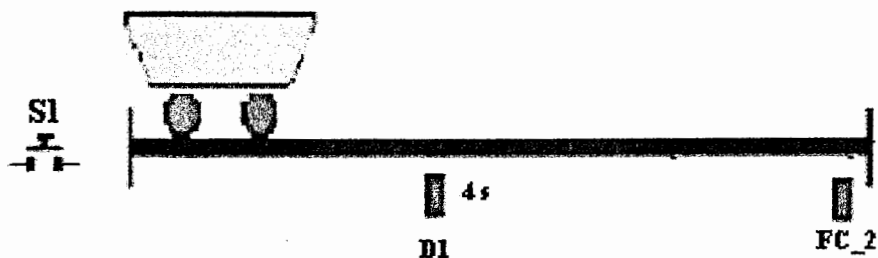
FC_1

Tabela de endereçamentos	
Entradas/saídas	Endereços
Botão de pressão (arranque) - S1	0000
Botão de pressão (paragem) - S2	0001
Fim de curso 1 (Esq.) – FC_1	0002
Fim de curso 1 (Dir.) – FC_2	0003
Pré-actuador de marcha à direita – KM1	1002
Pré-actuador de marcha à esquerda – KM2	1003

Estabeleça o diagrama de contactos e respectiva lista de instruções.



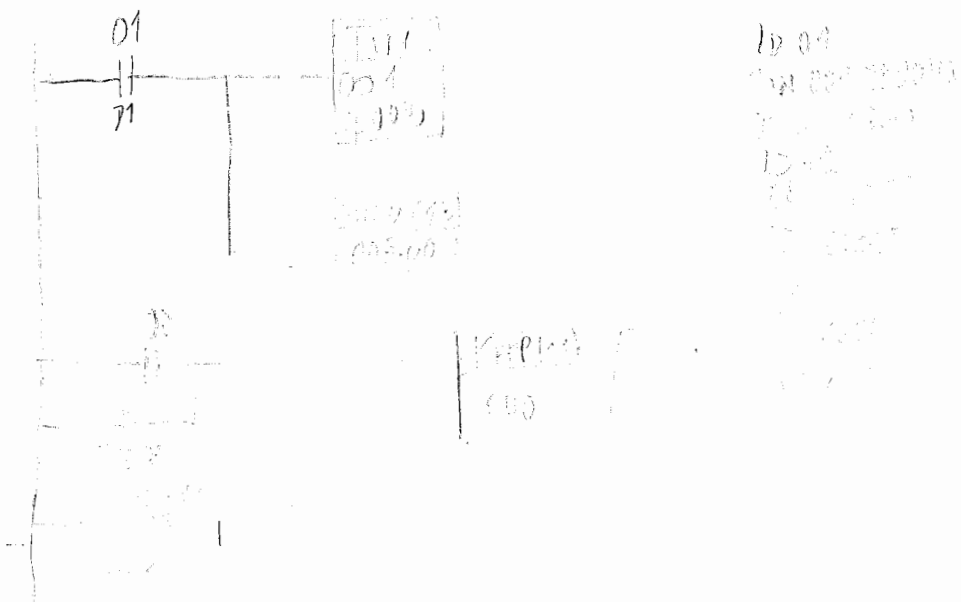
Exercício 8:



Um carro deve iniciar a sua marcha por actuação de S1. Ao chegar à posição D1 o movimento deve ser interrompido durante 4 s, após o que continua a marcha até à posição final FC_2.

Tabela de endereçamentos	
Entradas/saídas	Endereços
Botão de pressão S1	0000
Detector de posição intermédia D1	0001
Fim de curso (Dir.) – FC_2	0002
Pré-actuador do motor do carro	1002

Estabeleça o diagrama de contactos e respectiva lista de instruções.

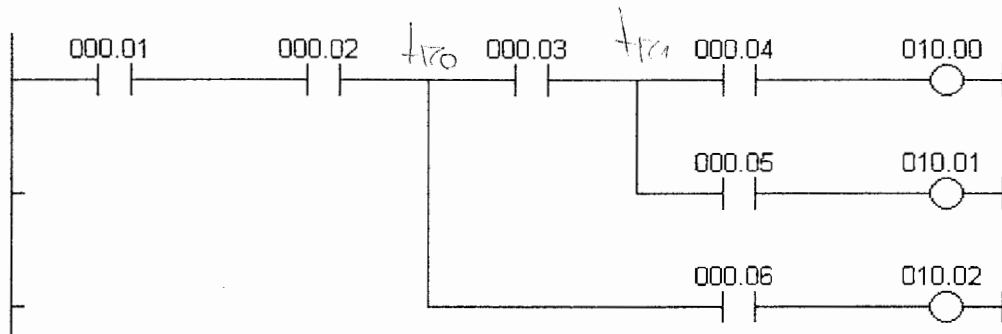


Relés temporários

- ⊗ Obs:
- Existem oito relés temporais de memória: de TR0 a TR7.
 - Utilizam-se em circuitos com duas ou mais bobinas no circuito de saída
 - O mesmo relé só se pode utilizar uma única vez no mesmo bloco ou nos blocos seguintes

Exercício 9:

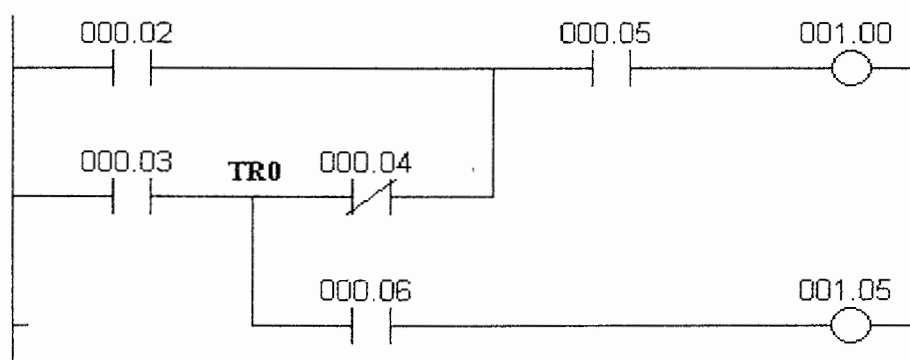
Escreva e teste o programa correspondente ao esquema.

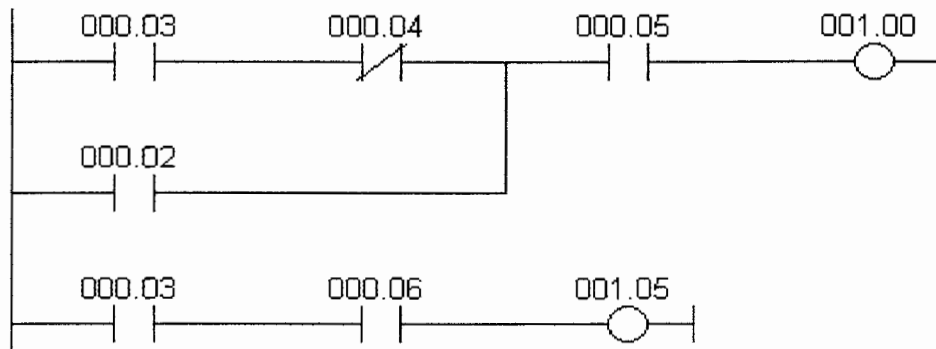


*Ld 01
 AND 02
 AND 03
 out 200
 Ld 04
 AND 05
 out 201
 Ld TR0
 AND 06
 out 202
 AND 07*

CASO ESPECIAL

Circuito com derivação igual ao da figura:



**Solução:**Relés de retenção

☒ Obs:

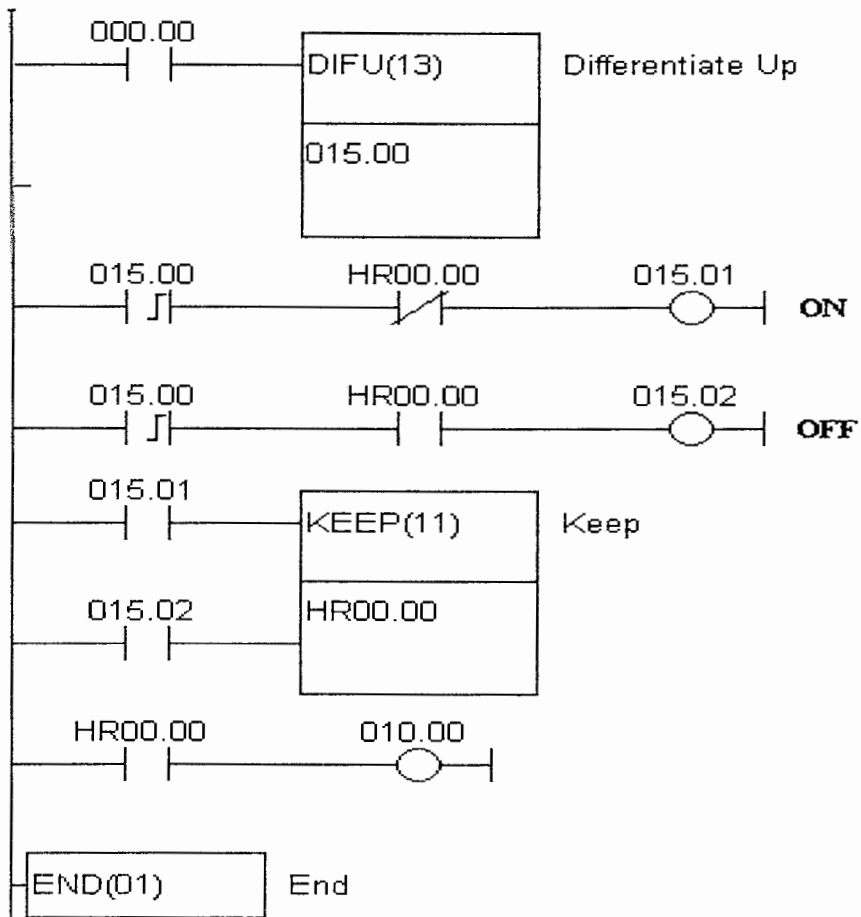
- Estes relés retêm o seu estado durante uma falha de alimentação.
- Existem 160 relés de retenção distribuídos por 10 canais (de HR 000 a HR 915) com 16 relés cada um

Exercício 10:

Este exemplo tem como objectivo activar uma saída de controlo quando se activa uma entrada, e desactiva a saída quando a mesma entrada se volta a activar pela segunda vez.

Quando se produz uma falha de alimentação, a saída de controlo manterá o estado.

Escreva e teste o programa correspondente ao esquema.

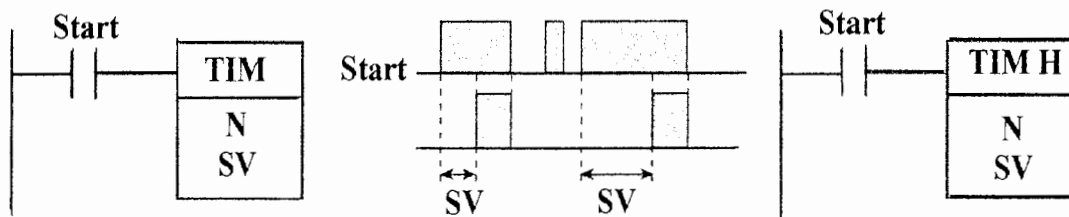


LD 00
 DIFU 015.00
 LD 015.00
 AND NOT HR00.00
 OUT 1501
 LD 015.00
 AND HR00.00
 OUT 1502
 LD 1501
 LD 1502
 KEEP HR00.00
 LD HR 00.00
 OR 010.00
 END

Temporizadores

☒ Obs:

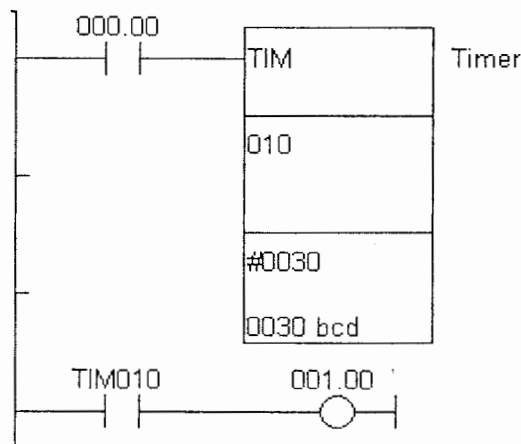
- A instrução **TIM** (Temporizador) utiliza-se para gerar uma temporização à operação entre um contacto (ou condição lógica) de arranque (**Start**) e um contacto auxiliar.
- O atraso (**set value SV**) pode variar entre **0 e 999.9 s** e é programável em unidades de **0.1 s** no caso do **TIM** e **0.001 s** no caso do **TIM H**
- Quando **Start** fica a **ON**, o valor actual do **TIM** (**PV**, inicialmente posto a **SV**) começa a decrementar-se
- Quando **PV = 0**, o contacto **TIM** fica a **ON** e liga a saída
- Quando **Start** passa a **OFF**, o contacto **TIM** fica a **OFF**, **PV = SV** e o temporizador é inicializado e pronto a ser usado de novo.
- Não se podem programar **TIM** e **CNT** com o mesmo endereço (número)



Exercício 10

Escreva e teste os seguintes programas:

1. Temporização à operação

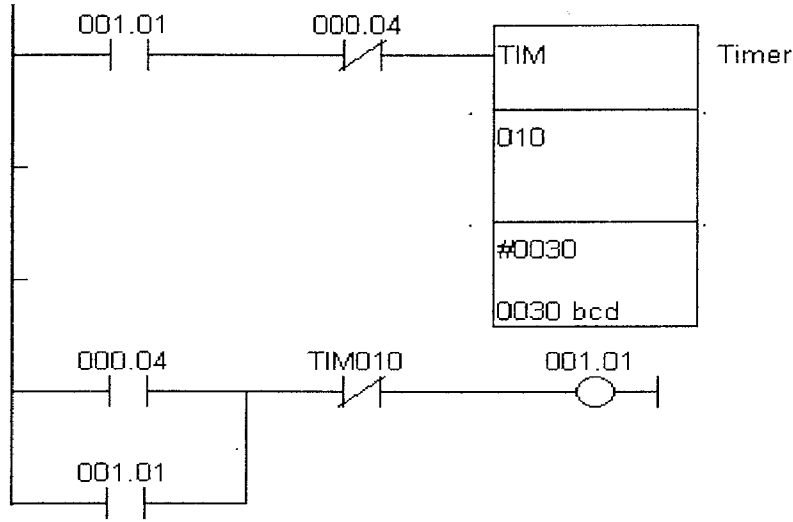


LD 00
 → TIM 010 30
 LD TIM 10
 OUT 000
 END 01

☒ Obs:

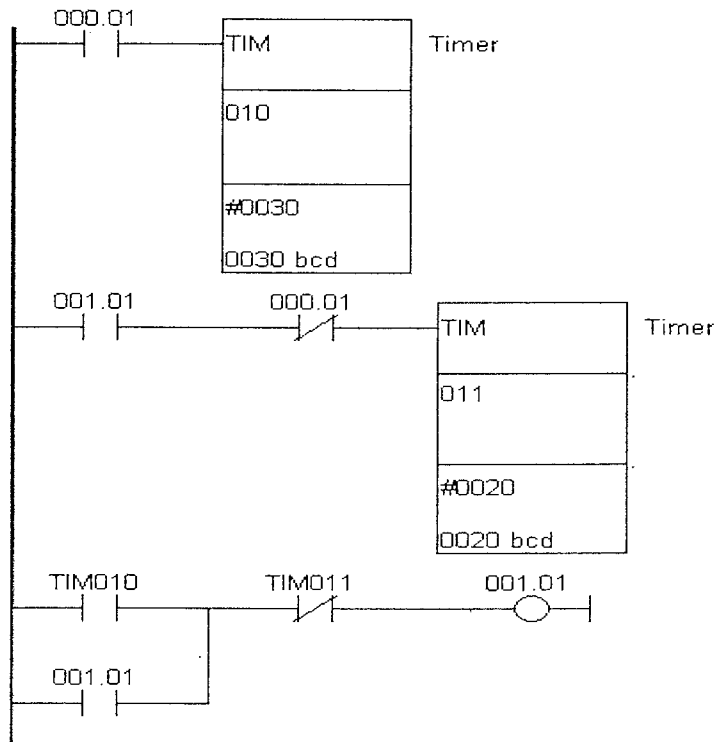
- 10 #30 significa: o número do contador 10 e o tempo de contagem 3 s

2. Temporização à desoperação



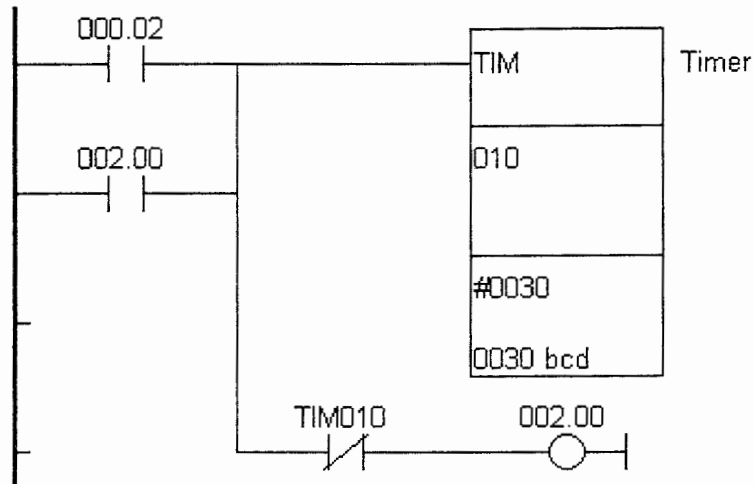
*LD 001
AND NOT 00
TIM 10 #30
LD 01
OR 201
AND NOT TIM010
OUT 001
END*

3. Temporização à operação/desoperação



*LD 01
TIM 10 #30
LD 201
AND NOT 01
TIM 10 #30
LD TIM010
OR 001
AND NOT 001
OUT 001
END*

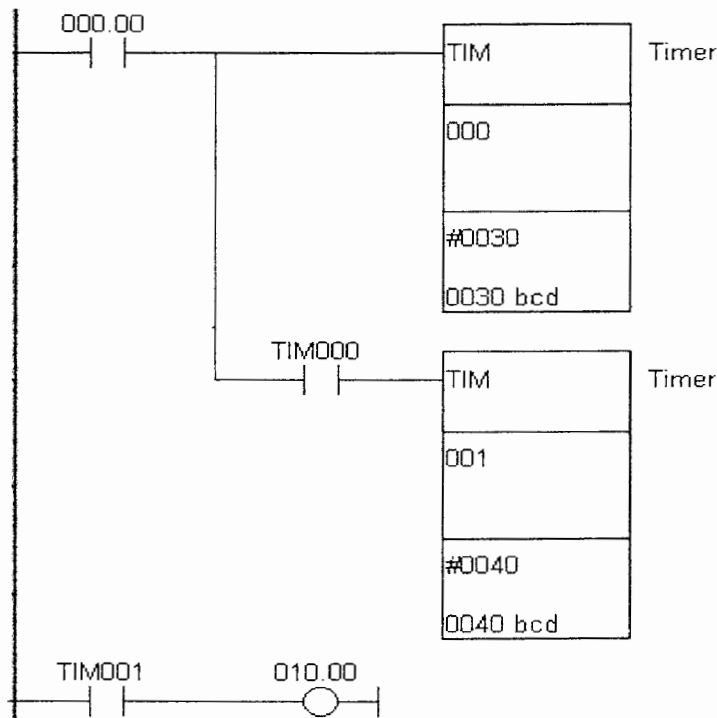
4. Temporização de impulso



LD 02
 OR 200
 TIM 10T30
 AND NOT TIM 10
 END 04
 OUT 200
 ENDO4

5. Cascata de temporizadores

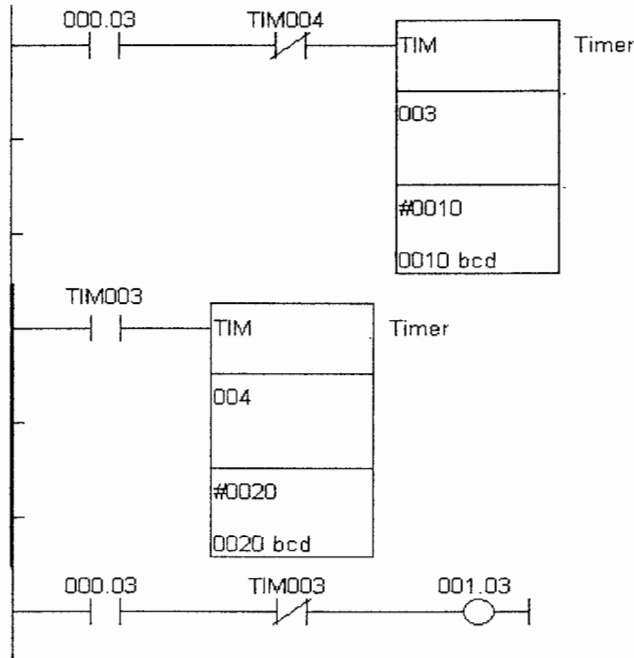
A saída 010.00 é comandada pela entrada 000.00 com um atraso à operação de 7 s.



LD 00
 TIM 00T30
 AND TIM 00
 TIM 01T40
 LD TIM 01
 OUT 200
 ENDO4

6. Intermitente

A saída 010.03 deverá ficar intermitente sempre que a entrada 000.03 estiver activada. O ciclo de intermitência será de 3s o tempo ON será de 1s e o tempo OFF será de 2 s.



*LD 03
 AND NOT TIM04
 TIM 03 #40
 LD TIM03
 TIM 04 #20
 LD 03
 AND NOT TIM03
 OUT 200
 END 01*

7. Intermitente interno

A saída 010.02 deverá ficar intermitente sempre que a entrada 000.02 estiver activada. O ciclo de intermitência será de 1s o tempo ON será de 0.5s e o tempo OFF será de 0.5 s.

⊗ Obs:

- SR Area CPM1A: 255.02
- SR Area C...K: 1902

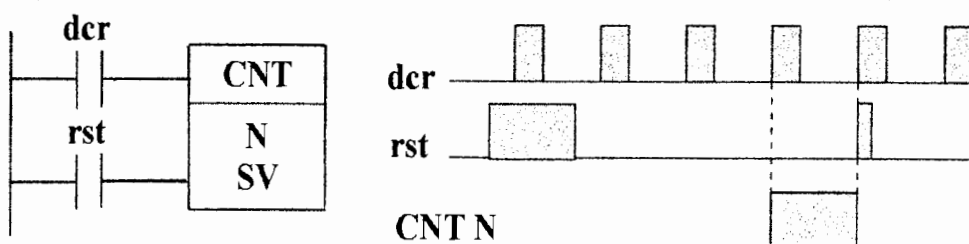
*LD 02
 AND 255.02
 OUT 0.50
 END 01*

Contadores

⊗ Obs:

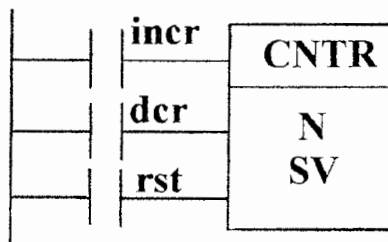
- A instrução **CNT** realiza um contador decrescente com pré-selecção.
- O valor de pré-selecção (**set value SV**) pode variar entre **0...9999**
- Os contadores **CNT (a)** dispõem de duas entradas, respectivamente entrada de impulsos para decretação **dcr** e de reset **rst**. Se o contador for reversível **CNTR (b)** dispõe de outra entrada de impulsos para incrementação **inc**.
- Tal como os temporizadores, são também decrementais, isto é, por cada impulso **OFF-ON** no bit **dcr** o valor **SV** é decrementado de uma unidade desde o valor pré-seleccionado até zero, fechando o contacto associado ao contador (**CNT flag**) **ON**. Um impulso na entrada de reset (**rst**) coloca o valor **SV** no valor inicial.

a)



- Se o contador for reversível **CNTR (b)** dispõe de outra entrada de impulsos para incrementação **inc**.

b)



- Não se pode programar um **TIM** e um **CNT / CNTR** com o mesmo endereço

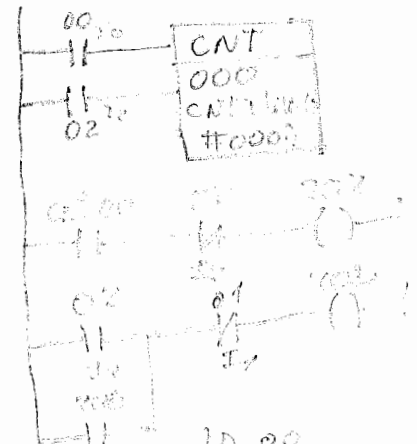
Exercício 11

Escreva e teste os seguintes programas:

1. Contador CNT

Numa linha de montagem um sensor indutivo detecta a passagem de peças num tapete rolante. Ao fim de 5 peças deve fazer-se avanço de um extractor que retira as peças do tapete. O sensor que detecta o avanço deve fazer recuar o extractor e iniciar nova contagem.

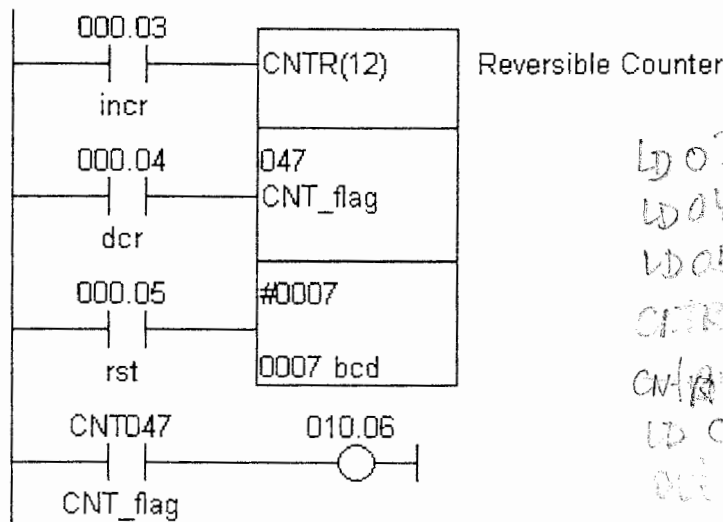
Tabela de endereçamentos		
Entradas/saídas		Endereços
Sensor indutivo	I0	000.00
Sensor de recuo	I1	000.01
Sensor avanço	I2	000.02
Avanço do extractor	C+	010.04
Recuo do extractor	C-	010.05



```

LD 00
LD 01
CNT 000 #0005
LD CNT 00
ANDNOT 01
OUT 004
LD 01
ANDNOT 02
ANDNOT 01
OUT 005
END
    
```

2. Contador CNTR

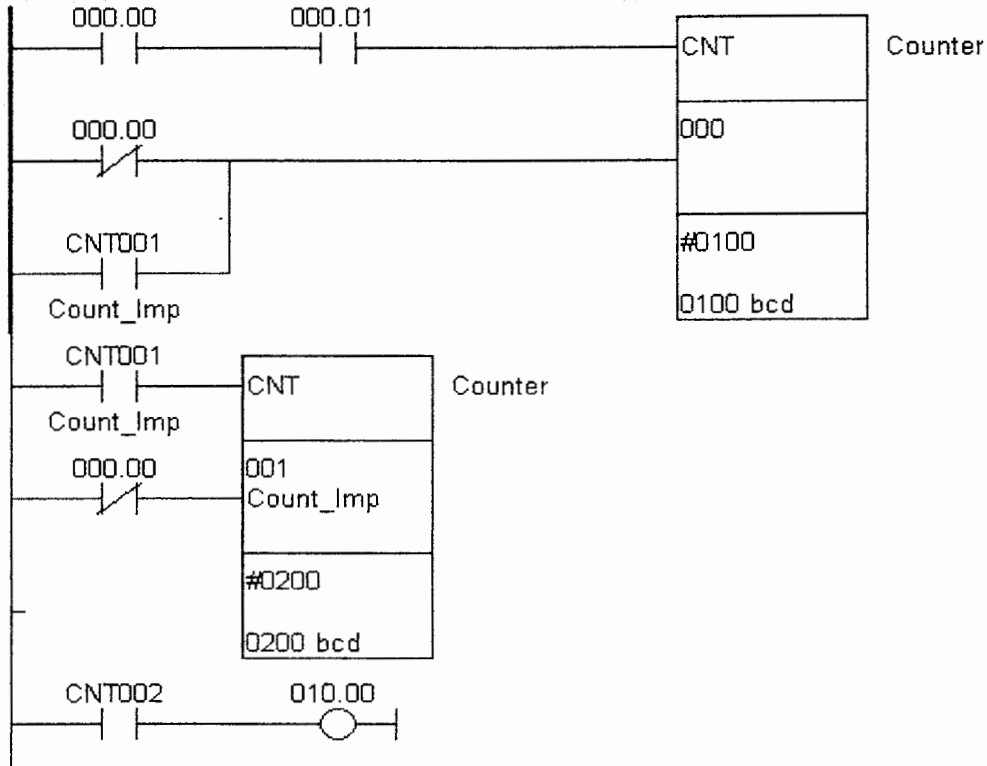


```

LD 03
LD 04
LD 05
CNTR 012 #07
CNT047
LD CNT047
OUT 006
END
    
```

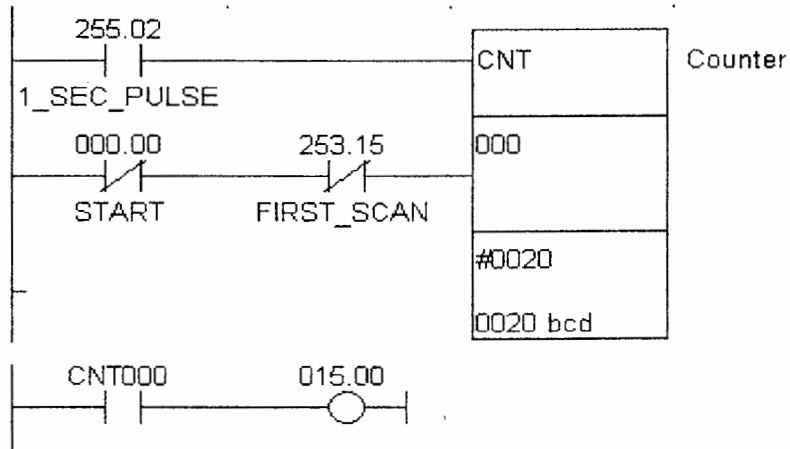
⊗ Obs:
Contador ampliado

- Contagem até 20.000 (9999 + 9999)



Temporizador retentivo

- Retém **PV (Preset value)** quando falta a alimentação usando um contador e o intermitente interno de 1s. A entrada de activação do temporizador é aqui a entrada de Reset do **CNT**

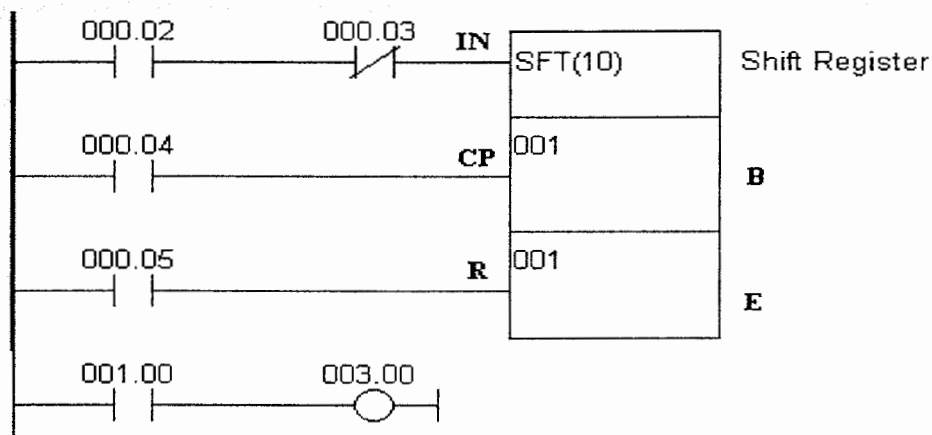


Registo de deslocamento

☒ Obs:

- A instrução SFT realiza a função de registo de deslocamento em série. O deslocamento afecta os bits no sentido do menos significativo para o mais significativo
- Se os canais de deslocamento utilizados forem da área de HR, no caso de falha de alimentação os dados são mantidos

Ex.



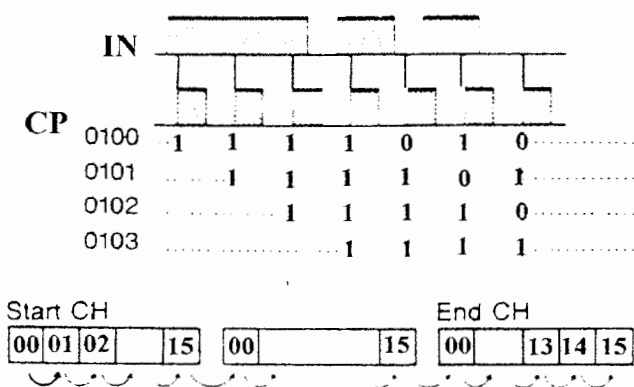
IN – Entrada de dados. O estado desta entrada é colocado no bit menos significativo do registo de deslocamento

SP – Impulso de clock provoca o deslocamento dos dados

R - Reset coloca todos os bits do canal a zero

B,E – Primeiro e último canal da área de dados sobre a qual se pretende efectuar o registo de deslocamento

- No exemplo anterior os 16 bits do registo de deslocamento (0100 a 0115) podem ler-se bit a bit utilizando a instrução LD.

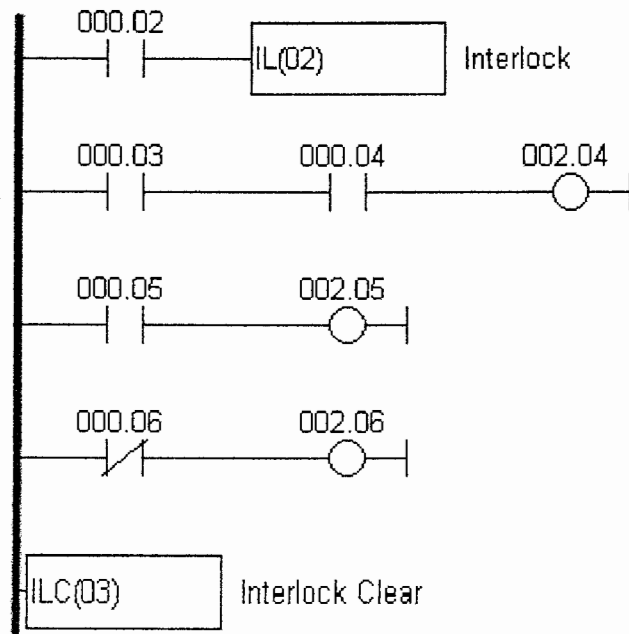


Instrução IL e ILC

☒ Obs:

- A instrução IL utilizam-se sempre em combinação com ILC e desactiva todas as bobinas de saída entre ambas as instruções, se as condições anteriores a IL não se cumprirem.

Ex:



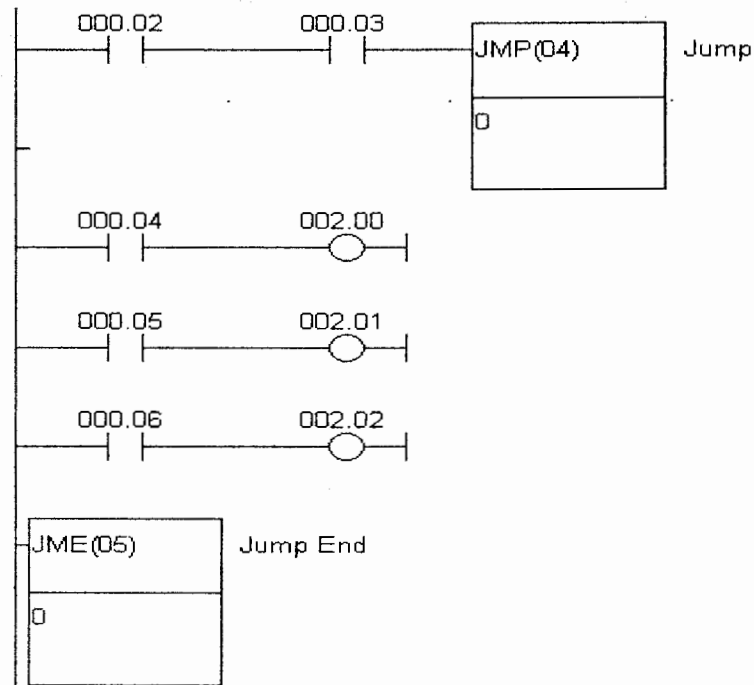
Se 0002 estiver OFF as saídas (incluindo TIM/CNTs e relés de retenção) situadas entre IL e ILC ficam desactivadas.

Instrução JMP e JME

☒ Obs:

- A instrução JME (salto) utilizam-se sempre em combinação com JME (fim de salto) e a porção de programa entre ambas se ignora, segundo se cumpra ou não a condição dada.

Ex.



Os contactos 0002 e 0003 servem como condição de salto (JMP).

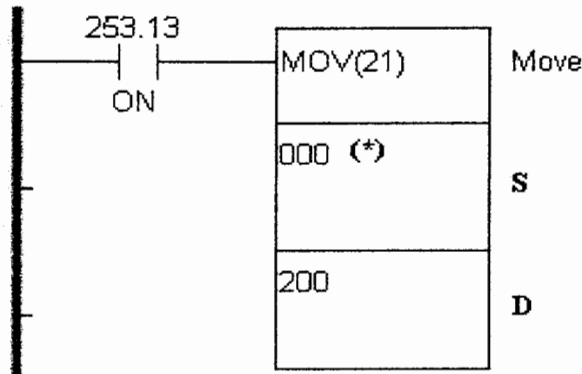
- Se ambos estiverem a ON, ignoram-se as instruções JMP e JME executando-se as instruções compreendidas entre elas.
- Se um dos contactos estiver OFF, o programa compreendido entre JMP e JME (incluindo TIM/CNTs e relés de retenção) não se executa.

Instrução MOV

⊗ Obs:

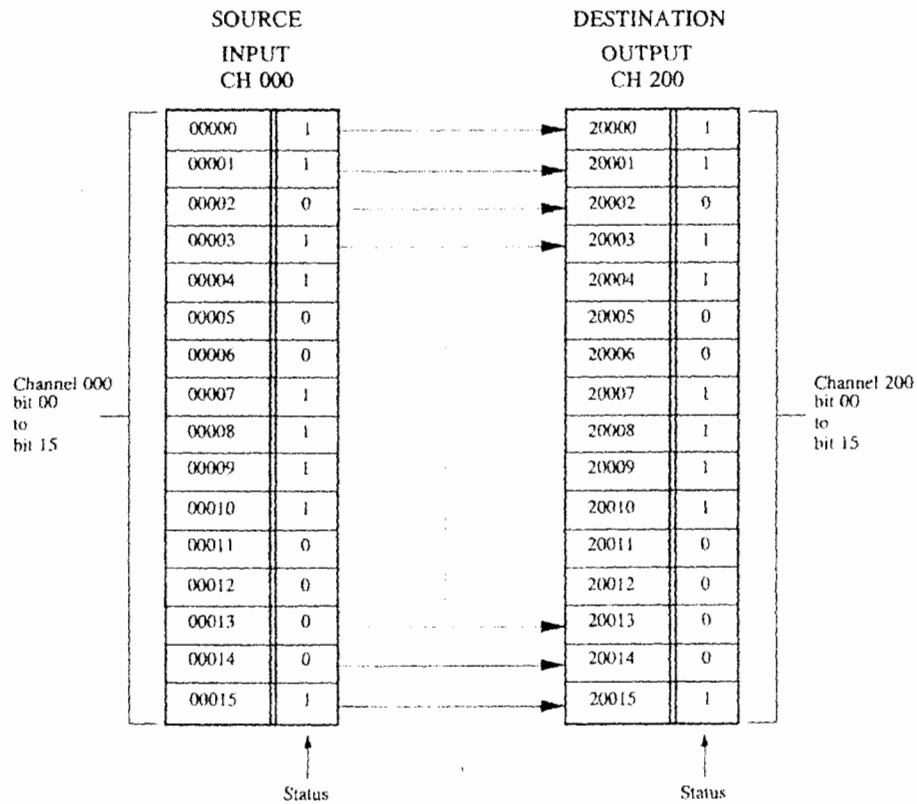
- A instrução MOV (21) realiza a cópia de um dado de 16 bit, de um canal para outro.
- O conteúdo do canal fonte “S” é transferido para o canal destino “D”

Ex.



Transfere o conteúdo do canal 000 para o canal 200.

(*) Pode ser uma constante hexadecimal por exemplo F8C2

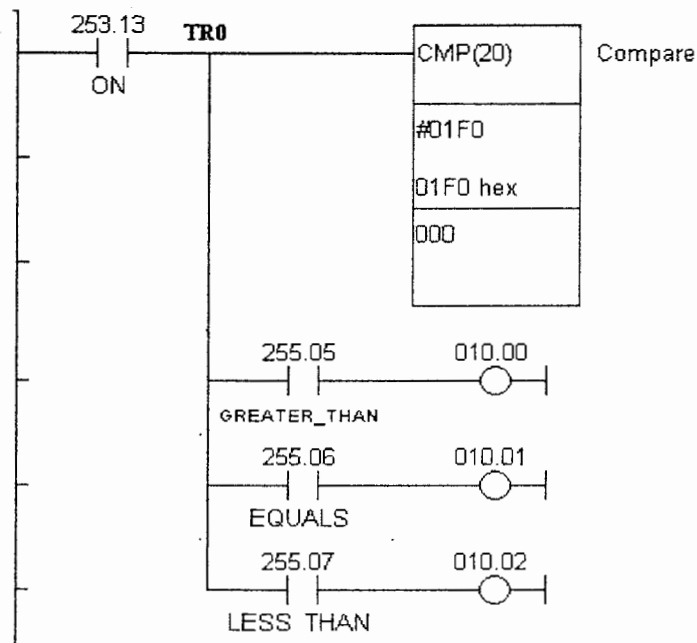


Instrução CMP

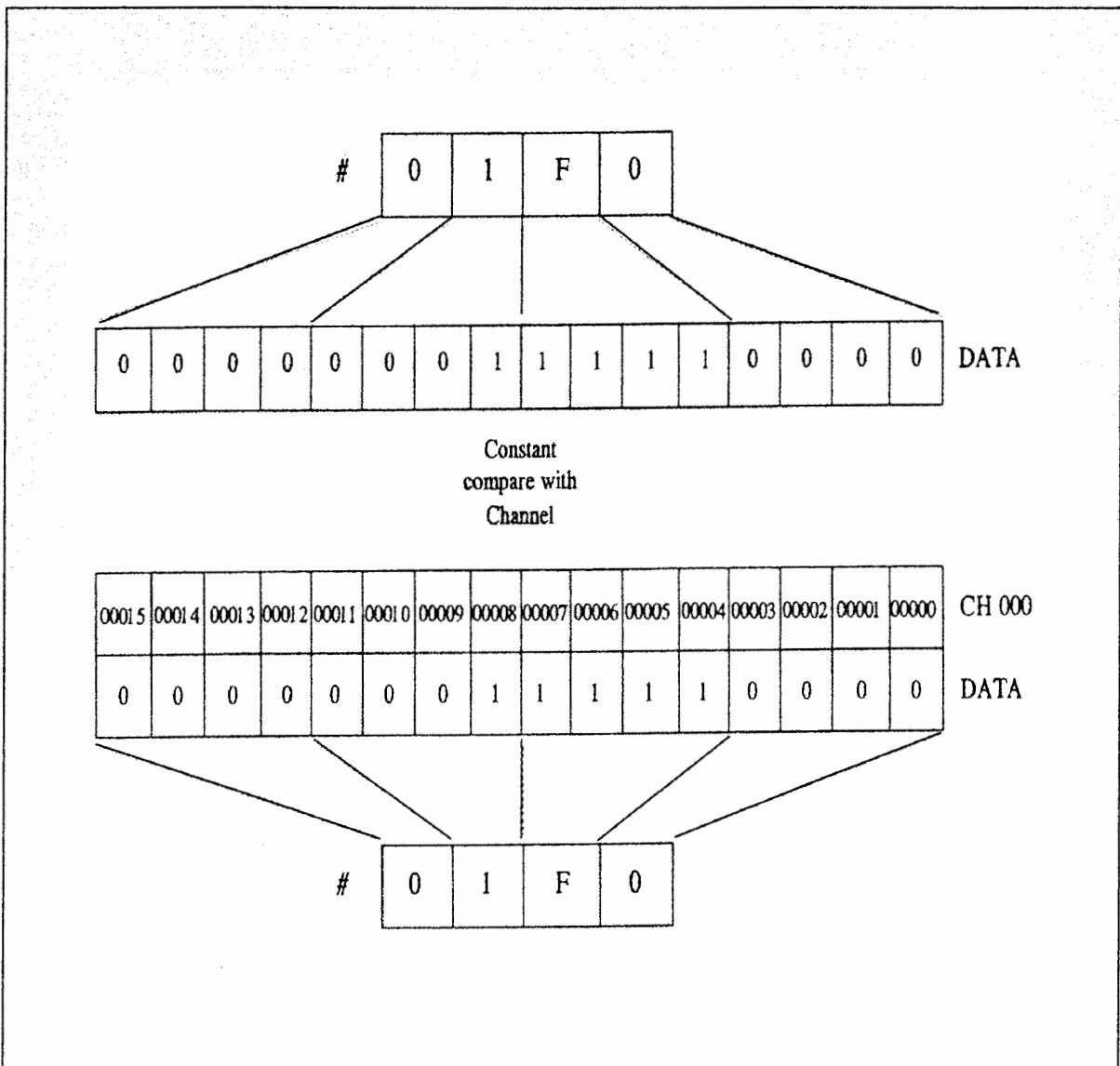
☒ Obs:

- A instrução CMP (20) compara o dado de um canal (16 bit) ou uma constante (em BCD ou hexadecimal), com o conteúdo de outro canal.
- Através do resultado da comparação, activar-se-á uma só Flag do sistema:
 - GR (maior >)
 - EQ (igual =)
 - LE (menor <)

Ex.

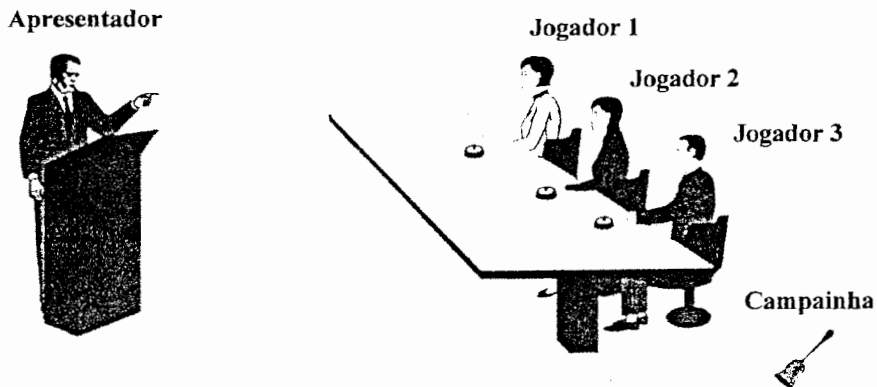


- Se a constante #01F0 for igual ao valor do canal 000 o relé especial 25506 fica a ON
- Se a constante #01F0 for maior que o valor do canal 000 o relé especial 25505 fica a ON
- Se a constante #01F0 for menor que o dado do canal 000 o relé especial 25507 fica a ON



Aplicação 1:

PROGRAMA PARA DETERMINAR A PRIORIDADE



Este jogo exige os seguintes requisitos:

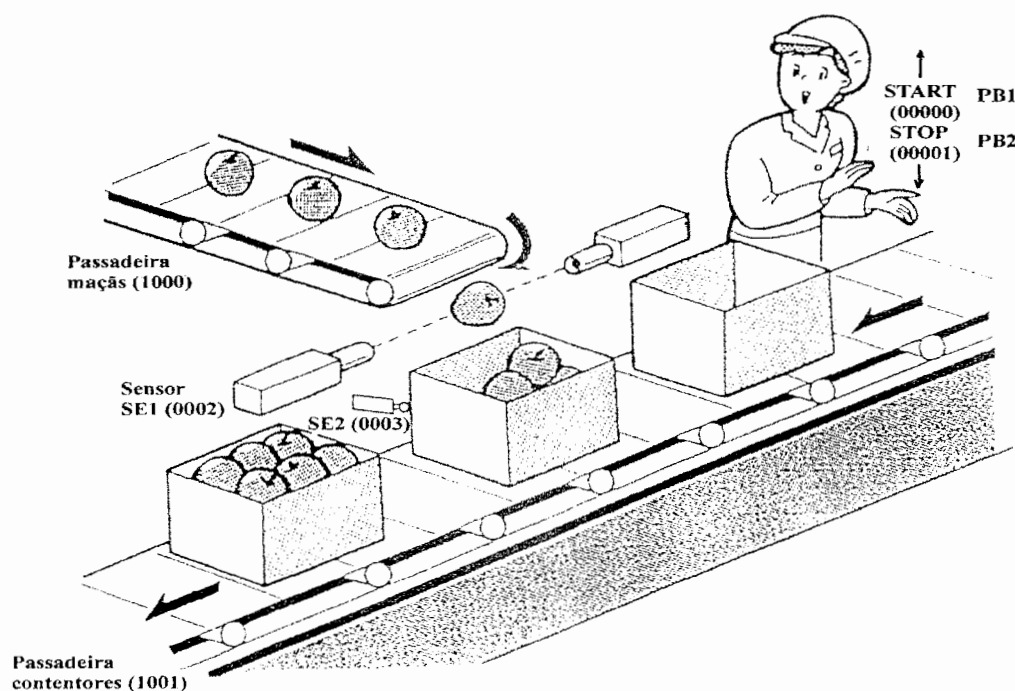
1. O apresentador coloca as questões
2. Depois de ter terminado os três jogadores, pressionam o botão correspondente, tentando responder em primeiro lugar
3. Dez segundos após o primeiro jogador ter pressionado o botão o bésouro toca e a luz correspondente ao jogador acende-se.
4. A luz será apagada por um botão colocado junto ao apresentador do concurso.

Input	Designação
00000	PB1
00001	PB2
00002	PB3
00003	RST (reset)

Output	Designação
01000	Campinha
01001	Jogador 1
01002	Jogador 2
01003	Jogador 3

Aplicação 2:

CONTROLO DE UMA LINHA DE EMPACOTAMENTO

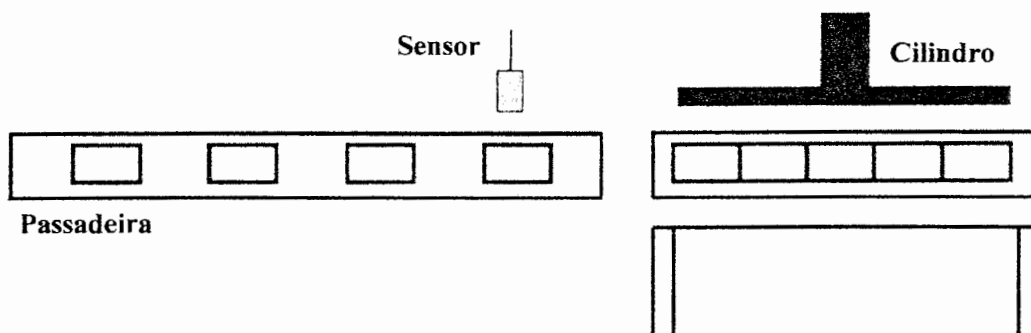


Quando o botão de início (PB1) é pressionado a caixa contentora move-se. Ao ser detectada por SE2 pára e a passadeira transportadora das maçãs inicia o movimento.

O sensor SE1 inicia a contagem das dez maçãs que cada contentor leva. Após a contagem a passadeira dos contentores move-se novamente e é feito um RESET ao contador. O processo repete-se e só para quando o operador pressiona o botão PB2 (STOP).

Aplicação 3:

CONTROLADOR PARA MAQUINA DE EMPACOTAR



O circuito controlador é usado para detectar e contar o número de produtos que são transportados na linha de montagem. Quando são contados cinco o cilindro é activado durante 2 segundos, após o qual volta á sua posição inicial.

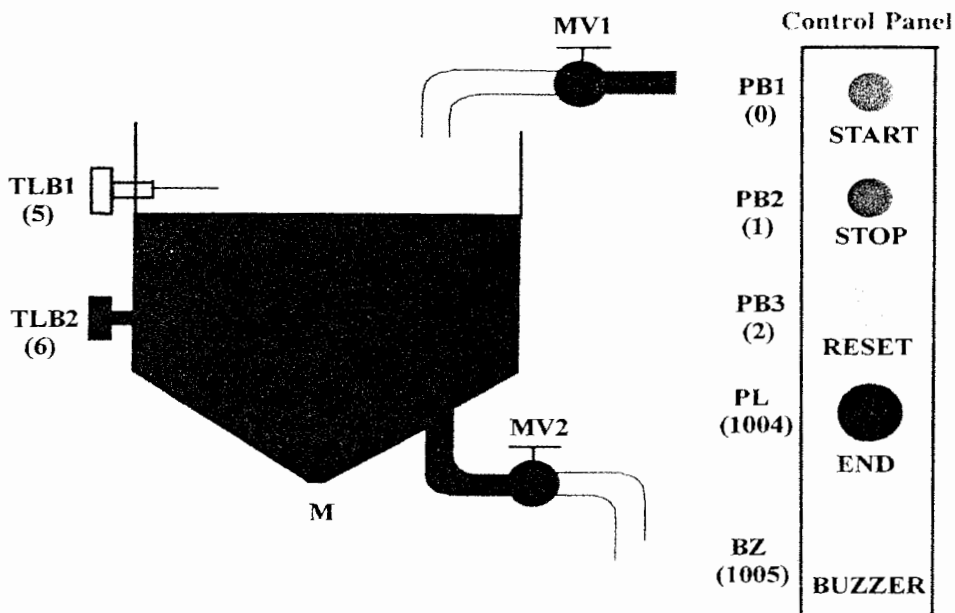
Input	Designação
00000	Sensor

Output	Designação
01000	Passadeira
01001	Cilindro

Outros	
CNT 047	Contador produtos
TIM 000	Temp. Cilindro

Aplicação 4:

CONTROLO AUTOMÁTICO DE ENCHIMENTO/DRENAGEM



Procedimentos:

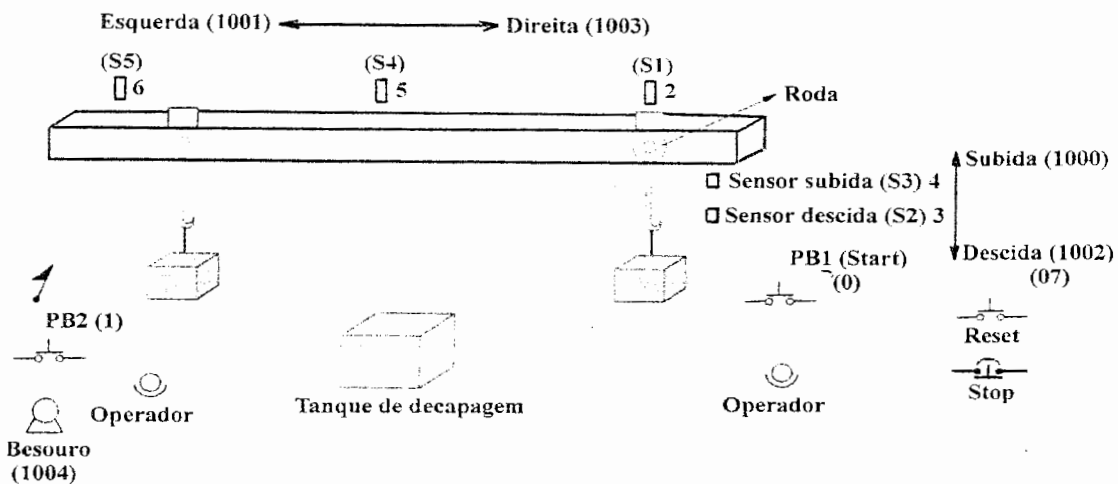
1. Quando o botão **PB1** é pressionado a válvula **MV1** abre (enchimento do tanque) e o motor **M** começa a trabalhar.
2. Quando o líquido ultrapassa o sensor **TLB2** e atinge **TLB1**, a válvula **MV1** é fechada e o motor **M** pára.
3. A válvula **MV2** é aberta e inicia-se a drenagem do líquido. Quando o líquido desce abaixo de **TLB2**, a válvula **MV2** é fechada.
4. Após quatro operações de enchimento/drenagem o sinal **END** acende-se e o bésouro toca durante 20 segundos. O processo inicia-se pressionando **PB3** (Reset do contador) seguidamente **PB1** inicia um novo ciclo de quatro operações.

Input	Designação
00000	Start (PB1)
00001	Stop (PB2)
00002	Reset (PB3)
00005	Sensor nível máx. (TLB1)
00006	Sensor nível min. (TLB2)

Output	Designação
01000	Válvula enchimento (MV1)
01001	Válvula drenagem (MV2)
01002	Motor (M)
01004	Sinalizador END
01005	Buzzer

Aplicação 5:

CONTROLO DE UM TRANSPORTADOR AEREO (PROCESSO DE DECAPAGEM)

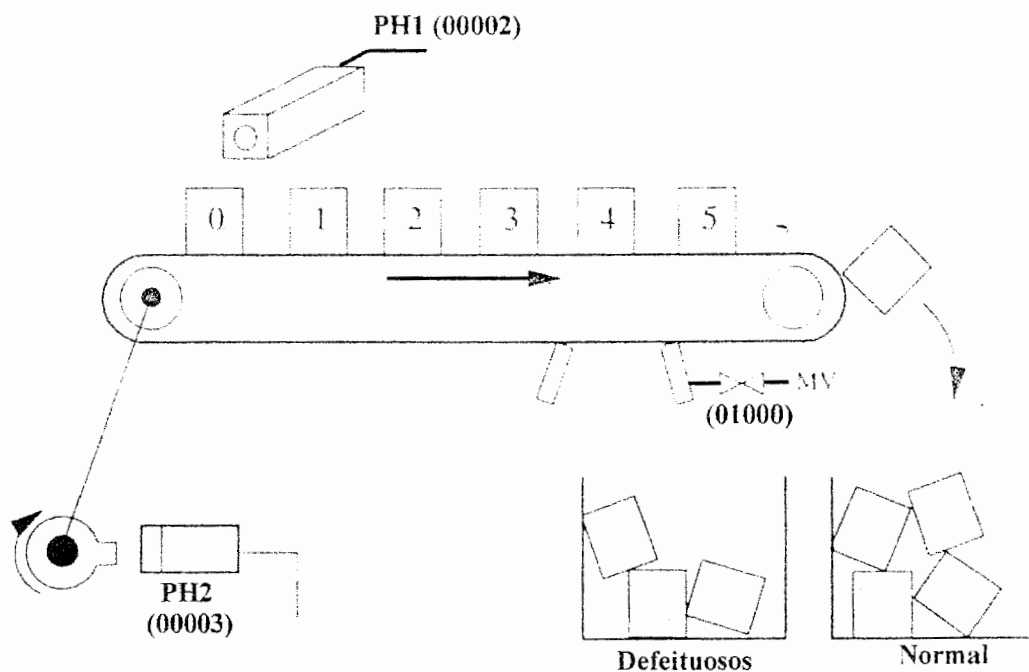


Procedimentos:

1. Quando **PB1** (START) é pressionado a peça suspensa num gancho sob até activar o sensor **S3**, após o que inicia o seu movimento para a esquerda.
2. Quando **S4** é activado o gancho inicia a descida até activar o sensor **S2** e um temporizador que faz permanecer a peça durante 20 segundos no tanque.
3. Após este tempo o produto inicia a subida e de seguida desloca-se para a esquerda até o sensor **S5** ser pressionado. Nesta posição inicia a descida até o sensor **S2** ser activado e em simultâneo um besouro é activado, pelo que o operador retirará o produto.
4. O operador após pressionar **PB2** leva o transportador a iniciar o seu movimento para a posição inicial (direita).

Input	Designação
00000	Start (PB1)
00001	Stop (PB2)
00002	Sensor 1 (S1)
00003	Sensor descida (S2)
00004	Sensor subida (S1)
00005	Sensor de decapagem (S4)
00006	Sensor de Fim (S5)
00007	Reset (RST)
00008	Stop (Stop)

Output	Designação
01000	Subida motor
01001	Esquerda motor
01002	Descida motor
01003	Direita motor
01004	Besouro

Aplicação 6:**DETECÇÃO E SELECÇÃO DE PEÇAS DEFEITUOSAS**

A célula fotoelétrica (PH1) serve de Input para o registo de deslocamento e se :

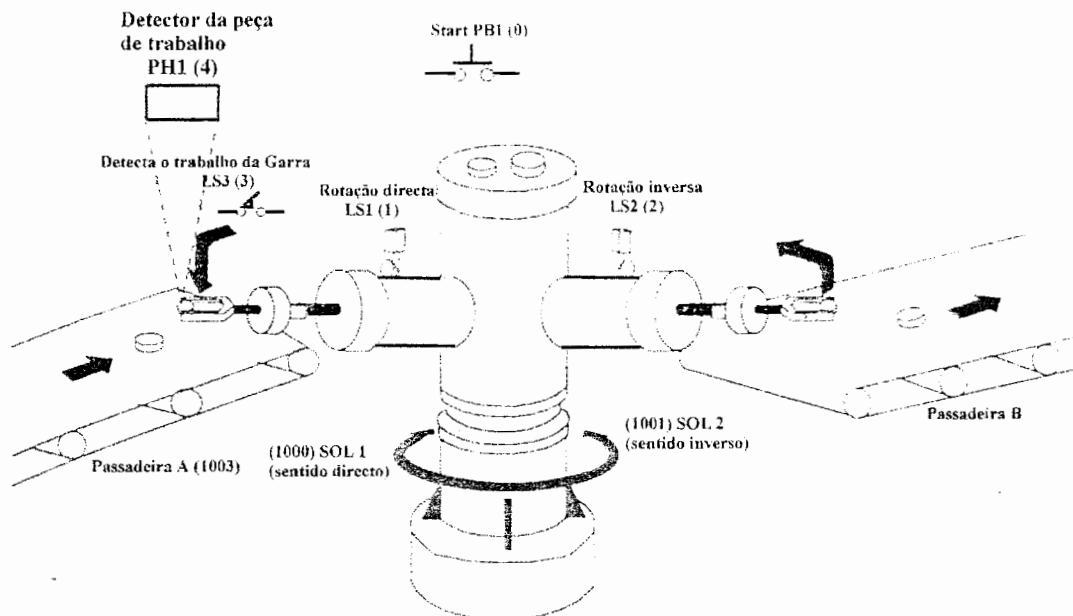
- ON – detecta uma peça defeituosa
- OFF – a peça está em perfeitas condições

A célula fotoelétrica (PH2) gera um impulso (clock) para o registo de deslocamento quando a peça se desloca uma distância predeterminada.

No momento em que o produto defeituoso é detectado por **PH1**, é assinalado no registo de deslocamento e numa posição predeterminada (**04**) é injectado num recipiente por intermédio de uma electrovalvula **MV**.

Aplicação 7:

CONTROLO DO MOVIMENTO DE UM ROBOT



O Robot retira peças da passadeira **A** e coloca-as na passadeira **B**. As operações e condições são as seguintes:

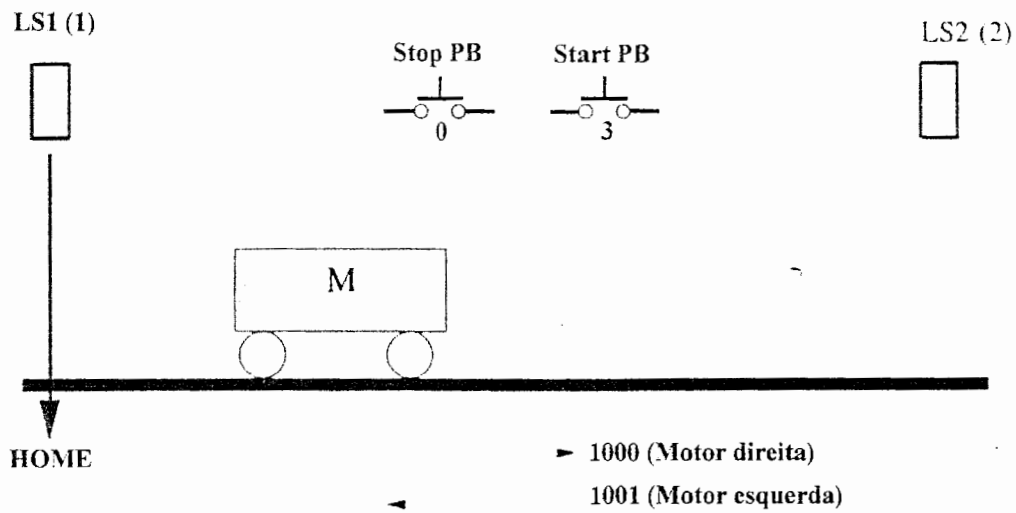
1. Quando o botão **PB1 (Start)** é pressionado, o robot roda no sentido dos ponteiros do relógio para a passadeira **A**.
2. Quando o braço se posiciona na posição de trabalho **A** a Garra apanha a peça.
3. Quando o braço termina o trabalho na passadeira **A**, roda no sentido inverso aos ponteiros do relógio para a passadeira **B**.
4. Quando o braço se posiciona na passadeira **B**, completa o seu trabalho libertando a peça.

Input	Designação
00000	Start (PB1)
00001	Sensor rotação directa (LS1)
00002	Sensor rotação inversa (LS2)
00003	Sensor (LS3)
00004	Sensor (PH1)
00005	Botão de Stop
00006	Botão de Reset

Output	Designação
01000	Rotação directa (Sol 1)
01001	Rotação inversa (Sol 2)
01002	Trabalho da Garra
01003	Passadeira A

Aplicação 8:

SEQUENCIA DE CONTROLO SIMPLES



Procedimentos:

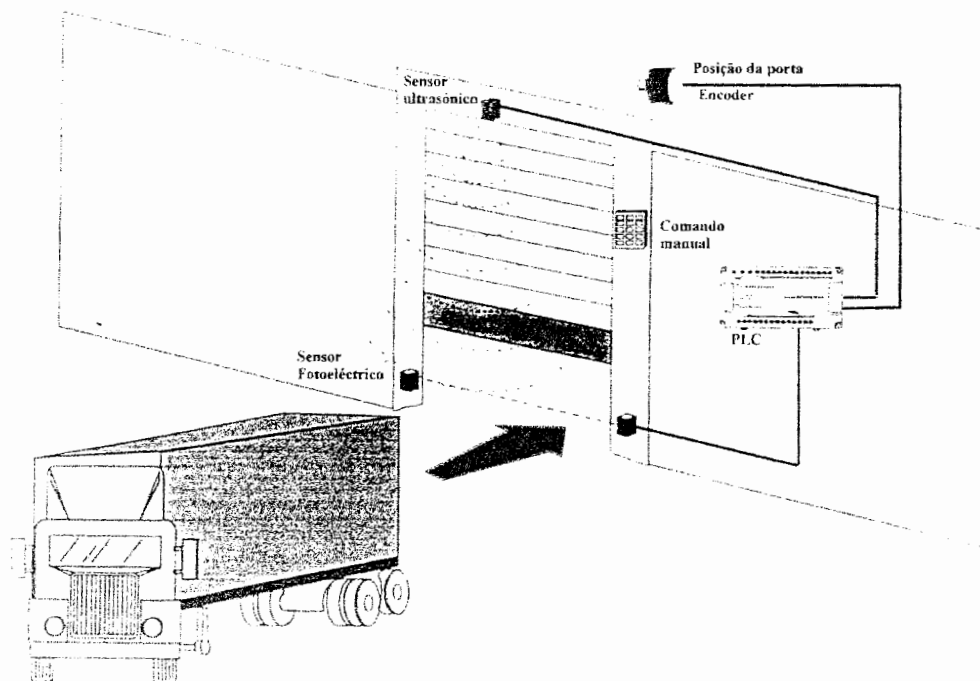
1. Quando o botão PB(Start) é pressionado, o motor (M) move o carro da esquerda para a direita.
2. Quando LS2 é pressionado (ON), o motor pára durante 5 segundos e de seguida inicia o movimento para a posição inicial (Home).
3. Quando LS1 (Home) é pressionado (ON) o motor pára completando a sequência.

Input	Designação
00000	Stop (PB)
00001	LS1 (Home)
00002	LS2
00003	Start PB

Output	Designação
01000	Motor (direita)
01001	Motor (esquerda)

Aplicação 9:

CONTROLO AUTOMÁTICO DE UM PORTÃO

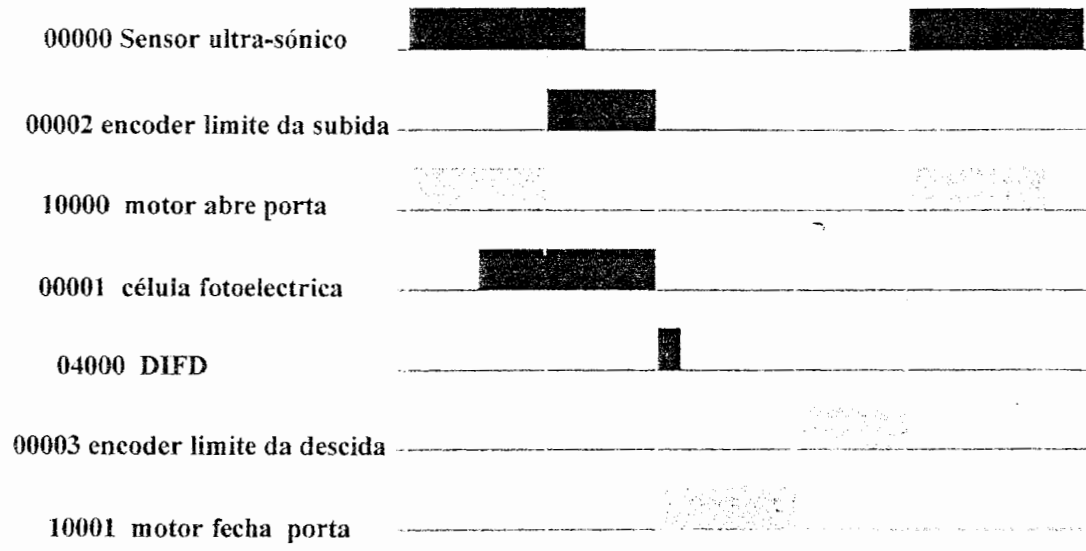


O detector ultra-sónico, destina-se a detectar a presença e aproximação do veículo. O detector fotoelétrico detecta a passagem do veículo por interrupção do feixe. Em resposta a estes dois sensores o circuito de controlo abre e fecha o portão.

Input	Designação
00000	Sensor ultra-sónico
00001	Sensor fotoelétrico
00002	Encoder (Subida da porta)
00003	Encoder (Descida da porta)

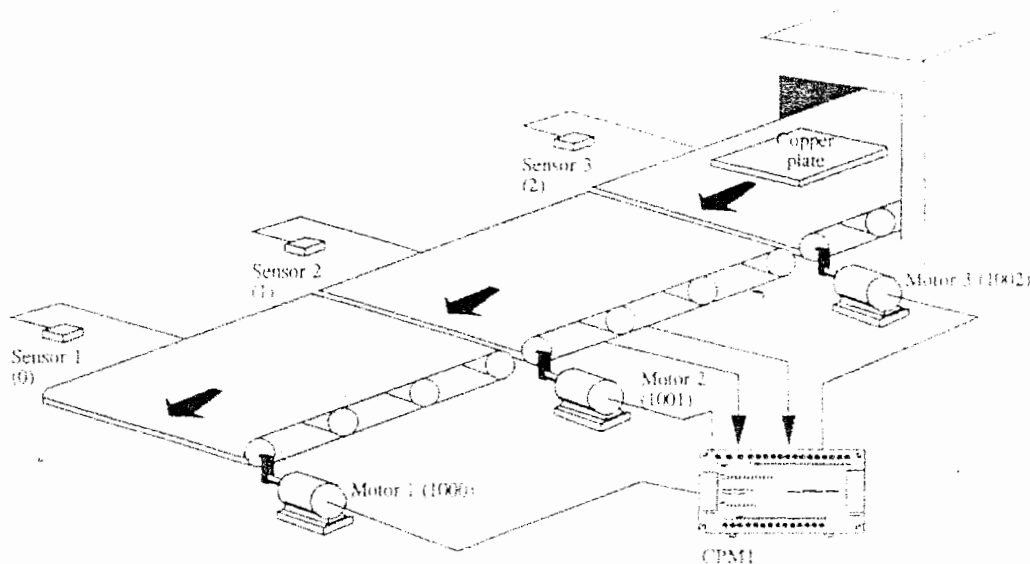
Output	Designação
01000	Motor abre porta
01001	Motor fecha porta

Diagrama Temporal :



Aplicação 10:

CONTROLO DE UMA PASSADEIRA FRAGMENTADA



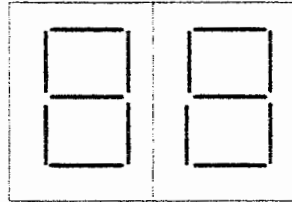
Nesta aplicação o PLC é usado para iniciar e parar os motores das diferentes passadeiras, de forma a que só a que tiver a placa metálica trabalhe. A posição da placa é detectada por um sensor colocado em cada passadeira actuando assim o motor correspondente. Se existir um desvio da placa, um temporizador é activado (20 segundos) e se o problema não for corrigido o motor dessa passadeira pára.

Operações:

1. Motor 2 é activado quando o sensor 3 detecta o produto
2. Motor 2 está activado enquanto o Motor 1 está activado e o produto está fora do raio de acção do sensor 2
3. Motor 1 está activado quando o sensor 2 detecta o produto
4. Motor 1 está activado enquanto o produto estiver fora do raio de acção do sensor 1

Input	Designação
00000	Sensor 1
00001	Sensor 2
00002	Sensor 3

Output	Designação
01000	Motor 1
01001	Motor 2
01002	Motor 3

Aplicação 11:**DISPLAY VISUALIZADOR DO CÓDIGO DE ERRO DE UMA MÁQUINA****Código de erro**

Condições de funcionamento:

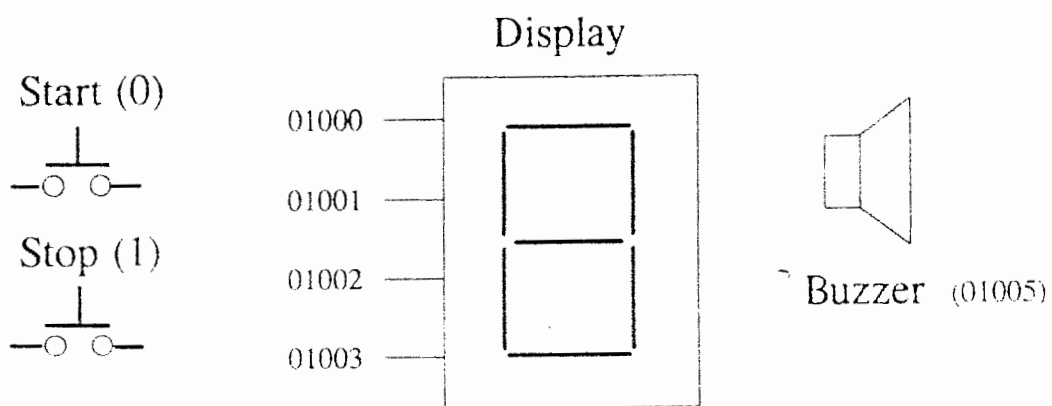
1. A activação de uma entrada o código de erro é visualizada de 01 a 04 e é acompanhado ao mesmo tempo de um alarme sonoro.
2. A Input 05 faz o RESET do display.

Input	Designação	Código
00001	PB1	001
00002	PB2	002
00003	PB3	003
00004	PB4	004
00005	Reset	000

Output	Designação
01000	Alarm

Aplicação 12:

AVISADOR DE DEFEITO



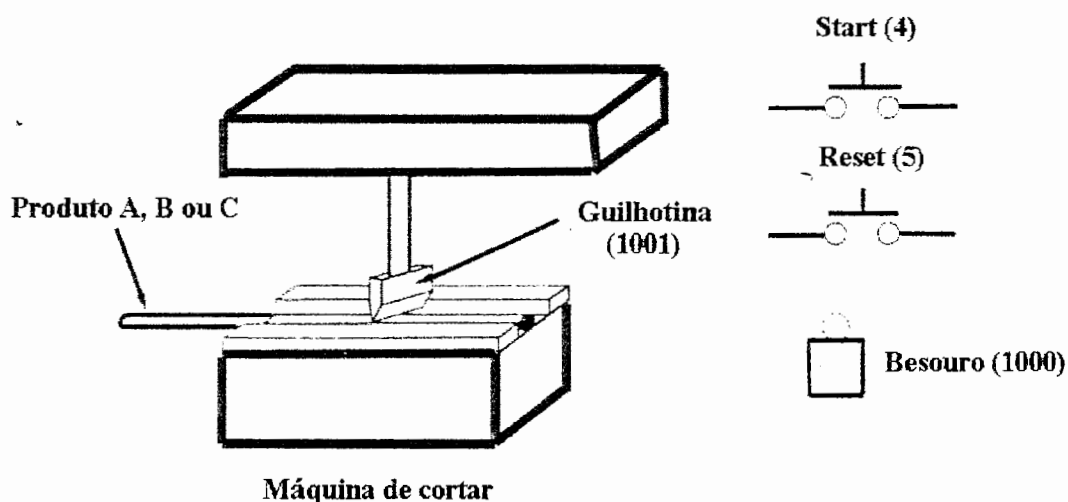
Nesta aplicação o Display e o besouro são conectados ao PLC. Quando o botão START é pressionado o Display inicia-se em “9” e começa a contagem decrescente até “0” activando o besouro.

Input	Designação
00000	Start PB
00001	Stop PB

Output	Designação
01000 a 01003	Display
01005	Buzzer

Aplicação 13:

MEDIÇÃO DA VIDA DE UMA GUILHOTINA



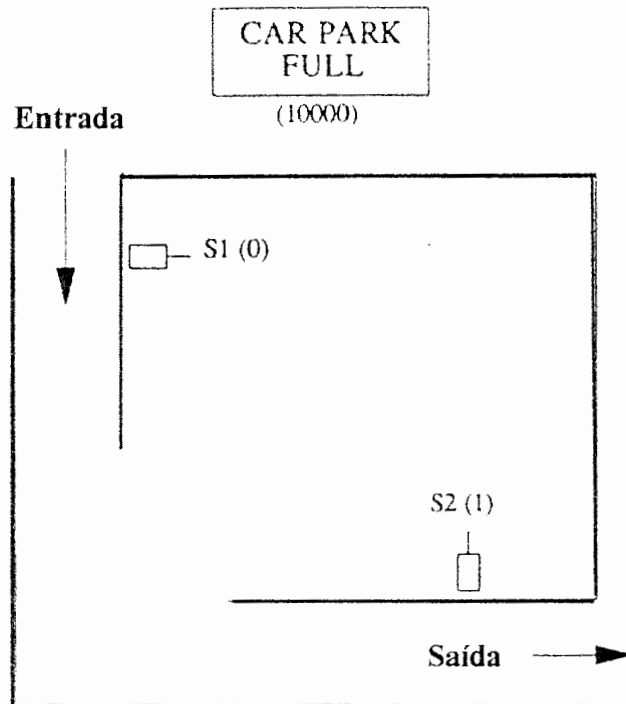
A guilhotina é usada para cortar os produtos A, B e C e será mudada quando cortar 1000 peças do produto A, 500 peças do produto B e 100 peças do produto C. Os produtos são cortados aleatoriamente.

Um besouro indica quando a lâmina da guilhotina deve ser substituída.

Três sensores diferenciam os três produtos e outro sensor é usado para assinalar o final do corte. Existe um botão para iniciar todo o processo.

Input	Designação
00000	Sensor Guilhotina
00001	Produto A
00002	Produto B
00003	Produto C
00004	Start
00005	Reset

Output	Designação
01000	Besouro
01001	Guilhotina

Aplicação 14:**PARQUE DE ESTACIONAMENTO CONTROLADO**

O parque está dimensionado para um máximo de 100 carros. Em qualquer momento os carros podem entrar e sair. O PLC soma (S1) ou subtrai (S2) sempre que entra ou sai um carro. Quando são registados 100 carros, o parque é considerado completo e acende um Placard a informar que não podem entrar mais carros.

Input	Designação
00000	Sensor S1
00001	Sensor S2

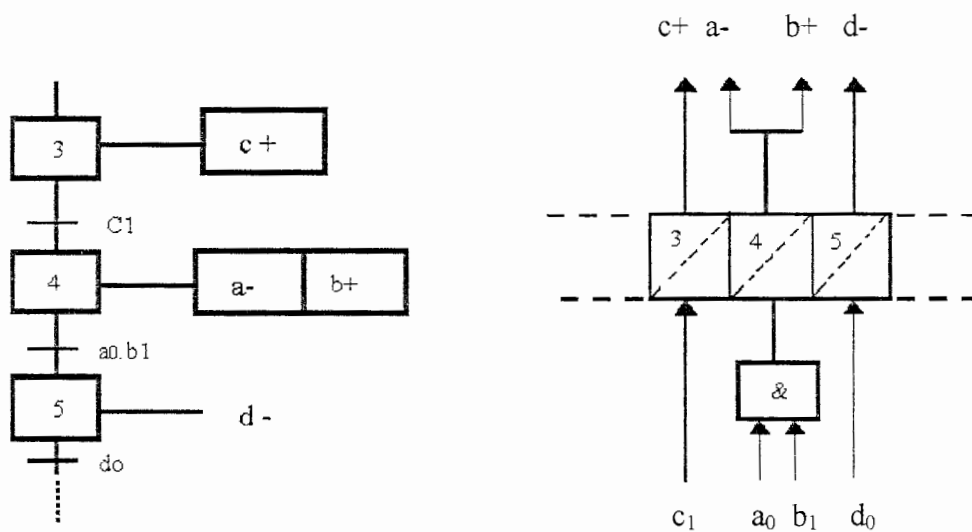
Output	Designação
01000	Parque cheio

3. PROGRAMAÇÃO EM GRAFCET

3.1. – ELEMENTOS DO GRAFCET

O **GRAFCET** "Grafo de Comando Etapa-Transição" descreve os ciclos de uma sucessão de etapas e de transições. Às etapas estão associadas as **Acções**, às transições estão associadas as **Receptividades**.

O funcionamento de um automatismo pode ser representado graficamente. As regras definições e anotações foram definidas pela ADEPA (Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée).



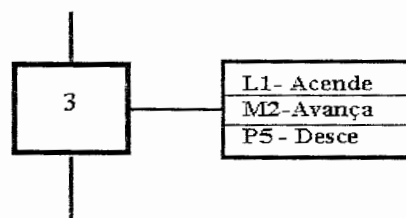
3.1.1. – ETAPA

Uma etapa corresponde um estado de residência de um automatismo, o que quer dizer que enquanto estamos “parados” numa etapa do GRAFCET o automatismo está a desenvolver uma ou mais sequências de acção. Uma etapa representa-se por um quadrado ou um rectângulo, com um número de identificação no interior. Uma etapa pode estar activa ou inactiva. Num determinado instante, o estado do automatismo é inteiramente definido pelo conjunto de etapas activas.



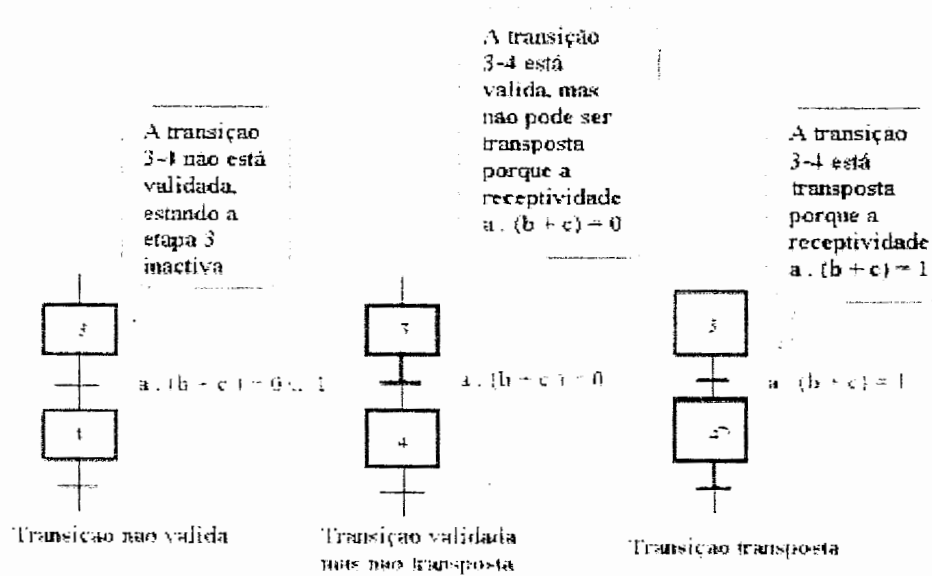
3.1.2. – ACCÃO

Para cada etapa têm de ser conhecidas as acções a efectuar. As acções estão em execução sempre que, e só quando as respectivas etapas estejam activas. As acções a efectuar quando uma etapa está activa podem ser descritas em notação literal (nível 1) ou simbólica (nível 2), no interior de rectângulos ligados ao lado direito da etapa.



3.1.3. - TRANSIÇÃO E RECEPTIVIDADE

Uma **transição** indica a possibilidade de evolução entre duas etapas, mas só é possível quando a receptividade a que está associada essa transição é validada. A cada transição associa-se uma condição lógica chamada **receptividade**. A receptividade, escrita sob a forma de uma proposição lógica, é uma função combinatória de informações lógicas (entradas, saídas, memórias, times, etc.) e determina o fim da etapa que a precede. Uma etapa permanece activa até que a receptividade que lhe está associada seja verdadeira.

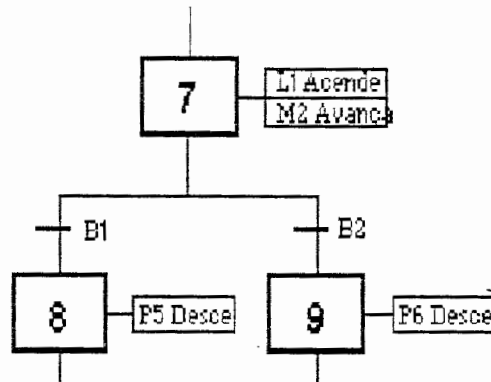


As transições representam-se por um traço curto e grosso situado sobre cada uma das ligações entre etapas.

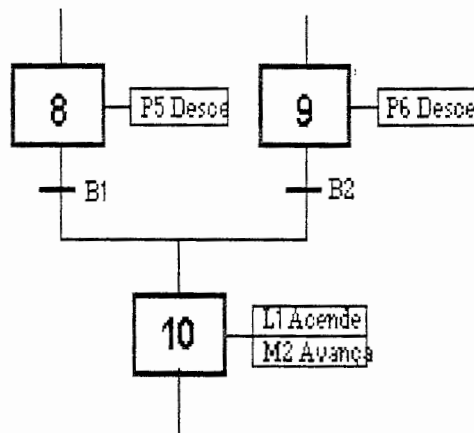
3.1.4. – LIGAÇÕES

As ligações entre etapas são orientadas e irreversíveis. Devem ser representadas por linhas verticais de cima para baixo e podem ser:

- Divergência em **OU**
- Convergência em **OU**
- Divergência em **E**
- Convergência em **E**

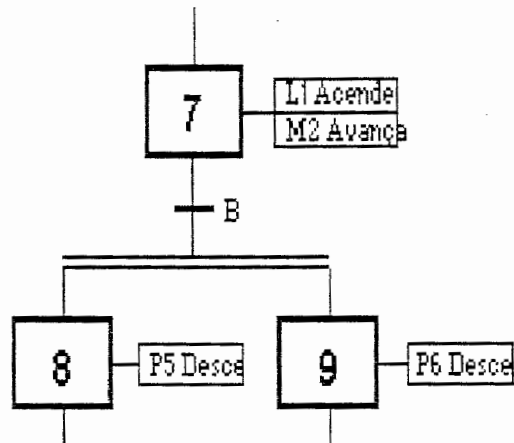
DIVERGÊNCIA EM OU

Uma **divergência em OU** representa-se por um traço de ligação horizontal onde chega uma ligação de entrada, e de onde partem duas ou mais ligações de saída. Numa ligação divergente em **OU**, a transição diz-se validada quando a etapa precedente (etapa 7) está activa. Para que a transição seja efectuada é necessário que esta esteja validada, e que uma das Receptividades (B1 ou B2) seja verdadeira. Neste caso, a etapa 7 é desactivada e é activada a etapa 8 ou a etapa 9, dependendo da receptividade (B1 ou B2), que primeiro ficar verdadeira.

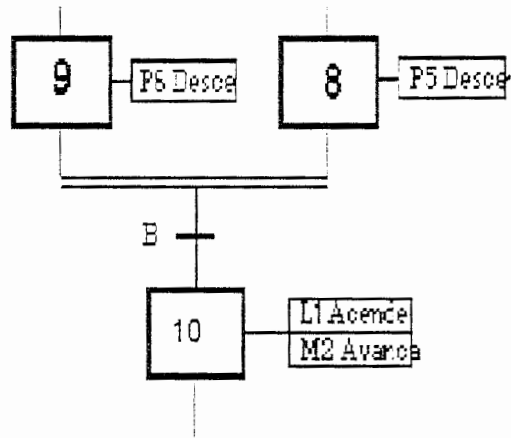
CONVERGÊNCIA EM OU

Uma **convergência** em **OU** representa-se por um traço horizontal de ligação onde chegam as ligações de entrada e de onde parte a ligação de saída. Numa ligação convergente em **OU** a transição diz-se validada quando uma das etapas precedentes (etapas 8 ou 9) está activa. Para que a transição seja efectuada é necessário que esta esteja validada, e que a receptividade associada (B1 ou B2) seja verdadeira. Neste caso a etapa activa é desactivada, e é activada a etapa 10.

DIVERGÊNCIA EM E



Uma **divergência** em **E** representa-se por um traço horizontal duplo onde chega uma ligação de entrada e de onde partem duas ou mais ligações de saída. Numa ligação divergente em **E** a transição diz-se validada quando a etapa precedente (etapa 7) está activa. Para que a transição seja efectuada é necessário que esta esteja validada e que a receptividade associada (B) seja verdadeira. Neste caso a etapa 7 é desactivada e são activadas simultaneamente as etapas 8 e 9.

Convergência em E

Uma **convergência** em **E** representa-se por um traço horizontal duplo onde chegam as ligações de entrada e de onde parte a ligação de saída. Numa ligação convergente em **E** a transição diz-se validada quando todas as etapas precedentes (etapas 8 e 9) estão activas. Para que a transição seja efectuada é necessário que esta esteja validada e que a receptividade associada (**B**) seja verdadeira. Neste caso as etapas 8 e 9 são desactivada simultaneamente e a etapa 10 é activada.

3.2. – IMPLEMENTAÇÃO DE UM AUTOMATISMO

3.2.1 REGRAS DE EVOLUÇÃO

- ⇒ 1º A etapa inicial está sempre activa
- ⇒ 2º Uma transição pode estar validada ou não, e diz-se que está validada se a etapa precedente está activada. Só se pode efectuar se a receptividade associada estiver activa. Caso se verifiquem estas duas condições então a transição tem de se executar.
- ⇒ 3º A execução de uma transição activa a etapa seguinte e desactiva a anterior. Quer isto dizer que só podemos ter uma etapa activa de cada vez, exceptuando-se etapas activas em “ramos” diferentes.
- ⇒ 4º Se tivermos ramos em paralelo então podemos executar transições simultaneamente, mas só em ramos paralelos.
- ⇒ 5º Se uma etapa for activada e desactivada simultaneamente então permanece activa.

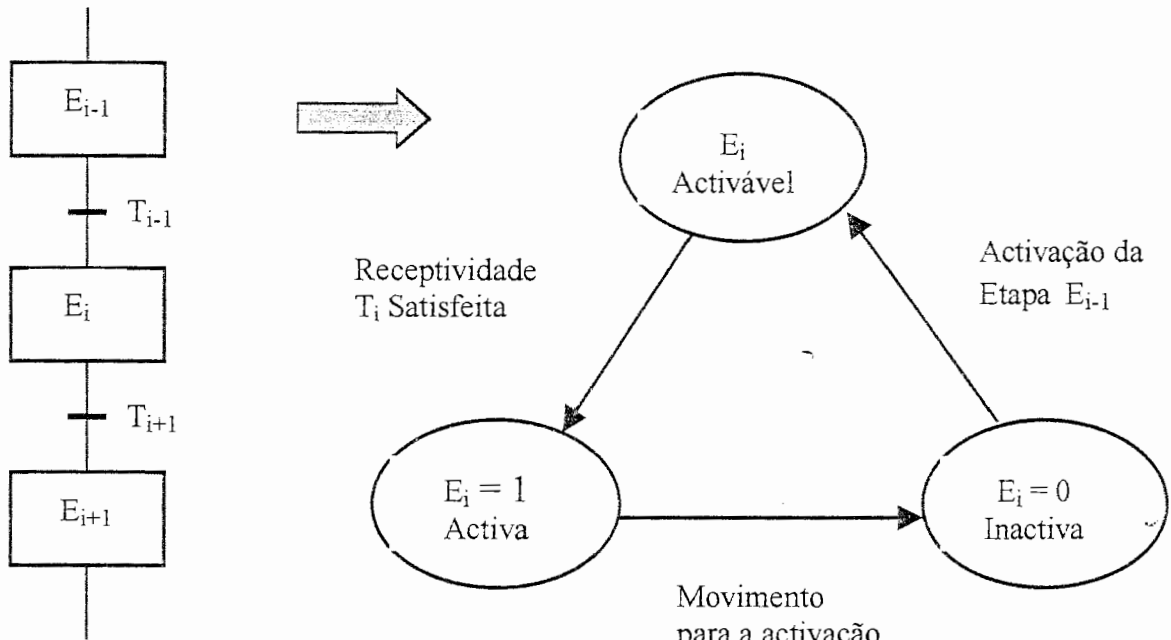
3.2.2 EQUAÇÃO GERAL DE ETAPA

Muitas vezes existe a necessidade de transformar o GRAFCET numa **equação lógica** que traduza o seu funcionamento e implementá-lo de seguida com linguagem LADDER.

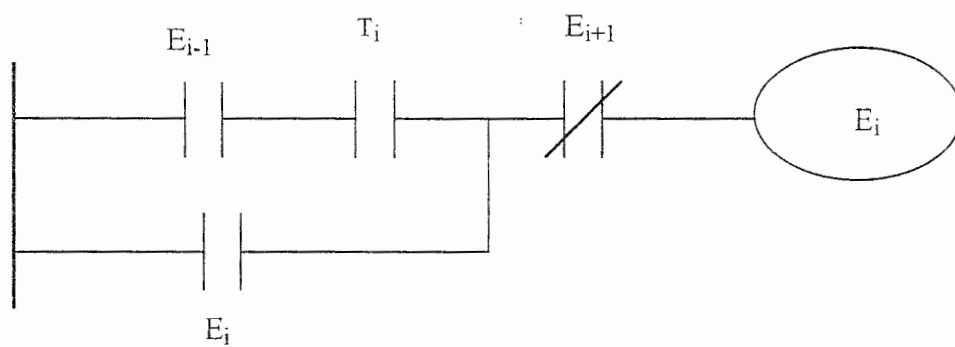
Um exemplo é a seguinte sequência:

GRAFCET COM MÓDULOS DE ETAPA GENÉRICOS

DIAGRAMA DE ESTADOS DA ETAPA E_i



$$E_i = \bar{E}_{i+1} \cdot (E_{i-1} \cdot T_i + E_i)$$



A equação traduz que a etapa E_i é verdadeira (está activa) se a etapa E_{i-1} estiver activa e a transição T_i for verdadeira e se a etapa E_{i+1} não estiver activa, ou então, se no instante anterior for activa e a etapa E_{i+1} permanecer não activa. Esta última condição funciona como uma retenção da etapa até a próxima etapa estar activa.

3.3. GRAFCET NÍVEL 1 E NÍVEL 2

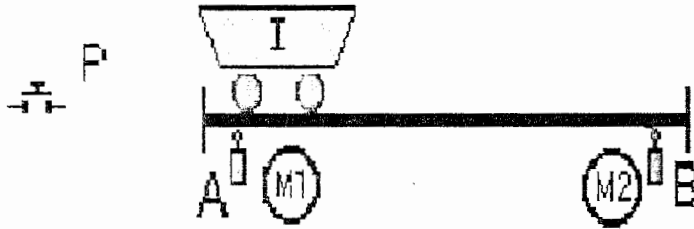
NÍVEL 1: Todo o processo no GRAFCET é descrito por fases explicativas de como o processo se desenrola.

NÍVEL 2: Neste as frases explicativas são substituídas por “símbolos” que representam a acção e a actuação efectuada. Estes símbolos são as variáveis do processo que lhe garantem uma descrição simbólica.

3.4. EXERCÍCIOS

Exercício 1 - Controlador Sequencial Simples

O carrinho da figura destina-se ao transporte de objectos. Em situação de repouso o carrinho encontra-se no limite esquerdo seu percurso (situação da figura).

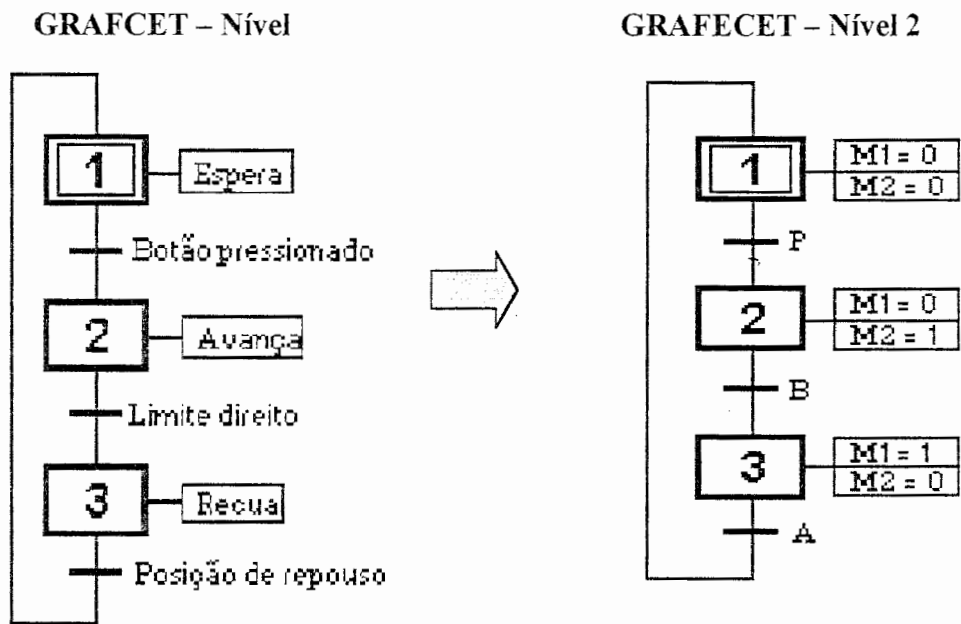


O deslocamento do carrinho é conseguido pelo accionamento dos motores **M1** e **M2**:

- **M1** desloca o carrinho da direita para a esquerda.
- **M2** desloca o carrinho da esquerda para a direita.

Os sensores de fim de curso **A** e **B** detectam a presença do carrinho respectivamente no extremo esquerdo e direito do percurso. O transporte da carga é iniciado quando o operador pressiona o contacto **P**, deslocando o carrinho para a direita. Quando o carrinho atinge o limite direito do seu percurso (**B** accionado), é iniciado o deslocamento para a esquerda. Regressando à posição de repouso, o carrinho permanecerá parado aguardando nova ordem de arranque.

Resolução



Exercício 2 - Controlador Sequencial

Os carrinhos da figura destinam-se ao transporte de objectos. Em situação de repouso ambos os carrinhos se encontram no limite esquerdo seu percurso (situação da

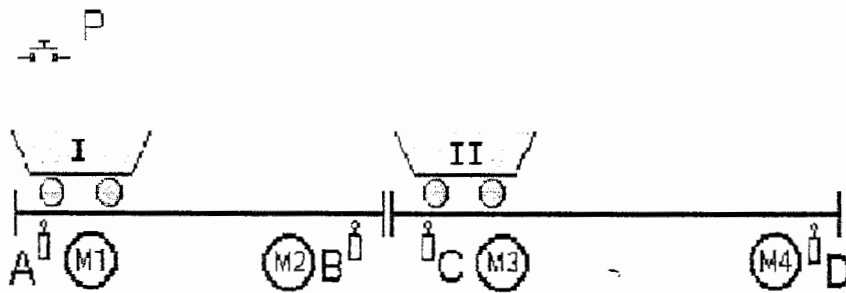


figura).

O deslocamento dos carrinhos é conseguido pelo accionamento dos motores **M1**, **M2**, **M3** e **M4**:

- **M1** desloca o carrinho **I** da direita para a esquerda.
- **M2** desloca o carrinho **I** da esquerda para a direita.
- **M3** desloca o carrinho **II** da direita para a esquerda.
- **M4** desloca o carrinho **II** da esquerda para a direita.

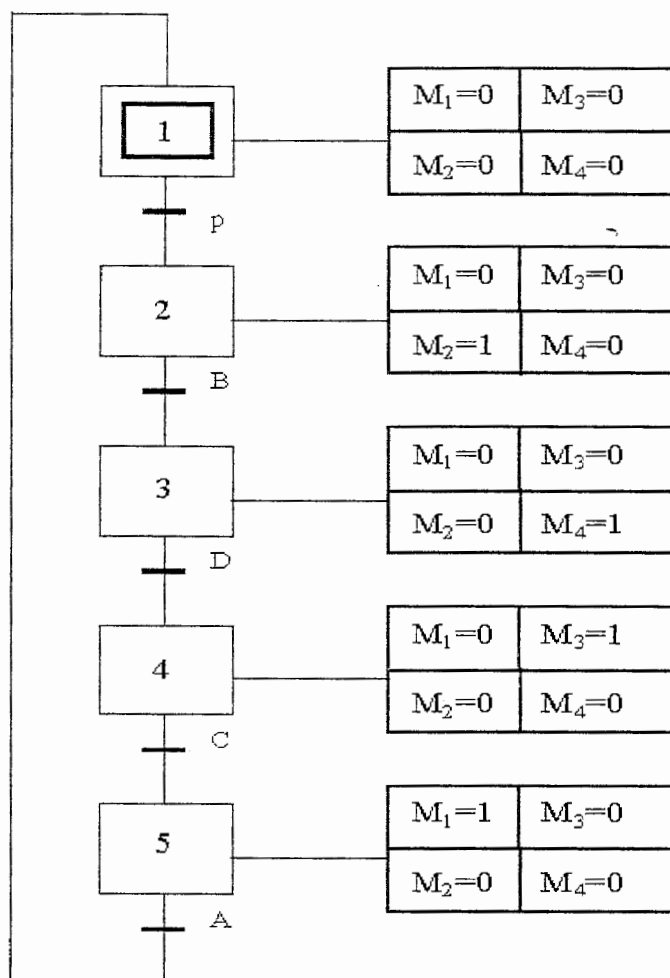
Os sensores de fim de curso **A** e **B** detectam a presença do carrinho **I** respectivamente no extremo esquerdo e direito do percurso. O mesmo acontece com os sensores **C** e **D** relativamente ao carrinho **II**.

O transporte da carga é iniciado quando o operador pressiona o contacto **P**, deslocando o carrinho **I** para a direita. Quando o carrinho **I** atinge o limite direito do seu percurso (**B** accionado), é iniciado o deslocamento para a direita do carrinho **II**, permanecendo o carrinho **I** no extremo direito. Quando o carrinho **II** atinge o limite direito do seu percurso (**D** accionado), é iniciado o regresso do carrinho **I**, permanecendo o carrinho **II** no extremo direito.

O regresso do carrinho **II** só é efectuado quando o carrinho **I** se encontrar na posição de repouso. Depois de ambos os carrinhos se encontrarem na posição de repouso. O sistema iniciará uma nova viagem assim que surgir uma nova ordem do operador.

Pretende-se controlar, através de um PLC, o funcionamento de **M1**, **M2**, **M3** e **M4**.

SOLUÇÃO



Exercício 3 - Funcionamento alternativo

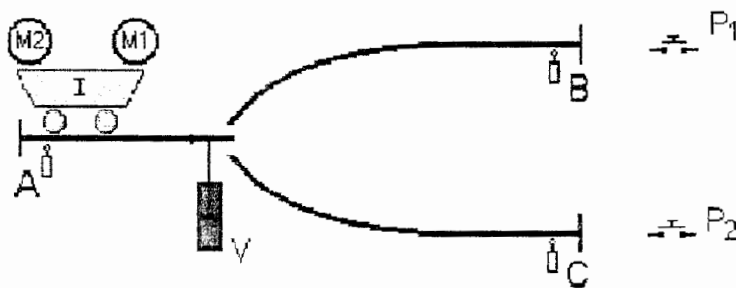
A figura mostra um carro de transporte de carvão que deve servir dois grupos de utilizadores situados em diferentes posições (**B** e **C**).

Se um utilizador colocado no ponto **B** accionar o botão **P1** o carro efectua o percurso **ABA**. Se um utilizador usar o botão **P2** o carro efectua o percurso **ACA**. Regressando a **A** o carro permanece em repouso aguardando nova ordem de qualquer um dos utilizadores. São ignoradas as ordens se o carro não estiver na posição de repouso.

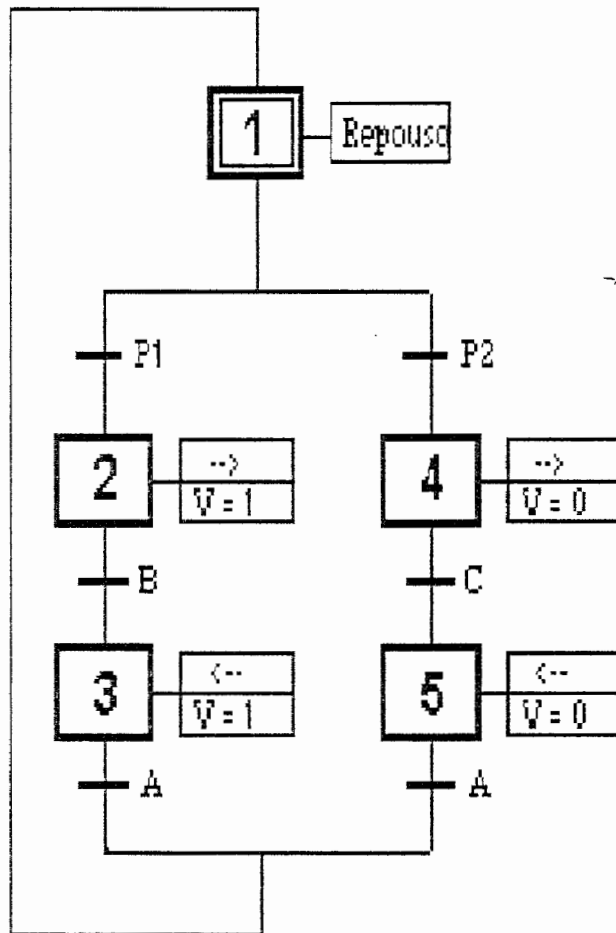
O carro dispõe de dois motores: **M1** serve para deslocar o carro da esquerda para a direita e **M2** para deslocar o carro no sentido contrário.

V1 controla a agulhagem da linha. Quando $V1=0$, a agulha orienta-se para o destino **C**. Quando $V1=1$, a agulha orienta-se para o destino **B**.

Dispomos de sensores de fim de curso nos pontos **A**, **B** e **C**.

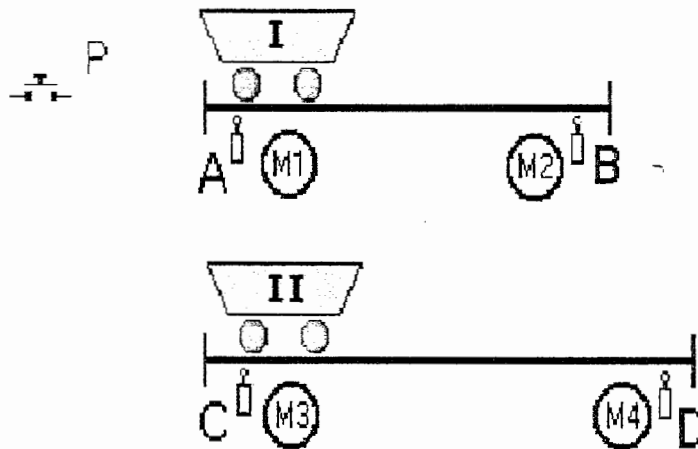


RESOLUÇÃO



Exercício 4 - Paralelismo

Os carrinhos da figura destinam-se ao transporte de objectos. Em situação de repouso ambos os carrinhos encontram-se no limite esquerdo dos seus percursos (situação da figura).



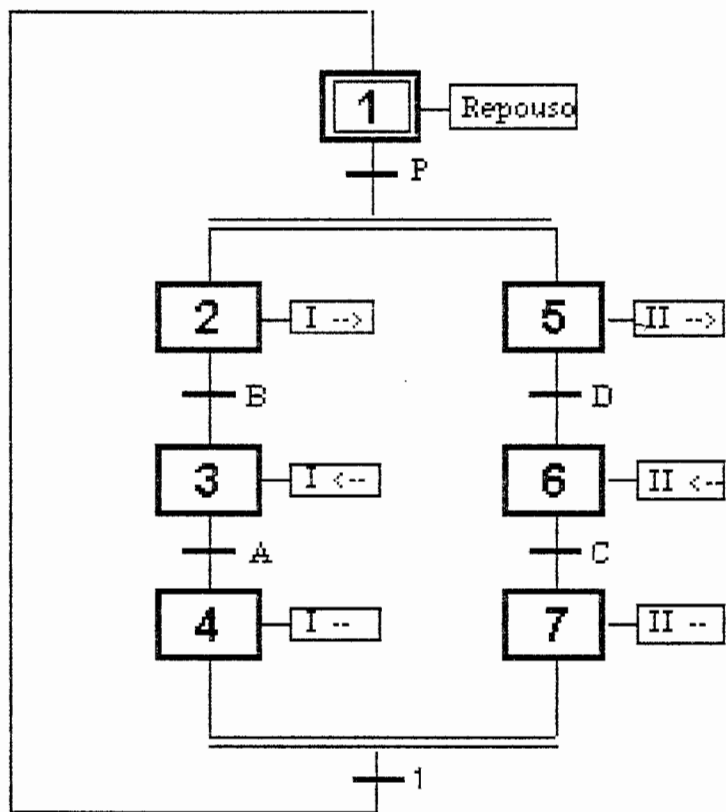
O deslocamento dos carrinhos é conseguido pelo accionamento dos motores **M1**, **M2**, **M3** e **M4**:

- **M1** desloca o carrinho **I** da direita para a esquerda.
- **M2** desloca o carrinho **I** da esquerda para a direita.
- **M3** desloca o carrinho **II** da direita para a esquerda.
- **M4** desloca o carrinho **II** da esquerda para a direita.

Os sensores de fim de curso **A**, **B**, **C** e **D** detectam a presença do carrinho respectivamente no extremo esquerdo e direito do percurso.

Quando o operador pressiona o contacto **P**, ambos os carros devem efectuar uma viagem de ida e volta ao extremo direito. Dependendo da carga utilizada, qualquer um dos carrinhos pode ser mais rápido do que o outro. Os carrinhos devem no entanto ser independentes um do outro. Isto é, um carrinho deve iniciar a viagem de regresso logo que atinge o extremo direito, independentemente da posição do outro carrinho.

Resolução:



3.5. APLICACÕES

Aplicação 1: Torno (semi-automático) para acabamento de buchas (diâmetro interno)

As buchas são conduzidas na frente da placa por intermédio de um carrinho que avança, mediante o cilindro 1.0 (A). Quando o carrinho chega na posição final dianteira, o cilindro 2.0 (B) empurra a bucha entre as castanhas da placa. O cilindro 3.0 (C) acciona a placa e a bucha é fixada. A unidade de avanço hidro-pneumática 4.0 (D) movimenta o carro porta-ferramenta executando o trabalho. A peça é solta e retirada manualmente.

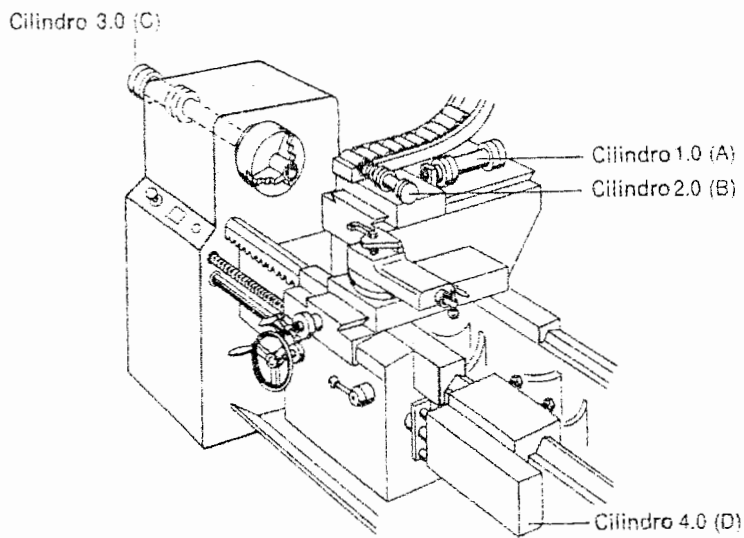
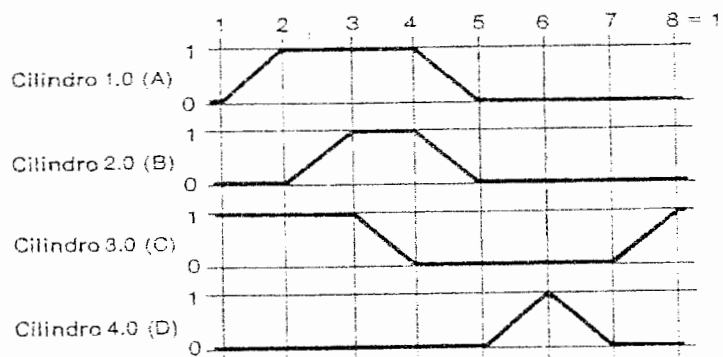


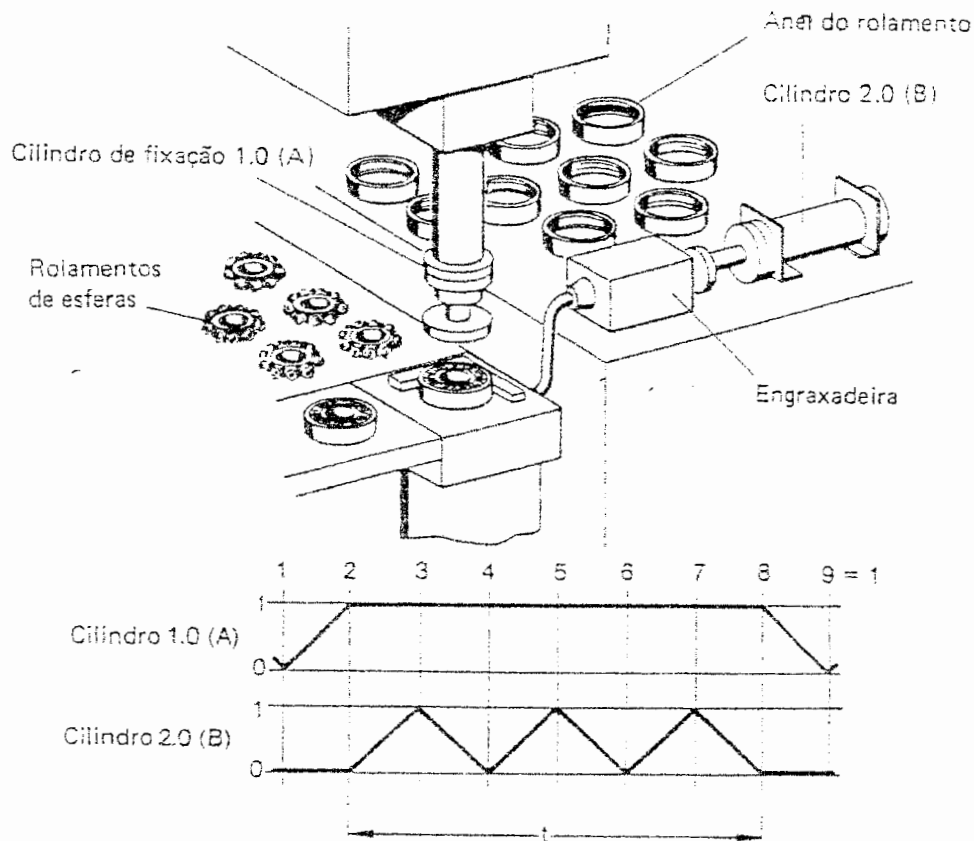
Diagrama trajecto-passo



Estabeleça o GRAFCET correspondente a este automatismo.

Aplicação 2: Dispositivo para montagem de rolamentos (numa bancada de montagem deve-se montar rolamentos e engraxa-los)

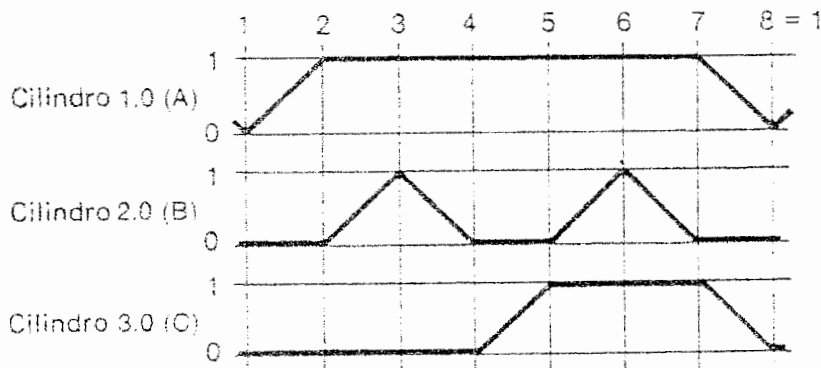
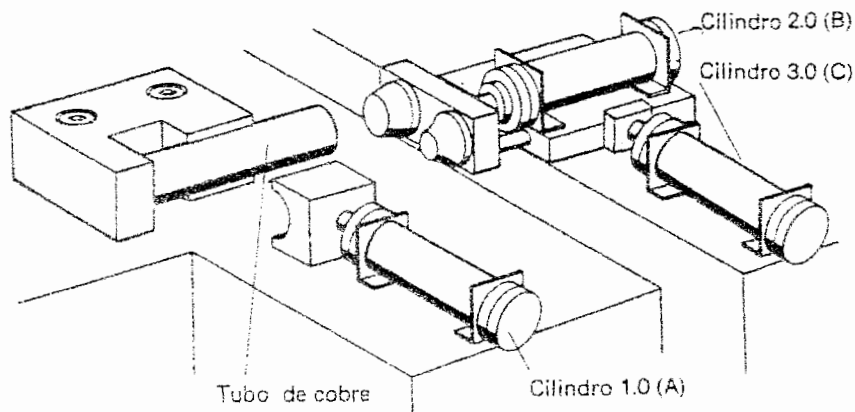
Após a montagem das peças individuais os rolamentos são fixados por um cilindro 1.0 (A). Um outro cilindro 2.0 (B) acciona uma bomba que introduz a graxa no rolamento. O número de bombeamentos é regulável, uma vez que, neste dispositivo podem se montar rolamentos de diversas medidas.



Desenhe o GRAFCET correspondente a este automatismo.

Aplicação 3: Dispositivo de rebordear

Os tubos de cobre para instalações devem ser rebordeados em duas etapas. O tubo é colocado manualmente num dispositivo com encosto. Após o sinal de partida, o cilindro de fixação 1.0 (A) avança. Através de um cilindro 2.0 (B) é executada a primeira operação. Após a execução, o cilindro 3.0 (C) avança e coloca o dispositivo em posição para a segunda operação. O cilindro 2.0 (B) avança novamente e executa a segunda operação de acabamento. O cilindro 2.0 (B) retorna à posição inicial. O cilindro 1.0 (A) solta a peça e simultaneamente o cilindro 3.0 (C) recoloca o dispositivo na posição da primeira operação.



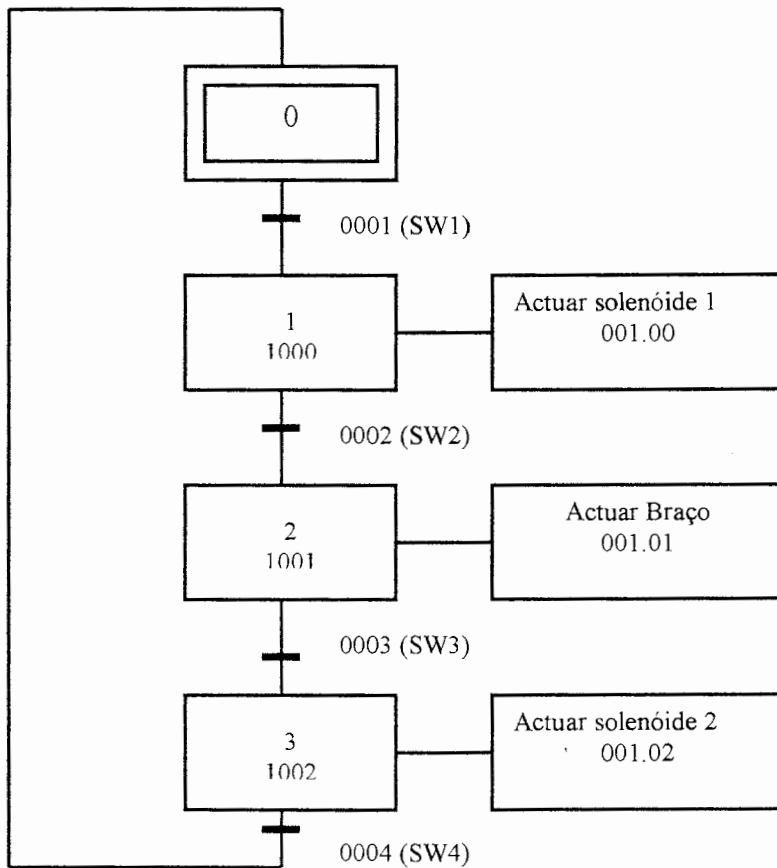
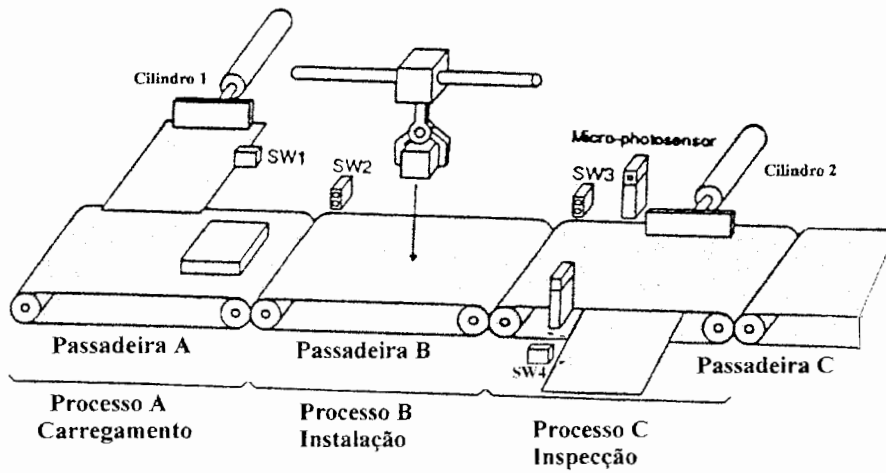
Desenhe o GRAFCET correspondente a este automatismo.

3.6 PROGRAMAÇÃO DO PLC – OMRON

3.6.1 INSTRUÇÕES

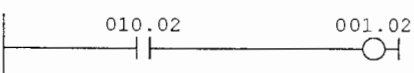
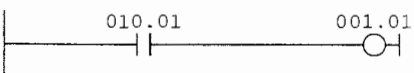
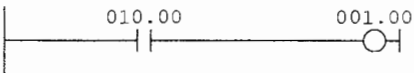
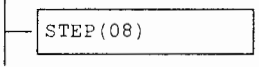
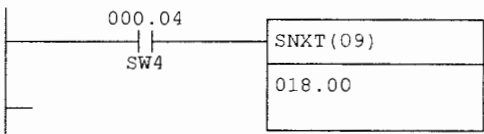
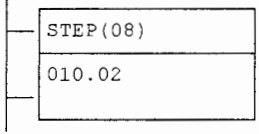
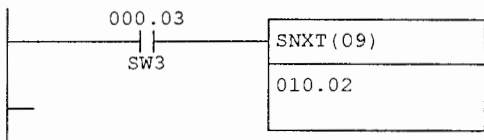
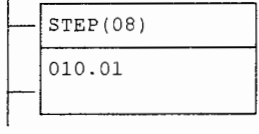
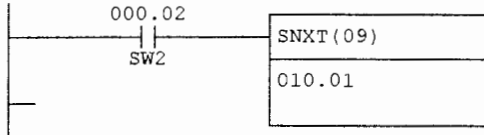
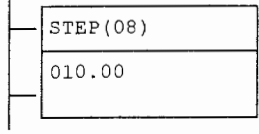
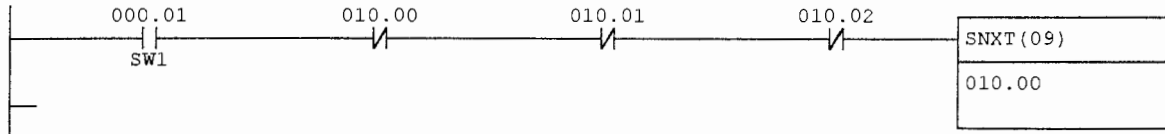
Instrução STEP (08) e SNXT (09)

1) Controlo sequencial



Principal 1 - 1

Controlo Secuencial



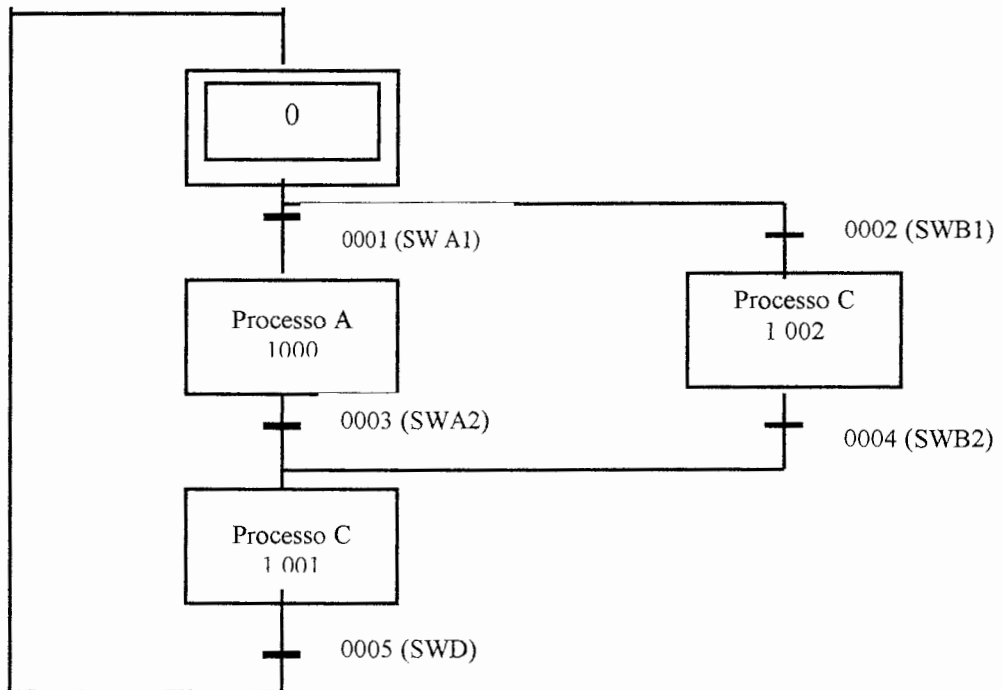
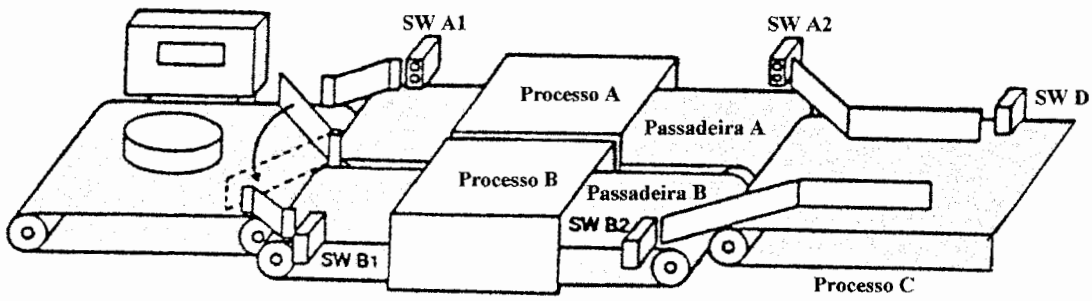
END(01)

Principal 1 - 1

Controlo Secuencial

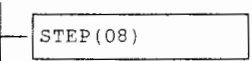
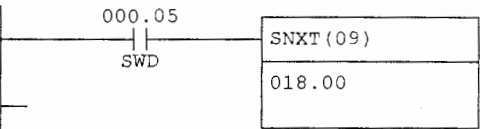
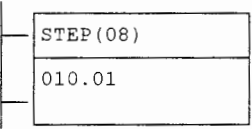
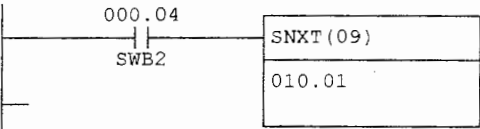
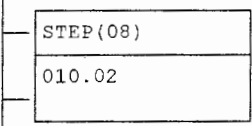
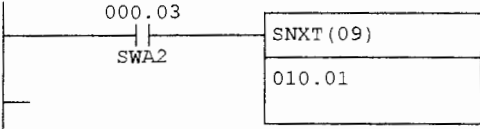
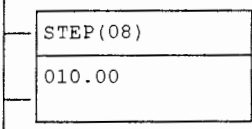
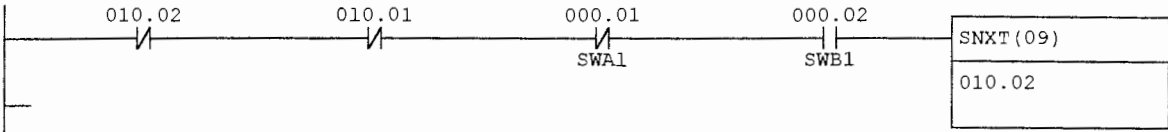
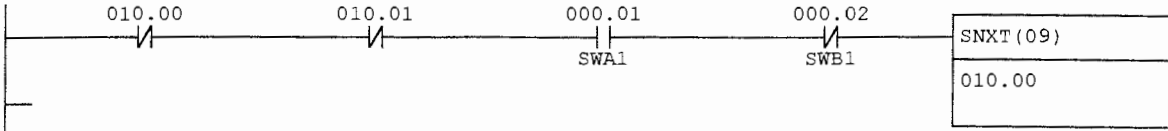
00000	LD	000.01	SW1
00001	AND NOT	010.00	010.00
00002	AND NOT	010.01	010.01
00003	AND NOT	010.02	010.02
00004	SNXT	010.00	010.00
00005	STEP	010.00	010.00
00006	LD	000.02	SW2
00007	SNXT	010.01	010.01
00008	STEP	010.01	010.01
00009	LD	000.03	SW3
00010	SNXT	010.02	010.02
00011	STEP	010.02	010.02
00012	LD	000.04	SW4
00013	SNXT	018.00	018.00
00014	STEP		
00015	LD	010.00	010.00
00016	OUT	001.00	001.00
00017	LD	010.01	010.01
00018	OUT	001.01	001.01
00019	LD	010.02	010.02
00020	OUT	001.02	001.02
00021	END		

2) Controlo de ramo seleccionado (alternativo)



Principal 1 - 2

Controlo de ramo seleccionado (alternativo)

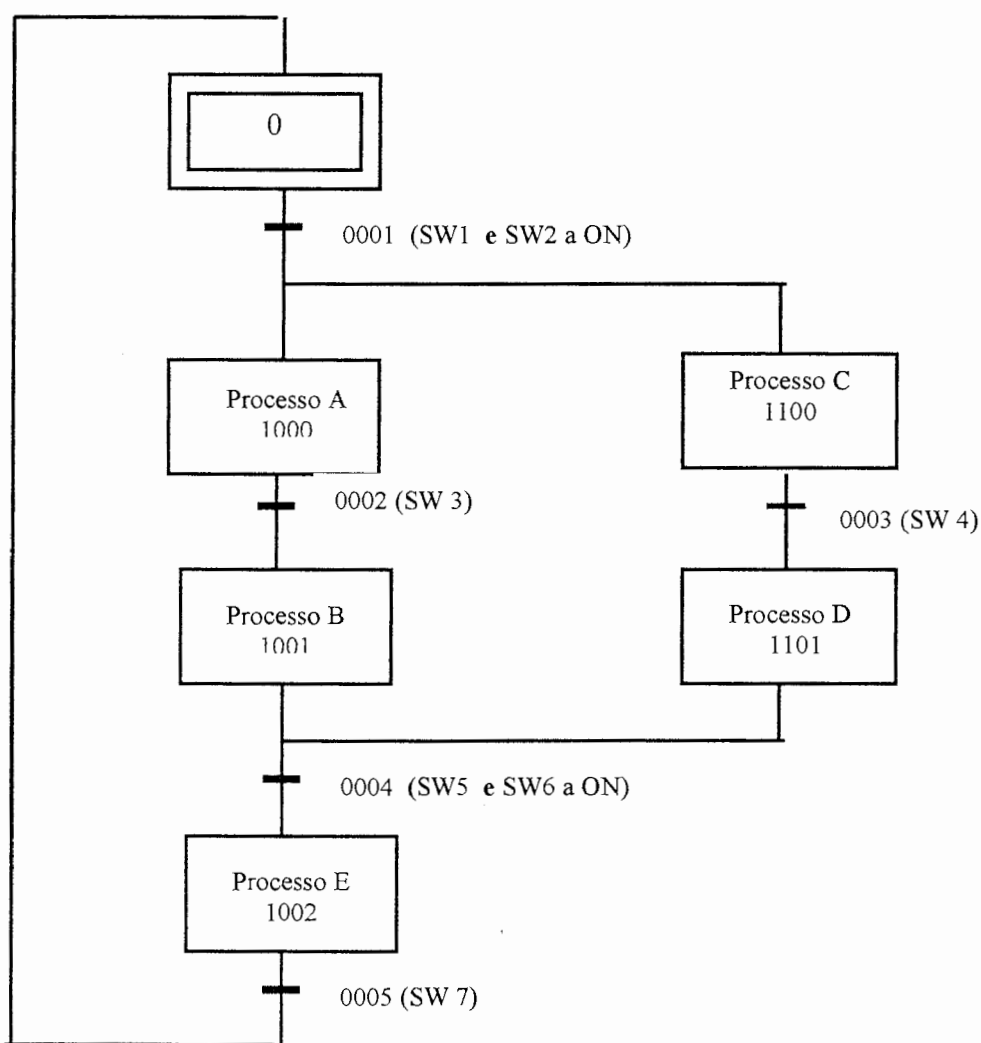
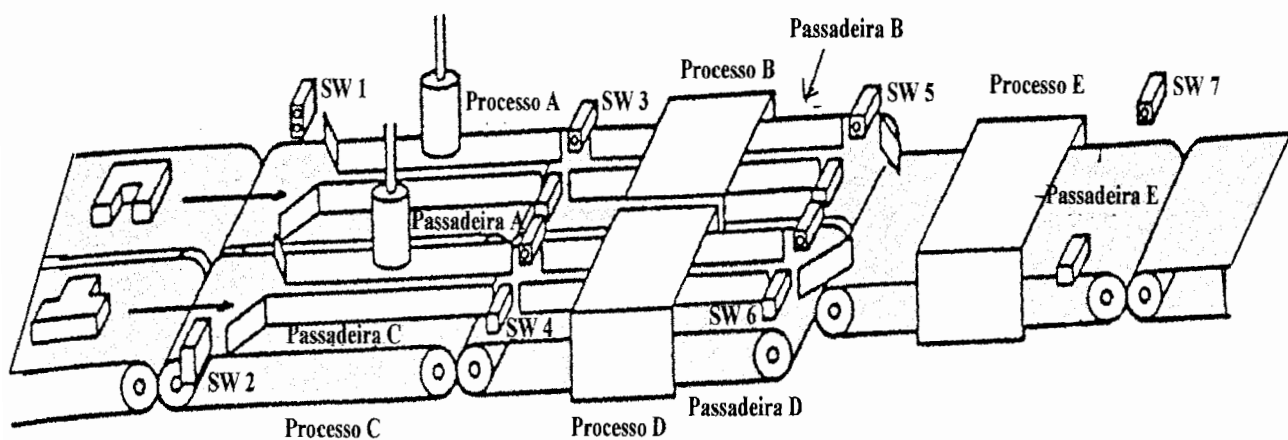


Principal 1 - 2

Controlo de ramo seleccionado (alternativo)

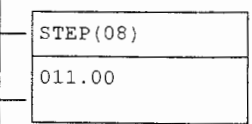
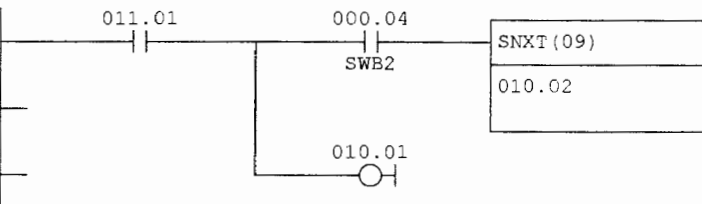
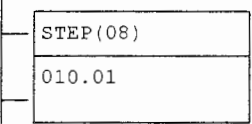
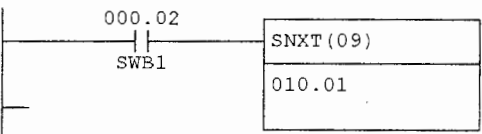
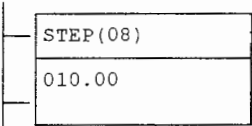
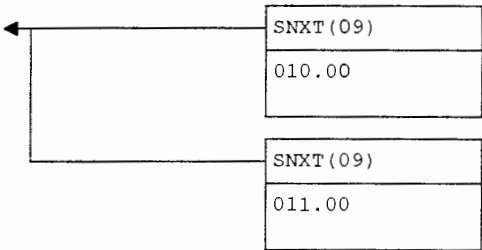
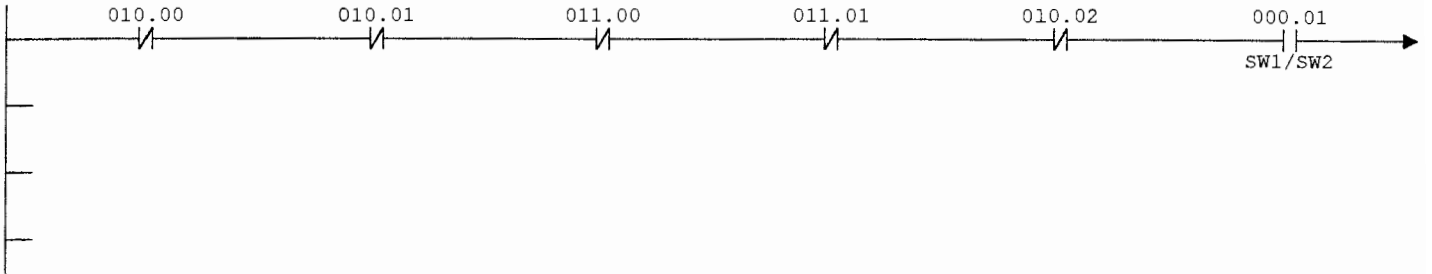
00000	LD NOT	010.00	010.00
00001	AND NOT	010.01	010.01
00002	AND	000.01	SWA1
00003	AND NOT	000.02	SWB1
00004	SNXT	010.00	010.00
00005	LD NOT	010.02	010.02
00006	AND NOT	010.01	010.01
00007	AND NOT	000.01	SWA1
00008	AND	000.02	SWB1
00009	SNXT	010.02	010.02
00010	STEP	010.00	010.00
00011	LD	000.03	SWA2
00012	SNXT	010.01	010.01
00013	STEP	010.02	010.02
00014	LD	000.04	SWB2
00015	SNXT	010.01	010.01
00016	STEP	010.01	010.01
00017	LD	000.05	SWD
00018	SNXT	018.00	018.00
00019	STEP		

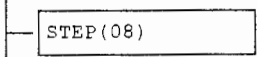
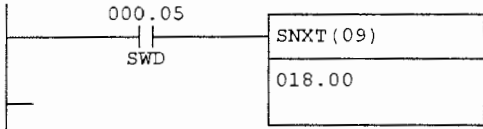
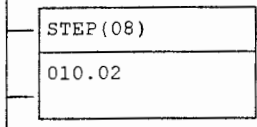
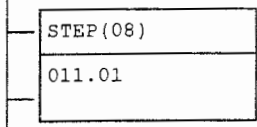
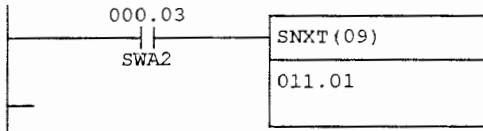
3) Controlo de ramo paralelo (Paralelismo)



Principal 1 - 3

Controlo de ramo paralelo (Paralelismo)





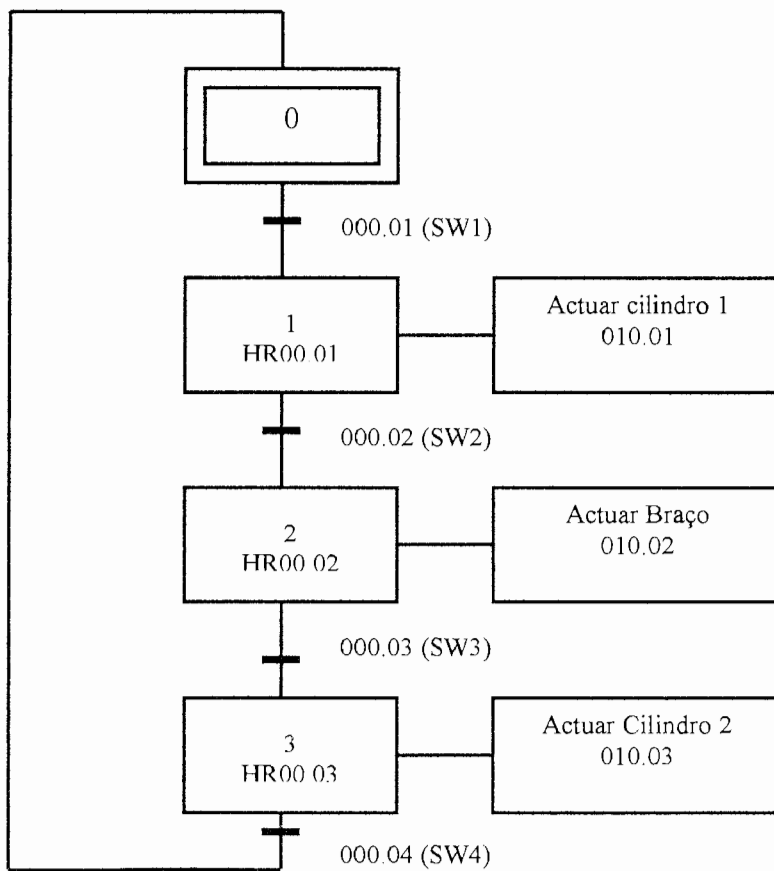
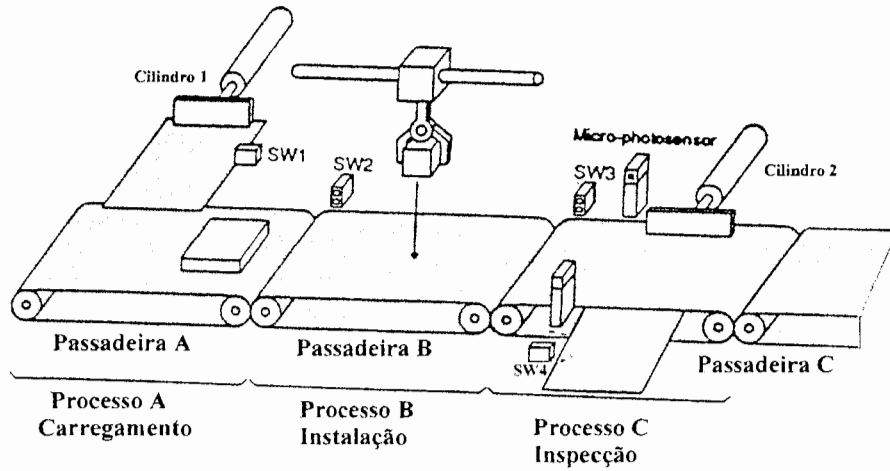
3.6 PROGRAMAÇÃO DO PLC – OMRON

3.6.1 INSTRUÇÕES

Instrução STEP (08) e SNXT (09)

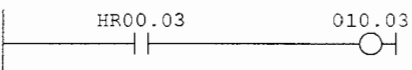
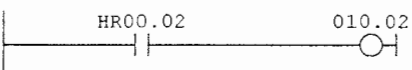
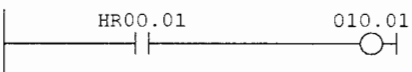
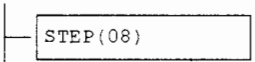
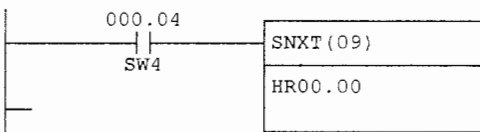
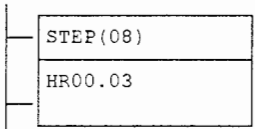
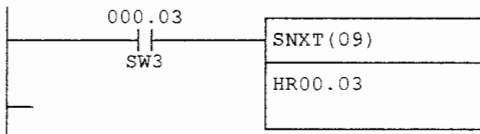
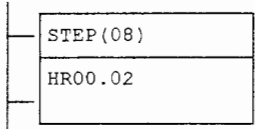
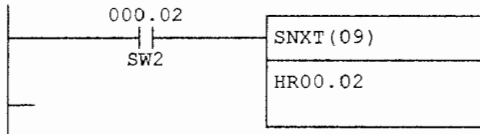
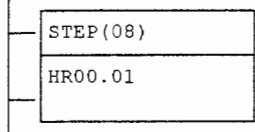
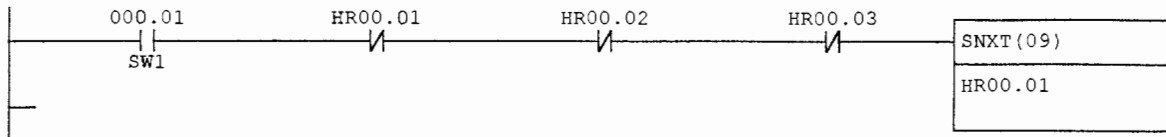
Exemplos de aplicação da instrução STEP e SNXT:

1) Controlo sequencial



Principal 1 - 1

Controlo Secuencial



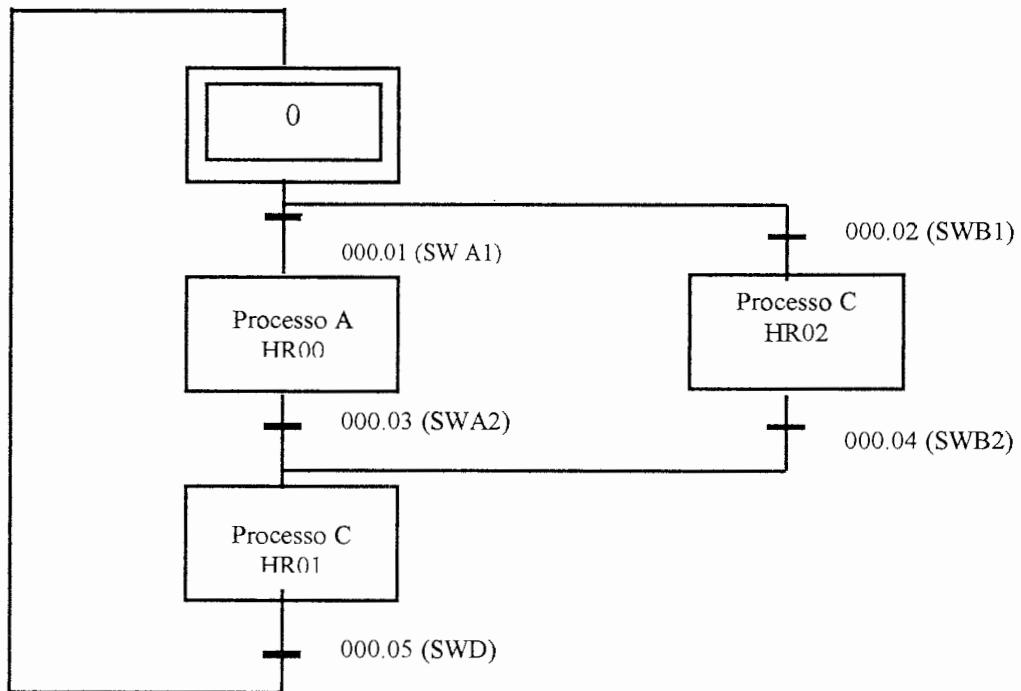
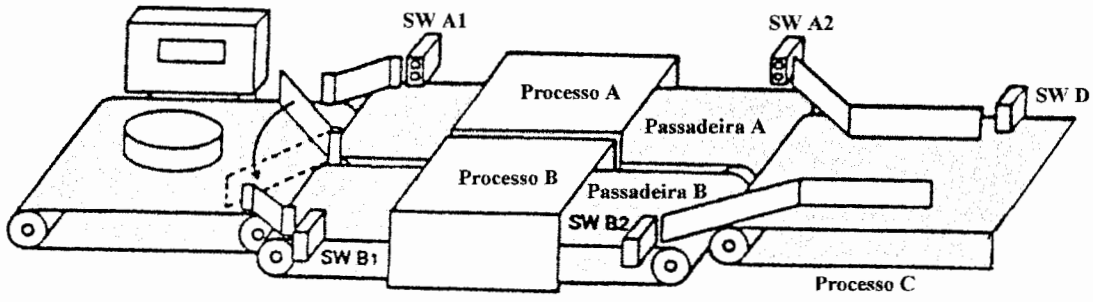
END(01)

Principal 1 - 1

Controlo Secuencial

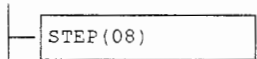
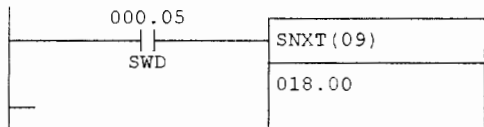
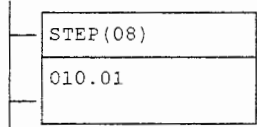
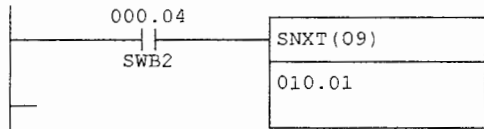
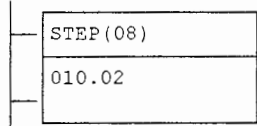
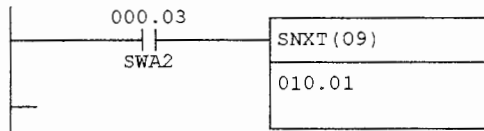
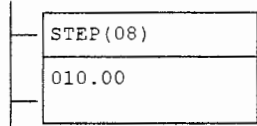
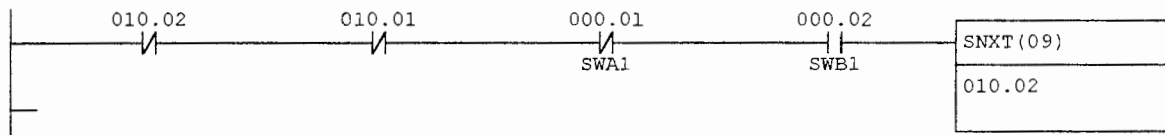
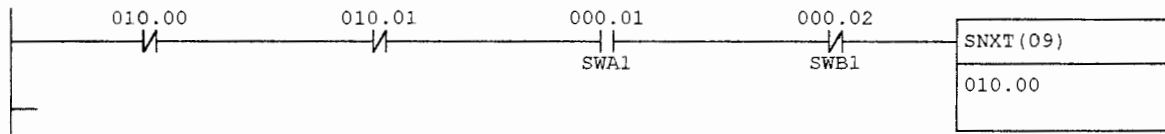
00000	LD	000.01	SW1
00001	AND NOT	HR00.01	HR00.01
00002	AND NOT	HR00.02	HR00.02
00003	AND NOT	HR00.03	HR00.03
00004	SNXT	HR00.01	HR00.01
00005	STEP	HR00.01	HR00.01
00006	LD	000.02	SW2
00007	SNXT	HR00.02	HR00.02
00008	STEP	HR00.02	HR00.02
00009	LD	000.03	SW3
00010	SNXT	HR00.03	HR00.03
00011	STEP	HR00.03	HR00.03
00012	LD	000.04	SW4
00013	SNXT	HR00.00	HR00.00
00014	STEP		
00015	LD	HR00.01	HR00.01
00016	OUT	010.01	010.01
00017	LD	HR00.02	HR00.02
00018	OUT	010.02	010.02
00019	LD	HR00.03	HR00.03
00020	OUT	010.03	010.03
00021	END		

2) Controlo de ramo seleccionado (alternativo)



Principal 1 - 2

Controlo de ramo seleccionado (alternativo)

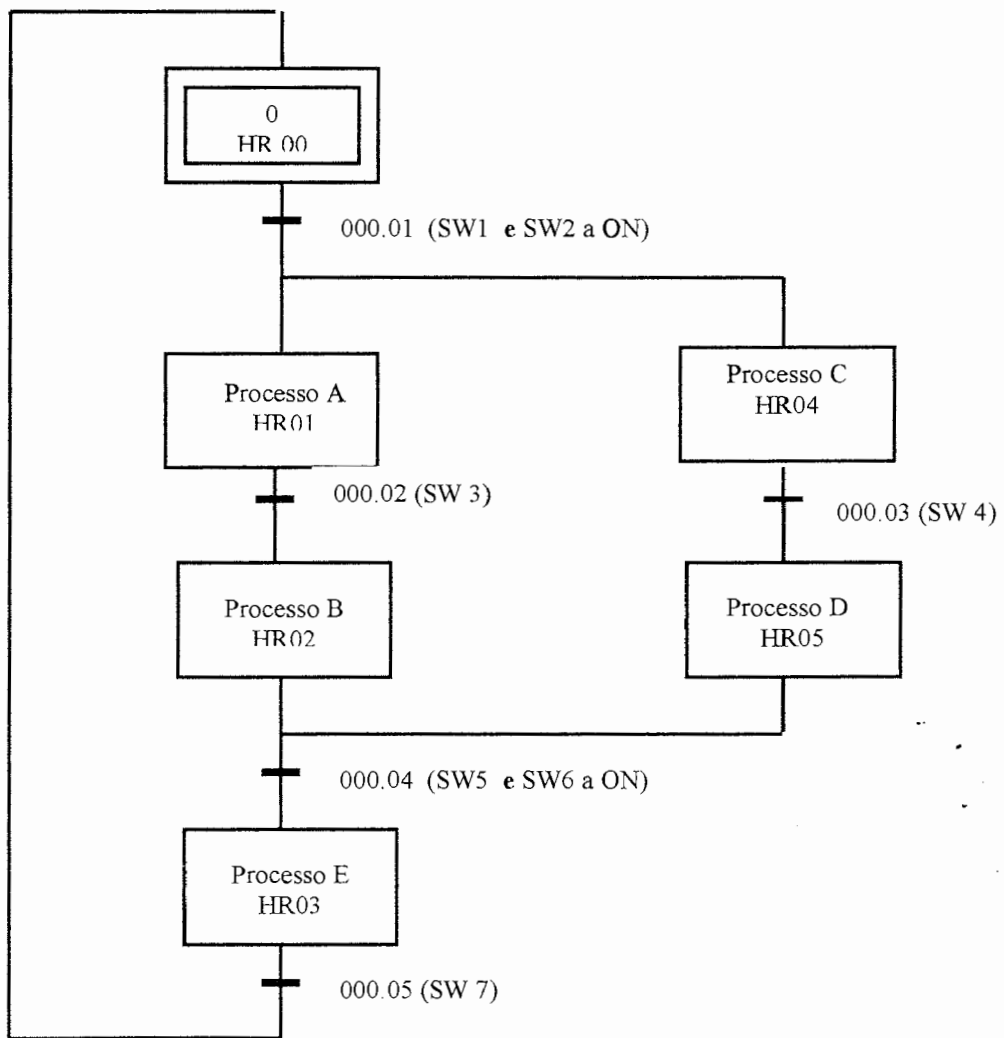
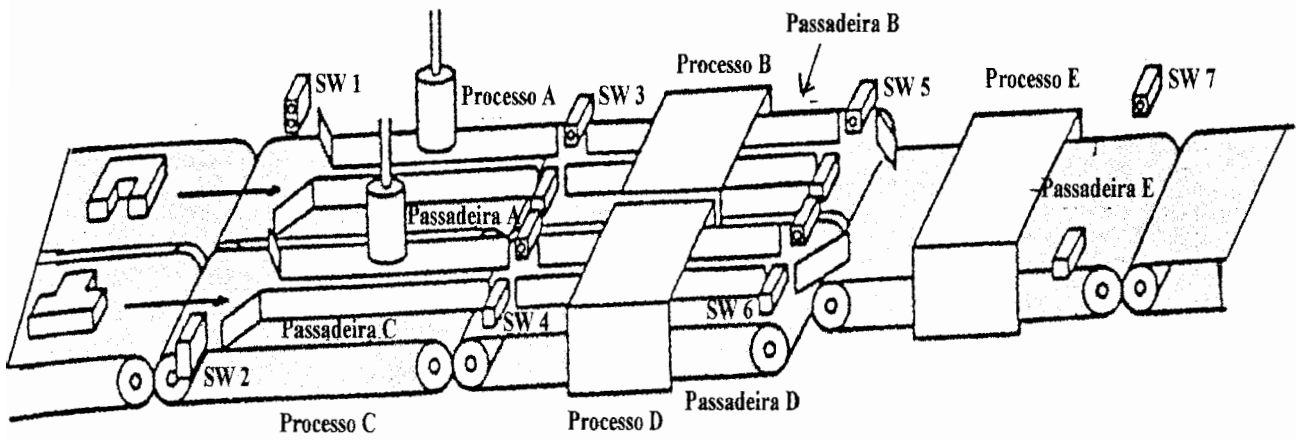


Principal 1 - 2

Controlo de ramo seleccionado (alternativo)

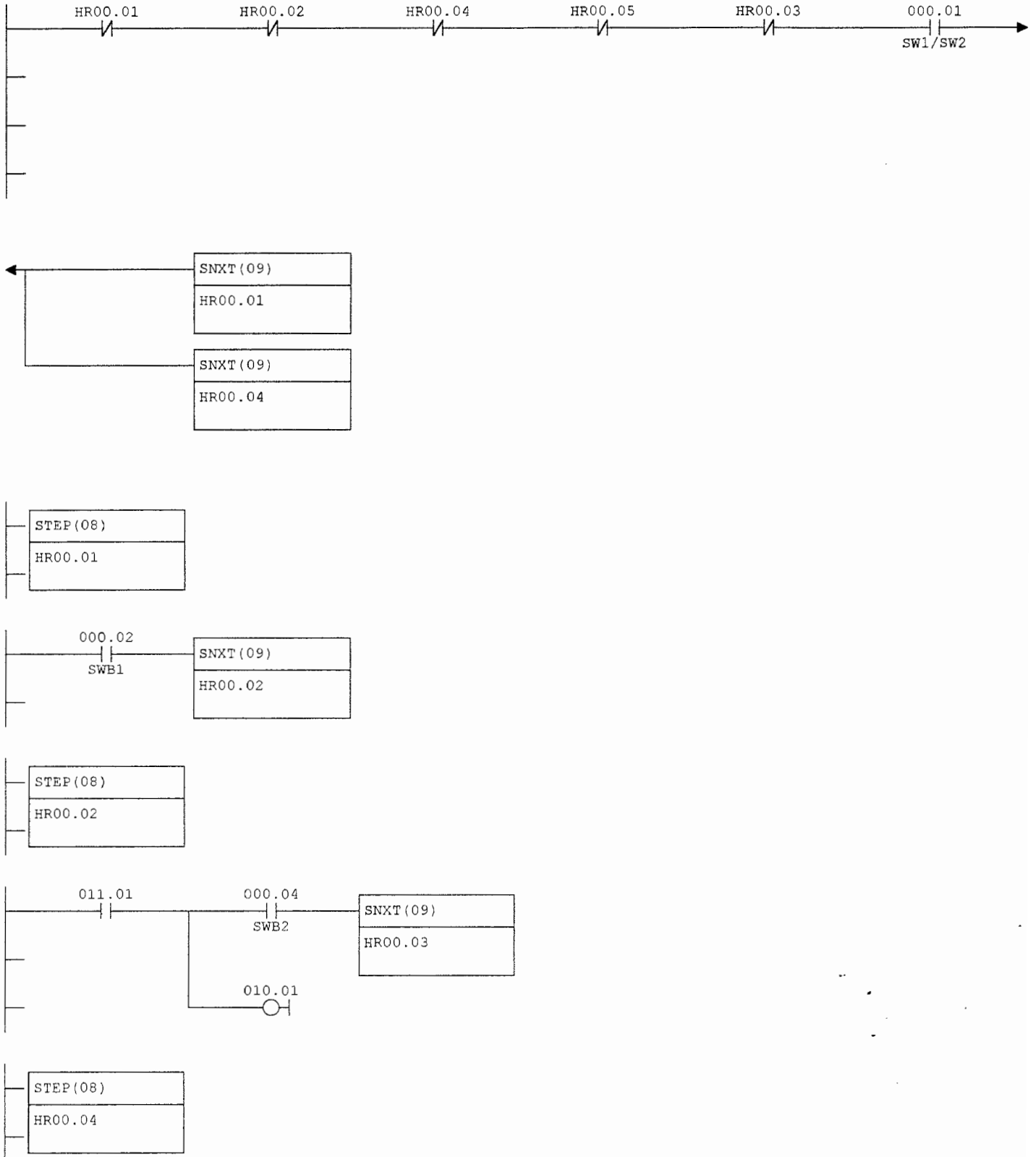
00000	LD NOT	010.00	010.00
00001	AND NOT	010.01	010.01
00002	AND	000.01	SWA1
00003	AND NOT	000.02	SWB1
00004	SNXT	010.00	010.00
00005	LD NOT	010.02	010.02
00006	AND NOT	010.01	010.01
00007	AND NOT	000.01	SWA1
00008	AND	000.02	SWB1
00009	SNXT	010.02	010.02
00010	STEP	010.00	010.00
00011	LD	000.03	SWA2
00012	SNXT	010.01	010.01
00013	STEP	010.02	010.02
00014	LD	000.04	SWB2
00015	SNXT	010.01	010.01
00016	STEP	010.01	010.01
00017	LD	000.05	SWD
00018	SNXT	018.00	018.00
00019	STEP		

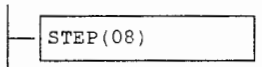
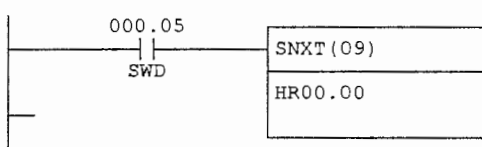
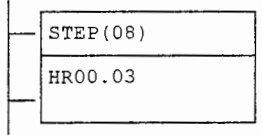
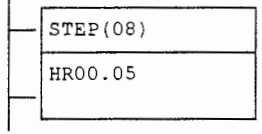
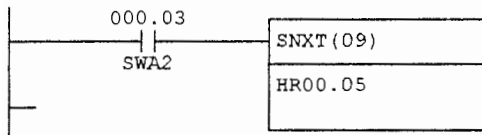
3) Controlo de ramo paralelo (Paralelismo)



Principal 1 - 3

Controlo de ramo paralelo (Paralelismo)





Principal 1 - 3

Controlo de ramo paralelo (Paralelismo)

00000	LD NOT	HR00.01	HR00.01
00001	AND NOT	HR00.02	HR00.02
00002	AND NOT	HR00.04	HR00.04
00003	AND NOT	HR00.05	HR00.05
00004	AND NOT	HR00.03	HR00.03
00005	AND	000.01	SW1/SW2
00006	SNXT	HR00.01	HR00.01
00007	SNXT	HR00.04	HR00.04
00008	STEP	HR00.01	HR00.01
00009	LD	000.02	SWB1
00010	SNXT	HR00.02	HR00.02
00011	STEP	HR00.02	HR00.02
00012	LD	011.01	011.01
00013	OUT	TRO	TRO
00014	AND	000.04	SWB2
00015	SNXT	HR00.03	HR00.03
00016	LD	TRO	TRO
00017	OUT	010.01	010.01
00018	STEP	HR00.04	HR00.04
00019	LD	000.03	SWA2
00020	SNXT	HR00.05	HR00.05
00021	STEP	HR00.05	HR00.05
00022	STEP	HR00.03	HR00.03
00023	LD	000.05	SWD
00024	SNXT	HR00.00	HR00.00
00025	STEP		

Instrução KEEP (11)

Um sistema de transferência automático tem movimentos segundo dois eixos ortogonais:

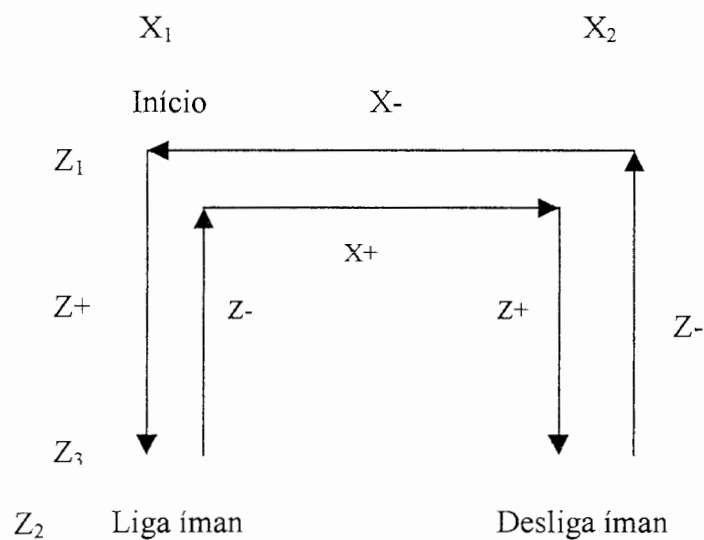
- eixo horizontal: movimento para a direita $X+$; movimento para a esquerda $X-$.
- eixo vertical: movimento para baixo $Z+$; movimento para cima $Z-$.

O automatismo é posto em funcionamento por actuação no botão de pressão S_1 . A actuação no botão S_0 provoca a paragem no fim do ciclo em curso.

Para que o sistema inicie o seu funcionamento devem estar garantidas as seguintes condições iniciais: posição alta Z_1 e posição esquerda X_1 .

O ciclo automático é constituído pela seguinte sequência de operações:

- Movimento para baixo $Z+$ até encontrar peça (sensor indutivo Z_2);
- Activação do electroímã I e movimento para cima $Z-$ até à posição alta Z_1 ;
- Movimento para direita $X+$ até à posição direita X_2 ;
- Movimento para baixo $Z+$ até à posição baixa Z_3 ;
- Desactivação do electroímã I e movimento para cima $Z-$ até à posição alta Z_1 ;
- Movimento para esquerda $X-$ até à posição esquerda X_1



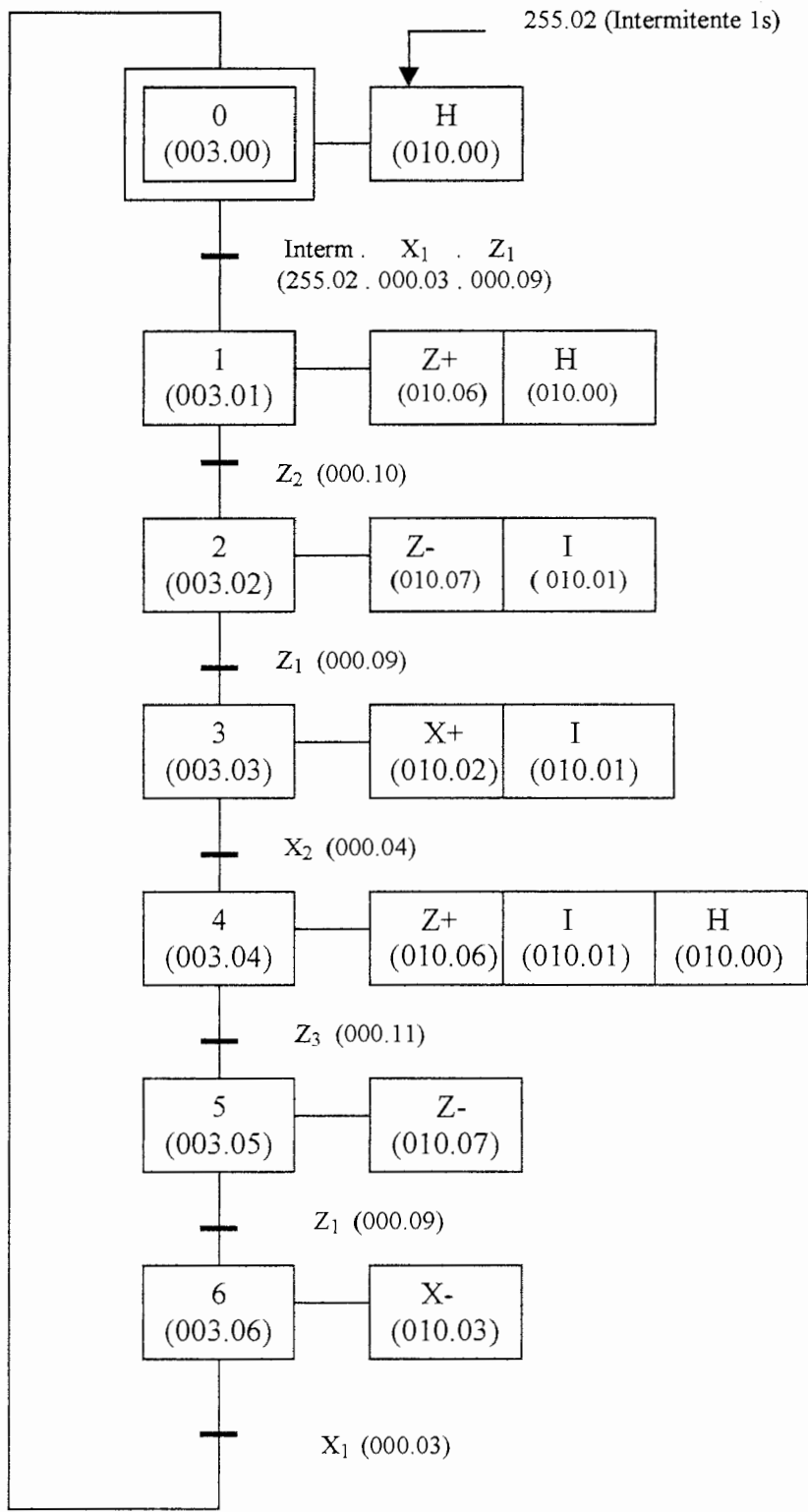
O sinalizador H deve estar intermitente enquanto o sistema espera ordem de marcha e deve estar aceso permanentemente sempre que se executa o movimento para baixo.

Tabela de endereçamentos		
Entradas/saídas		Endereços
Botão de pressão de paragem no fim do ciclo	S₀	000.00
Botão de pressão para pôr o sistema em funcionamento	S₁	000.01
Detector de posição esquerda	X₁	000.03
Detector de posição direita	X₂	000.04
Detector de posição alta	Z₁	000.09
Detector indutivo de presença de peça	Z₂	000.10
Detector de posição baixa	Z₃	000.11
Sinalizador luminoso	H	010.00
Electroímã	I	010.01
Pré-accionador de marcha à direita	X+	010.02
Pré-accionador de marcha à esquerda	X-	010.03
Pré-accionador de marcha para baixo	Z+	010.06
Pré-accionador de marcha para cima	Z-	010.07
Memória interna de sistema em funcionamento	-----	255.02

⊗ Obs: Um GRAFCET pode ser transcrito para um diagrama de contactos obedecendo-se às seguintes regras:

- Cada etapa será representada por um bit interno (**memória de etapa**) retido pela função **KEEP**
- As condições de **set** e de **reset** de uma memória de etapa devem respeitar as regras do GRAFCET respeitantes à activação e desactivação de etapas

O GRAFCET que descreve o funcionamento deste automatismo indica-se na página seguinte.



Estabeleça o diagrama de contactos e lista de instruções.

B - ELECTROPNEUMÁTICA

1. CIRCUITOS BÁSICOS E LÓGICOS

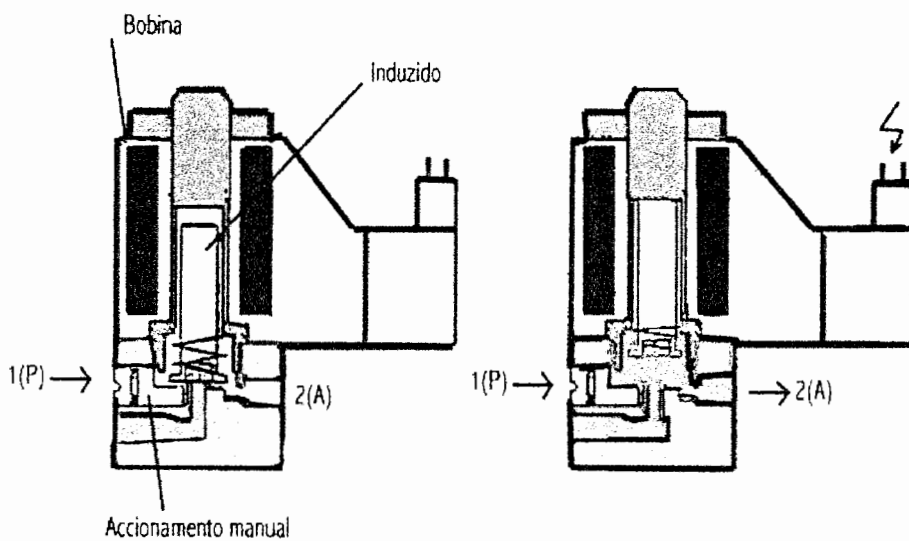
1.1. FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS SOLENÓIDE

VÁLVULA SOLENÓIDE DE 2/2 VIAS COM ACCIONAMENTO MANUAL AUXILIAR

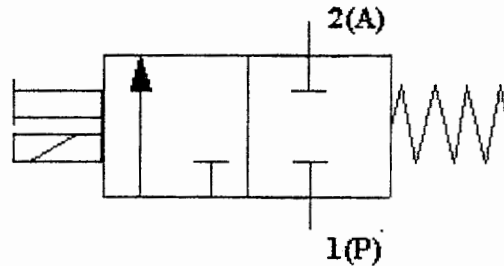
Na posição de repouso, a válvula está fechada. Através de um sinal eléctrico na bobina, o núcleo é levantado do seu assento de vedação e o ar comprimido flui da entrada 1(P) para a saída 2 (A).

Esta válvula representa dois estados 2/2 respectivamente fechada e aberta, sendo 1(P) a entrada e 2(A) a saída.

Para um accionamento manual auxiliar eventual, é previsto um parafuso com um rebaixo na extremidade, que ao ser girado provoca o levantamento do núcleo, accionando a válvula. Um exemplo deste tipo de válvula é o abrir e fechar de uma torneira de água.



A figura seguinte simboliza a reunião dos dois estados possíveis, constituindo o símbolo CETOP de uma válvula 2/2. O número de quadrados reunidos indica o número de estados ou posições.

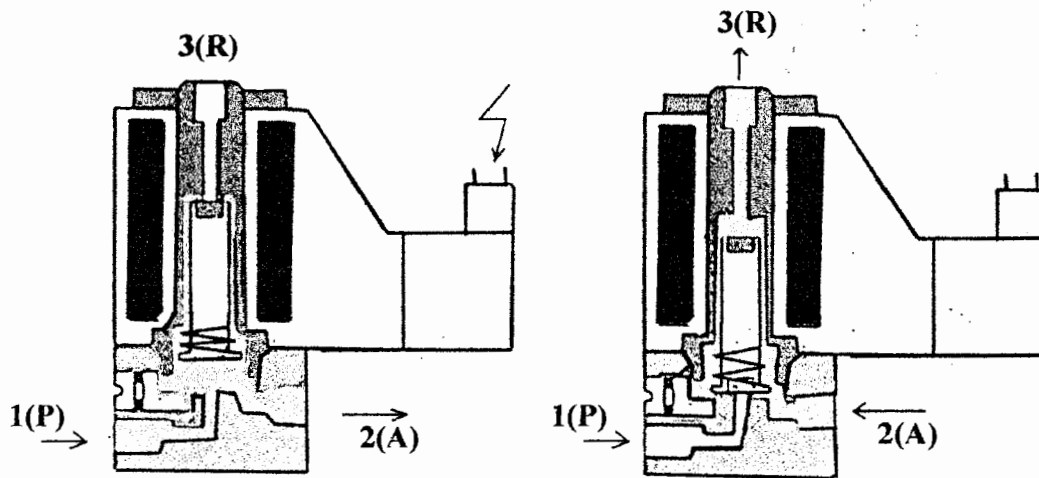


VÁLVULA SOLENÓIDE DE 3/2 VIAS COM ACCIONAMENTO MANUAL AUXILIAR NORMALMENTE FECHADA

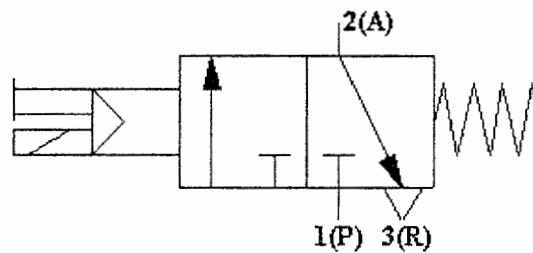
Na posição de repouso, a válvula está fechada. Através de um sinal eléctrico na bobina, o núcleo é levantado do seu assento de vedação e o ar comprimido flui da entrada 1(P) para a saída 2 (A) e a saída de exaustão 3(R) é fechada pelo núcleo. Ao ser suprimido o campo magnético, a mola de retorno pressiona novamente o núcleo contra o assento. A passagem de ar é fechada, e ao mesmo tempo é aberto o canal de exaustão 3(R) que agora, em comunicação com a saída 2(A), dá alívio ao ar que se encontra na tubulação conectada a esta.

O accionamento manual auxiliar, funciona de maneira análoga ao da válvula anterior.

Estas válvulas são empregadas no comando de cilindros de simples acção, no comando de outras válvulas, ou como registro para alimentação de ar em circuitos.



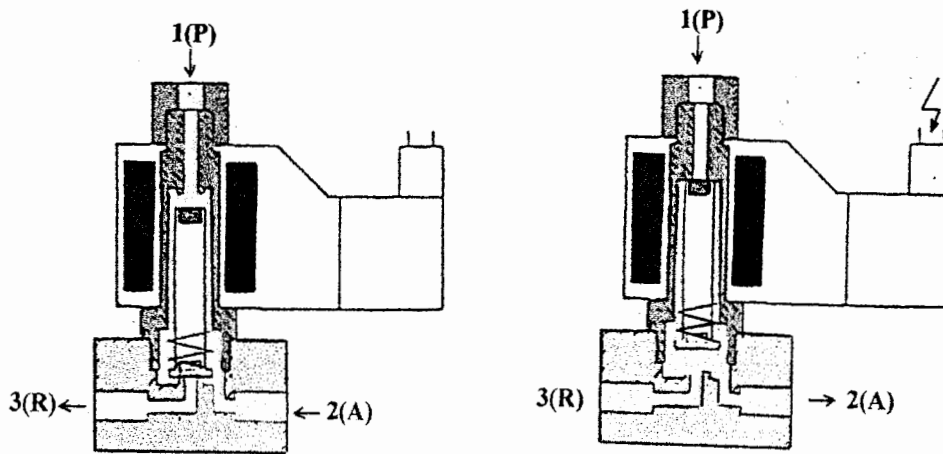
A figura seguinte simboliza a reunião dos dois estados possíveis, constituindo o símbolo CETOP de uma válvula 3/2. O número de quadrados reunidos indica o número de estados ou posições.



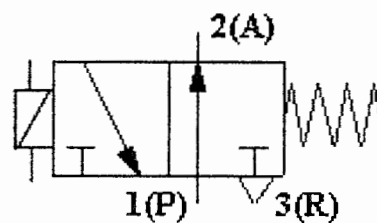
VÁLVULA SOLENÓIDE DE 3/2 VIAS NORMALMENTE ABERTA

Na posição de repouso, a válvula está aberta. O ar comprimido flui de 1(P) para 2(A). Através de um sinal eléctrico na bobina, a válvula comuta. A tubulação 2(A) é aliviada através de 3(R), ao mesmo tempo o núcleo fecha a conexão 1(P).

Esta válvula é utilizada quando a posição básica de um cilindro de acção simples deve ser avançado. Também é utilizada nos casos em que deverá existir um sinal pneumático em determinado ponto, sem que exista um sinal eléctrico na bobina.



A figura seguinte simboliza o símbolo CETOP de uma válvula 3/2. O número de quadrados reunidos indica o número de estados ou posições.



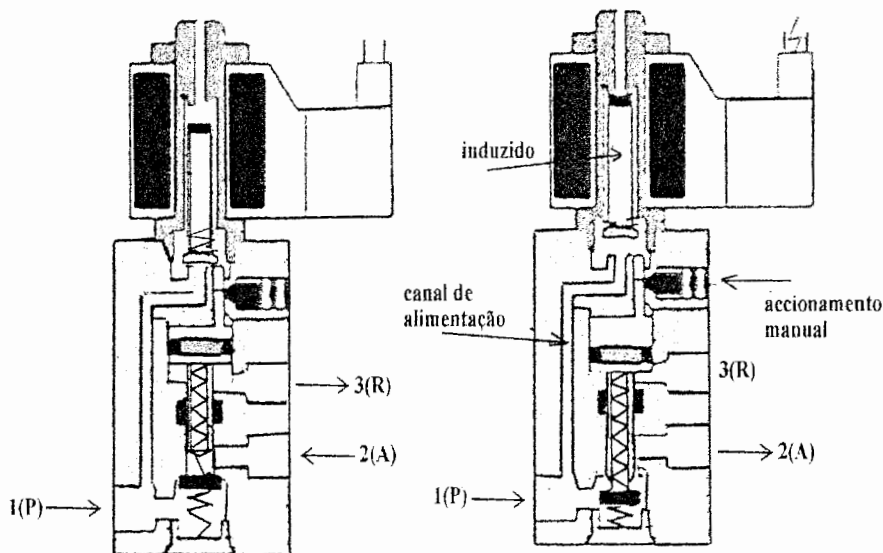
VÁLVULA SOLENÓIDE 3/2 VIAS COM ACCIONAMENTO POR SERVO-PILOTO NORMALMENTE FECHADA

As válvulas mostradas anteriormente eram de accionamento directo, isto é, a força necessária para vencer a mola e os atritos no instante da comutação, tinha que ser desenvolvida pela bobina. Esta força deve ser tanto maior quanto maior a dimensão da válvula, e isto significa bobinas maiores e conseqüentemente maior consumo de energia. A fim de manter pequenas, as dimensões da bobina mesmo no caso de ter de accionar válvulas de grande passagem, é utilizado o comando por **servo-piloto**.

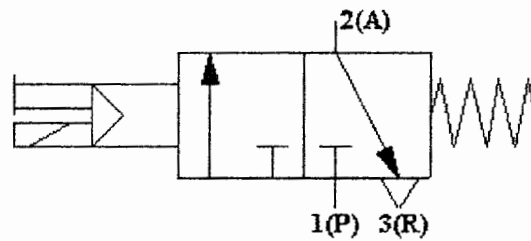
Este accionamento consiste de um cabeçote com uma microválvula de 3/2 vias que tem a tarefa de accionar pneumáticamente a válvula principal. Por possuir uma pequena passagem a força desta microválvula é reduzida.

A alimentação da microválvula é tomada através de um canal auxiliar derivado da entrada 1(P). Esta passagem encontra-se bloqueada pelo núcleo da bobina. Ao ser ligada a bobina, o núcleo é levantado, dando passagem ao ar para a parte superior do êmbolo de accionamento da válvula principal. A força que surge sobre este êmbolo, provoca o levantamento do prato da válvula principal, libertando a passagem de ar de 1(P) para 2(A). Ao ser desligada a bobina, é dada exaustão ao ar piloto através do escape da microválvula. O êmbolo de accionamento fica sem pressão, permitindo que uma mola o leve de volta para a posição inicial, libertando o prato, que através de outra mola é encostado em seu assento, fechando o ar e ao mesmo tempo dando exaustão do lado 2(A) para 3(R).

Para um correcto funcionamento destas válvulas, devem ser observados os valores mínimos e máximos de pressão especificados.

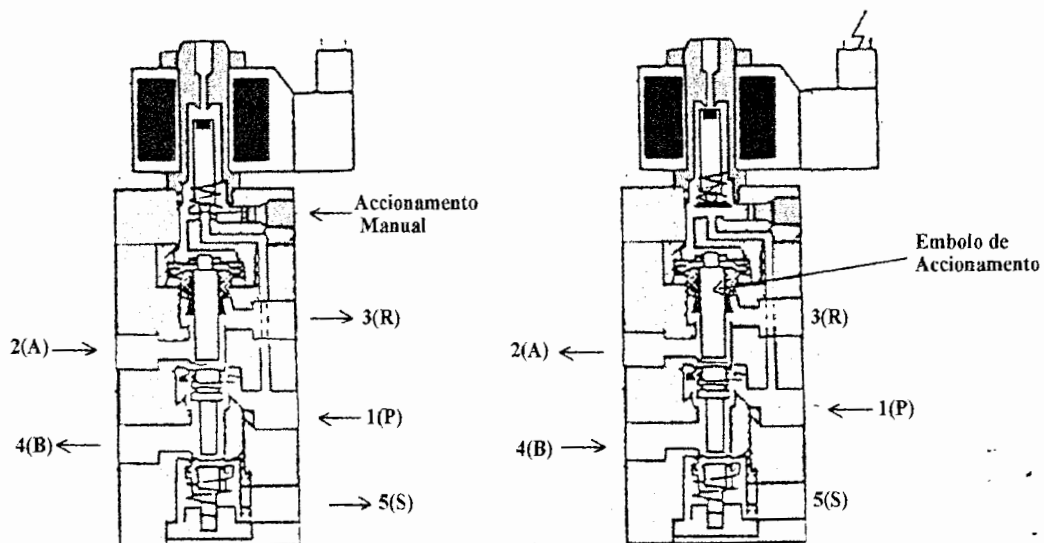


A figura seguinte simboliza o símbolo CETOP.

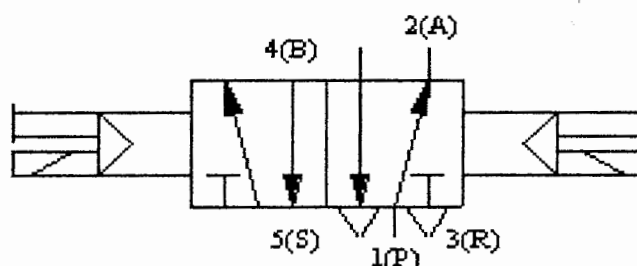


VÁLVULA SOLENÓIDE 5/2 VIAS COM ACCIONAMENTO POR SERVO-PILOTO

O accionamento é efectuada por uma microválvula de servo-piloto. Ao ser ligada a bobina, a microválvula é accionada, fazendo fluir ar comprimido para a corrediça da válvula principal, mudando-a de posição. No centro da corrediça, mediante um disco de vedação é conectada a entrada 1(P) com a saída 2(A) ou com a saída 4(B). A exaustão é realizada de 2(A) para 3(R) ou de 4(B) para 5(S).



A figura seguinte simboliza o símbolo CETOP.



1.2. ACTUADORES PNEUMÁTICOS LINEARES

INTRODUÇÃO

Os motores pneumáticos são o "coração" da maior parte dos equipamentos pneumáticos. São unidades leves e compactas que produzem trabalho de forma suave e isenta de vibrações. Não podem ser danificados por sobrecarga, reversões ilimitadas ou operação contínua. Também param e partem instantaneamente e permitem controlo com grandes variações no binário motor e na velocidade.

Podem classificar-se em:

Motores pneumáticos

Lineares (vulgarmente designados por cilindros)

Rotativos

Volumétricos

Turbinas

**de Engrenagem
de Palhetas
de Piston**

Dentro destes motores, os mais utilizados são os lineares, de palhetas, de piston e de turbina.

O cilindro pneumático (actuador linear) tem como energia o ar comprimido e pode executar operações até 30 000 Newton. Acções como transportar, fechar, abrir, apertar, cortar, prensar, puxar, elevar, são algumas das aplicações do movimento linear.

Ao necessitar de um actuador um construtor deve escolher com discernimento a técnica mais apropriada, em função das performances que pretende obter, de acordo com a:

- força mecânica a desenvolver;
- natureza e velocidade do movimento a executar;
- regularidade e precisão a obter;
- segurança e facilidade de manutenção.

CILINDROS

Como máquina ou órgão de potência, o cilindro é o componente mais simples que conhecemos, basicamente é constituído pelas partes a seguir indicadas:

Camisa - é a parte mais importante, devendo ser lisa, perfeitamente circular e com uma parede suficientemente grossa para não permitir deformação com o manuseio e pancadas sofridas em serviço;

Amortecedores - são embutidos no cilindro para evitar choques no fim do curso;

Tampas - fecham as extremidades do cilindro, proporcionam meios de apoio e de montagem;

Retentores - previnem o vazamento, podem ser feitos de vários materiais, a penetração da sujidade colada á haste é eliminada com o "retentor raspador".;

Pistão - proporciona a força oriunda do fluido sob pressão;

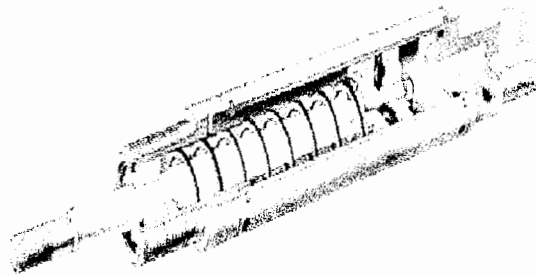
Anéis do pistão - asseguram a vedação entre o lado sob pressão e o lado oposto;

Haste do pistão - transmite a força exercida pelo pistão até ao ponto de aplicação, pode ser simples(saindo só de um lado do cilindro) ou dupla (saindo dos dois lados do cilindro);

Mola de retorno - assegura o regresso do pistão nos cilindros de efeito simples,

EFEITO SIMPLES/EFEITO DUPLO

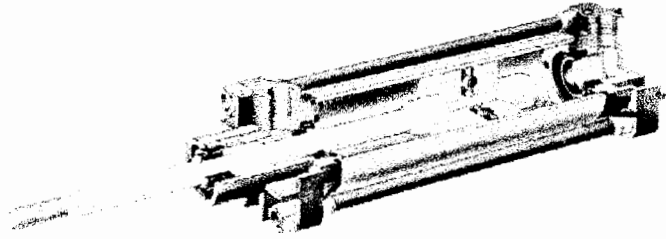
Um cilindro de efeito simples (ver figura) é um actuador que pode servir para empurrar ou puxar. O fluido sob pressão age somente de um lado, permitindo exercer a força numa só direcção. O retorno do pistão para a sua posição normal é feito por uma força externa, por exemplo, um peso apoiado na ponta da haste, ou, por acção da mola que pode ser embutida no próprio cilindro. Se for utilizado para empurrar cargas, a sua posição normal é de cilindro recolhido, se servir para puxar a posição normal é de cilindro estendido.



CILINDRO DE EFEITO SIMPLES.

Por outro lado, um cilindro de efeito duplo (ver figura 2) é um actuador em que a força pode ser exercida em dois sentidos (para empurrar e para puxar). Notar que as áreas do pistão sujeitas á pressão são diferentes, já que uma parte da área esquerda é ocupada pela haste. Assim sendo, a força para extensão é maior do que a força em retracção. Na mesma proporção mudará a velocidade, mas no sentido inverso.

Havendo uma disponibilidade constante da bomba a extensão será mais lenta do que o recolhimento.

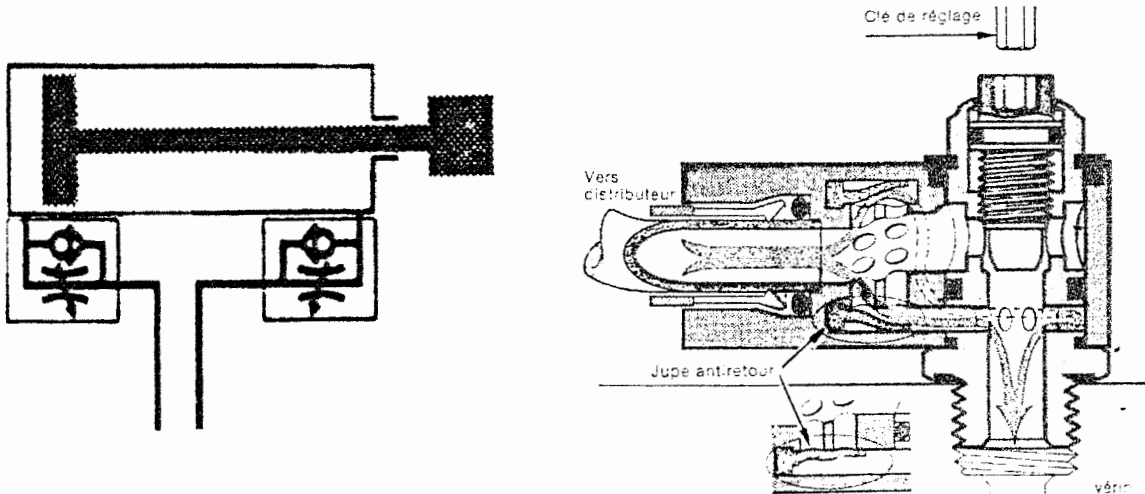


CILINDRO DE DUPLO EFEITO

REGULAÇÃO DA VELOCIDADE

A velocidade de deslocamento do êmbolo é determinada pelo débito de fluido da câmara a jusante. Este último é função das perdas de carga do circuito de escape.

Num cilindro pneumático a perda de carga é induzida pela passagem de ar através de uma secção de restrição regulável por parafuso-punção. Apresenta-se de seguida um regulador de velocidade usualmente utilizado.



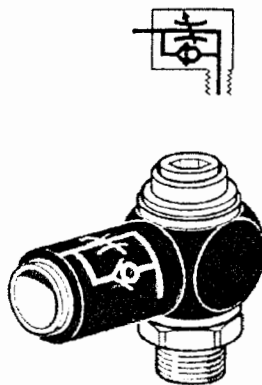
BLOCAGEM

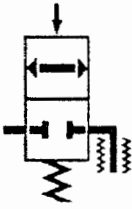
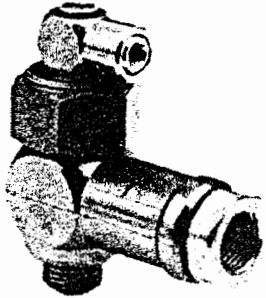
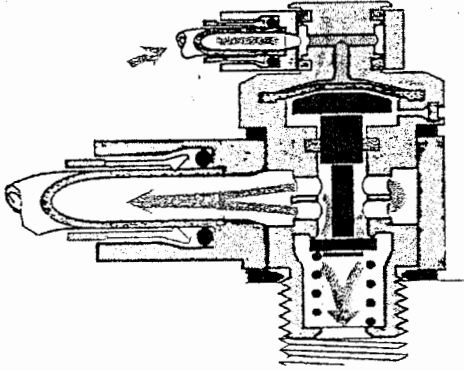
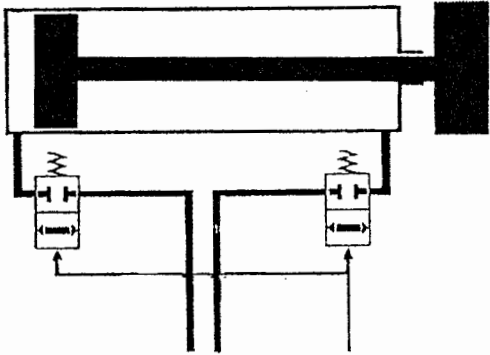
Por vezes é necessário interromper o funcionamento de um cilindro numa posição intermédia, tanto para posicionar o móvel como, por exemplo, para assegurar uma paragem de emergência. A solução mais simples consiste em fechar simultaneamente a admissão de fluido na câmara a montante e a fuga na câmara a jusante.

A paragem faz-se em três tempos:

- tempo de comutação do sistema bloqueador, que permite um trajecto do cilindro a partir da posição que ocupava quando foi dada a ordem;
- tempo de compressão da câmara a jusante, sob o efeito da pressão motriz e da energia cinética do equipamento móvel ;
- tempo de oscilação ou de salto para trás até ao equilíbrio das pressões a montante e a jusante .

Apresenta-se de seguida um dispositivo de blocagem usualmente utilizado





1.3. ESQUEMA ELECTROPNEUMÁTICOS PARA COMANDO DE CILINDROS

EXERCICIO 1: Comando de um cilindro de acção simples

Solução 1:

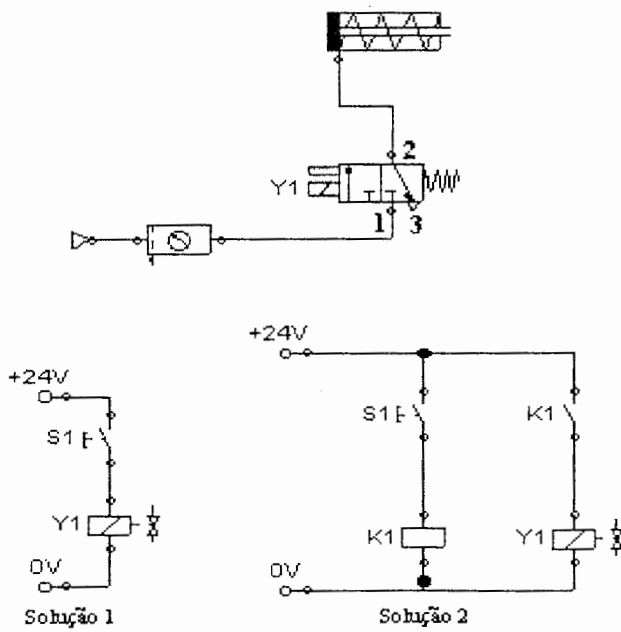
Mediante o accionamento do botão S1, fecha-se o circuito. A válvula é accionada e dá-se a passagem de ar de 1 para 2 e o cilindro desloca-se para a posição dianteira.

Ao soltar-se S1, o circuito é desligado e a válvula 3/2 toma a sua posição de repouso, colocando em conexão a saída 2 com o escape 3. Nesta situação o ar do cilindro é aliviado e este volta à sua posição inicial.

Solução 2:

O relé K1 é ligado pelo botão S1 fechando o seu contacto NA alimentando a bobina Y1 da electroválvula. Posteriormente segue-se a mesma sequência anteriormente descrita.

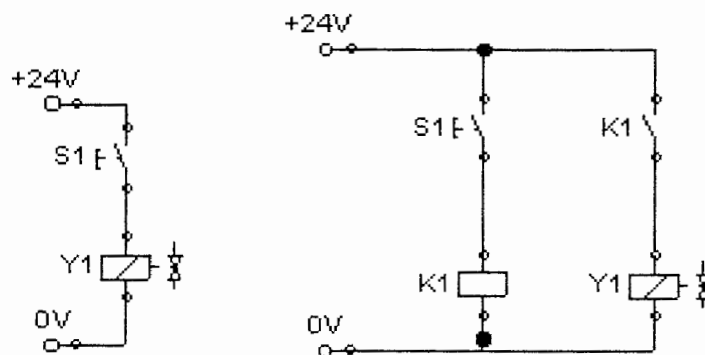
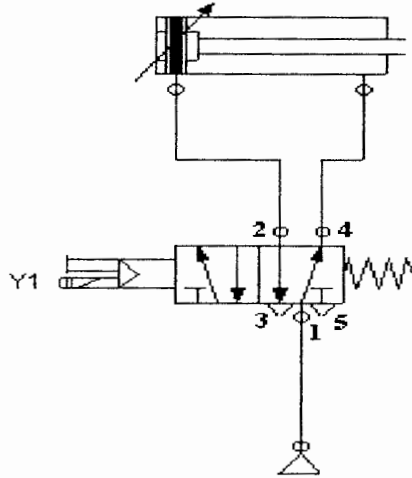
Esta solução deve ser utilizada quando a corrente que circula pela bobina for maior do que a máxima especificada para o botão S1, ou quando a ligação da bobina seja feita a uma tensão de 220 V. Neste caso, o botão ligaria o relé com uma tensão baixa, por exemplo 24 V, ficando o operador protegido.



EXERCICIO 2: Comando de um cilindro de acção dupla

Solução:

O comando feito através de uma válvula de 5/2 vias. Ao ser accionado o botão S1, é accionada a válvula, que por sua vez provoca o deslocamento do êmbolo do cilindro para a posição dianteira. Quando se deixa de accionar o botão S1, entra em acção a mola de reposição da válvula, colocando-a na posição de repouso, voltando o cilindro à posição inicial.

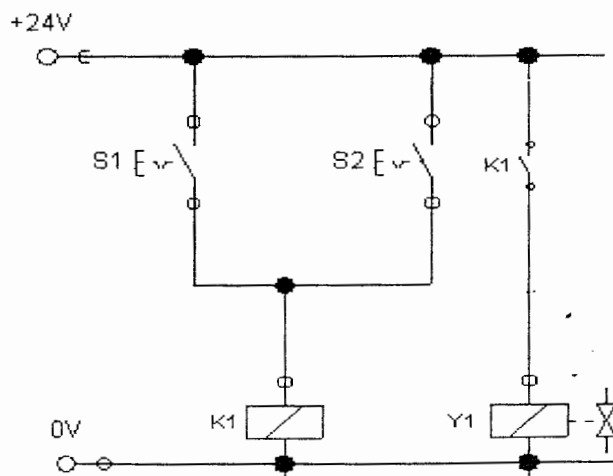
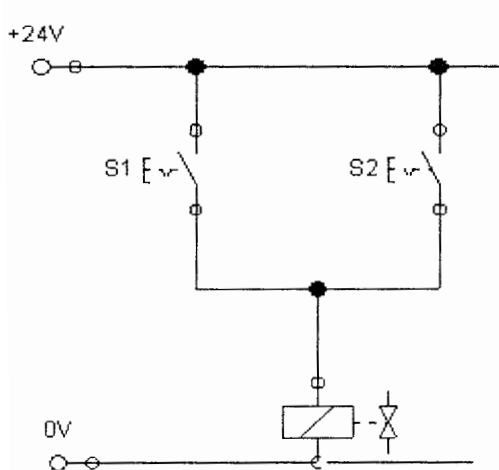
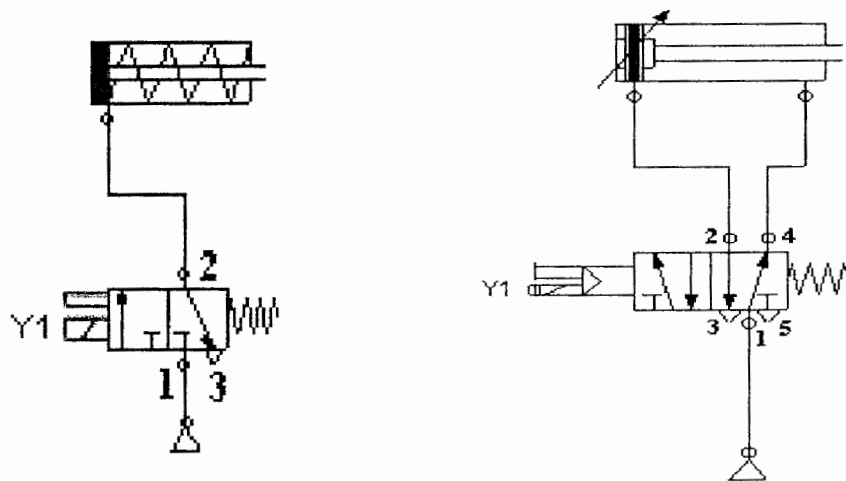


EXERCICIO 3: Ligação em paralelo (cilindro simples e dupla acção)

Solução:

O êmbolo do cilindro deve avançar quando o botão S1 ou S2 forem accionados em dois pontos distintos.

Ao ser accionado o botão S1 ou S2, excita-se a válvula Y1 (3/2 ou 5/2) é accionada e o êmbolo desloca-se para a posição dianteira. Ao ser desactivado um dos botões ou ambos, desaparece o sinal em Y1, a válvula é comutada e o cilindro volta à posição inicial.

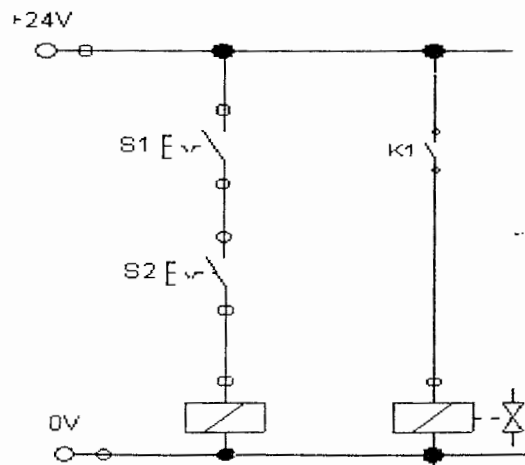
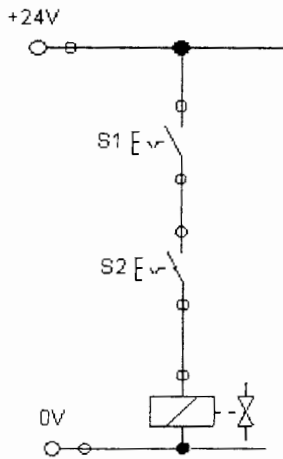
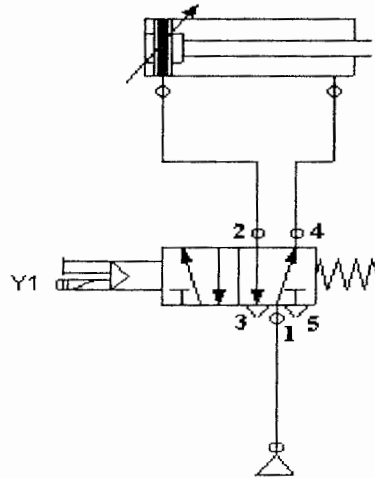
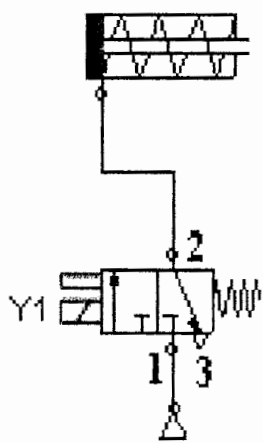


EXERCICIO 4: Ligação em série (cilindro simples e dupla acção)

Solução:

O êmbolo do cilindro deve avançar quando o botão S1 e S2 forem accionados..

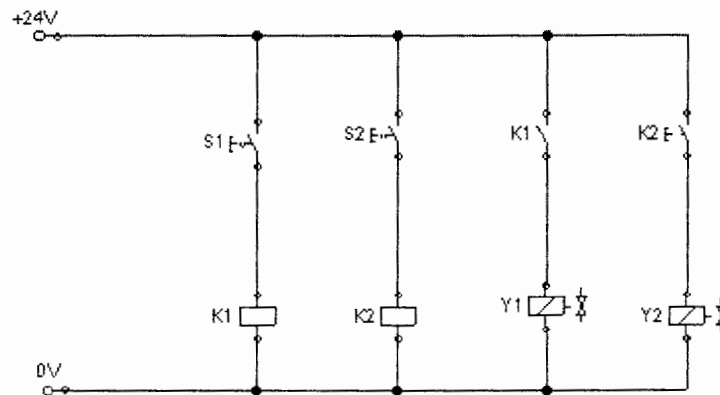
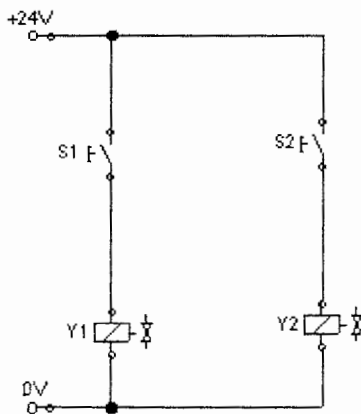
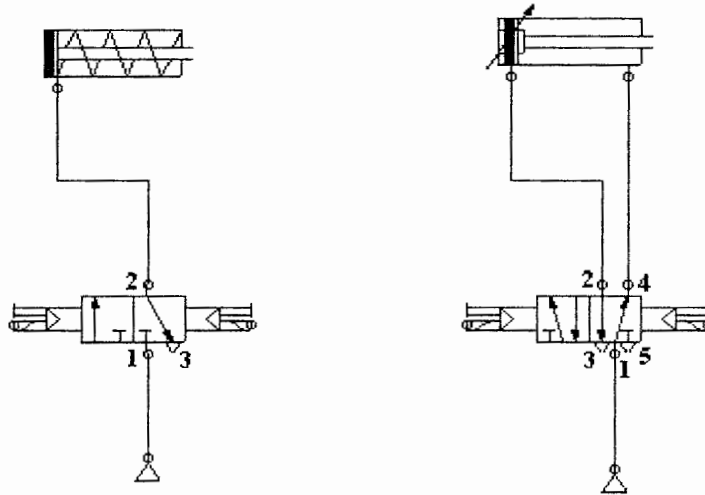
Ao ser accionado o botão S1 e S2, excita-se a válvula Y1 (3/2 ou 5/2) é accionada e o êmbolo desloca-se para a posição dianteira. Ao ser desactivado qualquer dos botões, desaparece o sinal em Y1, a válvula é comutada e o cilindro volta à posição inicial.



EXERCICIO 5: Comando bilateral indirecto

Solução:

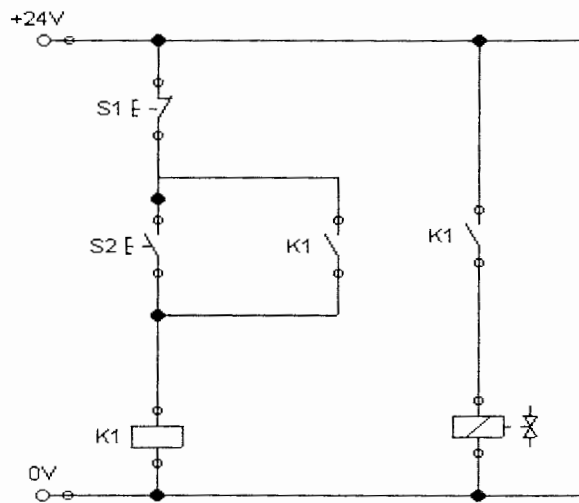
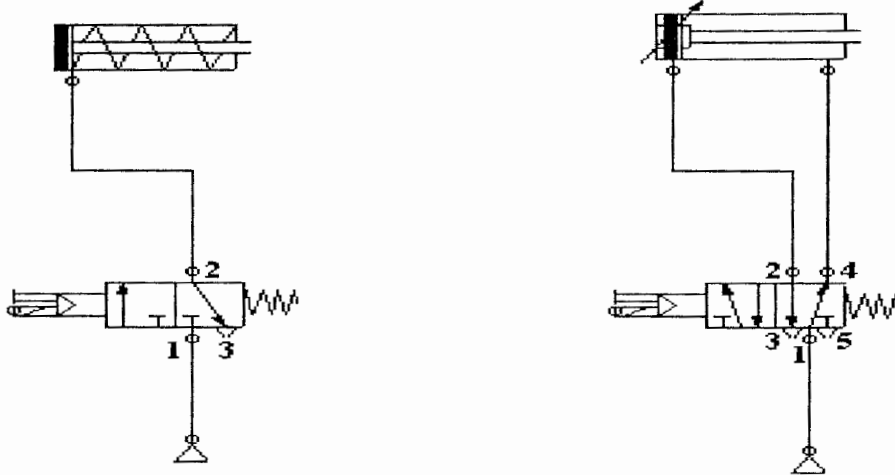
Ao ser accionado o botão S1, excita-se a válvula Y1 (3/2 ou 5/2) é accionada e o êmbolo desloca-se para a posição dianteira, devendo assim permanecer mesmo que o botão S1, seja libertado. O retorno do cilindro deverá efectuar-se somente quando o outro botão S2 for pressionado, activando a bobina Y2 e comutando a válvula..



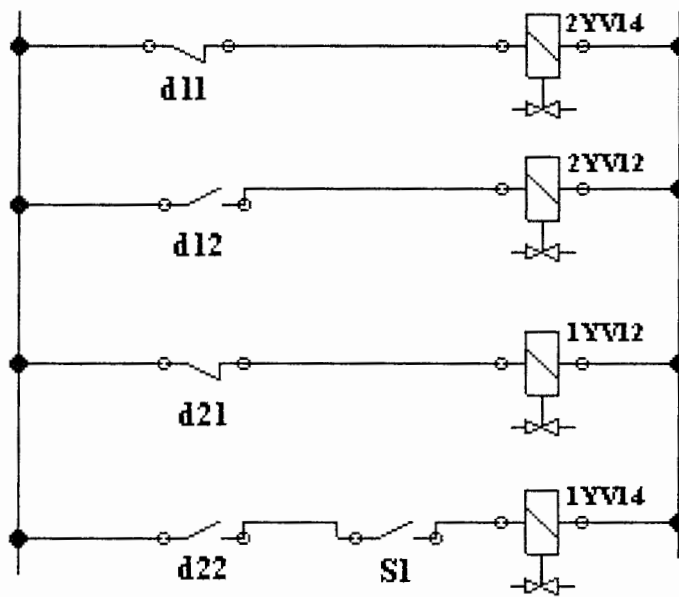
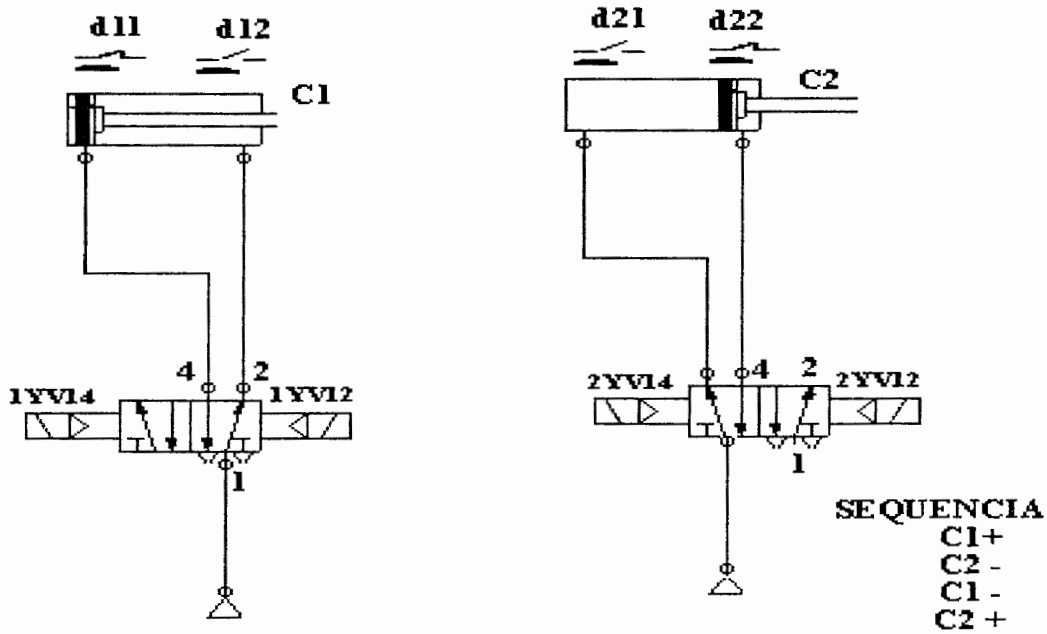
EXERCICIO 6: Comando de um cilindro de simples ou dupla acção, com circuito de auto-retenção

Solução:

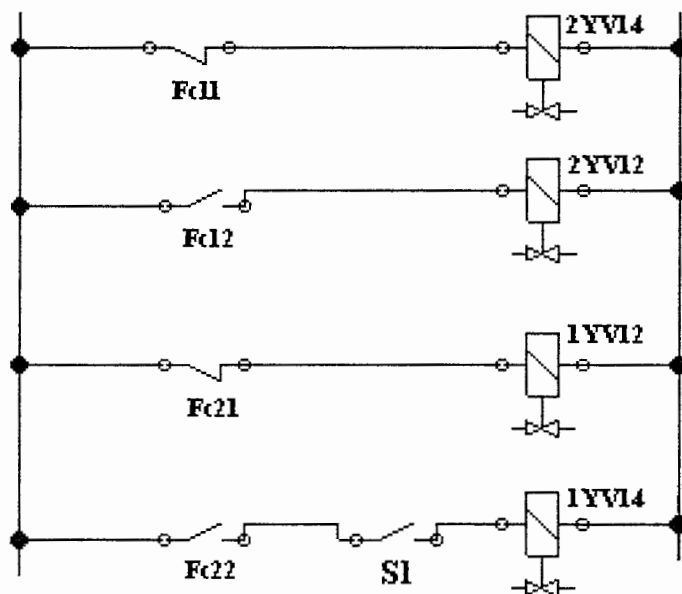
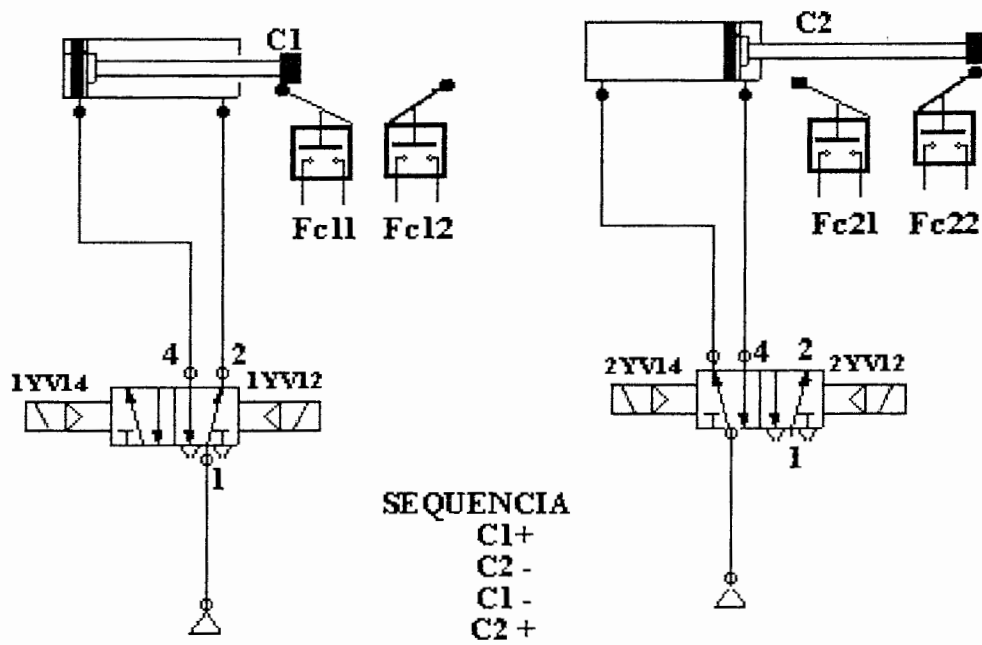
O êmbolo de um cilindro de simples acção ou dupla acção deve avançar e permanecer na posição dianteira através de um impulso n botão S1. O retorno à posição traseira deverá ser comandado pelo accionamento de um outro botão S2.



EXERCICIO 7: Comando de um cilindro de dupla acção, através de sensores indutivos.

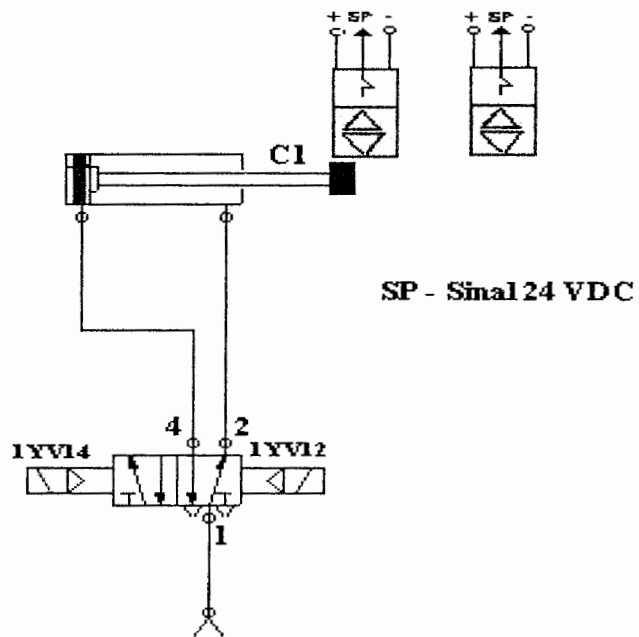


EXERCICIO 8: Comando de um cilindro de dupla acção, através de Fins de Curso



EXERCICIO 9: Comando de um cilindro de dupla acção, por autómato programável

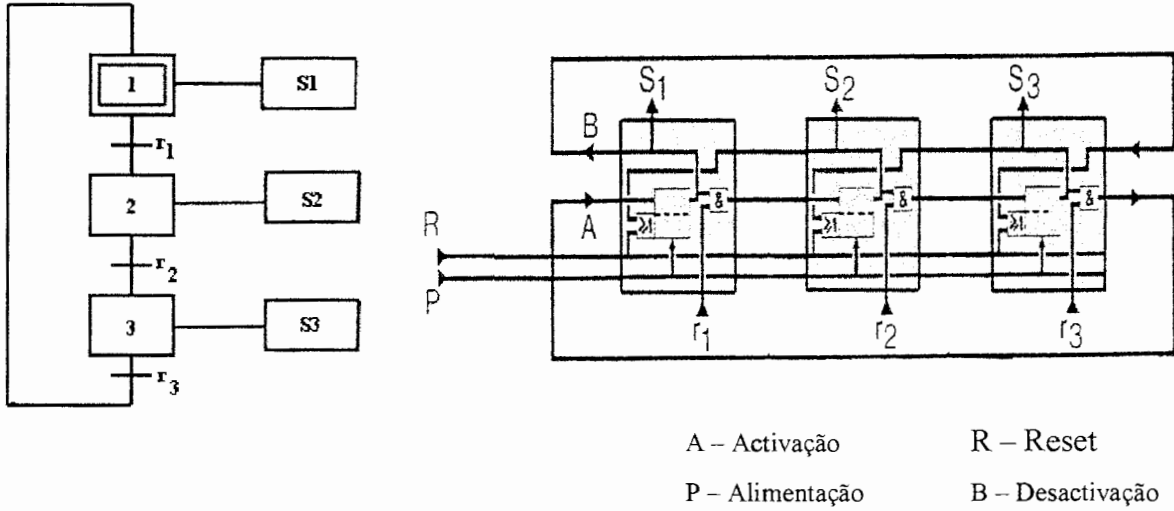
O sinal dos detectores vão a duas entradas do autómato e este por sua vez comanda as electroválvulas (12 e 14)



2. IMPLEMENTAÇÃO DO GRAFCET COM SEQUENCIADORES

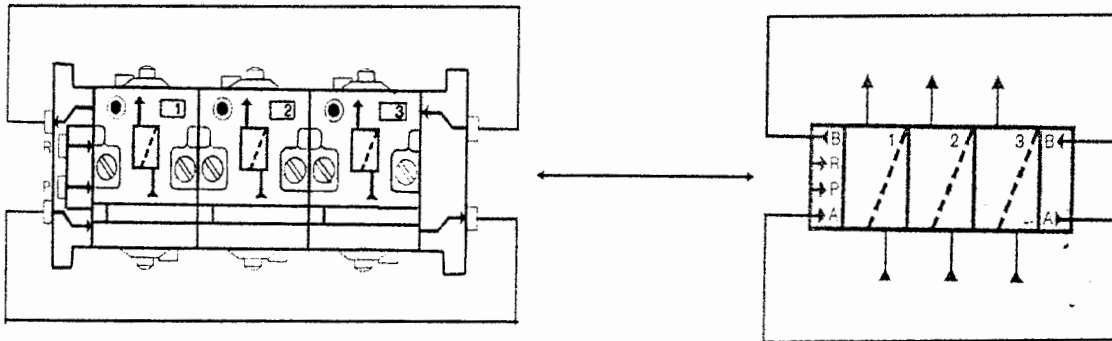
2.1 ESQUEMA INTERNO DE UM SEQUENCIADOR

A cada etapa do GRAFCET corresponde um módulo de etapa do Sequenciador. Os módulos de etapa são associados modularmente de forma a formar o Sequenciador correspondente ao ciclo a realizar.



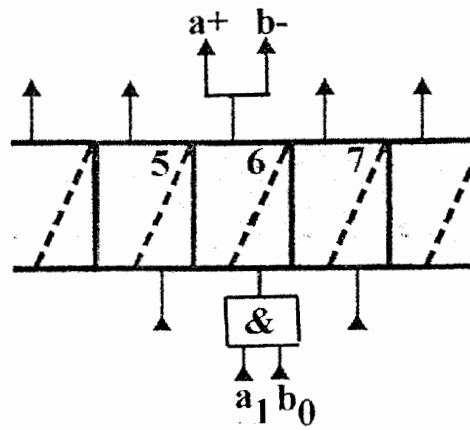
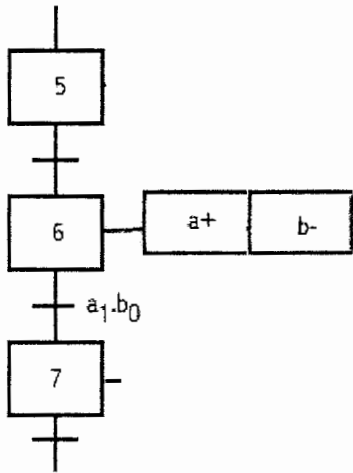
Esquema de Implantação

Esquema de Trabalho

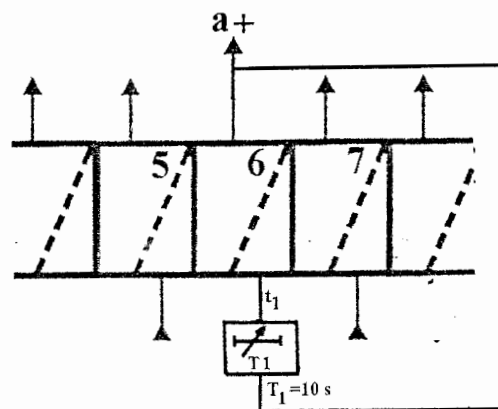
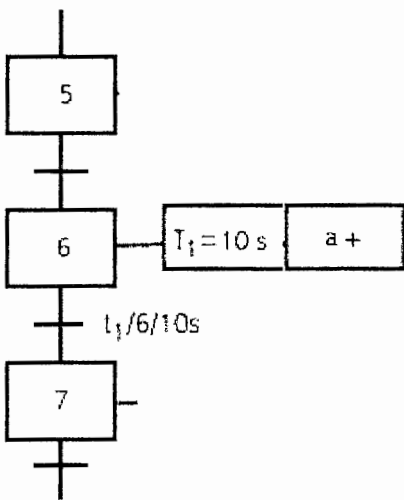


2.2. ACCÇÕES

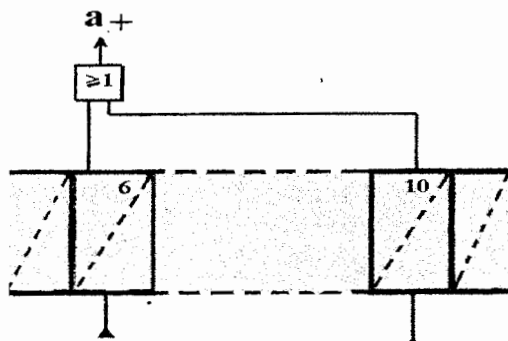
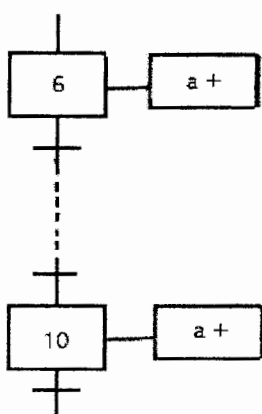
⇒ SIMULTÂNEAS



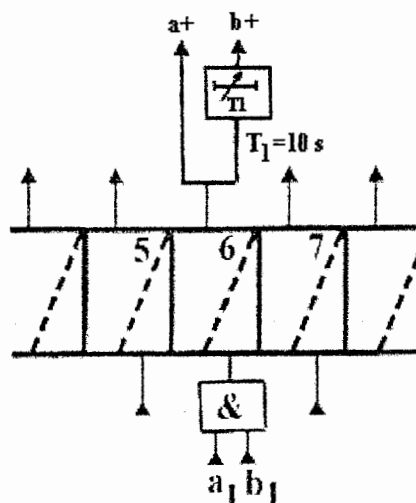
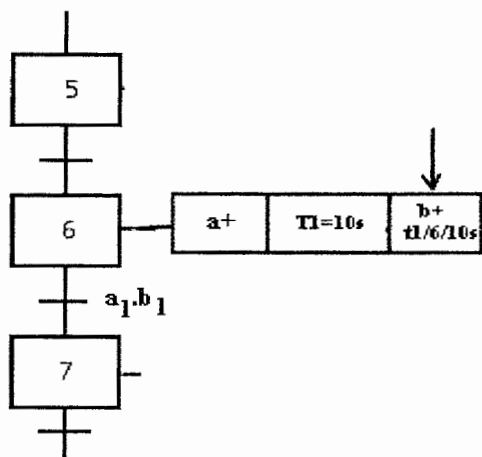
⇒ TEMPORIZADAS



➔ REPETIDAS



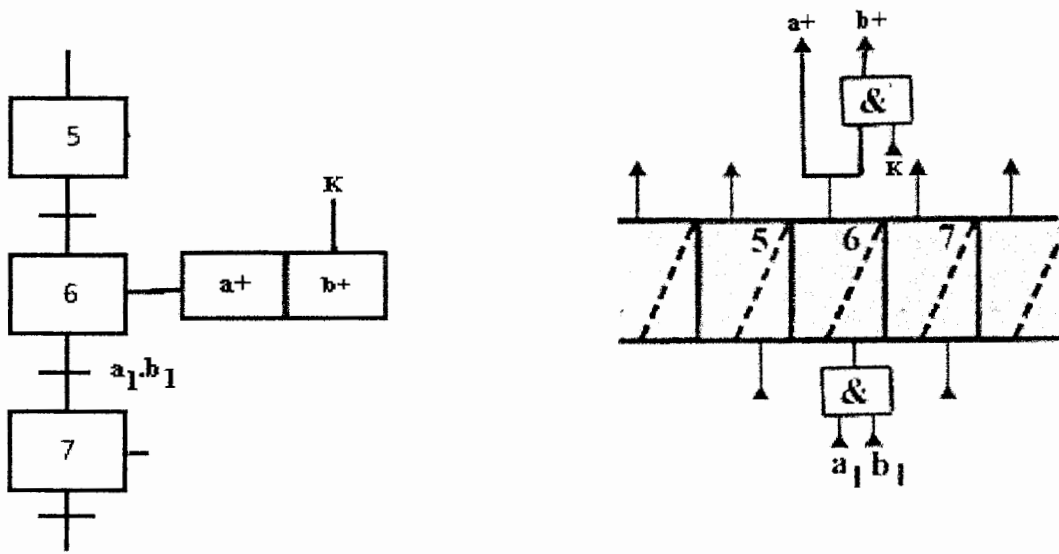
➔ DIFERENCIADA



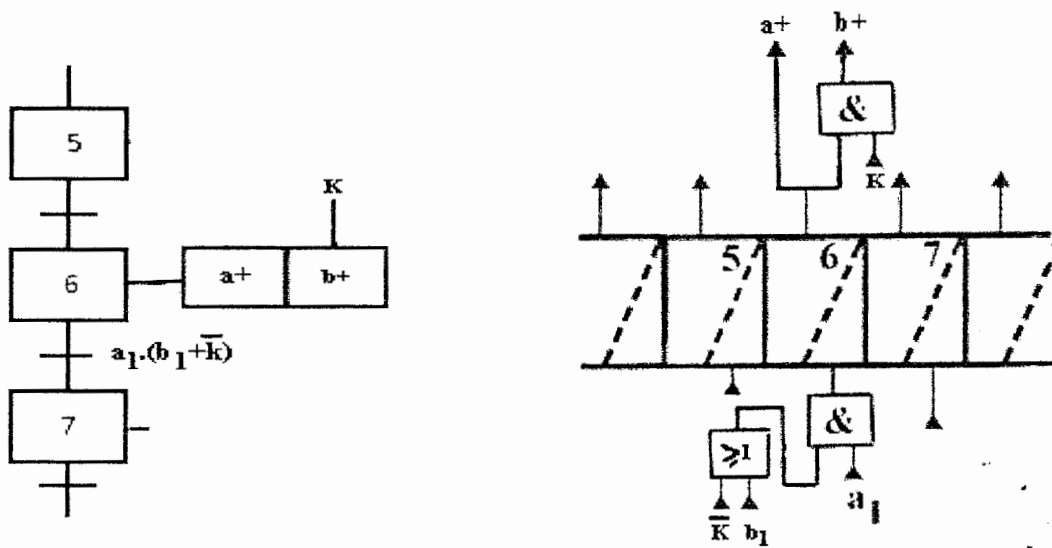
Se a etapa 6 está activa, comanda a acção a+ e a temporização. A acção b+ demora 10 s a ser activada após a etapa 6.

➔ CONDICIONAL

- Obrigatória



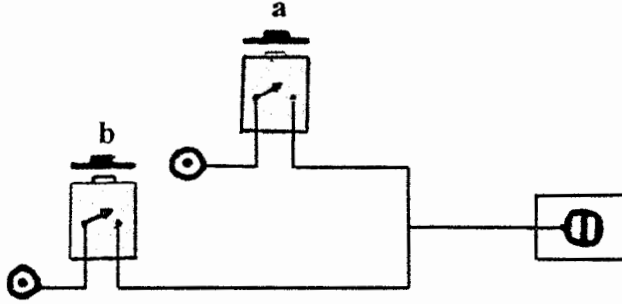
- Facultativa



2.3 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

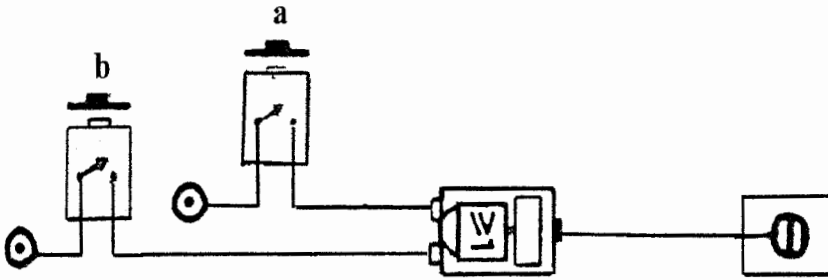
Problema 1:

1.1. Verifique se o esquema está correcto? Em caso negativo, qual o problema?

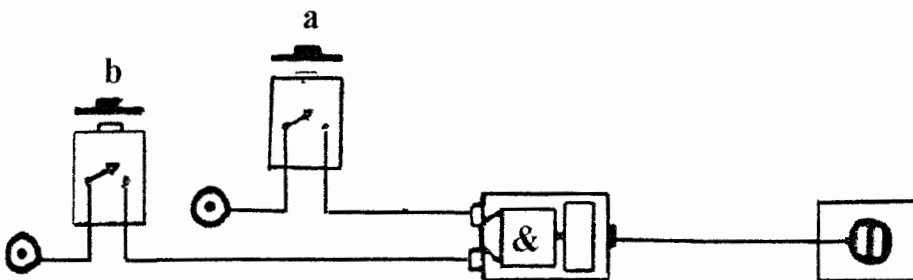


1.2. Achar as equações das saídas S. Montar, ligar os elementos e comentar os resultados.

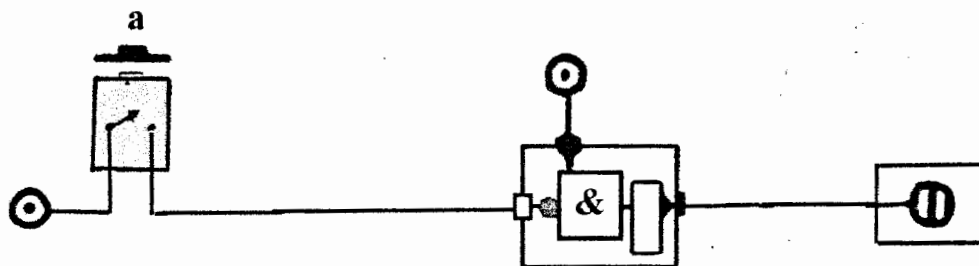
a)



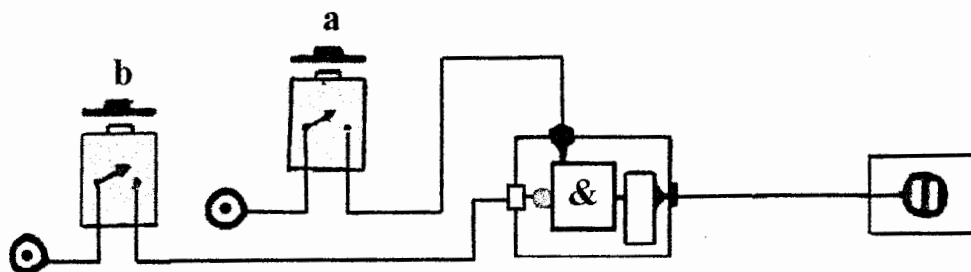
b)



c)

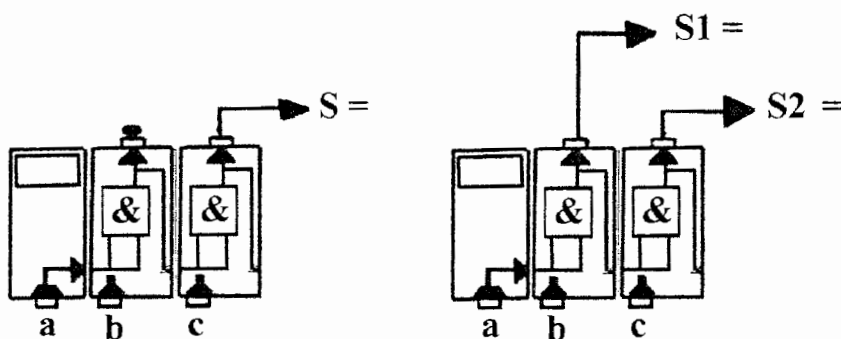


d)

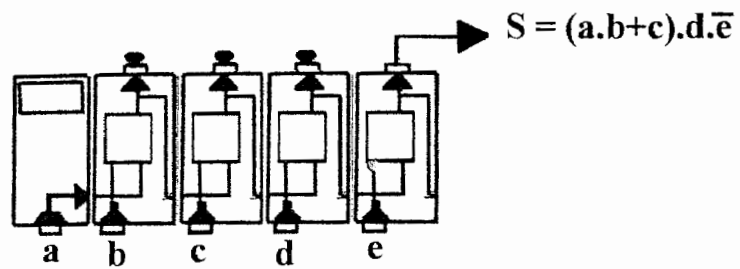
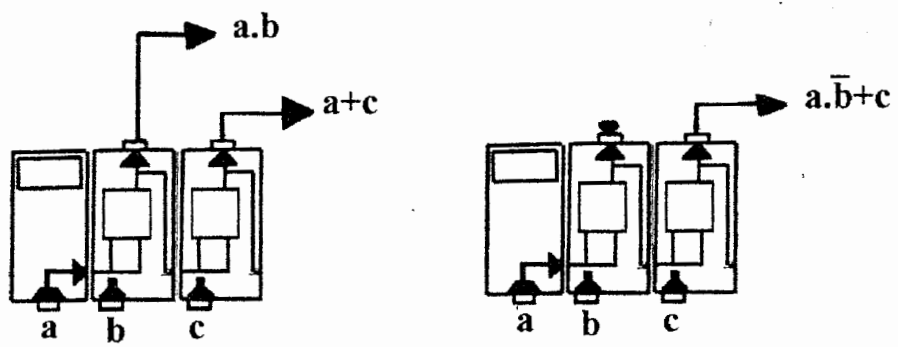


Problema 2

2.1 Achar as equações das saídas S – S1 – S2



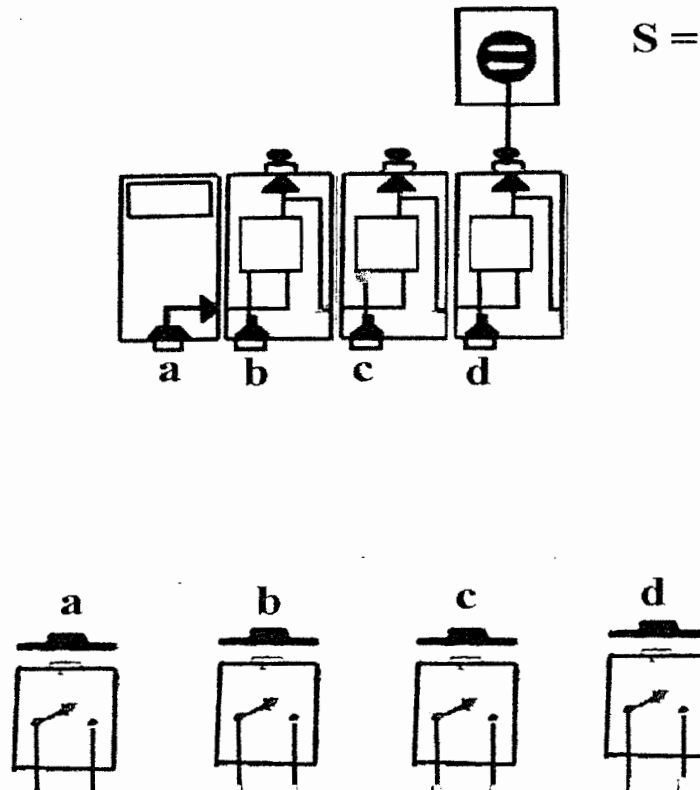
2.2 Completar os esquemas em função das equações das saídas



Problema 3

Completar o esquema de forma a obter o seguinte funcionamento:

- O sinalizador “S” será actuado se carregar nos botões “a” e “b”, quando o botão “c” não está accionado.
- A acção sobre o botão “c” suprime os efeitos dos botões “a” e “b”
- O sinalizador “S” será igualmente comandado por acção do botão “d” independentemente do estado dos botões “a”, “b” e “c”.

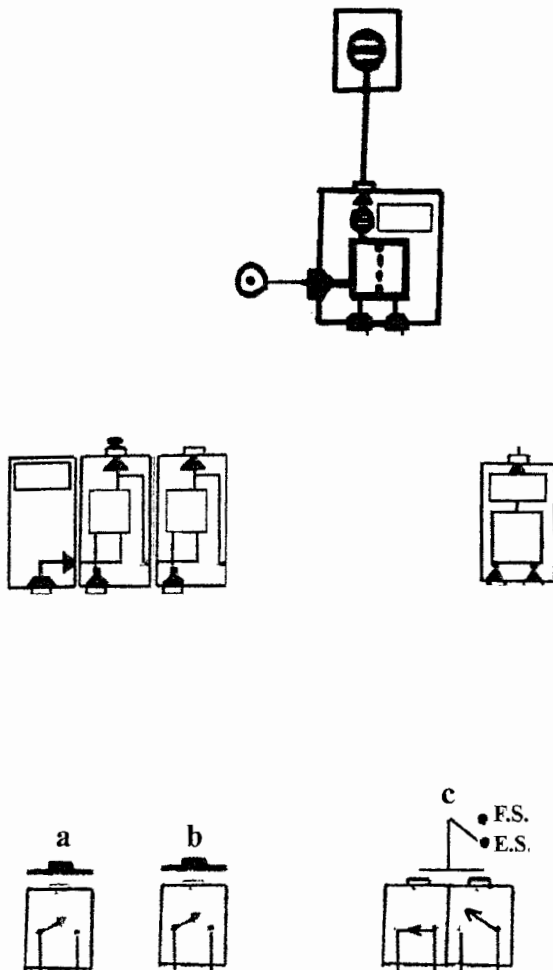


Problema 4

Completar o esquema de forma a obter o seguinte funcionamento:

O sinalizador “S” será comandado se o comutador “c” estiver na posição de serviço e se o operador carregar nos botões “a” e “b”. Este sinalizador ficará actuado após a libertação dos botões. Ele apaga-se para duas condições:

- No caso de passagem do comutador “c” à posição fora de serviço.
- No caso de acção sobre o botão de pressão “d”



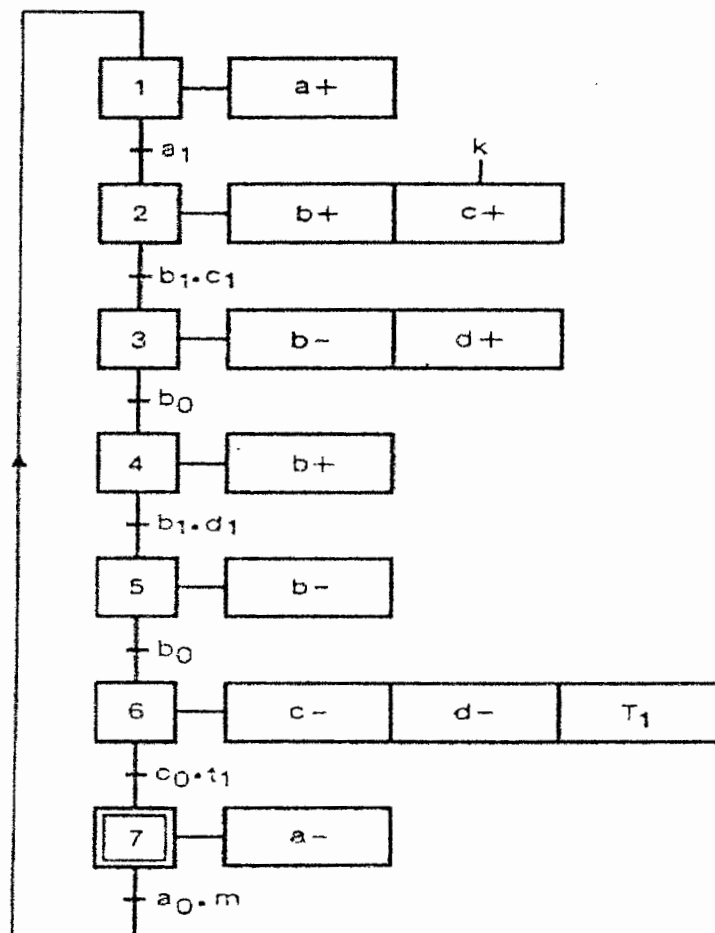
Problema 5

No exemplo representado identifique:

a)

- Etapas com acções simultâneas
- Etapas com acções simultâneas combinadas com uma acção condicional obrigatória
- Etapas com acções simultâneas combinadas com uma acção temporizada
- Acções repetidas

b) Desenhe o esquema do Sequenciador correspondente



Problema 6

No exemplo representado sempre que a etapa 2 é activada a evolução do GRAFCET depende da variável K. A condição b é satisfeita se :

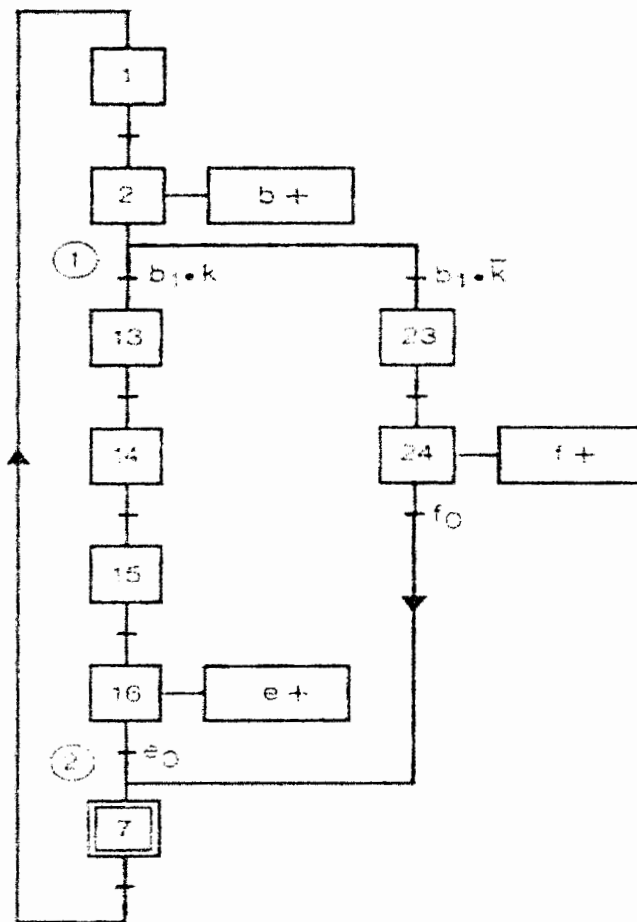
- $\overline{k}=1$ ($k=0$) a etapa 13 é activada (caso1)

- $\overline{k}=0$ ($k=1$) a etapa 23 é activada (caso2)

A etapa 2 é desactivada pela etapa 13(caso 1) **OU** pela etapa 23 (caso2).

Logo que a etapa 16 (ou 24) seja activada a sua receptividade e_0 (ou f_0) seja verdadeira a transição é efectuada e a etapa 7 é activada.

Desenhe o esquema do Sequenciador correspondente

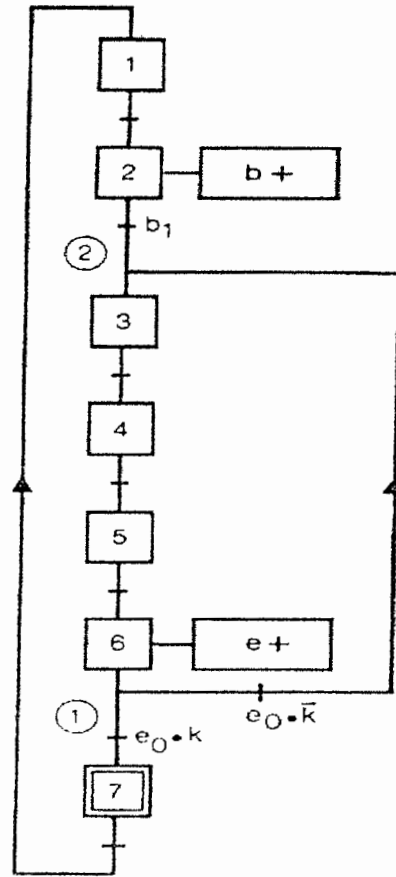
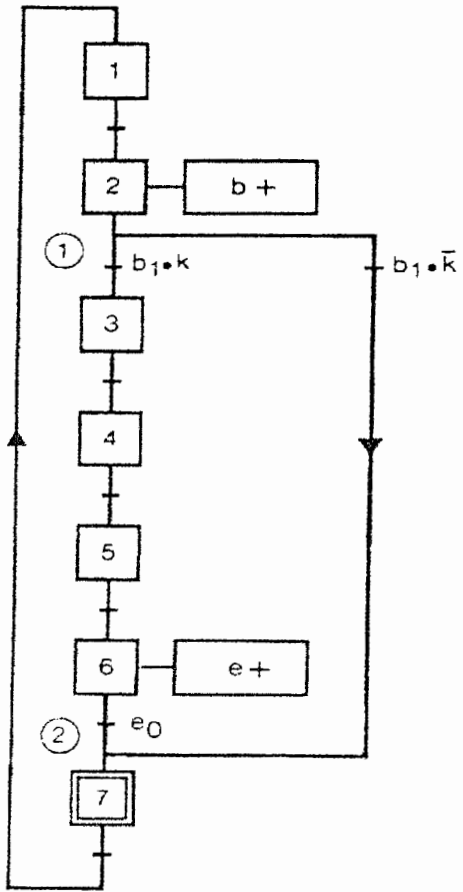


Problema 7

Desenhe o esquema do Sequenciador correspondente aos GRAFCET representados.

a)

b)

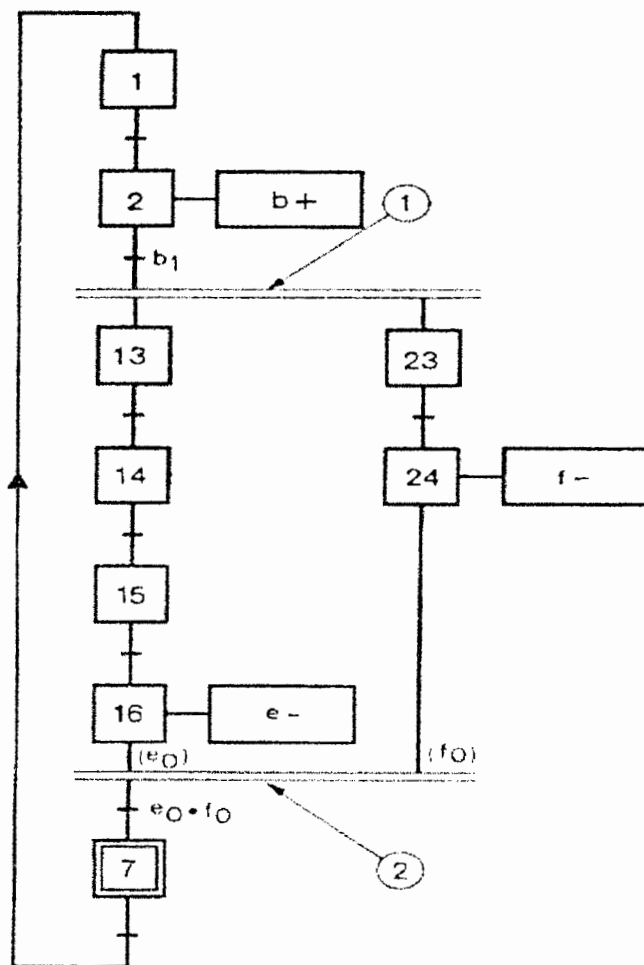


Problema 8

No exemplo representado sempre que a etapa 2 é activada a receptividade b é validada, activando simultaneamente a etapa 13 E 23 e desactivando a etapa 2.

Logo que a etapa 16 E 24 sejam activadas a receptividade $e_0 \cdot f_0$ é validada e a etapa 7 é activada e as etapas 16 e 24 desactivadas.

Desenhe o esquema do Sequenciador correspondente



APLICAÇÃO 1

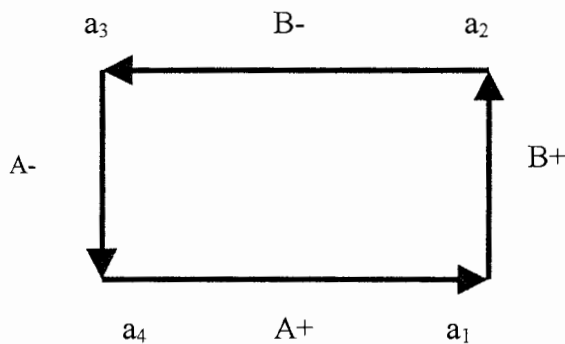
Pretende-se com este trabalho montar cablar e ensaiar um automatismo pneumático concebido a partir de um GRAFCET.

São previstas duas situações:

- i) Sem temporização no cilindro B
- ii) Com temporização no cilindro B

O ciclo representado na figura inicia-se premindo um botão de arranque (NA) e será executado por dois actuadores lineares A e B que terão como sequência de movimentos A+ ; B+ ; B- ; A-.

O ciclo repete-se indefinidamente até ser actuado o botão de paragem (R).



QUADRO DE ACTUADORES E DETECTORES

Movimento	Actuador	Símbolo	Acção	Detectores
Translação A	Cilindro	A	Avanço	FC – a ₁
	Duplo efeito		Recuo	FC2 – a ₄
Translação B	Cilindro	B	Avanço	FC – a ₂
	Duplo efeito		Recuo	FC – a ₃

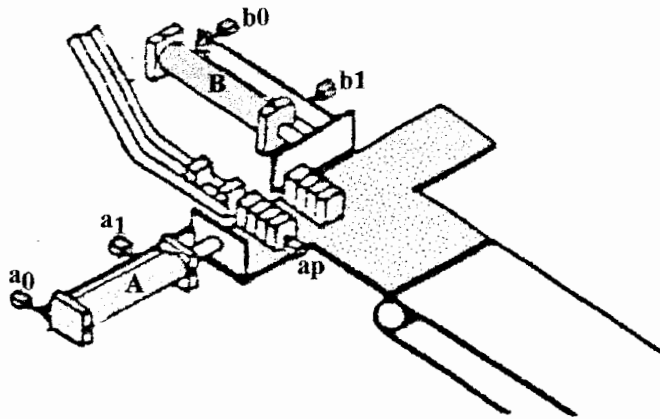
APLICAÇÃO 2

1. INTRODUÇÃO

Pretende-se montar, cablar e ensaiar um automatismo concebido a partir dum GRAFCET utilizando um sequenciador.

TRANSFERÊNCIA DE PACOTES

EXEMPLO:



Os pacotes à saída do ensacador vêm colocar-se na mesa de transferência pela gravidade. Um detector suspenderá o ensacador se o número de sacos em espera for muito elevado (**Calha cheia**).

A transferência **A** faz-se com a ajuda dum cilindro **A**, o qual efectuará o seu avanço logo que 4 pacotes estejam presentes (indicador de posição **ap**).

A transferência **B** faz-se com a ajuda dum segundo cilindro **B** que introduzirá os 4 sacos na máquina encartonadora (máquina de fazer caixas de cartão).

As máquinas ensacadora e encartonadora possuem os seus próprios automatismos, pelo que não é necessário considerá-los, verificamos simplesmente que a encartonadora está em bom serviço antes de autorizar um ciclo de translação.

Seguidamente é imperativo definir com precisão a parte operativa. Para isso é conveniente seguir uma convenção de escrita.

Cilindro A :

- A+ = saída de haste (avanço)
- A- = entrada de haste (recuo)

DETECÇÕES

- A - detectores $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$
- B - detectores $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$

Interruptor marca/paragem (**mp**)

Controlo marcha empacotadora (**me**)

QUADRO DE ACTUADORES E DETECTORES				
Movimento	Actuador	Símbolo	Acção	Detectores
Translação A	Cilindro	A	Avanço (A+)	FC – a_1
	Duplo efeito		Recuo (A-)	FC2 – a_0
			Mesa cheia	ap
Translação B	Cilindro	B	Avanço (B+)	FC – b_1
	Duplo efeito		Recuo (B-)	FC – b_0

APLICAÇÃO 3

1. INTRODUÇÃO

Após o funcionamento da mesa de transferência, o serviço comercial desta sociedade pede a realização de pacotes com 8 sacos.

Depois de estudar o assunto o Serviço de Métodos decide modificar o funcionamento para a forma seguinte:

1º - O empacotador pode facilmente receber os pacotes de 8 sacos, pelo que é suficiente modificar algumas regulações mecânicas.

2º - O agrupamento de 8 sacos faz-se por 2 avanços sucessivos do cilindro ^a

3º - O cilindro de transferência **B** introduzirá simultaneamente os 8 sacos no empacotador

APLICAÇÃO 4

INTRODUÇÃO

O objectivo deste trabalho consiste na elaboração de um projecto completo do processo que será descrito em seguida. A sua simulação será feita num autómato programável conjuntamente com cilindros, electroválvulas, motores de accionamento de tapetes e sensores.

O projecto consiste em automatizar a tiragem das peças metálicas **A** e das peças plásticas, **B** provenientes de duas máquinas. As peças são de secção e de altura idênticas diferindo na sua forma exterior.

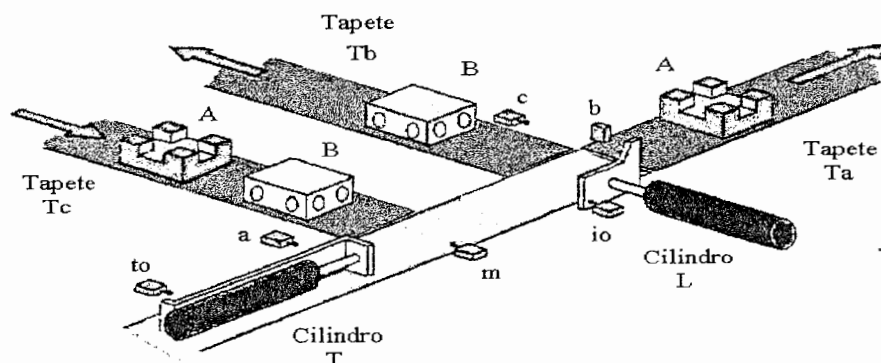
Na etapa inicial o sinalizador **H** está intermitente e espera-se que o sistema seja posto em funcionamento. Na etapa 1 só o tapete **B** estará parado.

As peças chegam pelo tapete **C**, em quantidades e ordem diferentes.

As peças **A** devem ser encaminhadas para um ponto distinto daquele para onde são dirigidas as peças **B**.

O funcionamento do automatismo é o seguinte:

- A chegada de peças **A** acciona o detector **m** que provoca a saída do cilindro **T**.
- No fim do percurso o detector **a** é accionado, provoca o recuo do cilindro **T** e a peça será carimbada.
- A chegada das peças **B** ao accionarem o detector **m**, provocam a acção do cilindro **T**. Serão detectadas pelo sensor capacitivo **b**, serão carimbadas e após 5 segundos o cilindro **L** coloca a peça no tapete **B**. O detector **c** faz recuar o cilindro **L** que ao actuar em **l₀** coloca em funcionamento o tapete **B**. O ciclo recomeça.



C – SENSORES TRANSDUTORES

1. TEMPERATURA

Introdução

Os sensores, também chamados transdutores, são dispositivos electromecânicos que convertem uma variação de uma quantidade mecânica, tais como uma força ou um deslocamento, numa variação correspondente de uma quantidade eléctrica, sendo depois processada após conversão num sinal de tensão.

O sensor é pois um instrumento que, envolvendo muitas das vezes um sistema computacional, serve para determinar propriedades do mundo físico. Normalmente, envolve a conversão de parâmetros do mundo real numa forma utilizável por um computador.

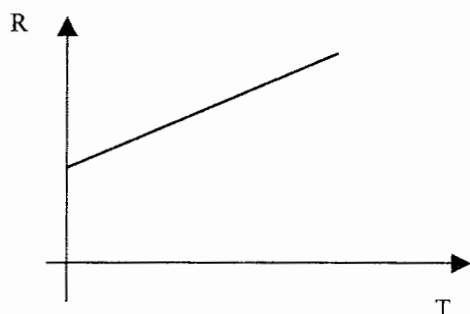
Temperatura

A temperatura, a nível macroscópico é o estado de aquecimento dos corpos. A nível da escala atómica e molecular, a temperatura representa o estado de agitação das partículas e está directamente relacionada com a energia cinética média dessas partículas. A temperatura tem uma influencia decisiva na maior parte dos processos de envelhecimento e de desgaste dos componentes e de equipamentos.

SENSORES

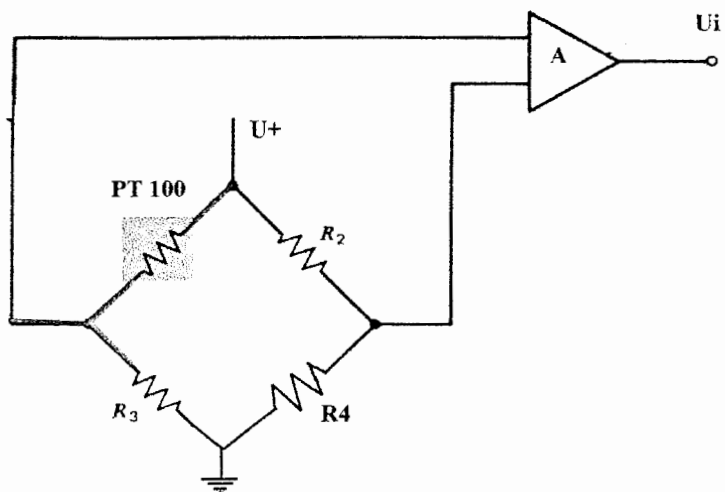
Termo resistência de Platina (PT 100)

Um detector de variação da resistência com a temperatura (RTD) é um transdutor de temperatura, onde normalmente o metal utilizado é a platina (PT 100), porque é quimicamente estável. Permite efectuar leituras de temperatura até 1000 °C, com elevada precisão (na ordem dos 0.1°C a 0.01°C). A variação da resistência em relação à temperatura é positiva conforme se vê na figura.



A sensibilidade para a platina é na ordem de 0,4%/°C. No entanto devido à grande precisão da resistência de platina e o facto de termos de lhe aplicar um instrumento de leitura, devido à própria resistência de contacto não adultera a leitura dos valores pretendidos.

O aspecto de uma sonda de platina no mercado é um substrato sobre o qual é depositado um filme de platina.

Resistência de platina com 3 fios

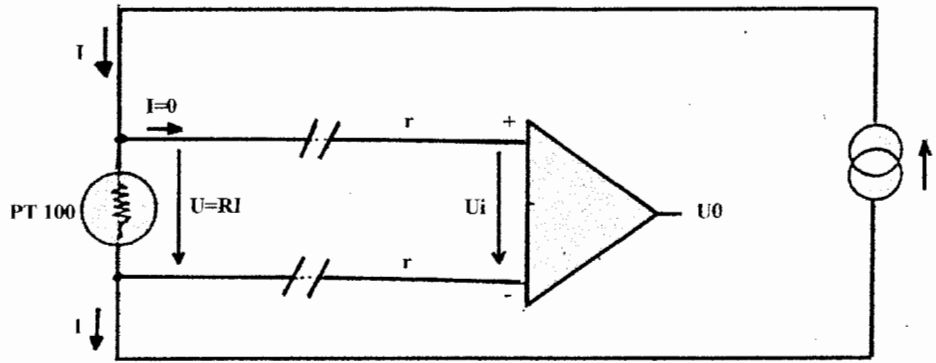
Obs: o fio a vermelho pode ter várias dezenas de metros.

Este método é menos preciso (uma vez que necessita de compensar as variações da resistência dos fios, resultante da variação da temperatura) que o método de quatro fios, mas tem como vantagem não necessitar de fonte de corrente. Com:

$$U_i = U * \left(\frac{R_2 + r}{R_1 + R_2 + r} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right)$$

r - resistência dos fios da resistência de platina

Resistência de platina com 4 fios



$U_i = R_{PT\ 100} \cdot I$ Como $I = \text{const.} \Rightarrow$ só vai depender da temperatura como tal este método é mais preciso que o anterior

Termistores

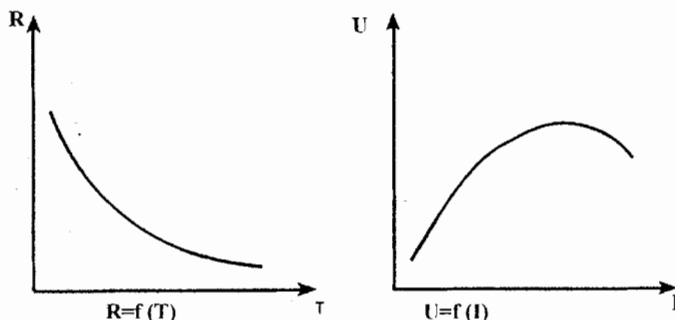
São componentes electrónicos cuja resistência varia acentuadamente com a temperatura (tipicamente cerca de $4\%/^{\circ}\text{C}$). Os termistores apresentam baixo custo, elevada sensibilidade, mas a sua precisão é reduzida e a sua gama de temperaturas é limitada (tipicamente abaixo de $300\ ^{\circ}\text{C}$, devido a ser um material semiconductor). Os termistores são utilizados em aplicações em que se pretende detectar um nível da temperatura sem grandes exigências de precisão.

Existem dois tipos de termistores:

- NTC – resistência com coeficiente de temperatura negativo
- PTC – resistência com coeficiente de temperatura positivo

NTC (Negative Temperature Coefficient)

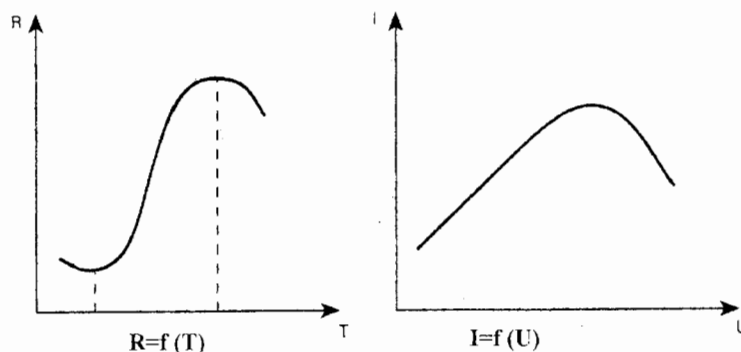
São resistências que diminuem o seu valor com o aumento da temperatura. Esta variação oscila entre -3 e -5% por $^{\circ}\text{C}$, à temperatura ambiente. São resistências que apresentam um coeficiente de temperatura negativo.



Aplicações: detectores de incêndio como sensores de temperatura, compensação do efeito da temperatura (por ex.: compensar o efeito nocivo da temperatura nos componentes semicondutores), etc.

PTC (Positive Temperature Coefficient)

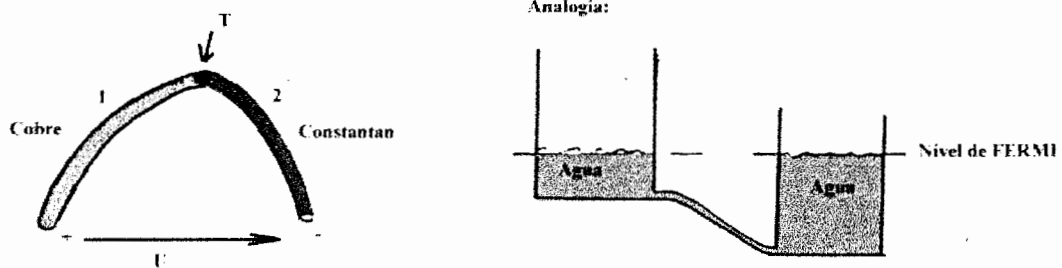
São resistências que aumentam o seu valor com o aumento da temperatura, embora esta condição só seja cumprida com determinadas temperaturas, fora das quais o coeficiente pode ser zero ou inclusivamente negativo. São resistências que apresentam um coeficiente de temperatura positivo.



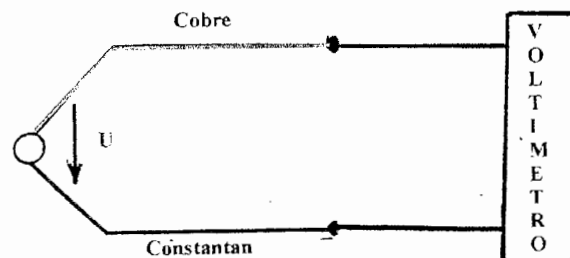
Aplicações: limitação da corrente nos circuitos quando varia a tensão de alimentação, protecção contra sobrecargas e curto circuitos (principalmente nos motores), compensação da temperatura em circuitos transistorizados, etc.

Termopares

São constituídos pela junção de dois metais diferentes, produz uma pequena tensão que é função da temperatura.



No caso de um dos materiais ser de cobre e o outro Constantan, o cobre fornecerá electrões livres ao outro uma vez que tem mais, até se criar o equilíbrio, ou seja até atingir o nível de **Fermi**¹. O metal 1 (cobre) ao perder electrões fica com carga positiva e o metal 2 (Constantan) fica com carga negativa, surgindo uma d.d.p..



¹ Dá-nos uma ideia do índice quantitativo que nos aponta para a distribuição média do nível energético dos electrões livres

O elemento crítico no uso dos termopares é que a tensão de saída é muito pequena, tipicamente inferior a 100 mV (0,05 mV/°C do tipo J ou 0,006 mV/°C do tipo R), logo necessita de uma amplificação. Como os valores de tensão são baixos em ambiente industrial são susceptíveis ao ruído, podendo funcionar como uma antena excelente para captar o ruído.

Para usar os termopares correctamente na indústria empregam-se várias técnicas de redução do ruído. As três mais correntes são as seguintes.

1. Os fios de extensão ou ligação do termopar para a junção de referência ou sistema de medida são enrolados e depois embrulhados com uma bainha de folha metálica ligada à terra.
2. A própria junção de medida é ligada à terra no ponto da medida. A ligação à terra é geralmente feita no interior da bainha de aço inox que cobre o próprio termopar. Isto significa que a tensão gerada tem de ser medida com um sistema diferencial que cancela o ruído que aparece com valor igual nos dois fios do termopar.
3. Usa-se para a medida um amplificador de instrumentação que tem uma boa rejeição do modo comum. Isto simultaneamente com o uso de uma junção ligada à terra.

Termopares padrão

Tipo	Materiais	Gama
J	Ferro - Constantan	- 190°C a 760°C
T	Cobre - Constantan	- 200°C a 371°C
K	Chromel - Alumel	- 190°C a 1260°C
E	Chromel - Constantan	- 100°C a 1260°C
S	90% Platina + 10% ródio - Platina	0°C a 1482°C
R	87% Platina + 13% ródio - Platina	0°C a 1482C

Medidores de radiação

Medem a radiação emitida pela corpos cuja temperatura se pretende medir. Todos os corpos emitem radiação infravermelha cuja intensidade e distribuição espectral é função da temperatura. O comprimento de onda para o qual a intensidade da radiação emitida é máxima, λ_{\max} , é dado pela seguinte equação:

$$\lambda_{\max} = k/T$$

em que K é uma constante e T é a temperatura absoluta. A quantidade de radiação emitida e também proporcional à emissividade² da superfície do corpo. A emissividade varia de um mínima de 0 (superfície espelhada) a 1 (preto mate).

Assim, medindo o espectro da radiação emitida é possível medir a temperatura, podendo o dispositivo de medida estar a distância considerável do objecto medido. Esta característica é especialmente útil para medir a temperatura de objectos dificilmente acessíveis ou cuja temperatura é muito elevada (por exemplo fornos).

A radiação de infravermelho emitida pode ser medida com Pirómetros de radiação. Dois processos muito utilizados são:

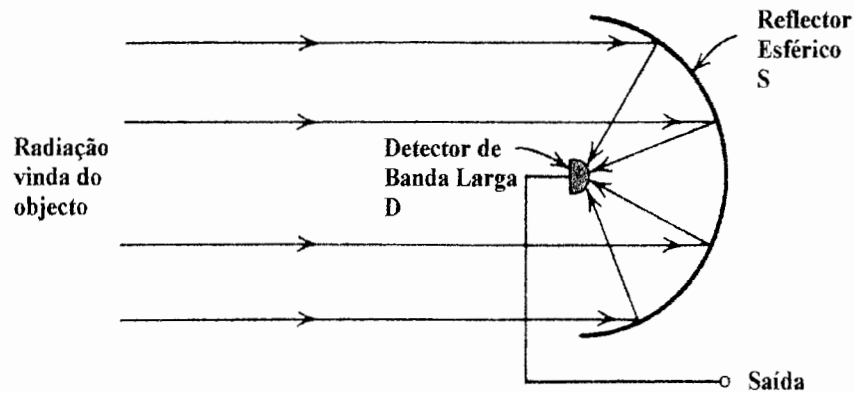
- A medição da temperatura numa zona de dimensões reduzidas (Pirómetro de radiação total);
- A medição de temperaturas com câmaras de vídeo especiais que captam a imagem de infravermelhos emitida (Pirómetro de Banda Estreita)

Pirómetro de radiação total

Um tipo de pirómetro de banda larga é projectado para colectar radiação de comprimentos de onda, desde o visível até ao infravermelho e chama-se *pirómetro de radiação total* (ver figura).

² A emissividade é uma característica da superfície dos corpos que traduz a maior ou menor facilidade com que um corpo emite ou recebe radiação calorífica

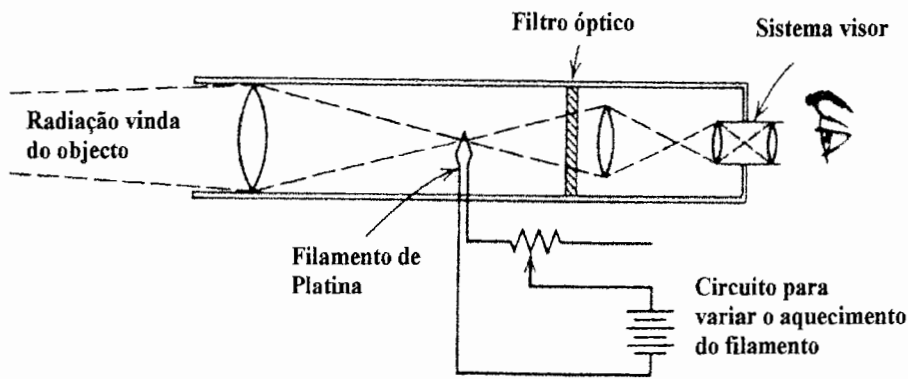
Neste aparelho, a radiação proveniente de um objecto é colectada pelo espelho esférico S e focada num detector de banda larga D. O sinal deste detector é portanto uma representação da intensidade da radiação incidente e consequentemente da temperatura do objecto. Nestes dispositivos, o detector é muitas vezes uma série de micro termopares fixados a um disco de platina enegrecido. A radiação é absorvida pelo disco que aquece e daí resulta uma f.e.m. nos termopares. A vantagem deste detector é que responde à radiação do visível e IV de uma forma indiferente ao comprimento de onda.



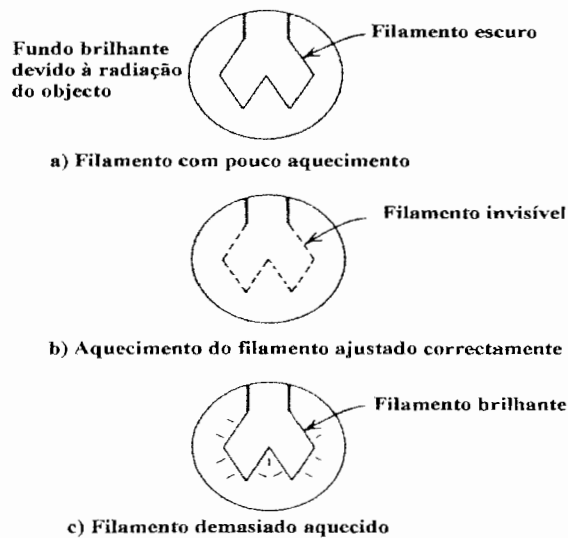
Pirómetro de Banda Estreita

Uma outra classe de pirómetros depende da variação da emissão da energia de radiação *monocromática* com a temperatura. Estes dispositivos chamam-se muitas vezes *pirómetros ópticos* porque trabalham geralmente com comprimentos de onda apenas na parte *visível* do espectro. Sabemos que a intensidade de um comprimento de onda determinado depende da temperatura. Se a intensidade de um objecto for *igualada* à de outro, as temperaturas são as mesmas.

No pirómetro óptico, a intensidade de um filamento de platina aquecido é variada até igualar um objecto cuja temperatura se quer determinar. Como as temperaturas são iguais e a temperatura do filamento está calibrada em função do aquecimento determina-se a temperatura do objecto.



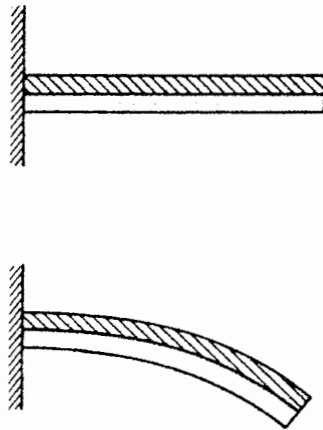
A figura mostra um sistema corrente para implementação de um pirómetro óptico. O sistema é focado sobre o objecto cuja temperatura se quer determinar e o filtro apenas deixa passar o comprimento de onda desejado que fica geralmente no vermelho. O observador também vê o filamento de platina sobreposto à imagem do objecto. Com pouco aquecimento o filamento aparece escuro sobre o fundo do objecto, como mostra a figura a). À medida que o filamento é aquecido vai acabar por aparecer como um filamento brilhante sobre o fundo do objecto, como na figura c).



Alguns entre estes dois pontos está o ponto em que o brilho do filamento e do objecto a ser medido se igualam. Nesta altura, o filamento desaparece em relação ao fundo do objecto e a temperatura do objecto é lida no mostrador do aquecimento do filamento.

Bimetálico

Este transdutor de temperatura é obtido ligando entre si dois metais com coeficientes de dilatação térmica bastante diferentes. Assim, quando aquecido, as duas taxas de dilatação diferentes fazem com que o conjunto se curve, como se mostra na figura. Este efeito pode ser usado para fechar contactos de interruptores, actuar mecanismos de dispositivos de protecção contra sobrecargas (reles térmicos) ou aparelhos de medida que convertem a curvatura numa rotação de um ponteiro num mostrador.



2. FORÇA/PRESSÃO/ACELERAÇÃO

2.1 SENSORES DE NÍVEL/PRESSÃO

SENSORES DE NÍVEL

Os sensores de nível permitem detectar se um determinado nível foi atingido ou não. A detecção de um nível alto, para o enchimento, a detecção de um nível baixo, para a extracção do produto assegurando uma reserva mínima na cuba. A associação dos dois detectores atrás referidos permite automatizar as operações de enchimento e extracção de cubas.

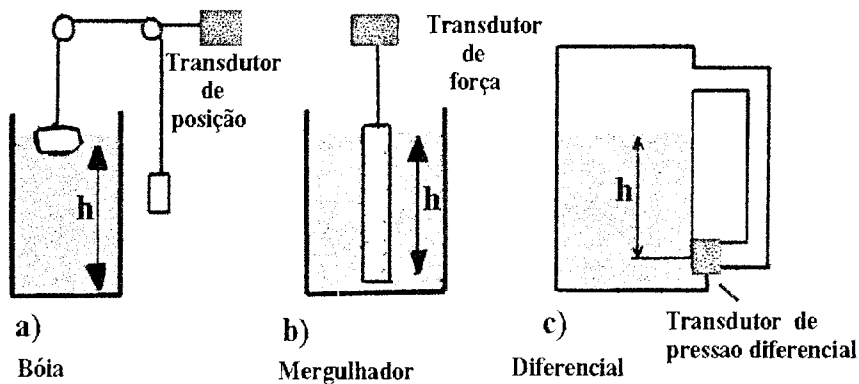
Os métodos mais utilizados são:

- Método hidrostático
- Métodos eléctricos
- Método ultra-sónicos

Método Hidrostático

Para líquidos, usa-se muitas vezes a expressão pressão hidrostática para descrever a pressão do líquido num tanque ou tubo. A indicação fornecida pelos dispositivos utilizados é uma função continua da altura do líquido e da sua densidade (massa volúmica).

É independente das suas propriedades eléctricas mas depende, excepto para a bóia, da massa volumica do líquido.



Uma bóia (*fig. a*), desloca-se para cima ou para baixo conforme o nível varia. Esta bóia está articulada com um sistema secundário de medida de deslocamento como por exemplo um dispositivo potenciómetro ou um núcleo de um LVDT¹.

Um mergulhador (*fig. b*) é um cilindro imerso onde a altura é no mínimo igual à altura máxima do líquido no reservatório. O mergulhador está suspenso a um sensor “dinamométrico” que se encontra sujeito a uma força F , (peso aparente), função de a altura h do líquido.

Um sensor de pressão diferencial é colocado na base do reservatório (*fig. c*) onde a pressão p tem por valor:

$$p = p_0 + \rho gh$$

p – pressão em Pa

ρ - massa volumica em Kg/m^3

g – aceleração devido à gravidade (9.8 m/s^2)

h – profundidade do líquido em m

p_0 - pressão no topo do reservatório, igual ou não, segundo os casos, à pressão atmosférica,

O sensor é constituído por uma membrana submetida em uma das suas faces à pressão p e na outra face à pressão p_0 . A deformação da membrana, convertida em sinal eléctrico, é proporcional ao nível h . Esta aparelhagem de pequena dimensão tem menos problemas de implementação que os dois precedentes e pode ser utilizado em presença de um agitador.

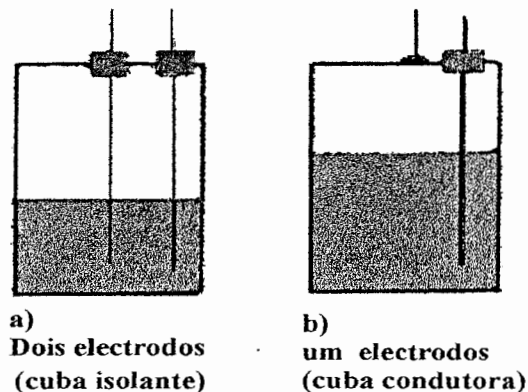
Métodos Eléctricos

São os únicos métodos que utilizam sensores específicos, ou seja, traduzem directamente o nível em sinal eléctrico. O seu interesse reside na simplicidade dos seus dispositivos e na facilidade de utilização.

¹ Dispositivo que dá na saída uma tensão bipolar directamente proporcional ao deslocamento

Sensor Conductimétrico (líquidos condutores)

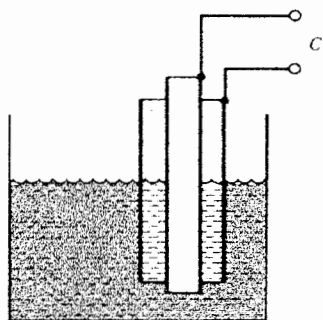
O processo representado na (fig. a) é utilizado unicamente em líquidos condutores não corrosivos. A sonda é formada por dois eléctrodos cilíndricos e mede a condutividade inerente a um líquido ou sólido através da variação da resistência.



No segundo processo a cuba é condutora e assegura o papel do segundo eléctrodo (fig. b). A sonda é colocada e o seu comprimento estende-se por toda a gama de variação do nível. A corrente eléctrica que circula é de amplitude proporcional ao comprimento do eléctrodo imerso, mas o seu valor depende da condutividade do líquido.

Sensor Capacitivo (líquidos isolantes)

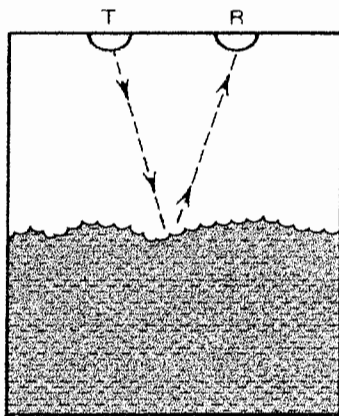
Quando o líquido é isolante, um condensador é formado ou dois eléctrodos cilíndricos, ou por um eléctrodo e a parede do reservatório se esta for metálica. O dieléctrico é o líquido na parte imersa.



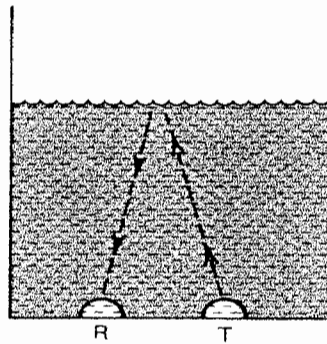
Um técnica corrente está ilustrada na figura. Neste caso, dois cilindros concêntricos estão contidos num tanque com líquido. O nível do líquido ocupa parcialmente o espaço entre os cilindros com ar na parte restante. Este dispositivo comporta-se como dois condensadores em paralelo, um com a constante dieléctrica do ar ($\cong 1$) e outro com a do líquido. Assim, a variação do nível do líquido provoca a variação da capacidade eléctrica medida entre cilindros.

ULTRASSONICOS

O uso da reflexão ultra-sónica para medir o nível é vantajoso porque é uma técnica «sem perturbação», isto é, não implica colocar nada no material. A Figura a) e b) mostram técnicas externas e internas. Obviamente, a técnica externa é mais adequada para a medida do nível do material sólido, Em ambos os casos, a medida depende do intervalo de tempo que demora um impulso ultra-sónico a ser reflectido pela superfície do material. As técnicas ultra-sónicas baseadas no tempo de reflexão também se têm tornado correntes para medidas de distâncias.



a) Medida de sólido ou líquido acima da superfície



a) Medida abaixo da superfície para material líquido

SENSORES DE PRESSÃO

INTRODUÇÃO

A pressão traduz a quantidade de força aplicada ou distribuída por uma superfície, sendo definida como a força por unidade de área.

Pressão = Força exercida numa superfície / Área da superfície

Manómetros

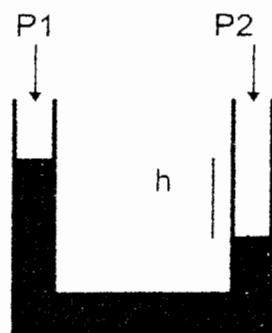
O manómetro é o aparelho utilizado para medir a diferença de pressão provocada por dois fluídos, sendo comum o ar ser um deles. Consiste na medição do deslocamento de um líquido que se encontra dentro de um tubo, estando cada uma das suas extremidades em contacto com cada um desses fluídos. Uma das suas extremidades está ligada a um zona com uma determinada pressão. A outra ponta está ligada a outra zona com uma outra pressão ou pode estar aberta à atmosfera.

Quando existe uma diferença de pressão entre as duas extremidades, o nível do líquido aumenta num dos lados do tubo (o que tem a menor pressão) e diminui no outro (o da maior pressão). A diferença entre os dois níveis do líquido, h , dá-nos a diferença de pressão.

A diferença de pressão, $P_1 - P_2$, é obtida da relação seguinte:

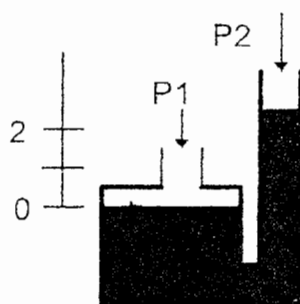
$$(P_1 - P_2) = (\rho - \rho_1)(h_1 - h_2) \quad \text{ou} \quad P = (\rho - \rho_1)g \cdot h$$

em que ρ é a densidade do fluído no tubo, ρ_1 é a densidade do fluído cuja pressão se pretende saber e g é a aceleração gravítica.



Manómetro

Um dos manómetros mais utilizados é o Manómetro Weli-Type. Este tipo de manómetro é constituído por um tubo em U, em que uma das pernas é bem mais larga do que a outra. Como se pode ver na figura, este tubo tem *uma* das extremidades com um diâmetro bastante largo. Esse facto faz com que o nível zero se desloque muito pouco quando sujeito à pressão, provocando assim um ligeiro erro. Esse erro pode ser compensado pela facto de haver uma única leitura, no entanto há sempre um erro variável consoante a pressão, o que faz com que este não seja muito preciso. Este manómetro é bastante utilizado, pois só há a necessidade de medir uma das extremidades do tubo.



Manómetro Well-Type

Outro tipo de manómetro interessante é o barómetro. O manómetro dá-nos a diferença de pressão entre as duas extremidades. Se uma das pressões for o zero absoluto então a diferença entre a outra coluna e esse zero dará a pressão absoluta. Este é o princípio do barómetro. O barómetro é um medidor de pressão absoluta well-type, cujo alcance de leitura vai desde o 0 absoluto até ao valor da pressão atmosférica. Normalmente as suas leituras são feitas em milímetros de mercúrio.

Princípios de Pressão

A pressão é simplesmente a força por unidade da área que um fluido exerce sobre o que o rodeia. Se for um gás, a pressão do gás é a força por unidade de área que o gás exerce sobre as paredes do recipiente que o contém. Se o fluido, for um líquido então a pressão é a força por unidade de área que o líquido exerce sobre o contentor. Claro que a pressão de um gás será uniforme em todas as paredes que o limitam completamente. Num líquido, a pressão varia, sendo maior no fundo do contentor e zero à superfície que por isso não necessita ser coberta.

Pressão estática

As afirmações feitas no parágrafo anterior são verdadeiras apenas para um fluido, que não se está a mover no espaço, isto é, que não está a ser bombeado através de tubagens ou a correr num canal. Em, casos em que não há movimento a pressão chama-se *estática*.

Pressão dinâmica

Se um fluido estiver em movimento a pressão que exerce sobre o que o rodeia depende do movimento. Assim, se medirmos a pressão da água numa mangueira com o bocal fechado podemos, por exemplo, determinar uma pressão de 40 libras por polegada quadrada (note-se: força por unidade de área). Se o bocal estiver aberto a pressão na mangueira descerá para um valor diferente, digamos, 30 libras por polegada quadrada. Por esta razão, para descrever completamente a pressão têm de se indicar as condições em que é medida. A pressão pode depender do caudal, compressibilidade do fluido, forças externas e numerosos outros factores.

UNIDADES

Como a pressão é a força por unidade de área, no Sistema Internacional de Unidades é descrita em Newton por metro quadrado. Esta unidade foi chamada o *pascal* (Pa) de modo que $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

No sistema inglês, a mais vulgar é a libra por polegada quadrada, lb/in^2 . Esta é escrita geralmente psi (pound per square inch). A conversão é feita sendo 1 psi

aproximadamente igual 6,895 kPa. Para pressões muito baixas, como as que se encontram em sistemas de vácuo, usa-se muitas vezes a unidade *Torr*. Uma Torr é aproximadamente 133,3 Pa.. Outras unidades que se podem encontrar na descrição da pressão são a *atmosfera* (atm) que é 101,325 kPa ou $\cong 14,7$ psi, e o *bar* que é 100 kPa.

SENSORES

Diafragma

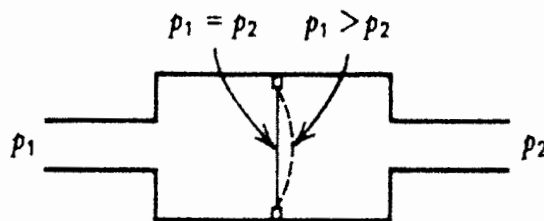
Com frequência, a conversão da informação de pressão num deslocamento físico é feita usando um diafragma como se representa na figura. Aqui notamos que existe uma pressão p_1 de um lado do diafragma e p_2 do outro e então a força exercida resultante é dada por

$$F = (p_2 - p_1) A$$

em que

A = área do diafragma em m^2

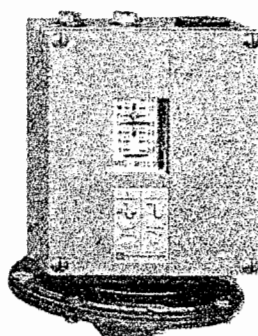
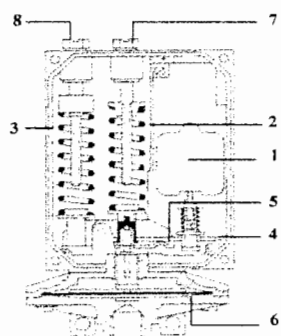
p_1, p_2 = pressão em N/m^2



Um diafragma é como uma mola e portanto estende-se e contrai-se até que a força dada pela lei de Hooke¹ equilibre a força resultante da diferença de pressão. Isto mostra-se na figura para p_1 , maior que p_2 .

¹ Lei de Hooke: diz que a força de equilíbrio de uma mola sob compressão ou extensão é dada por $F = -K\Delta x$ em que: F - força em N, K – constante da mola em N/m e $\Delta x = x - x_0$ = variação em comprimento.

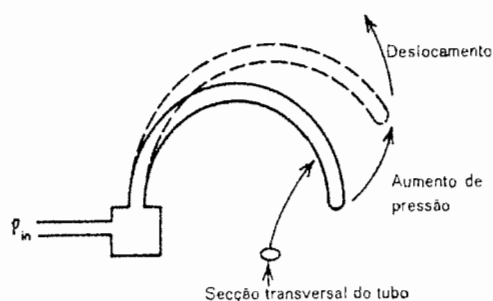
Uma aplicação deste transdutor é o **Pressostato – Vacuostato** que se destinam a regular e a controlar pressões ou depressões nos circuitos pneumáticos e hidráulicos. Quando a pressão ou depressão, atinge o valor de regulação, o contacto NA/NF de acção brusca muda de estado. Quando o valor de pressão, ou depressão, diminui, tendo em conta o diferencial que pode ser regulado nalguns modelos, os contactos retomam a sua posição inicial. A figura seguinte representa um pressostato.



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1 – Contacto eléctrico | 5 – Alavanca do ponto baixo |
| 2 – Mola de regulação do ponto alto | 6 – Detector de membrana |
| 3 – Mola de regulação do ponto baixo | 7 – Parafuso de regulação pont |
| 4 – Alavanca do ponto alto | 8 – Parafuso de regulação pont |

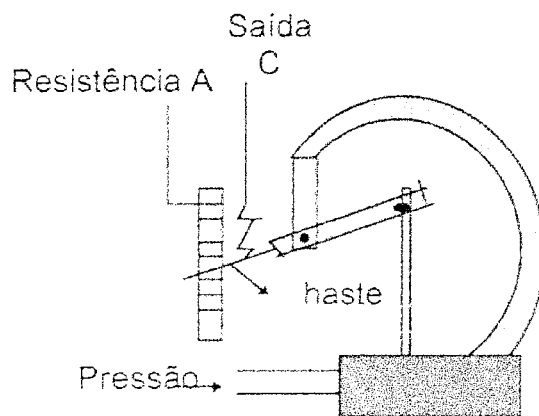
Tubo de Bourdon

Uma conversão pressão-deslocamento usual e muito especial é obtida com um tubo construído especialmente, representado na figura. Se uma secção do tubo for parcialmente achatada e enrolada como se mostra, a aplicação de pressão dentro do tubo faz com que o tubo se desenrole. Isto dá então um deslocamento relacionado com a pressão.



Os transdutores eléctricos de pressão baseados em potenciómetros são uma das aplicações do tubo de Bourdon.

Nestes transdutores, existe um potenciómetro que é feito utilizando uma resistência que se encontra em contacto com uma haste condutora que está ligada a uma estrutura móvel e em contacto com um arame. Quando essa estrutura variar devido à pressão exercida nela, a haste move-se fazendo com que o valor da resistência varie. Como se pode observar através da figura, um aumento de pressão provocará um deslocamento do tubo de Bourdon para fora, fazendo com que a haste também se mova. A medida que a haste se desloca, provoca um aumento da resistência entre os terminais A e C, que é equivalente à pressão sentida pelo tubo de Bourdon.



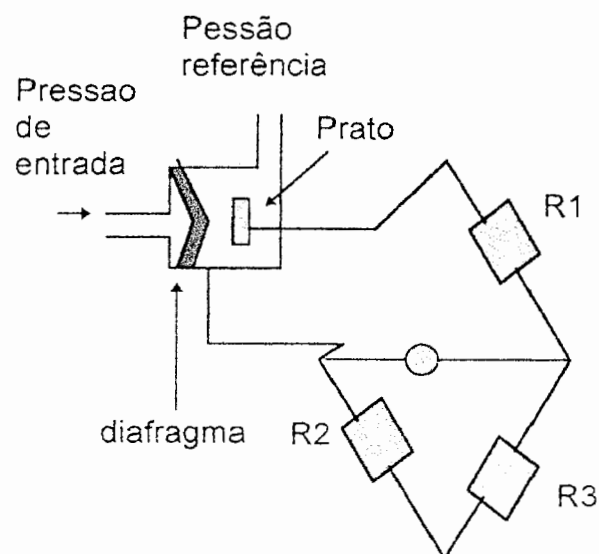
CAPACIDADE

Um condensador é constituído por duas placas paralela, normalmente fixas, separadas por um dieléctrico. Se uma dessas placas tiver a capacidade de se mover aquando da alteração de pressão, o valor da distância entre as placas também variará e, como consequência o valor da capacidade sofrera alterações, como se pode deduzir pela fórmula apresentada de seguida.

$$C = (\epsilon_0 \epsilon_r \cdot A) / d$$

em que C é o valor da capacidade em Farad, d é a distância entre as duas placas paralelas em metros, A é área de cada placa em m² e $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Se utilizarmos, uma placa fixa e um diafragma (ver figura), que se contraia e expanda consoante a pressão, e se ligarmos o condensador a uma ponte, então qualquer variação da pressão provocará uma variação da saída da ponte, que corresponderá à pressão aplicada no diafragma. Este transdutor é extremamente sensível e tem respostas rápidas às variações de pressão, mas é extremamente afectado nas suas medições quando se encontra em ambientes sujos, pois esta provoca alterações na constante dielétrica.

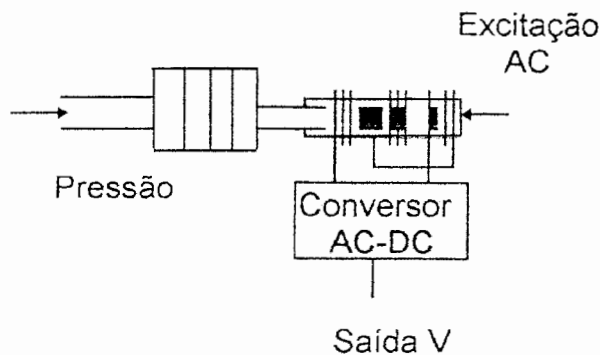


RELUTÂNCIA

Sempre que temos duas bobinas separadas existe uma determinada relutância, isto é, uma certa oposição à passagem do fluxo magnético. Ao movermos uma dessas bobinas o valor da relutância varia. Se, consoante a pressão exercida, uma das bobinas se movimenta, enquanto que a outra permanece fixa, então a tensão induzida por uma bobine na outra varia também. Esta variação na tensão pode ser interpretada como uma variação na pressão.

Um dos transdutores mais usados deste tipo é o LVDT (linear variable differential transformer) pois é extremamente sensível e pequeno. É constituído por dois enrolamentos um secundários e um primário alinhados de um forma concêntrica. Possui também um núcleo com uma grande permeabilidade ferromagnética, com a forma de um cilindro. Este núcleo não está fixo. Existe uma tensão AC aplicada ao longo do primeiro enrolamento. O núcleo desloca-se entre este e o segundo enrolamento consoante a pressão exercida. À medida que o núcleo se desloca no sentido do segundo enrolamento, ou seja a pressão está

a aumentar, a voltagem no primeiro enrolamento aumenta e no segundo diminui. Desta diferença de voltagens mede-se a tensão de saída, que representa o valor da pressão (ver figura).



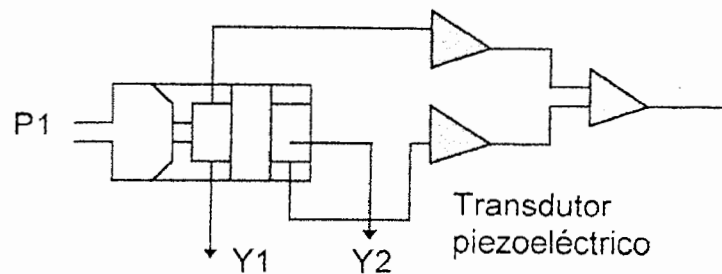
PIEZOELÉCTRICOS

Os transdutores de pressão piezoelétricos, utilizando as características piezoelétricas de determinados cristais e materiais cerâmicas, baseiam-se no princípio de que quando uma pressão é aplicada a um cristal piezoelétrico uma carga eléctrica é criada. São utilizados para medir altas pressões que variem muito rapidamente.

Têm duas grandes vantagens:

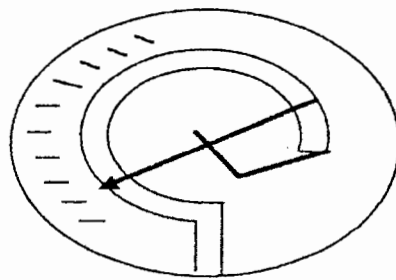
- não necessitam de energia eléctrica exterior
- têm muito boa resposta a altas frequências.

Infelizmente, os valores da temperatura afectam a saída do transdutor. São feitos utilizando um diafragma que exercerá pressão no cristal piezoelétrico Y_1 . Este cristal, ao ser pressionado, criará um sinal eléctrico que irá ser amplificado pelo amplificador de carga. Existe um segundo cristal, Y_2 , que tem como função compensar pressão adicional no cristal devido a vibrações. O sinal gerado por Y_2 é também amplificado por um amplificador de carga. Um outro amplificador dará a diferença destes dois sinais, como se pode ver na figura seguinte.



ELÁSTICOS

O transdutor deste tipo mais conhecido é o C-Type Bourdon Tube devido à sua simplicidade e baixo preço. A ideia chave deste transdutor é a de medir a pressão utilizando um tubo de Bourdon com uma forma de gancho, aberto numa extremidade por onde entra o fluido cuja pressão se pretende saber, e fechado na outra extremidade. Na extremidade selada tem uma ligação ajustável, que por sua vez está ligada a uma alavanca que faz deslocar o ponteiro ao longo de uma escala, como apresentado na figura seguinte. Quando é exercida pressão pelo fluido, o tubo de Bourdon move-se em direcção ao exterior, fazendo com que o ponteiro também se mova, indicando assim o valor da pressão. Este transdutor corre alguns riscos de se deformar definitivamente se as suas características elásticas não forem tidas em conta.



Transdutor elástico de pressão

2.2 SENSORES DE FORÇA/BINÁRIO

Os sensores de força (*load cells*) e binário (*torque cells*) podem recorrer a vários métodos, sendo os mais importantes:

- método piezoeléctrico
- método indutivo
- método piezo-transistor
- método resistivo

Método piezoeléctrico

Utiliza um cristal de material piezoeléctrico no qual, pela aplicação de uma força mecânica, surge um potencial eléctrico através das suas superfícies quando as suas dimensões sofrem alteração. Este potencial é produzido pelo deslocamento de cargas externas. O efeito é reversível, isto é, se um potencial é aplicado entre as superfícies do cristal, as suas dimensões físicas alteram-se, sendo este efeito designado por efeito piezoeléctrico.

A magnitude e a polaridade das cargas de superfície induzidas são proporcionais à magnitude e direcção da força aplicada F :

$$Q = d * F \text{ [Coulombs]}$$

Sendo d a sensibilidade de carga e F a força aplicada

Os materiais piezoeléctricos mais usados são: quartzo, turmalina, sal de Rochelle, sulfato de lítio, bário titanado, etc ...

Método indutivo

O transdutor contém uma bobina à volta de um núcleo de material ferromagnético. Quando é aplicada uma força, esta causa uma variação de *stress* mecânico no núcleo. Este *stress* provoca uma alteração da permeabilidade do núcleo e, conseqüentemente, uma variação da indutância. É conhecido por efeito de Villari.

Método piezo-transistor

Utilizam-se transistores de silício que têm a junção base-emissor acoplada mecanicamente a um diafragma. Quando é aplicada uma força ao diafragma, é produzida uma, elevada carga reversível nas características do transistor. Uma saída linear não amplificada, até pelo menos 20% da tensão aplicada, pode ser obtida através de fontes de tensão de menos de 1 Volt até mais de 50 Volt.

Método resistivo

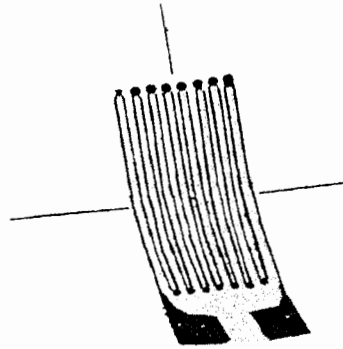
Este método é o mais utilizado e mede a força através da variação da resistência de um material quando lhe é aplicada uma força. Esta pressão deforma um material elástico, à base de fibras de carvão ou silício dopado. A variação da resistência dá-se com a alteração da distância entre as partículas semicondutoras.

Uma das formas de transdutor consiste num conjunto de dois a sessenta finos discos de carbono com uma resistividade próxima de 2 000 Ωm , montados entre um eléctrodo fixo e outro móvel. Quando uma força é aplicada ao eléctrodo móvel, o conjunto dos discos de carbono, move-se entre 5 a 250 μm .

De seguida apresenta-se um dos sensores de força mais utilizados que são os *extensómetros*.

Extensómetros

Um extensómetro de resistência eléctrica é uma pequena lâmina de material metálico que pode ser fixado à superfície de uma estrutura ou de um componente. Quando lhe é aplicada uma força, há uma extensão ou compressão que é transmitida à lâmina. A resistência desse material varia em proporção com essa extensão ou compressão.

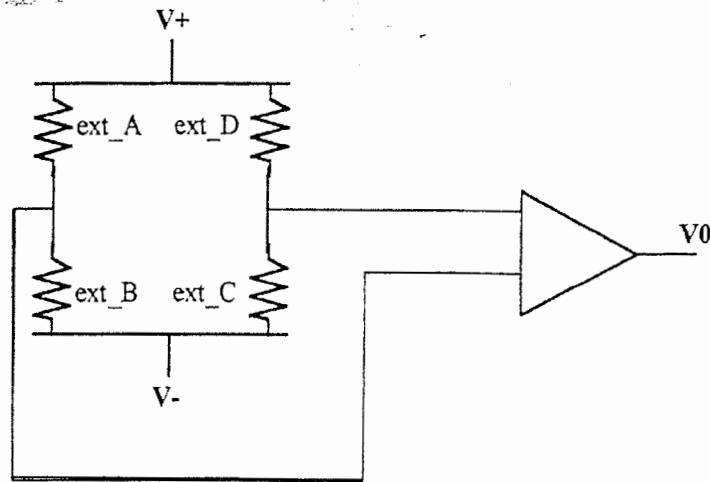


Extensómetro

Na figura seguinte, descreve-se graficamente um modo típico de aplicação dos extensómetros:

	<p>A e B – extensómetros F – força aplicada à barra fixa</p> <p>Perante a aplicação de F:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A sofre uma extensão • B sofre uma compressão 	<p>Sendo $R = \frac{1}{\sigma * \text{Área}}$</p> <p>$F \uparrow \Rightarrow$</p> $\left \begin{array}{l} l_A \uparrow; \text{Área}_A \downarrow \Rightarrow R_A \uparrow \\ l_B \downarrow; \text{Área}_B \uparrow \Rightarrow R_B \downarrow \end{array} \right.$
--	--	--

Os extensómetros vulgarmente utilizados nas *load cells* são normalmente usados segundo uma disposição tipo *Ponte Wheatstone* (ver figura). Uma das razões para o uso desta configuração prende-se com o facto da temperatura afectar os extensómetros, pelo que há a necessidade da sua compensação.



Actualmente, o material mais usado nos extensómetros é o silício (semicondutor), porque tem a vantagem de ser mais sensível (coeficiente de elasticidade maior). Mas têm a desvantagem de variarem a sua resistência com a temperatura, perdendo fiabilidade.

Por todas as suas características e por serem baratos e fáceis de usar, os extensómetros são normalmente utilizados como sensores em muitos campos de aplicação (guindastes, gruas, balanças industriais, robótica ...).

Um dos campos de aplicação mais interessantes dos sensores de força é na robótica. Os robots só por si têm pouca versatilidade, pois são parcos em recursos para sentir o ambiente, De facto são cegos, surdos, sem, olfacto e sem tacto. Consequentemente necessitam de uma variedade de sensores para realizarem as tarefas, de modo a aumentarem a sua adaptabilidade às variações do meio envolvente. Estes sensores tratam da aquisição de dados acerca do meio e do próprio robot. O alcance e a natureza dos sensores influenciam fortemente a qualidade da percepção do sistema.

2.3 SENSORES DE ACELERAÇÃO

Introdução

O que é a aceleração?

Em termos gerais a velocidade de um corpo (massa) é uma função do tempo, se esta se mantiver constante trata-se de um movimento uniforme. Porém, se a velocidade for diferente em instantes de tempo diferentes, estamos perante um movimento de aceleração que nos interessa avaliar em termos quantitativos. Passamos a definir a aceleração média de um corpo, por

$$a_{med} = \frac{v' - V}{t' - t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Sendo v' a velocidade no instante t' e v a velocidade no instante t . Se o instante de tempo for considerado como um infinitésimo ($\Delta t \rightarrow 0$), temos a definição de aceleração instantânea, cujo valor se define

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} a_{med} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{ou seja,} \quad a = \frac{dv}{dt}$$

Podemos ainda definir uma relação entre aceleração e posição espacial, pela seguinte combinação:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Deste modo a aceleração pode ser obtida pelo cálculo da derivada temporal da velocidade. Operacionalmente, determina-se a aceleração instantânea pela observação da, pequena variação de velocidade dv que ocorre durante o pequeno intervalo de tempo dt . Desta forma o termo “aceleração” passará a significar aceleração instantânea.

Se a velocidade aumenta com o tempo em valor absoluto, o movimento é dito "acelerado", e se a velocidade decresce com o tempo em valor absoluto o movimento é dito "retardado".

Sistema mola-massa

Os fenómenos de aceleração podem classificar-se em: **movimento vibratório** (aceleração e desaceleração com uma determinada frequência), **choque** (variação súbita de velocidade) e **movimentos típicos de veículos** (submarinos, aircrafts automóveis, aviões, etc.).

O princípio de medida da aceleração é baseado numa conjugação da lei de Newton (relacionando a força e a aceleração) e da lei de Hooke (relacionando a força e a acção da mola).

Na figura 1 vemos a combinação de uma massa que se pode mover e uma mola ligada a uma base. Se todo o conjunto for acelerado para a direita, a lei de Newton diz que a massa está sob a influência de uma força $F = m.a$. Esta força é dada pela mola que se estende até que a força devida à lei de Hooke iguale a dada pela aceleração. Enquanto o sistema acelera deste modo, o sistema mola-massa fica neste estado de equilíbrio, como se mostra na figura 2.

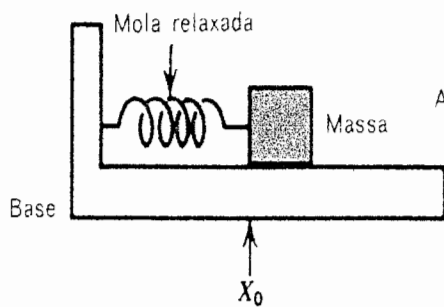


Fig:1 - Sistema mola-massa sem aceleração

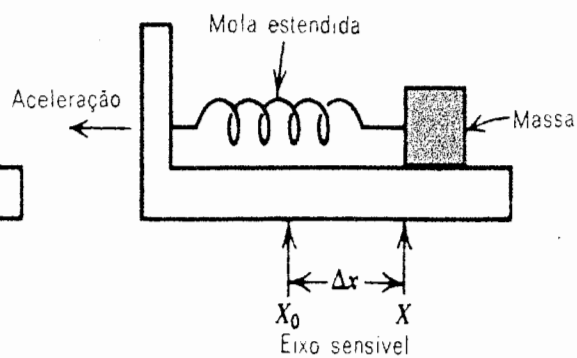


Fig:2 - Sistema mola-massa com aceleração

Podemos então formar uma igualdade

$$K \cdot \Delta x = ma$$

Com : **K** = constante da mola em **N/m**
 Δx = extensão da mola em **m**
 m = massa em **Kg**
 a = aceleração em **m/s²**

Esta equação permite que a medida da aceleração se reduza à medida da extensão da mola (deslocamento linear), porque

$$a = \frac{k}{m} * \Delta x$$

Se inverter o sentido da aceleração mantém-se a mesma relação excepto que a mola é comprimida em vez de estendida. A Equação anterior descreve a relação entre o deslocamento da mola e a aceleração.

O princípio da mola-massa indicado acima usa-se no projecto de todos os acelerómetros correntes. A massa que converte a aceleração num deslocamento de mola chama-se a *massa de ensaio ou massa sísmica*. Vemos que a medida da aceleração se reduz à medida do deslocamento linear; as configurações diferem entre si na forma como é feita a medida deste deslocamento.

Frequência natural e amortecimento

Examinando com mais detalhe o princípio acima descrito, encontramos uma outra característica dos sistemas mola-massa que complica a análise. Especificando, um sistema formado por uma mola e massa ligada tem sempre oscilações a uma *frequência natural* característica. A experiência diz-nos que se puxarmos a massa e depois a soltarmos (sem aceleração) ela será puxada de novo pela mola, ultrapassará o equilíbrio e oscilará para cá e para lá. Se a fricção associada com a massa e a base trará eventualmente a massa para o repouso.

Qualquer sistema de medida de deslocamento tem de responder a esta oscilação como se tivesse havido aceleração; de facto, não houve aceleração aplicada. Esta frequência natural é dada por

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

em que

f_N = frequência natural em Hz

k = constante da mola em N/m

m = massa sísmica em kg

À fricção que eventualmente traz a massa ao repouso chama-se um *coeficiente de amortecimento* α , que tem as unidades de S^{-1} (Siemens). Em geral, o efeito da oscilação chama-se *resposta transitória*, descrita por um sinal cuja equação é

$$X_T(t) = X_0 e^{-\alpha t} \text{sen}(2\pi \cdot f_N \cdot t)$$

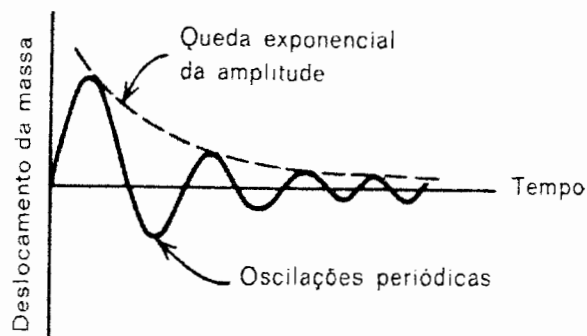
em que

$X_T(t)$ = Posição transitória da massa

X_0 = posição de pico, inicial

α - coeficiente de amortecimento

f_N - frequência natural



Os parâmetros, frequência natural e coeficiente de amortecimento têm uma influência muito grande na aplicação dos acelerómetros.

Efeitos da vibração

O efeito da frequência natural e do amortecimento no comportamento dos acelerómetros de mola-massa é descrito preferencialmente em termos de uma vibração aplicada. Se o sistema mola-massa for exposto a uma vibração, então a aceleração resultante é dada pela seguinte equação

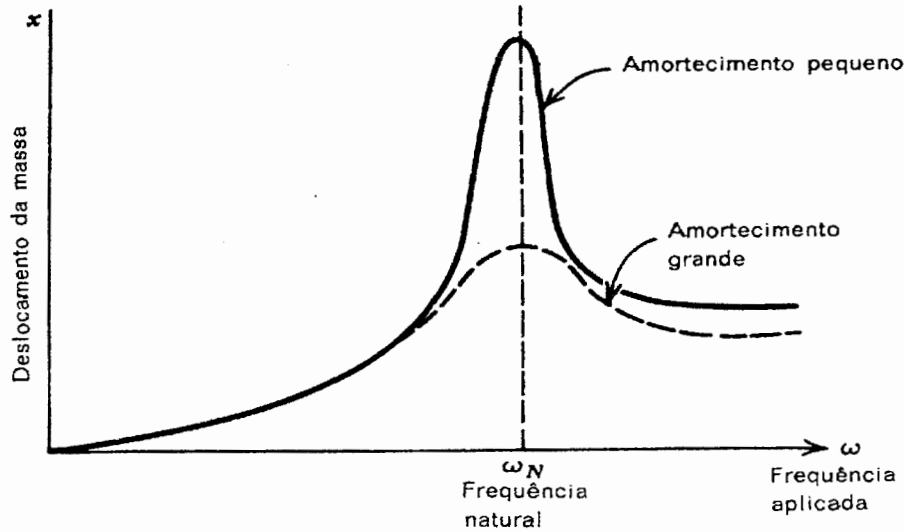
$$a(t) = -W^2 X_0 \text{ sen } W t$$

Se isto for usado na equação ($K \cdot \Delta x = ma$) podemos ver que o movimento da massa é dado por :

$$\Delta x = -\frac{mX_0}{k} w^2 \text{ sen } wt$$

Em que todos os termos foram definidos anteriormente e $W=2\pi f$ sendo f a frequência aplicada.

A dedução da equação anterior ignorou a frequência natural e indica que a amplitude do deslocamento da massa varia com o quadrado da frequência *aplicada*. Este efeito da frequência natural e do amortecimento neste resultado é representado na figura. Para frequências inferiores à frequência natural o comportamento previsto pela equação é correcto, mas quando se atinge a frequência natural existe um desvio. Um pico ou ressonância aparece à frequência natural. Para um maior aumento na frequência aplicada, determinamos que a amplitude *é independente* da frequência.



Um acelerómetro de mola-massa actuado por uma aceleração periódica de frequência variável mostra um pico de deslocamento da massa ou ressonância a frequência natural

O efeito ao amortecimento é uma redução do pico de ressonância e deslocamento constante a frequências mais altas. Assim, podemos fazer as observações seguintes sobre os efeitos da frequência natural e de uma frequência de vibração aplicada.

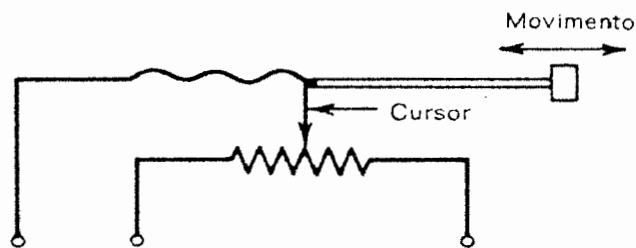
- $f < f_N$ para uma frequência aplicada inferior à frequência natural, a frequência tem pouco efeito na resposta básica mola-massa. Uma regra prática indica que um máximo seguro para a frequência aplicada $f < 1/2,5 f_N$.
- $f > f_N$ Para uma frequência aplicada muito maior do que a frequência natural, a saída do acelerómetro é independente da frequência aplicada. Nestas condições o acelerómetro torna-se um medidor do deslocamento da vibração.

Tipos de Acelerómetros

A diversidade de acelerómetros usados resulta das diferentes aplicações com requisitos específicos de gama, frequência natural e amortecimento. A diferença básica está no método e *medida* do deslocamento da massa. Em geral, a folha de especificações de um acelerómetro dará a frequência natural, o coeficiente de amortecimento e um factor de escala que relaciona a saída com a aceleração de entrada. Os valores da massa de ensaio e da constante de mola raras vezes são conhecidos ou necessários.

Potenciométrico

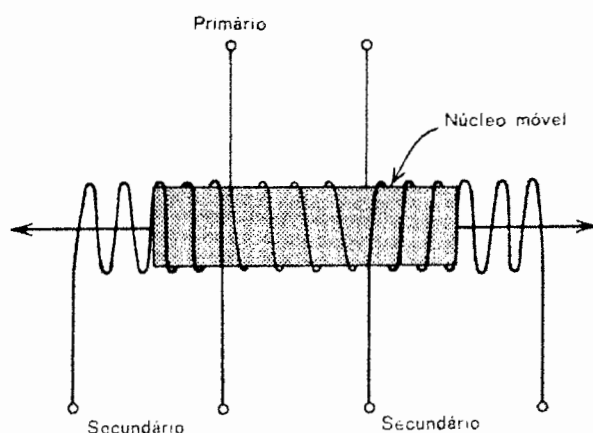
O tipo mais simples de acelerómetro mede o movimento da massa ligando-a ao cursor de um potenciómetro. Desta maneira, a posição da massa é traduzida numa variação de resistência. A frequência natural destes dispositivos é geralmente inferior a 30 Hz, limitando a sua aplicação à medida da aceleração em *estado estacionário* ou de vibrações de baixa frequência. Usam-se numerosos esquemas de condicionamento de sinal para converter a variação da resistência num sinal e tensão ou corrente.



Transdutor potenciométrico

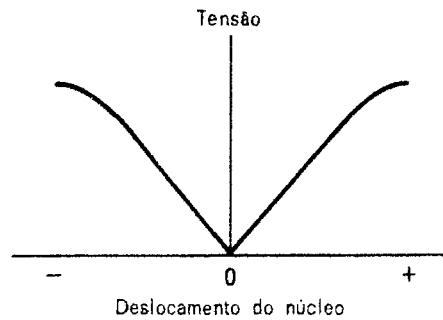
LVDT

Um segundo tipo de acelerómetro tira partido da medida do deslocamento dada linearmente pelo LVDT (ver figura) para determinar o deslocamento da massa. Nestes instrumentos, o próprio núcleo do LVDT é a massa sísmica. Os deslocamentos do núcleo são convertidos linearmente numa tensão alterna directamente proporcional. Estes acelerómetros têm geralmente uma frequência natural inferior a 80 Hz e também são geralmente usados para estado estacionário ou vibração de baixa frequência.



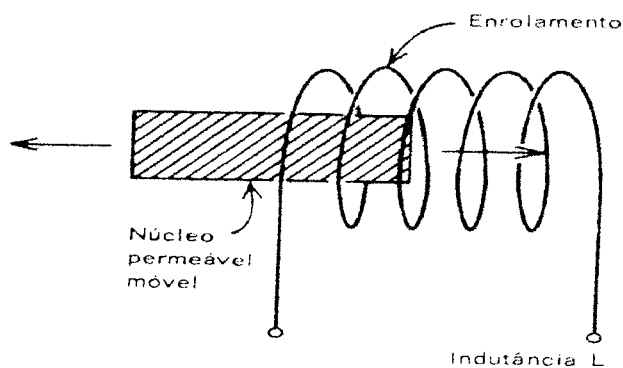
Obs:

A estrutura básica do LVDT é um núcleo de material permeável e três enrolamentos, como se mostra na Figura. O núcleo interior é o primário que ao ser excitado por corrente alterna vai fornecer o fluxo magnético. Os dois enrolamentos secundários têm tensões induzidas devido ao acoplamento de fluxo com o primário. Quando o núcleo está centrado, a tensão induzida em cada secundário é a mesma. Mas quando o núcleo é deslocado, a variação no acoplamento de fluxo faz aumentar a tensão num secundário e diminuir a do outro. Os dois secundários estão geralmente ligados em série e oposição, de modo que as tensões produzidas em cada um estão desfasadas. Neste caso, como se mostra na figura seguinte, a amplitude da tensão de saída é zero quando o núcleo está centrado e aumenta à medida que o núcleo é deslocado num sentido ou noutro.



Relutância variável

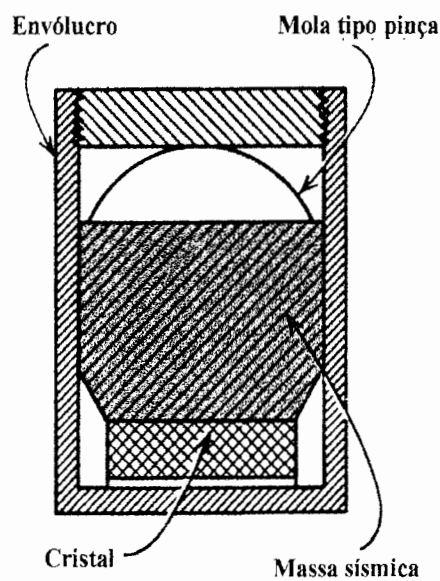
Este tipo de acelerómetro é da mesma categoria que o LVDT (Linear Variable Differential Transformer) porque se baseia numa indução. Aqui, a massa de ensaio é geralmente um íman permanente. A medida é feita pela tensão induzida num enrolamento circundante, enquanto a massa se move sob a influência de uma aceleração. Este acelerómetro é usado exclusivamente em estudos de vibrações, porque tem saída *apenas* quando a massa está em movimento. A frequência natural é geralmente inferior a 100 Hz. Este tipo de acelerómetro é usado, muitas vezes, em prospecção de petróleo para receber as vibrações reflectidas pelos estratos de rochas subterrâneas. Nesta forma chama-se correntemente um *geofone*.



Piezoeléctrico

O acelerómetro piezoeléctrico é baseado numa propriedade de certos cristais que sob tensão mecânica geram uma diferença de potencial eléctrico através do cristal.

Nos acelerómetros, o princípio está representado na figura, um cristal piezoeléctrico é montado numa mola ficando a massa de ensaio em contacto com o cristal. Quando submetida a uma aceleração, a massa de ensaio exerce sobre o cristal uma força ($F = ma$) que faz gerar um potencial eléctrico através do cristal. Uma medida desta tensão eléctrica é então uma medida de aceleração. O cristal é por si próprio uma fonte de tensão de impedância muito elevada e portanto necessita de entrada. Os níveis de saída estão geralmente na gama dos milivolt. A frequência natural destes dispositivos pode exceder 5 kHz, de modo que podem ser usados para medidas de vibração e choque.



3.1 INTERRUPTORES FIM-DE-CURSO ELECTROMECHANICOS

Os interruptores fim-de-curso electromecânicos classificam-se em duas grandes famílias :

- interruptores de comando que se destinam à detecção de presença ou de passagem e são ligados às entradas da unidade de tratamento de dados;
- interruptores de potência, inseridos nas fases de alimentação dos accionadores. De um modo geral, as suas funções limitam-se, à segurança.

Os interruptores fim-de-curso electromecânicos são utilizados em aplicações muito variadas em virtude das suas numerosas qualidades:

- funcionamento seguro (fiabilidade dos contactos);
- grande precisão (fidelidade nos pontos de contacto de 0,1 a 0,01 mm, conforme os modelos);
- imunidade às perturbações electromagnéticas;
- convivialidade (aplicação simples, funcionamento "visível").

Apresentam como inconvenientes principais:

- partes móveis, logo maior desgaste e taxa de avarias
- possível sujidade nos contactos eléctricos
- desgaste da mola
- não ser muito estanque
- vida útil reduzida

Os principais factores de selecção de um interruptor fim-de-curso com comando mecânico são :

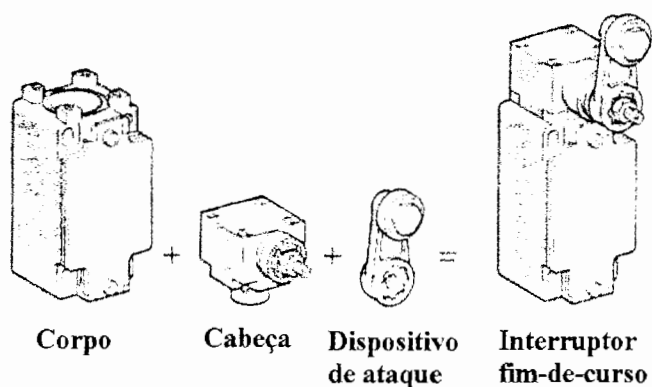
- protecção contra choques ou projecção de líquidos,
- tipo de ambiente : humidade, poeiras, corrosão, temperatura,
- espaço disponível para alojar, fixar e regular o aparelho,
- condições de exploração: frequência de manobras, natureza, massa e velocidade do móvel a controlar, precisão e fidelidade exigidas, possibilidade de excesso de curso num ou noutro sentido, esforço necessário para accionar o contacto,

- número de ciclos de manobra,
- número e natureza dos contactos : acção dependente ou brusca, possibilidade de regulação,
- natureza da corrente, valor da tensão e da corrente a controlar.

Constituição:

Os interruptores fim-de-curso são constituídos a partir dos três elementos de base seguintes: um contacto eléctrico, um corpo e uma cabeça de comando com o seu dispositivo de ataque.

Na sua maior parte, estes aparelhos são compostos a partir de diferentes modelos de corpo equipados com um contacto eléctrico, cabeças de comando e dispositivos de ataque. Assim, a manutenção faz-se muito facilmente pela troca de qualquer um dos elementos.



Contacto eléctrico

É o denominador comum da maior parte dos aparelhos. Existe em versões 1NA/NF, 2NA/NF simultâneos e 2NA-NF decalados de acção brusca, e NA+NF decalados de acção dependente.

Corpo

Existem diferentes versões: normalizado CENELEC ou de atravancamento reduzido, fixo ou extraível, metálico ou termoplástico, com uma ou mais entradas de cabo.

Cabeças de comando, dispositivos de ataque

Existem numerosos modelos que podem ser associados ao corpo que contém o elemento de contacto.

✚ Cabeças de movimento rectilíneo

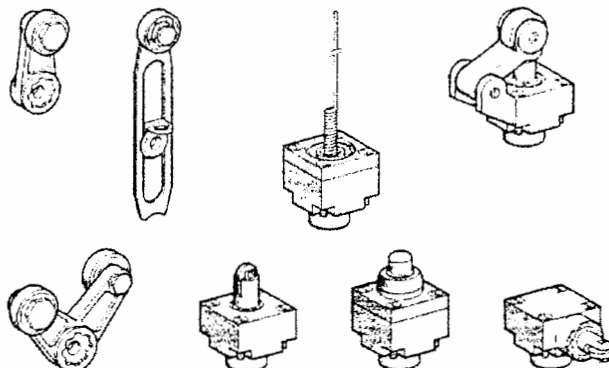
- botão ou rodízio no topo, com alavanca e rodízio (ataque lateral ou vertical),
- com alavanca e rodízio (ataque lateral ou vertical).



Cabeças de movimento angular

- alavanca com rodízio termoplástico ou de aço, de comprimento fixo ou regulável, posição angular de 360° regulável de 5 em 5° ou de 45 em 45° por rotação da anilha dentada, ataque em 1 ou 2 sentidos,
- haste rígida, de aço ou poliamida, ataque em 1 ou 2 sentidos,
- mola ou haste com mola, ataque em 1 ou 2 sentidos,
- lira de uma ou duas pistas, com rodízios termoplásticos, de posições fixas,
- multidirecções, com haste flexível ou rígida com mola.

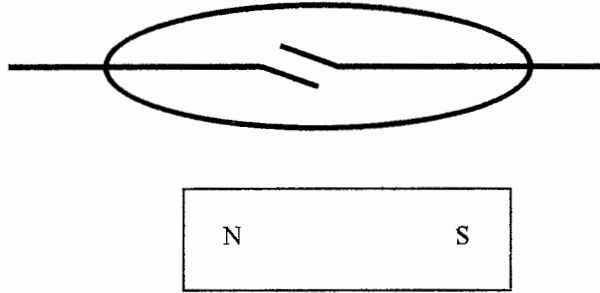
Nos modelos com ataque em 1 ou 2 sentidos, a selecção do sentido faz-se por simples regulação da cabeça.



Dispositivos de ataque e cabeças de comando

3.2 REED

São constituídos por uma ampola de vidro (vazio ou gás inerte) dentro da qual existem dois contactos ferromagnéticos normalmente abertos. Se houver um íman permanente nas proximidades vai produzir a atracção dos dois contactos.



A sua vida útil está limitada pela fadiga mecânica das palhetas metálicas em contrapartida não existem problemas de corrosão ou sujidade devido à protecção da ampola.

3.3 DETECTORES DE PROXIMIDADE INDUTIVOS

Estes aparelhos, utilizados principalmente em aplicações industriais, detectam sem contacto qualquer **objecto metálico**: controlo de presença ou ausência, detecção de passagem, controlo de sequência, posicionamento, codificação, contagem.

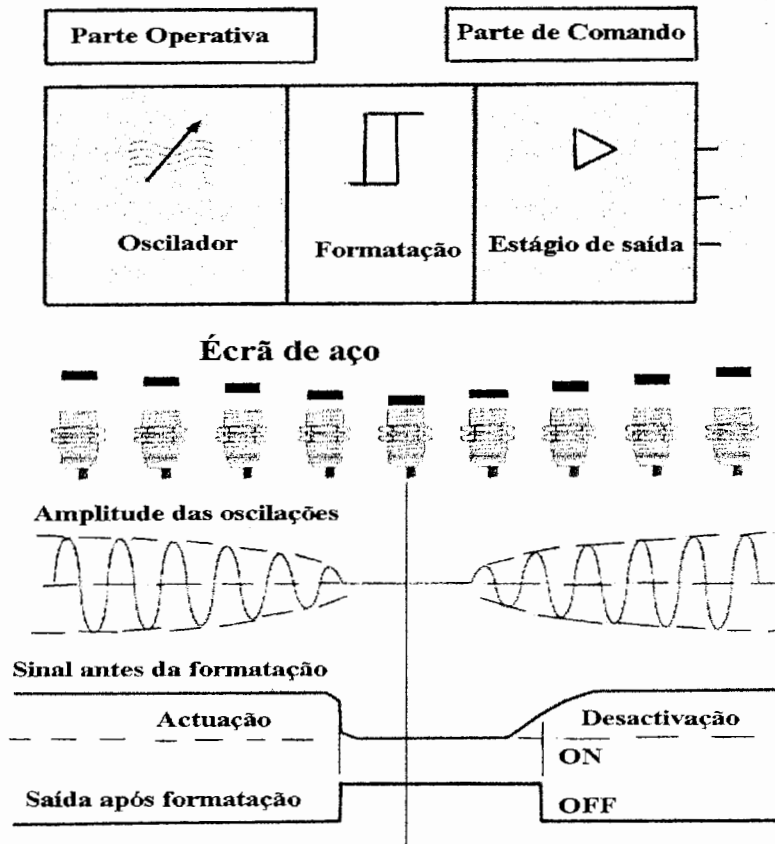
O emprego dos detectores de proximidade indutivos oferece inúmeras vantagens:

- compatibilidade com os automatismos electrónicos devido à possibilidade de cadências elevadas,
- duração de vida independente do número de ciclos de manobra (não têm peças móveis, logo não há desgaste mecânico, contactos de saída estáticos),
- adaptação aos ambientes húmidos, corrosivos e colmatantes,
- detecção de objectos frágeis, pintados de fresco, etc..

Constituição e funcionamento

Um detector de proximidade indutivo detecta, sem contacto físico, a presença de qualquer objecto feito de um material condutor. É composto por um oscilador, cujas bobinagens constituem a parte sensível, e um estágio de saída. O oscilador cria à frente da face sensível um campo electromagnético alternado com uma frequência de 100 a 600 kHz, conforme os modelos. Quando um objecto condutor penetra neste campo, desenvolvem-se correntes induzidas circulares na sua periferia (efeito de coroa). Estas correntes constituem uma sobrecarga para o sistema oscilador, pelo que provocam uma redução da amplitude das oscilações à medida que o objecto se aproxima, até ao bloqueio completo. A detecção do objecto concretiza-se quando a redução da amplitude das oscilações é suficiente para provocar uma mudança de estado da saída do detector.

Obs: Normalmente a distância de detecção é igual ao diâmetro da face sensível se o detector for cilíndrico ou a 3 vezes se o detector for rectangular.



Frequência de comutação

A frequência de comutação de um detector de proximidade indutivo depende dos seguintes critérios

Atraso à actuação R_a

É o tempo que decorre entre o instante em que o objecto a detectar penetra na zona activa e a mudança de estado da saída. Este tempo condiciona a velocidade de passagem em função das dimensões do objecto.

Atraso à desactivação Rr

É o tempo que decorre entre a saída do objecto da zona activa e a mudança de estado da saída. Este tempo condiciona o intervalo entre dois objectos.

A frequência de comutação dos detectores indicada nos catálogos obtém-se geralmente através do método definido na norma EN 50010.

Atraso à disponibilidade Rd

É o tempo necessário para que a saída assuma o seu estado após a colocação sob tensão do detector. Pode influenciar a frequência de comutação quando, por exemplo, o detector é ligado em série com um contacto mecânico.

Alimentação

Os detectores podem ser alimentados em corrente alternada ou contínua, conforme os modelos.

Alimentação em corrente alternada

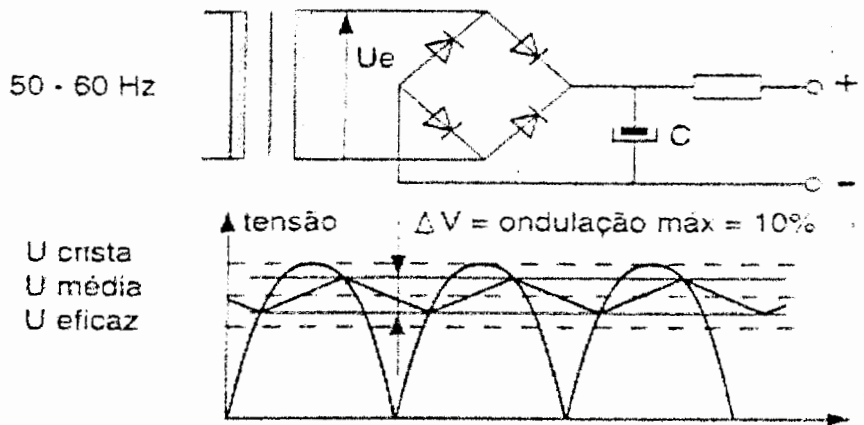
Os limites de tensão do detector devem ser compatíveis com a tensão nominal da fonte.

Alimentação em corrente contínua

Os limites de tensão do detector e a taxa de ondulação admissível devem ser compatíveis com as características da fonte.

Se esta fonte tiver origem numa rede alternada monofásica, a tensão deve ser rectificadora e filtrada, verificando-se :

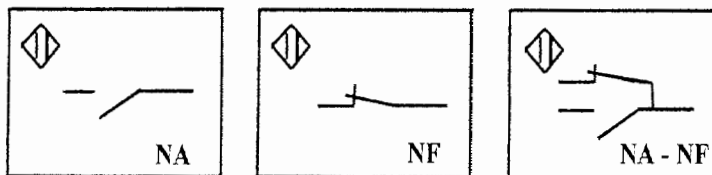
- se a tensão crista de alimentação é inferior ao limite máximo admitido pelo detector,
- se a tensão mínima de alimentação é superior ao limite mínimo garantido para o detector,
- se a taxa de ondulação não é superior a 10%.



Contactos de saída

Os detectares encontram-se disponíveis com saídas :

- NA: o transistor ou tiristor de saída conduz na presença de um ecrã,
- NF: o transistor ou tiristor de saída não conduz na presença de um ecrã,
- inversor NA/NF : duas saídas complementares, uma que conduz e uma que não conduz na presença de um ecrã.



Técnica 3 fios

Os detectores tipo 3 fios são alimentados em corrente contínua. Têm dois condutores para a alimentação e um para a transmissão do sinal de saída. Alguns aparelhos têm um condutor suplementar para transmissão do sinal complementar (tipo 4 fios NA+NF).

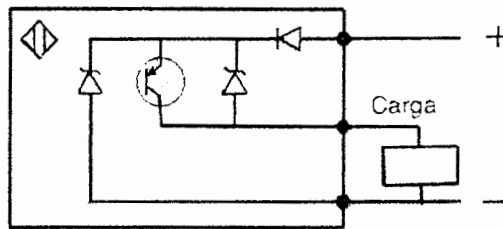
Todos eles estão protegidos contra a inversão dos condutores de alimentação. A maior parte está igualmente protegida contra sobrecargas e curtos-circuitos.

Estes aparelhos não têm corrente residual e a tensão de defeito é desprezável. Portanto, apenas é necessário ter em conta o limite de corrente comutada para verificar a compatibilidade entre o detector e a carga.

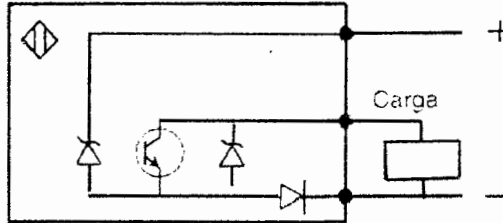
Os detectares tipo 3 fios existem em duas versões:

- aparelhos de base com saída PNP (carga ligada ao potencial negativo) ou saída NPN (carga ligada ao potencial positivo),
- aparelhos programáveis que permitem, conforme a polaridade de ligação, realizar uma das quatro funções PNP/NA, PNP/NF, NPN/NA, NPN/NF.

Técnica 3 fios
Alimentação ==
PNP



Técnica 3 fios
Alimentação ==
NPN



3.4 DETECTORES DE PROXIMIDADE CAPACITIVOS

Os detectores capacitivos destinam-se à detecção de objectos ou produtos não metálicos, de todos os géneros (papel, vidro, plástico, líquidos, etc.).

Um detector de posição capacitivo compõe-se de um oscilador cujos condensadores constituem a face sensível.

Quando um material condutor ou isolante com permitividade superior a 1 entra neste campo, modifica as capacidades de ligação e bloqueia as oscilações.

Estes detectores estão equipados com um potenciómetro para regulação da sensibilidade.

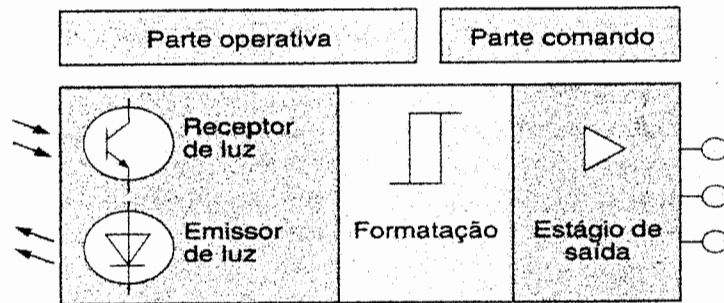
3.5 DETECTORES OPTOELECTRÓNICOS

Os detectores fotoeléctricos permitem a detecção de objectos de todos os géneros (opacos, transparentes, reflectores, etc.) nas mais diversas aplicações, para os sectores industrial e terciário.

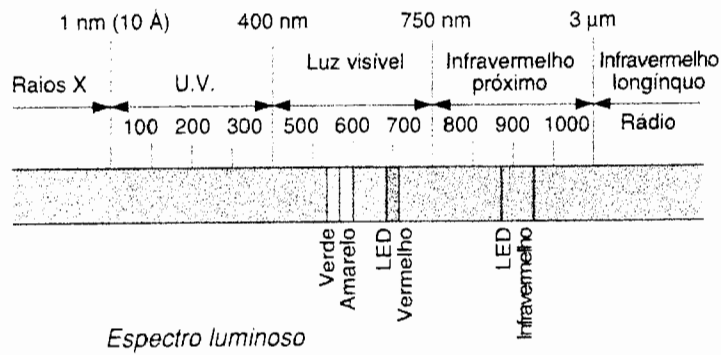
Constituição e funcionamento

Um detector fotoeléctrico detecta um alvo, que pode ser um objecto ou uma pessoa, por meio de um feixe luminoso. Os dois constituintes de base são um **emissor** e um **receptor** de luz. A detecção é efectiva quando o alvo penetra no feixe luminoso e modifica suficientemente a quantidade de luz recebida pelo receptor para provocar uma mudança de estado da saída. É realizada por dois processos - bloqueio do feixe pelo alvo, - reenvio do feixe ao receptor pelo alvo. Os detectores fotoeléctricos têm um emissor constituído por um diodo electroluminescente e um receptor tipo fototransistor. Estes constituintes electrónicos são utilizados devido ao grande rendimento luminoso, insensibilidade aos choques e às vibrações, comportamento em temperatura, duração de vida praticamente ilimitada e rapidez de resposta.

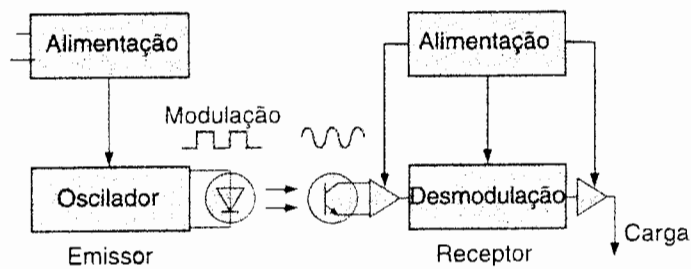
Conforme os modelos de detectores, assim a emissão é feita por raios infravermelhos ou em luz visível verde ou vermelha. Para insensibilizar os sistemas à luz ambiente, a corrente que atravessa o LED emissor é modulada para produzir uma emissão de luz Pulsatória.



Constituição de um detector fotoeléctrico



Espectro luminoso



Modulação do feixe luminoso

O feixe luminoso emitido tem duas zonas:

- uma zona de funcionamento aconselhada, na qual a intensidade do feixe é suficientemente elevada para garantir uma detecção normal. Conforme-o sistema utilizado, **barragem**, **reflex** ou **proximidade**, o receptor, o reflector ou o objecto a detectar devem situar-se nesta zona,
- uma zona em que a intensidade do feixe deixa de ser suficiente para garantir uma detecção fiável.

Definições

Alcance nominal S_n

É a distância máxima aconselhada entre o emissor e o receptor, reflector ou alvo, incluindo uma margem de segurança. É o alcance indicado nos catálogos e que serve como referência de comparação entre os diversos aparelhos.

Alcance de trabalho S_a

É a distância que garante uma fiabilidade de detecção máxima, tendo em conta os factores de ambiente (poeiras, fumos, etc.) e uma margem de segurança. Para todos os casos : $S_a \leq S_n$.

Atraso à disponibilidade

É o tempo necessário para que a saída assuma o seu estado "fechado" ou "aberto" após a colocação sob tensão.

Atraso à acção R_a

É o tempo que decorre entre o momento em que o alvo penetra na zona activa do feixe luminoso e o momento em que a saída muda de estado. Condiciona a velocidade de passagem do alvo em função das suas dimensões.

Atraso ao repouso R_r

É o tempo que decorre entre o momento em que o alvo sai da zona activa do feixe e o momento em que a saída retoma o seu estado inicial. Condiciona o intervalo a respeitar entre dois alvos.

Frequência de comutação

É o número máximo de alvos que o sistema é capaz de detectar por unidade de tempo, tendo em conta os atrasos à acção e ao repouso. Exprime-se geralmente em Hz.

Equivalência eléctrica

Os detectores fotoeléctricos encontram-se disponíveis

- **em técnica 3 fios** com saída estática PNP (carga ligada ao potencial negativo) ou NPN (carga ligada ao potencial positivo). Estes detectores estão protegidos contra a inversão da alimentação, sobrecargas e curto-circuito da carga,
- **em técnica 5 fios** com saída a relé (1 contacto inversor NA/NF). Estes detectores têm isolamento galvânico entre a tensão de alimentação e o sinal de saída.

Processos de detecção

Os detectores fotoeléctricos detectam um alvo por dois processos:

- bloqueio do feixe,
- reenvio do feixe.

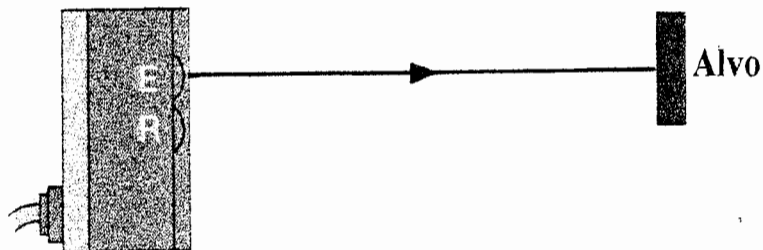
Bloqueio do feixe

Na ausência de alvo, o feixe luminoso chega ao receptor. Quando um alvo penetra no feixe, bloqueia-o :

não chega luz ao receptor = detecção

Há três sistemas que funcionam por este processo, baseado nas propriedades absorventes dos objectos a detectar:

- barragem,
- reflex,
- reflex polarizado.



Feixe bloqueado pelo alvo

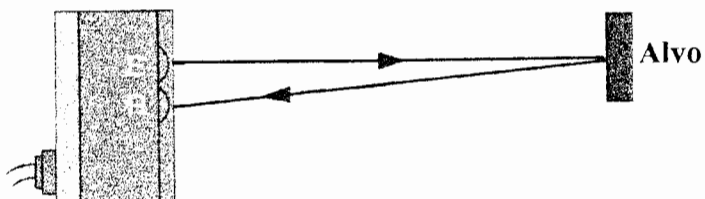
Reenvio do feixe

Na ausência de alvo, o feixe luminoso não chega ao receptor. Quando um alvo penetra no feixe, reenvia-o para o receptor

a luz chega ao receptor = detecção

Há dois sistemas que funcionam por este processo, baseado nas propriedades de reflexão dos objectos

- proximidade,
- proximidade com eliminação do plano posterior.



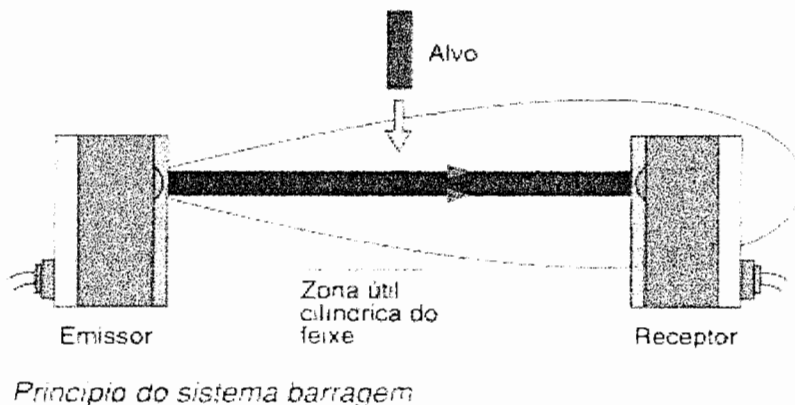
Feixe reenviado pelo alvo

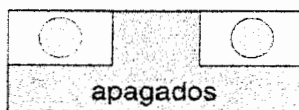
Os cinco sistemas de base

Sistema barragem

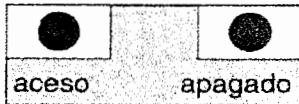
O emissor e o receptor encontram-se em dois invólucros separados. É o sistema que faculta os maiores alcances, que nalguns modelos podem chegar aos 30 m. O feixe é emitido em infravermelho. Com excepção dos objectos transparentes, que não bloqueiam o feixe luminoso, pode detectar objectos de qualquer natureza (opacos, reflectores, etc.), com excelente precisão graças à forma cilíndrica da zona útil do feixe. Os detectores barragem dispõem de uma elevada margem de ganho, por esse facto são indicados para ambientes poluídos (fumos, poeiras, locais sujeitos a intempéries, etc.).

O alinhamento entre o emissor e o receptor deve ser feito cuidadosamente. Para facilitar esta operação, alguns dos modelos estão equipados com díodos electroluminescente que controlam a intensidade do feixe luminoso que chega ao receptor. Para além da função de auxílio ao alinhamento, estes díodos assinalam igualmente uma sujidade excessiva das lentes, que pode dar origem a defeitos de detecção.





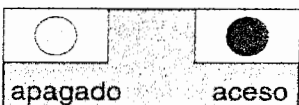
O feixe luminoso não chega ao receptor



A luz chega ao receptor, mas o nível é insuficiente para comutar a saída



O nível do sinal luminoso é suficiente para comutar a saída, mas o funcionamento é instável



O alinhamento está correcto: funcionamento normal

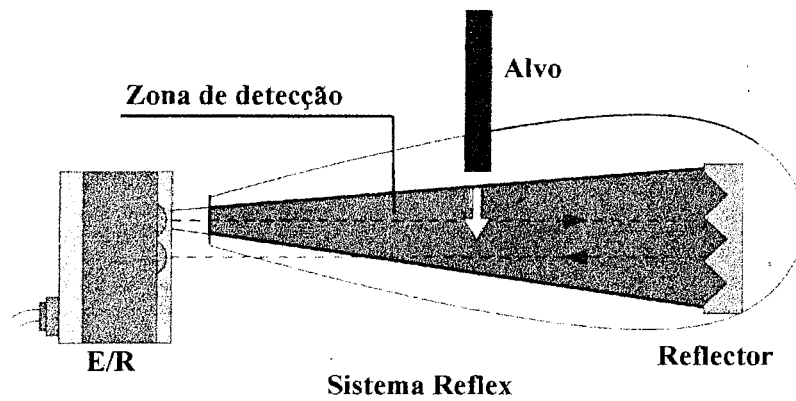
Controlo do alinhamento entre o emissor e o receptor

Sistema reflex

O emissor e o receptor encontram-se num mesmo invólucro. Na ausência de alvo, o feixe que o emissor emite em infravermelho é reenviado para o receptor por um reflector. Este é constituído por inúmeros triedros tri-rectangulares de reflexão total e que têm a propriedade de reenviar qualquer raio luminoso incidente na mesma direcção.

A detecção é feita quando o alvo bloqueia o feixe entre o emissor e o reflector. Assim, este sistema não é adequado para a detecção de objectos reflectores, que poderiam reenviar uma quantidade maior ou menor de luz para o receptor.

O alcance nominal de um detector fotoeléctrico reflex é cerca de duas a três vezes inferior ao de um sistema barragem.



Seleção do reflector

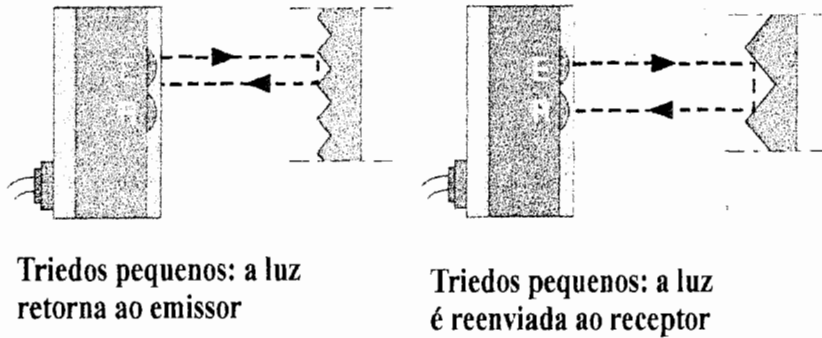
O reflector é parte integrante de um sistema de detecção reflex. A sua seleção, instalação e manutenção condicionam o bom funcionamento do detector que lhe está associado.

Dimensões

Um reflector deve ser sempre mais pequeno do que o objecto a detectar. Os alcances anunciados são definidos com reflectores cujas dimensões são sempre indicadas. Caso se utilizem reflectores mais pequenos, tendo em conta a dimensão dos objectos a detectar, o alcance fica reduzido.

Funcionamento em zona próxima

Os reflectores standard para todas as aplicações correntes são reflectores de triedros pequenos. Quando a distância entre este tipo de reflector e o detector está compreendida entre 0 e 10% de S_n (zona próxima ou zona cega), o sistema não funciona em boas condições porque a maior parte da luz é reenviada para o emissor. Para se conseguir um bom funcionamento nesta zona, é necessário utilizar um reflector com triedros grandes.



Sistema reflex polarizado

Os objectos brilhantes, que não bloqueiam o feixe, mas reflectem uma parte da luz para o receptor, não podem ser detectados por um sistema reflex standard. Neste caso, é preciso utilizar um sistema reflex polarizado.

Este tipo de detector, que emite uma luz vermelha visível, está equipado com dois filtros polarizantes opostos :

- um filtro no emissor que só deixa passar os raios emitidos num plano vertical,
- um filtro no receptor que só deixa passar os raios recebidos num plano horizontal.

Na ausência de alvo

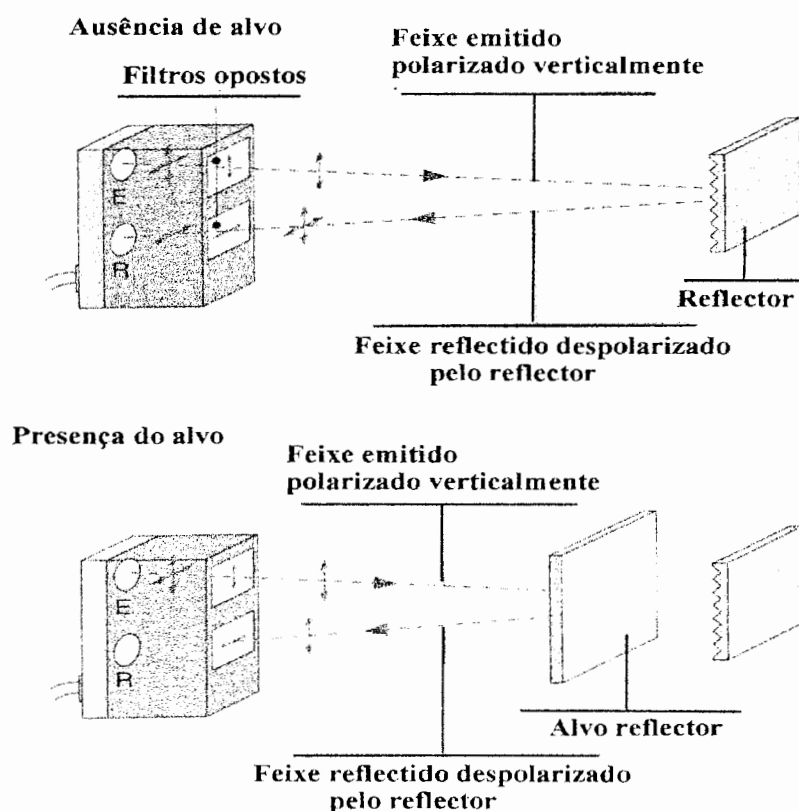
O feixe emitido, polarizado verticalmente, é reenviado pelo reflector depois de Ter sido despolarizado. O filtro receptor deixa passar a luz reflectida no plano horizontal.

Em presença de um alvo

O feixe emitido é reenviado pelo alvo sem sofrer modificações. O feixe reflectido, polarizado verticalmente, é portanto bloqueado pelo filtro horizontal do receptor.

Os critérios para a selecção do reflector, funcionamento em zona próxima e emprego em ambientes poluídos, são os mesmos que para um sistema reflex standard.

O funcionamento de um reflex polarizado pode ser perturbado pela presença, no feixe, de determinados materiais plásticos que despolarizam a luz que os atravessa. Por outro lado, é aconselhável evitar a exposição directa das ópticas às fontes de luz ambiente.



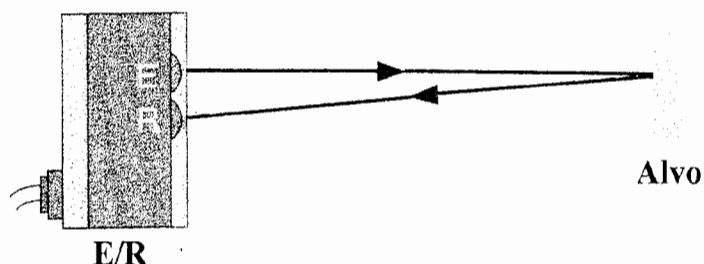
Sistema proximidade

Do mesmo modo que para o sistema reflex, o emissor e o receptor estão reunidos num mesmo invólucro. O feixe luminoso, emitido em infravermelho, é reenviado para o receptor por qualquer objecto suficientemente reflector que penetre na zona de detecção.

O alcance de um sistema proximidade é inferior ao de um sistema reflex. Por este motivo, não é recomendada a sua utilização em ambientes poluídos. O alcance depende:

- da cor do objecto a detectar e do seu poder de reflexão (um objecto de cor clara é detectado a maior distância do que um objecto de cor escura),
- das dimensões do objecto a detectar (o alcance diminui com as dimensões).

Os detectores proximidade estão muitas vezes equipados com um potenciómetro de regulação da sensibilidade. Para uma dada distância alvo/emissor, a detecção de um alvo menos reflector requer um aumento de sensibilidade. Isto pode provocar a detecção do plano posterior, se este for mais reflector do que o alvo. Neste caso, para se garantir unicamente a detecção do alvo, deve-se utilizar um sistema proximidade com eliminação do plano posterior.

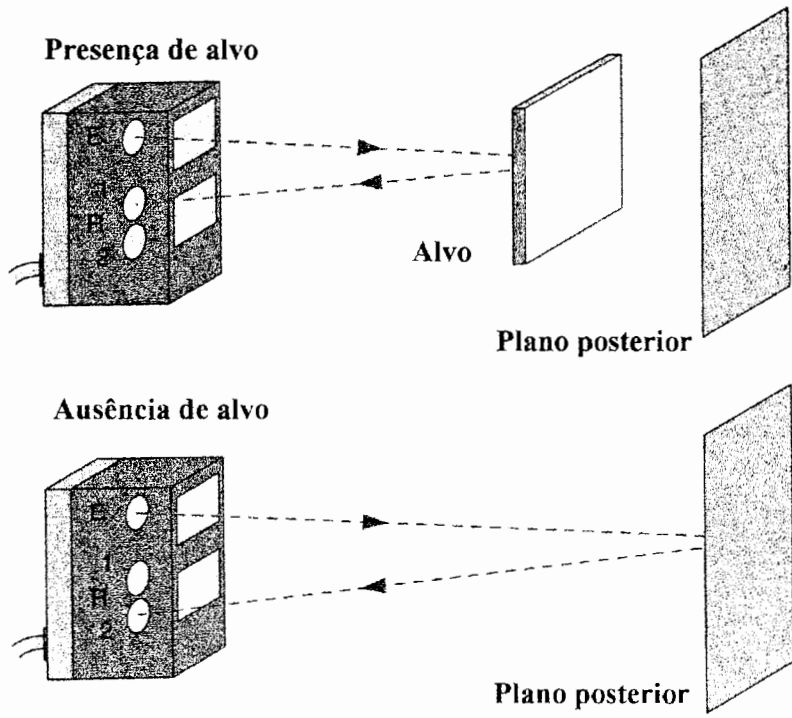


Sistema proximidade com eliminação do plano posterior

Os detectores de proximidade com eliminação do plano posterior estão equipados com um potenciómetro de regulação do alcance que permite "focar" uma zona de detecção, evitando a detecção do plano posterior.

Podem detectar, praticamente à mesma distância, objectos de cor e poder reflector diferentes.

A tolerância de funcionamento de um sistema proximidade com limitação do plano posterior em ambientes poluídos é superior à de um sistema standard, uma vez que o alcance real não evolui em função da quantidade de luz reenviada pelo alvo.



A comparação dos dois níveis valida a detecção em função de um valor regulável

ANEXOS

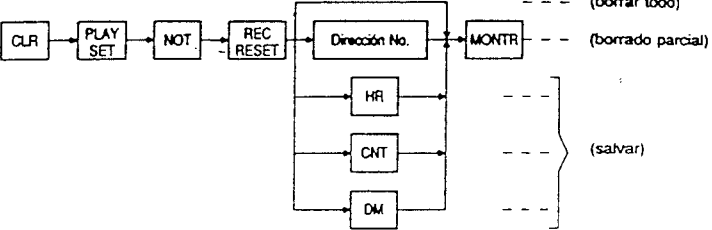
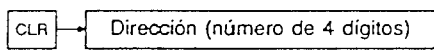
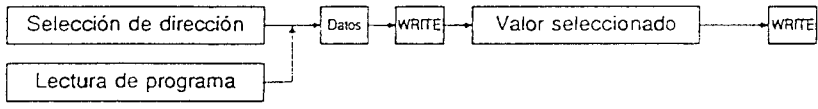
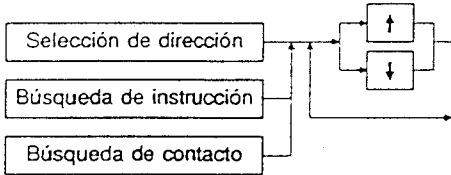
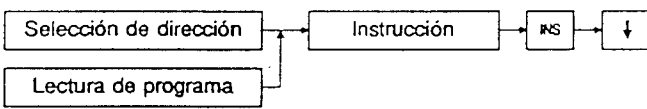
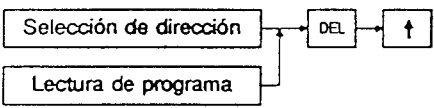
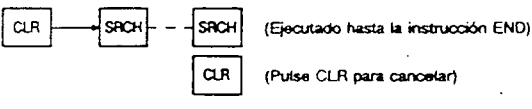
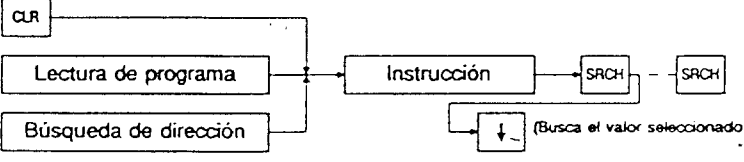
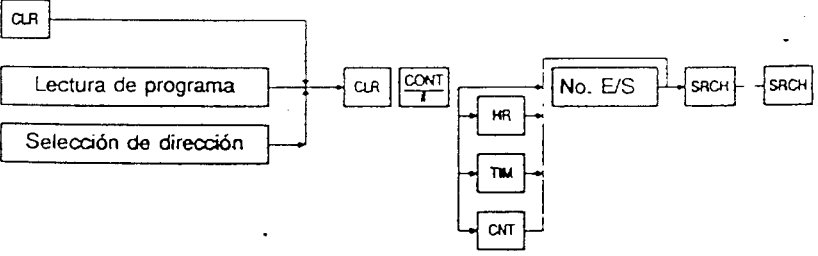
BIBLIOGRAFIA

- Badia, Albert Mayon (s/d), **Automatas Programables**, Marcombo, Boixareu Editores, Barcelona
- Eugene Hecht, **Óptica**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- Fatrónica, (1995), **Manual de Programação de PLC's**, Lisboa
- F.C.T.U.C. (s/d), Sebenta de **Automação e Robótica**, Coimbra
- Glenn R. Elion, Herbert A. Elion, Marcel Dekker (s/d), **Electro-Optics Handbook**
- I.E.F.P (s/d), **Introdução á Electropneumática**, Marinha Grande
- INTERNET, **Dornier EDS – Applications of radar & optical sensors**
- JOUCOMATIC (1999), **Sistemas Didácticos para Automatismos Neumáticos**, Leiria
- Johnson, Curtis D. (1990), **Controlo de Processos – Tecnologia da Instrumentação**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- Mansfield P.H. – **Electrical Transducers for Industrial Measurement**
- Nichols, Howard R. , **Advanced Tactile Sensing for Robotics**
- Novais, José (1983), **Método Sequencial para Automatização Electropneumática**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- Novais, José (1992), **Programação de Autómatos – Método GRAFCET**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa
- OMRON (s/d), Cursos de Formação de **Autómatos Programáveis**
- OMRON (1997), **A Beginner's Guide to PLC**
- OMRON (s/d), **AUT10 Curso Geral de Autómatos Programáveis Industriais**, Lisboa
- Telemecanique (s/d), **Manuel de la Commande Pneumatique**, Lisboa
- Telemecanique (s/d), **Manuel des Automatismes à Commande Pneumatique**, Lisboa
- Telemecanique (s/d), **Nouvelle distribution tout-pneumatique et électropneumatique**, Lisboa
- Telemecanique (1994), **Tecnologias do Controlo Industrial**, Lisboa

Teixeira, Jorge L. Matos (1999), **Automatismos Industriais**, Instituto Irene Lisboa,
Coimbra

Vieira, Alfredo J. (s/d), **Manual de Fundamentos de Pneumatica/Electropneumática**,
Coimbra

ANEXO A – OPERAÇÕES COM A CONSOLA DE PROGRAMAÇÃO

Nombre	Modo			Procedimiento de operación	Página
	RUN	MON.	PROG		
Borrar todo el programa	NO	NO	SI		
Selección de dirección	SI	SI	SI		
Escribir programa	NO	NO	SI		
Lectura de programa	SI	SI	SI		
Inserción de instrucción	NO	NO	SI		
Borrado de instrucción	NO	NO	SI		
Chequeo del programa	NO	NO	SI		
Búsqueda de instrucción	SI	SI	SI		
Búsqueda de contacto	SI	SI	SI		

Nombre	Modo			Procedimiento de operación	Página
	RUN	MON.	PROG.		
Monitorización E/S	SI	SI	SI		
Monitorización múltiple	SI	SI	SI		
Forzar a set/reset	NO	SI	SI		
Cambio del valor preseleccionado	NO	SI	SI		
Cambio del valor actual	NO	SI	NO		
Lectura del tiempo de ciclo	SI	SI	NO		
Lectura y borrado de error	SI	SI	SI		

ÁREAS DE MEMÓRIA DO PLC

A memória do PLC encontra-se dividida em várias áreas, cada uma delas com características distintas:

- Área de programa: onde se encontra armazenado o programa do PLC
- Área de dados: encontra-se dividida em distintas áreas IR, SR, AR, HR, LR, DM, TR, T/C. É usada para armazenar valores ou para obter informação sobre o estado do PLC.

As áreas (IR, SR, AR, LR) têm como características comuns:

- Acessíveis em forma de BIT ou CANAL
- Os relés de E/S não utilizados como E/S físicas podem-se utilizar como relés de trabalho.
- Não conservam o seu estado em caso de falha de alimentação ou alteração do modo de operação (PROGRAM-RUN)



Endereçamento

Formato do endereço:

XXX	YY
-----	----

- XXX Número do canal
- YY Número do Bit (relé) entre 00 e 15

Ex: 21710 = Canal 217, Bit 10

✚ Área interna (IR):

- Esta área de memória compreende:
 - Os canais associados aos terminais externos (entradas e saídas)
 - Os relés de trabalho (que não têm correspondência com os terminais externos), manipulados como os relés de E/S
 - Acessíveis como BITS ou CANAIS
 - Não retêm o estado no caso de uma falta de alimentação ou uma mudança do modo de operação

✚ Área especial (SR):

- São relés de sinalização de funções particulares como:
 - Serviço (sempre ON, OFF)
 - Diagnóstico (sinalização de anomalias)
 - Temporizações (relógios a várias frequências)
 - Cálculos (<, >, =)
 - Comunicações

✚ Área auxiliar (AR):

- Contém bits de controlo e informação de recursos do PLC como : Porto RS232C, portos periféricos, cassetes de memória etc.
- Divide-se em dois blocos:
 - Sinalização:
 - Erros de configuração
 - Dados do sistema
 - Memorização e gestão de dados
- É uma área com retenção

✚ Área de Ligação (LR):

- Utiliza-se para intercâmbio de dados entre dois PLC's ligados em PC Link (1:1)
- Dedicados ao intercâmbio de informação entre PLC's
- Se não se utilizam como LR podem ser usados como bits de trabalho

✚ Área de Retenção (HR):

- Mantêm o seu estado com as falhas de alimentação ou alteração do modo de operação.
- São manipulados de igual modo que os IR, e endereçados como BIT ou como CANAL

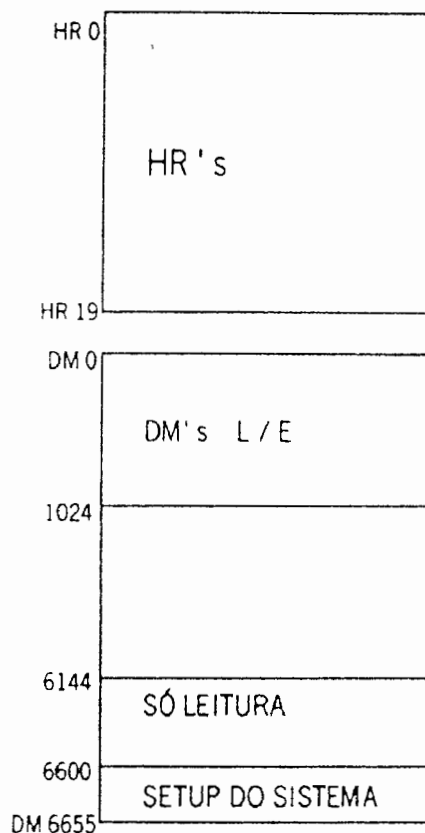
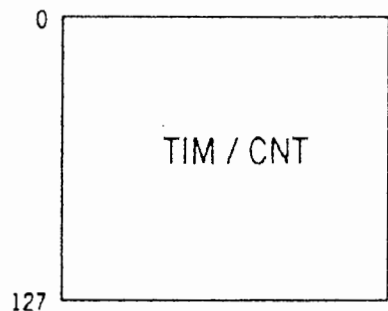
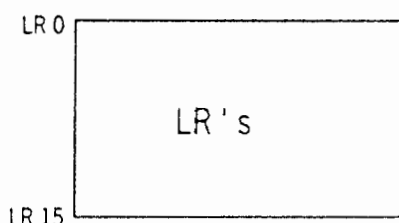
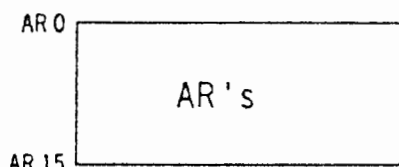
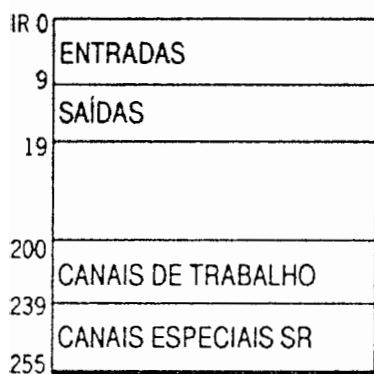
✚ Memória de dados (DM):

- Trata-se de memórias de 16 bits (palavra ou Word)
- Utilizados para gestão de valores numéricos
- Mantêm o estado com as alterações dos modos de trabalho ou falhas de tensão
- Endereçados como canal

✚ Temporizadores e Contadores (TIM e CNT):

- Área de memória que simula o funcionamento destes dispositivos
- São usados pelo PLC para programar temporizadores e contadores
- Elementos característicos:
 - SV- valor de pré-selecção
 - PV- Valor actual
 - BIT – Valor do estado

CPM1A – MAPA DE MEMÓRIA



■ CPM1A Memory Area Functions

Memory Area Structure

The following memory areas can be used with the CPM1A.

Data area		Words	Bits	Function
IR area ¹	Input area	IR 000 to IR 009 (10 words)	IR 00000 to IR 00915 (160 bits)	These bits can be allocated to the external I/O terminals.
	Output area	IR 010 to IR 019 (10 words)	IR 01000 to IR 01915 (160 bits)	
	Work area	IR 200 to IR 231 (32 words)	IR 20000 to IR 23115 (512 bits)	Work bits can be freely used within the program.
SR area		SR 232 to SR 255 (24 words)	SR 23200 to SR 25515 (384 bits)	These bits serve specific functions such as flags and control bits.
TR area		---	TR 0 to TR 7 (8 bits)	These bits are used to temporarily store ON/OFF status at program branches.
HR area ²		HR 00 to HR 19 (20 words)	HR 0000 to HR 1915 (320 bits)	These bits store data and retain their ON/ OFF status when power is turned off.
AR area ²		AR 00 to HR 15 (16 words)	AR 0000 to HR 1515 (256 bits)	These bits serve specific functions such as flags and control bits.
LR area ¹		LR 00 to LR 15 (16 words)	LR 00000 to LR 1515 (256 bits)	Used for a 1:1 data link with another PC.
Timer/Counter area ²		TC 000 to ³ TC 127 (timer/counter numbers)		The same numbers are used for both timers and counters.
DM area	Read/write ²	DM 0000 to DM 0999 DM 1022 to DM 1023 (1,002 words)	---	DM area data can be accessed in word units only. Word values are retained when the power is turned off.
	Error log ⁴	DM 1000 to DM 1021 (22 words)	---	Used to store the time of occurrence and error code of errors that occur. These words can be used as ordinary read/write DM when the error log function isn't being used.
	Read-only ⁴	DM 6144 to DM 6599 (456 words)	---	Cannot be overwritten from program.
	PC Setup ⁴	DM 6600 to DM 6655 (56 words)	---	Used to store various parameters that control PC operation.

- Note:
1. IR and LR bits that are not used for their allocated functions can be used as work bits.
 2. The contents of the HR area, LR area, Counter area, and read/write DM area are backed up by a capacitor. At 25°C, the capacitor will back up memory for 20 days.
 3. When accessing a PV, TC numbers are used as word data; when accessing Completing Flags, they are used as bit data.
 4. Data in DM6144 to DM6655 cannot be overwritten from the program, but they can be changed from a Peripheral Device.

SR Area

These bits mainly serve as flags related to CPM1A operation or contain present and set values for various functions. The functions of the SR area are explained in the following table.

Word(s)	Bit(s)	Function
SR 232 to SR 235	00 to 15	Macro Function Input Area Contains the input operands for MCRO(99). (Can be used as work bits when MCRO(99) is not used.)
SR 236 to SR 239	00 to 15	Macro Function Output Area Contains the output operands for MCRO(99). (Can be used as work bits when MCRO(99) is not used.)
SR 240	00 to 15	Input Interrupt 0 Counter Mode SV SV when input interrupt 0 is used in counter mode (4 digits hexadecimal). (Can be used as work bits when input interrupt 0 is not used in counter mode.)
SR 241	00 to 15	Input Interrupt 1 Counter Mode SV SV when input interrupt 1 is used in counter mode (4 digits hexadecimal). (can be used as work bits when input interrupt 1 is not used in counter mode.)
SR 242	00 to 15	Input Interrupt 2 Counter Mode SV SV when input interrupt 2 is used in counter mode (4 digits hexadecimal). (can be used as work bits when input interrupt 2 is not used in counter mode.)
SR 243	00 to 15	Input Interrupt 3 Counter Mode SV SV when input interrupt 3 is used in counter mode (4 digits hexadecimal). (can be used as work bits when input interrupt 3 is not used in counter mode.)
SR 244	00 to 15	Input Interrupt 0 Counter Mode PV Minus One Counter PV-1 when input interrupt 0 is used in counter mode (4 digits hexadecimal).
SR 245	00 to 15	Input Interrupt 1 Counter Mode PV Minus One Counter PV-1 when input interrupt 1 is used in counter mode (4 digits hexadecimal).
SR 246	00 to 15	Input Interrupt 2 Counter Mode PV Minus One Counter PV-1 when input interrupt 2 is used in counter mode (4 digits hexadecimal).
SR 247	00 to 15	Input Interrupt 3 Counter Mode PV Minus One Counter PV-1 when input interrupt 3 is used in counter mode (4 digits hexadecimal).
SR 248, SR 249	00 to 15	High-speed Counter PV Area (Can be used as work bits when the high-speed counter is not used.)
SR 250	00 to 15	Analog Volume Setting 0 Used to store the 4-digit BCD set value (0000 to 0200) from analog volume control 0.
SR 251	00 to 15	Analog Volume Setting 1 Used to store the 4-digit BCD set value (0000 to 0200) from analog volume control 1.
SR 252	00	High-speed Counter Reset Bit
	01 to 07	Not used.
	08	Peripheral Port Reset Bit Turn ON to reset peripheral port. (Not valid when peripheral device is connected.) Automatically turns OFF when reset is complete.
	09	Not used.
	10	PC Setup Reset Bit Turn ON to initialize PC Setup (DM 6600 through DM 655). Automatically turns OFF again when reset is complete. Only effective if the PC is in PROGRAM mode.
	11	Forced Status Hold Bit OFF: The forced status of bits that are forced set/reset is cleared when switching between PROGRAM mode and MONITOR mode. ON: The status of bits that are forced set/reset are maintained when switching between PROGRAM mode and MONITOR mode.
	12	I/O Hold Bit OFF: IR and LR bits are reset when starting or stopping operation ON: IR and LR bit status is maintained when starting or stopping operation.

Word(s)	Bit(s)	Function
SR 252	13	Not used.
	14	Error Log Reset Bit Turn ON to clear error log. Automatically turns OFF again when operation is complete.
	15	Not used.
SR 253	00 to 07	FAL Error Code The error code (a 2-digit number) is stored here when an error occurs. The FAL number is stored here when FAL(06) or FALS(07) is executed. This word is reset (to 00) by executing a FAL 00 instruction or by clearing the error from a Peripheral Device.
	08	Not used.
	09	Cycle Time Overrun Flag Turns ON when a cycle time overrun occurs (i.e., when the cycle time exceeds 100 ms).
	10 to 12	Not used.
	13	Always ON Flag
	14	Always OFF Flag
	15	First Cycle Flag Turns ON for 1 cycle at the start of operation.
SR 254	00	1-minute clock pulse (30 seconds ON; 30 seconds OFF)
	01	0.02-second clock pulse (0.01 second ON; 0.01 second OFF)
	02	Negative (N) Flag
	03 to 05	Not used.
	06	Differential Monitor Complete Flag Turns ON when differential monitoring is complete
	07	STEP(08) Execution Flag Turns ON for 1 cycle only at the start of process based on STEP(08).
	08 to 15	Not used.
SR 255	00	0.1-second clock pulse (0.05 second ON; 0.05 second OFF)
	01	0.2-second clock pulse (0.1 second ON; 0.1 second OFF)
	02	1.0-second clock pulse (0.5 second ON; 0.5 second OFF)
	03	Instruction Execution Error (ER) Flag Turns ON when an error occurs during execution of an instruction.
	04	Carry (CY) Flag Turns ON when there is a carry in the results of an instruction execution.
	05	Greater Than (GR) Flag Turns ON when the result of a comparison operation is "greater."
	06	Equals (EQ) Flag Turns ON when the result of a comparison operation is "equal," or when the result of an instruction execution is 0.
	07	Less Than (LE) Flag Turns ON when the result of a comparison operation is "less."
	08 to 15	Not used.

ANEXO C – MAPA DE MEMÓRIA DO C ...K

ÁREA	ENDEREÇOS	Observações
IR (internal relais)	00.00 – 18.07	Inputs – canais pares Outputs – canais ímpares Os bits não alocados a entradas/saídas podem ser usados como memória interna de trabalho
SR(special relais)	18.08 – 19.07	1808 Flag de faixa de bateria 1813 Flag sempre ON 1814 Flag sempre OFF 1815 Flag de 1º ciclo 1900 Intermitente de 0.1 s 1901 Intermitente de 0.2 s 1902 Intermitente de 1 s 1905 Flag de comparação MAIOR (GR) 1906 Flag de comparação IGUAL (EQ) 1907 Flag de comparação MENOR (LE)
HR (holding relais)	HR000.00 – HR915.00	Retidos na falha de tensão
TR (temporary relais)	TR0 – TR7	
TC (temporiz. e contadores)	TC 00 – 47	Um temporizador não pode ter o mesmo endereço (número) que um contador
DM (data memory)	DM 00.00 – DM 63.00	

ANEXO D – CARACTERÍSTICAS DO CPM1A

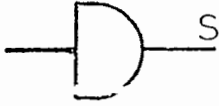
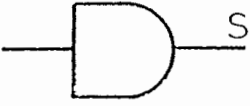
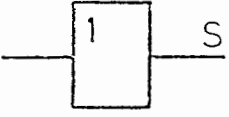

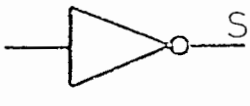
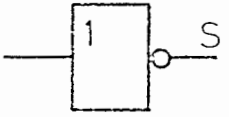
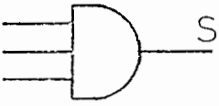
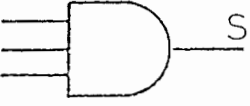
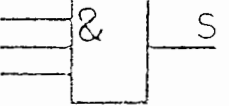
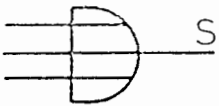
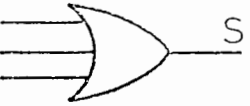
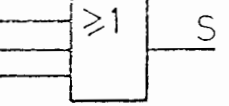
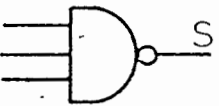
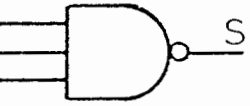
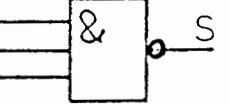
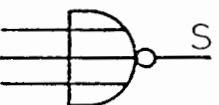
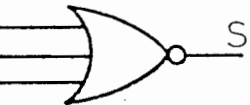
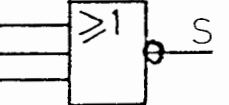
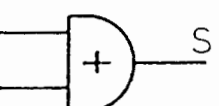

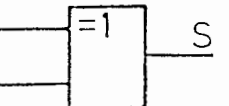
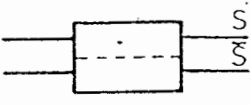
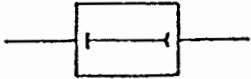
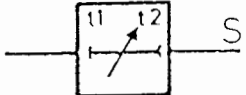
Item		10-point I/O	20-point I/O	30-point I/O	40-point I/O
Control method		Stored program method			
I/O control method		Combination of the cyclic scan and immediate refresh processing methods.			
Programming language		Ladder diagram			
Instruction length		1 step per instruction, 1 to 5 words per instruction			
Types of instructions		Basic instructions: 14 Special instructions: 77 types, 135 instructions			
Execution time		Basic instructions: 0.72 to 16.2 μ s Special instructions: 12.375 μ s (MOV instruction)			
Program capacity		2,048 words			
Maximum I/O points	CPU only	10 point (6 input/4 output)	20 point (12 input/8 output)	30 point (18 input/12 output)	40 point (24 input/16 output)
	With Expansion I/O Unit	---	---	90 point (54 input/36 output)	100 point (60 input/40 output)
Input bits		00000 to 00915 (Words 0 to 9)			
Output bits		01000 to 01915 (Words 10 to 19)			
Work bits (IR area)		512 bits: IR 20000 to 23115 (words IR 200 to IR 231)			
Special bits (SR area)		384 bits: SR 23200 to 25515 (Words SR 232 to IR 255)			
Temporary bits (TR area)		8 bits (TR0 to TR7)			
Holding bits (HR area)		320 bits: HR 0000 to HR 1915 (Words HR 00 to HR 19)			
Auxiliary bits (AR area)		256 bits: AR 0000 to AR 1515 (Words AR 00 to AR 15)			
Link bits (LR area)		256 bits: LR 0000 to LR 1515 (Words LR 00 to LR 15)			
Timers/Counters		128 timers/counters (TIM/CNT 000 to TIM/CNT 127) 100-ms timers: TIM 000 to TIM 127 10-ms timers : TIM 00 to TIM 127 Decrementing counters and reversible counters			
Data memory		Read/Write: 1,024 words (DM 0000 to DM 1023) Read-only: 512 words (DM 6144 to DM 6655)			
Interrupt processing		2 points (Response time: 0.3 ms max.)	4 points (Response time: 0.3 ms max.)		
Memory protection		HR, AR, Data Memory area contents and counter values maintained during power interruptions.			
Memory backup		Flash memory: User program, data memory (Read only) (Non-battery powered storage) Capacitor backup: Data Memory (Read/Write), holding bits, auxiliary memory bits, counter (20 days at ambient temperature of 25°C).			
Self-diagnostic functions		CPU failure (watchdog timer), I/O bus error, and memory failure			
Program checks		No END instruction, programming errors (continuously checked during operation)			
High-speed counter		1 point: 5 kHz single-phase or 2.5 kHz two-phase (linear count method) Increment mode: 0 to 65, 535 (16 bits) Up/Down mode: -32,767 to 32,767 (16 bits)			
Quick-response inputs		Together with the external interrupts inputs. (Min. pulse width: 0.2 ms)			
Input time constant		Can be set to 1 ms, 2 ms, 4 ms, 8 ms, 16 ms, 32 ms, 64 ms, or 128 ms.			
Analog volume settings		2 controls (0 to 200 BCD)			

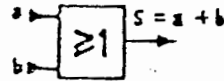
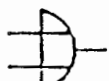
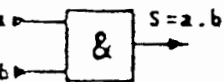
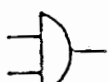
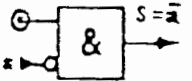
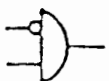
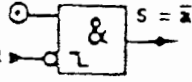
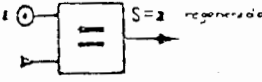
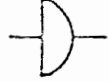
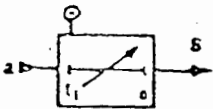
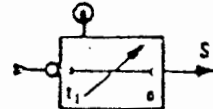

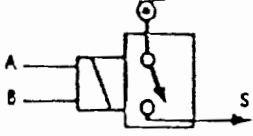
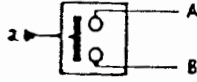
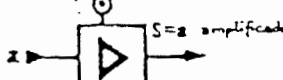

Note: Bits not used as input bits can be used as work bits.

ANEXO E – CARACTERÍSTICAS DO C...K

Main control elements	MPU, C-MOS, LS-TTL
Programming method	Ladder diagram
Instruction length	1 address/instruction, 6 bytes/instruction
Number of instructions	49
Execution time	10 μ s/instruction (average)
Memory capacity	1,194 addresses
IR bits	136 (1000 to 1807) 1804 to 1806 are reserved for RDM: FUN60 if it is used. 1807 is reserved as software reset input for HDM: FUN 98 if it is used.
SR bits	16 (1808 to 1907) Normally-ON, normally-OFF, battery failure, initial scan ON, 0.1-s pulse, 0.2-s pulse, 1.0-s pulse, etc.
HR bits	160 (HR 000 to 915)
TM bits	8 (TR0 to 7)
DM words	64 (DM words 00 to 63) DM words 00 to 31 are reserved as upper and lower limit setting areas for RDM: FUN 60 if it is used. DM words 32 to 63 are reserved as upper and lower limit setting areas for HDM: FUN 61 if it is used.
Timer/counters	48 (total of TIMs, CNTs, and CNTRs) TIM 00 to 47 (0 to 999.9 s) TIMH 00 to 47 (0 to 99.99 s) CNT 00 to 47 (0 to 9999 counts) CNTR 00 to 47 (0 to 9999 counts) CNT 46 serves as RDM: FUN 60. Likewise CNT 47 serves as HDM: FUN 61. When these instructions are not used, CNT 46 and 47 can be used for other purposes.
High-speed counter	Count input: 0000 Hardware reset input: 0001 Software inset: 1807 Maximum response frequency: 2 kHz Preset count range: 0000 to 9999 Number of outputs: 16
Reversible drum counter	Reset: 1804 Count input: 1805 Reverse input: 1806 Preset count range: 0000 to 9999 Number of outputs: 16
Memory protection	Status of HR bits, present value of counters, and contents of DM bits are retained during power failure.
Battery life	5 years at 25°C Battery life is shortened at temperatures higher than 25°C. Replace battery with new one within 1 week when ALARM indicator blinks.
Self-diagnostic features	CPU failure (watchdog timer) Memory failure I/O bus failure Battery failure, etc.
Program check	Program check (executed on start of RUN operation) END instruction missing JMP-JME error Coil duplication Circuit error DIFU/DIFD over error IL/ILC error

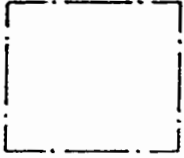
SÍMBOLOS LÓGICOS

FUNÇÃO LÓGICA	NORMA ALEMÃ	NORMA AMERICANA	NORMA EUROPEIA
IDENTIDADE			
NEGAÇÃO INVERSÃO Complemento "NOT"			
E "AND"			
OU "OR"			
NÃO E "NAND"			
NÃO OU "NOR"			
OU EXCLUSIVO "XOR"			
MEMÓRIA			
TEMPORIZADOR			

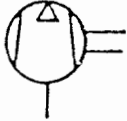
	Normas IEC, ISO ou DIN	
Célula OU		
Célula E		
Célula NÃO-inibição Standard		
Célula NÃO-Inibição com patamar descendente		
Célula SIM (regeneração)		
Relé Temporizador com saída positiva		
Relé Temporizador com saída negativa		
Célula Memória com 1 saída		
Electro-Válvula		
Contacto Eléctrico de pressão		
Relé Amplificador		
Relé para detector de fuga		



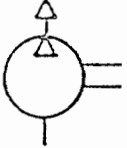
Seta oblua - variação das características



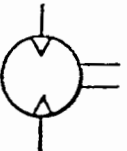
Enquadramento de vários aparelhos reunidos num só bloco ou numa só unidade de montagem.



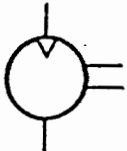
Compressor - com um só sentido de fluxo



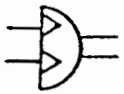
Bomba de vcuo



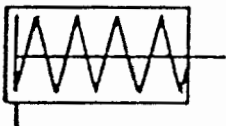
Motor pneumático - reversível



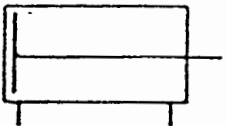
Motor pneumático - não reversível



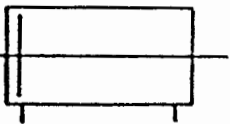
Cilindro rotativo - rotação limitada



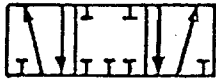
Cilindro de simples efeito - retorno por mola



Cilindro de duplo efeito - com uma só haste



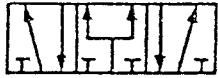
Cilindro de duplo efeito - com haste transversal dupla



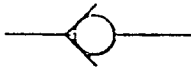
Distribuidor 5 vias - 3 posições, todo bloqueado



Distribuidor 5 vias - 3 posições
x - com escape



Distribuidor 5 vias - 3 posições
y - todo alimentado



Válvula anti-retorno



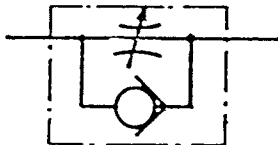
Válvula anti-retorno - com mola



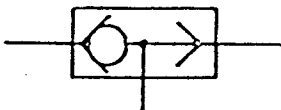
Limitador de débito não regulável
bi-direccional



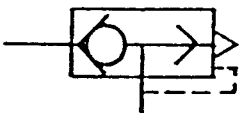
Limitador de débito regulável bi-direccional



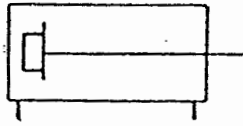
Limitador uni-direccional



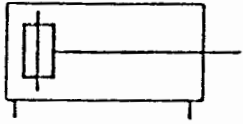
Selector de circuito



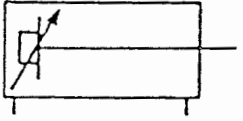
Válvula de escape rápido



Cilindro de duplo efeito - com amortecedor elástico, só num sentido



Cilindro de duplo efeito - com amortecedores elásticos nos 2 sentidos



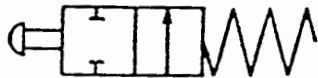
Cilindro de duplo efeito - amortecedor regulável um sentido



Cilindro de duplo efeito - amortecedores reguláveis nos 2 sentidos



Distribuidor 2 vias - 2 posições, normalmente aberto



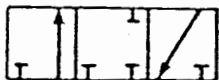
Distribuidor 2 vias - 2 posições, normalmente fechado



Distribuidor 3 vias - 2 posições, normalmente fechado



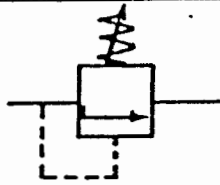
Distribuidor 3 vias - 2 posições, normalmente aberto



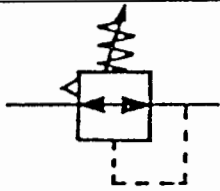
Distribuidor 3 vias - 3 posições, todo bloqueado



Distribuidor 5 vias - 2 posições



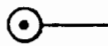
Válvula de seqüência



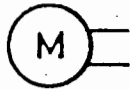
Regulador de pressão



Válvula de isolamento



Ligação pneumática



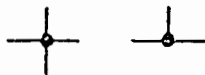
Motor elétrico



Conduta da alimentação



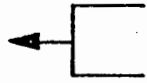
Circuito de pilotagem



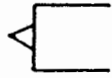
Ligação de condutas



Cruzamento de condutas
(sem ligação)



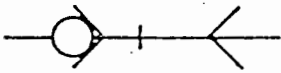
Orifício de saída de ar colectável



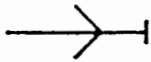
Orifício de saída de ar não colectável



Orifício ou conduta tamponada



Ligação rápida



Ligação rápida - linha aberta



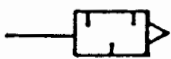
Ligação rápida - linha fechada por válvula de retenção



Acoplamento rotativo com uma via



Acoplamento rotativo com cinco vias



Silenciador



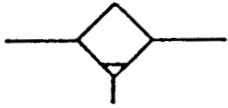
Reservatório (ar)



Reservatório (óleo)



Filtro



Separador de água



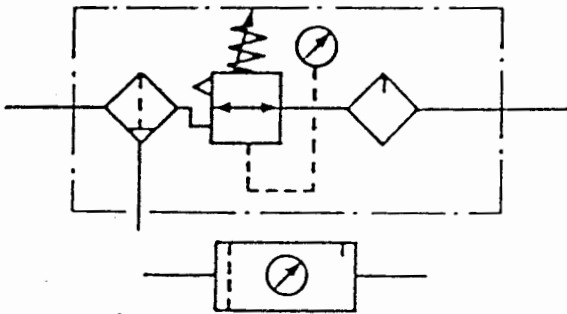
Separador de água com purga automática



Filtro com separador de água manual

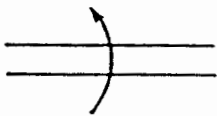


Lubrificador

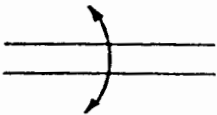


Unidade de tratamento de ar

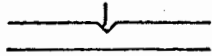
Símbolo simplificado



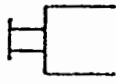
Árvore giratória - um só sentido



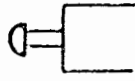
Árvore giratória - dois sentidos



Posicionamento encravado



Comando manual



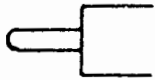
Comando manual por botão



Comando manual por alavanca



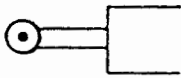
Comando por pedal



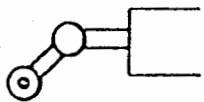
Comando mecânico por botão



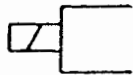
Comando mecânico por mola



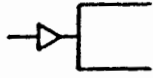
Comando mecânico por rolete



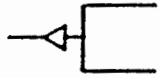
Comando mecânico por rolete articulado



Comando eléctrico por electro-válvula



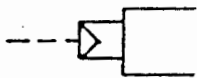
Comando directo - por colocação em pressão



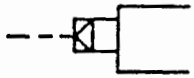
Comando directo - por depressão



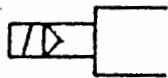
Comando directo - por pressão diferencial



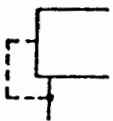
Comando directo - distribuidor com piloto
integrado por pressão



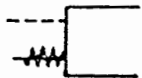
Comando directo - distribuidor
integrado por depressão



Comando por electro-válvula



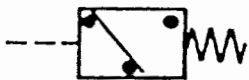
Via interior do comando - circuito interno
do aparelho



Comando combinado - comando por ar e retorno
automático à posição central



Manómetro



Contacto de pressão