

3. ACIONAMENTO E CIRCUITOS ELETRO-PNEUMÁTICOS

Nas aplicações e circuitos desenvolvidos no capítulo anterior, a única forma de transmissão de sinais e de energia foi a pneumática. É possível, entretanto utilizar-se da energia e de circuitos elétricos em combinação com sistemas pneumáticos caso a energia elétrica possa ser empregada, visto que esta forma de energia é amplamente disponível na maioria das plantas industriais.

Para que seja possível a utilização de ambas as formas de energia em dada aplicação, caracterizando os circuitos mistos resultantes como eletro-pneumáticos, é necessário o uso de componentes de entrada e de saída de sinais elétricos, além dos componentes pneumáticos em si. Este capítulo inicia, desta forma, pela especificação de alguns dos componentes elétricos empregados em sistemas eletro-pneumáticos.

3.1 COMPONENTES ELÉTRICOS EMPREGADOS EM CIRCUITOS ELETRO-PNEUMÁTICOS

Botoeiras

As botoeiras são chaves elétricas acionadas manualmente que apresentam, geralmente, um contato aberto e outro fechado. De acordo com o tipo de sinal a ser enviado ao comando elétrico, as botoeiras são caracterizadas como pulsadoras ou com trava.

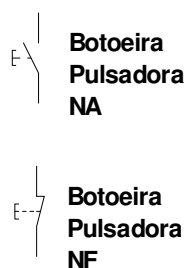


Figura 3.1. Simbologia de botoeiras do tipo pulsadoras

As botoeiras pulsadoras só acionam seus contatos frente a ação externa do operador. Tão logo o operador cesse o acionamento do botão, os contatos voltam à posição inicial. As botoeiras com trava mudam de estado frente a ação do operador, mas só retornam à posição anterior quando novamente acionadas.

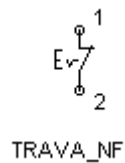
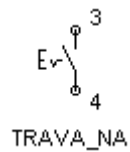


Figura 3.2. Simbologia de botoeiras com trava

Um tipo especial de botoeira com trava, acionada por botão do tipo cogumelo geralmente vermelho, é muito usada como botão de emergência para o desligamento de circuitos elétricos em momentos críticos.

Indicadores Luminosos

São elementos luminosos que sinalizam um status On/Off.



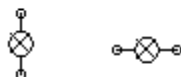


Figura 3.2a. Simbologia de indicador luminoso

Chaves de Fim de Curso

As chaves fim de curso, assim como as botoeiras, são comutadores elétricos de entrada de sinais, só que acionados mecanicamente. As chaves fim de curso são, geralmente, posicionadas no decorrer do percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, bem como das hastes de cilindros hidráulicos e ou pneumáticos.

O acionamento de uma chave fim de curso pode ser efetuado por meio de um rolete mecânico ou de um rolete escamoteável, ou gatilho. Chaves fim de curso acionadas por gatilho somente invertem seus contatos quando o rolete for atuado em um dos sentidos: da esquerda para a direita, por exemplo. No sentido contrário, uma articulação mecânica faz com que a haste do mecanismo dobre, sem acionar os contatos comutadores da chave fim de curso.



Figura 3.3. Simbologia de chaves de fim de curso com acionamento por rolete mecânico

Sensores de Proximidade

Os sensores de proximidade, assim como as chaves fim de curso, são elementos emissores de sinais elétricos, os quais são posicionados no decorrer do percurso de cabeçotes móveis de máquinas e equipamentos industriais, bem como das hastes de cilindros hidráulicos e/ou pneumáticos. O acionamento dos sensores, entretanto, não depende de contato físico com as partes móveis dos equipamentos, basta apenas que estas partes aproximem-se dos sensores a uma distância que varia de acordo com o tipo de sensor utilizado. Os mais empregados na automação de máquinas e equipamentos industriais são os sensores capacitivos, indutivos, ópticos, magnéticos e ultra-sônicos, além dos sensores de pressão, volume e temperatura, muito utilizados na indústria de processos. Estes sensores possuem dois cabos de alimentação elétrica, sendo um positivo e outro negativo, e um cabo de saída de sinal.

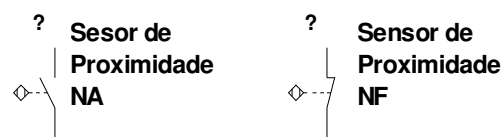


Figura 3.4. Simbologia genérica para sensores de proximidade

Sensores de Proximidade Indutivos

Os sensores de proximidade indutivos são capazes de detectar apenas materiais metálicos, a uma distância que oscila de 0 a 2 mm, dependendo também do tamanho do material a ser detectado e das características do sensor.





Figura 3.5. Simbologia de sensores de proximidade do tipo indutivo

Sensores de Proximidade Capacitivos

Os sensores de proximidade capacitivos registram a presença de qualquer tipo de material. A distância de detecção varia de 0 a 20 mm, dependendo da massa do material a ser detectado e das características do sensor.



Figura 3.6. Simbologia de sensores de proximidade do tipo capacitivo

Sensores de Proximidade Óticos

Os sensores de proximidade óticos detectam a aproximação de qualquer tipo de objeto, desde que este não seja transparente. A distância de detecção varia de 0 a 100 mm, dependendo da luminosidade do ambiente. Normalmente, os sensores óticos são construídos em dois corpos distintos, sendo um emissor de luz e outro receptor. Quando um objeto se coloca entre os dois, interrompendo a propagação da luz entre eles, um sinal de saída é então enviado ao circuito elétrico de comando.

Outro tipo de sensor de proximidade óptico, muito usado na automação industrial, é o do tipo reflexivo no qual emissor e receptor de luz são montados num único corpo, o que reduz espaço e facilita sua montagem entre as partes móveis dos equipamentos industriais.

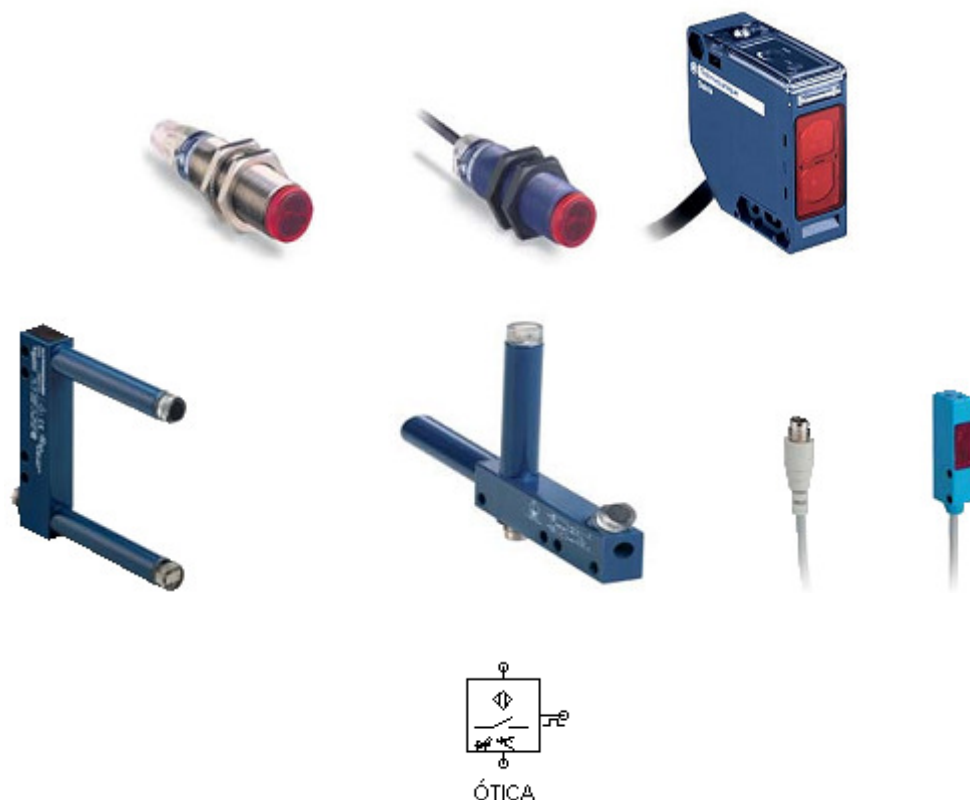


Figura 3.7. Simbologia de sensores de proximidade do tipo ótico

Sensores de Proximidade Magnéticos

Os sensores de proximidade magnéticos detectam apenas a presença de materiais metálicos e magnéticos, como no caso dos ímãs permanentes. São utilizados com maior frequência em máquinas e equipamentos pneumáticos e são montados diretamente sobre as camisas dos cilindros dotados de êmbolos magnéticos. Toda vez que o êmbolo magnético de um cilindro se movimenta, ao passar pela região da camisa onde externamente está posicionado um sensor magnético, este é sensibilizado e emite um sinal ao circuito elétrico de comando.

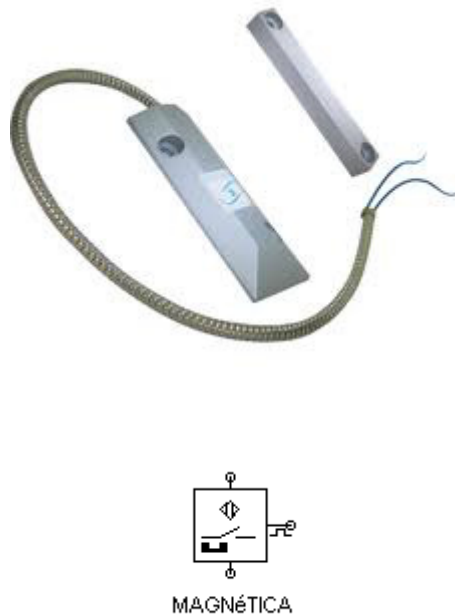


Figura 3.8. Simbologia de sensores de proximidade do tipo magnético

Sensores Binários de sensíveis a outras variáveis

Os pressostatos, também conhecidos como chaves de pressão, são chaves elétricas acionadas por um piloto hidráulico ou pneumático. Os pressostatos são montados em linhas de pressão hidráulica e/ou pneumática e registram tanto o acréscimo como a queda de pressão nessas linhas, invertendo seus contatos toda vez em que a pressão do óleo ou do ar comprimido ultrapassar o valor ajustado na mola de reposição.

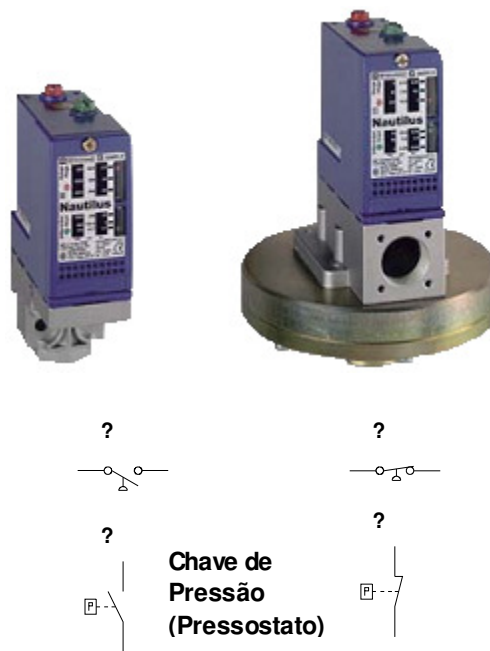


Figura 3.9. Simbologia de chaves de pressão

Com o mesmo princípio de operação, existem sensores binários para temperatura, as chaves de temperatura ou termostatos, para nível (chaves de nível) e para vazão (chaves de vazão).

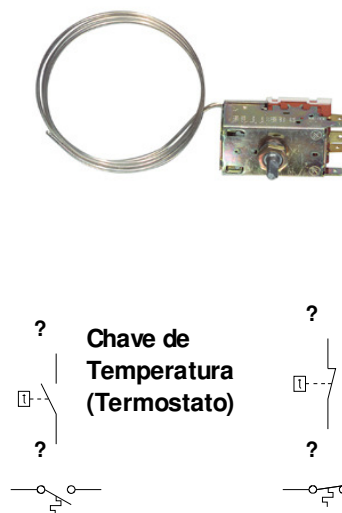


Figura 3.10. Simbologia de chaves de temperatura



Figura 3.11. Simbologia de chaves de nível

Reles Auxiliares

Os relés auxiliares são chaves elétricas de quatro ou mais contatos, acionadas por bobinas eletromagnéticas operadas por diferentes possíveis níveis de tensão, mais freqüentemente se utilizam bobinas operadas a $24V_{cc}$, mas também existem bobinas para tensão de trabalho de $220V_{ac}$ por exemplo. Os relés auxiliares possuem determinado número de contatos normalmente abertos (NA) e de contatos normalmente fechados (NF).



Figura 3.12. Simbologia para a bobina de relés

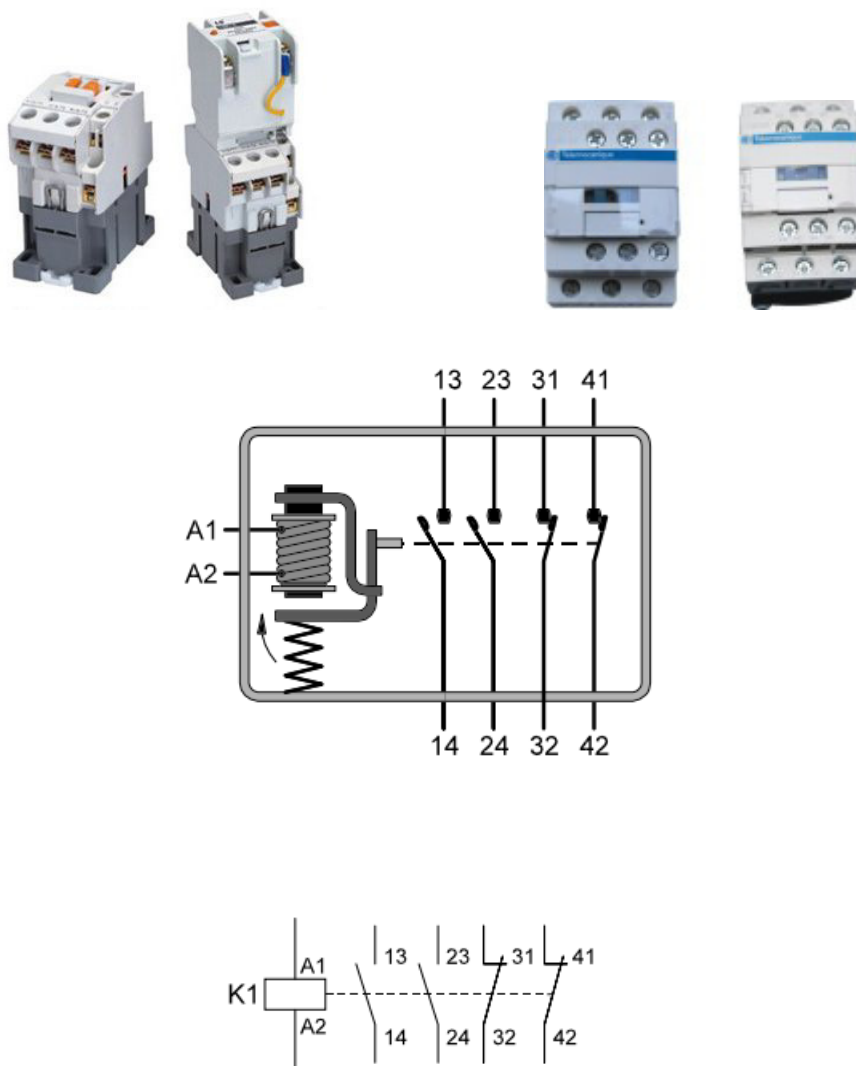


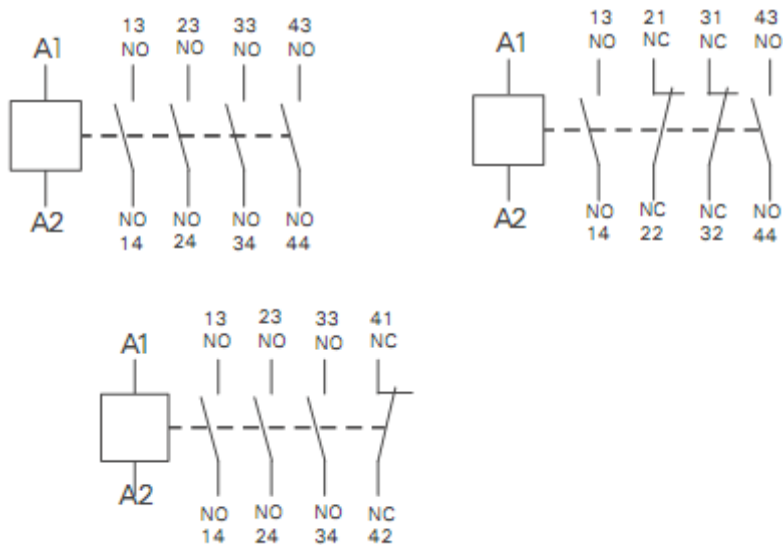
Figura 3.13. Simbologia para um relé auxiliar com bobina, 2 contatos NA e 2 contatos NF

Conforme se observa na ilustração anterior, os contatos auxiliares são referenciados por números com dois algarismos:

- algarismos da esquerda (dezena): indicam o número de ordem de cada contato do dispositivo
- 1 e 2 (algarismo da direita - unidade): contato normalmente fechado – NF ou NC (em inglês)
- 3 e 4 (algarismo da direita - unidade): contato normalmente aberto – NA ou NO (em inglês)

Ex: 13/14, 43/44 (NA) e 21/22, 31/32 (NF).

Os contatos da bobina de comando são referenciados por designação alfa-numérica, com a letra em primeiro lugar (ex. A1, A2).



Relés Auxiliares de Contatos Comutadores

Enquanto nos relés auxiliares a utilização fica limitada ao número especificado de contatos NA e NF, no relé de contatos comutadores podem-se empregar as mesmas combinações ou ainda qualquer outra combinação desejada.

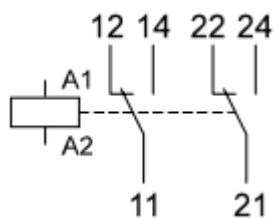


Figura 3.14. Simbologia para relé com contatos comutadores

Relés Temporizadores

Possuem um contato comutador acionado por uma bobina com retardo na energização ou na desenergização.



Figura 3.15. Simbologia para bobinas de operação com retardo

Contatores de potência

Os contatores de potência apresentam as mesmas de funcionamento dos relés auxiliares, sendo dimensionados para suportar correntes elétricas mais elevadas, empregadas na energização de dispositivos elétricos nos contatos principais.

Os contatos de potência são referenciados por números de um só algarismo, o lado superior dos contatos de números ímpares constitui a entrada (tetrapolar, tripolar ou bipolar) da alimentação, no lado inferior dos contatos pares conecta-se a saída de alimentação para a carga.

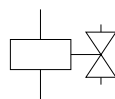




Figura 3.16. Simbologia para contadores de potência

Válvula Solenóide

Os solenóides são bobinas eletromagnéticas que, quando energizadas, geram um campo magnético capaz de atrair elementos com características ferrosas, comportando-se como um ímã permanente. As válvulas ditas solenóides são válvulas de ação ON-OFF, ou aberta e fechada, acionadas por uma bobina solenóide. São empregadas para manobras em linhas (tubulações) de gases, vapores ou líquidos.



Válvula Solenóide

Figura 3.17. Simbologia para válvulas solenóides

3.2 CIRCUITOS ELETRO-PNEUMÁTICOS

Nesta classe de circuitos lógicos de acionamento representam-se tantos os elementos (componentes) pneumáticos quanto os elétricos. Da mesma forma como nos circuitos puramente

pneumáticos, para os eletro-pneumáticos pode-se projetar segundo métodos intuitivos ou sistemáticos. A seguir são apresentados alguns circuitos eletro-pneumáticos projetados pelo método intuitivo.

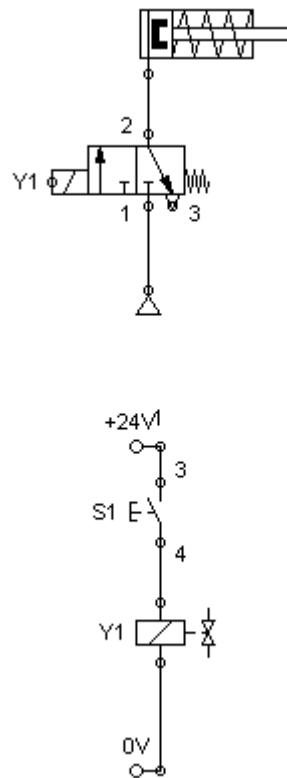


Figura 3.18. Circuito eletro-pneumático para o acionamento manual de um cilindro pneumático de simples ação

No circuito eletro-pneumático apresentado na figura 3.18, representam-se os componentes pneumáticos devidamente interconectados acima do circuito elétrico.

Energizado por uma fonte de tensão contínua de 24V representada por duas barras horizontais identificadas, o elemento botoeira NA S1 do circuito elétrico energiza a bobina da válvula solenóide Y1. Esta válvula é o elo de ligação entre ambos os circuitos, é responsável no circuito pneumático pela a pilotagem da válvula direcional de simples piloto e retorno por mola que comanda o cilindro de simples ação.

Nesta configuração, ao pressionar-se S1, o atuador pneumático avança. Tão logo o operador deixe de pressionar S1, o cilindro retornará para a posição de repouso (recuo).

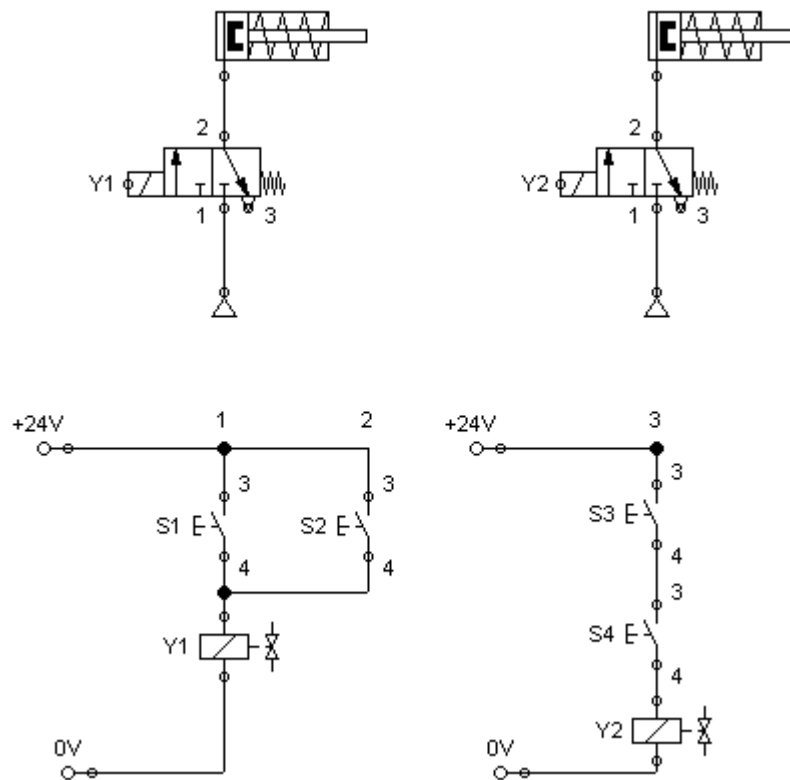


Figura 3.19. Circuitos eletro-pneumático para o acionamento manual de cilindros pneumáticos de simples ação por dois botões em lógica “OU” (circuito a) e em lógica “E” (circuito b)

Nos circuitos apresentados na figura 3.19, a lógica de acionamento é configurada através dos componentes elétricos. Uma lógica de acionamento do tipo “S1 OU S2” é apresentada na figura 3.19 (a) e uma lógica de acionamento “S3 E S4” é apresentada em 3.19 (b).

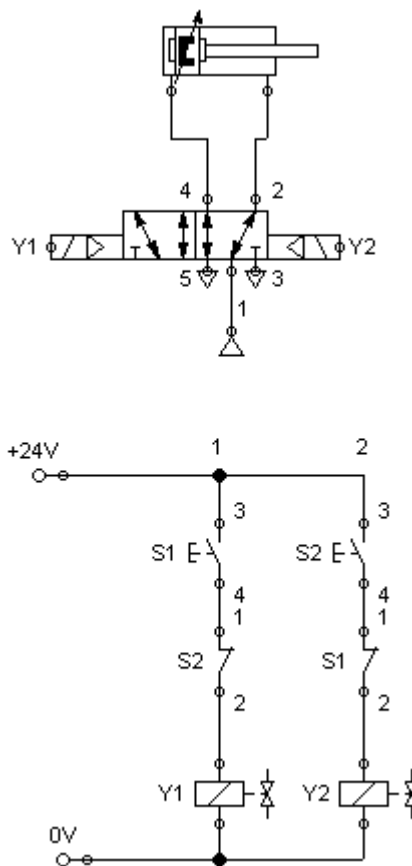


Figura 3.20. Circuito eletro-pneumático para o acionamento manual bidirecional de cilindro pneumático de dupla ação por dois botões com intertravamento

No circuito apresentado na figura 3.20, o cilindro pneumático é comandado por uma válvula direcional 5/2 com pilotagem por duplo solenóide. A solenóide Y1 responsável pelo avanço do cilindro é energizada por S1. Entretanto a energização de Y1 depende, além do acionamento de S1, do não acionamento de S2. Ou seja, se S2 estiver pressionado, então o circuito de acionamento de Y1 não pode ser fechado pois um contato S2 NF em série inibe o acionamento de Y1. A mesma restrição se configura para o acionamento de Y2 (retorno do cilindro) frente ao acionamento e S1.

Para este tipo de operação, diz-se que existe um intertravamento, ou seja, existem condições de operação que são indesejadas e, portanto, são inibidas por mecanismos dedicados.

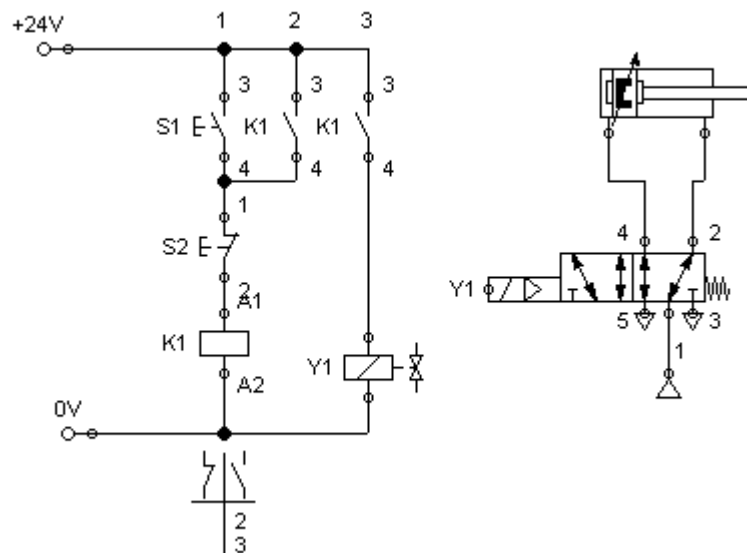


Figura 3.21. Circuito eletro-pneumático para o acionamento manual bidirecional de cilindro pneumático de dupla ação por dois botões pulsadores

No circuito apresentado na figura 3.21, quando pressionado S1, aciona-se o relé auxiliar K1 que por sua vez aciona a bobina solenóide Y1 de pilotagem da válvula pneumática direcional 5/2. A peculiaridade deste circuito é que, assim que o operador deixe de pressionar S1, Y1 continua energizado, pois o circuito elétrico em K1 permanece fechado pela linha 2 do circuito elétrico. Esta função recebe o nome de selo.

Para que o cilindro retorne, basta acionar o botão S2. Esta configuração é utilizada quando o acionamento do cilindro é efetuado por dois botões pulsadores S1 e S2 com as respectivas funções de AVANÇO e RETORNO.

Abaixo da linha 1 do circuito elétrico, existe um símbolo responsável por indicar em quais linhas do circuito existem contatos NF e NA do relé auxiliar cuja bobina é acionada na linha em questão (1). No caso apresentado, existem contatos K1 NA nas linhas 2 e 3 e nenhum contato NF de K1.

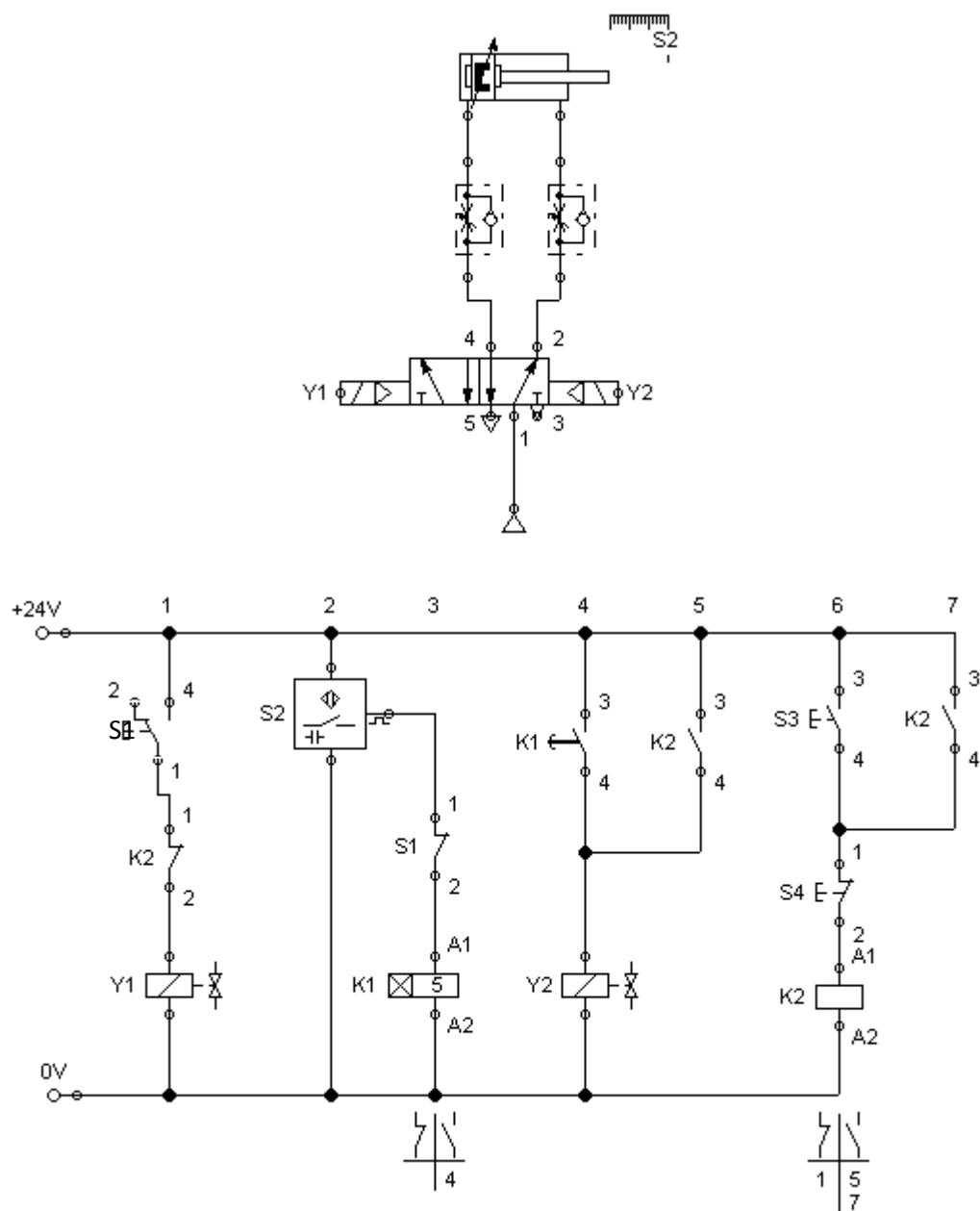


Figura 3.22. Circuito eletro-pneumático para o acionamento temporizado de cilindro pneumático de dupla ação e função de segurança

No circuito apresentado na figura 3.22, o avanço do cilindro é iniciado pelo acionamento do botão S1 na linha 1. Ao atingir o fim de seu curso, o sensor de proximidade capacitivo S2 ativa a bobina com retardo de energização K1 desde que S1 já não mais esteja pressionado. Após 5 segundos o contato K1 na linha 4 se fecha e o cilindro retorna pela pilotagem de Y2.

As linhas 6 e 7 realizam a função de segurança. Quando o operador pressiona S3, a energização selada de K2 provoca o retorno imediato do cilindro pela linha 5 e a inibição do botão de início de ciclo S1 na linha 1. A desativação do retorno automático por S3 é dada pelo acionamento de S4.

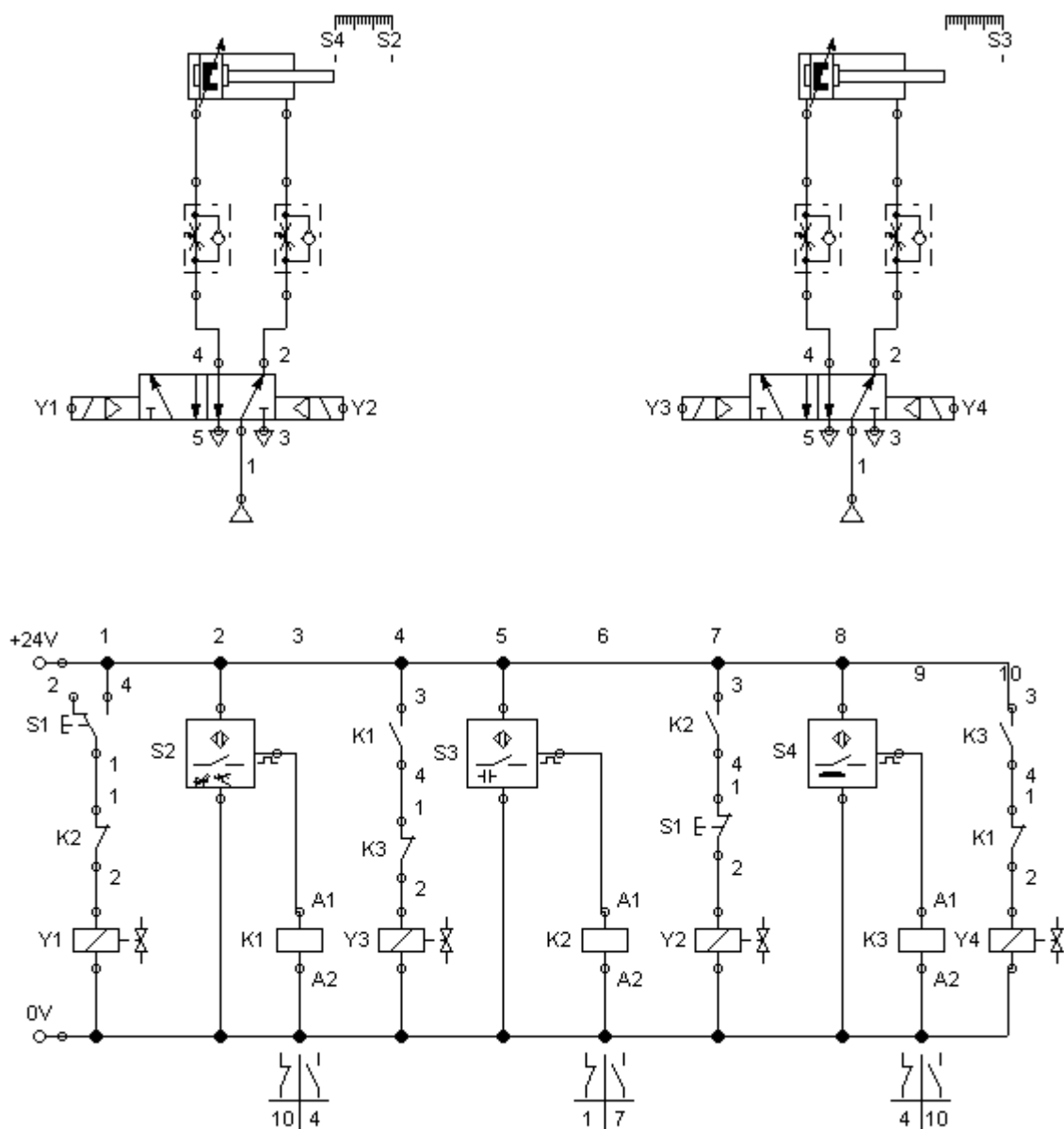


Figura 3.23. Circuito eletro-pneumático para o acionamento temporizado de cilindro pneumático de dupla ação e função de segurança

No circuito apresentado na figura 3.23, considerando-se o cilindro pneumático da esquerda como “A” e o cilindro da direita como “B”, então a seqüência de operação é A+ B+ A- B-. Deve-se notar

que as linhas do circuito elétrico são energizadas em ordem crescente, ou seja, da linha 1 à linha 10 em função da ativação sucessiva das chaves de fim de curso.

Algumas regras são recomendadas para uma melhor representação do circuito de comando elétrico:

- O barramento elétrico de $+24V_{cc}$ deve sempre ser uma barra horizontal posicionada na parte superior do circuito,
- O barramento elétrico de 0V deve sempre ser uma barra horizontal posicionada na parte inferior do circuito,
- As chaves devem ser posicionadas acima das bobinas de relés,
- As bobinas de relés devem ser posicionados imediatamente acima do barramento de 0V,
- Não é possível a conexão de bobinas de relés em série, pois a tensão disponível para cada não seria a tensão de $24V_{cc}$ do barramento de alimentação,
- Todos os elementos de uma conexão vertical devem ser desenhados alinhadamente,
- A distância entre conexões verticais deve ser mantida e de um valor adequado.
- Para uma melhor organização do circuito, salvo exceções como os circuitos com mecanismos de parada forçada, em operação normal as linhas devem ser energizadas sucessivamente em ordem crescente, como no circuito da figura 3.23.

Pela semelhança que a figura indicada tem com uma escada, estes diagramas são chamados de *Ladder*. Eles descrevem a lógica do sistema e também são utilizados como documentação do projeto para a montagem dos armários.

Um sistema de controle baseado em relés pode conter, facilmente, de dezenas a milhares de relés. Os relés e os cabos necessários para a interligação dos mesmos são acondicionados em armários (painéis).

Os relés apresentam um custo considerável e exigem um tempo elevado para a interligação elétrica, sendo que o custo total de um sistema de controle baseado em relés é determinado pelo número de relés utilizados. Em grandes plantas, o número limitado de contatos disponíveis para os componentes (relés, sensores e atuadores) representa normalmente uma dificuldade a mais no projeto de engenharia.

A experiência mostra que é fácil implementar um sistema com poucos relés, mas quando a complexidade aumenta, é necessário que os engenheiros sejam experientes e utilizem um método sistemático de projeto.

Uma característica positiva desta técnica de controle está na descentralização do controle em um grande número de relés. Como estes elementos são de natureza eletromagnética, possuem vida útil limitada. Portanto estes sistemas necessitam de manutenção contínua. Outra desvantagem é o tempo gasto para alterações na lógica de um sistema existente. Desta forma se compreende que os sistemas baseados em relés são viáveis em projetos com poucas entradas e saídas ou em plantas com elevado nível de interferência elétrica, onde computadores e controladores digitais não podem ser utilizados.

EXERCÍCIO

Resolver os exercícios 2.1 ao 2.29 com circuitos eletro-pneumáticos com exceção dos exercícios 2.18, 2.20, 2.22 e 2.24.