

Capítulo 6

Sistemas

eletropneumáticos

Quadro 6.1

Comparação dos elementos essenciais para pneumática e eletropneumática

Pela velocidade de transmissão e pela segurança, os sistemas eletropneumáticos substituem com vantagem os sistemas pneumáticos. As características intrínsecas dos elementos dos sistemas eletropneumáticos mostram-se mais adequadas na cadeia de comando, como sua construção, segurança e velocidade de operação.

O quadro 6.1 apresenta uma comparação da cadeia de comando com a utilização de componentes elétricos e pneumáticos.

Pneumática	Cadeia de Comando	Eletropneumática
Atuadores (cilindros)	Elemento de trabalho	Atuadores (cilindros)
Válvula reguladora de fluxo Válvula de escape rápido	Elemento auxiliar (controle de velocidade)	Válvula reguladora de fluxo Válvula de escape rápido
Válvula 5/2 vias; 3/2 vias (piloto e mola)	Elemento de comando	Válvula 5/2 vias; 3/2 vias (solenóide)
Válvula “E”, “OU” temporizadora, sequencial	Elemento processador de sinal	Contatores, contadores, relês, temporizadores
Botão, fim de curso	Elemento de sinal	Botão, fim de curso, sensores
Filtro + regulador de pressão + lubrificador	Fonte de alimentação	Fonte de energia elétrica 12Vcc ou 24Vcc 12, 24, 115 ou 230V

Observando a cadeia de comando no quadro 6.1, podemos considerar que a utilização de elementos essencialmente pneumáticos se restringe aos dois primeiros níveis (elemento de trabalho e elemento auxiliar), e todos os demais níveis estão voltados à utilização de sistemas elétricos. Com isso, nos sistemas eletropneumáticos, eliminamos nesses componentes as perdas por vazamentos, com melhora significativa no aumento da velocidade de transmissão de sinais e respostas dos elementos sensores.

Quando se comparam os sistemas elétricos aos sistemas pneumáticos, não se pode deixar de fazer uma analogia entre os dois sistemas, com base na forma de energia utilizada.

6.1 Alimentação

A **tensão** gerada na energia elétrica e medida em volt (V) corresponde à pressão usada no ar comprimido, medida em bar.

A **corrente elétrica** medida em ampère (A) corresponde à vazão medida em litros por minuto.

Elemento auxiliar: a **resistência ôhmica**, medida em ohm (Ω), corresponde à válvula reguladora de fluxo.

Elemento processador: o **capacitor** corresponde à válvula “E” ou “OU”.

Elemento de comando: a **bobina** corresponde ao piloto.

6.1.1 Contatos NA (normal aberto), NF (normal fechado) e comutador (ver figura 6.1).

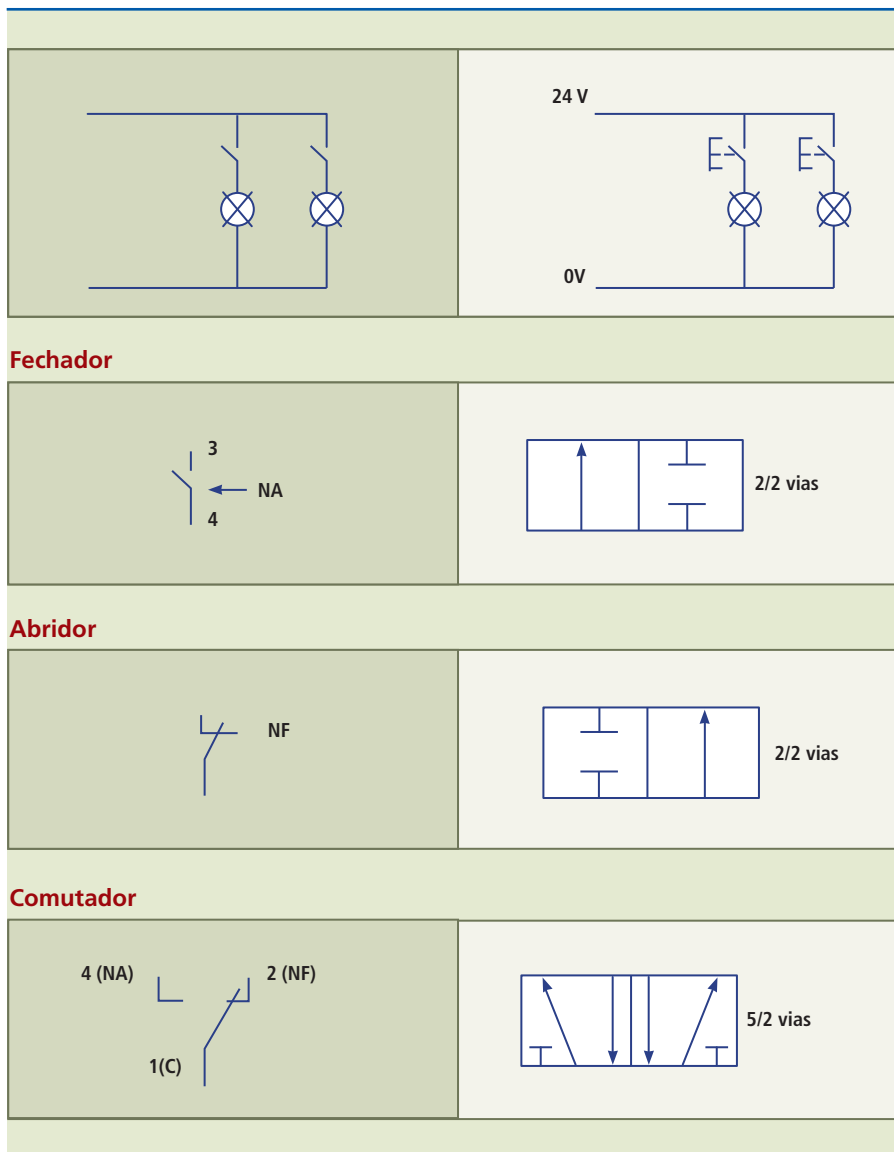


Figura 6.1

Contatos NA, NF e comutador.

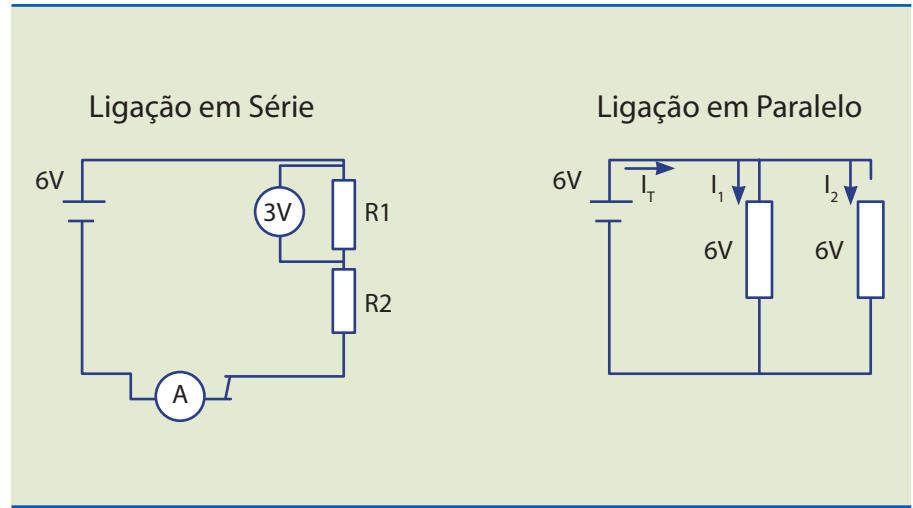
6.1.2 Instrumentos de medição

Voltímetro: medição de tensão elétrica.
 Amperímetro: medição de corrente elétrica.
 Ohmímetro: resistência ôhmica.

6.1.3 Tipos de ligação

Ligação em série e em paralelo (ver figura 6.2).

Figura 6.2
 Ligação em série e
 ligação em paralelo.



6.1.4 Codificação e norma (ver figura 6.3)

Norma: DIN/ISO 1219

Figura 6.3
 Codificação e norma.

Condição	Letra (Antiga)	Número
Pressão	P	1
Saída	A, B	Nº Par (2, 4)
Escape	R, S	Nº Impar (3, 5)

6.1.5 Representação de elementos de acionamento (ver figura 6.4)

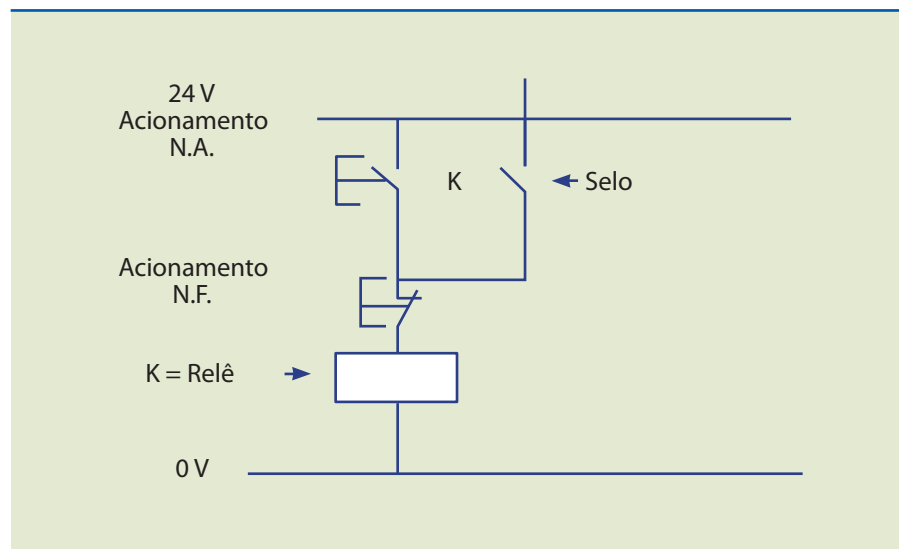


Figura 6.4

Representação dos elementos de acionamento.

6.2 Componentes dos circuitos elétricos

São componentes dos circuitos elétricos:

- elementos de entrada de sinais elétricos;
- elementos de saída de sinais elétricos;
- elementos de processamento de sinais.

Os componentes de entrada de sinais elétricos emitem informações ao circuito por ações musculares (ou manuais), mecânicas, elétricas, eletrônicas ou combinação entre elas.

São eles: chaves fim de curso, sensores de proximidade, botoeiras, pressostatos etc.

Todos estes elementos são destinados a emitir sinal elétrico para energização ou desenergização do circuito.

6.2.1 Botoeiras

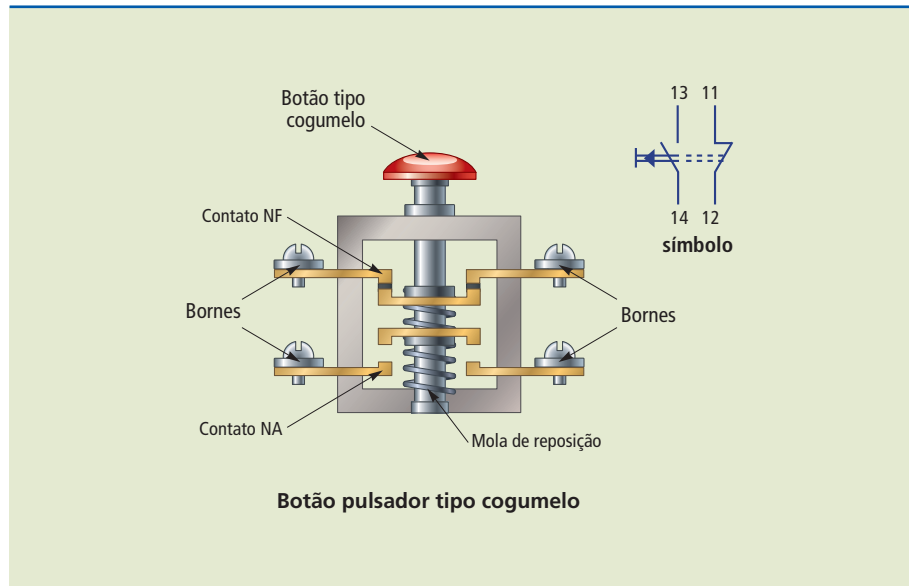
As botoeiras são elementos do circuito elétrico, acionadas manualmente, que apresentam um contato aberto e outro fechado. Em função do tipo de resposta enviado ao comando elétrico, as botoeiras são classificadas como pulsadoras ou com retenção.

Botoeiras pulsadoras

Invertem seus contatos mediante o acionamento de um botão e retornam à posição inicial quando cessa o acionamento, pela ação da mola de reposição (figura 6.5).

Figura 6.5

Representação de um botão pulsador do tipo cogumelo.



Botoeiras com retenção

Invertem seus contatos mediante o acionamento de um botão, entretanto permanecem acionadas e travadas, mesmo depois de cessado o acionamento.

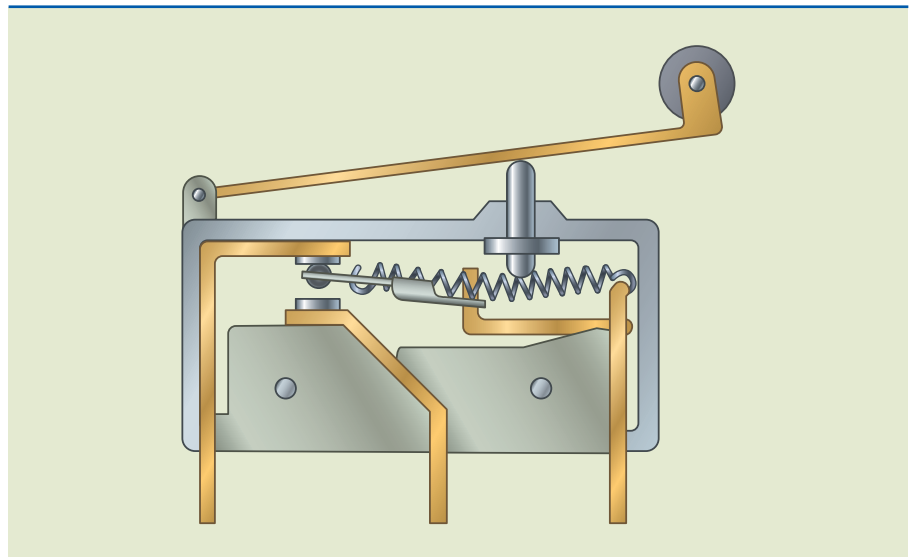
Chaves fim de curso

São comutadores elétricos de entrada de sinais, acionados por meio mecânico.

Geralmente são posicionadas no percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, e nas hastes de cilindros hidráulicos e pneumáticos. O acionamento da chave fim de curso é executado pelo rolete mecânico que aciona a mola abrindo ou fechando o contato ou por meio de um gatilho (rolete escamoteável). Ver figuras 6.6 e 6.7.

Figura 6.6

Rolete.



Acionamento por roletes

Ver na figura 6.7 esquema do acionamento por roletes em um circuito.

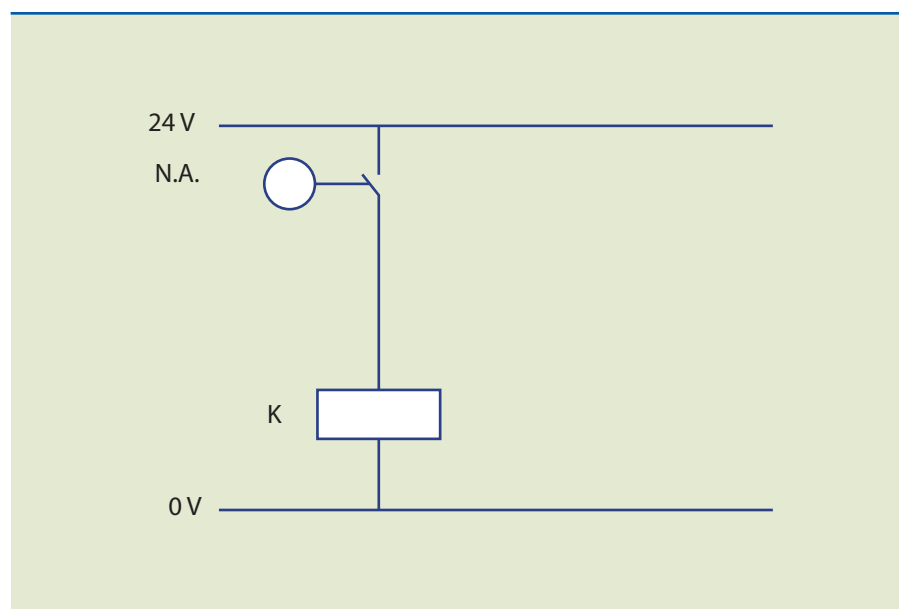


Figura 6.7

Indicação esquemática do acionamento por roletes em um circuito.

6.3 Sensores

6.3.1 Sensores de proximidade

São elementos emissores de sinais elétricos que são posicionados nos cabeçotes móveis de equipamentos e máquinas industriais e também em atuadores hidráulicos e pneumáticos.

O acionamento desses sensores independe de contato físico, como nos roletes; basta que essas partes móveis dos equipamentos aproximem-se dos sensores para que o sinal elétrico seja emitido.

Existem atualmente diversos tipos de sensores de proximidade. Os mais comuns na automação industrial (máquinas e equipamentos) são os sensores: indutivos, capacitivos, magnéticos, ópticos e ultrassônicos.

Além desses, existem sensores de pressão, volume e temperatura que têm ampla aplicação na indústria de processos.

Os sensores de proximidade possuem dois cabos de alimentação elétrica, um positivo e outro negativo, e um cabo de saída de sinal. No estado energizado, e ao se aproximar do material a ser detectado, o sensor emite um sinal de saída. Esse sinal (de baixa corrente) não pode ser utilizado para energizar as bobinas dos solenóides diretamente, pois os solenóides e outros componentes elétricos exigem maior potência na sua ativação. Esse detalhe exige a utilização de relés auxiliares, a fim de amplificar o sinal de saída dos sensores.

Sensores de proximidade capacitivos

Registram a presença de qualquer tipo de material.

Sua distância de detecção varia, dependendo da massa do material a ser calculada e das características determinadas pelo fabricante.

Sensores de proximidade indutivos

Os sensores indutivos são capazes de detectar apenas materiais metálicos, e sua capacidade de detecção também depende do tamanho do material a ser detectado e das suas características específicas.

Sensores de proximidade ópticos

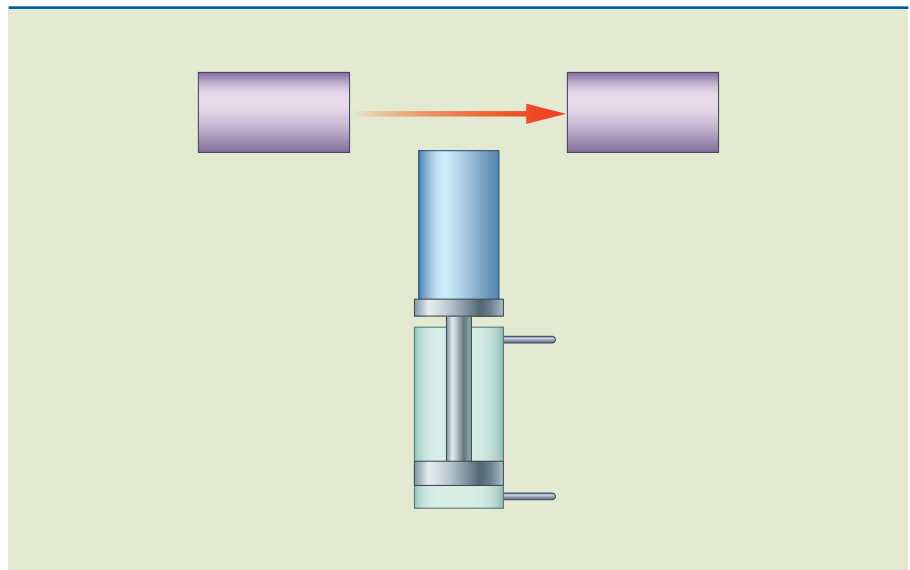
Percebem a aproximação de objeto não transparente. Sua distância de detecção pode variar de 0 a 100 mm, dependendo da luminosidade do ambiente, do tipo e do fabricante.

Esses sensores podem ser construídos em dois corpos distintos, sendo um emissor de luz e outro receptor ou em um único corpo.

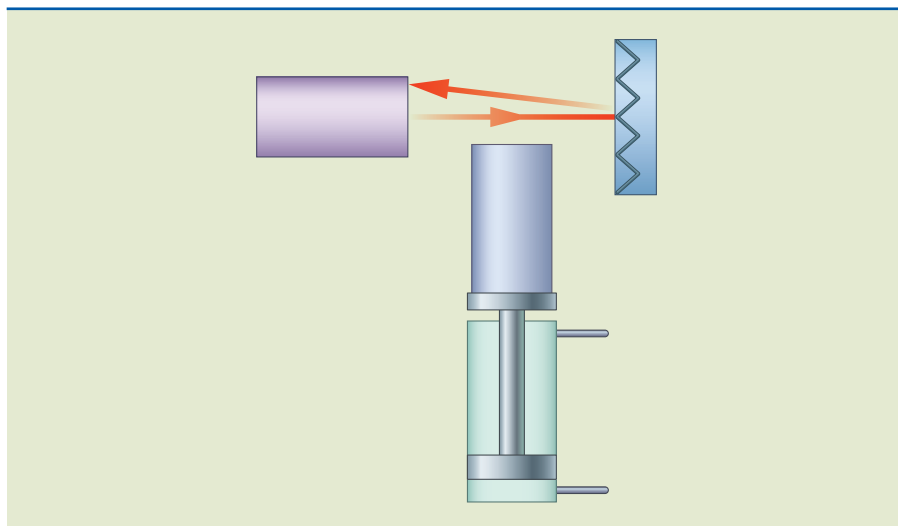
Quando um objeto se coloca entre o emissor e o receptor, a propagação da luz entre eles é interrompida, e um sinal de saída é enviado ao circuito elétrico de comando.

Figura 6.8

Sensor óptico construído em dois corpos distintos.



Há também o **sensor de proximidade óptico reflexivo**. O emissor e o receptor de luz são acoplados em um único corpo, tendo seu espaço reduzido, o que facilita seu acoplamento entre as partes móveis dos equipamentos industriais. Nesse tipo de sensor óptico, a detecção é comparativamente menor, pois a luz gerada pelo emissor deve refletir no material e ser captada no receptor.

**Figura 6.9**

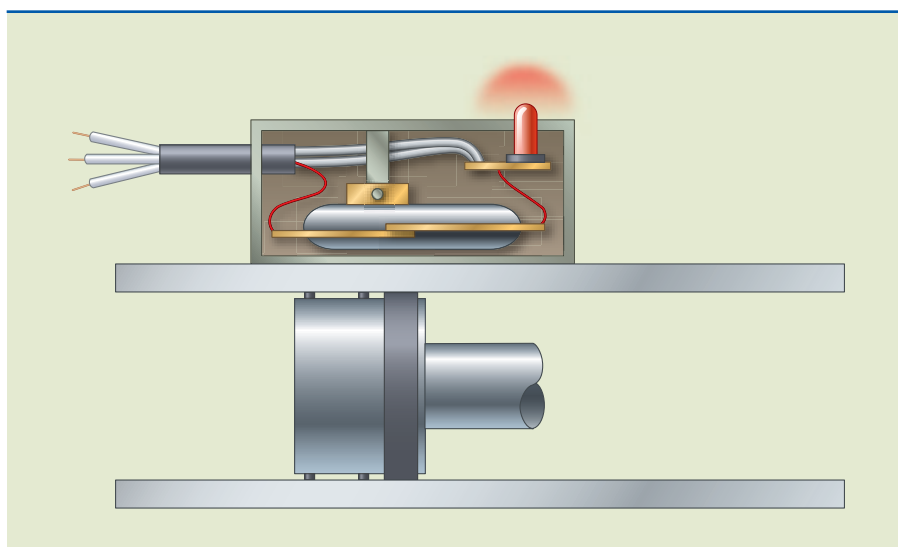
Sensor óptico construído em um único corpo.

Sensores de proximidade magnéticos

Detectam apenas a presença de materiais metálicos e magnéticos.

Esses sensores (figura 6.10) são amplamente usados em máquinas e equipamentos pneumáticos pela facilidade de montagem, feita diretamente sobre as camisas dos cilindros dotados de êmbolos magnéticos.

O movimento do êmbolo magnético do cilindro faz com que ele passe pela região da camisa onde, externamente, está posicionado o sensor magnético. O sensor, por sua vez, emite um sinal ao circuito elétrico de comando.

**Figura 6.10**

Representação de um sensor de proximidade magnético.

6.3.2 Simbologia dos sensores

A figura 6.11 mostra a simbologia dos quatro tipos de sensores de proximidade: indutivo, capacitivo, óptico e magnético.

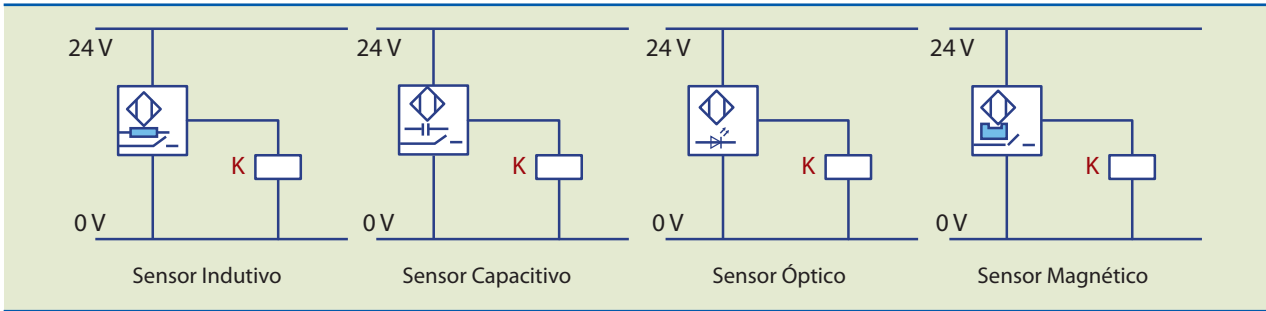


Figura 6.11

Simbologia dos sensores.

6.4 Elementos de processamento de sinais

Os elementos de processamento de sinais elétricos analisam as informações emitidas ao circuito pelos elementos de entrada com a finalidade de que o comando elétrico apresente comportamento final desejado conforme as informações obtidas.

São eles: relés auxiliares, relés temporizadores e contadores, contatores de potência, e outros.

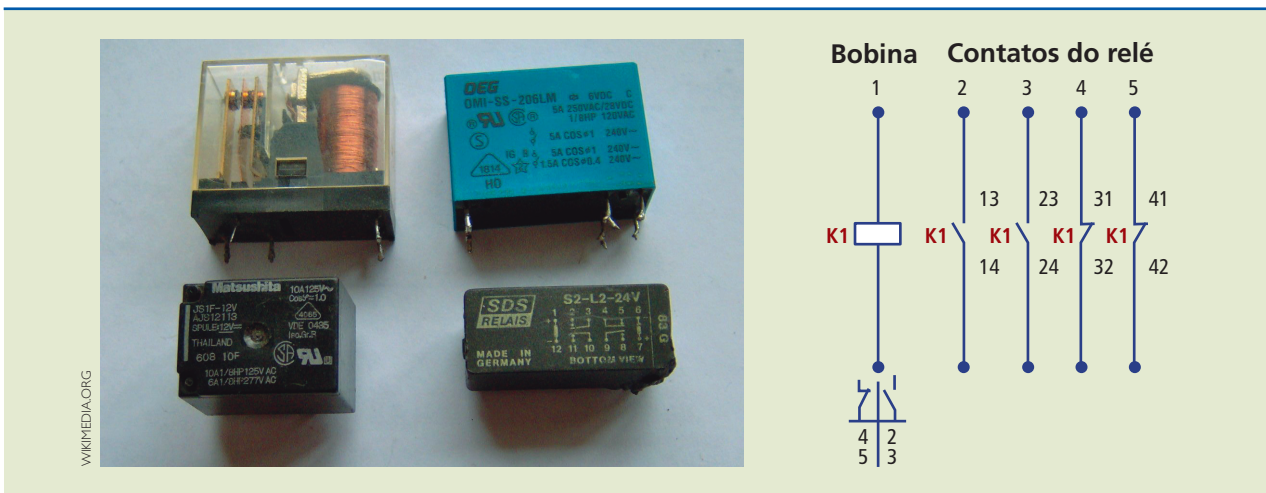
6.4.1 Relés auxiliares

O relé auxiliar é um elemento eletromagnético dotado de uma bobina eletromagnética, contatos móveis e contatos fixos. A corrente elétrica, ao energizar a bobina, produz um campo magnético movimentando o corpo móvel. O corpo faz com que os contatos abertos se fechem e os contatos fechados se abram, e a retirada da corrente da bobina provoca a volta do corpo móvel à posição normal. Isso ocasiona a abertura dos contatos abertos e o fechamento dos contatos fechados.

Há no mercado vários tipos de relés auxiliares que apresentam basicamente as mesmas características de funcionamento. A figura 6.12 indica relés e uma representação simbólica da bobina e dos contatos.

Figura 6.12

Relés.



6.4.2 Circuito temporizado

Esse tipo de circuito pode ser usado para desligar sinais, mediante atraso deles, utilizando um relé do tipo temporizador.

Os relés temporizadores são indicados na figura 6.13.

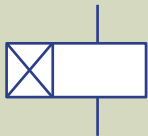
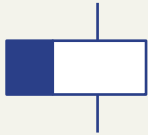




	RELÉ COM RETARDO NO ACIONAMENTO (T-ON)
	RELÉ COM RETARDO NO DESLIGAMENTO (T-OFF)
	CONTATO NA DE UM RELÉ T-ON
	CONTATO NF DE UM RELÉ T-ON
	CONTATO NA DE UM RELÉ T-OFF
	CONTATO NF DE UM RELÉ T-OFF

Figura 6.13

Relés temporizadores.

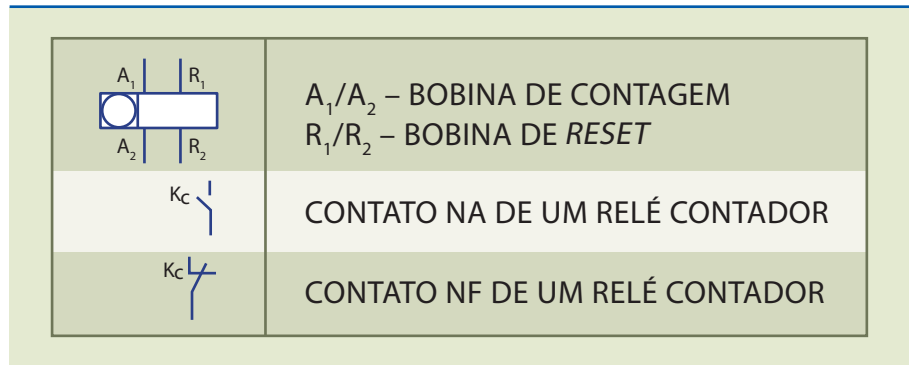
6.4.3 Circuito com contagem de eventos

O relé contador de evento (figura 6.14) é um elemento que necessita ser previamente programado para atuar após determinado número de eventos depois de ser atingido. Durante esse número de eventos, o circuito permite a circulação de corrente na bobina do relé fazendo o corpo móvel ser atraído e os contatos inverterem suas posições (os abertos fecham e os fechados abrem). Esse circuito que realiza a contagem necessita ser zerado para iniciar nova contagem. Essa operação é chamada de *reset*.

- A_1/A_2 – bobina de contagem
- R_1/R_2 – bobina de *reset*
- contato NA de um relé contador
- contato NF de um relé contador

Figura 6.14

Circuito com contagem de eventos.



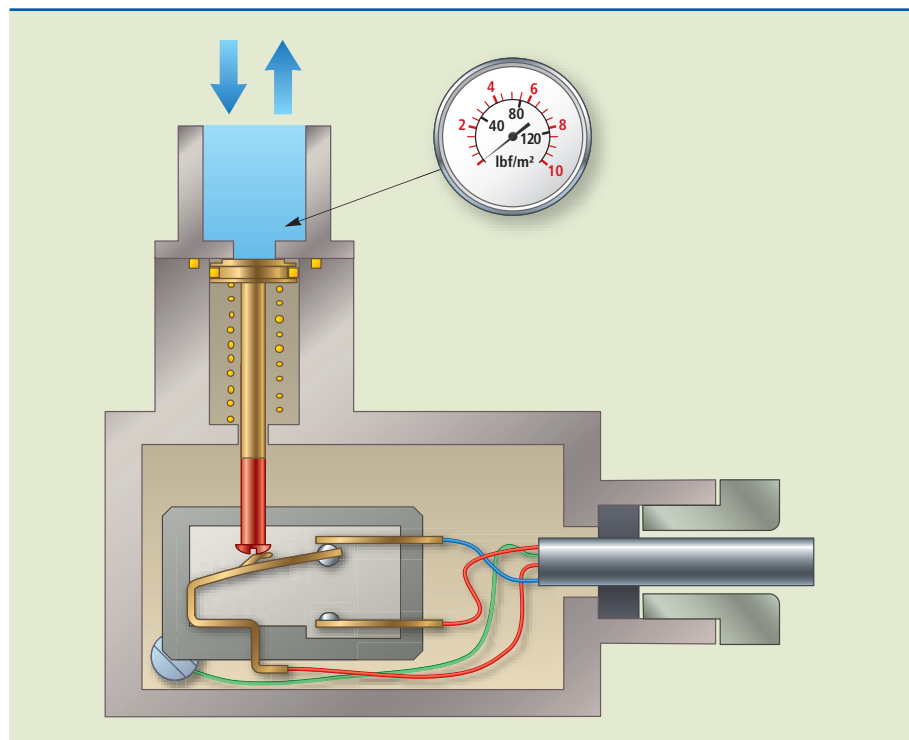
6.4.4 Pressostato

O pressostato é um componente eletropneumático cuja função é regular a pressão. Essa regulação é necessária para evitar que uma máquina opere em pressões abaixo da pressão de trabalho.

A figura 6.15 indica uma representação esquemática de um corte de um pressostato típico. O pressostato é ligado à linha em que se deseja manter a pressão. A pressão do ar movimenta um elemento em seu interior (eixo de translação) que faz o contato ser aberto ou fechado. Quando a pressão é inferior à pressão de trabalho, não há força suficiente para movimentar o eixo, obstruindo a via graças a uma mola que o impele em sentido contrário à força do ar. O aumento da pressão do ar vai vencer a resistência da mola, deslocando o eixo para baixo e promovendo a mudança de contato. Se o pressostato está na posição NF, quando a pressão ultrapassar o valor pré-estipulado, ele comutará para NA.

Figura 6.15

Pressostato.



Se estiver na posição NA, ele se fechará quando a pressão for maior do que a pressão preestabelecida. Se a pressão de trabalho cair muito, o contato volta a sua posição original.

Com essa lógica é possível fazer o atuador não trabalhar com baixas pressões, e a máquina trabalha somente em condições ideais.

6.4.5 Solenoide

O solenoide é um ímã permanente que tem a finalidade de atrair o eixo das válvulas. É responsável pela pilotagem (mudança na posição) das válvulas. Em outras palavras, são bobinas eletromagnéticas que, quando energizadas, geram um campo magnético que atrai elementos ferrosos, comportando-se como ímã permanente.

A bobina do solenoide é enrolada no magneto fixo e este conjunto é fixado à carcaça da válvula, seja ela hidráulica ou pneumática (eletroválvula). O magneto móvel é fixado diretamente na extremidade de seu carretel. No momento em que a corrente elétrica percorre a bobina, é gerado um campo magnético que atrai os magnetos e empurra o carretel da válvula na direção oposta à do solenoide que foi energizado, mudando a posição do carretel no interior da válvula (figura 6.16).

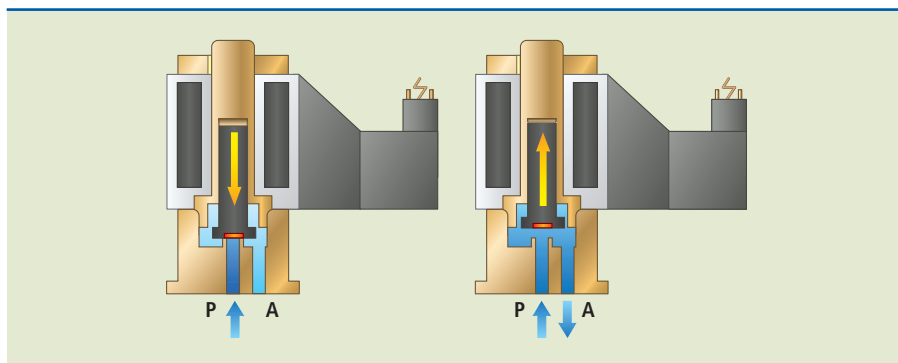


Figura 6.16

Solenoide desenergizado e solenoide energizado.

6.5 Circuitos eletropneumáticos

É o conjunto de elementos de comando e de acionamento, compostos de componentes pneumáticos e elétricos montados em máquinas e equipamentos industriais, cuja interação entre esses elementos gera os movimentos necessários ao funcionamento do sistema mecânico. A pneumática proporciona o acionamento de partes mecânicas e a elétrica, a sequência de comando dos elementos pneumáticos necessários para movimentar as partes móveis de máquinas e equipamentos.

Alguns circuitos eletropneumáticos básicos são usados em máquinas e equipamentos industriais. A seguir, apresentamos alguns exemplos e também alguns métodos para sua obtenção. A abordagem da apresentação é utilizar exemplos para ilustrar os métodos.

6.5.1 Método intuitivo

No método intuitivo utiliza-se do raciocínio humano na busca da solução de uma situação, podendo assim obter diferentes soluções para uma mesma questão, característica principal deste processo. Neste método, a solução apresentada nem sempre é a mais otimizada.

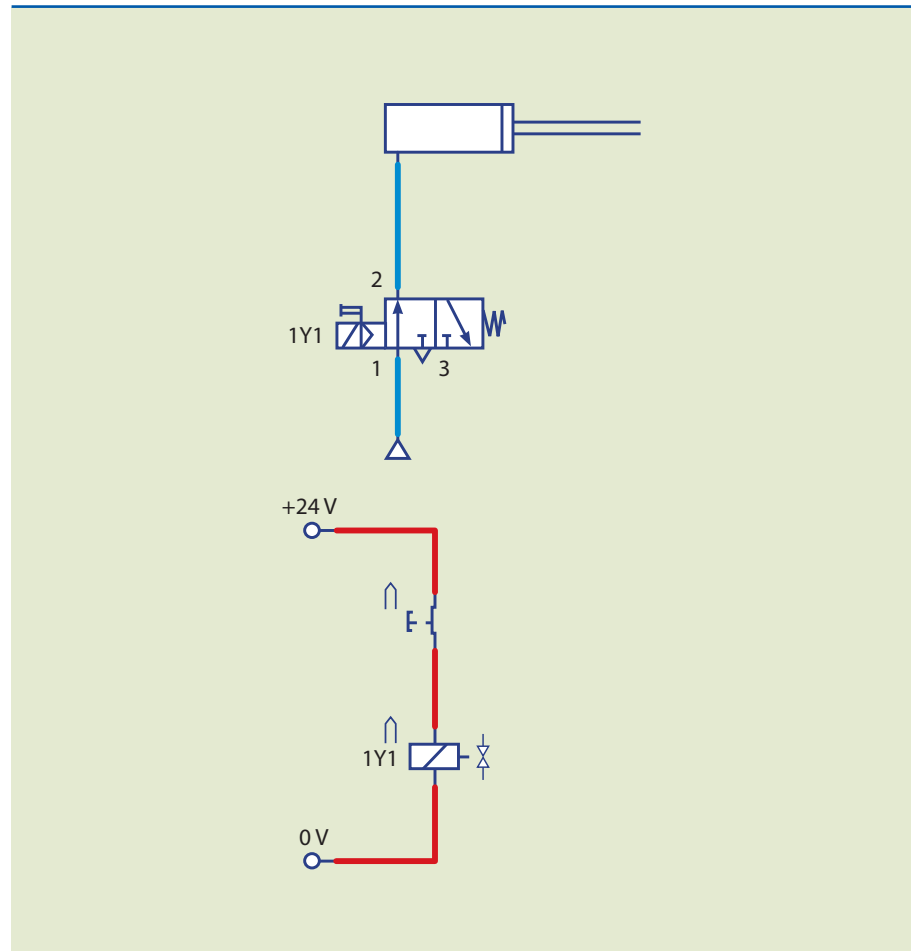
A figura 6.17 esquematiza uma solução de montagem de um atuador de simples ação acionado eletricamente por uma botoeira normal aberta, energizando a bobina do solenoide da válvula 3/2 vias normal fechada com retorno por mola. Dessa forma, a comutação do carretel interno da válvula dá passagem ao ar comprimido, avançando o atuador. O retorno do atuador acontece quando o pulso elétrico é rompido, fazendo com que a mola da eletroválvula entre em ação, fechando a alimentação do ar comprimido (conexão 1) e escapando o ar proveniente do atuador para a atmosfera através da conexão 3, onde está alocado o silenciador. Dessa forma, sem o suprimento de ar comprimido na conexão 2, o atuador volta à posição inicial, pela ação de sua mola.

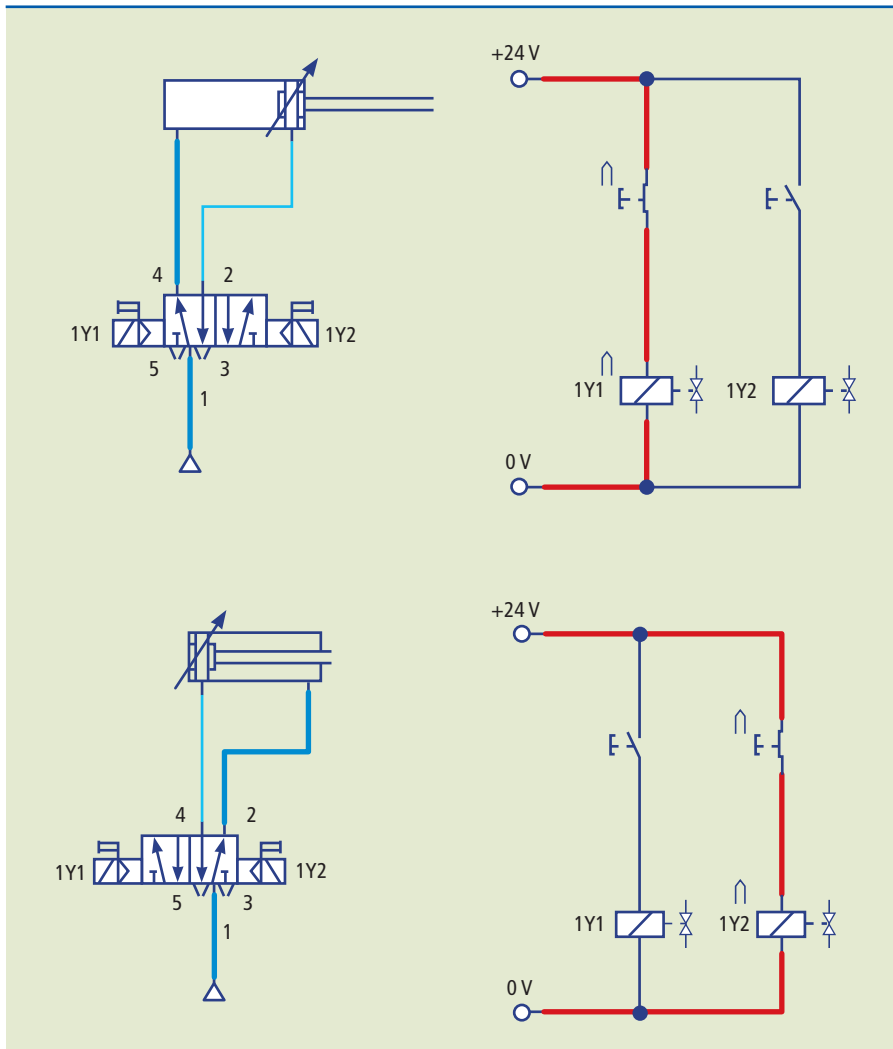
Comando direto

Ver exemplos de comando direto nas figuras de 6.17 a 6.20.

Figura 6.17

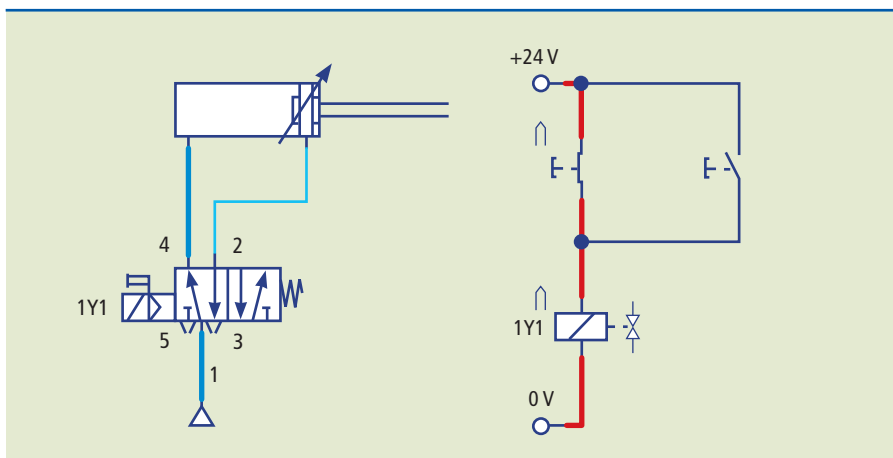
Circuito eletropneumático com acionamento direto.



**Figura 6.18**

Cilindro de dupla ação acionado por dois botões.

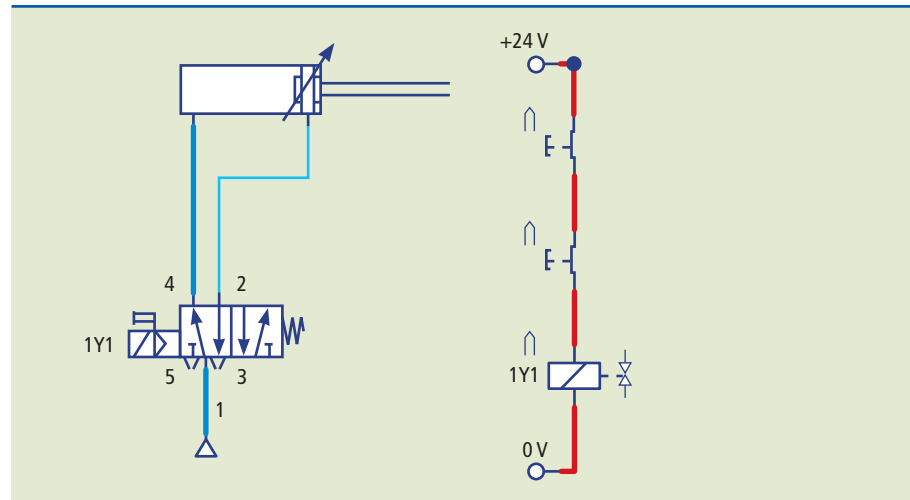
Na figura 6.18, o acionamento de atuador de dupla ação se dá por meio de dois botões, um para energizar diretamente o solenoide 1y1, promovendo o avanço do atuador e o outro botão para energizar o solenoide 1y2, promovendo o recuo do atuador.

**Figura 6.19**

Cilindro de dupla ação acionado de dois pontos distintos.

A figura 6.19 representa um cilindro de dupla ação, acionado eletricamente por botão normal aberto, que é responsável por energizar, alternativamente, a eletroválvula monossolenóide com retorno por mola de cinco vias e duas posições possíveis de comutação, dessa forma, promovendo o avanço do atuador. O recuo do mesmo se dá pela comutação da eletroválvula provocada por sua mola, quando cessa o pulso elétrico proveniente de um dos botões. A essa lógica elétrica chamamos de lógica “OU”.

Figura 6.20
Cilindro de dupla ação acionado por comando bimanual.



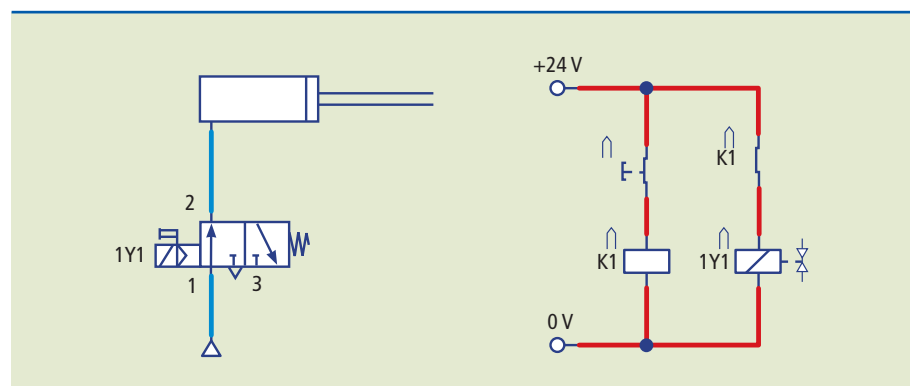
Na figura 6.20, a lógica elétrica utilizada é chamada de lógica “E”, ou seja, tem-se a necessidade de acionamento simultâneo dos dois botões para que a eletroválvula seja energizada, promovendo o avanço do atuador de dupla ação. Para que o atuador retorne basta desativar um dos botões do circuito elétrico.

Esse tipo construtivo pode ser usado em presas. Exemplo: quando é necessário que o operador mantenha as duas mãos ocupadas durante a operação de estampagem para acionamento do sistema, utiliza-se esse tipo construtivo evitando, assim, acidentes de trabalho envolvendo a mão do operador da máquina.

Comando indireto

O comando indireto se faz com o uso de relés (ver exemplo na figura 6.21):

Figura 6.21
Comando indireto.



A mola provoca o retorno das válvulas simples do solenoide. Se 1Y1 está energizado, a força da mola é vencida e a válvula permanece pilotada. Para que o solenoide permaneça energizado com uma botoeira pulso, devemos utilizar o selo elétrico ou a autorretenção (figuras 6.22 e 6.23).

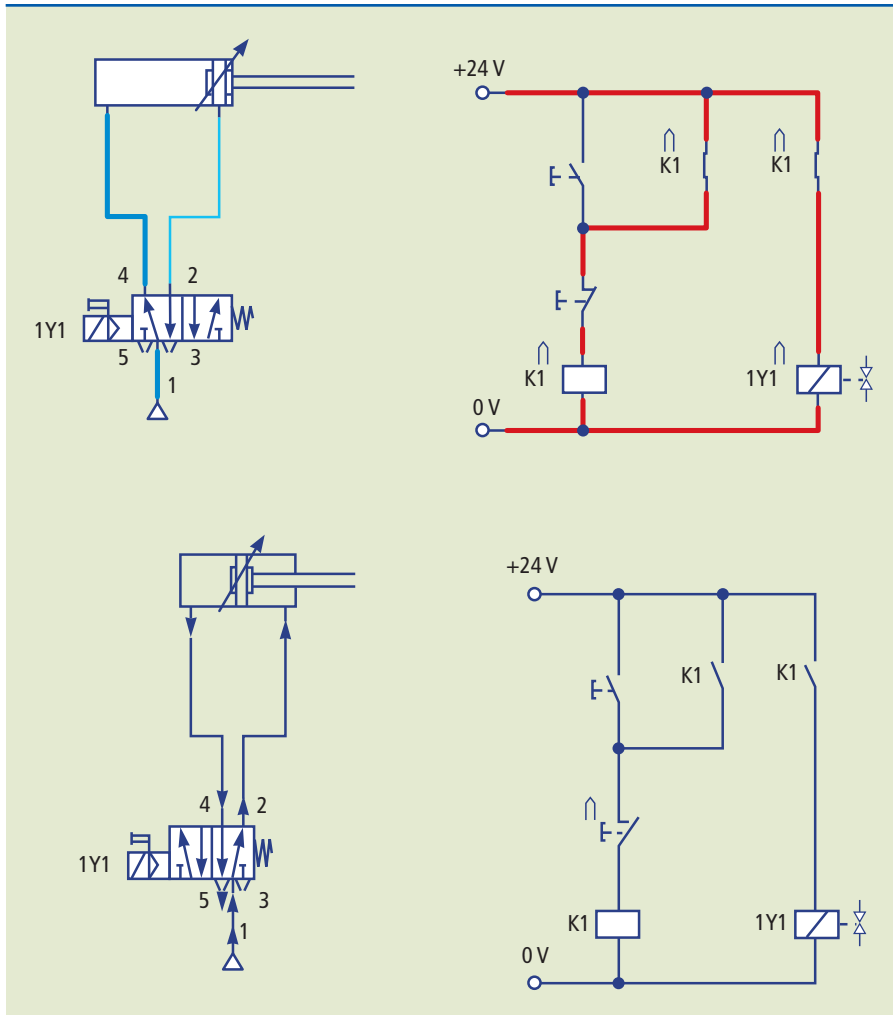


Figura 6.22

Selo elétrico e desligar dominante.

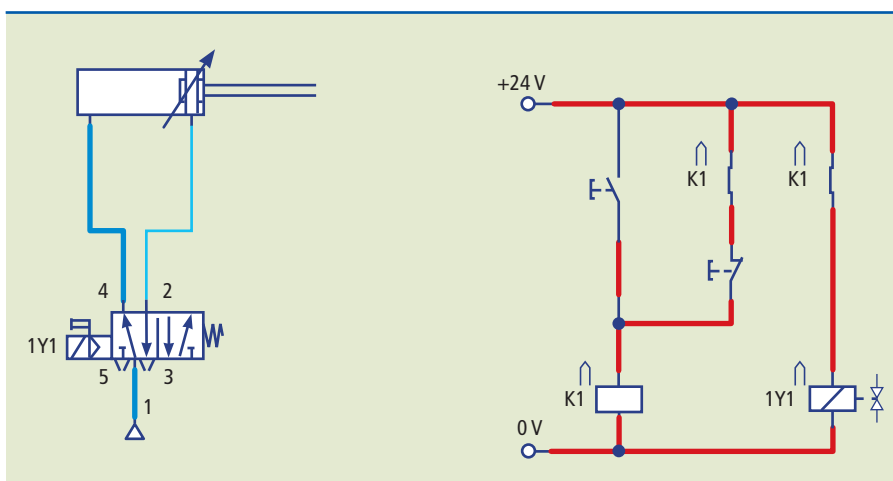


Figura 6.23

Selo elétrico e ligar dominante.

Veja outro exemplo: um cilindro de ação dupla deve avançar ao ser acionado um botão e retornar automaticamente ao atingir o final do curso de avanço (ciclo único). Nas figuras 6.24 e 6.25 apresentamos uma solução. Como o método é intuitivo, desafiamos o leitor a apresentar outras soluções para a situação.

Figura 6.24

Cilindro de ação dupla e circuito exemplo (1).

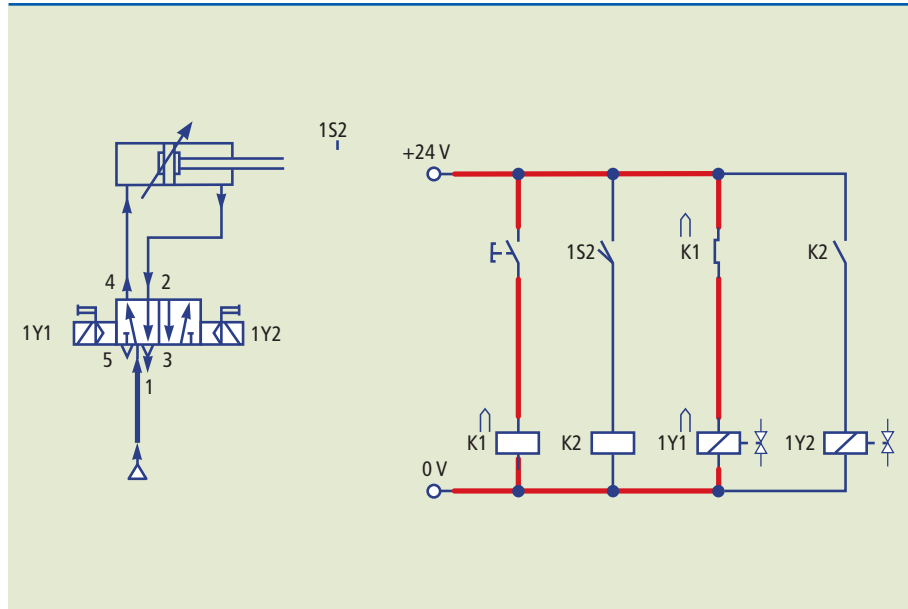
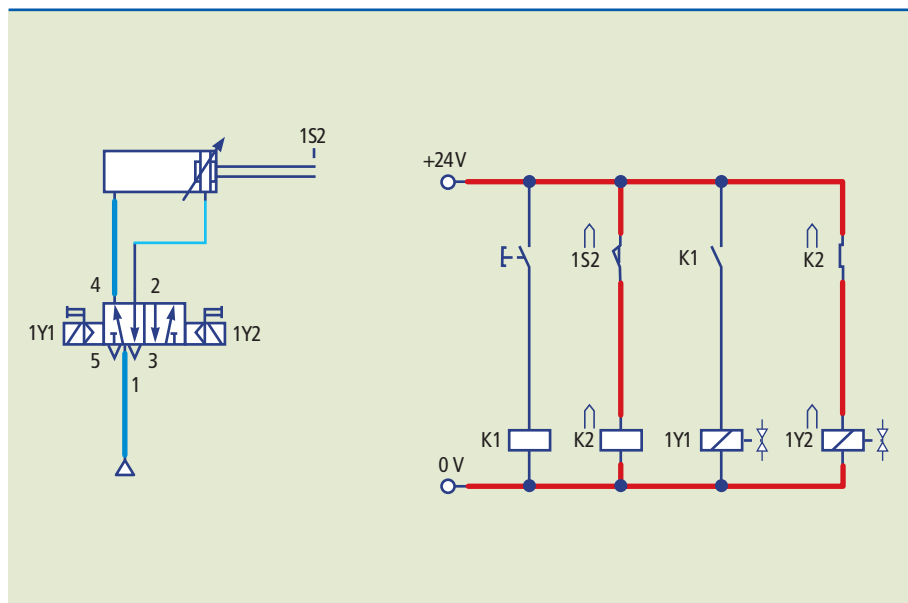
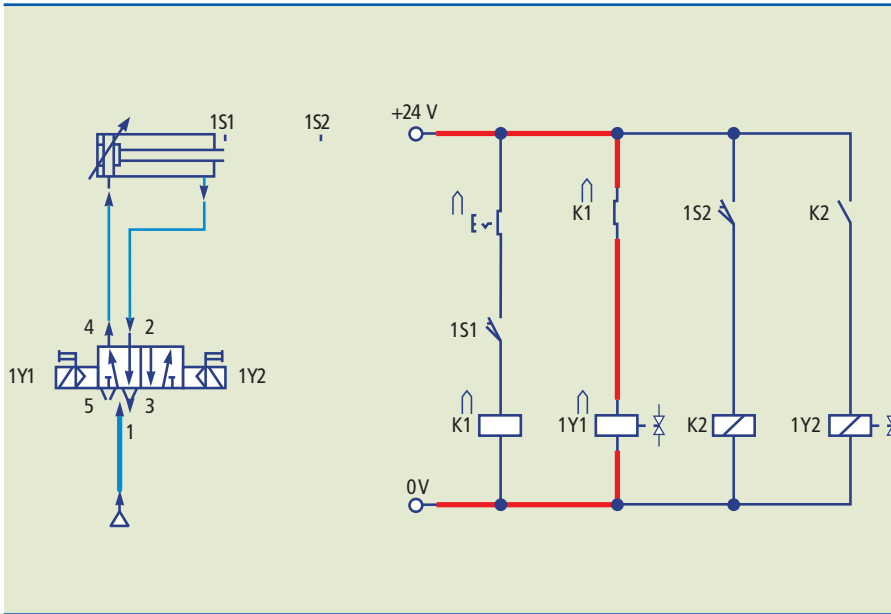


Figura 6.25

Cilindro de ação dupla e circuito exemplo (2).



E se a máquina requerer um ciclo contínuo? Se o operador mantiver o botão com trava acionado, o atuador avançará e não retornará até que ele desabilite o botão. Isso porque, quando o cilindro chegar até o fim de curso 1S2, energizando 1Y2, haverá um corte de sinal em 1Y1, 1S1 desabilitado, e o cilindro poderá recuar (ver figura 6.26).

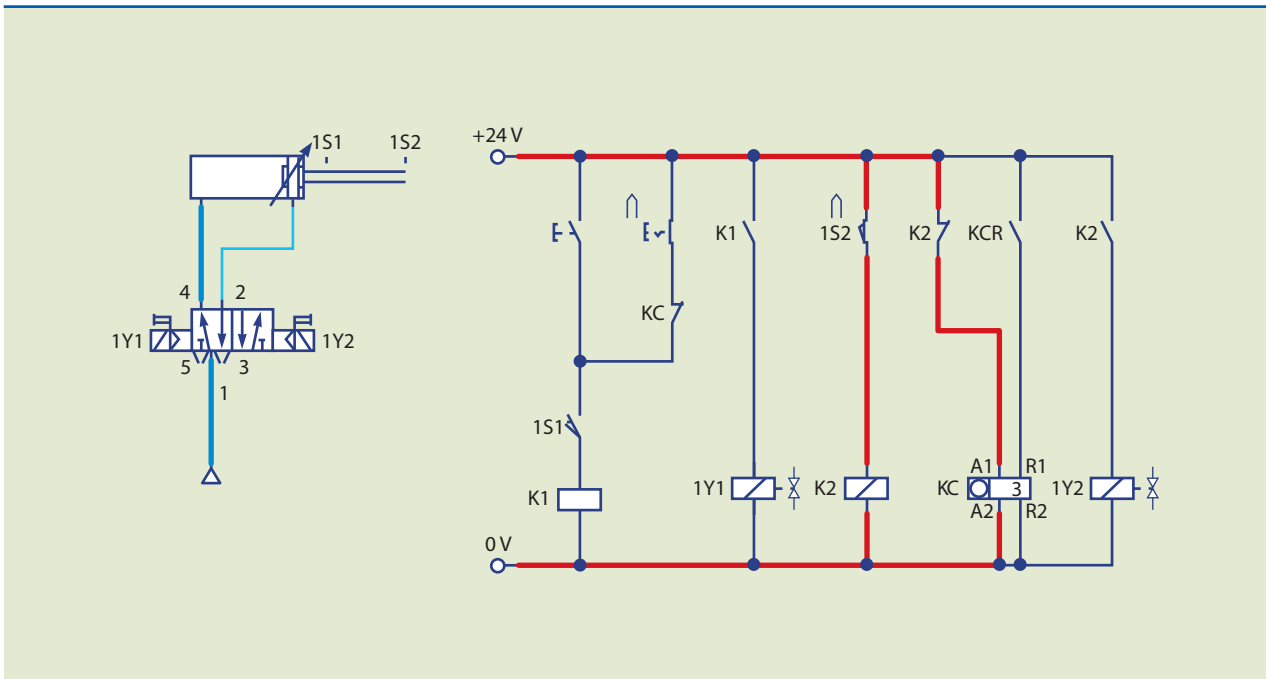
**Figura 6.26**

Ciclo contínuo.

Um cilindro pneumático de ação dupla deve avançar e retornar automaticamente, uma vez pressionado um botão de partida. Um segundo botão deverá ser usado para efetuar o avanço e o retorno do cilindro, em ciclo contínuo limitado, isto é, o número de ciclos deve poder ser selecionado, de acordo com a vontade do operador (solução na figura 6.27).

Figura 6.27

Relé contador.



Um cilindro de ação dupla deve avançar acionando-se um botão de partida, permanecer parado por cinco segundos no final do curso e retornar automaticamente (ver figura 6.28).

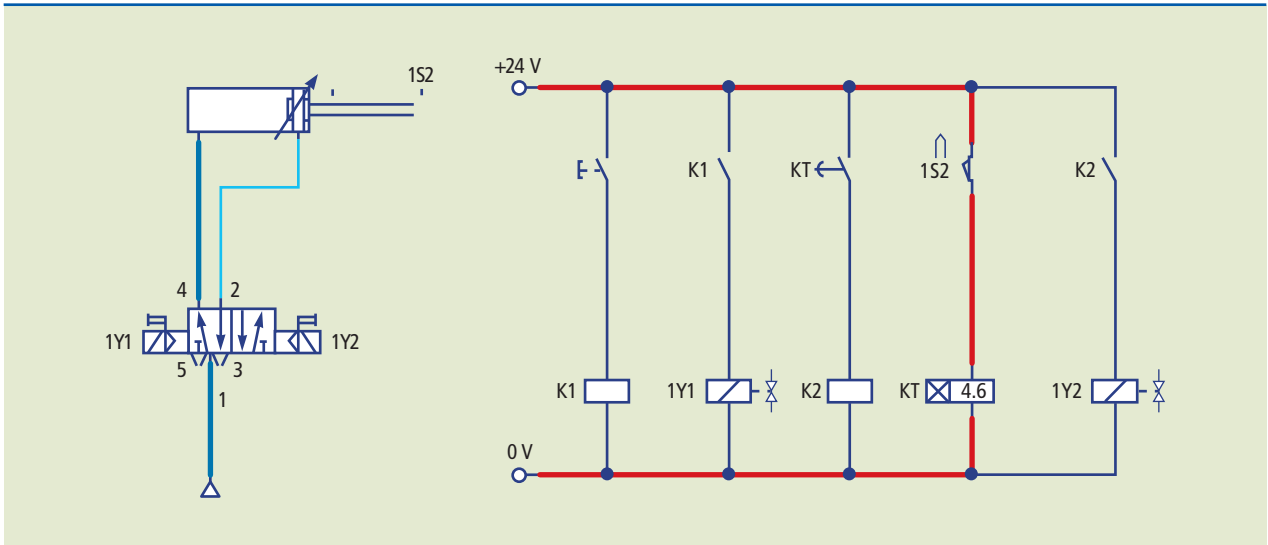


Figura 6.28
Relé temporizador.

A figura 6.29 representa o mesmo circuito da figura 6.28, porém com o uso de sensor capacitivo para detecção de fim de curso.

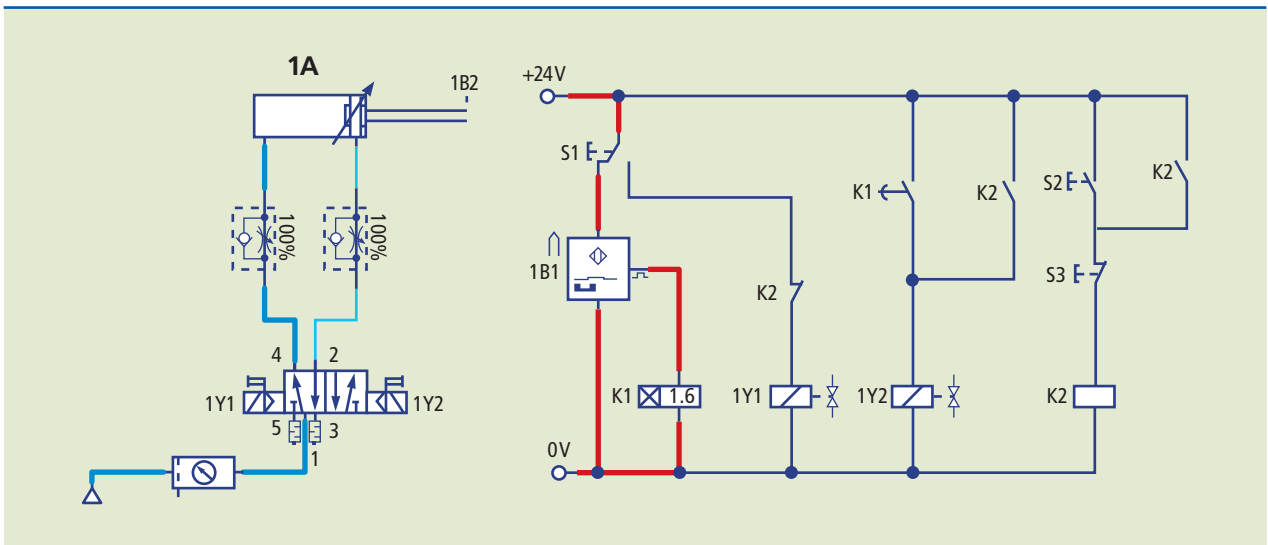


Figura 6.29
Circuito alternativo com o uso de sensor capacitivo.

O método intuitivo não obedece a nenhuma regra, e o circuito depende inteiramente do talento e raciocínio do projetista.

Observe a sequência:

$$1A+ 2A+ 1A- 2A-$$

em que:

o sinal + significa avanço do atuador;

o sinal - significa retorno do atuador.

Desse modo, a designação adotada indica que o cilindro 1A avança, depois o cilindro 2A avança, na sequência o cilindro 1A recua e o cilindro 2A também recua, em eventos sucessivos. Veja o circuito da figura 6.30.

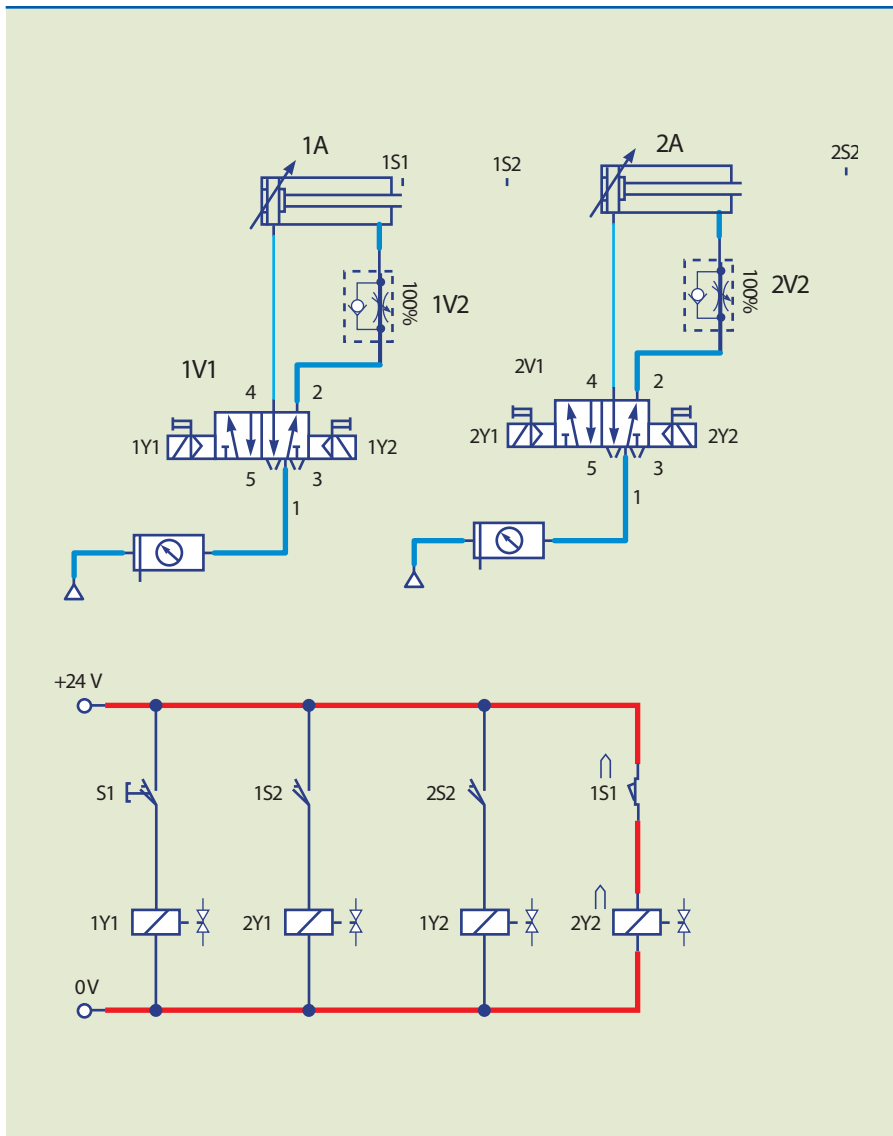


Figura 6.30

Circuito eletropneumático da sequência 1A+ 2A+ 1A- 2A-

Se separarmos a sequência de movimentos na metade e compararmos ambos os lados, veremos que um é exatamente igual ao outro, desprezando-se os sinais:

1A+ 2A+ | 1A- 2A-

Ou seja, a ordem de retorno dos cilindros acompanha a ordem de avanço. 1A avança primeiro e retorna primeiro. 2A avança em segundo lugar e retorna na mesma ordem.

Os solenoides são numerados de acordo com a seguinte regra:

Solenóide 1Y1 – o primeiro número 1 diz respeito ao cilindro 1A, e o último número 1 indica que ele é o primeiro solenóide do cilindro 1A.

Assim também para o solenóide 2Y2 – o primeiro número 2 diz respeito ao fato de que ele pertence à válvula direcional que pilota o cilindro 2A, e o último número 2 indica que é o segundo solenóide da válvula, ou o solenóide da direita.

Entretanto, nem sempre é fácil elaborar circuitos usando sequências intuitivas. Veja o exemplo a seguir:

$$1A+ 2A+ 2A- 1A-$$

Leia a sequência e, usando algum *software* de simulação, tente resolvê-la.

À primeira vista parece muito fácil, mas, na prática, avançar 2A e em seguida retorná-lo pode complicar um pouco.

A seguir, apresentaremos métodos que poderão facilitar essa tarefa.

6.5.2 Método passo a passo

A forma de dividir uma sequência em setores ou linhas pelo método passo a passo é a mesma da pneumática pura, ou seja, cada movimento representa um setor.

Dessa maneira, a sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A- pode ser dividida assim:

$$\begin{array}{cccc} 1A+ & | & 2A+ & | & 2A- & | & 1A- \\ I & | & II & | & III & | & IV \end{array}$$

Nesse método, o número de relés é igual ao número de linhas mais um. O circuito da sequência acima possui, portanto, 5 relés.

Em uma sequência com S setores, teremos $N = S + 1$ relés.

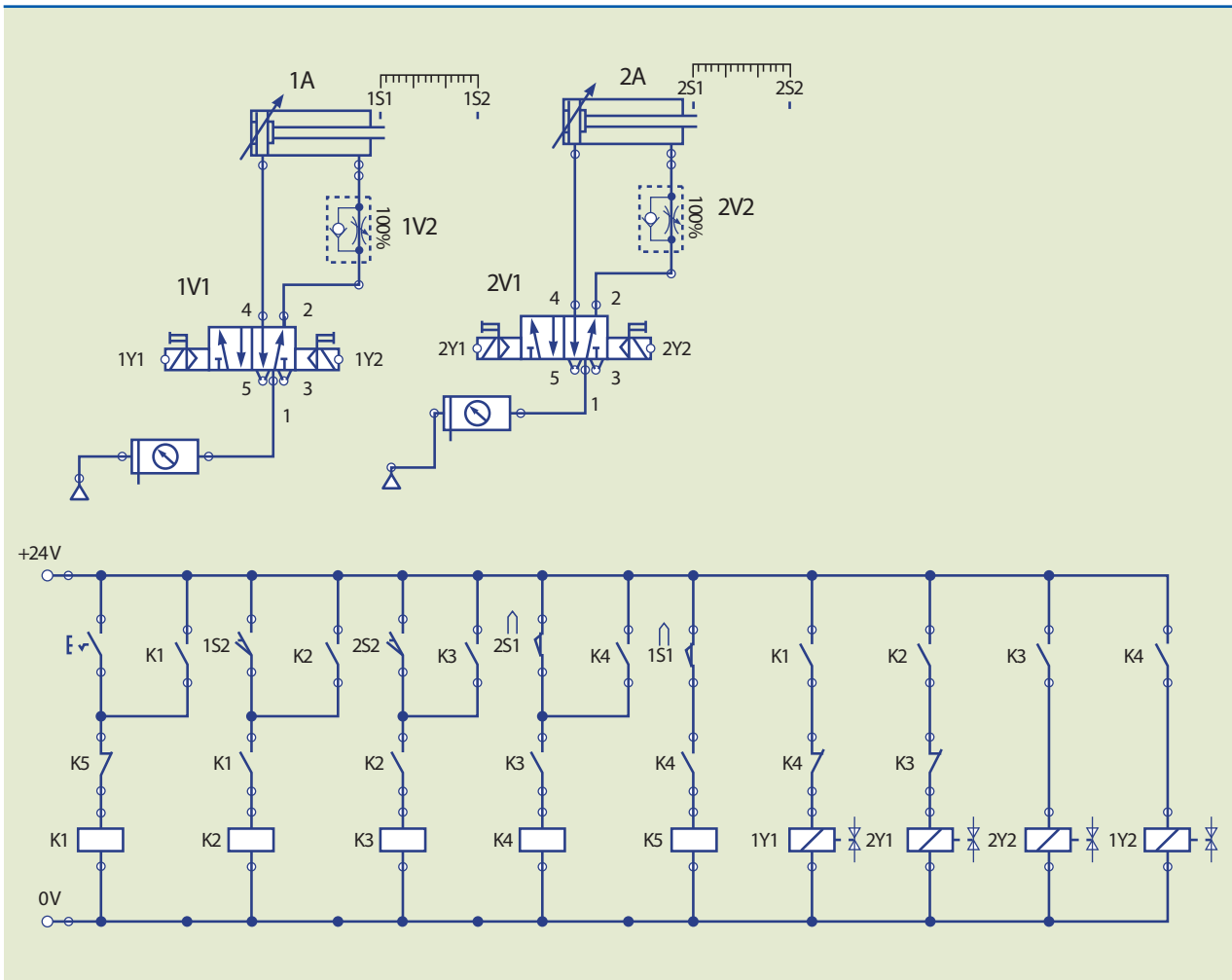
Os relés antecedentes farão autorretenção e energizarão o relé seguinte.

Assim, o relé K1 fará autorretenção e energizará K2 por meio de um contato aberto na bobina deste outro relé, e assim por diante. Observe a figura 6.31:

Com certeza, esse método funciona, entretanto começa a ficar muito longo e conta com muitos relés.

Usando o mesmo exemplo, vamos demonstrar outro método que pode facilitar ainda mais a solução do problema.



**Figura 6.3I**

Circuito eletropneumático da sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A- (método passo a passo).

6.5.3 Método cascata

O método cascata para um circuito eletropneumático é dividido em etapas.

A primeira tarefa a ser efetuada é a divisão da sequência em setores ou linhas.

Veja a sequência abaixo:

$1A+ \ 2A+ \ 2A- \ 1A-$

Essa sequência pode ser dividida em dois setores:

$1A+ \ 2A+ \ | \ 2A- \ 1A-$

Setor I | Setor II

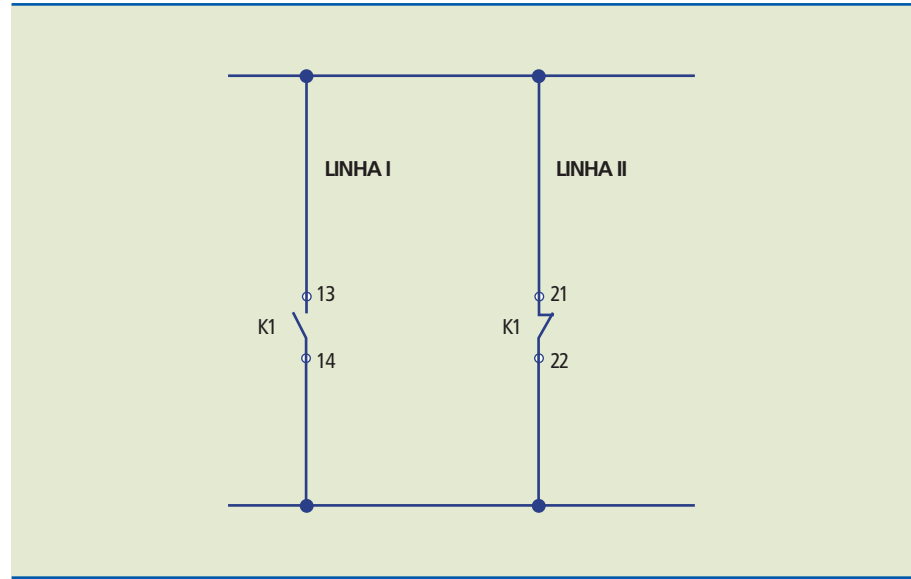
Na pneumática, o número de válvulas 5/2 vias ou 4/2 vias responsáveis pela mudança de linhas é igual ao número de setores menos 1. Aqui, essas válvulas são substituídas por relés.

Portanto, o número de relés responsável pela mudança das linhas elétricas é igual ao número de setores menos um. Esse número (setores menos um) é somente para os relés da cascata. Isso não quer dizer que no circuito não possa haver um número maior de relés.

O segundo passo é traçar a cascata elétrica. Para dois setores (ou duas linhas), a cascata é indicada na figura 6.32.

Figura 6.32

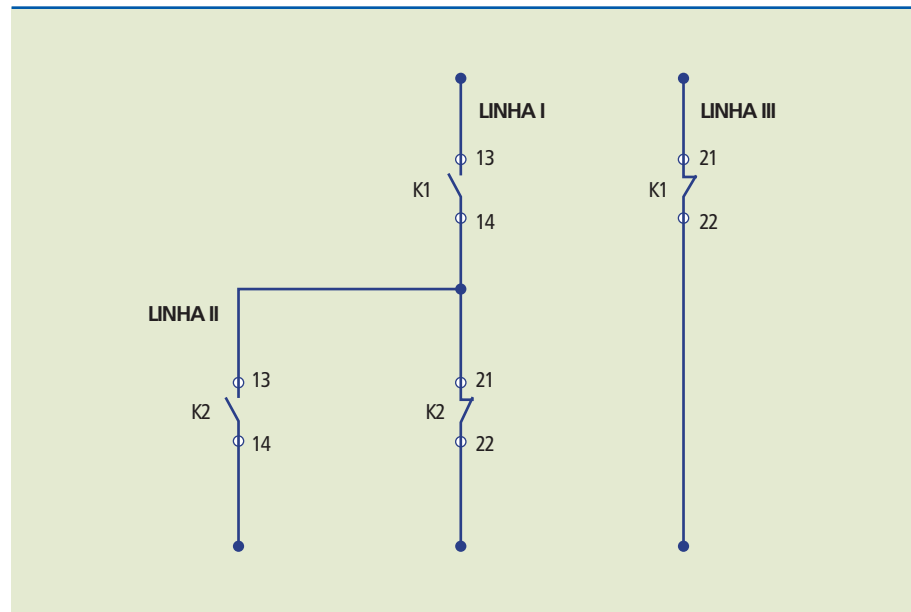
Indicação da cascata elétrica.



Para três setores (três linhas), ver a figura 6.33.

Figura 6.33

Indicação da cascata elétrica para três setores.



Ou seja, temos contatos de K1 (um fechado e um aberto) paralelos e contatos de K2 (um aberto e um fechado) também paralelos.

Para quatro setores (quatro linhas), veja figura abaixo:

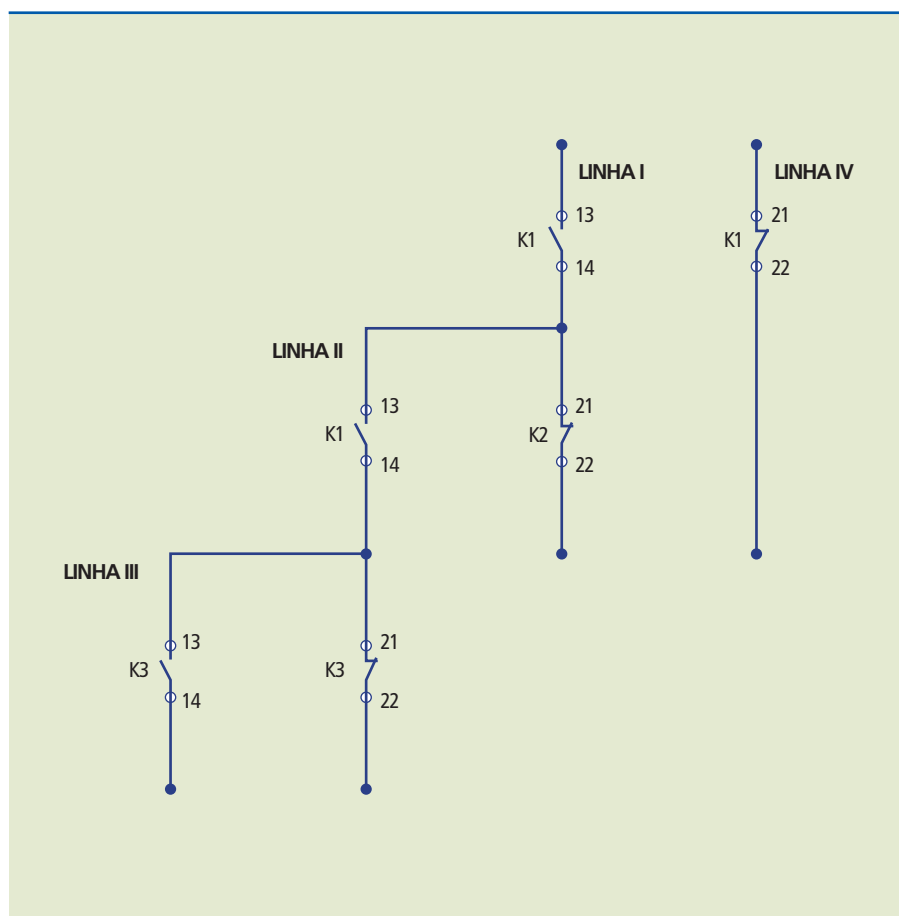


Figura 6.34

Indicação da cascata elétrica para quatro setores.

Sempre com dois contatos de cada relé em paralelo, a cascata continua.

Essa estrutura resulta do fato de que a linha II deve depender da linha I, e a linha III deve depender da linha II para ser energizada, e assim por diante.

Ao energizar a linha II, a linha I é desenergizada e, ao desenergizar a linha III, a linha II deve ser desenergizada, e assim por diante.

A última linha inicia a sequência energizada. E o raciocínio continua: a última linha é desenergizada para que se energize a linha seguinte; esta por sua vez será desenergizada para energizar a seguinte, e assim sucessivamente.

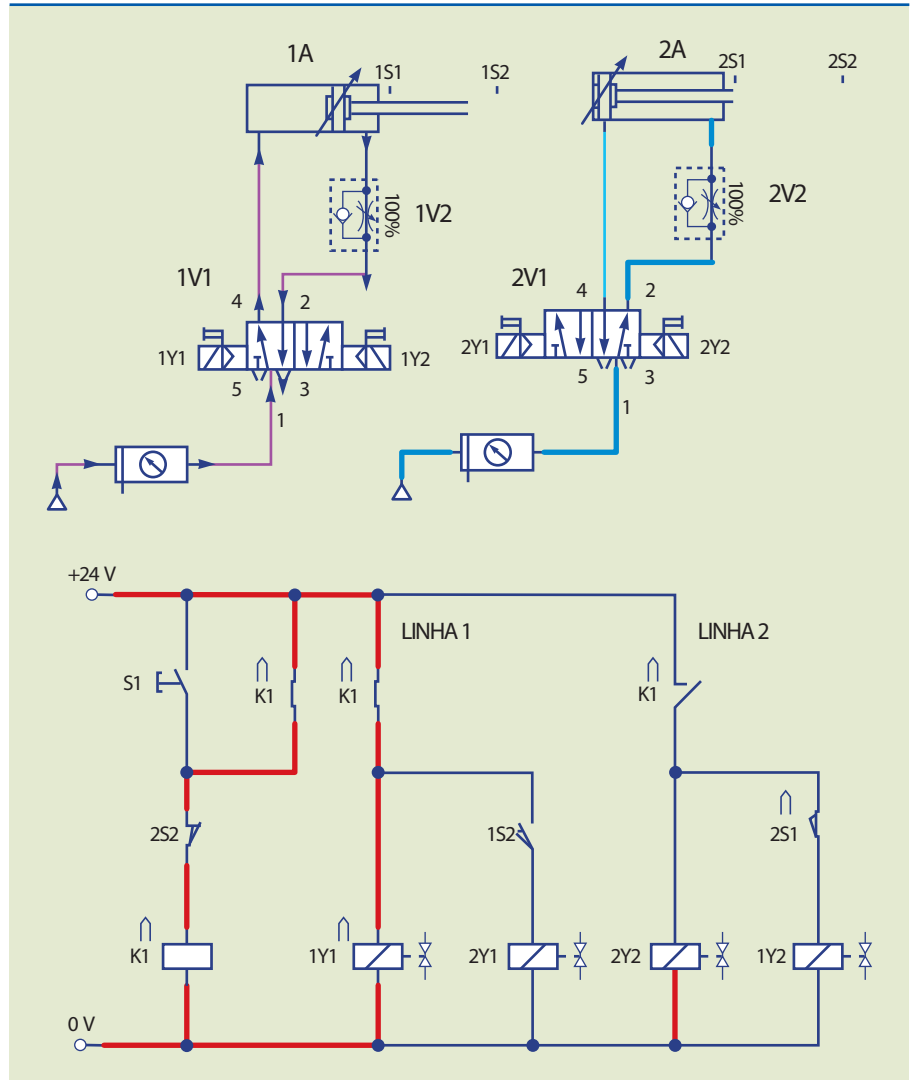
Para a mudança de linha, devem ser energizadas as bobinas dos relés.

Como a quantidade de relés utilizados na mudança de linhas é igual ao número de setores menos um, para cada dois setores temos 1 relé.

O próximo passo é inserir todos os solenoides e relés, e então inserir os fins de curso, responsáveis pela organização da sequência de movimentos. Veja o desenvolvimento descrito nas figuras 6.35, 6.36 e 6.37.

Figura 6.35

Circuito cascata da sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A-. Primeiro passo.



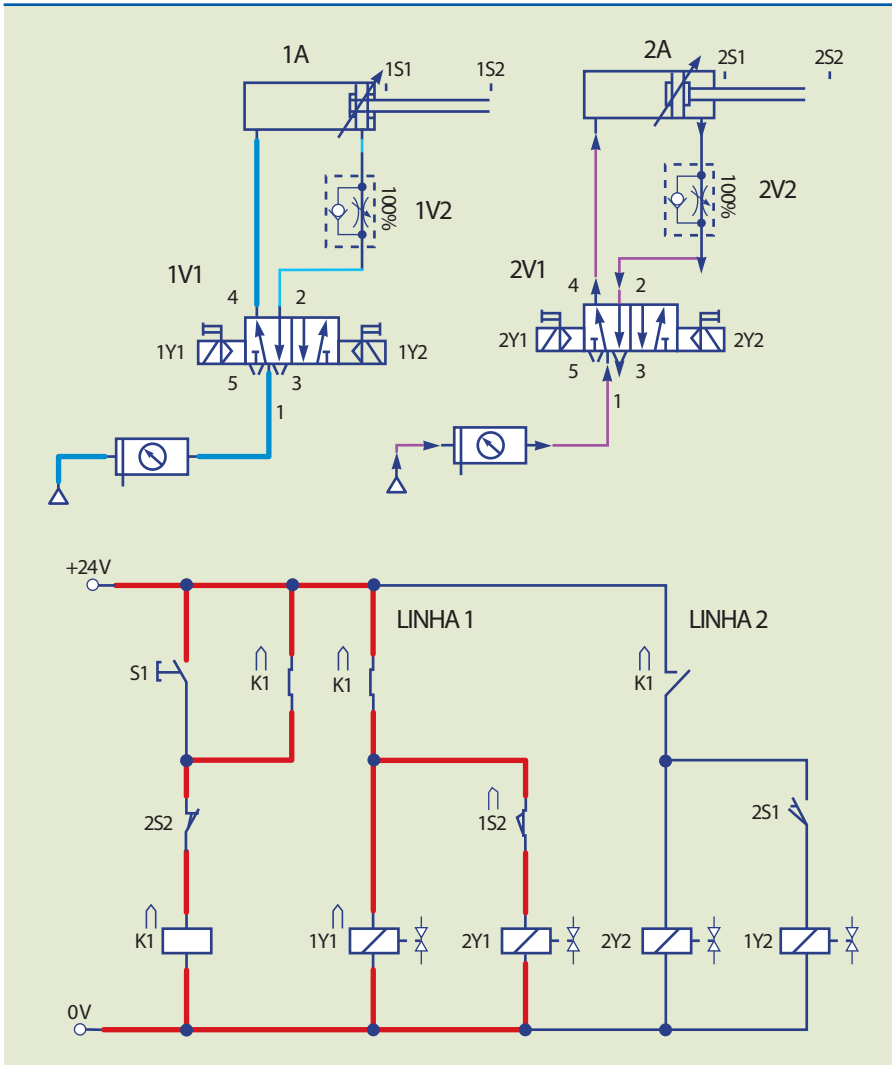
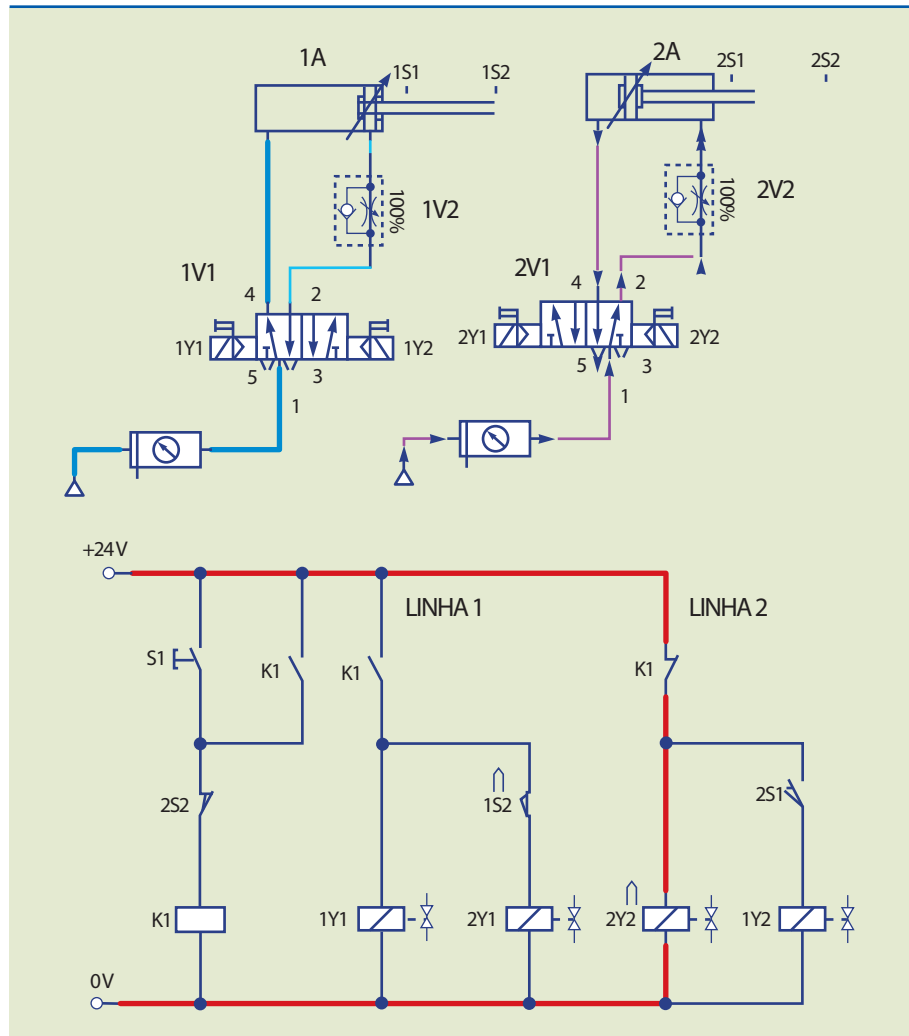


Figura 6.36

Circuito cascata da sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A-. Segundo passo.

Figura 6.37

Circuito cascata da
seqüência 1A+ 2A+
2A- 1A-. Terceiro passo.



Com essa mudança de linha, 2Y2 é energizado primeiramente, fazendo o retorno de 2A e depois 1Y2, fazendo o retorno de 1A, fechando, assim, a seqüência de movimentos.

Esse método foi criado para evitar qualquer sobreposição de sinal (contrapressão). Isso se dá porque não ocorre avanço e retorno de um cilindro na mesma linha.

6.5.4 Métodos sistemáticos

São métodos elaborados para o atendimento a clientes pelas empresas fornecedoras de componentes pneumáticos, desenvolvidos para resolução de circuitos gerando rapidez e economia na fase de projetos. Esses métodos podem ser divididos em três seqüências:

- método de seqüência máxima;
- método de seqüência mínima;
- método de seqüência máxima com cadeia estacionária.

Os dois primeiros métodos são aplicáveis ao uso com válvulas acionadas por duplo solenoide, e o terceiro método é utilizado quando em uso de válvulas com simples solenoide.

6.5.5 Método de sequência máxima

Na sequência máxima, todas as linhas ficam iguais. A quantidade de memórias ou de relés é igual à quantidade de passos. Cada relé é responsável por um passo e existe necessidade de rearme. HABILITA é o passo anterior. DESLIGA é o próximo passo. Ver exemplo na figura 6.38.

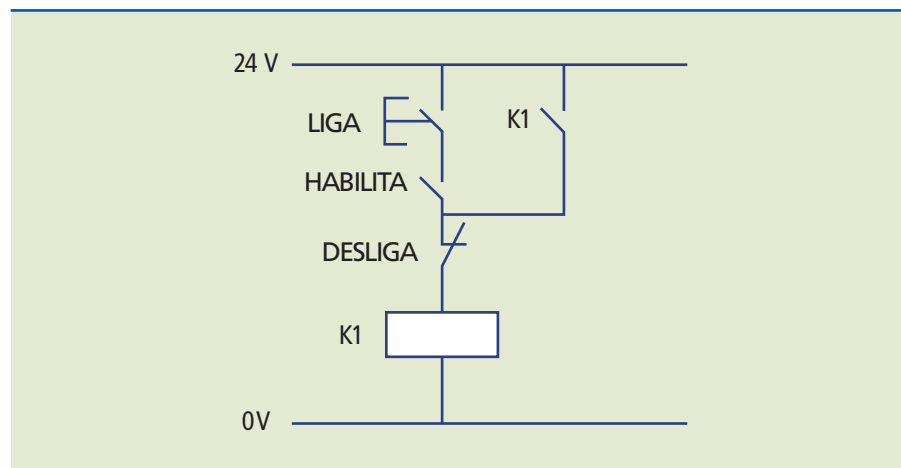


Figura 6.38
Circuito exemplo.

6.5.6 Método de sequência mínima

Usaremos um exemplo para apresentar o método. Para iniciar esse método, primeiramente devemos dividir a sequência por grupos:

1A+	2A+	3A+		3A-	1A-	2A-		2A+	1A+		2A-
I				II				III	IV		

Movimentos do grupo I – avanço do atuador 1A, avanço do atuador 2A, avanço do atuador 3A.

Movimentos do grupo II – recuo do atuador 3A, recuo do atuador 1A, e recuo do atuador 2A.

Movimentos do grupo III – avanço do atuador 2A, avanço do atuador 1A.

Movimento do grupo IV – recuo do atuador 2A

Podemos perceber que podem pertencer ao mesmo grupo movimentos seguidos de atuadores diferentes.

No exemplo, estamos trabalhando com três atuadores.

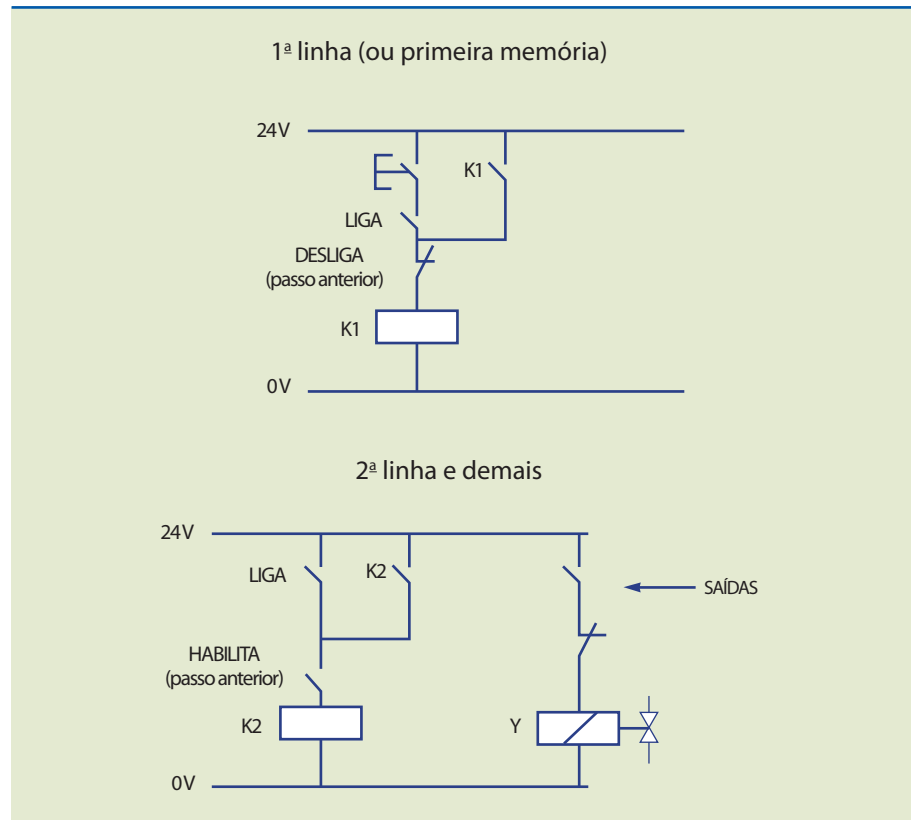
A quantidade de memória, ou seja, a quantidade de relés necessária para o circuito elétrico que iremos utilizar é igual à quantidade de grupos – 1, com exceção de quando se utilizarem 3 grupos.

Por exemplo: 3 grupos, 3 memórias; 4 grupos, 3 memórias; 2 grupos, 1 memória. A quantidade de linhas auxiliares é igual ao número de grupos. A linha em que está o último movimento inicia-se energizada.

6.5.7 Sequência máxima com cadeia estacionária

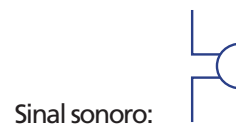
Nesse método, a quantidade de memórias (relés) é igual à quantidade de passos. Todas as linhas são energizadas sequencialmente e permanecem assim até o último passo: primeira linha (ou primeira memória). Ver a figura 6.39.

Figura 6.39
Circuito exemplo.



6.5.8 Sinalizadores

Alguns dispositivos elétricos são muito importantes no dia a dia da automação. Entre eles, podemos citar dois sinalizadores: o sonoro e o visual, indicados com os seguintes símbolos:



Esses componentes são muito importantes quando há necessidade de alertar o operador de que alguma ação está sendo executada, ou quando um botão de emergência deve ser acionado.

Veja como exemplo (figura 6.40) o circuito da sequência 1A+, 2A+, 1A-, 2A-, com botão de emergência, e na figura 6.41 com sinal sonoro.

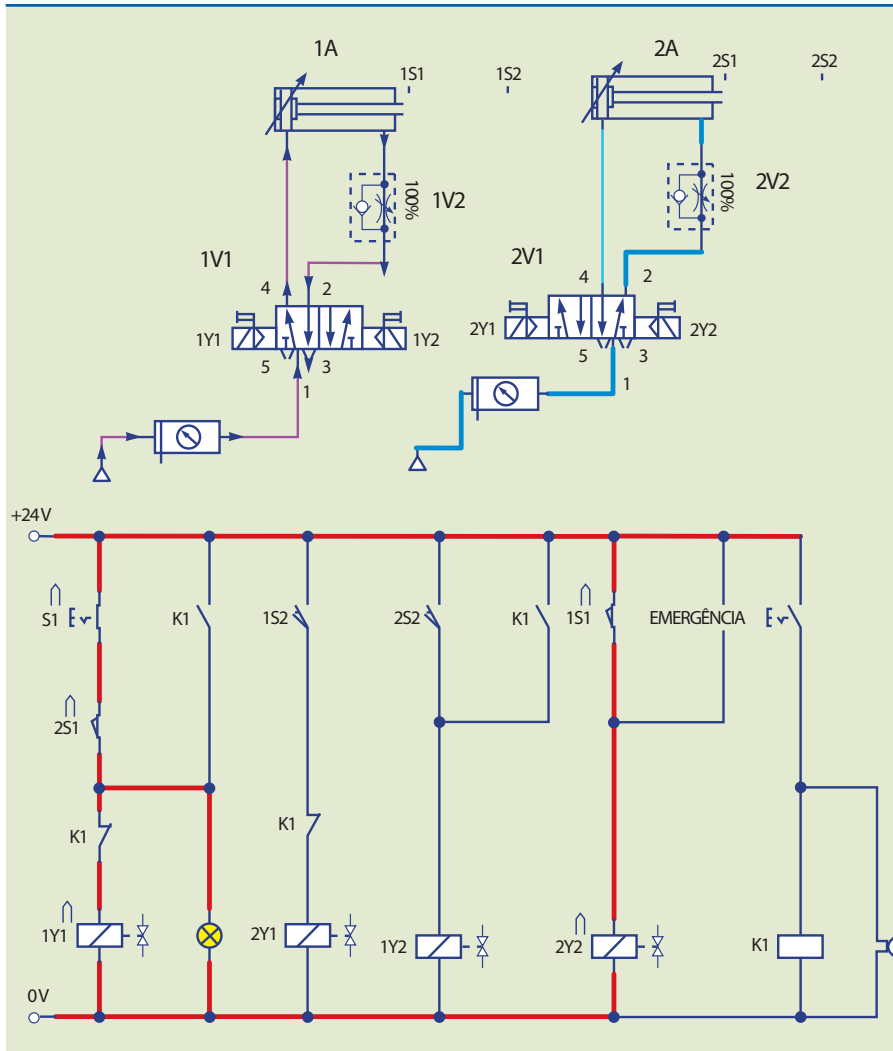
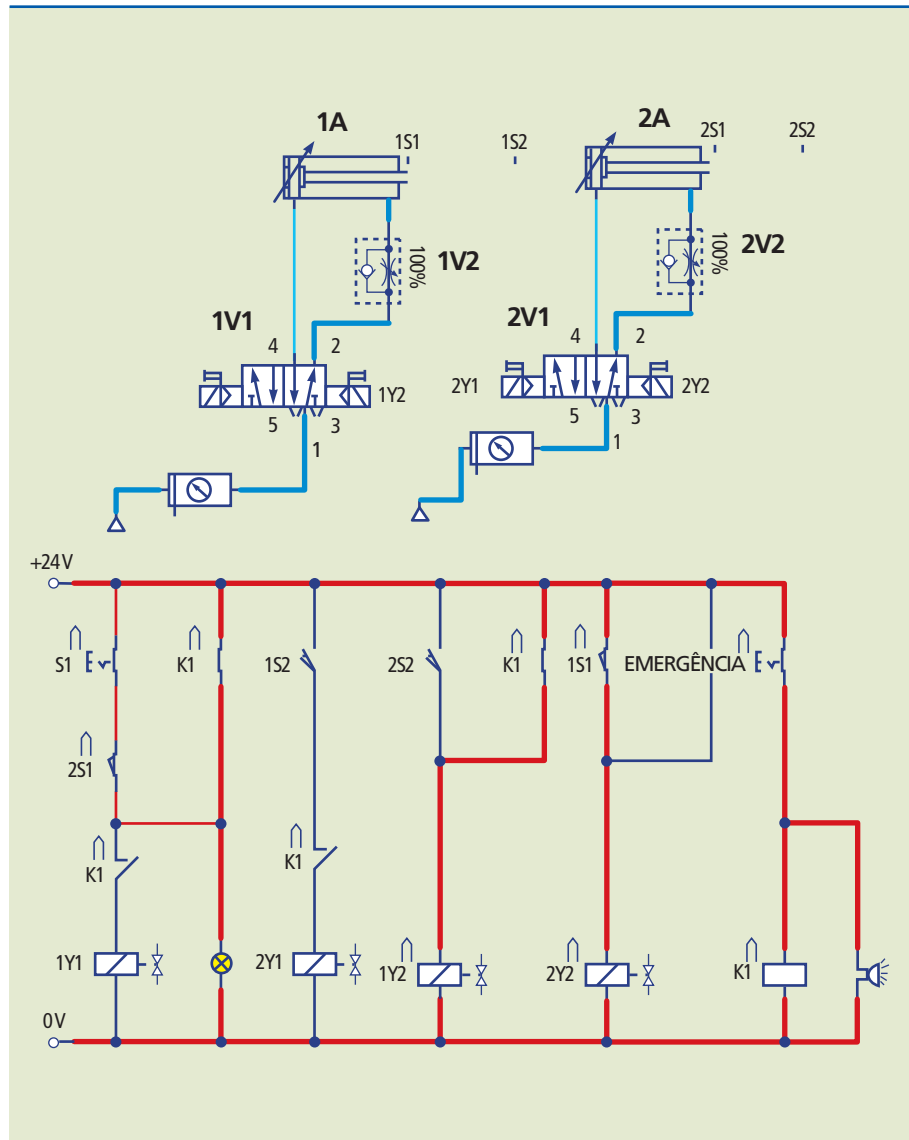


Figura 6.40

Exemplo de sinal luminoso.

Figura 6.41

Exemplo de sinal sonoro.

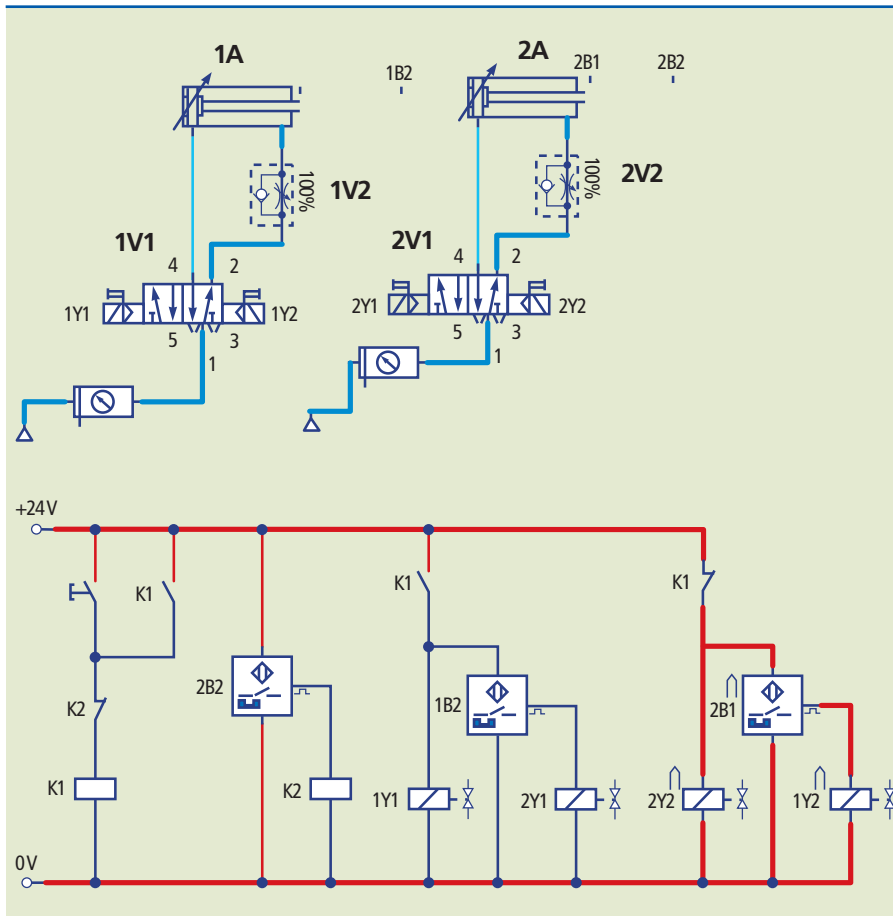


Ao acionar S1, damos início à sequência de movimentos; ao mesmo tempo é acionada uma lâmpada, que indica ao operador que a máquina entrou em funcionamento.

O botão de emergência, quando pressionado, energiza a bobina de um relé K1, e os dois contatos de K1 desenergizarão os solenoides de avanço (1Y1 e 2Y1). Dois contatos normalmente abertos (deste mesmo relé) energizarão os solenoides de retorno (1Y2 e 2Y2), quando o botão de emergência for acionado.

Até então, informamos os tipos de sensores que podemos utilizar em circuitos eletropneumáticos, mas não exemplificamos sensores do tipo capacitivo, indutivo e óptico nesses circuitos.

A figura 6.43 é exemplo de um circuito com a sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A-, usando o método cascata e somente sensores magnéticos.

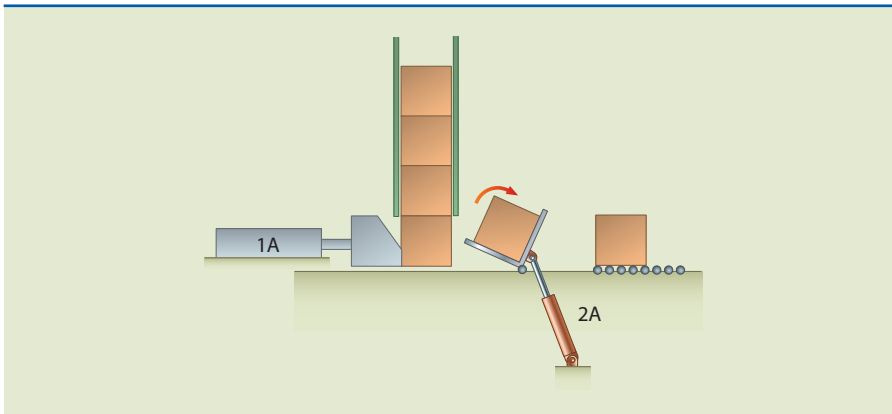
**Figura 6.42**

Circuito com a sequência 1A+ 2A+ 2A- 1A-, utilizando o método cascata e somente sensores magnéticos.

6.5.9 Exemplos de circuitos eletropneumáticos

Exemplos (treinamento Festo)

1. A peça sob o magazine vertical é empurrada pelo atuador 1A para o sistema basculante que gira 90° através do atuador 2A, para então seguir pela esteira de roletes. Na sequência, retorna o pistão 1A e depois avança o pistão 2A. Desenvolver o diagrama trajeto passo e o circuito eletropneumático para o dispositivo. (Dispositivo na figura 6.43, diagrama de trajeto na figura 6.44 e solução na figura 6.45.)

**Figura 6.43**

Dispositivo passo.

Figura 6.44
Diagrama de trajeto.

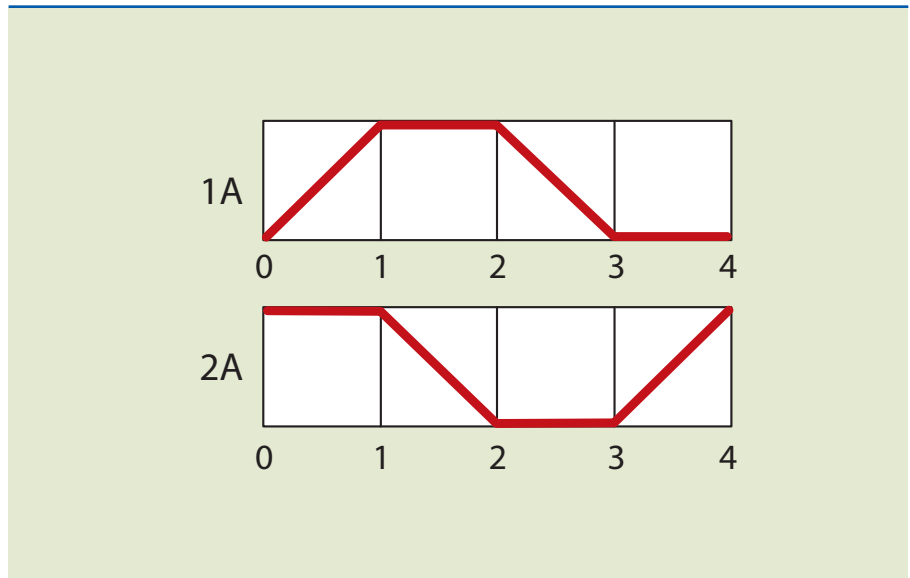
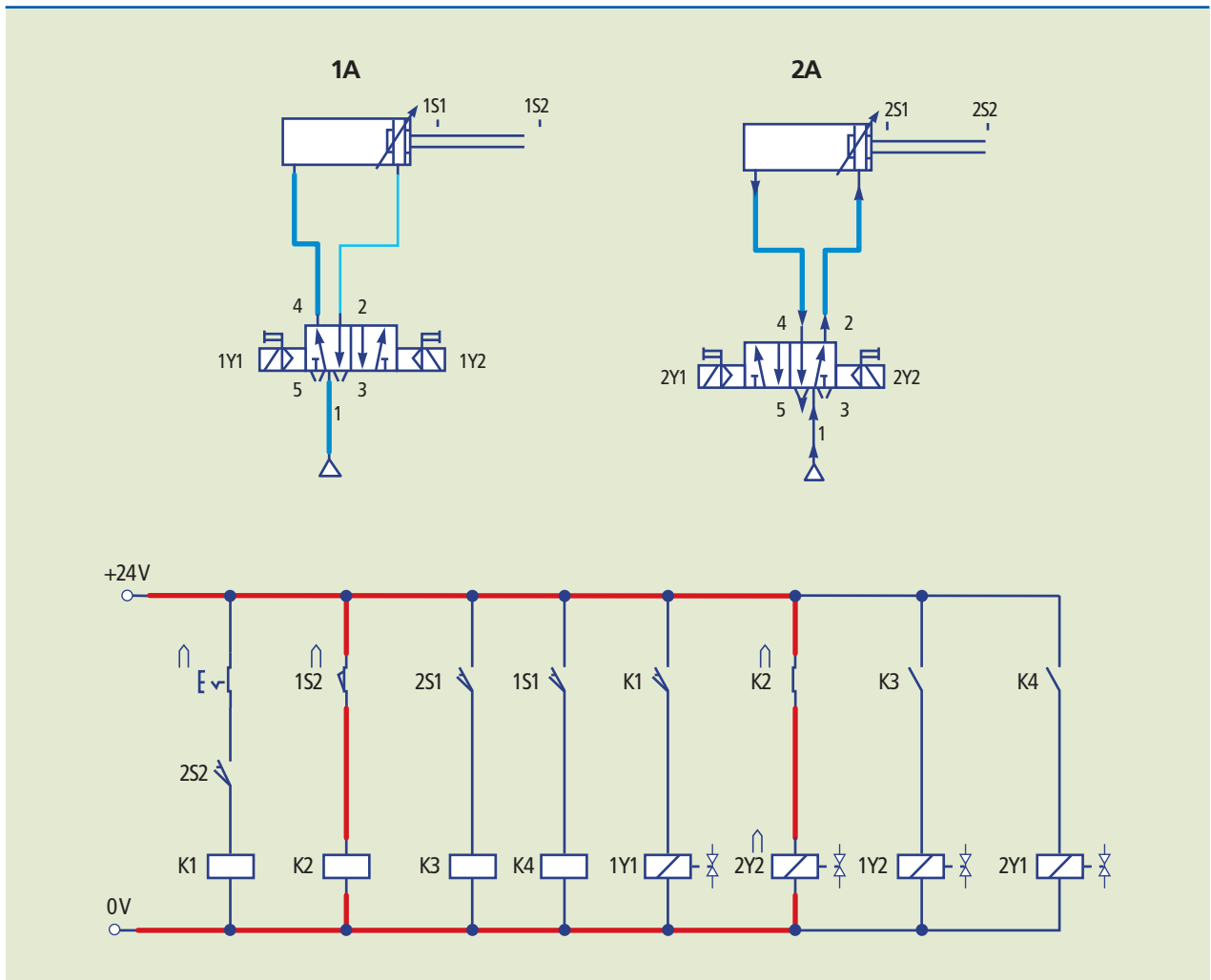


Figura 6.45
Circuito. *Solução:*



2. Dispositivo de classificação de peças. Utilizando um dispositivo de classificação algumas peças são transferidas para a mesa transportadora A ou continuam na mesa B.

Pressionando dois botões opcionais (S1 ou S2), o atuador de dupla ação avança e empurra a peça para a mesa A, mas apenas se o dispositivo estiver habilitado por um terceiro botão com trava (S3).

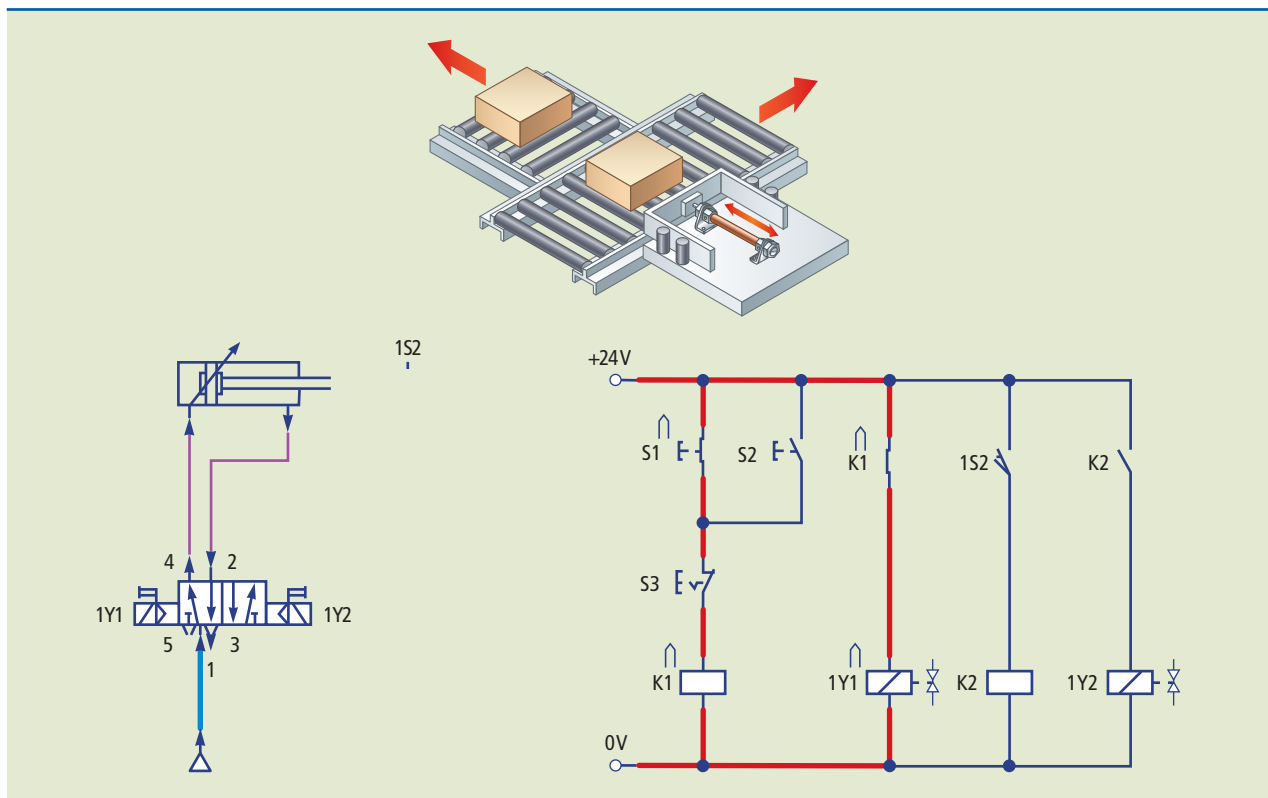
O atuador retorna à posição inicial, automaticamente.

Elaborar o circuito eletropneumático. (Ver o dispositivo e a resolução na figura 6.46.)

Solução:

Figura 6.46

Dispositivo e circuito.



3. Um cilindro de dupla ação deverá avançar quando pressionados dois botões pulso simultaneamente (lógica “E” elétrica). Uma válvula direcional 5/2 vias simples solenoide deverá ser usada no circuito. Quando o atuador chegar ao fim de seu curso, um sensor de proximidade do tipo capacitivo deverá ser acionado, para que o retorno do atuador seja feito automaticamente e de forma mais rápida possível. O circuito contará ainda com um botão de emergência. Quando acionado, ele deverá fazer o cilindro retornar imediatamente à sua posição inicial, acionando um sinalizador visual e um sonoro. Quando for pressionado o botão de emergência, após o retorno do cilindro, deverá ser cortado o fornecimento de ar para a válvula direcional, automaticamente.

Assim, o ciclo estará pronto para ser reiniciado somente quando o botão de emergência for desativado.

A pressão de trabalho é de 6 bar. Se a pressão no sistema for menor do que a pressão de trabalho, o cilindro não pode avançar. Opcionalmente poderá ser feita a regulação da velocidade no avanço do cilindro. Ver o dispositivo e o circuito na figura 6.47.

Solução:

Figura 6.47

