

Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado de São Paulo
Unidade Descentralizada de Sertãozinho
Apostila de Pneumática e Eletro-pneumática

© Whisner Fraga Mamede
(Doutor em engenharia mecânica, USP, 2003, professor do CEFET-SP)

Agosto de 2008
Terceira edição – revista e ampliada.

Proibida a reprodução parcial ou total sem a prévia autorização por escrito do autor. Apostila com registro na Biblioteca Nacional. Todos os direitos reservados.

Objetivos

Esta apostila tem como objetivo principal auxiliar o aprendizado do estudante da área de automação industrial, no que diz respeito ao campo da pneumática. Os poucos livros disponíveis no mercado, além de caros, não são de fácil compreensão. Pensando nisso, resolvi elaborar um texto mais claro e objetivo, na esperança de contribuir com um ensino mais rápido e eficiente. Os exemplos contidos aqui funcionariam melhor em conjunto com algum software de programação (para a confecção deste texto foi utilizado o FluidSim 3.6, da Festo, mas existem outros simuladores pneumáticos que poderiam ser usados, como o Pneusim e o Automation Studio) ou com uma bancada didática. Para os professores que desejarem repassar esta apostila para seus alunos ou copiar algum tópico, agradeceria se entrassem em contato comigo (whisnerfraga@gmail.com) para que sejam evitados aborrecimentos futuros.

Introdução

A pneumática é a ciência que utiliza o ar como fluido que realiza um trabalho. Desta maneira, em Pneumática Industrial, o que ocorre é uma transformação da energia pneumática em energia mecânica por meio de elementos de trabalho. Os principais elementos de trabalho são os cilindros, ou atuadores, e as válvulas.

O ar é produzido por compressores, tratado por um componente chamado Lubrefil (Lubrificante, Filtro e Regulador de Pressão) e distribuído por intermédio de redes pneumáticas. Não é objetivo desta apostila tratar destes tópicos.

Uma vez na rede, o ar é direcionado pelas válvulas para que os cilindros possam realizar seus movimentos lineares ou rotativos. As válvulas que direcionam o ar para os cilindros são conhecidas como “válvulas direcionais”.

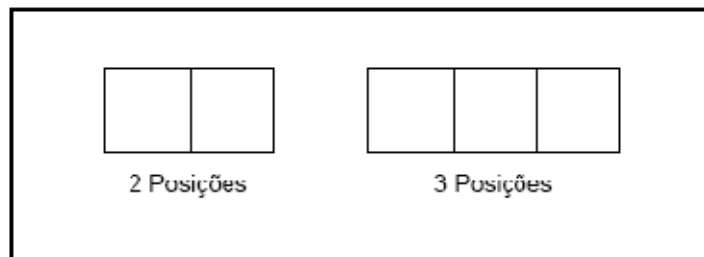
Válvulas direcionais

Para se traçarem circuitos pneumáticos, as válvulas ganham representações esquemáticas, que pretendem simular seu funcionamento interno, pouco tendo a ver, portanto, com seu princípio construtivo.

As válvulas direcionais são sempre representadas por um retângulo.

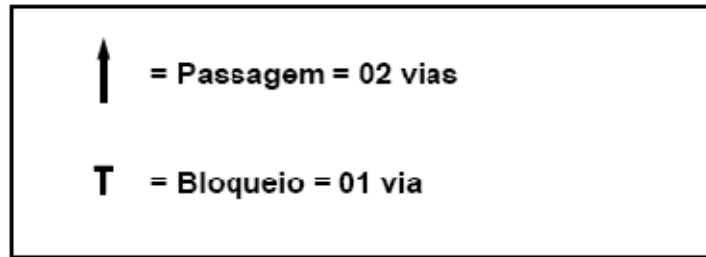
- Este retângulo é dividido em quadrados.

- O número de quadrados representados na simbologia é igual ao número de posições da válvula, representando a quantidade de movimentos que executa através de acionamentos.



O número de vias é a quantidade de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas como vias a conexão de entrada de pressão, conexões de utilização e as de escape.

Para fácil compreensão do número de vias de uma válvula de controle direcional podemos também considerar que:



Identificação das vias pneumáticas

As principais normas seguidas no Brasil, que dizem respeito à identificação das vias pneumáticas são a alemã DIN (Deutsche Normen) 24300 e a americana ISO (International Organization for Standardization) 1219 (partes I e II).

Orifício Norma DIN 24300	Norma ISO 1219					
Pressão	P			1		
Utilização	A	B	C	2	4	6
Escape	R	S	T	3	5	7
Pilotagem	X	Y	Z	10	12	14

Tabela 1 – Identificação das vias pneumáticas

Assim, sejam as válvulas e as vias identificadas:

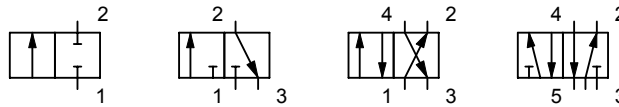


Figura – Identificação das vias de válvulas 2/2 vias, 3/2 vias, 4/2 vias e 5/2 vias

Os números relacionados à norma ISO 1219 significam:

Nº 1 - alimentação: orifício de suprimento principal (pressão).

Nº 2 - utilização, saída: orifício de aplicação em válvulas de 2/2, 3/2 e 3/3.

Nºs 2 e 4 - utilização, saída: orifícios de aplicação em válvulas 4/2, 4/3, 5/2 e 5/3. A via 4 normalmente faz o avanço e a 2 o retorno do cilindro.

Nº 3 - escape ou exaustão: orifícios de liberação do ar utilizado em válvulas 3/2, 3/3, 4/2 e 4/3.

Nºs 3 e 5 - escape ou exaustão: orifício de liberação do ar utilizado em válvulas 5/2 e 5/3.

Os orifícios de pilotagem são identificados da seguinte forma: 10, 12 e 14. Estas referências baseiam-se na identificação do orifício de alimentação 1.

Nº 10 - indica um orifício de pilotagem que, ao ser influenciado, isola, bloqueia, o orifício de alimentação.

Nº 12 - liga a alimentação 1 com o orifício de utilização 2, quando ocorrer o comando.

Nº 14 - comunica a alimentação 1 com o orifício de utilização 4, quando ocorrer a pilotagem.

Já a norma DIN 24300 usa uma forma literal para a identificação das vias. As letras representam:

Linha de trabalho (utilização): **A, B, C**

Conexão de pressão (alimentação): **P**

Escape ao exterior do ar comprimido utilizado pelos equipamentos pneumáticos (escape, exaustão): **R,S,T**

Drenagem de líquido: **L**

Linha para transmissão da energia de comando (linhas de pilotagem): **X,Y, Z**

Os escapes são representados também pela letra E, seguida da respectiva letra que identifica a utilização (normas N.F.P.A.).

Exemplo :

EA - significa que os orifícios em questão são a exaustão do ponto de utilização A.

EB - escape do ar utilizado pelo orifício B.

A letra D, quando utilizada, representa orifício de escape do ar de comando interno.

Numeração dos componentes pneumáticos, de acordo com a norma ISO 1219

- Designação numérica

0Z1, 0Z2 etc.	Unidades de fornecimento de pressão
1A, 2A etc.	Componentes de potência (cilindros)
1V1, 1V2 etc.	Elementos de controle
1S1, 1S2 etc.	Elementos de entrada (válvulas atuadas manualmente ou mecanicamente)

- Designação alfabética

1A, 2A etc.	Componentes de potência
1S1, 2S1 etc.	Fins-de-cursos ativados na posição de recuo dos cilindros 1A e 2A
1S2, 2S2 etc.	Fins-de-cursos ativados na posição de avanço dos cilindros 1A e 2A

As válvulas 3/2 vias

Toda válvula deve ser pilotada em seus dois lados, esquerdo e direito, ou seja, deve ser possível se alcançar suas duas (ou mais) posições. Uma válvula com uma única posição não seria uma válvula e sim uma conexão. Na válvula representada pela Figura 1, pode-se perceber a pilotagem em ambos os lados. No lado esquerdo, por meio de um pino e no lado direito, por meio de uma mola. Assim é que, ao se pressionar o pino, a posição representada pelo primeiro quadrado no esquema simbólico é alcançada. Para que a válvula retorne para sua segunda posição, representada pelo segundo quadrado, é necessária a existência da mola. Há diversas maneiras de se fazer uma pilotagem: manual (utilizando botões pulso, trava, manivela), mecânica (usando pinos, roletes), pneumática (utilizando uma via de passagem de ar) e elétrica (por meio de solenóides).

A Figura 1 apresenta uma válvula 3/2 vias avançada por pino e retornada por mola, em corte.

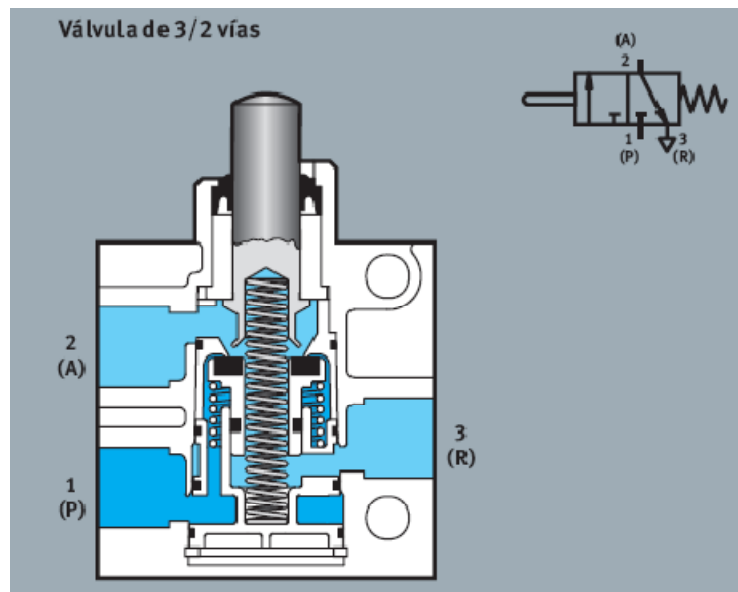


Figura 1 – Válvula 3/2 vias (Cortesia Festo)

No desenho apresentado na Figura 1 pode ser facilmente visto que o ar que chega na via 1 não é distribuído para nenhuma outra via, o que está de acordo com a representação simbólica da válvula. Já as vias 2 e 3 inicialmente estão se comunicando, o que também está de acordo com a representação. Quando o pino é pressionado para baixo, a mola se comprime e o batente que evitava a passagem de ar para a via 2 se abre, permitindo agora que o ar chegue até a via 2. Diz-se que a válvula foi pilotada mecanicamente, chegando à segunda posição da válvula. Em consequência, isola-se a via 3, o que está conforme a representação simbólica da válvula. É sempre bom lembrar que a mola é chamada de reposição porque, quando não houver mais uma força mecânica empurrando o eixo e vencendo sua resistência, ela será responsável pelo retorno do eixo à sua posição original. Na Figura 1 pode ser visto ainda que todas as vias são definidas segundo as normas ISO e DIN. É importante que o aluno se acostume a nomear todas as vias, porque isso facilita enormemente a montagem de circuitos pneumáticos na prática. Alguns *softwares*, como o Fluidsim, já fazem automaticamente esta numeração. Ainda recordando, a via 1 ou P é chamada via de pressão, a 2 ou A via de utilização e a 3 ou R é uma vida de escape. A Figura 2 apresenta uma foto de uma válvula 3/2 vias. Como pode ser percebido, há um logotipo no qual está escrito “Festo didactic”. A Festo é um dos maiores fabricantes de componentes pneumáticos do mundo e será freqüentemente citada nesta apostila, pois a escola e as indústrias da região trabalham principalmente com componentes deste fabricante.

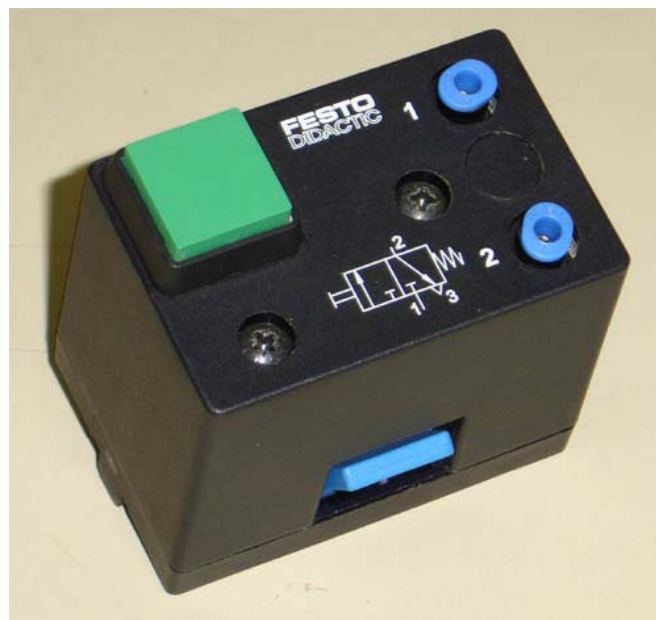


Figura 2 – Válvula 3/2 vias botão pulso/mola

As válvulas 5/2 vias

Por meio das Figuras 1 e 3, pode ser percebido que quem faz a mudança de uma posição para outra é um eixo. Se este eixo é empurrado para a direita, tem-se acesso a uma posição da válvula (ou seja, o ar é direcionado para um determinado lugar) e se deslocado para a esquerda tem-se acesso a outra posição da válvula (ou seja, o ar é direcionado para outro lugar). A Figura 3 apresenta uma válvula 5/2 vias que é pilotada em ambos os lados (esquerdo e direito) pelo ar. Esta válvula é conhecida como 5/2 vias duplo piloto. Pode ser percebida mais facilmente agora a importância da nomenclatura correta das vias, já que a quantidade delas aumentou consideravelmente. Se o eixo é pilotado para o lado esquerdo por meio da via 14, ela permanecerá nesta posição até que seja enviado ar para a via 12, de modo que ele retorne para o lado direito. Diz-se que a válvula mantém a posição do último acionamento e por isso as válvulas duplo piloto são também conhecidas como “Válvulas memória”, ou seja, memorizam o último acionamento. Diferentemente das válvulas com reposição por mola, que sempre fazem com que o eixo retorne à sua posição inicial. Na Figura 3, pode ser percebido que o ar está passando da via 1 para a via 2, significando que a válvula está na posição 2, ou seja, no quadrado da direita. Ao ser pilotada pela via 12, pode-se perceber que o ar passará da via 1 para a via 4. A válvula está na posição 1, representada pelo quadrado da esquerda.

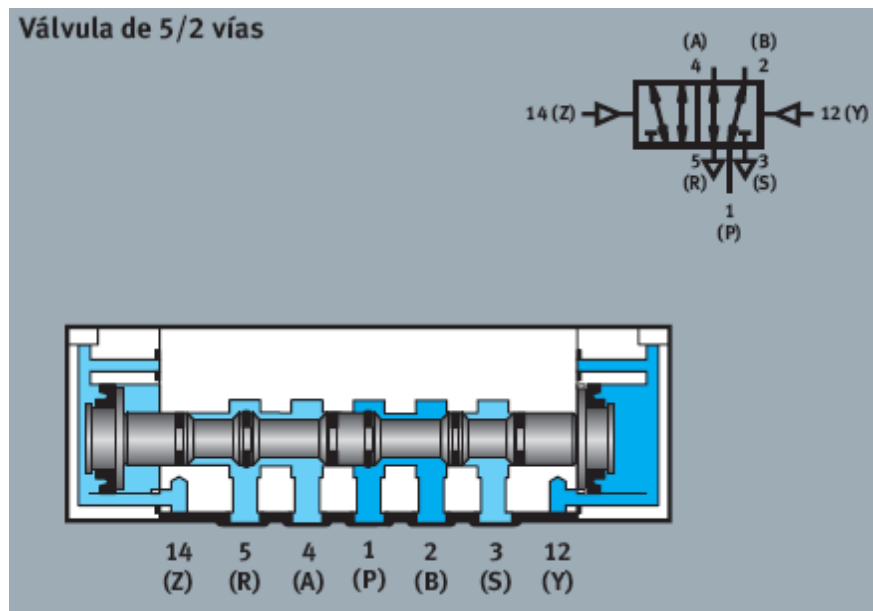


Figura 3 – Válvula 5/2 vias duplo piloto (Cortesia Festo)

O ar que chega às vias 2 ou 4, na Figura 3, são utilizados, por exemplo, para deslocar um cilindro para a esquerda ou para a direita. Existem dois tipos principais de cilindros, os de simples e os de dupla ação e ambos podem ser deslocados com esta válvula. A válvula é simplesmente um dispositivo responsável pelo direcionamento do ar. Ora o ar vem da via 1 para a 2 e em outro momento da via 1 para a via 4, bastando para tanto deslocar o carretel principal.

É importante ressaltar que, de acordo com a Figura 3, a via 1 não tem nenhuma relação com a via 12 ou 14, embora o ar que passa por estas vias provenha do mesmo compressor, do mesmo gerador de ar sob pressão. Ao relacionar a válvula em corte com seu símbolo, chega-se à conclusão que a mudança de uma posição para outra se dá devido ao deslocamento do eixo principal. Este deslocamento, reforçando, no caso desta válvula duplo piloto, é feito por tomadas de ar – vias 12 e 14.

A Figura 4 apresenta uma foto de uma válvula 5/2 vias duplo piloto.



Figura 4 – Válvula 5/2 vias duplo piloto

Os cilindros de simples ação

A Figura 5 apresenta um cilindro de simples ação.

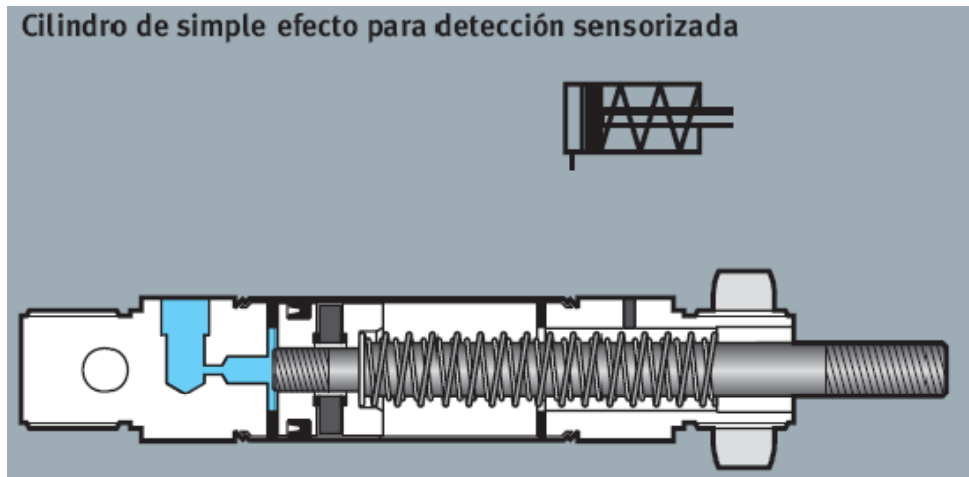


Figura 5 – Desenho e representação simbólica de um cilindro de simples ação (Cortesia Festo)

O atuador da Figura 5 possui somente uma via de passagem de ar, conhecida como via de avanço. O retorno do cilindro é feito por meio de uma mola. Assim que a passagem de ar for interrompida, a mola fará com que o atuador retorne à sua posição original. Estes cilindros são mais utilizados em conjunto com válvulas 3/2 vias, que possuem somente uma via de utilização, como será ilustrado adiante.

Os cilindros de dupla ação

A Figura 6 apresenta um desenho de um cilindro de dupla ação.

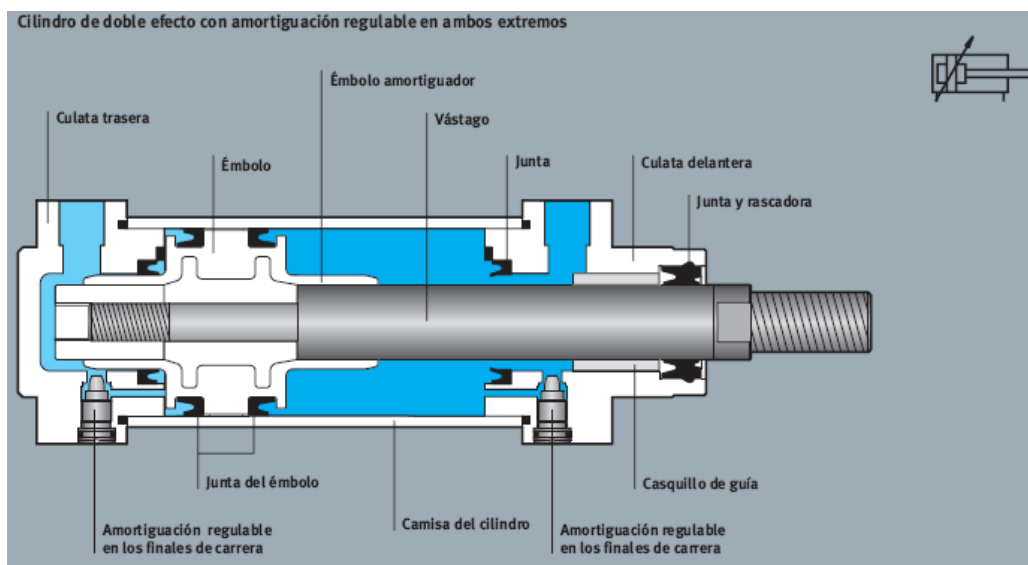


Figura 6 – Cilindro de dupla ação com amortecimento no fim de curso (Cortesia Festo)

No atuador representado na Figura 6 pode-se perceber a existência de duas vias, uma responsável pelo avanço do cilindro e outra por seu retorno. Estes cilindros são comumente utilizados em conjunto com válvulas 5/2 vias, que possuem duas saídas de ar para utilização, como foi mostrado anteriormente.

Para se fazer o avanço e retorno deste cilindro são necessárias duas tomadas de ar, uma no avanço, que preencherá a câmara de avanço e outra de retorno, que preencherá a câmara de retorno. Entretanto, tal avanço e retorno podem ser feitos de várias maneiras, utilizando válvulas 3/2 vias, uma no avanço e outra no retorno, utilizando uma válvula 4/2 vias ou 5/2 vias ou mesmo 5/3 vias, dependendo das necessidades do projeto, ou da máquina, ou do processo que se deseja automatizar. Aliás, nesta mesma linha, não se pode dizer que uma válvula 3/2 vias foi projetada exclusivamente para movimentar cilindros de simples ação. Tampouco pode-se afirmar que uma válvula 5/2 foi desenhada exclusivamente para a movimentação de cilindros de dupla ação.

A Figura 7 apresenta a foto de um cilindro de dupla ação.



Figura 7 – Cilindro de dupla ação

Circuitos pneumáticos

Um dos circuitos mais básicos de pneumática pode ser construído com um cilindro de simples ação e uma válvula 3/2 vias acionada por um botão e retornada por mola, conforme ilustra a Figura 8. O comando é dito direto porque assim que for pressionado o botão pulso da válvula 3/2 vias, o ar é liberado diretamente para o cilindro, para que ele avance, sem a necessidade de uma outra válvula intermediária.

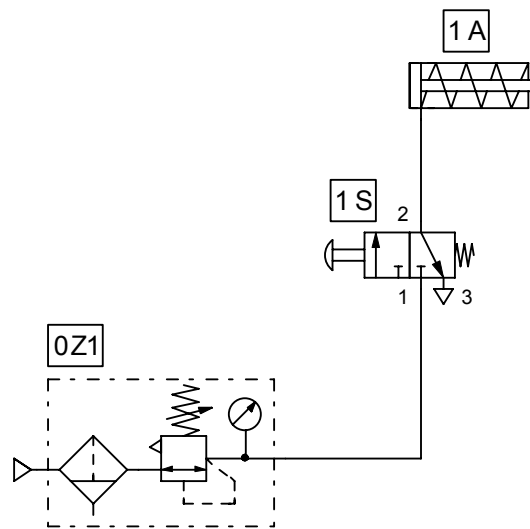


Figura 8 – Atuação de um cilindro de simples ação

O funcionamento deste circuito é simples: ao pressionarmos o botão pulso 1S, a válvula 3/2 vias é pilotada, fazendo com que o ar alimente a câmara de entrada do cilindro. A força desse ar vence a força de resistência da mola e o cilindro continua avançando até o fim de seu curso **ou** até que o botão da válvula esteja pressionado. Se retirarmos o dedo do botão, a mola presente na válvula fará com que ela retorne à sua posição original, impedindo a passagem de ar para o cilindro. Sem ar na câmara de alimentação, a mola fará com que o atuador retorne à sua posição original.

Se construirmos um circuito com comando indireto, tal problema poderá ser resolvido. Neste novo diagrama pneumático, uma válvula 3/2 vias, acionada por botão e retornada por mola, pilota uma válvula 3/2 vias duplo piloto, o que garante que o cilindro de simples ação chegue até o final de seu curso. O retorno do cilindro pode ser feito por meio de uma outra válvula 3/2 vias acionada por botão e retornada por mola ou então por um fim-de-curso do tipo rolete, conforme pode ser visto nas Figuras 9 e 10, respectivamente.

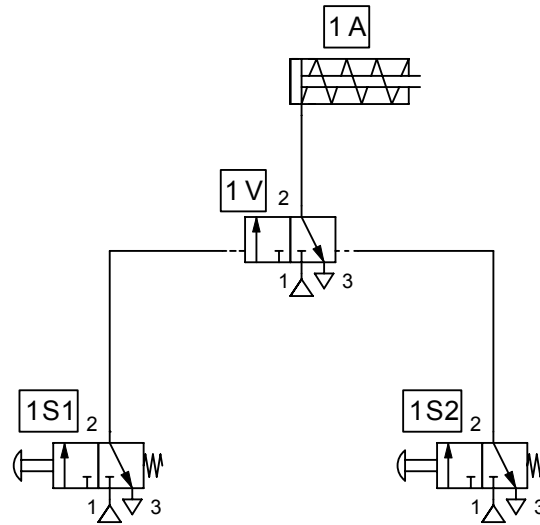


Figura 9 – Circuito de pilotagem de um cilindro de simples ação

O cilindro da Figura 9 avançará quando pressionado o botão pulso 1S1 e continuará avançando até que seja pressionado o botão 1S2, usado para que o cilindro retorne para sua posição inicial.

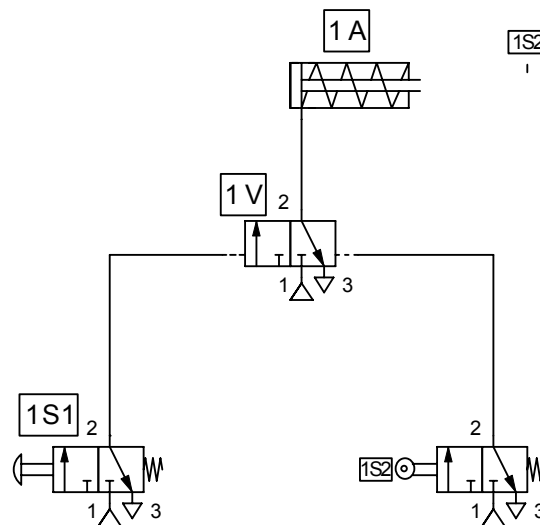


Figura 10 – Ciclo único de um cilindro de simples ação usando uma válvula 3/2 vias

Neste último caso, quando o cilindro (atuador) chegar ao final de seu curso, irá acionar mecanicamente o rolete 1S2, da válvula 3/2 vias rolete/mola, não havendo necessidade da intervenção do operador para o retorno do cilindro. A válvula 1S2

pilotará o lado direito da válvula 1V, de modo que cesse a alimentação de ar para o cilindro 1A.

Pode-se perceber que, no caso de um atuador de simples ação, é normal a utilização de uma válvula 3/2 vias, que possui somente uma via de utilização de ar. O cilindro de simples ação necessita de ar somente para seu avanço, o retorno pode ser realizado por meio da mola em seu interior. Entretanto, não há nada que impeça o operador de utilizar uma válvula 5/2 vias ou uma 4/2 vias. Evidentemente, estará ciente que desperdiça uma via, a de retorno. Em caso de urgência, por exemplo, numa fábrica em que há abundância de válvulas 5/2 vias para reposição e escassez de válvulas 3/2 vias, pode-se recorrer a tal artifício, transformando uma válvula 5/2 vias duplo piloto em uma 3/2 vias duplo piloto, tampando-se uma das vias de utilização, conforme pode ser visto na Figura 11.

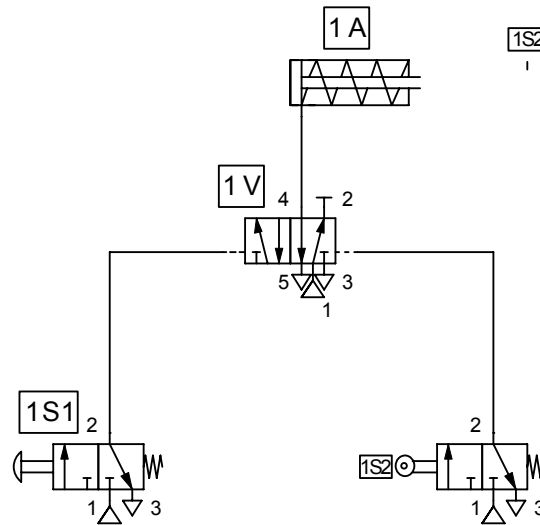


Figura 11 - Ciclo único de um cilindro de simples ação usando uma válvula 5/2 vias

Utilizando-se atuadores de dupla ação, há a necessidade de envio de ar para a câmara que faz o avanço do cilindro e depois para a câmara de retorno. Tal fornecimento de ar pode ser feito por duas válvulas 3/2 vias ou por uma única válvula 5/2 vias. No circuito da Figura 12, uma válvula 3/2 vias botão/mola é utilizada para se fazer o avanço do cilindro e outra idêntica para seu retorno. Enquanto estiver sendo fornecido ar para o atuador, ele continuará avançando. O avanço é interrompido, portanto, assim que o botão for desacionado (ou seja, quando o operador retirar o dedo da válvula 1S1). Para que o cilindro retorne há a necessidade de se pressionar o botão da válvula 1S2, conforme pode ser visto na Figura 12.

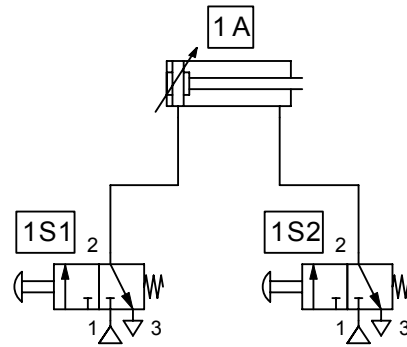


Figura 12 – Avanço e retorno de um cilindro de dupla ação

O próximo circuito utiliza um atuador de dupla ação e uma válvula 5/2 vias botão trava/mola. Aqui o cilindro avançará assim que o botão for pressionado e continuará avançando até o fim de seu curso, a menos que o operador pressione novamente o botão trava, fazendo com que a válvula 5/2 volte à sua posição original, fornecendo ar para o retorno do cilindro. Pode-se perceber, portanto, que para o retorno do atuador, o botão trava deve ser destravado.

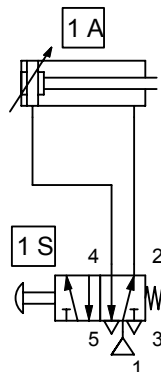


Figura 13 – Avanço e retorno de um cilindro de dupla ação

O avanço de um cilindro de dupla ação pode ser comandado de dois lugares diferentes, ou seja, dois botões-pulso podem ser posicionados em câmaras distintas e efetuarem a mesma operação, conforme ilustra a Figura 14. Para tanto se utiliza uma válvula “OU”. O retorno deverá ser feito por meio de uma válvula 3/2 vias botão/mola.

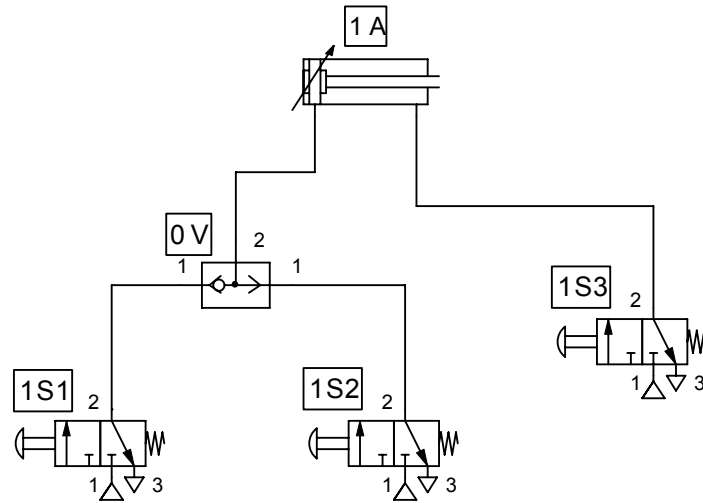


Figura 14 – Um cilindro de dupla ação pode ser acionado de dois lugares distintos

O comando do atuador da Figura 14 é conhecido como **direto**, porque o ar é enviado do botão pulso diretamente para as câmaras do cilindro, sem a necessidade das válvulas direcionais.

A Figura 15 apresenta um desenho em corte de uma válvula “OU”.

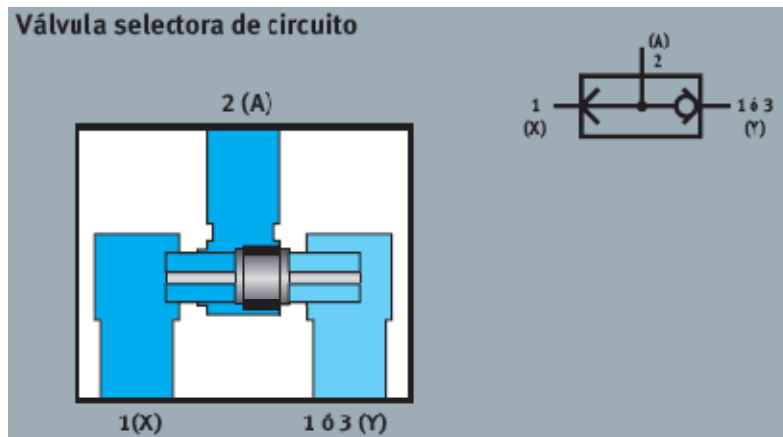


Figura 15 – Válvula “OU”

Na Figura 15, o ar que passa pela via 1 ou X, desloca o pequeno êmbolo para a direita, de modo que a passagem de ar da via 3 ou Y para a via 2 ou A seja tampada e o ar passe para a via 2 ou A, de utilização, para que efetue algum trabalho. Da mesma maneira, se o ar passar pela via 3 ou Y, o êmbolo será deslocado para a esquerda, de modo que a passagem de ar da via 1 ou X para a via 2 ou A seja impedida. Esta válvula é conhecida como “OU” porque o ar passará para a via 2 se vier tanto da via 1 OU da via

3. Caso o ar venha simultaneamente para as vias 1 e 3, o ar passará normalmente para a via 2.

Entretanto, o circuito mais comum é aquele que faz um ciclo inteiro sem a necessidade de intervenção do operador, ou seja, o retorno do cilindro após atingir o final de seu curso é realizado automaticamente por algum componente no próprio circuito. Este componente é um fim-de-curso, que pode ser do tipo rolete ou do tipo sensor. A Figura 16 ilustra um circuito desse tipo. Como há a necessidade de uma válvula direcional, que direciona o ar para o atuador, chamamos tal comando de **indireto**.

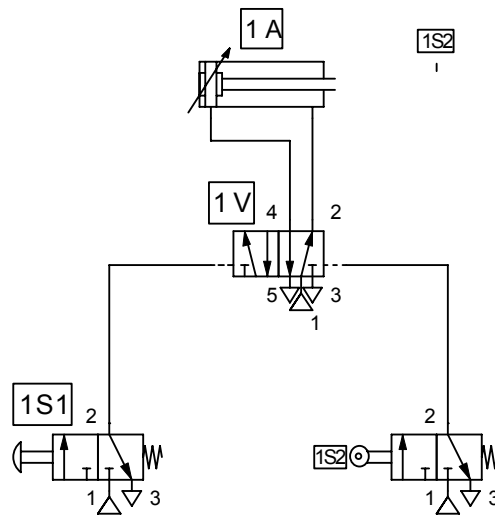


Figura 16 – Ciclo único de um cilindro de dupla ação, comando indireto

O diagrama pneumático da Figura 16 ilustra um ciclo único de um cilindro de dupla ação. E se quiséssemos um atuador que realize um ciclo contínuo ilimitado? A solução seria simplesmente substituir a válvula 3/2 vias botão pulso/mola por uma válvula 3/2 vias botão trava/mola? Veja esta solução apresentada na Figura 17. É importante ressaltar que mesmo que o botão pulso seja despressionado antes que o atuador alcance o final de seu ciclo, o cilindro continuará avançando, uma vez que a válvula direcional 5/2 vias duplo piloto, uma vez fornecido ar para uma de suas pilotagens, permanece nesta posição. Por isso é também conhecida como “**válvula memória**”, já que memoriza o último acionamento.

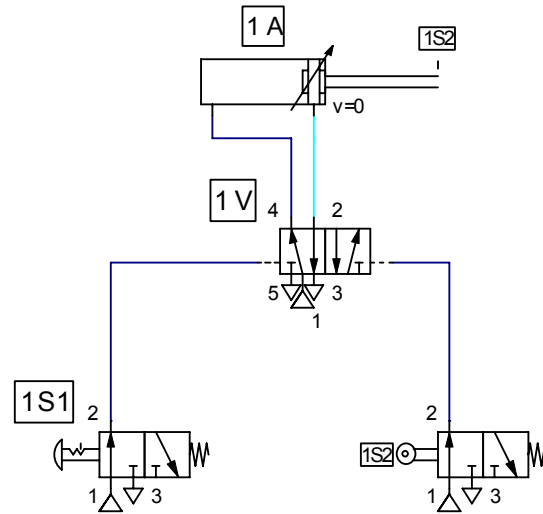


Figura 17 – Diagrama incorreto de um atuador de dupla ação realizando ciclo contínuo – circuito simulado em funcionamento

No circuito da Figura 17, o cilindro não realizará um ciclo contínuo ilimitado. Ao pressionarmos o botão trava da válvula 1S1, ela pilotará a válvula direcional 5/2 vias, que fará com que o atuador avance. Ao chegar ao final de seu ciclo, pressionará a válvula 1S2, que enviará ar para o retorno da válvula direcional. Entretanto, a válvula 1.2 ainda está acionada, enviando ar no sentido contrário, o que faz com que a válvula 5/2 vias permaneça parada e conseqüentemente com que o cilindro não retorne. É necessário, portanto, que seja adicionado um componente, que retire o ar que pilote a válvula direcional 5/2 vias pela esquerda quando o cilindro chegar ao fim de seu curso e acionar 1.3, para evitar o que chamamos de **contrapressão**. Tal circuito é ilustrado na Figura 18.

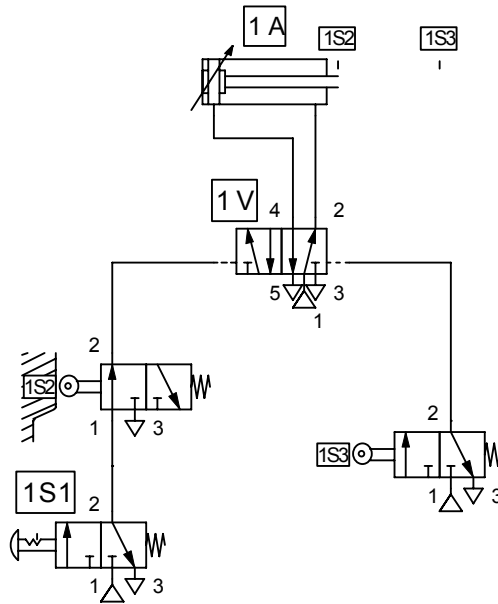


Figura 18 – Ciclo contínuo ilimitado de um cilindro de dupla ação

No circuito da Figura 18, a válvula 3/2 vias rolete/mola 1S2, responsável pelo avanço do cilindro está em contato com o atuador, como pode ser visto pela área hachurada do lado do rolete, o que permite a passagem de ar quando for pressionado o botão trava da válvula 3/2 vias 1S1, pilotando desta forma a válvula direcional e permitindo o avanço do atuador. Assim que o cilindro partir, a válvula 1S2 não estará mais em contato com o cabeçote do cilindro, retornando, portanto, à sua posição original (que é Normalmente Fechada – NF), como pode ser percebido por meio da Figura 19.

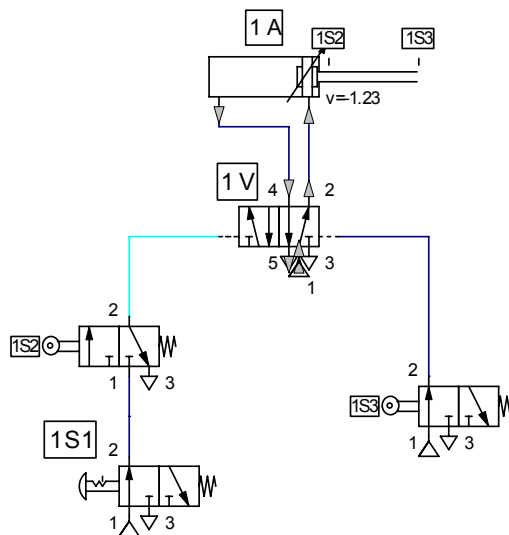


Figura 19 – Ciclo contínuo ilimitado de um cilindro de dupla ação

De acordo com a Figura 19, quando o cilindro atingir a válvula 1S3, liberando o ar para a pilotagem direita da válvula direcional 5/2 vias, não haverá mais ar pilotando o lado esquerdo da válvula, permitindo que a válvula direcional retorne à sua posição original e que o cilindro recue, completando o ciclo. O ciclo será reiniciado automaticamente quando o atuador recuar completamente, pressionado o rolete da válvula 1S2, permitindo novamente a pilotagem esquerda da válvula direcional, formando o ciclo contínuo.

Aqui se torna necessária uma pausa para que se possa explicar a numeração das válvulas. Desde o circuito da Figura 16 que o leitor passou a conviver com os números 1S2 E 1S3. Mas o que significam? A numeração das válvulas é importante para que se possam relacionar os números que ficam ao lado do cilindro com as válvulas que estão no circuito, pilotando outras válvulas. Na Figura 18, é a forma de se saber que a designação 1S3 no fim do curso do cilindro corresponde à válvula da direita, que pilota o retorno da válvula direcional 5/2 vias. Esta numeração segue uma regra, que foi apresentada em tabelas nos itens anteriores. Ao final da apostila será explicado brevemente como seria a numeração de válvulas seguindo a norma DIN24300.

Suponhamos agora que, num ciclo contínuo, desejemos que o cilindro permaneça avançado durante 5 segundos. Há a necessidade da inserção de uma válvula temporizadora no circuito, conforme pode ser visto na Figura 20.

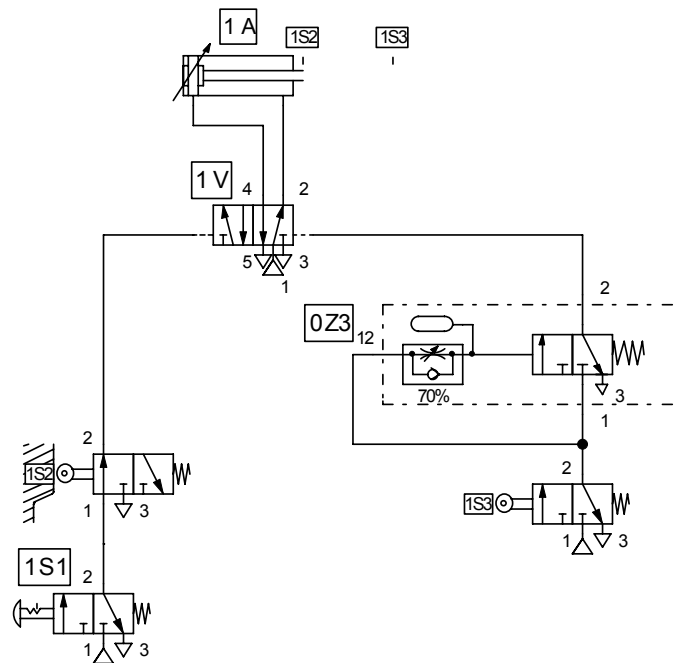


Figura 20 – Ciclo contínuo, o cilindro permanece avançado durante cinco segundos

O princípio construtivo de uma válvula temporizadora pode ser visto no apêndice, ao final desta apostila.

No diagrama pneumático da Figura 20, a válvula 3/2 vias rolete/mola 1S3 não liberará o ar para pilotar diretamente a válvula direcional 5/2 vias. Antes, o ar irá para uma válvula temporizadora, que liberará o ar para pilotagem após um certo tempo.

No circuito da Figura 21, foi inserido no ciclo contínuo um botão de emergência, que faz com que o cilindro retorne imediatamente, não importa qual sua posição. E após este retorno, não é possível que se reinicie o ciclo, a menos que o botão de emergência seja pressionado novamente, liberando a válvula direcional para ser pilotada na via esquerda.

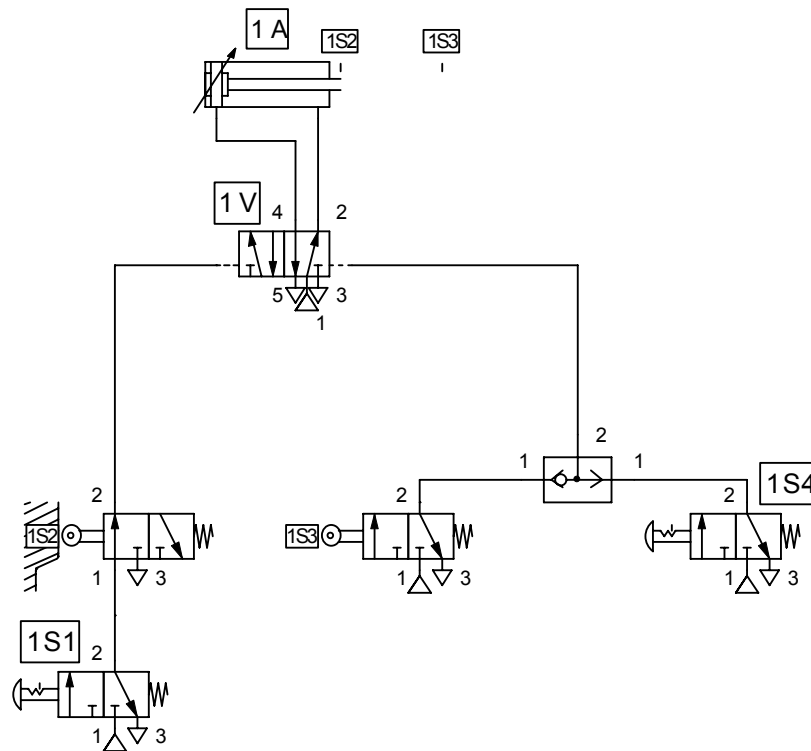


Figura 21 – Ciclo contínuo com botão de emergência

No circuito da Figura 21, vê-se a inserção de uma válvula do tipo “OU”. Seria possível construir o diagrama sem esta válvula, como está ilustrado na Figura 22?

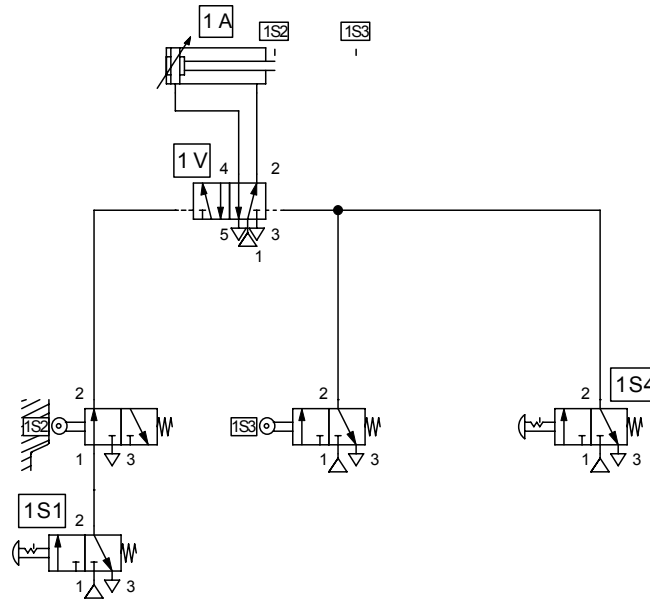


Figura 22 – Ciclo contínuo com botão de emergência – circuito incorreto

Se traçássemos o circuito de acordo com o que está apresentado na Figura 22, ele estaria incorreto. O cilindro não retornaria após pressionar o fim-de-curso 1S3. Por quê? É simples: ao pressionar 1S3, a válvula 3/2 vias deveria enviar ar para a pilotagem direita da válvula direcional. Só que o ar, em vez de pilotar esta válvula, irá para o escape da válvula de emergência, fazendo com que o circuito não funcione adequadamente e seja considerado errado, como pode ser percebido por meio da Figura 23.

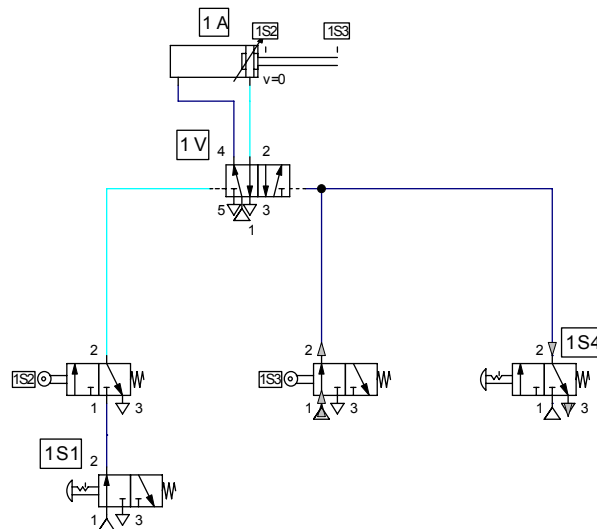


Figura 23 – Ciclo contínuo com botão de emergência

A Figura 23 ilustra muito bem este problema. O ar que sai da válvula 1S3 irá para o escape da válvula de emergência, como mostram as setas que indicam o sentido do fluxo de ar.

Em todos os circuitos traçados até agora, não é possível a regulação da velocidade de avanço ou de retorno, que é uma variável muito importante na pneumática e na hidráulica. Como fazer este ajuste, então? Deve-se utilizar uma válvula chamada “reguladora de fluxo”. Ajustando-se o fluxo, regula-se a velocidade também. Isso se torna claro quando se sabe que a vazão de um fluido é diretamente proporcional à sua velocidade.

A Figura 24 traz um desenho esquemático do funcionamento desta válvula.

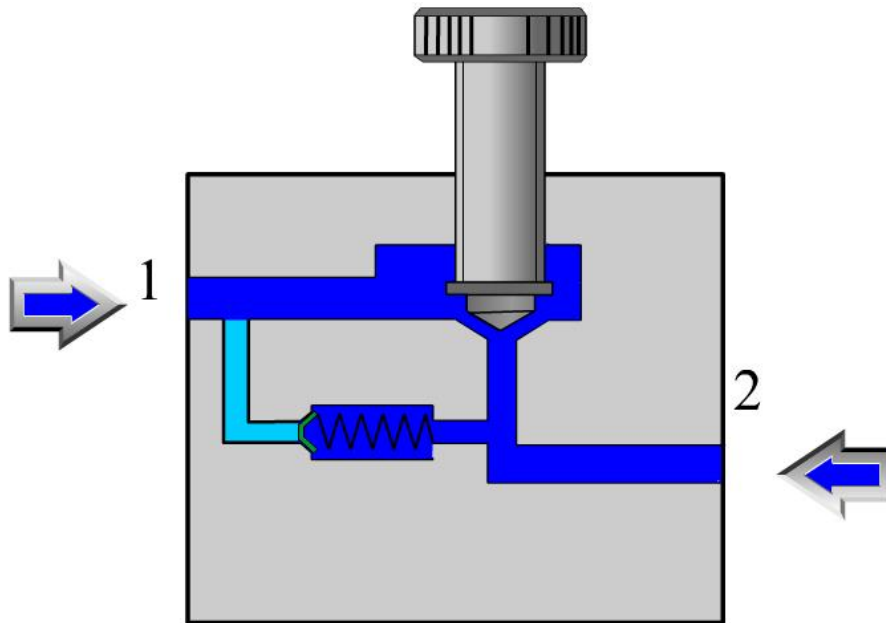
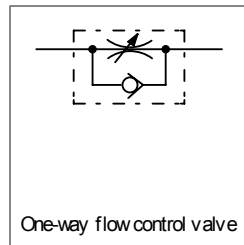


Figura 24 – Desenho esquemático de uma válvula reguladora de fluxo com bloqueio.

Na Figura 24, percebe-se que se o ar sob pressão vier da via 2 para a via 1, ele é obrigado a passar por um estrangulamento, regulado por um parafuso, de acordo com a necessidade do circuito. O ar não consegue passar pela outra via porque há um bloqueio. Se a pressão for conectada na via 1 indo no sentido da via 2, esta pressão é suficiente para vencer a força da mola e o ar passará livre neste sentido.

O símbolo deste componente está representado a seguir:



Agora, é necessário aprender a traçar circuitos com mais de um atuador. Antes, entretanto, é preciso que se expliquem as diferentes maneiras de representação do movimento dos cilindros pneumáticos. As formas mais utilizadas são: tabela, digrama trajeto-passo ou trajeto-tempo e abreviada. Todas elas são bastante simples e representam perfeitamente qualquer seqüência de movimentos.

Seja, por exemplo, a tabela a seguir:

Passo	Movimento	Comando
1º	Avanço de 1A	Botão
2º	Avanço de 2A	Fim-de-curso
3º	Retorno de 1A	Fim-de-curso
4º	Retorno de 2A	Fim-de-curso

Tabela 1 – Representação dos movimentos dos cilindros em um circuito

Na Tabela 1, podemos inferir que os cilindros movimentarão da seguinte maneira: 1A avança, em seguida, ao chegar ao fim de seu curso, provoca o avanço de 2A. Ao chegar ao fim de seu curso, 2A comanda o retorno de 1A. Assim que 1A estiver totalmente retornado, inicia-se o retorno de 2A, fechando-se assim o ciclo de movimentos dos cilindros.

Esta mesma série de movimentos pode ser representada por meio de um diagrama trajeto-passo, como representado na Figura 25.

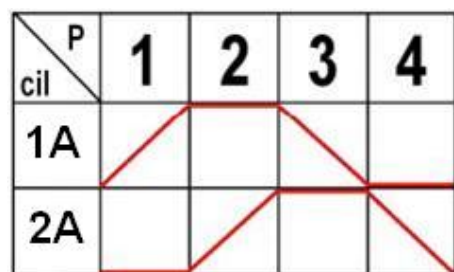


Figura 25 – Diagrama trajeto-passo

A Figura 25 apresenta um diagrama trajeto-passo, que representa a mesma seqüência de movimentos apresentada na Tabela 1.

Por fim, a maneira mais simplificada e utilizada de representar movimentos de cilindros pneumáticos é a abreviada. Nesta forma, o sinal “+” significa avanço e o sinal “-“ retorno. Desta maneira, a mesma seqüência apresentada na Tabela 1 e na Figura 25 pode ser representada assim:

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

Chamamos esta seqüência de direta, pois se a dividirmos ao meio e compararmos os lados direito e esquerdo, desconsiderando-se os sinais, eles são exatamente iguais:

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

$$1A2A = 1A2A$$

Caso isso não aconteça, chamamos a seqüência de indireta.

As seqüências diretas têm resolução mais simples pelo método intuitivo (aquele que não obedece a uma regra específica, dependendo somente do raciocínio de quem confecciona o circuito), pois nelas não ocorre o problema da contrapressão (sobreposição de sinais).

A Figura 26 traz a solução da seqüência 1A+2A+1A-2A- por meio do método intuitivo.

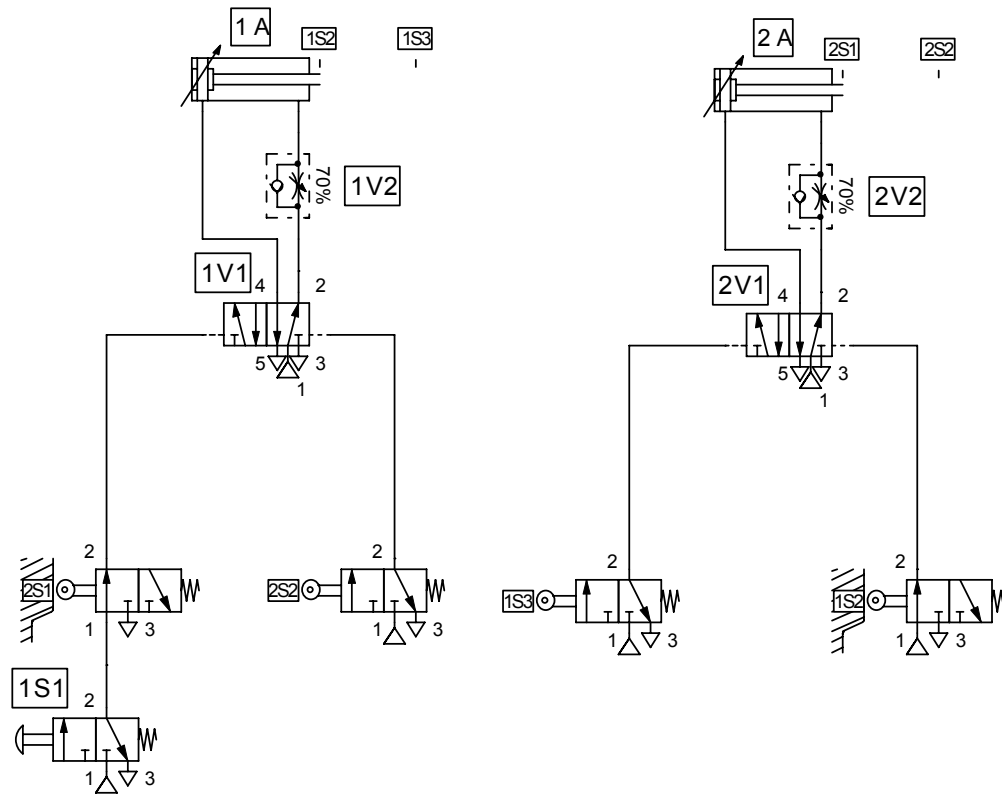


Figura 26 – Diagrama pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

Se tentarmos utilizar o mesmo raciocínio para resolver uma seqüência indireta, 1A+2A+2A-1A-, vai ocorrer, em um ou vários pontos do diagrama, uma sobreposição de sinais.

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

$$1A2A \neq 2A1A$$

A seqüência 1A+2A+2A-1A- é indireta, pois o lado direito é diferente do lado esquerdo.

A Figura 27 traz a solução errada deste problema, resolvida pelo método intuitivo. Como pode ser observado, há sobreposição de sinais.

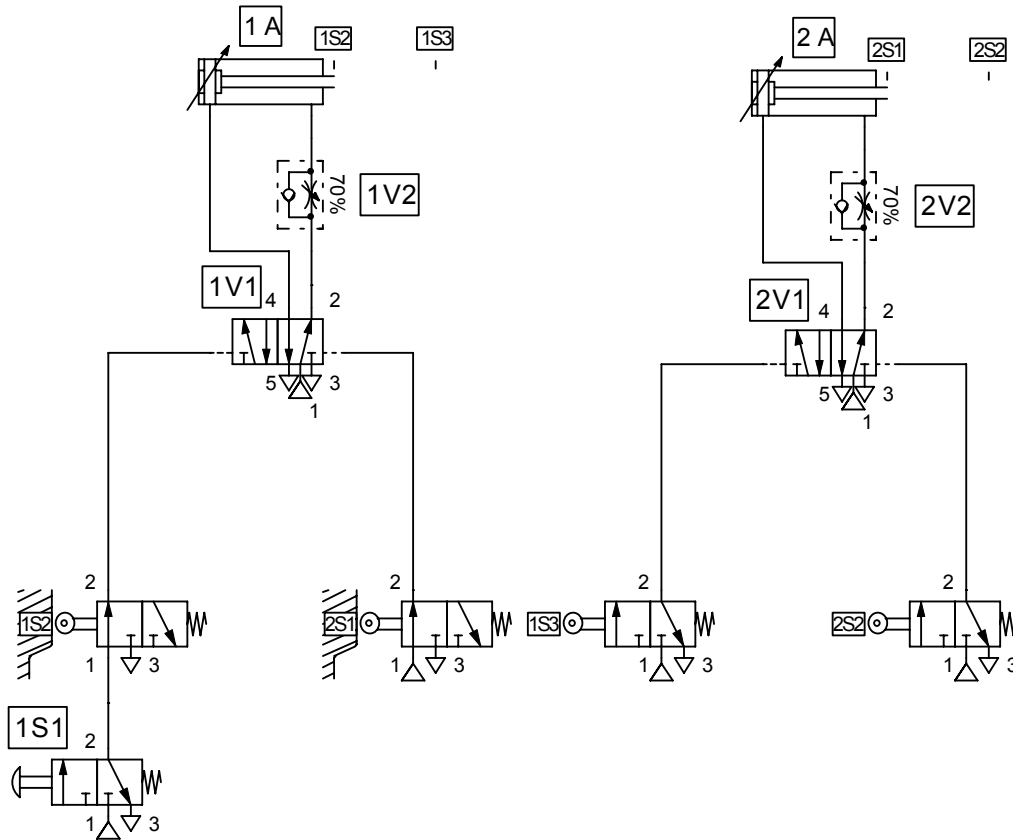


Figura 27 – Diagrama pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-

Na Figura 27, podemos perceber que, ao ligarmos o compressor, haverá ar sendo enviado para o lado direito da primeira válvula direcional 5/2 vias 1V1, responsável pelo avanço do cilindro 1A. Então, ao pressionarmos o botão pulso 1S1, enviando ar para o lado esquerdo da válvula 1V1, a mesma não será pilotada, pois acontecerá o que chamamos de contrapressão. Há uma pressão de igual valor em ambos os lados da válvula, o que faz com que a mesma não se mova. Portanto, o cilindro 1A nem chega a avançar, impossibilitando o início do ciclo.

Para que o ciclo se inicie, ao ligarmos o compressor, a válvula 3/2 vias 2S1 não poderá estar enviando ar para a válvula direcional 1V1.

Podemos começar resolvendo o problema inserindo uma outra válvula 5/2 vias. Sua primeira função é retirar a pressão da válvula 2S1 quando o compressor for ligado.

A Figura 28 ilustra o primeiro passo desta solução.

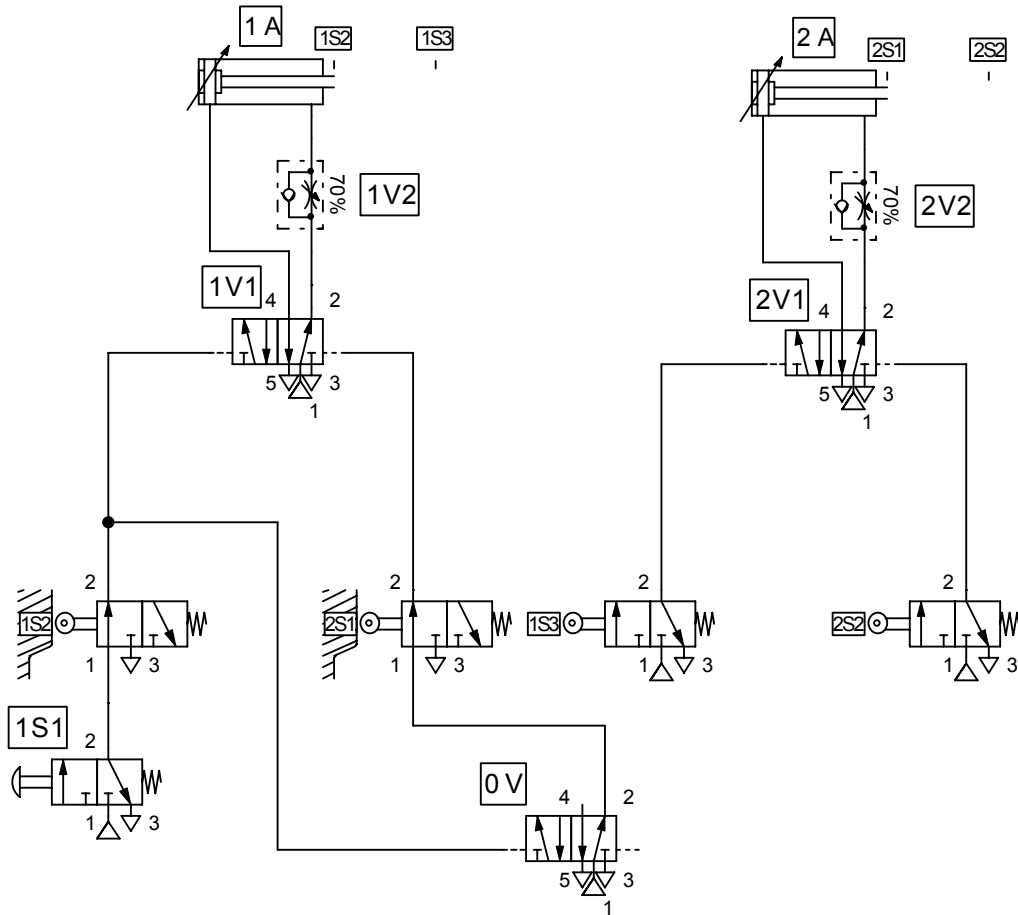


Figura 28 – Início da solução da seqüência 1A+2A+2A-1A- pelo método intuitivo

Na Figura 28, a válvula 5/2 vias inserida não libera inicialmente o ar para a 3/2 vias 2S1, a não ser quando o seu lado esquerdo for pilotado. Quando será necessário que seja liberado o ar para a válvula 2S1? Quando for preciso fazer o retorno do cilindro A. Este retorno é realizado após o avanço de B, segundo a seqüência 1A+2A+2A-1A-. Utilizaremos então o fim-de-curso do cilindro B, 1S3 para a pilotagem direita desta válvula 5/2 vias.

Assim, o ciclo já funcionaria e efetuaria a seqüência, mas a válvula 5/2 vias inserida é uma válvula memória, de modo que, para reiniciar o ciclo, quando for pressionado o botão pulso que dá início à seqüência, é necessária a pilotagem esquerda desta válvula. Assim, a solução correta e completa pode ser vista na Figura 29.

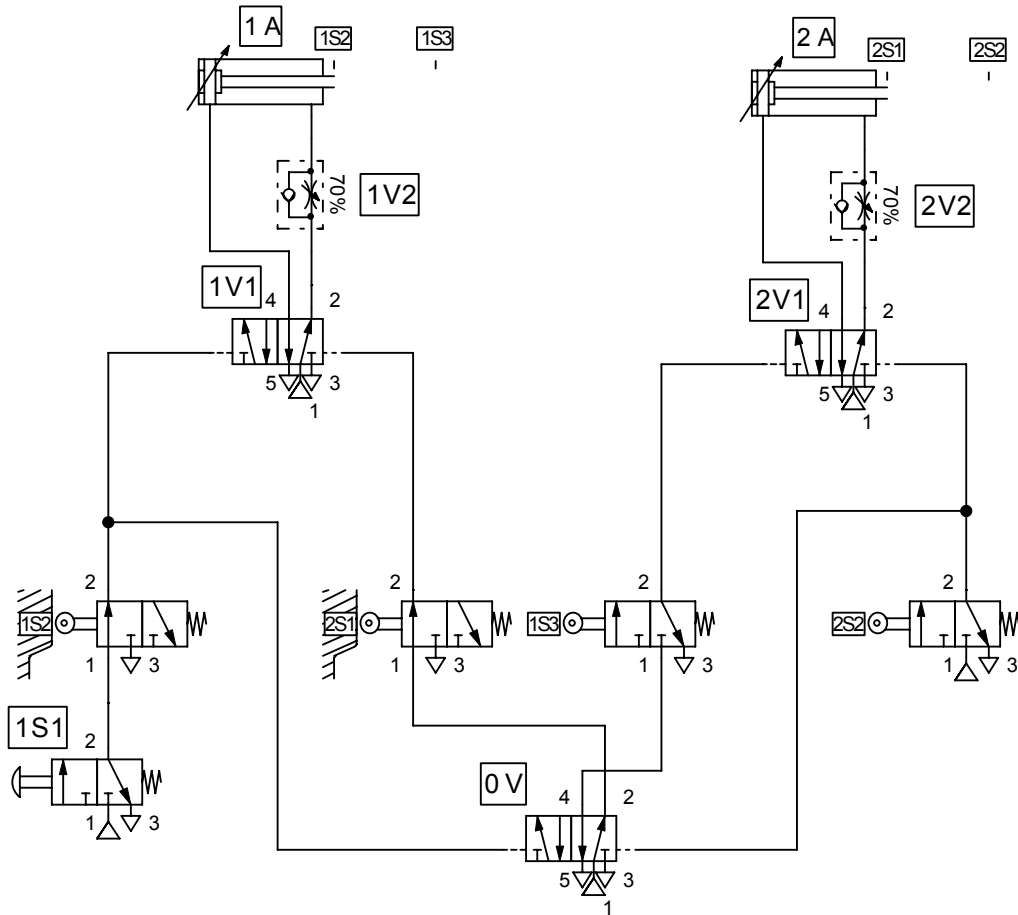


Figura 29 – Diagrama pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A- pelo método intuitivo

Desta maneira, praticamente todas as seqüências podem ser confeccionadas utilizando-se o método intuitivo. Evidentemente, o grau de dificuldade vai aumentando à medida que as seqüências sejam mais compridas.

Para simplificar a resolução de seqüências indiretas, foram criados dois métodos, que obedecem a regras rígidas de construção de circuitos: o método cascata e o método passo-a-passo.

Como último circuito feito pelo método intuitivo, daremos o exemplo de um circuito com movimento simultâneo, isto é, dois cilindros realizam movimentos ao mesmo tempo. Seja a seqüência 1A+(2A+3A+)2A-(1A-3A-), apresentada na Figura 30.

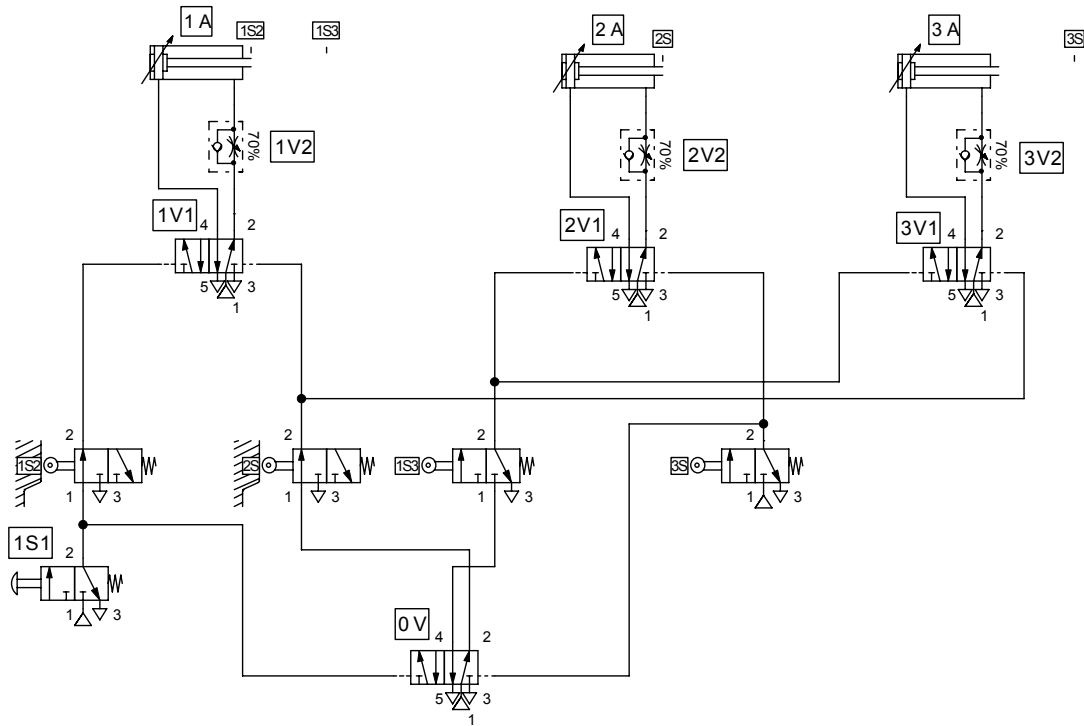


Figura 30 – Diagrama da seqüência 1A+(2A+3A+)2A-(1A-3A-) pelo método intuitivo

No circuito da Figura 30, os cilindros 2A e 3A possuem somente um fim-de-curso, o que se deve pelo fato de que há nesta seqüência movimentos simultâneos.

Método Cascata

O método cascata foi criado para evitar o problema da sobreposição de sinais e pode resolver tanto seqüências diretas como indiretas. A contrapressão é evitada porque dividimos a seqüência em setores e cada setor pode conter somente um movimento de cada cilindro pneumático.

O primeiro passo para a construção de um circuito pneumático é a divisão da seqüência em setores:

Resolvendo o diagrama 1A+2A+2A-1A- pelo método cascata, temos:

1A+2A+|2A-1A-
Setor I | Setor II

A divisão de setores obedece a esta regra: quando uma letra se repetir, inicia-se um novo setor.

A partir daí determina-se o número de linhas pneumáticas que controlam a mudança destes setores. Cada setor tem de possuir uma linha pneumática. O número de válvulas 5/2 vias ou 4/2 vias que controlam a mudança de setores é igual ao número de linhas menos um.

Desta forma, a seqüência 1A+2A+2A-1A-, tem duas linhas e uma válvula 5/2 vias, como pode ser visto na Figura 31.

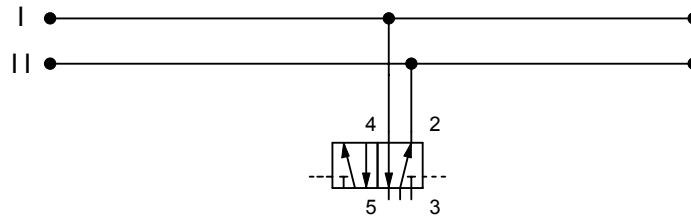


Figura 31 – Cascata pneumática para dois setores usando uma válvula 5/2 vias

A Figura 32 apresenta uma cascata pneumática para dois setores utilizando uma válvula 4/2 vias.

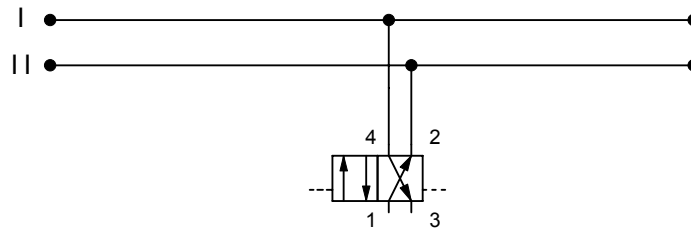


Figura 32 – Cascata pneumática para dois setores usando uma válvula 4/2 vias

Nas Figuras 31 e 32, podemos perceber que a linha que inicia pressurizada é sempre a última. É uma outra regra do método.

Para três setores, a cascata é apresentada na Figura 33.

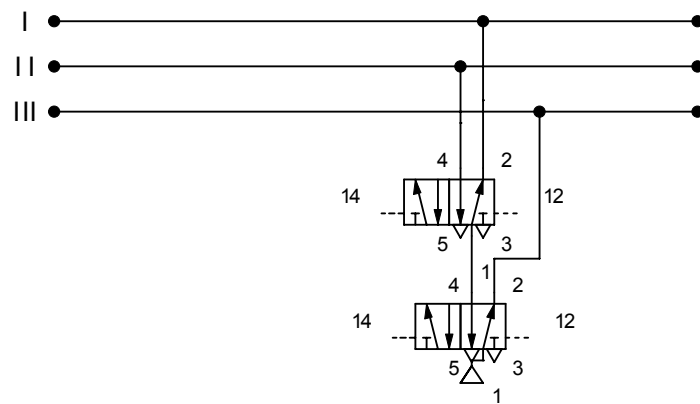


Figura 33 – Cascata pneumática para três setores usando duas válvulas 5/2 vias

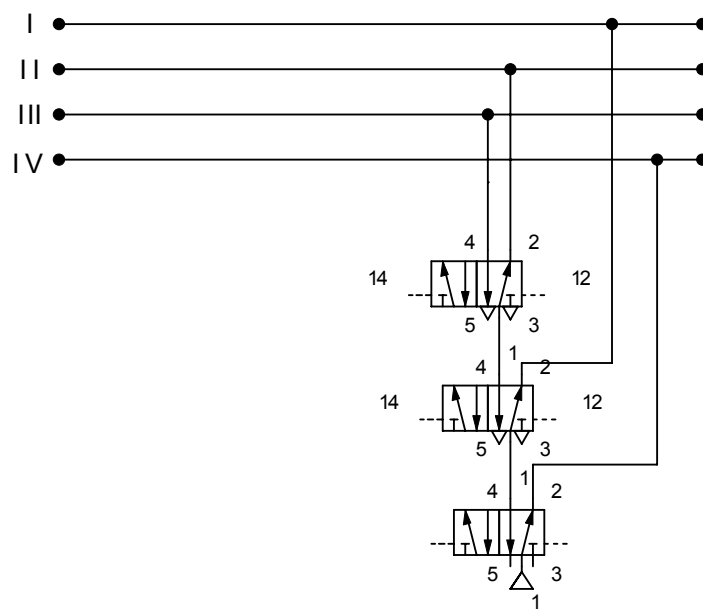


Figura 34 – Cascata pneumática para quatro setores usando três válvulas 5/2 vias

A Figura 35 apresenta uma cascata pneumática para quatro setores utilizando válvulas 4/2 vias.

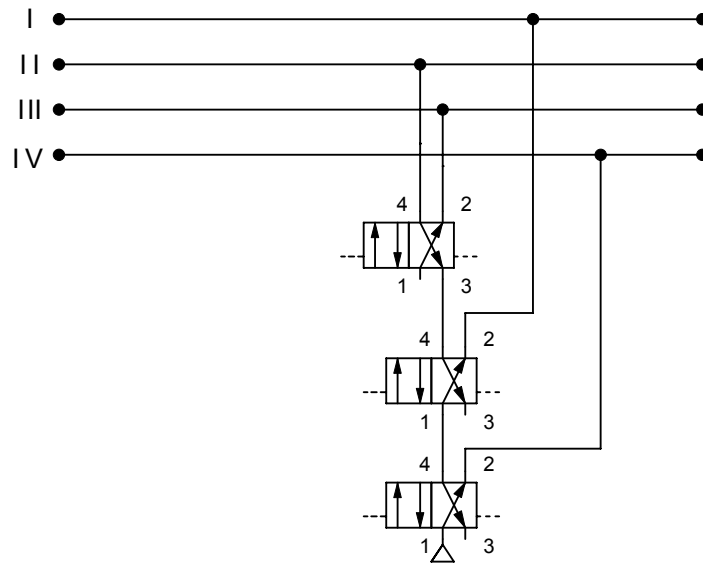


Figura 35 – Cascata pneumática para quatro setores usando três válvulas 4/2 vias

Como funciona esta cascata? Vamos dar uma olhada na cascata da Figura 34. A última linha começa pressurizada. A primeira ação é pilotar a última válvula 5/2 vias, passando a pressão para a primeira linha, como pode ser visto na Figura 36.

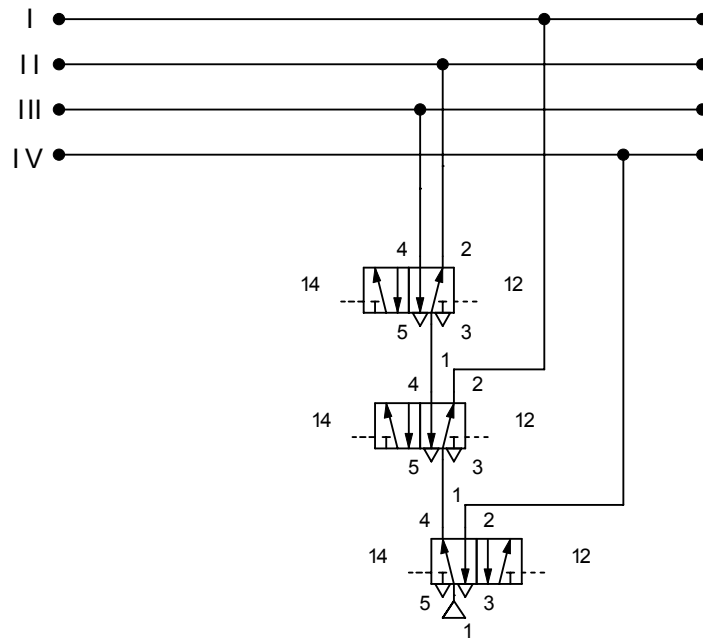


Figura 36 – Cascata para quatro setores. A última válvula 5/2 vias é pilotada

A mudança do ar da linha II para a linha III pode ser feita pilotando-se a penúltima válvula 5/2 vias, como pode ser visto na Figura 37.

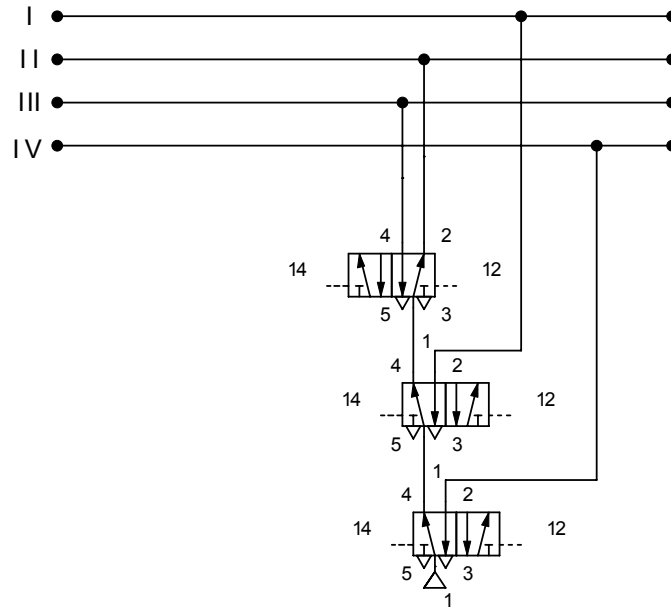


Figura 37 – Cascata para quatro setores. A penúltima válvula 5/2 vias é pilotada

Ao pilotarmos a primeira válvula 5/2 vias, a pressão passa para a linha III, de acordo com a Figura 38.

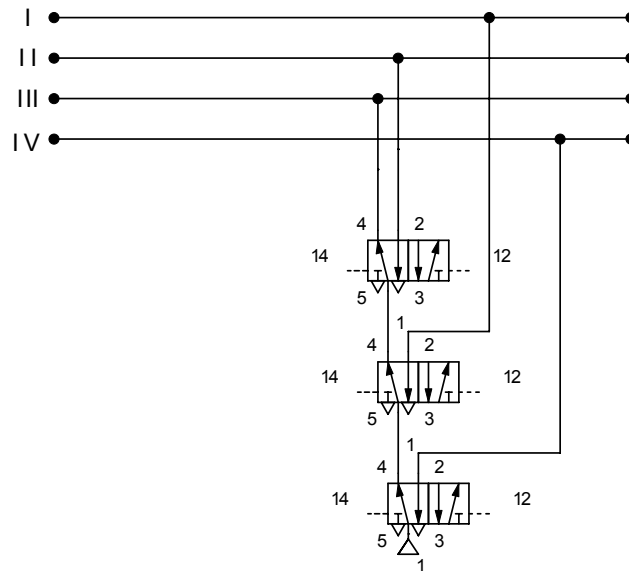


Figura 38 – Cascata para quatro setores. A primeira válvula 5/2 vias é pilotada

Para que o ar retorne para a última linha, a de número IV, é necessário que as três válvulas sejam pilotadas de volta, voltando à posição original, como pode ser visto na Figura 39.

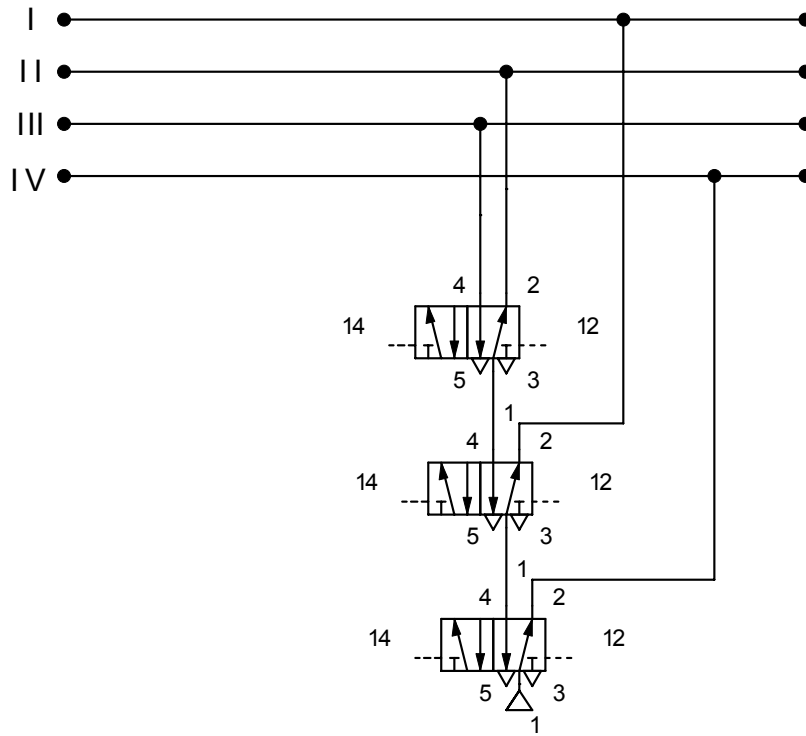


Figura 39 – Cascata para quatro setores, a linha IV está pressurizada

A Figura 40 traz a solução pelo método cascata para a seqüência 1A+2A+2A-1A-.

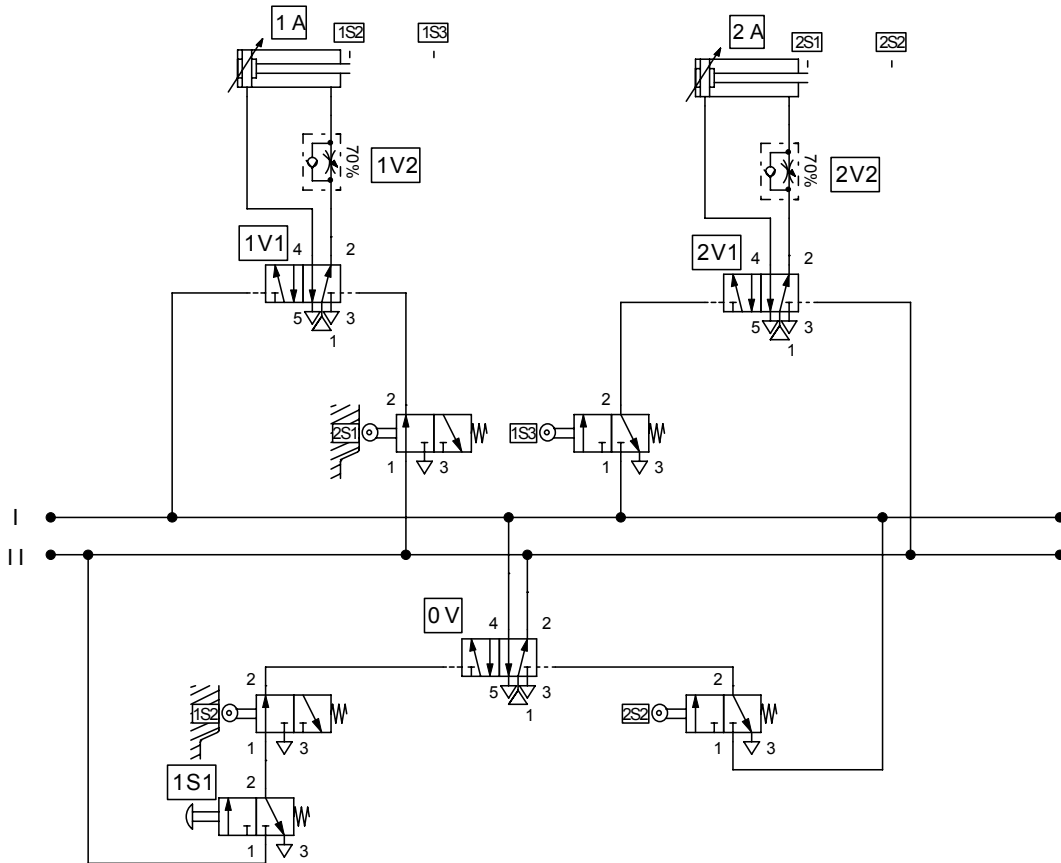


Figura 40 – Diagrama cascata para a seqüência 1A+2A+2A-1A-

Na Figura 40, os fins-de-curso tipo rolete 1S2, 1S3, 2S1 E 2S2 são responsáveis pelo avanço e retorno dos cilindros, bem como pela mudança de linhas. Nesta mesma figura, a linha II representa o setor II, no qual são feitos os movimentos de retorno dos cilindros pneumáticos A e B e a linha I representa o setor I, no qual são feitos os movimentos de avanço dos cilindros A e B.

Para traçar um diagrama pneumático para uma seqüência de três setores, há a necessidade de se utilizarem duas válvulas 5/2 vias duplo piloto para o direcionamento da pressão para todas as linhas do circuito. Entretanto, isso não implica dizer que não se possa usar mais válvulas 5/2 vias no circuito. Tanto é que há mais válvulas 5/2 vias em todo o circuito, que são as direcionais utilizadas em todos os atuadores para a confecção de seqüências indiretas. O que não pode ser feita no método cascata é a utilização de outras válvulas 5/2 vias para o controle da mudança do ar nas três linhas pneumáticas.

A Figura 41 traz a seqüência 1A+2A+2A-3A+3A-1A- traçada com o método cascata.

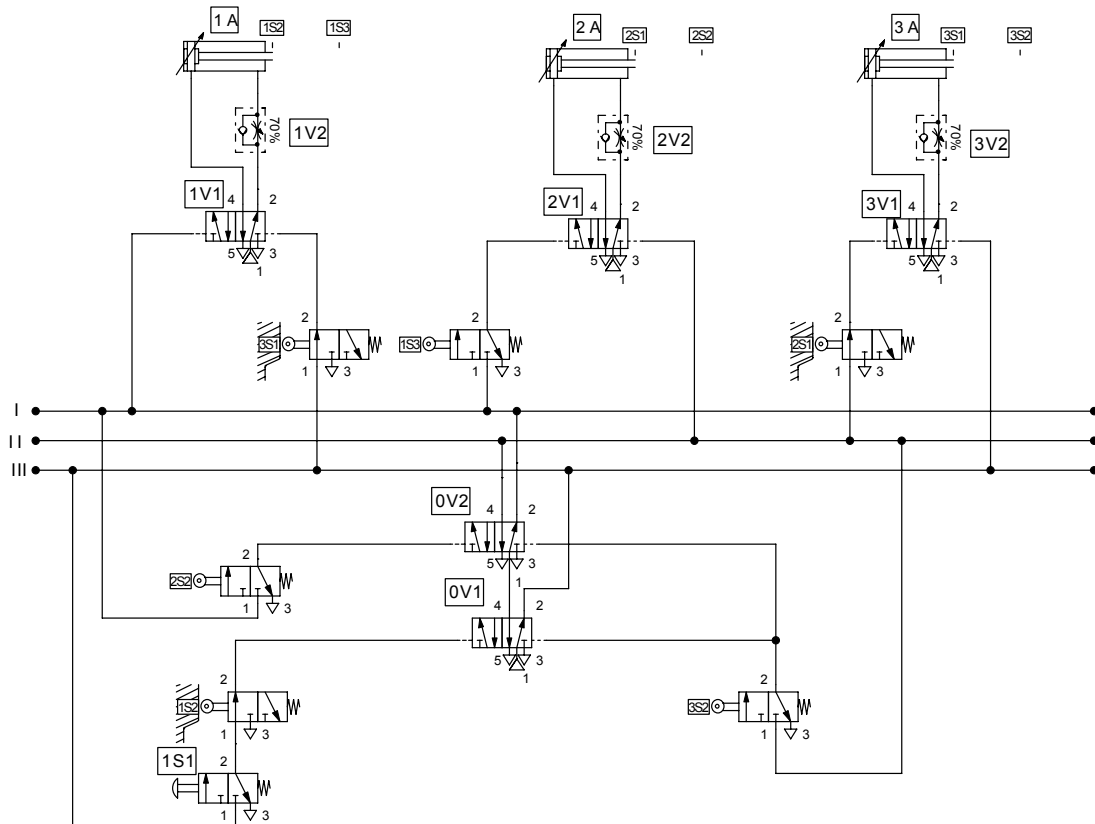


Figura 41 – Diagrama cascata para a seqüência 1A+2A+2A-3A+3A-1A-

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 41, os avanços dos cilindros 1A e 2A são feitos na linha I. Na linha II é feito o retorno de 2A e o avanço de 3A, enquanto que na linha II são feitos os retornos dos cilindros 3A e 1A.

Para que a pressão retorne, ao final do ciclo, para a última linha, é necessário que a válvula 3S2 pilote simultaneamente as duas válvulas 5/2 vias.

A próxima seqüência, 1A+2A+3A+(3A-2A)-1A- traz um movimento simultâneo, ou seja, os cilindros 3A e 2A retornam ao mesmo tempo. Esse movimento é representado entre parênteses, como foi visto no circuito da Figura 30. O circuito pode ser estudado por meio da Figura 42.

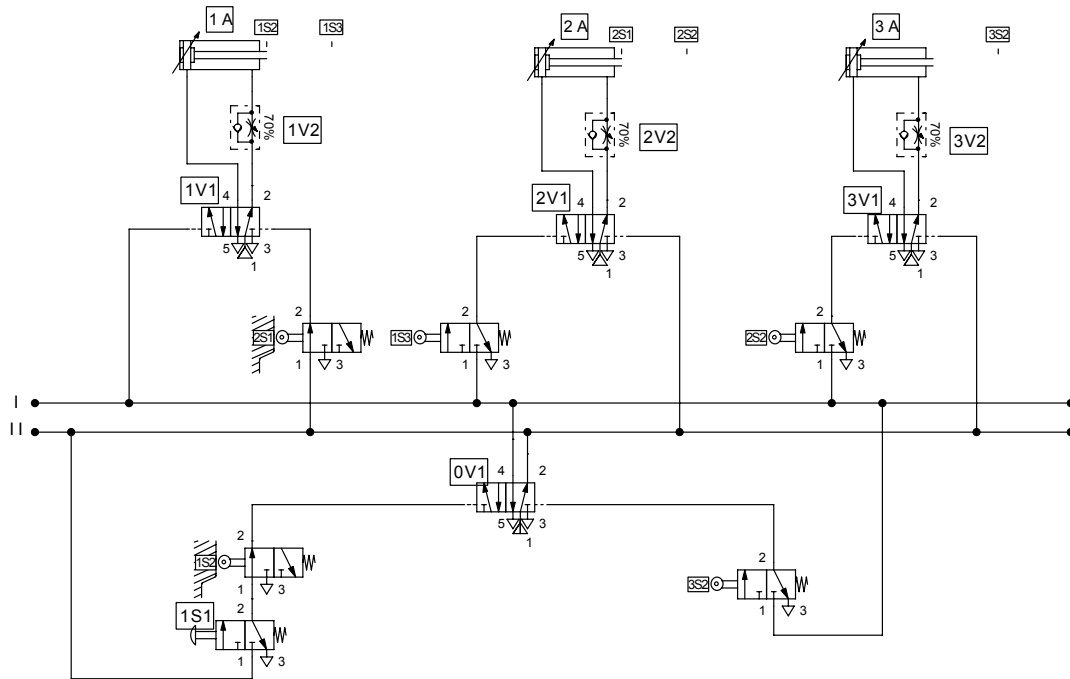


Figura 42 – Diagrama cascata para a seqüência 1A+2A+3A+(3A-2A-)1A-

A Figura 43 traz um diagrama traçado pelo método cascata, em que um cilindro repete um determinado movimento. Chamemos a esse tipo de circuito de cascata com repetição de movimento. A seqüência é 1A+2A+2A-1A-1A+1A-.

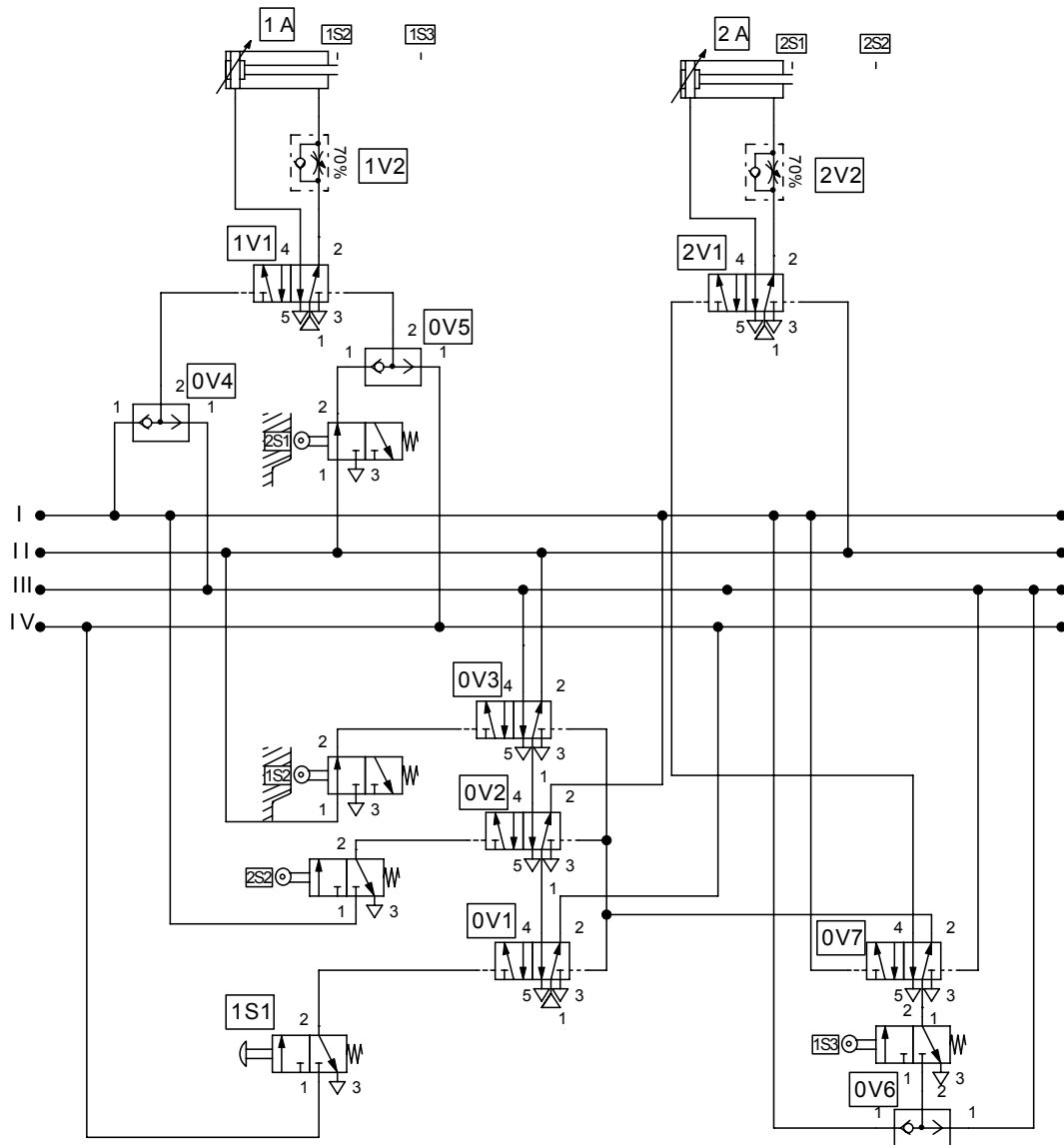


Figura 43 – Diagrama cascata para a seqüência 1A+2A+2A-1A-1A+1A-

Método passo-a-passo

Para se traçar um diagrama pneumático com o método passo-a-passo, primeiramente é necessário separar a seqüência de movimentos em setores. Neste método, cada movimento é um setor.

Seja a seqüência:

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

Setor I | Setor II | Setor III | Setor IV

Para cada setor, será necessária uma linha pneumática que efetue o movimento indicado.

Nesta metodologia para resolução de circuitos pneumáticos, a última linha também sempre começa pressurizada, como no método cascata.

Assim, o esqueleto para um diagrama passo-a-passo com quatro linhas é apresentado na Figura 44.

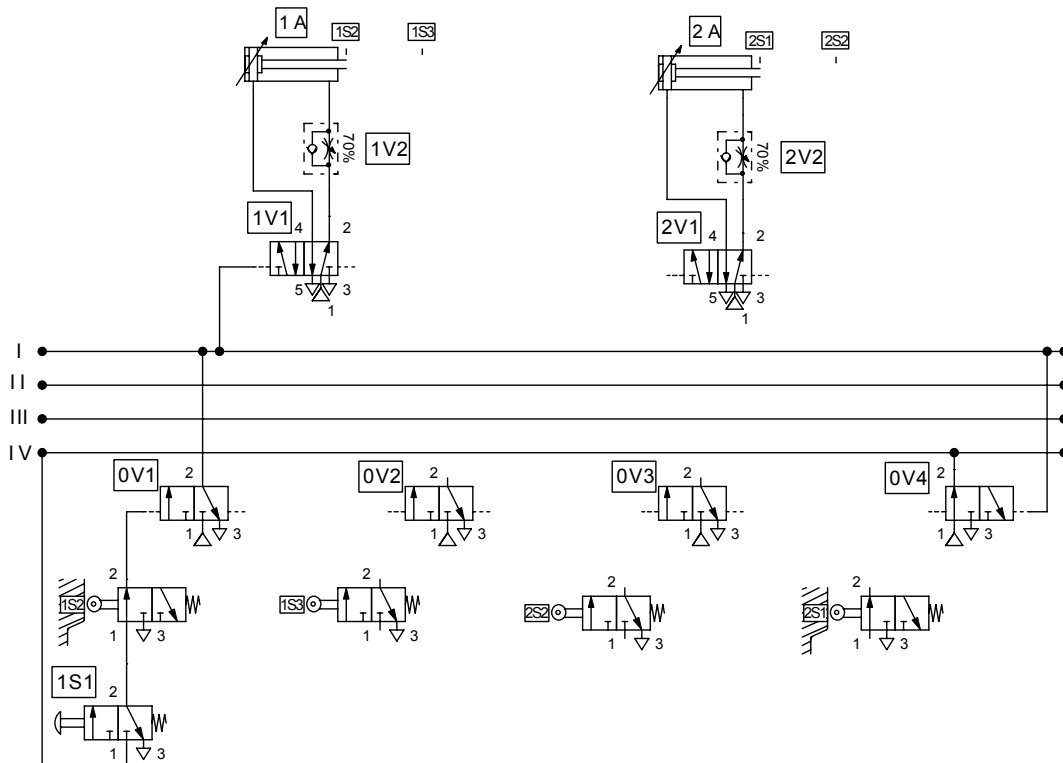


Figura 44 – Primeiro passo na montagem de um diagrama passo-a-passo de 4 linhas

Na Figura 44, podemos perceber que a linha IV começa pressurizada. A primeira ação a ser tomada é a despressurização desta última linha e a pressurização da primeira. Para mudarmos a pressão para a primeira linha, utilizamos um botão pulso que pilotará uma válvula 3/2 vias duplo piloto. Para retirarmos o ar da última linha, utilizamos o ar que agora está na primeira linha para pilotar a última válvula, que dava pressão à linha IV.

Agora temos a linha I pressurizada e podemos começar a seqüência de movimentos com o avanço do cilindro A.

Na Figura 45 estão representados o avanço de 1A e de 2A:

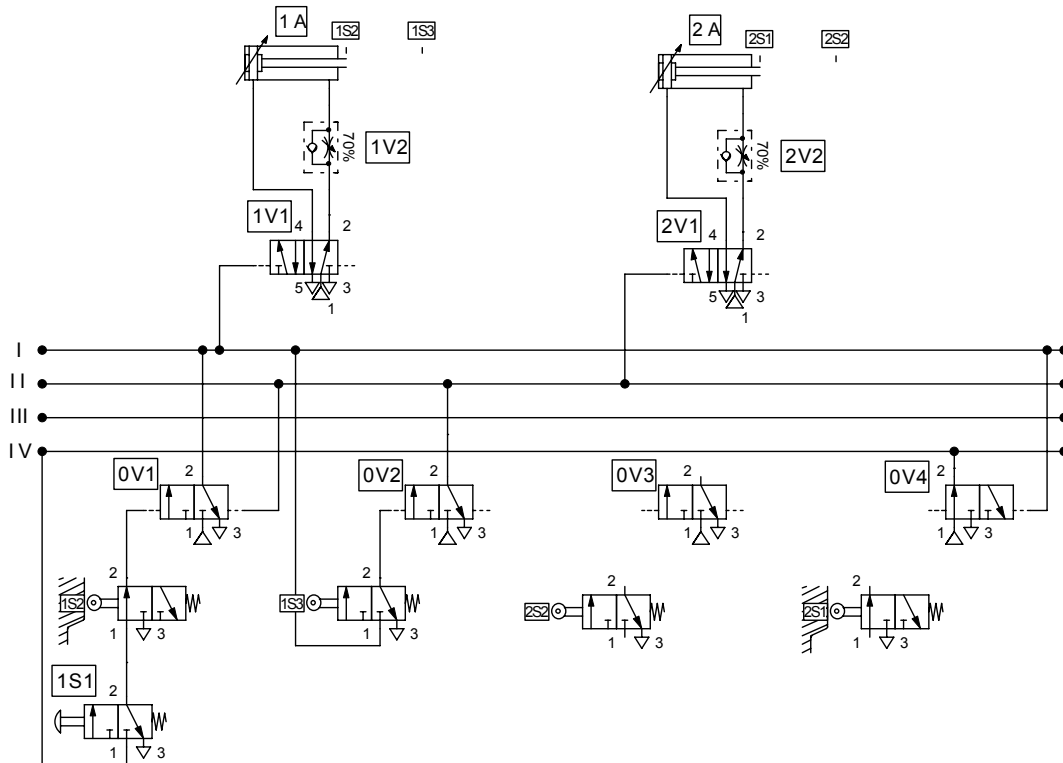


Figura 45 – Segundo passo na montagem de um diagrama passo-a-passo de 4 linhas

De acordo com o circuito apresentado na Figura 45, pode-se perceber que o ar agora foi direcionado para a segunda linha. Para tanto, utilizou-se a válvula 2.2, fim-de-curso do atuador A. Emprega-se o ar que passa para a linha II para a pilotagem da válvula anterior, de modo que a linha I seja despressurizada.

A partir deste raciocínio, pode-se estabelecer uma regra geral para a confecção de circuitos pelo método passo-a-passo: a última linha inicia pressurizada. A primeira ação é despressurizar esta última linha e pressurizar a primeira. Depois se despressuriza a primeira linha e pressuriza a segunda e assim por diante. Utiliza-se o ar que está na linha N+1 para pilotar o retorno da válvula que pressurizou a linha N. A tomada de ar utilizado nos fins-de-curso que pilotam as válvulas 3/2 vias responsáveis pela pressurização das linhas é feita da seguinte maneira: se a válvula vai pressurizar a linha N, o ar é pego da linha N-1.

O ar pode ser puxado diretamente das linhas para as válvulas direcionais, responsáveis pelo avanço e retorno dos atuadores, respeitando a seqüência que se quer traçar.

A Figura 46 apresenta o circuito pneumático traçado pelo método passo-a-passo da seqüência 1A+2A+2A-1A-.

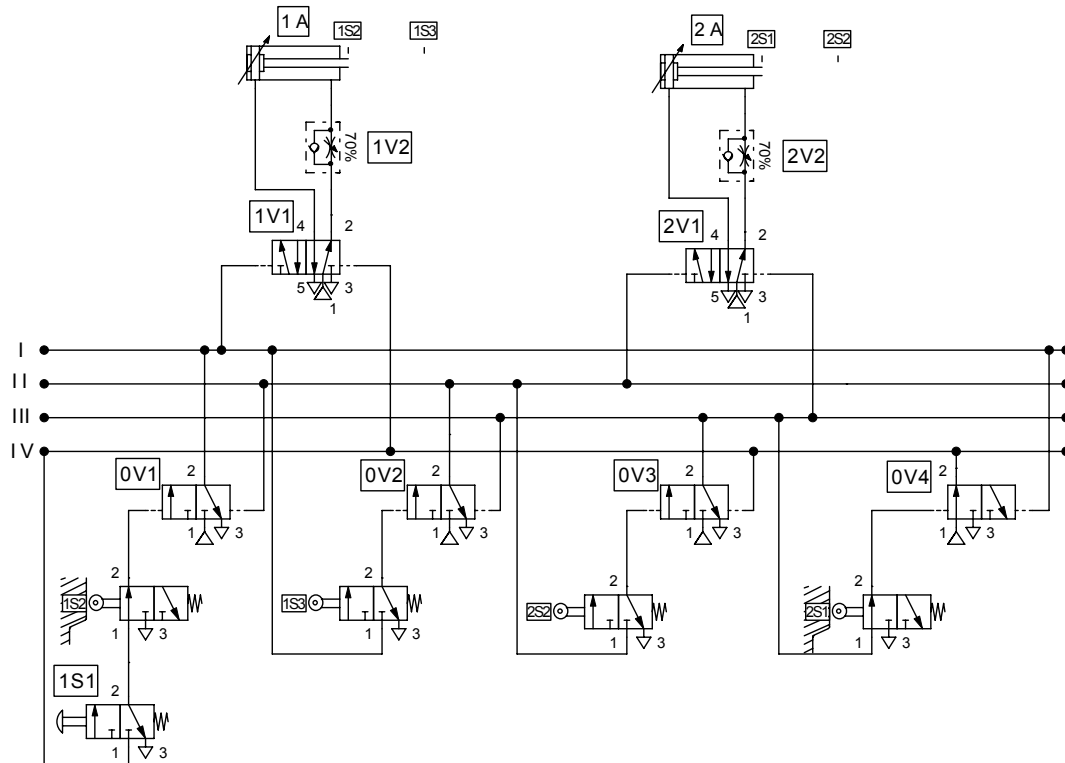


Figura 46 – Circuito passo-a-passo da seqüência 1A+2A+2A-1A-

Para que o aluno possa estudar um outro circuito, é apresentado na Figura 47 o diagrama pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-, traçado utilizando-se o método passo-a-passo. Estas seqüências apresentadas são clássicas e aplicações podem ser vistas na lista de exercícios desta apostila, contida no apêndice. É importante que o aluno sempre imagine uma aplicação para estas seqüências que está traçando, para que o estudo não fique muito restrito à traçagem de circuitos. A teoria física que envolve a manipulação de cilindros é muito importante e deve ser sempre recordada! É importante não se esquecer que o método passo-a-passo é mais simples para ser seguido, mas cada um dos métodos utilizados tem suas vantagens e desvantagens e se eles existem é porque têm sua aplicação na indústria.

Neste ponto, é importante que o aluno pondere as vantagens e desvantagens de cada método para que se decida pelo melhor na hora de traçar seus circuitos. O método passo-a-passo, por exemplo, tem a desvantagem de ter muito mais linhas pneumáticas, estando muito mais sujeito a quedas de pressão ao longo do circuito. Isso em relação ao método cascata. Por outro lado tem a vantagem já mencionada de ser um método mais fácil do que o cascata, de melhor assimilação.

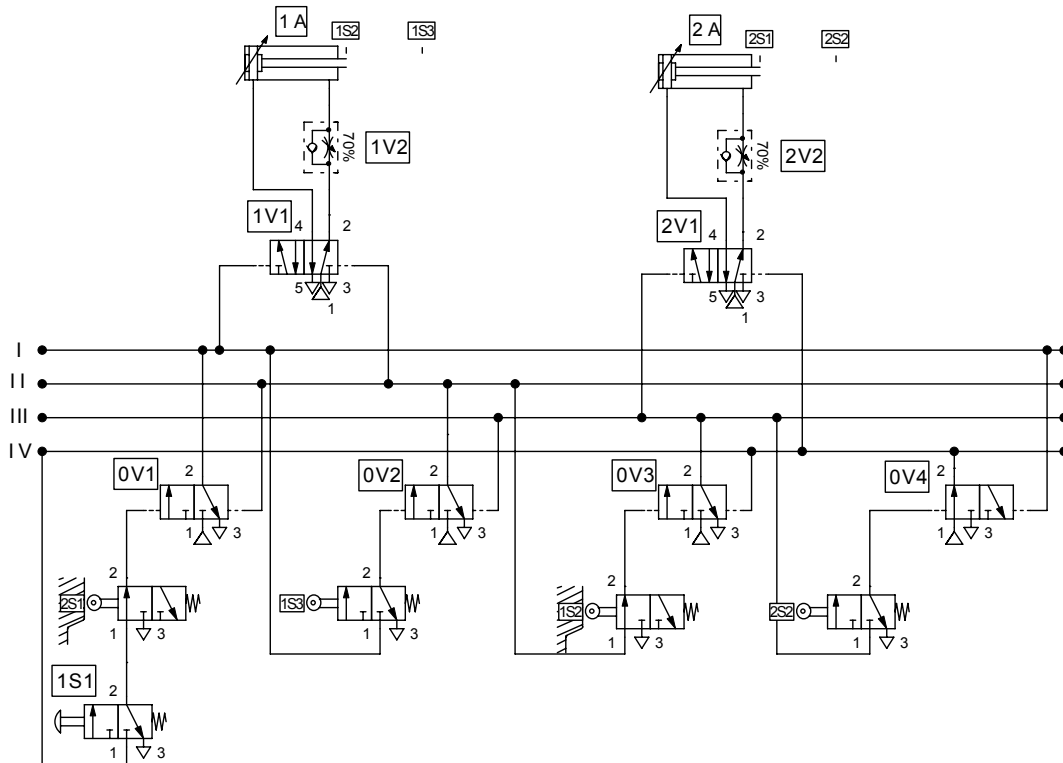


Figura 47 – Circuito passo-a-passo da seqüência 1A+1A-2A+2A-

A válvula 2S1 é chamada de válvula de segurança e sempre será posicionada no último movimento da seqüência e acima da válvula 1S1, que dá início à seqüência de movimentos. Uma de suas funções principais é evitar que um novo aperto no botão pulso, no meio da seqüência de movimentos, interfira no funcionamento do circuito.

A Figura 48 mostra um circuito traçado pelo método passo-a-passo para a seqüência 1A+2A+1A-1A+2A-1A-. É uma seqüência complicada, mas ainda assim, pode-se perceber que o circuito obtido é mais simples do que aquele obtido por meio do método cascata.

O aluno pode se fazer a seguinte pergunta, ao perceber que todos os circuitos foram traçados com válvulas direcionais 5/2 vias DUPLO PILOTO: não é possível utilizar válvulas direcionais simples piloto? Aqui, para responder esta questão, seria conveniente que este aluno tentasse traçar o circuito da Figura 47, por exemplo, para ele mesmo responder esta questão.

Uma outra dica, para finalizar este método, é que o aluno utilize um software como o Fluidsim para traçar seus circuitos, mas que não fique preso a tentativas e erros, permitidas por qualquer programa computacional, mas que compreenda de fato o que está fazendo.

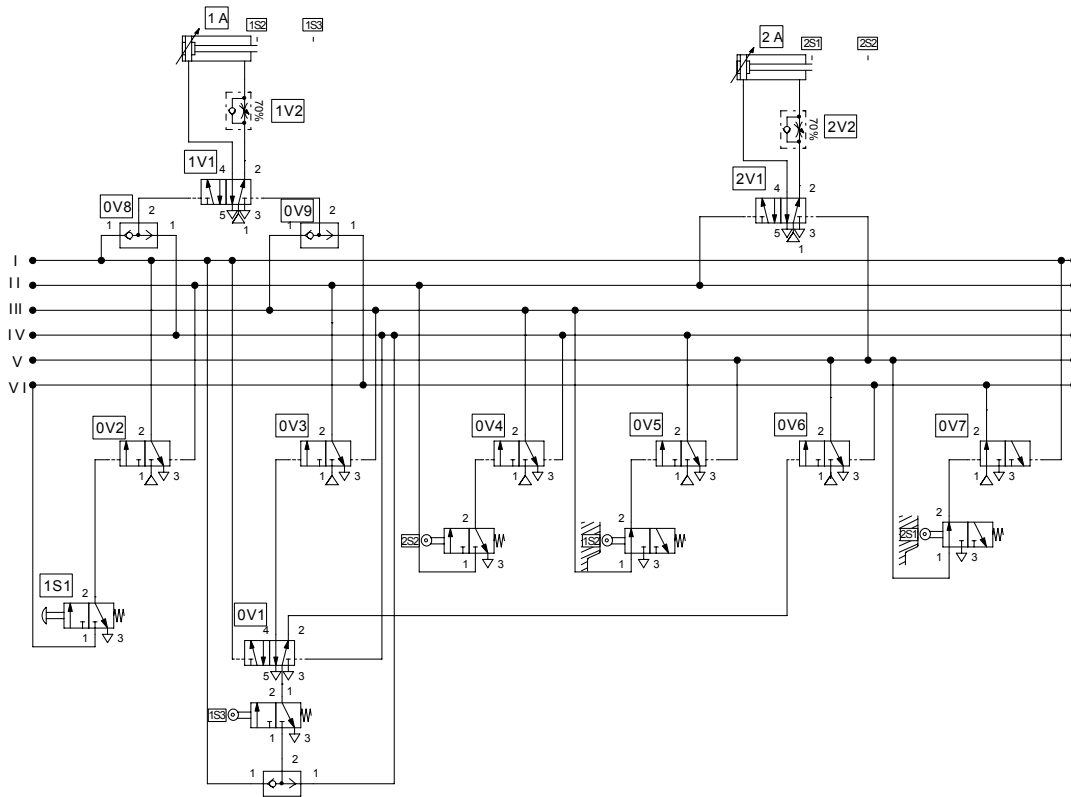


Figura 48 – Circuito passo-a-passo da seqüência 1A+2A+1A-1A+2A-1A-

Pode-se perceber na Figura 48, que o circuito possui 6 linhas pneumáticas. No método passo-a-passo cada movimento corresponde a um setor e conseqüentemente a uma linha pneumática.

Neste circuito, em que o avanço do cilindro 1A realiza duas funções – avanço de 2A na linha II e retorno de 2A na linha V. Da mesma maneira o retorno de 1A realiza duas funções – avanço de 1A na linha IV e fim do ciclo na linha VI.

No circuito apresentado, o fim do ciclo corresponderia a uma válvula de segurança.

O diagrama pneumático da Figuras 48 foi traçado utilizando-se apenas dois fins-de-curso do tipo rolete por cilindro. Isso faz com que cada rolete assuma duas funções, como foi dito nos parágrafos anteriores. Portanto, cada rolete que realiza mais de uma função deverá alimentar uma válvula 5/2 vias (cada via de utilização desta válvula realizará uma tarefa de um rolete). Desta maneira, uma via da válvula 5/2 vias realizará a tarefa do rolete 1S3 (avanço do cilindro 2A) e a outra via realizará a tarefa de retorno do cilindro 2A. As demais regras do método passo-a-passo devem ser obedecidas. Desta maneira, o número de válvulas 3/2 vias que alimentam as linhas corresponde ao número de linhas, no caso seis, a linha posterior pilota o retorno da válvula anterior, que

pressurizava a linha anterior. O ar para a pilotagem da válvula que pressuriza a linha posterior é retirado da linha anterior e assim por diante. As normas do método passo-a-passo não sofrem nenhuma modificação.

Quanto menor o número de fins-de-curso, melhor para a montagem prática do circuito. Isso porque é difícil o posicionamento de roletes nas máquinas. Há todo um aparato necessário para a inserção de fins-de-curso na indústria e quanto maior o número maior a complexidade da instalação. Lembre-se que cada fim-de-curso corresponde a uma nova válvula, a conexões pneumáticas (mais tubos), a confecção de suportes, de modo que o melhor projeto é aquele com menos números de fins-de-curso.

ELETRO-PNEUMÁTICA

Principais componentes utilizados

1. Relê

O relê é uma bobina que, ao ser energizada, produz um campo magnético capaz de atrair contatos elétricos. Assim, ao se energizar a bobina de um relê, todos os seus contatos são invertidos e ao desenergizá-la, todos estes contatos voltam à sua posição original. A Figura 50 ilustra um relê K1, com quatro contatos (dois normalmente abertos NA e dois normalmente fechados NF).

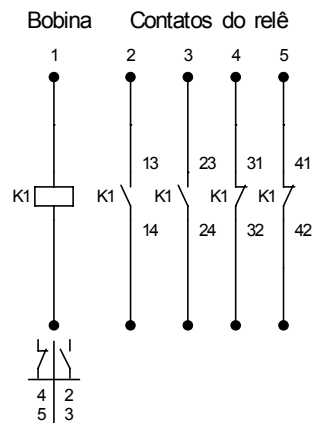


Figura 50 – Um relê K1 desenergizado, com 2 contatos NA e dois contatos NF

Ao se energizar a bobina deste relê K1, todos os seus contatos têm sua posição invertida, como é ilustrado na Figura 51.

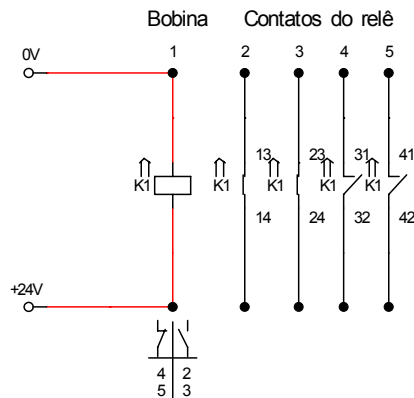


Figura 51 – Um relê K1 energizado, com 2 contatos NA e dois contatos NF

A Figura 52 traz uma foto de uma caixa de relês, contendo três bobinas, cada uma com quatro contatos, fabricada pela Festo.



Figura 52 – Uma caixa com três relês, cada um possuindo quatro contatos, que podem ser fechados ou abertos

2. Botoeira

Os botões são elementos de acionamento de circuitos pneumáticos e eletro-pneumáticos. São eles os responsáveis pelo início do ciclo, pelo primeiro movimento de uma seqüência qualquer.

A Figura 53 apresenta uma foto de uma caixa de botões fabricada pela Festo. Esta caixa de botões traz três botões, dois pulso e um trava. Este botão trava é mais utilizado para a traçagem de circuitos com ciclo contínuo, limitado ou ilimitado. O botão trava para botões de emergência, como o próprio nome indica, deve ser vermelho, para que o operador o visualize mais facilmente em situações críticas. Esta caixa apresentada na Figura 53 é didática, mas a única coisa que a difere de um botão industrial é o tipo de suporte e as indicações mais fáceis impressas na face da caixa, indicando com clareza as numerações de todos os contatos.



Figura 53 – Uma caixa com três botões, um trava e dois pulso (vermelhos), cada um com quatro contatos, 2NA e 2NF

3. Solenóide

O solenóide também é um ímã permanente e tem a finalidade de atrair o eixo das válvulas, responsável pela pilotagem das mesmas. Na Figura 54 é apresentada uma válvula 5/2 vias simples solenóide.



óide

Figura 54 – Válvula 5/2 vias simples solenóide

4. Circuitos eletro-pneumáticos

Utiliza-se a eletricidade como uma maneira de se pilotar as válvulas direcionais. O solenóide, componente que utiliza suas características de ímã permanente, é o mais adequado para o deslocamento do eixo que direciona o ar no interior das eletroválvulas. Os circuitos eletro-pneumáticos são comumente divididos em duas partes: a pneumática, que representa o cilindro e as válvulas direcionais e a elétrica, que representa o circuito elétrico responsável pela seqüência de movimentos do atuador. Os dois circuitos podem ficar lado a lado ou, no caso de se tornarem compridos demais, mantém-se o pneumático acima e o elétrico abaixo.

A Figura 55 ilustra um circuito eletro-pneumático simples.

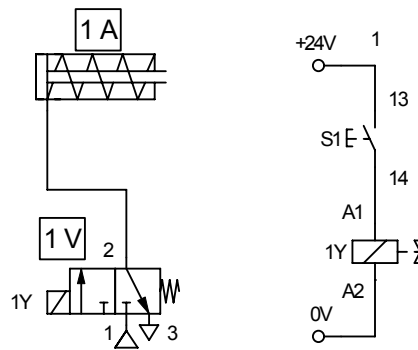


Figura 55 – Circuito eletro-pneumático

No circuito da Figura 55, não se pode dizer que o cilindro realiza um curso. Isto porque a válvula direcional 3/2 vias simples solenóide 1V se manterá acionada somente o tempo em que o operador mantiver o botão S1 pressionado. Assim que o botão S1 for desacionado, cessará o envio de energia elétrica para o solenóide 1Y, fazendo com que a válvula 1V retorne e que o atuador 1A também retorne.

Ainda na Figura 55, pode-se notar que os contatos do botão e do solenóide estão numerados. Esta numeração segue a regra dada a seguir:

Contatos normais fechados recebem a numeração 1 e 2 enquanto que contatos normais abertos recebem a numeração 3 e 4. Estes números ocupam a segunda posição na numeração dos contatos do circuito. O primeiro algarismo se refere ao número de um determinado componente. Se o circuito possuir dois contatos, o primeiro receberá a numeração “1” e o segundo a numeração “2”. Assim, os contatos de S1, único e normal aberto, recebe a numeração 13 e 14. (1 porque é o único contato de S1 e 3 e 4 porque este contato é normal aberto).

Assim, considere a Figura 56.

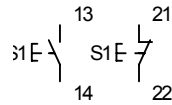


Figura 56 – Contatos de um mesmo botão pulso

Agora se tem dois contatos de um mesmo componente (um botão pulso S1). Então, os contatos do primeiro componente recebe a numeração 13 e 14 (1 porque é o primeiro contato do componente e 3 e 4 porque o contato é normal aberto) e o segundo contato do botão S1 recebe a numeração 21 e 22 (2 porque é o segundo contato de S1 e 1 e 2 porque este contato é normal fechado).

Os contatos de relês e solenóides recebem sempre a numeração A1 e A2.

No circuito da Figura 57, para se garantir que o cilindro chegue até o final de seu curso, coloca-se um botão trava. Assim, somente quando ele for pressionado novamente é que cessará o envio de energia elétrica para o solenóide e a válvula e o cilindro retornarão.

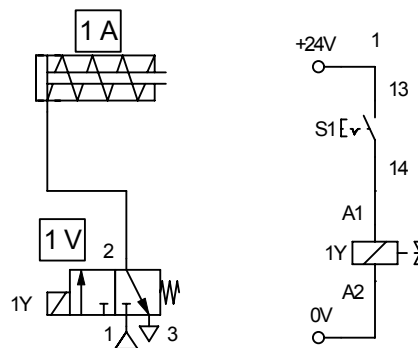


Figura 57 – Circuito eletro-pneumático

O retorno das válvulas simples solenóide é feito pela mola. Para que a válvula permaneça pilotada, é necessário que o solenóide 1Y esteja energizado, vencendo a força da mola. No circuito da Figura 57, o solenóide foi mantido energizado por meio de um botão trava. Mas seria possível manter o solenóide energizado com um botão pulso? Sim, mas há a necessidade de se utilizar um relê.

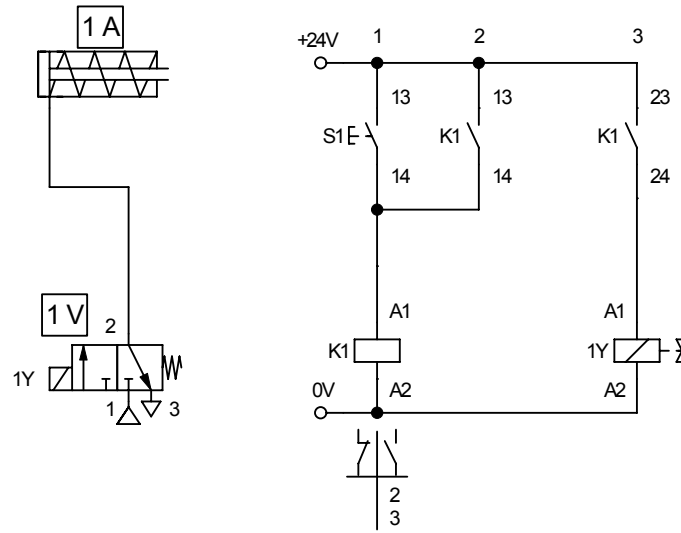


Figura 58 – Circuito eletro-pneumático

No circuito da Figura 58, pode-se perceber uma ramificação na linha 1, em que foi inserido um contato do relê K1. No detalhe na Figura 59.

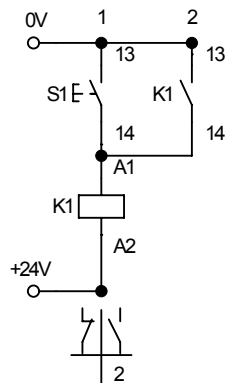


Figura 59 – Selo ou auto-retenção de K1

Um relê trabalha da seguinte maneira: quando sua bobina é energizada, ele inverte TODOS os contatos. Assim que a bobina for desenergizada, TODOS os contatos voltam à posição original.

Na Figura 59 está ilustrado o que se chama por “selo” ou auto-retenção. Assim que a bobina do relê K1 é energizada pelo botão pulso S1, ela inverte seus contatos. Desta forma, mesmo que o botão S1 seja desacionado, o relê K1 se mantém energizado por meio de um de seus contatos (13 e 14). Este artifício recebe o nome de “selo” e é

usado para manter o solenóide 1Y energizado, garantindo que o cilindro vá até o final de seu curso.

Entretanto, no circuito da Figura 59, o cilindro de simples ação não retorna porque o relê K1 se mantém energizado. Há a necessidade de desenergizá-lo e para tanto, num primeiro circuito, utilizar-se-á um outro botão.

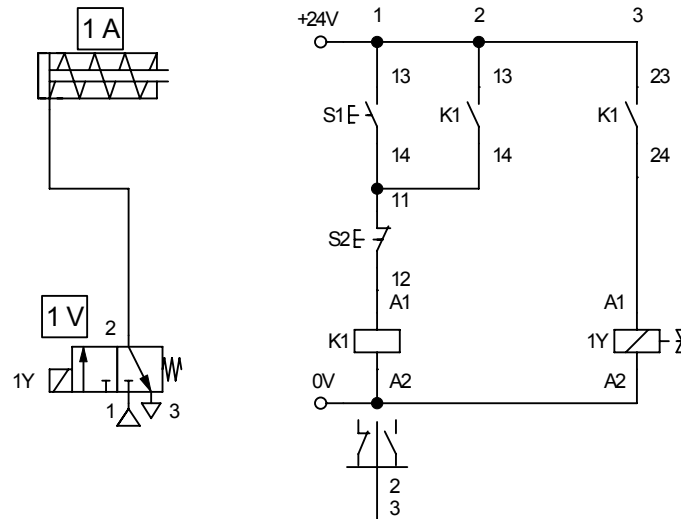


Figura 60 – Circuito eletro-pneumático

No circuito da Figura 60, o atuador retornará quando a bobina do relê K1 for desenergizada. Utiliza-se um botão pulso S2 para a desenergização da bobina. Ao se fazer isso, diz-se que o “selo de K1 foi quebrado”.

Mas há um outro lugar onde se possa inserir S2 para quebrar o selo de K1? Sim. Veja na Figura 61.

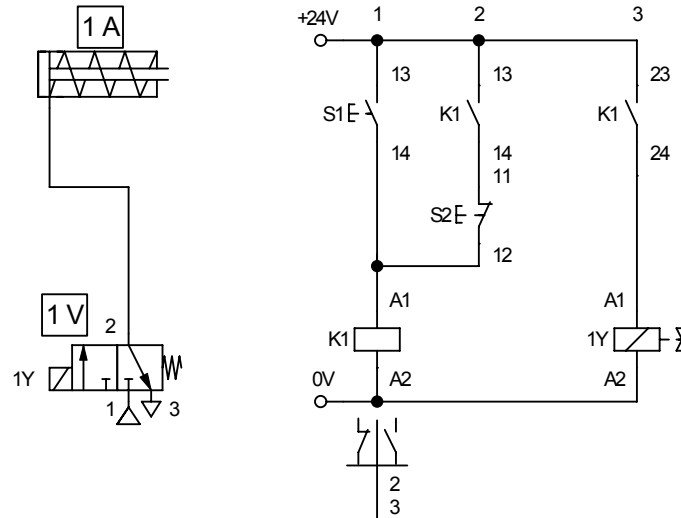


Figura 61 – Circuito eletro-pneumático

A maneira de se quebrar o selo da Figura 60 é chamada de “comportamento de desligar dominante”. Isso porque ao se pressionarem os botões S1 e S2 simultaneamente, não se conseguirá energizar o relê K1 (o relê permanece desligado).

Na Figura 61, o método de se quebrar o selo é chamada de “comportamento de ligar dominante” porque ao se pressionarem os botões S1 e S2 simultaneamente, o relê K1 será energizado.

Nos primeiros circuitos eletro-pneumáticos apresentados nas figuras anteriores, há a necessidade da intervenção do operador, por meio de um outro botão pulso, para o retorno do cilindro. Há como fazer este retorno automaticamente? Há sim. Basta utilizar um fim-de-curso do tipo rolete, como apresentado na Figura 62.

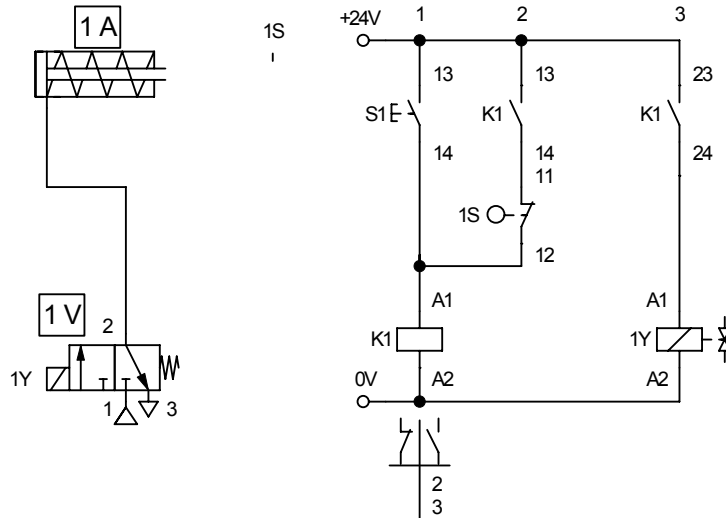


Figura 62 – Circuito eletro-pneumático, ciclo único de um cilindro de dupla ação

No circuito da Figura 62, foi necessária a utilização de uma válvula 3/2 vias porque o atuador é de simples ação. O retorno é automático porque, quando o cilindro bater no rolete 1S, ele abrirá seu contato, desenergizando o relê K1 e conseqüentemente o solenóide 1Y.

É importante ressaltar que o piloto das eletroválvulas apresentadas até aqui é feito diretamente pelo solenóide, ou seja, ele atua no próprio eixo da válvula, direcionando o ar. Há uma maneira mais segura de se pilotar as eletroválvulas, indireta, em que o solenóide desloca um eixo secundário, que permite a passagem de ar para a pilotagem do eixo que direciona o ar. Esta maneira de se pilotar a válvula, chamada de servocomando, é mostrada no circuito da Figura 63.

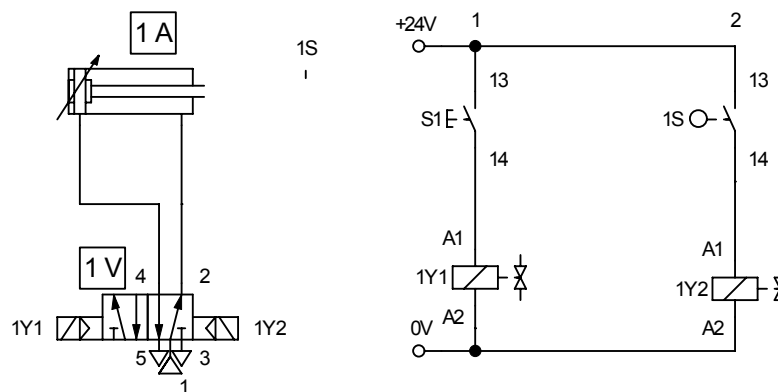


Figura 63 – Circuito eletro-pneumático, ciclo único de um cilindro de dupla ação

No circuito da Figura 63, a válvula 1V é chamada de 5/2 vias duplo servocomando. Para se energizar o solenóide 1Y1, utiliza-se um botão pulso S1. Um pulso somente basta para energizar 1Y1. A válvula se manterá pilotada até que seja fornecida energia elétrica para o solenóide 1Y2. Esta válvula é também conhecida como “válvula memória”, pois memoriza o último acionamento. Neste circuito não há necessidade de auto-retenção, porque o solenóide não precisa se manter energizado até que o cilindro atinja o fim de seu curso.

O cilindro da Figura 63 realiza somente um ciclo único. Se o operador mantiver o botão S1 pressionado, o atuador avançará e não retornará até que ele retire seu dedo do botão pulso. Isso porque quando o cilindro chegar até o fim-de-curso 1S, energizando 1Y2, 1Y1 ainda estará energizado, o que resultará em contrapressão. A válvula 1V, neste caso, não poderá ser pilotada para que o cilindro retorne.

E se a máquina requerer um ciclo contínuo? O circuito em que o atuador realiza o ciclo contínuo ilimitado é apresentado na Figura 64.

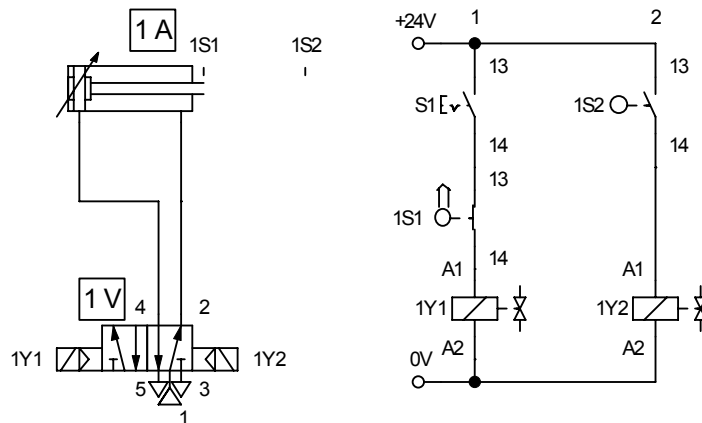


Figura 64 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo de um cilindro de dupla ação

Para que seja feito um ciclo contínuo, quando o cilindro chegar até o rolete 1S1, para energizar 1Y2, 1Y1 deve estar desenergizado, para não ocorrer contrapressão. Insere-se no circuito um novo fim-de-curso 1S1, normal aberto, no curso de retorno do cilindro. O contato do fim-de-curso S3 é representado fechado no circuito (embora possa ser reconhecido como normal aberto por dois fatores – seus contatos recebem a numeração 13 e 14 e também há uma seta em cima de 1S1, representando o cames). Chamamos este contato de normal aberto e inicialmente fechado.

Assim, no circuito da Figura 64, quando o cilindro partir, ele deixará de estar em contato com 1S1, que tem seus contatos voltados ao que são realmente (abertos).

Quando o cilindro atingir 1S2 para energizar 1Y2, como 1S1 está aberto, não haverá energia elétrica em 1Y1, não havendo, portanto, o perigo de contrapressão. O cilindro realizará um ciclo contínuo.

A Figura 65 apresenta um circuito contínuo ilimitado traçado com uma válvula direcional 5/2 vias simples servocomando.

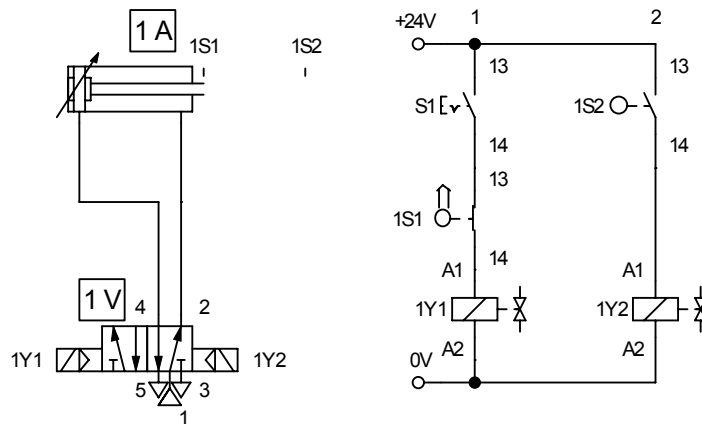


Figura 65 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo de um cilindro de dupla ação

No circuito da Figura 65, o fim-de-curso 1S1 é utilizado somente para que o relê K1 não seja energizado novamente após a quebra do selo por 1S2. Quando o atuador começa seu retorno, 1S2 fecha novamente seus contatos. Se não existisse 1S1, assim que o contato 1S2 fosse fechado, a bobina do relê K1 se energizaria novamente.

Nos circuitos das Figuras 64 e 65 serão inseridos botões de emergência. Há vários princípios de funcionamento dos botões de emergência, que aos poucos serão apresentados nesta apostila. O mais usado é aquele que faz com que o cilindro retorne imediatamente quando pressionado, não importa em que posição esteja. Para que isso aconteça, no caso de válvulas duplo solenóide ou duplo servocomando, deve-se desenergizar o solenóide responsável pelo piloto esquerdo da válvula e energizar o solenóide responsável pelo retorno do cilindro, conforme é apresentado na Figura 66.

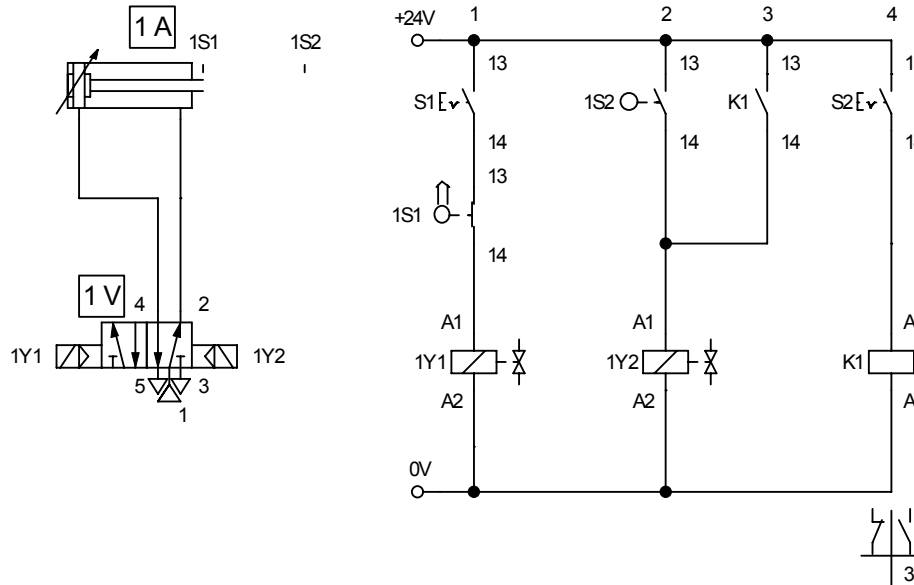


Figura 66 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo com botão de emergência

No circuito da Figura 66, S2 é o botão de emergência. Ele energiza a bobina de um relê K1, cujos contatos serão responsáveis pela desenergização de 1Y1 e energização de 1Y2. Isso faz com que o cilindro retorne, não importa em que posição esteja. Para que o ciclo se reinicie, é necessário que se pressione novamente o botão trava S2.

Para o caso do ciclo contínuo realizado com uma válvula simples solenóide, a solução é mais simples. Basta que se desenergize o solenóide responsável pela pilotagem da válvula e conseqüente avanço do atuador.

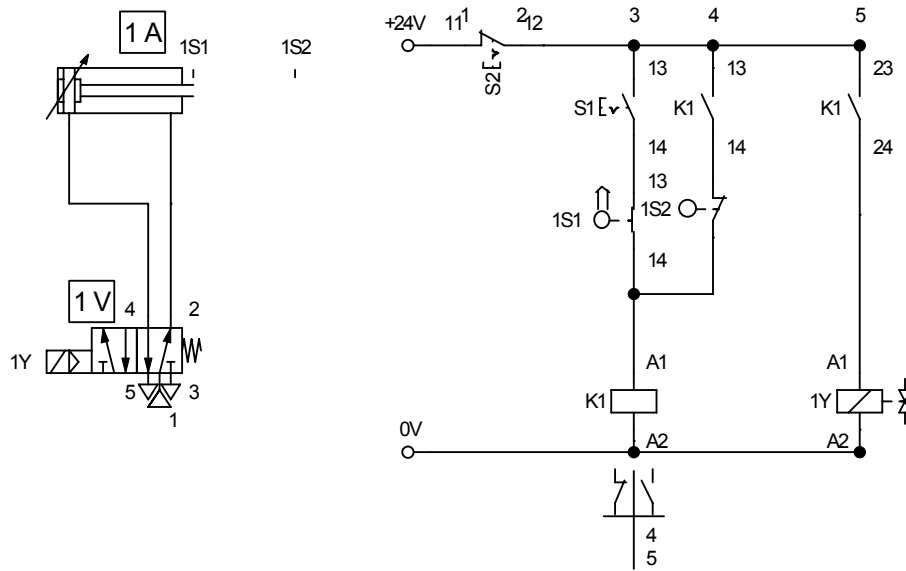


Figura 67 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo com botão de emergência

No circuito da Figura 67, o botão de emergência é o S2. Sua função é desativar a fonte, não permitindo que chegue mais energia elétrica a nenhum ponto do circuito. Desta forma, com 1Y desenergizado, a mola piloto o retorno da válvula 1V e o cilindro retorna, não importa em que posição esteja.

Os exemplos das Figuras 64 a 67 trazem ciclos contínuos ilimitados. E se desejarmos um ciclo contínuo limitado, ou seja, se quisermos que um atuador efetue cinco ciclos e depois pare? Para resolvermos este problema, necessitamos de um relê contador, como pode ser visto na Figura 68.

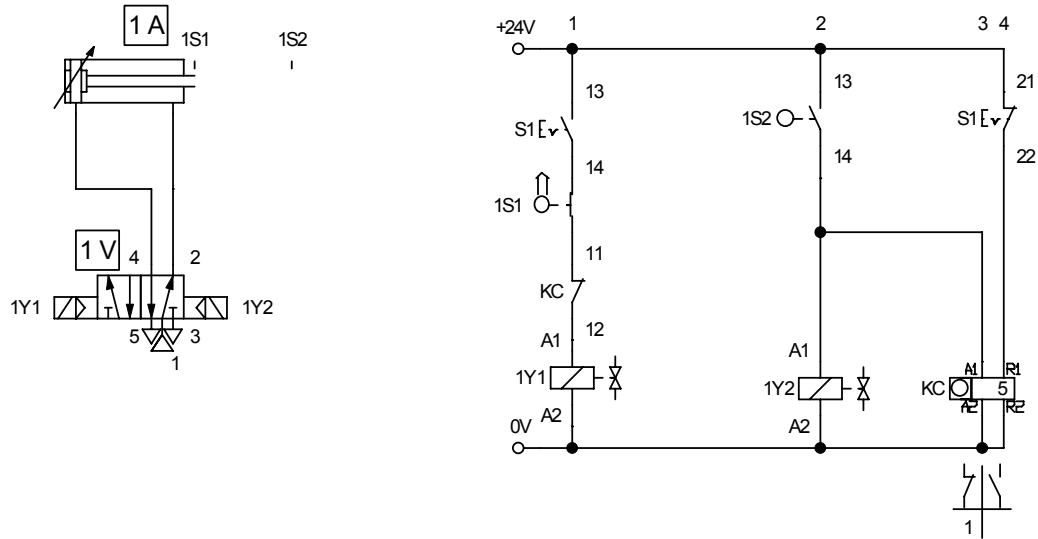


Figura 68 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo limitado

O relê contador leva a nomenclatura KC e possui duas bobinas, uma contadora e outra zeradora. Os contatos da bobina contadora levam a numeração A1 e A2 e toda vez que for energizada conta um número. Desta maneira, ao energizarmos uma vez (e após desenergizarmos, claro) a bobina contadora de Kc, ela registrará o número 1. A segunda vez o número 2 e assim por diante, até atingir o número predeterminado. Ao atingir este número, seu contato é invertido. Este contato só voltará à posição original quando o relê contador for zerado. Para isso, utilizados a bobina zeradora, cujos contatos são representados pela numeração R1 e R2. No circuito da Figura 68, toda vez que o atuador bater no fim-de-curso S2, energizará a bobina contadora do relê contador, contando um ciclo. Quando bater cinco vezes em S2, inverterá o contato de KC, não permitindo mais que 1Y1 seja energizado. Para reiniciar um novo ciclo, o botão S1 deverá ser pressionado novamente, o que faz com que a bobina zeradora seja energizada, zerando o relê contador e permitindo que ser reinicie um novo ciclo.

A Figura 69 apresenta uma foto de um contador digital, fabricado pela Festo.



Figura 69 – Contador digital da Festo

Para o caso de uma válvula direcional simples servocomando, a solução é apresentada no circuito da Figura 70.

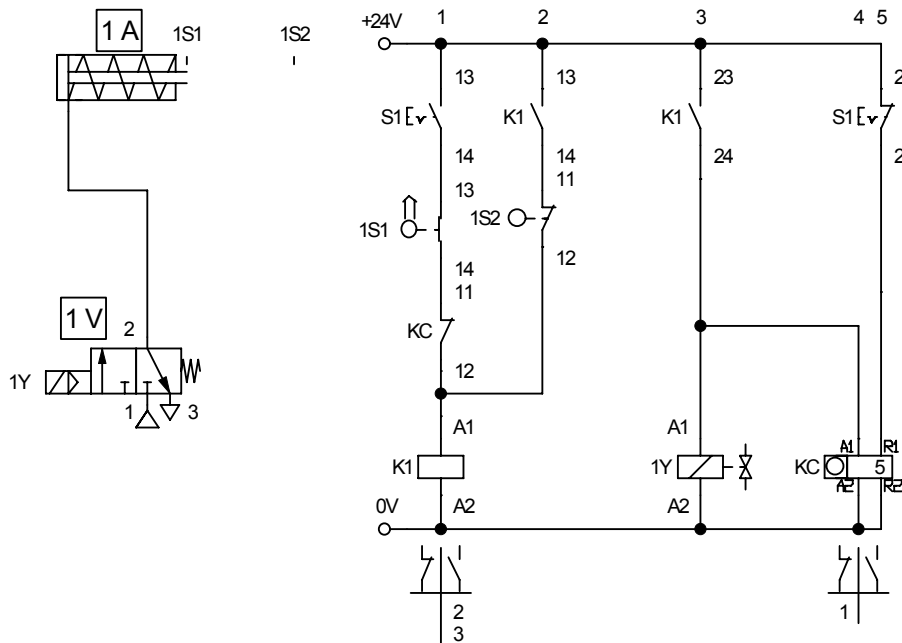


Figura 70 – Circuito eletro-pneumático, ciclo contínuo limitado

Há também um outro tipo de relê especial que é de grande importância para a eletro-pneumática. É o relê temporizador. Há dois tipos construtivos: o relê temporizador com retardo no energizar e o relê temporizador com retardo no desenergizar, cujos símbolos estão apresentados na Figura 71.

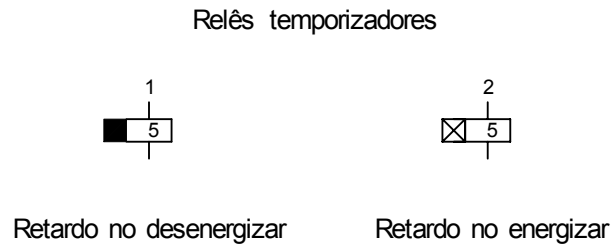


Figura 71 – Relês temporizadores

O relê temporizador com retardo no desenergizar funciona da seguinte maneira: quando sua bobina é energizada, ele inverte todos os seus contatos imediatamente. Assim que sua bobina for desenergizada, o tempo predeterminado começa a ser contado e quando este tempo passar, todos os seus contatos são invertidos, voltando à posição original.

Já o relê temporizador com retardo no energizar trabalha de modo diferente: quando sua bobina é energizada, ele começa a contar o tempo predeterminado. Quando este tempo for vencido, seus contatos são invertidos. Assim que sua bobina é desenergizada, ele inverte imediatamente seus contatos, que voltam à posição original.

A Figura 72 apresenta uma foto de uma caixa de relês temporizadores.

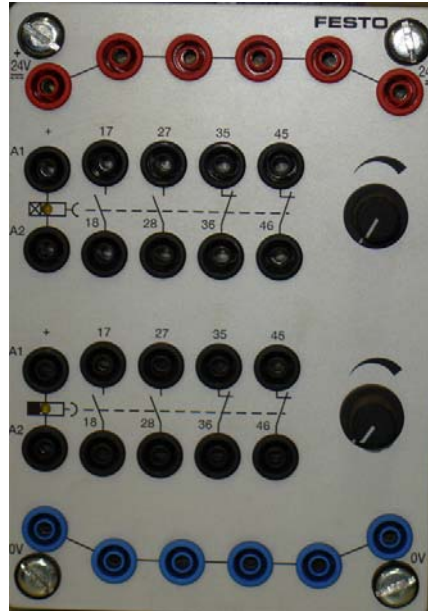


Figura 72 – Caixa com relês temporizadores com retardo no energizar e no desenergizar

Vamos agora traçar um circuito eletro-pneumático no qual o cilindro permanece avançado durante cinco segundos e depois retorna automaticamente. Tal circuito é apresentado na Figura 73, resolvido utilizando uma válvula direcional duplo servocomando e na Figura 74, resolvido utilizando uma válvula direcional simples servocomando.

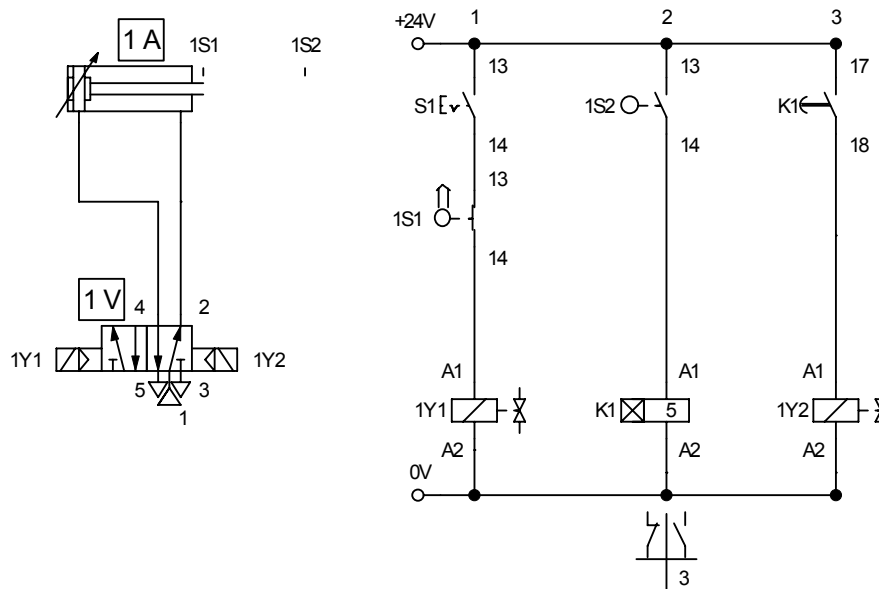


Figura 73 – Ciclo contínuo, o cilindro permanece avançado por cinco segundos

Observe, na Figura 73, que os contatos de um relê temporizador têm uma numeração diferente: 7 e 8 para contatos abertos e 5 e 6 para contatos fechados.

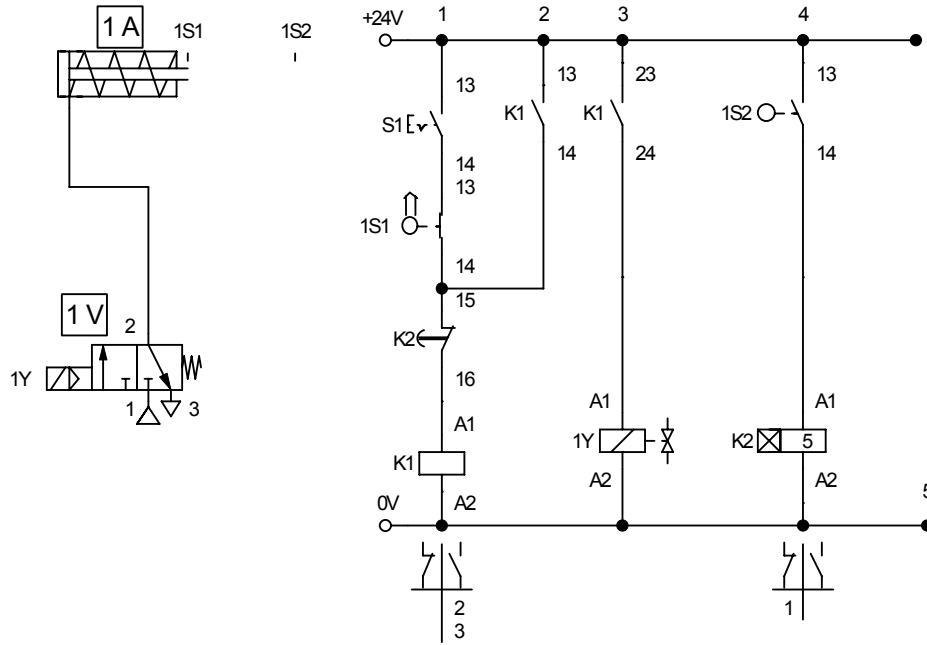


Figura 74 – Ciclo contínuo, o cilindro permanece avançado por cinco segundos

Se quisermos limitar o número de ciclos no circuito da Figura 73, basta inserir no um relê contador, como pode ser visto na Figura 75.

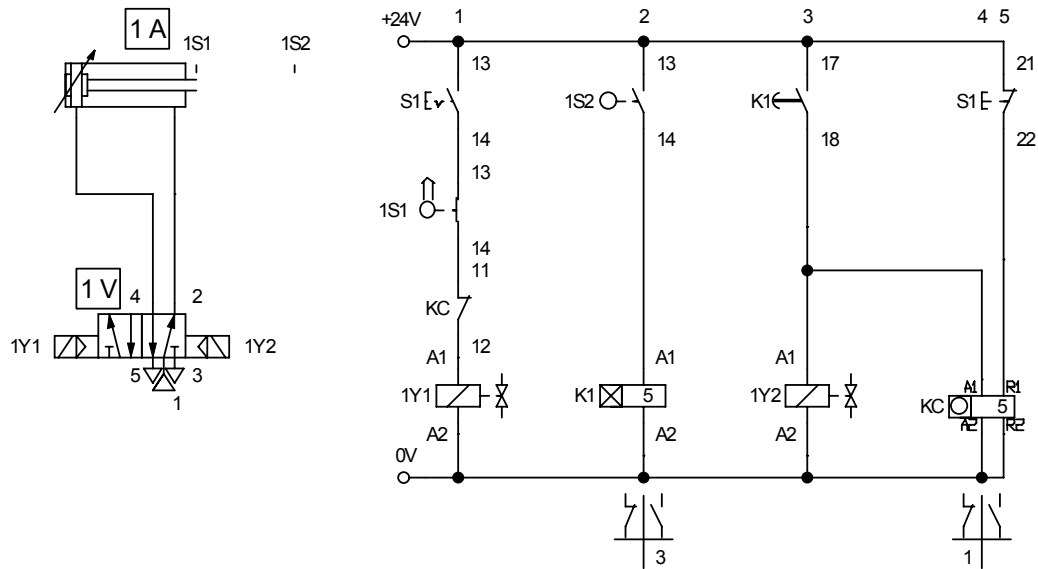


Figura 75 – Ciclo contínuo limitado, o cilindro permanece avançado por cinco segundos

Para circuitos que acionam máquinas que oferecem perigo ao usuário, como prensas, é necessária a confecção de circuitos em que o operador mantenha as duas mãos ocupadas. Chamamos a estes comandos de bimanuais. Há desde os bastante simples, que não são muito seguros, até os mais complexos, evidentemente com dispositivos e soluções que oferecem muito mais segurança. Um circuito com comando bimanual é apresentado na Figura 76.

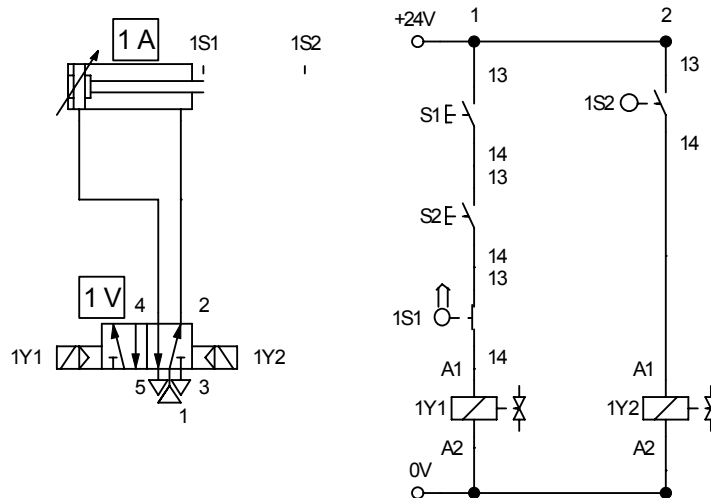


Figura 76 – Circuito com comando bimanual

No circuito da Figura 76, o solenóide 1Y1 só será energizado quando o operador pressionar os dois botões pulso, S1 e S2. Entretanto, é fácil driblar esta limitação, bastando que o operador fixe um dos dois botões com uma fita adesiva, mantendo uma das mãos livres e acionando o circuito com apenas um botão.

A Figura 77 apresenta um circuito comando bimanual mais sofisticado.

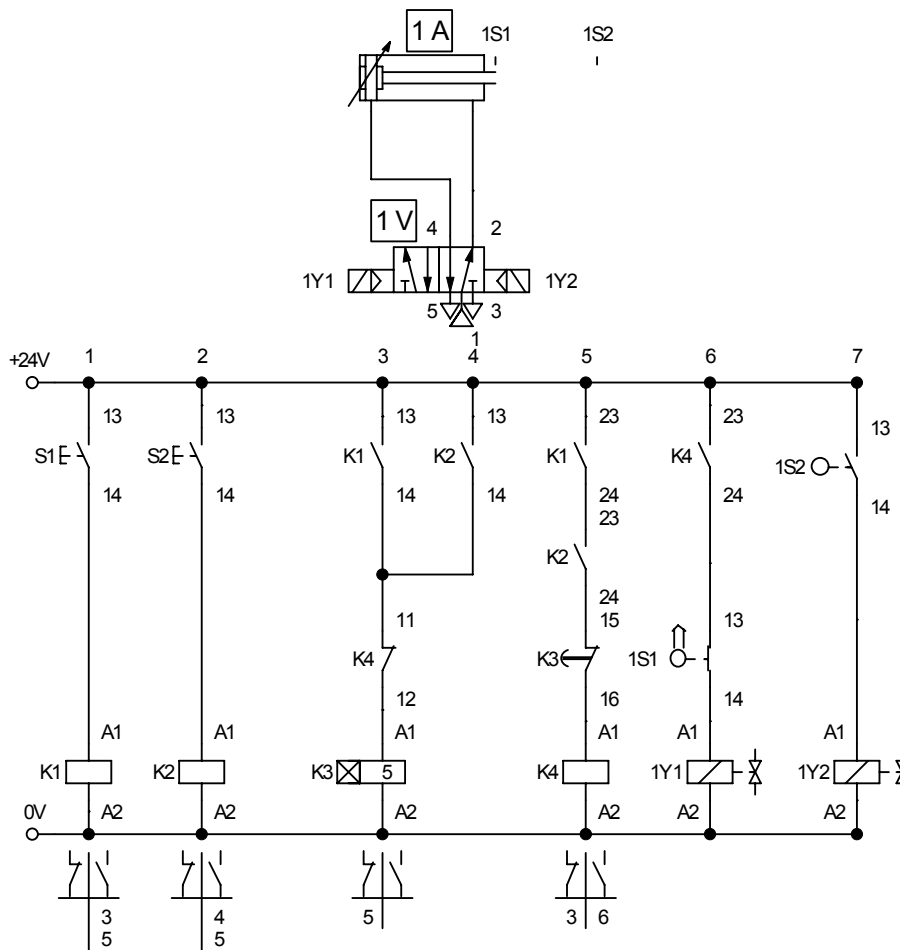


Figura 77 – Circuito com comando bimanual

O circuito da Figura 77 é clássico. Se o operário demorar mais de dois segundos para acionar os dois botões S1 e S2, o cilindro não parte mais. Desta forma, não adiantará nada se ele fixar um dos dois botões, para tentar manter uma mão livre. A função do relê temporizador K3 é somente marcar este tempo. Uma vez que o operador tenha acionado os dois botões num intervalo menor que dois segundos, pode-se tirá-lo de operação. Para isso, é utilizado um contato do relê K4. Se o operador acionar os dois botões num intervalo menor do que dois segundos, energizará a bobina do relê K4, que

desativará o relê temporizador K3 e energizará o solenóide 1Y1, fazendo com que o cilindro parta.

No circuito da Figura 77, o botão S1 é pressionado, energizando o relê temporizador K3, mas não consegue energizar o relê K4. O relê temporizador K3 inicia a contagem de tempo. Se o operador não pressionar o botão S2 num intervalo menor do que dois segundos, o contato do relê temporizador K3 é aberto, não permitindo mais que se energize K1. Caso o operador aperte S2 em menos de dois segundos de intervalo, a bobina do relê K4 é energizada. O contato 11, 12 de K4 desenergiza a bobina do relê temporizador com retardo no energizar (o relê não tem mais utilidade neste ciclo) e o contato 23, 24 de K4 energiza o solenóide 1Y1, fazendo com que a válvula 1V seja pilotada e o cilindro parta. Quando o atuador chegar ao fim de seu curso e pressionar o rolete S3, energizará o solenóide 1Y2, responsável pelo retorno da válvula à sua posição normal e pelo retorno do cilindro.

Evidentemente um circuito para acionar uma prensa necessita de um sistema de emergência. Incorporamos tal sistema no circuito da Figura 77, que é apresentado na Figura 78.

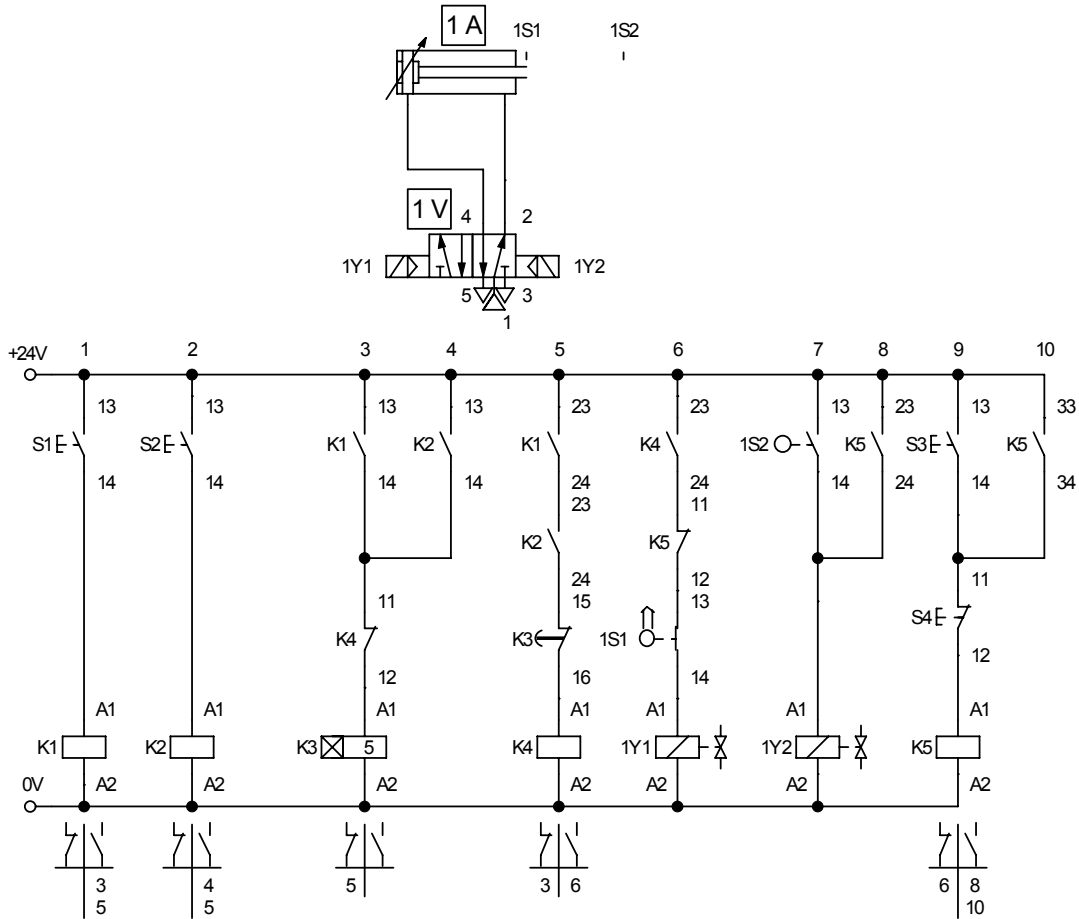


Figura 78 – Circuito com comando bimanual e botão de emergência

Na Figura 78, o botão S3 ao ser pressionado energiza a bobina do relê K5, que utiliza seu contato 33, 34 para se manter energizado e o contato 11, 12 para desenergizar 1Y1. O contato 23, 24 de K5 é usado para energizar 1Y2. É o botão de emergência. S4 é utilizado para quebrar o selo de K5 e permitir que se reinicie o ciclo.

O circuito bimanual para o caso de se usar uma válvula direcional 5/2 vias simples servocomando é apresentado na Figura 79.

Na Figura 79, o botão S3 ao ser pressionado energiza o relê K5, que utiliza seu contato 33, 34 para se manter energizado e o contato 11, 12 para desenergizar 1Y1 e 23, 24 para energizar 1Y2. S3 é o botão de emergência. O botão S4 é utilizado para quebrar o selo de K5 e permitir que se reinicie o ciclo. No circuito com simples servocomando, há a necessidade de se manter o solenóide 1Y1 energizado até que o cilindro chegue ao seu fim de curso e acione S3. Para que isso aconteça, é necessário que o relê K4 tenha uma auto-retenção. Quando o atuador chegar em 1S, este rolete quebrará o selo, para que a mola da válvula 1V atue e a pilote de volta, fazendo com que

o cilindro retorne. É usado o relê K5, energizado pelo rolete 1S, para efetuar esta tarefa. O botão S4 é responsável pela quebra do selo do relê K6, quando o botão de emergência é acionado. S6 é comumente chamado de botão zerador.

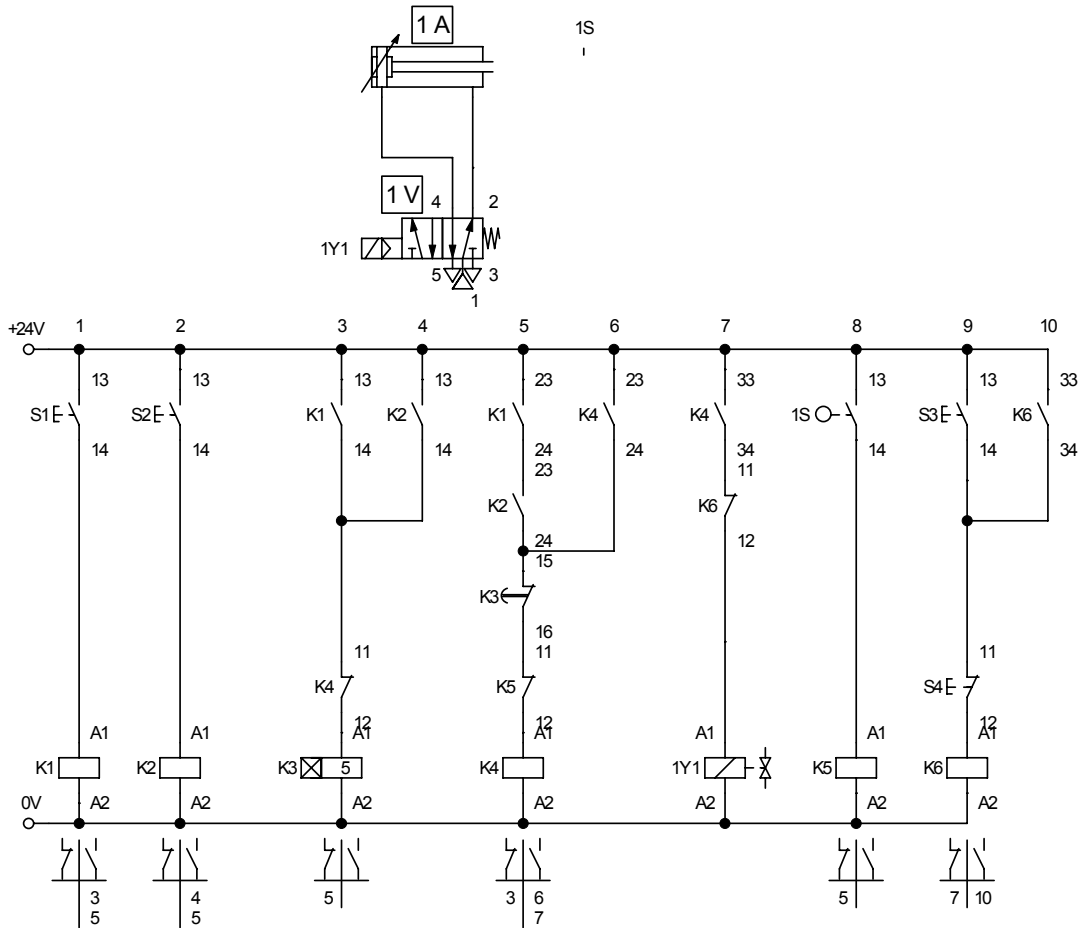


Figura 79 – Circuito com comando bimanual e botão de emergência

Circuitos seqüenciais

Método Intuitivo

O Método Intuitivo não obedece a nenhuma regra e o circuito depende inteiramente do talento e raciocínio do projetista. É mais utilizado em seqüências diretas.

Seja a seqüência 1A+2A+1A-2A-. A Figura 80 apresenta o diagrama eletro-pneumático capaz de realizar estes movimentos.

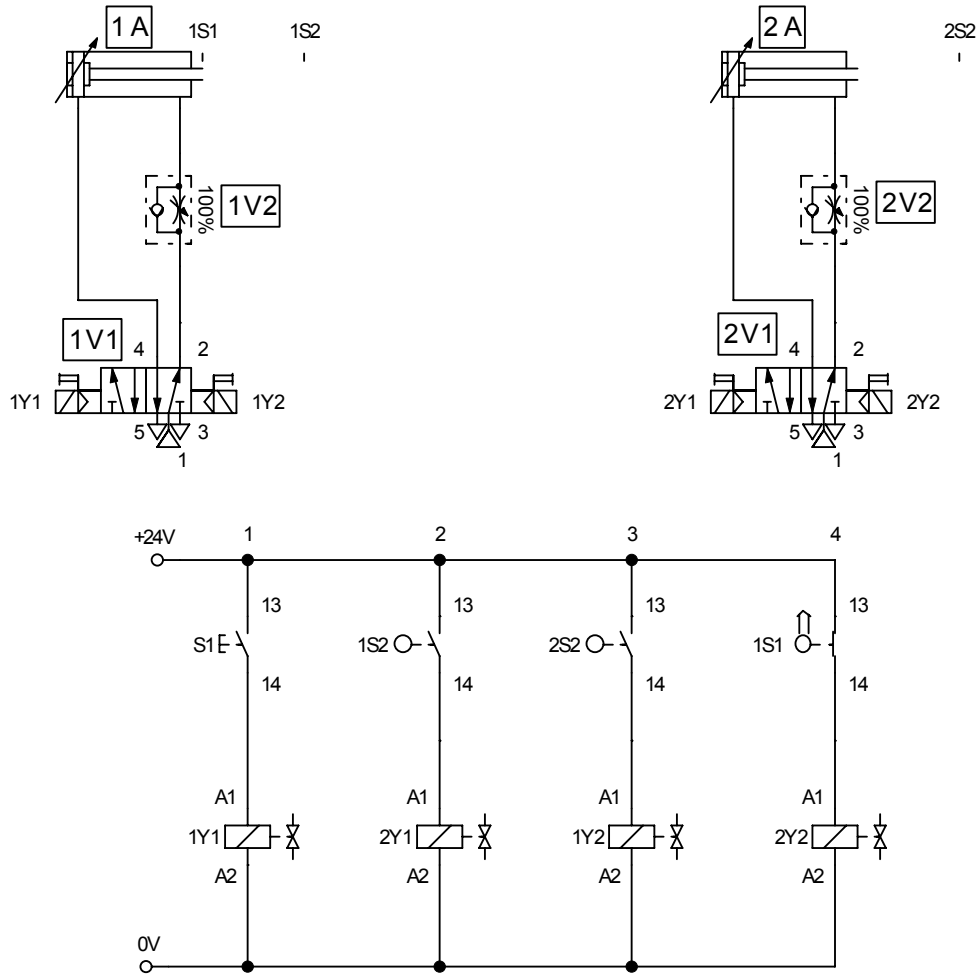


Figura 80 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

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

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

$$1A2A = 1A2A$$

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 em segundo.

No circuito da Figura 80, os solenóides são numerados de acordo com a seguinte regra:

Por exemplo, seja o solenóide 1Y1 – o primeiro número “1” diz respeito ao cilindro 1A e o último número significa que ele é o primeiro solenóide do cilindro 1A. O mesmo raciocínio pode ser aplicado 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 significa que é o segundo solenóide da válvula, ou o solenóide da direita.

Ao se pressionar o botão pulso S1, energiza-se o solenóide 1Y1 e a válvula 1V1 é pilotada, enviando ar para a câmara de avanço do cilindro 1A, como pode ser visto na Figura 81.

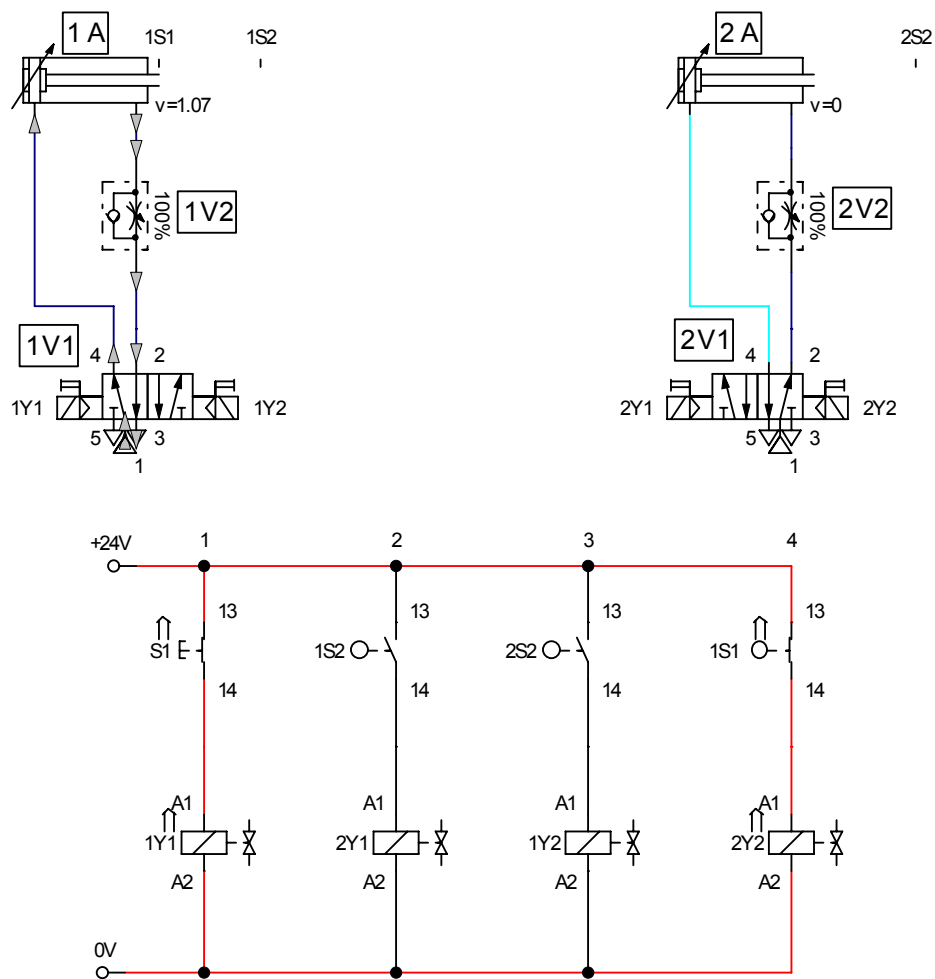


Figura 81 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-. O botão pulso S1 foi pressionado, a válvula 1V1 pilotada e o cilindro 1A está pronto para avançar.

Ao avançar, o cilindro 1A pressiona o fim-de-curso 1S2, que energizará 2Y1, para que o cilindro 2A possa avançar, como pode ser visto na Figura 82. Ao avançar, o cilindro 1A deixa de estar em contato com o fim-de-curso 1S1, cujo contato se abre.

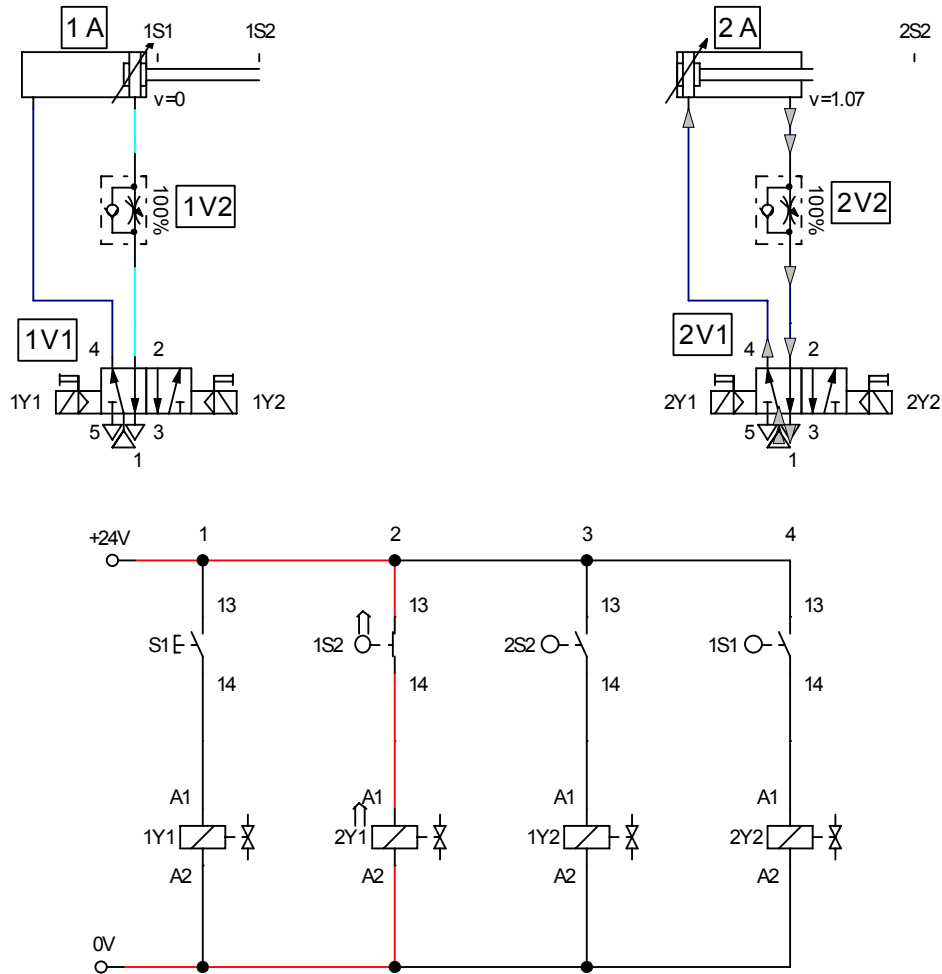


Figura 82 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

Ao avançar, o cilindro 2A pressiona o fim-de-curso 2S2, que energizará o solenóide 1Y2, responsável pelo retorno do cilindro 1A, como pode ser visto na Figura 83.

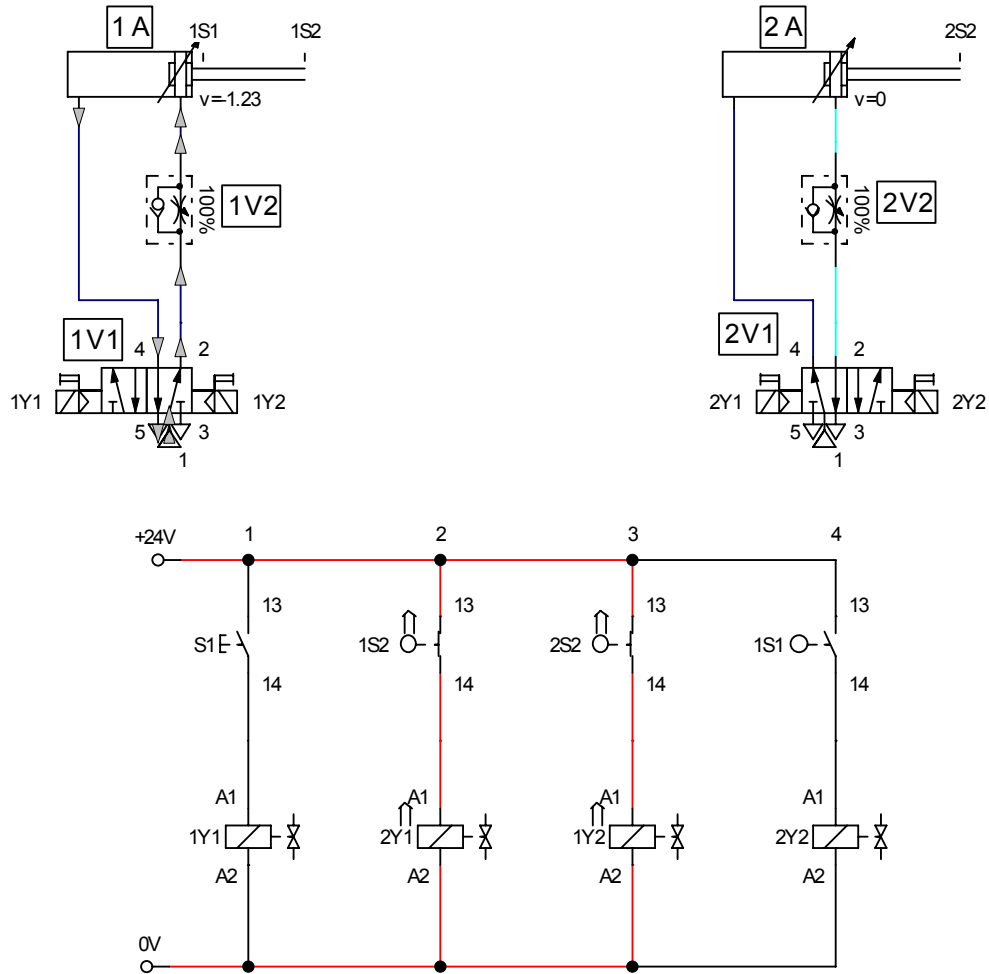


Figura 83 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

Ao retornar, o cilindro 1A pressiona novamente o fim-de-curso 1S1, que energizará o solenóide 2Y2, responsável pelo retorno do cilindro 2A, fechando assim a seqüência, como pode ser visto na Figura 84.

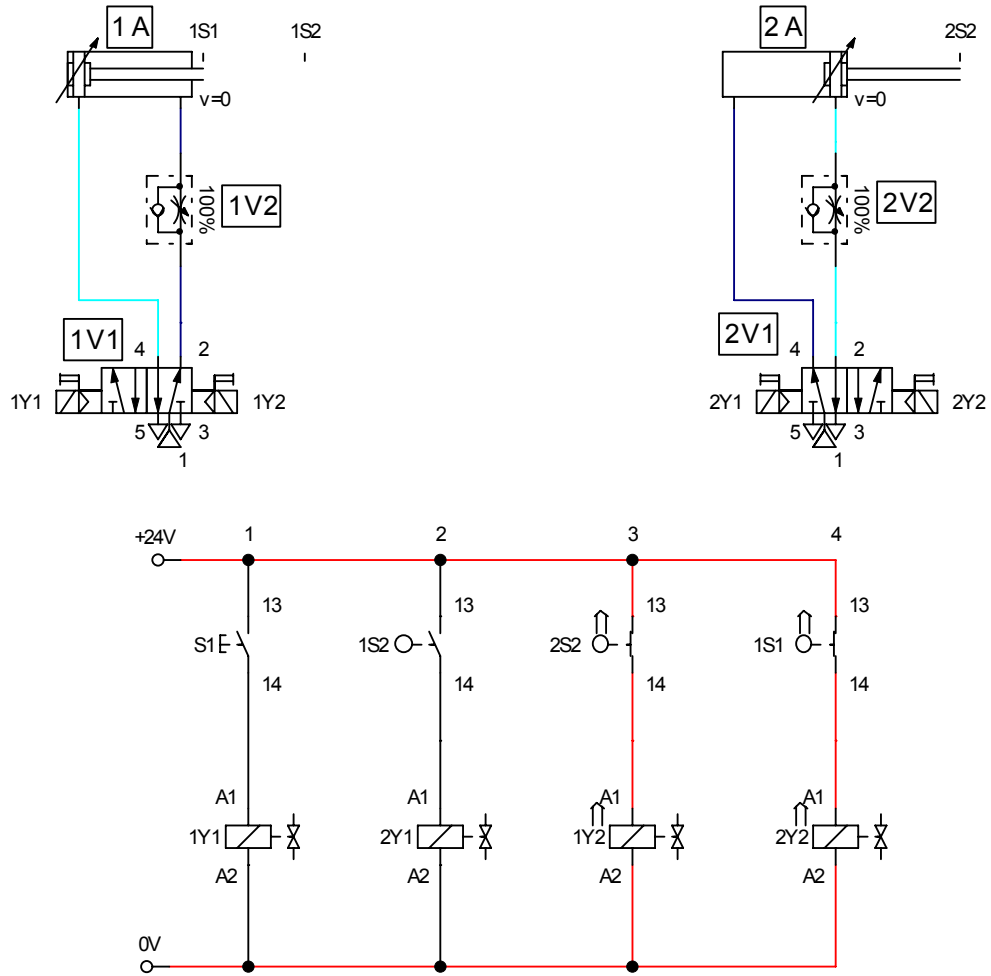


Figura 84 – Circuito eletro-pneumático da seqüência A+B+A-B-

No circuito da Figura 84, percebe-se que o solenóide 2Y2 já é energizado assim que a fonte for ligada. Isso pode ser evitado se se inserir um outro fim-de-curso no cilindro 2A. A Figura 85 apresenta este novo circuito.

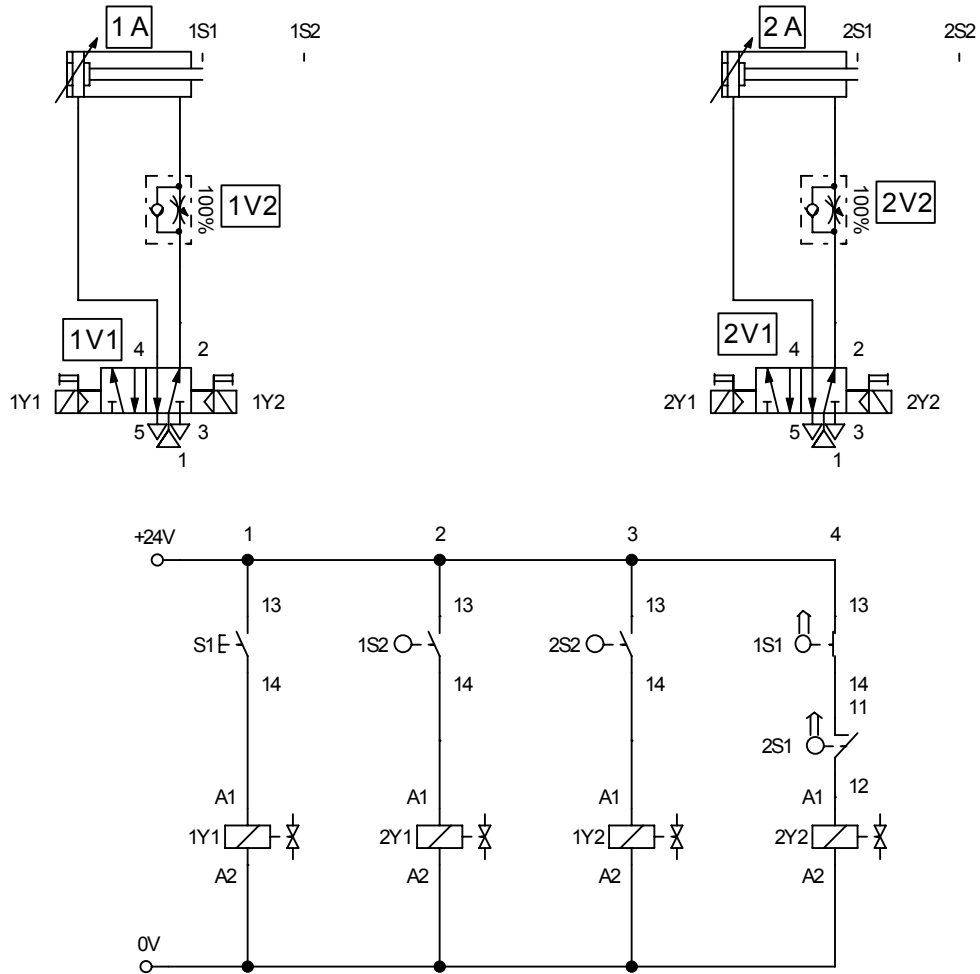


Figura 85 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

É importante perceber que o contato 1S1 é normal aberto (está inicialmente fechado porque está em contato com o cames do cilindro) e por isso recebe a numeração 13 e 14. O contato 2S1 é normal fechado e por isso recebe a numeração 11 e 12 (está inicialmente aberto porque em contato com o cames).

Esta seqüência pode ser traçada utilizando-se válvulas simples solenóide, como pode ser visto na Figura 86.

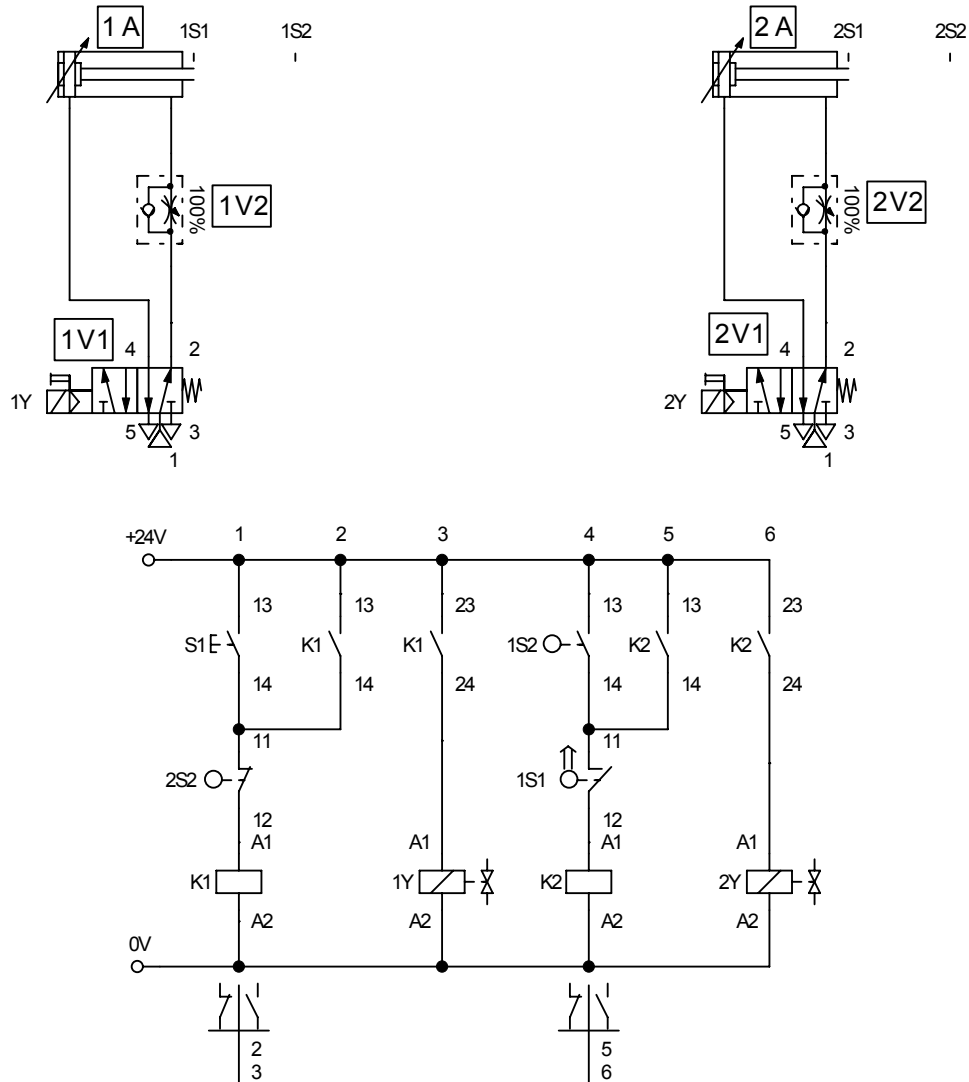


Figura 86 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-

Para que não ocorra um retorno do cilindro quando o botão pulso S1 não estiver mais pressionado, utiliza-se uma auto-retenção no relê K1, como pode ser visto na Figura 86. O retorno do cilindro é feito ao se desenergizar K1, quebrando seu selo. Para isso é utilizado o fim de curso 2S2.

O ciclo contínuo da seqüência 1A+2A+1A-2A- é apresentado no circuito da Figura 87.

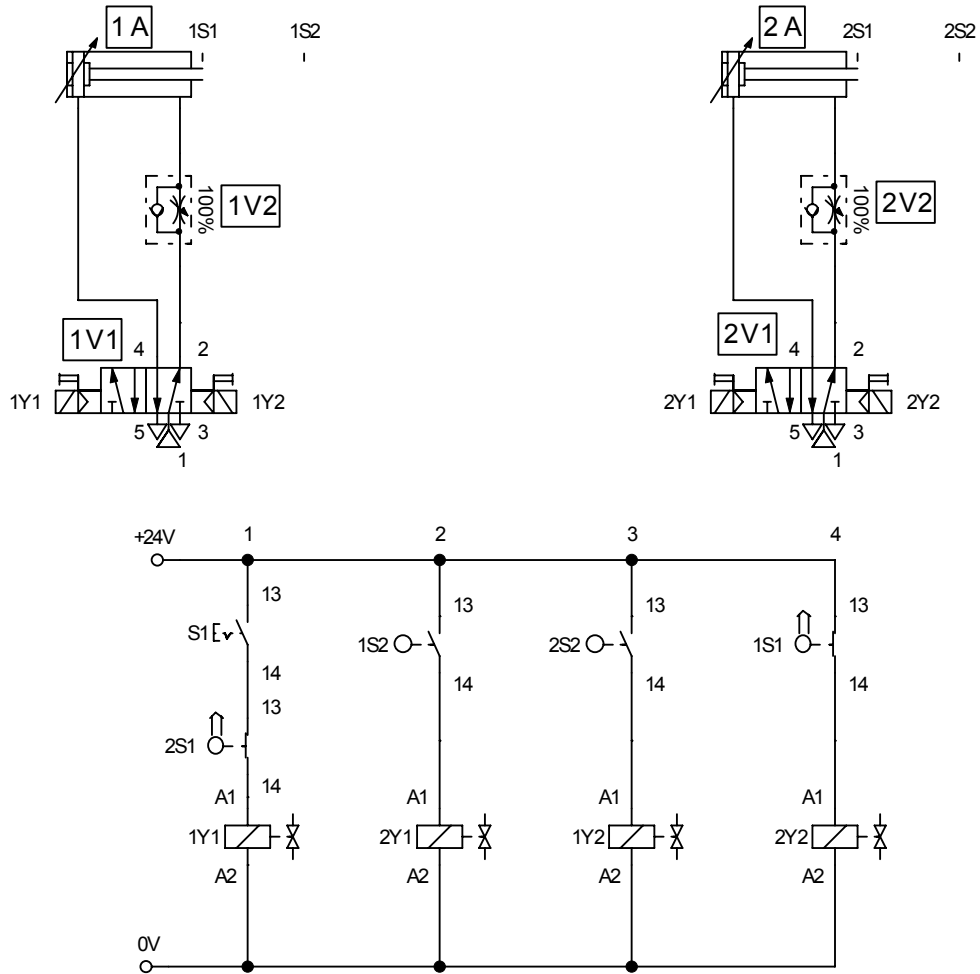


Figura 87 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-. Ciclo contínuo.

Método Cascata

Como no método cascata para um circuito puramente pneumático, a primeira tarefa a ser efetuada é a divisão da seqüência em setores ou linhas. Seja, por exemplo, a seqüência 1A+2A+2A-1A-. Esta seqüência pode ser dividida em dois setores:

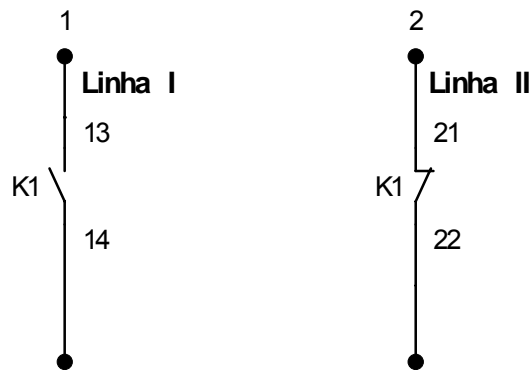
$$1A+2A+|2A-1A-$$

Setor I | Setor II

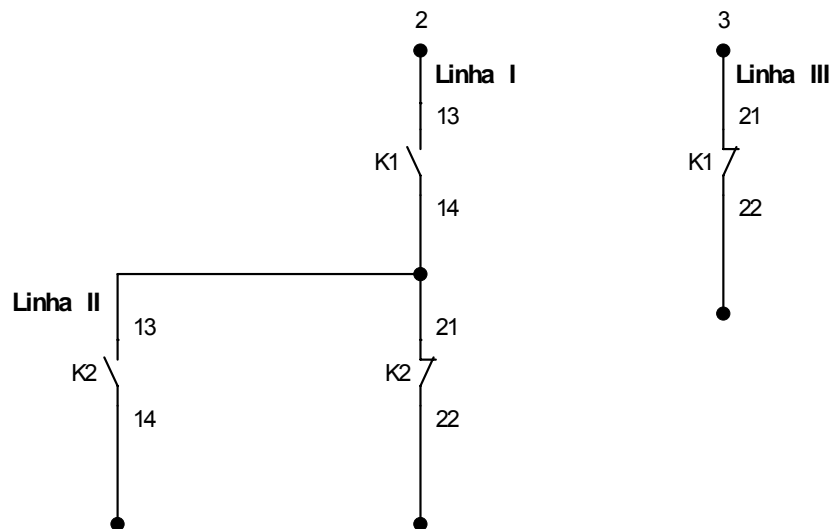
Se na pneumática o número de válvulas 5/2 vias ou 4/2 vias responsáveis pela mudança de linhas era igual ao número de setores menos 1, aqui estas válvulas são

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

O segundo passo é traçar a cascata elétrica. Para dois setores (ou duas linhas), a cascata é da seguinte forma:

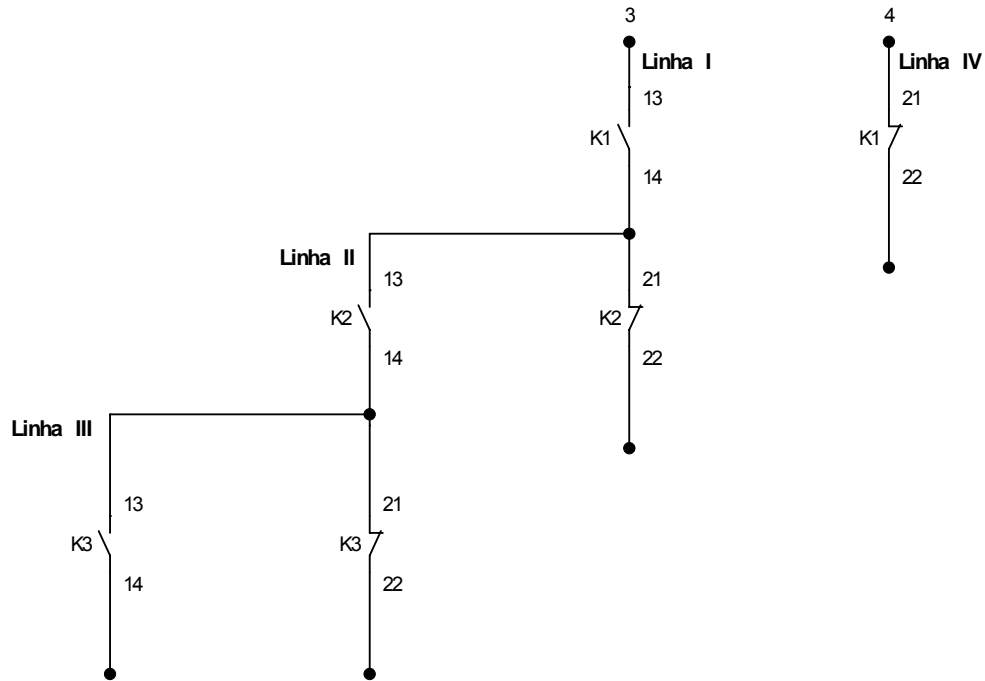


Para três setores (três linhas):



Ou seja, tem-se 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):



E assim por diante. Sempre com dois contatos de cada relê em paralelo. Essa estrutura se deve ao fato de que a linha II deva depender da linha I, a linha III dependa da linha II para ser energizada e assim por diante. Também porque, ao se energizar a linha II, a linha I seja desenergizada. Ao se desenergizar a linha III, a linha II deve ser desenergizada e assim por diante.

No Método Cascata puramente pneumático, a última linha sempre iniciava a seqüência de movimentos pressurizada. Aqui a última linha inicia a seqüência energizada.

O raciocínio continua o mesmo que para o Método Cascata puramente pneumático: A última linha é desenergizada para que se energize a linha seguinte, que por sua vez será desenergizada para energizar a seguinte e assim por diante. Então, para quatro setores, a Linha IV será desenergizada e a Linha I se energiza. Ao se desenergizar a Linha I, a Linha II é imediatamente energizada e assim por diante. Para a mudança de linha, analogamente ao Método Cascata puramente pneumático, em que deviam ser pilotadas válvulas 5/2 vias, aqui devem ser energizadas as bobinas dos relês. A quantidade de relês utilizados na mudança de linhas é igual ao número de setores menos um. Para quatro setores tem-se, portanto, 3 relês.

O próximo passo é inserir todos os solenóides e relês, como pode ser visto na Figura 88.

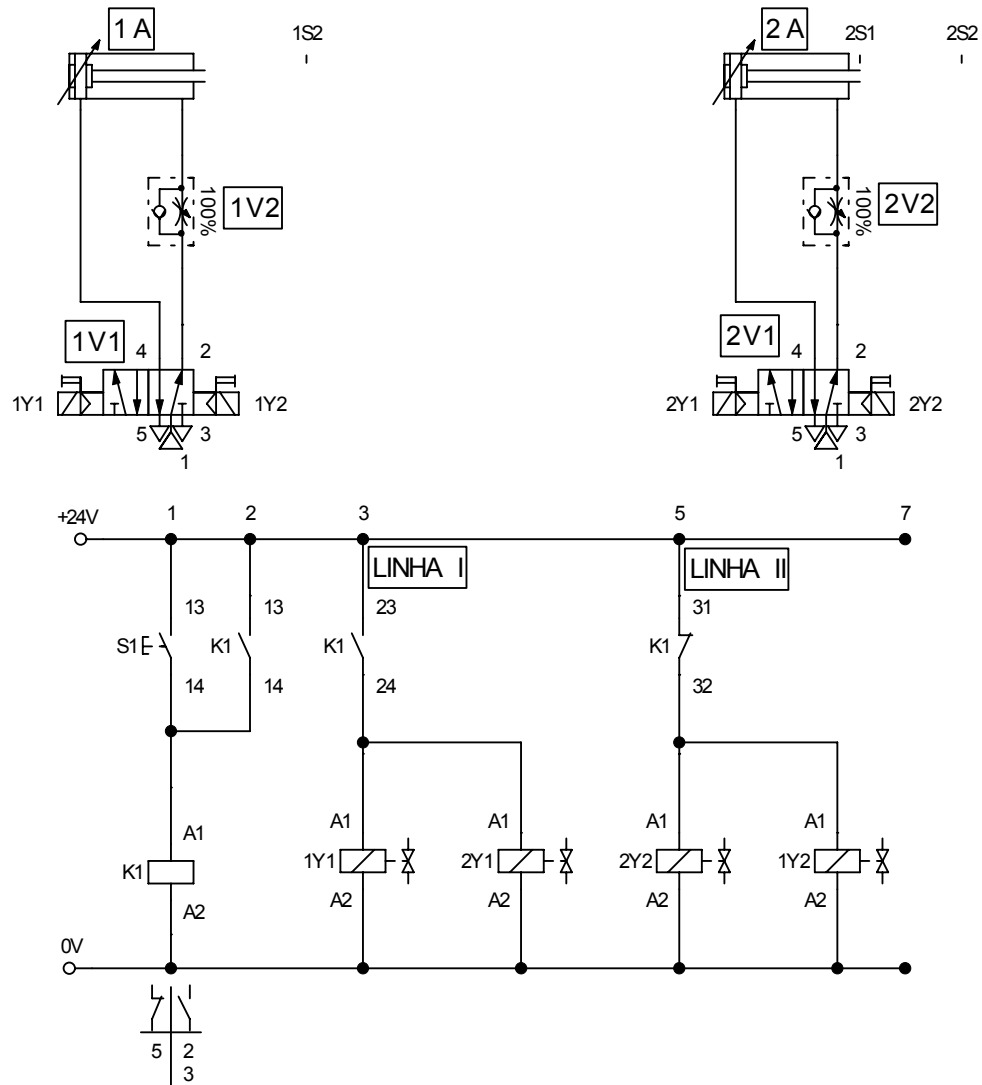


Figura 88 – Primeiro passo na construção de um circuito eletro-pneumático pelo Método Cascata da seqüência indireta 1A+2A+2A-1A-

Evidentemente os solenóides 1Y1 e 2Y1 não podem ficar acionados desta maneira e tampouco 2Y1 e 2Y2, senão acarretaria movimentos simultâneos e desordenados.

Basta, então, inserir os fins-de-curso, responsáveis pela organização da seqüência de movimentos, o que resulta no circuito da Figura 89.

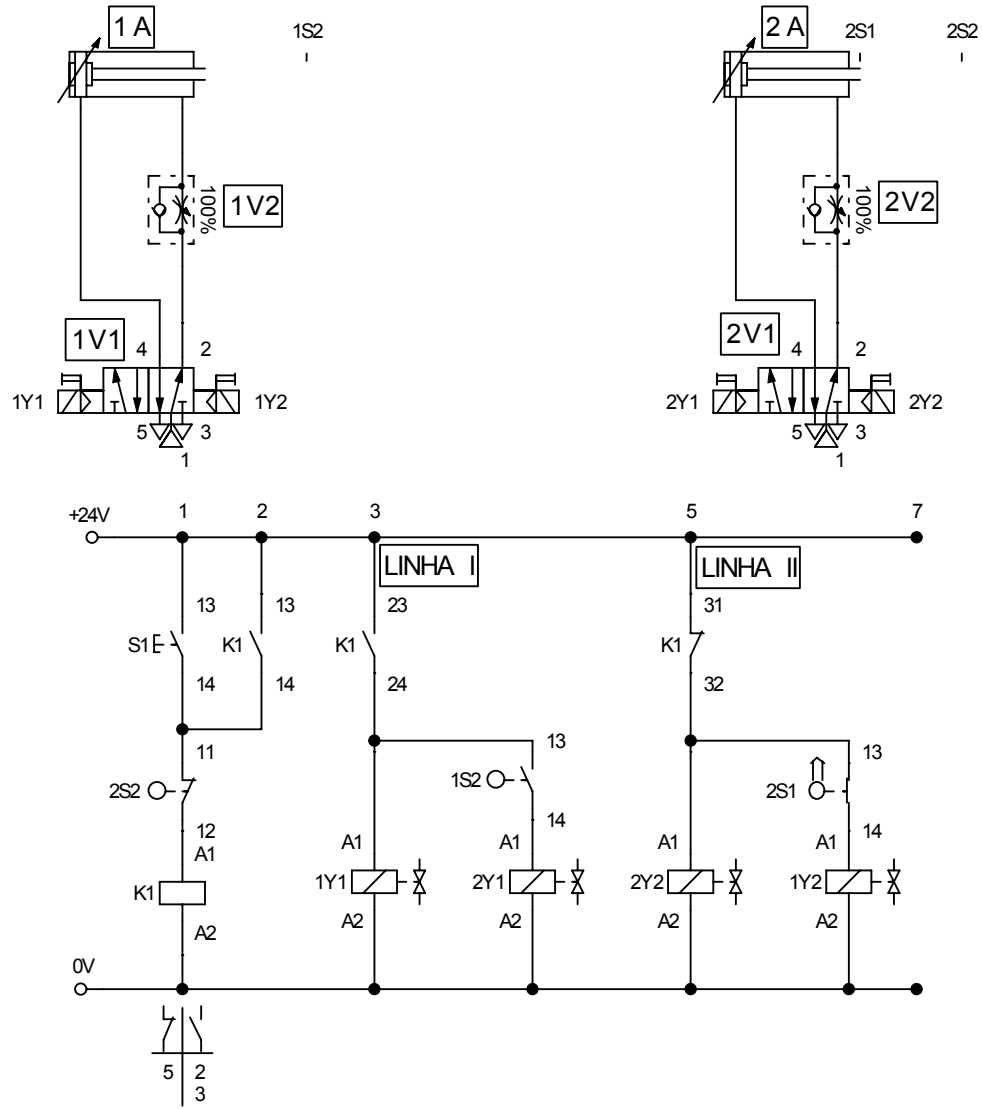


Figura 89 – Circuito cascata da seqüência 1A+2A+2A-1A-

Na Figura 89, ao ser pressionado o botão pulso S1, a bobina do relê K1 é energizada, o que faz com que os contatos de K1 sejam invertidos. O primeiro contato, 13 e 14, é responsável pelo selo ou auto-retenção no relê K1. Ou seja, o relê utiliza um de seus contatos para se manter energizado após a abertura de S1. Os outros dois contatos de K1, 23 e 24, 31 e 32 são responsáveis pela mudança de linha. Ao se fechar o contato 23 e 24, a energização passa para a linha I e ao se abrir o contato 31 e 32, esta linha II passa a ficar desenergizada.

Como o relê K1 está diretamente ligado do contato 23 e 24 de K1, ele é energizado assim que esta mudança de linha é feita, proporcionando o avanço do cilindro 1A, como pode ser visto na Figura 90.

Na Figura 89, os movimentos de retorno de 2A e de 1A estão na linha (ou setor) II e os movimentos de avanço de 1A e de 2A estão no setor (ou linha) I. Desta forma, o primeiro passo é separar estes solenóides, ligando-os às respectivas linhas. Como o avanço do cilindro 1A acontece na linha I e a energia elétrica está na linha II, utiliza-se o botão pulso S1 para a desenergização da linha II e energização da linha I. Isso se dá por meio da energização da bobina do relê K1. Ao ser energizada esta bobina, o relê inverte seus contatos. O contato NF 31 e 32 de K1 se abre e permanece aberto (há um selo na bobina de K1) e o contato 23 e 24 de K1 se fecha e permanece fechado. É desta maneira que acontece a mudança de linhas no método cascata. O cilindro A avança e atinge o fim-de-curso S2, que energiza 2Y1 e pilota a válvula 2V1, fazendo com que o cilindro 2A avance. O fim-de-curso 2S2 do cilindro deverá fazer o retorno de 2A, ou seja, energizar 2Y2. 2Y2, entretanto, é energizado na Linha II. Para que se retorne para esta linha, o relê K1 deve ser desenergizado. Essa desenergização é feita quebrando-se a auto-retenção, que mantém a bobina do relê energizada. Assim, na linha II, podem ser feitos os dois próximos movimentos da seqüência. Evidentemente estas configurações podem se modificar. Por exemplo, o botão pulso S1 não deve estar necessariamente nesta posição em que se encontra na Figura 89. Isto vai depender de sua função e da criatividade do projetista.

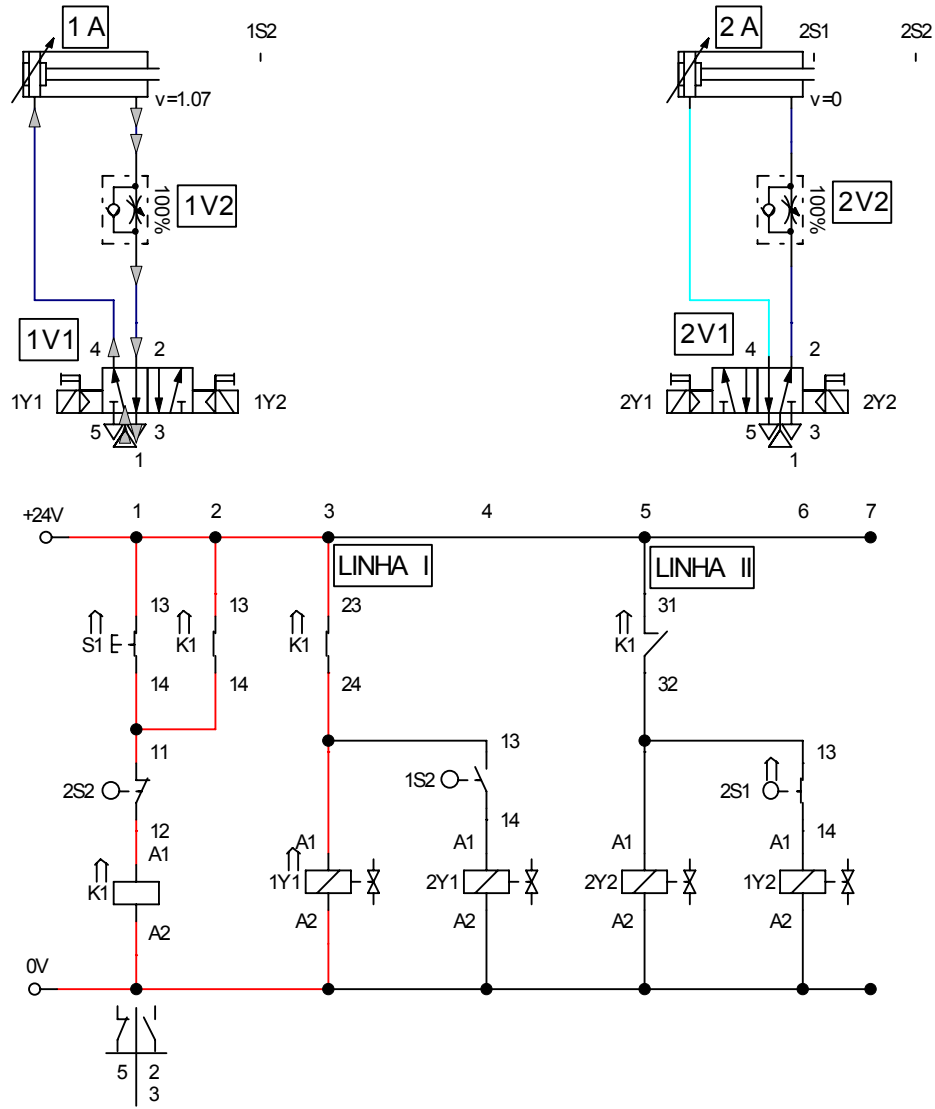


Figura 90 – Simulação do circuito cascata da seqüência 1A+2A+2A-1A-. Primeiro passo.

O cilindro 1A avança. Quando pressionar o fim-de-curso 1S2, o solenóide 2Y1 será energizado, fazendo com que o cilindro 2A avance, como pode ser visto na Figura 91.

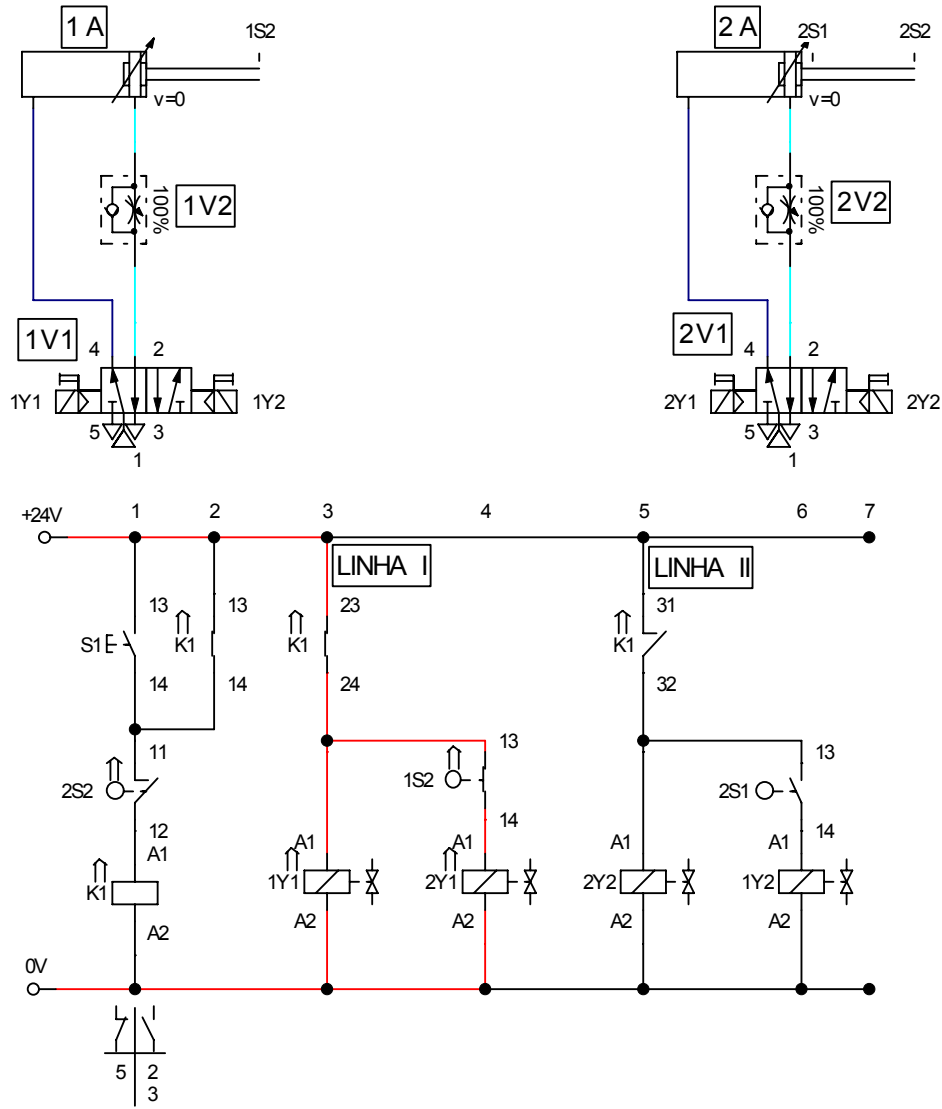


Figura 91 – Simulação do circuito cascata da seqüência 1A+2A+2A-1A-. Segundo passo.

O cilindro 2A avança e pressiona o fim-de-curso 2S2, que desenergizará a bobina do relê K1, quebrando assim o selo. Isso fará com que todos os contatos de K1 sejam invertidos, voltando às suas posições originais. Assim, a linha II volta a ser energizada e a linha I desenergizada, como pode ser visto na Figura 92.

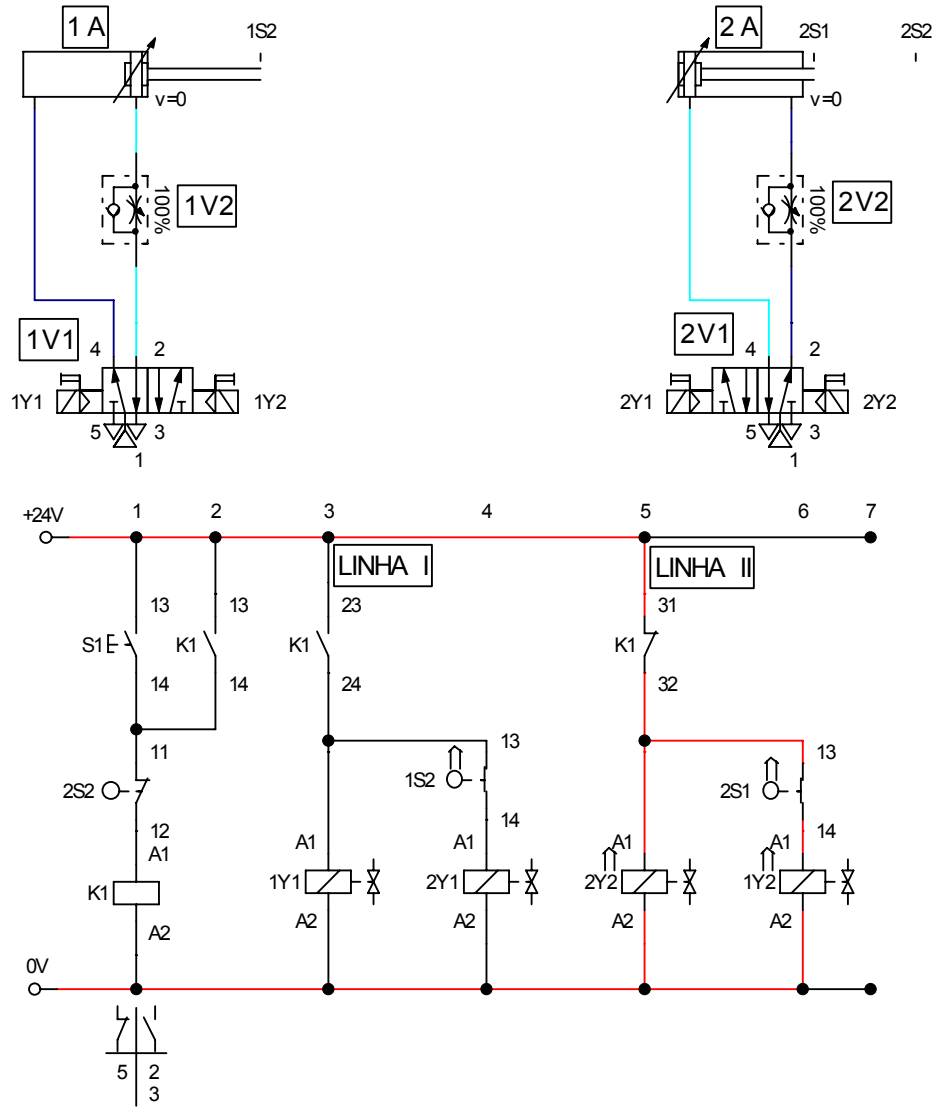


Figura 92 – Simulação do circuito cascata da seqüência 1A+2A+2A-1A-. Terceiro passo.

Com esta 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.

É importante observar que este método foi criado para evitar qualquer sobreposição de sinal (contrapressão). Isto ocorre porque não ocorre avanço e retorno de um cilindro na mesma linha.

Um exemplo de que o botão pulso S1 pode ser trocado de lugar é o circuito da Figura 93.

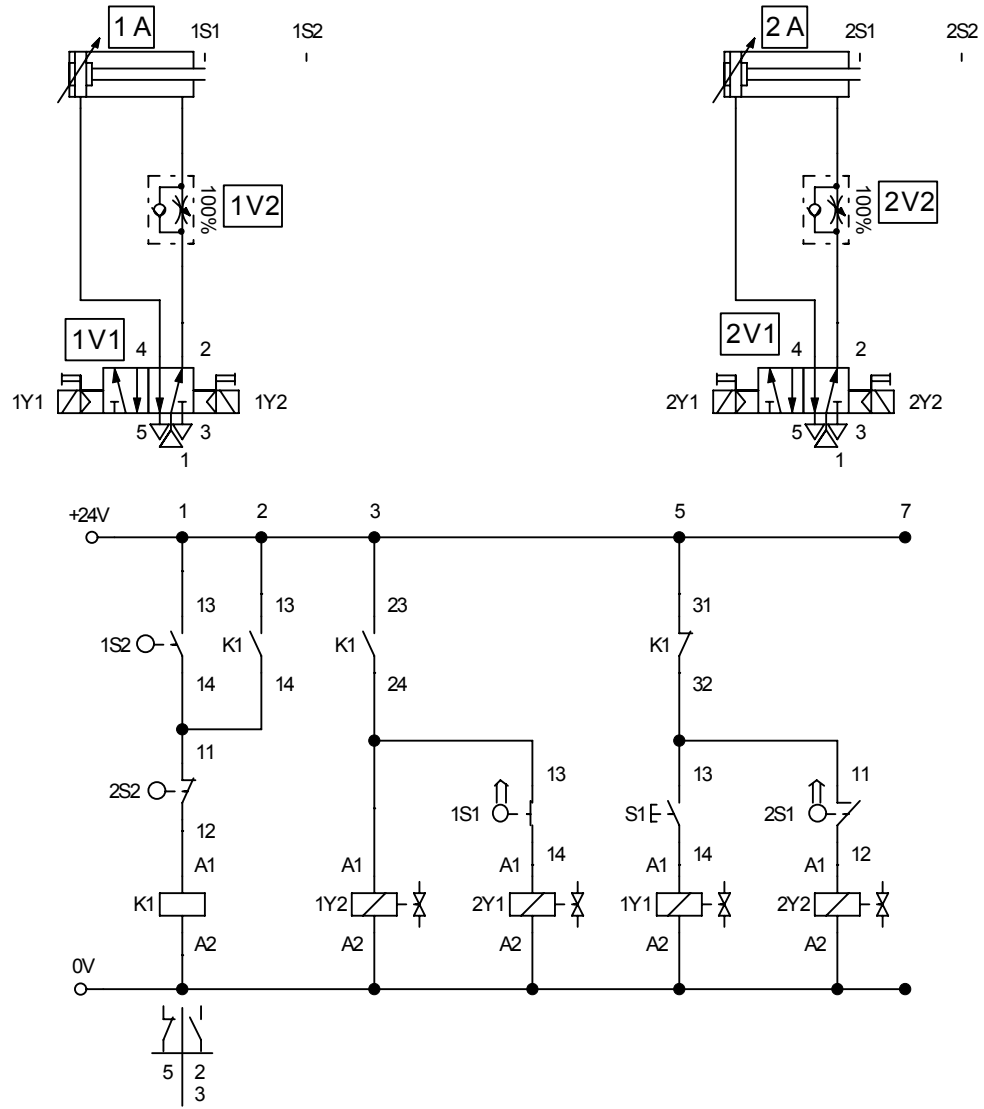


Figura 93 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-

No circuito da Figura 93, para facilitar a montagem do circuito, a separação dos setores é feita da seguinte maneira:

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

Setor II | Setor I | Setor II

A regra para a separação da seqüência em setores é a seguinte: não pode haver movimentos de um mesmo cilindro em uma mesma linha. Daí o motivo de se poder colocar em um mesmo setor 1A+ e 2A-. Esta seqüência também pode ser separada da seguinte forma:

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

Linha I | Linha II | Linha III

A escolha de uma maneira de se separar esta seqüência dependerá da vontade do projetista.

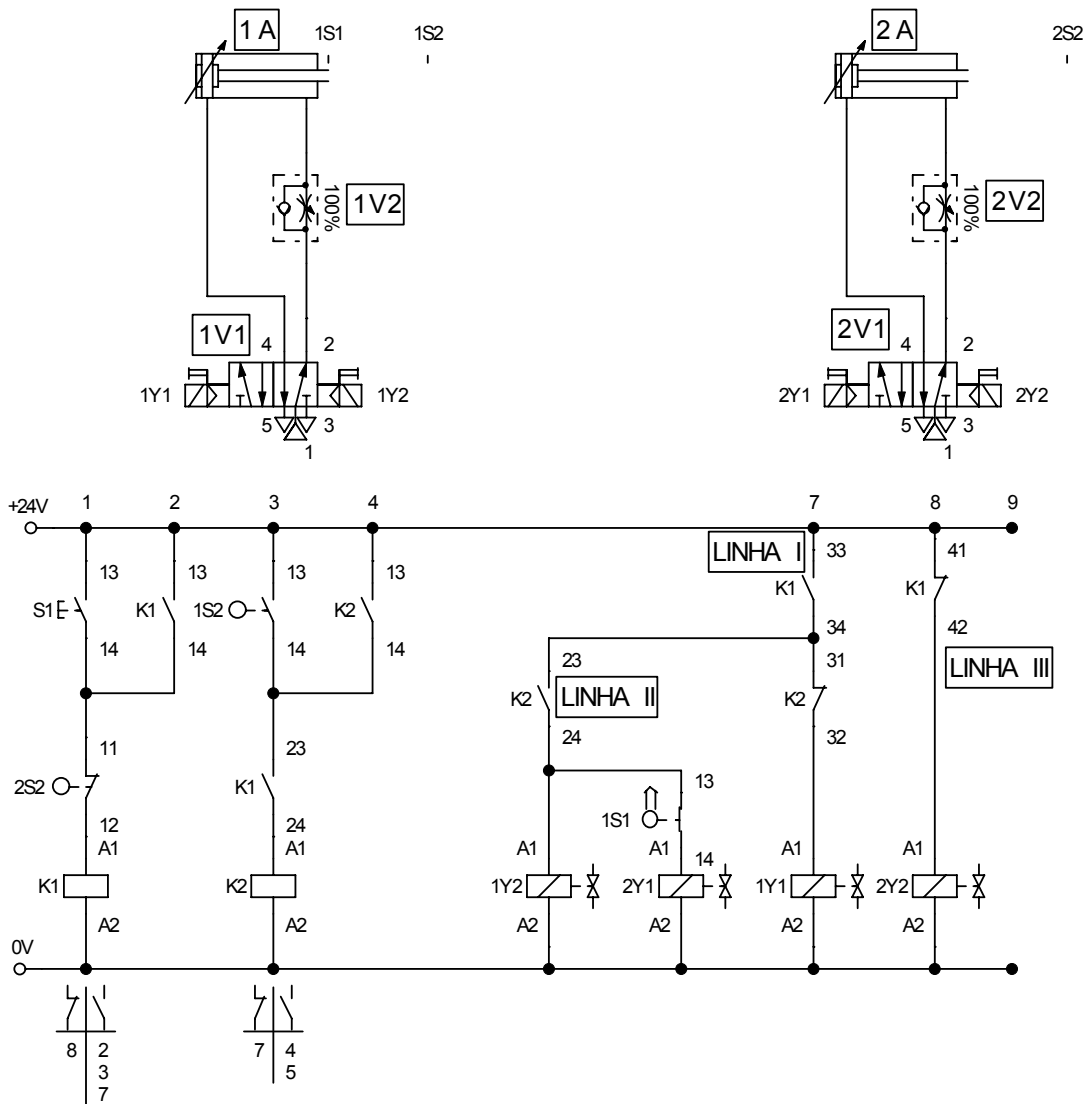


Figura 94 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-

A Figura 94 apresenta um circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-, traçado utilizando-se três linhas (três setores). Para a transferência da energia da Linha III para a Linha I (na qual ocorre o avanço do cilindro 1A), utiliza-se o relê K1 e para a mudança de energia da Linha I para a II, utiliza-se o relê K2. Para que a energia

volte para a Linha III, é importante que **se desenergizem os relês K1 e K2**. A desenergização de somente do relê K1 implica em que, se o operador quiser iniciar um novo ciclo, isto não será possível porque a cascata não foi inteiramente desenergizada.

Há uma questão importante a ser tratada: por que não são utilizadas válvulas direcionais 5/2 vias simples servocomando para se traçar os circuitos com o método cascata? Estas válvulas são mais baratas e com vida útil maior, mas só é aplicável em algumas seqüências bem particulares. Isto porque, quando acontece as mudanças de linhas, há a possibilidade de desenergização dos solenóides de avanço. No caso das válvulas duplo servocomando não há problema, porque elas memorizam o último acionamento. Mas no caso das válvulas simples servocomando isso pode implicar em retorno indesejado de um cilindro no instante errado, comprometendo a seqüência de movimentos desejada.

Para ilustrar um circuito com três cilindros, é apresentada na Figura 95 a resolução da seqüência 1A+1A-2A+3A+3A-2A-, com três setores.

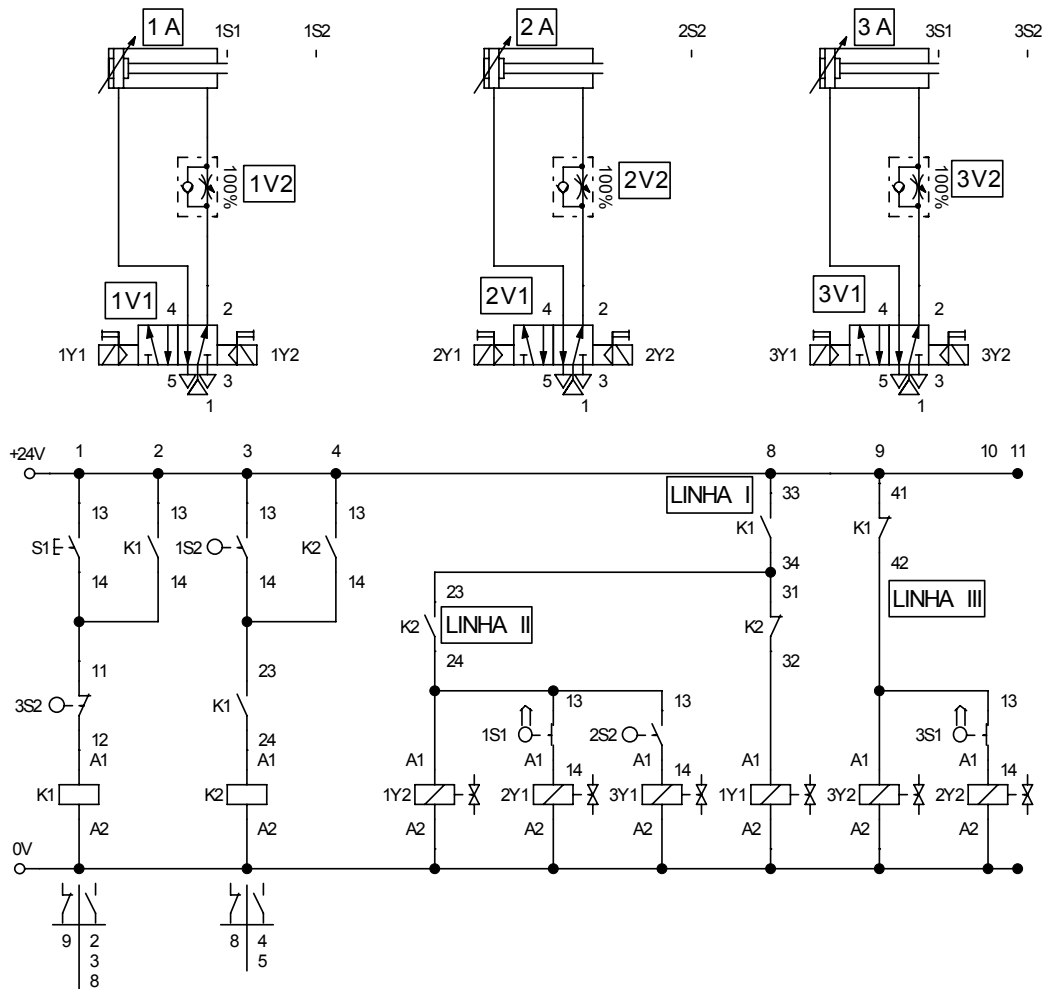


Figura 95 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+3A+3A-2A-

Desta maneira, o solenóide responsável pela pilotagem esquerda da válvula 1V1 e consequentemente responsável pelo avanço do cilindro 1A recebe o número 1Y1. Seguindo a leitura da seqüência da esquerda para direita, vai-se numerando os solenóides na ordem crescente. O mesmo pode ser feito com os fins-de-curso, iniciando a contagem em 1S1.

A Figura 96 apresenta um circuito com quatro setores e dois atuadores, que realizam a seqüência A+B+B-A-B+B-.

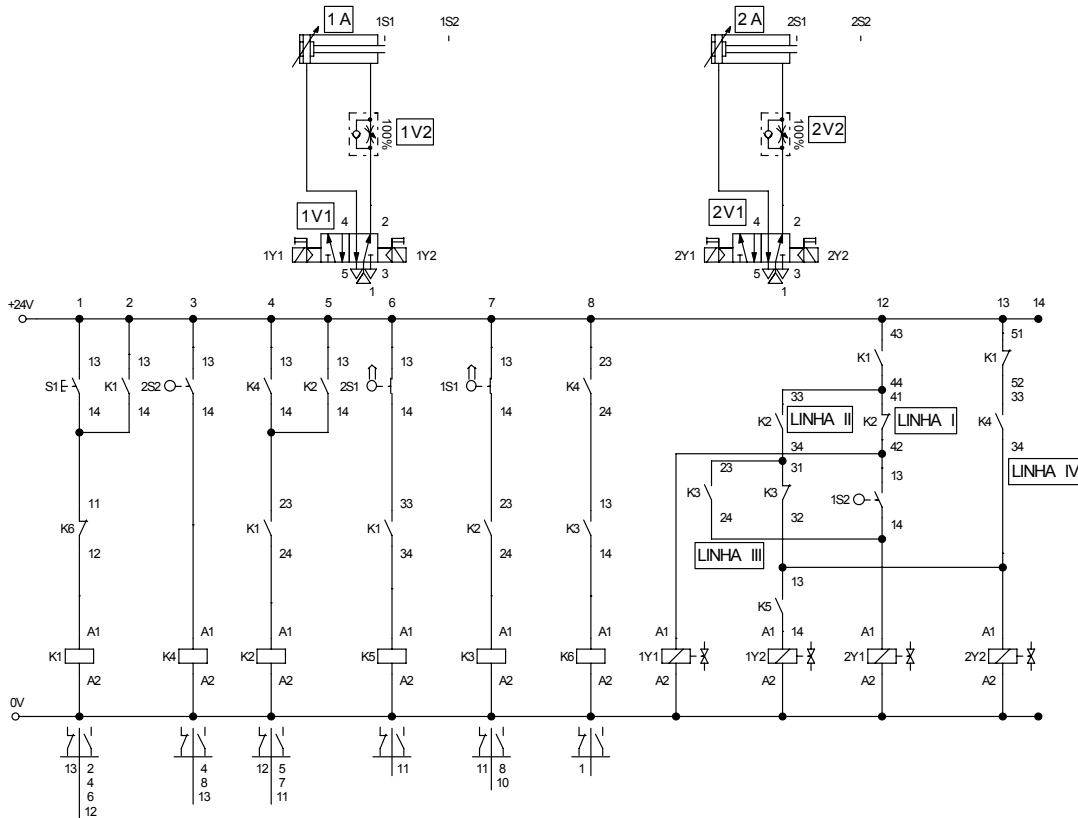


Figura 96 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-2A+2A-

Método Passo-a-passo

A forma de se dividir uma seqüência em setores ou linhas pelo Método Passo-a-passo é a mesma da pneumática pura, ou seja, cada movimento representa um setor.

Desta maneira, a seqüência 1A+2A+2A-1A- pode ser dividida assim:

$$1A+ \mid 2A+ \mid 2A- \mid 1A- \\ \text{I} \mid \text{II} \mid \text{III} \mid \text{IV}$$

Neste método, o número de relês é igual ao número de linhas mais um. O circuito da seqüência acima possuirá, portanto, 5 relês. Uma seqüência com S setores possuirá $N = S+1$ relês. Os N-1 primeiros relês farão auto-retenção e energizarão o relê seguinte.

Assim, o relê K1 fará auto-retenção e energizará K2 por meio de um contato aberto na bobina deste outro relê e assim por diante. O último relê, ou o relê N, não fará auto-retenção e desenergizará o primeiro relê. O circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-, traçado utilizando-se o Método Passo-a-passo é apresentado na Figura 97.

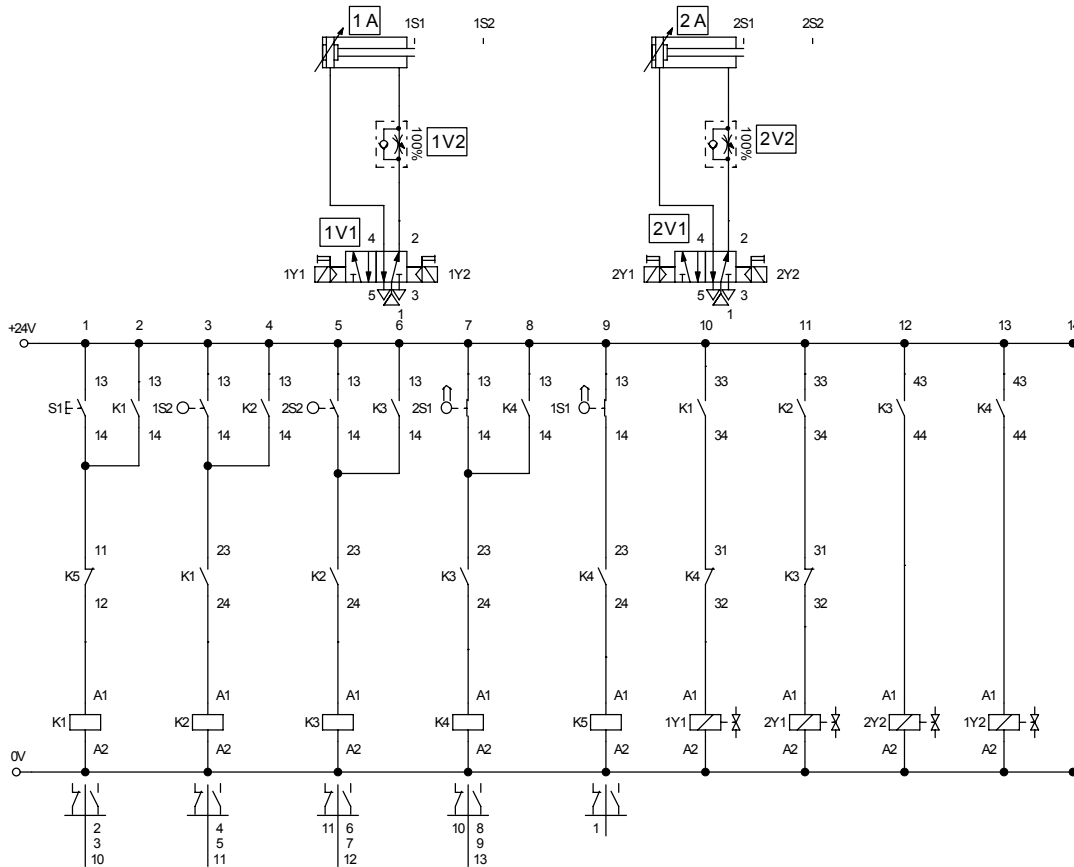


Figura 97– Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-

Como pode ser visto na Figura 97, os quatro primeiros relês (K1 a K4) fazem auto-retenção e energizam o relê seguinte por meio de um contato aberto inserido acima da bobina. O relê K5, o último, não faz auto-retenção. O relê K1 energiza 1Y1 e inicia a seqüência de movimentos. O relê K2 energiza 1Y2, dando seqüência ao circuito. O relê K3 energiza 2Y1 e K4 energiza 2Y2. Entretanto, ao energizar o relê K3, K2 ainda está energizado, o que impossibilitaria o retorno de 2A, já que ocorreria contrapressão. A solução é inserir um contato fechado do relê K3 na linha do solenóide 2Y1 (linha 11), de modo que quando 2Y2 for energizado 2Y1 seja desenergizado, evitando assim a contrapressão. Este cuidado deve ser sempre tomado. Basta olhar os solenóides de uma

mesma válvula – 1Y1 e 1Y2 da válvula 1V1 e 2Y1 e 2Y2 da válvula 2V2. Perceba, nas linhas 10 e 11 os contatos fechados de K4 e K3, respectivamente.

A Figura 98 apresenta um circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-, traçado utilizando-se o Método Passo-a-passo.

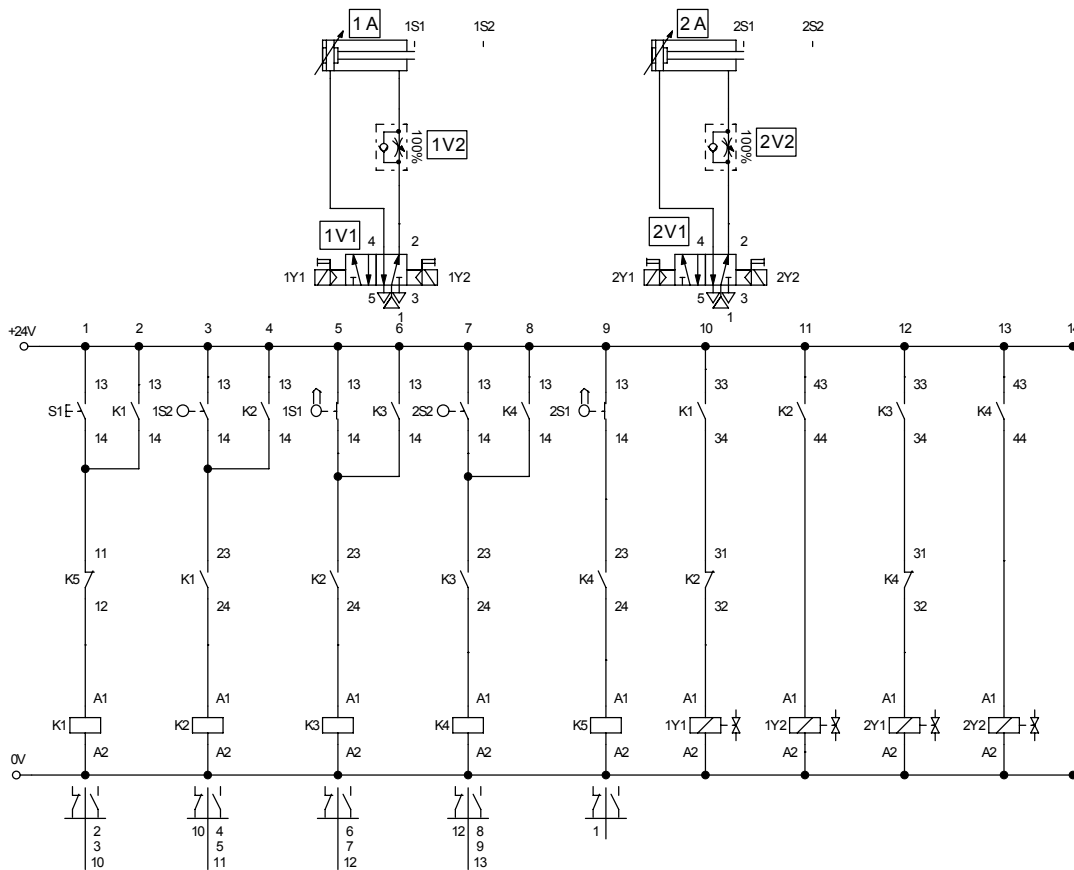
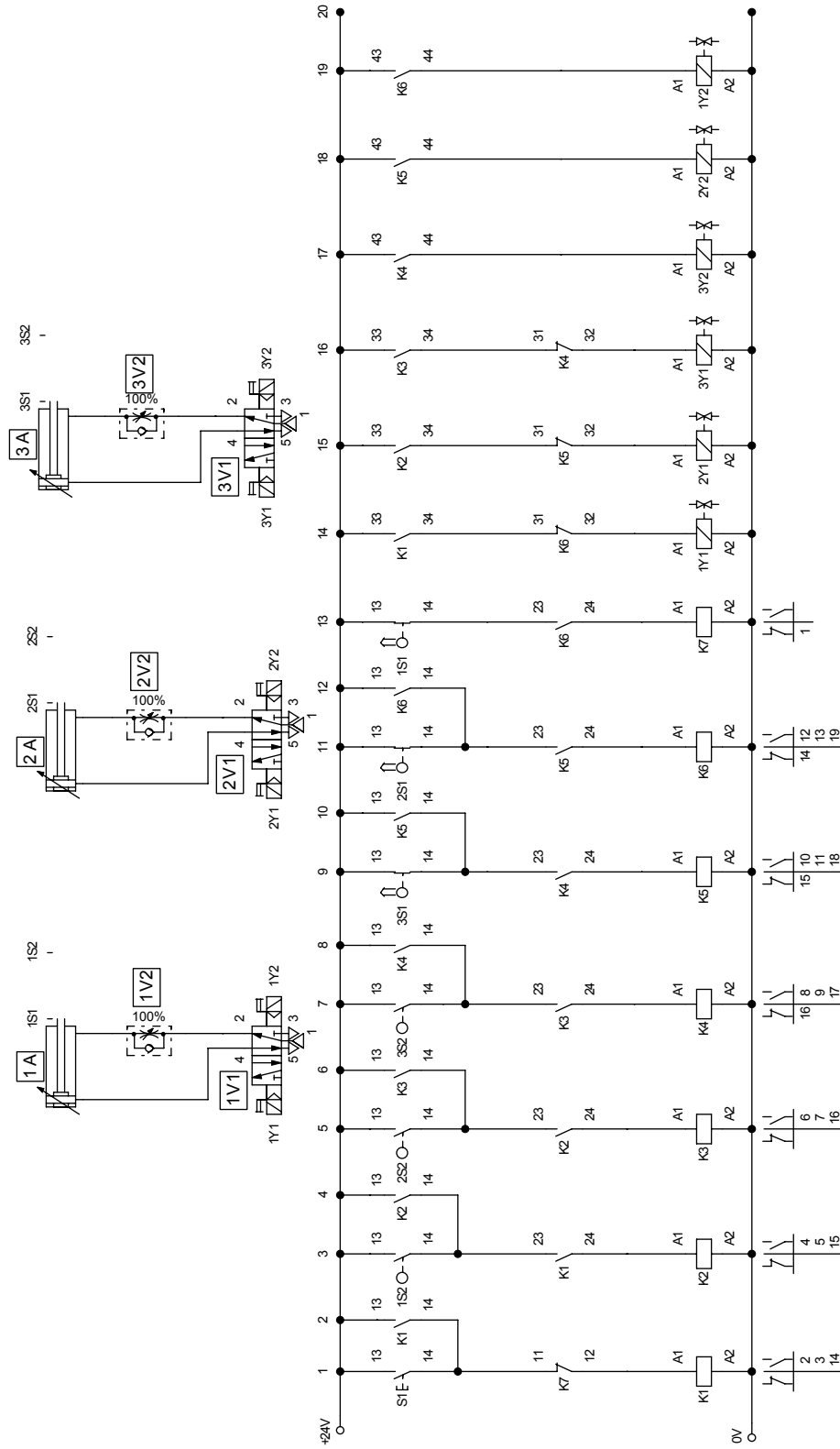


Figura 98 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-

Na Figura 98, pode-se perceber novamente os contatos fechados nas linhas dos solenóides, para evitar contrapressão. Assim, na linha 10, tem-se um contato de K2, pois na válvula 1V1 não podem ser energizados ao mesmo tempo 1Y1 e 1Y2. E na válvula 2V1, não pode ocorrer contrapressão e, portanto, não podem ser acionados 2Y1 e 2Y2 simultaneamente.

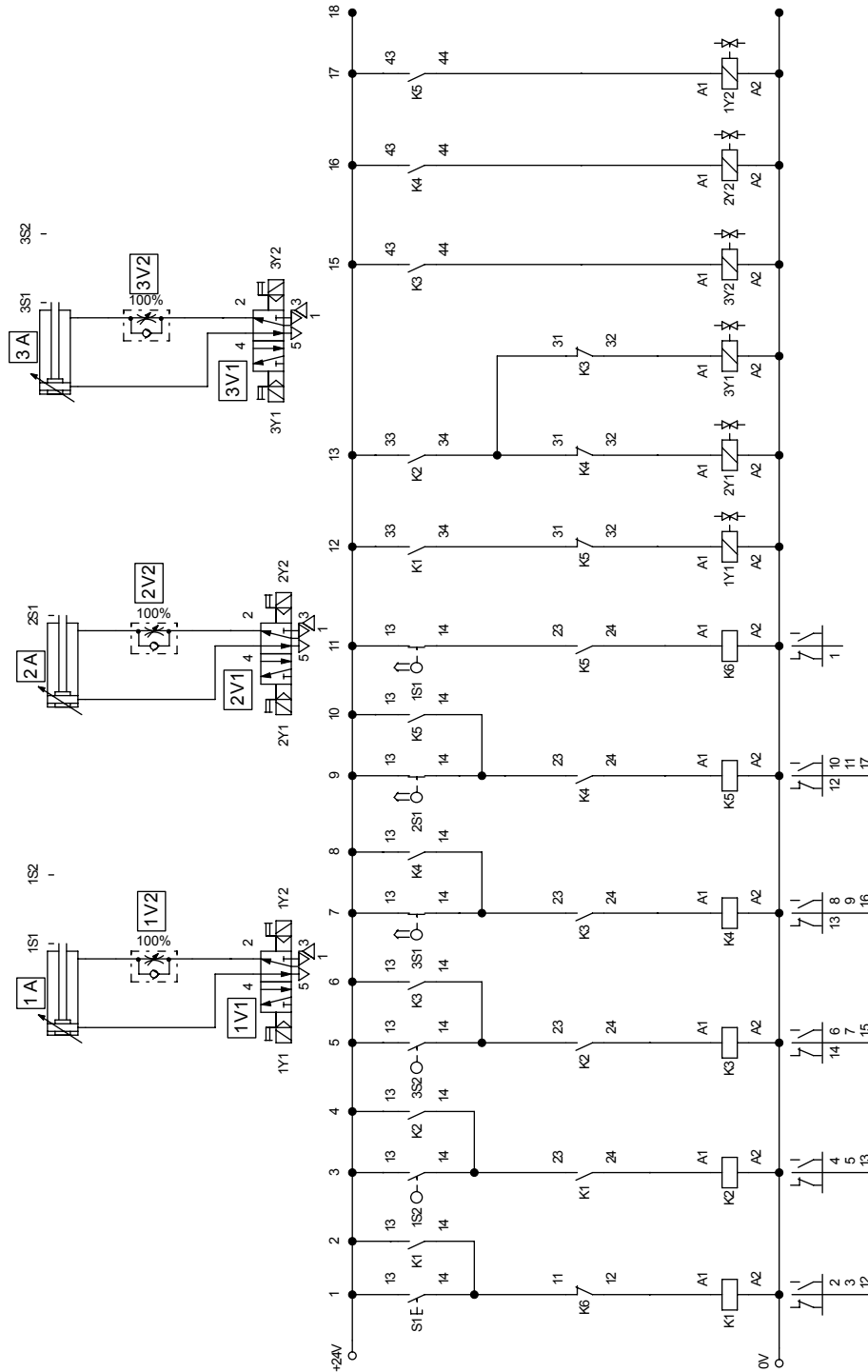
A Figura 99 apresenta um circuito eletro-pneumático com três atuadores, para a seqüência 1A+2A+3A+3A-2A-1A-.

A Figura 100 apresenta um circuito eletro-pneumático pelo método passo-a-passo para a seqüência 1A+(2A+3A+)3A-2A-1A. Os parênteses representam movimento simultâneo.



Como pode ser visto na Figura 100, tem-se apenas seis relês. Isso porque o movimento simultâneo é contado como somente um movimento. Assim:

$$1A+(2A+3A+)|3A-|2A-|1A-$$



1A+ → Setor I → Relê K1

(2A+3A+) → Setor II → Relê K2

3A- → Setor III → Relê K3

2A- → Setor IV → Relê K4

1A- → Setor V → Relê K5

O número de relês no circuito é igual ao número de setores mais 1. Portanto, tem-se seis relês. O relê K6 é responsável pela desenergização de K1 e, conseqüentemente, de todos os demais relês, fechando a seqüência.

É importante lembrar que os dois solenóides de uma mesma válvula não podem estar energizados simultaneamente. Deve-se prestar muita atenção aos solenóides 1Y1 e 1Y2, 2Y1 e 2Y2 e 3Y1 e 3Y2, que são os pares das três válvulas, 1V1, 2V1 e 3V1, simultaneamente. A seqüência ilustrada no circuito da Figura 101 é a mesma da Figura 100, ou seja, 1A+(2A+3A+)3A-2A-1A-, traçada pelo método passo-a-passo, mas desta vez com válvulas simples servocomando. Ao contrário do método cascata, aqui é possível a utilização deste tipo de válvula, mais barata e tão eficiente quanto uma duplo servocomando. Como todos os relês, excetuando-se o último, fazem auto-retenção (selo), não há que se preocupar com a desenergização do solenóide e conseqüente atuação da mola.

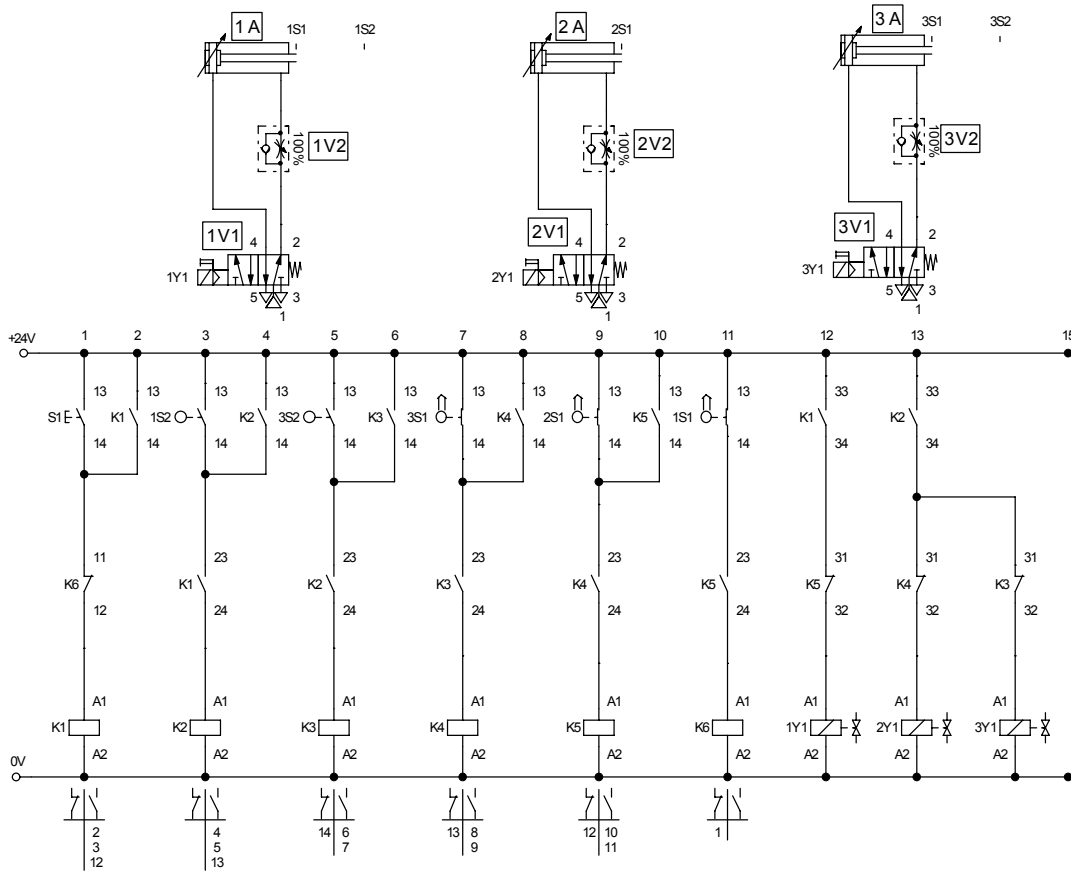


Figura 101 - Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+(2A+3A+)3A-2A-1A-, traçado utilizando-se válvulas simples servocomando

A seqüência ilustrada no circuito da Figura 102 é 1A+2A+2A-1A-1A+1A-. Note que o número total de relês não obedece à regra número de setores mais um. Se se separar a seqüência, ter-se-á 6 setores e, portanto, sete relês seriam utilizados. Observando a Figura 102, percebe-se que foram usados nove relês. Por quê? A resposta é simples. Os fins-de-curso 1S1 e 1S2 devem realizar cada um duas tarefas. 1S1 deve avançar 1A na linha 5 e finalizar a seqüência de movimentos, enquanto que 1S2 deve avançar 2A na linha 2 e retornar 1A na linha 6. Como não se podem utilizar dois contatos dos fins-de-curso, usam-se relês conectados a eles, que farão as tarefas. Daí o surgimento dos relês K8 e K9, que não interferem na quantidade de linhas existentes no circuito e, conseqüentemente podem ser acrescentados.

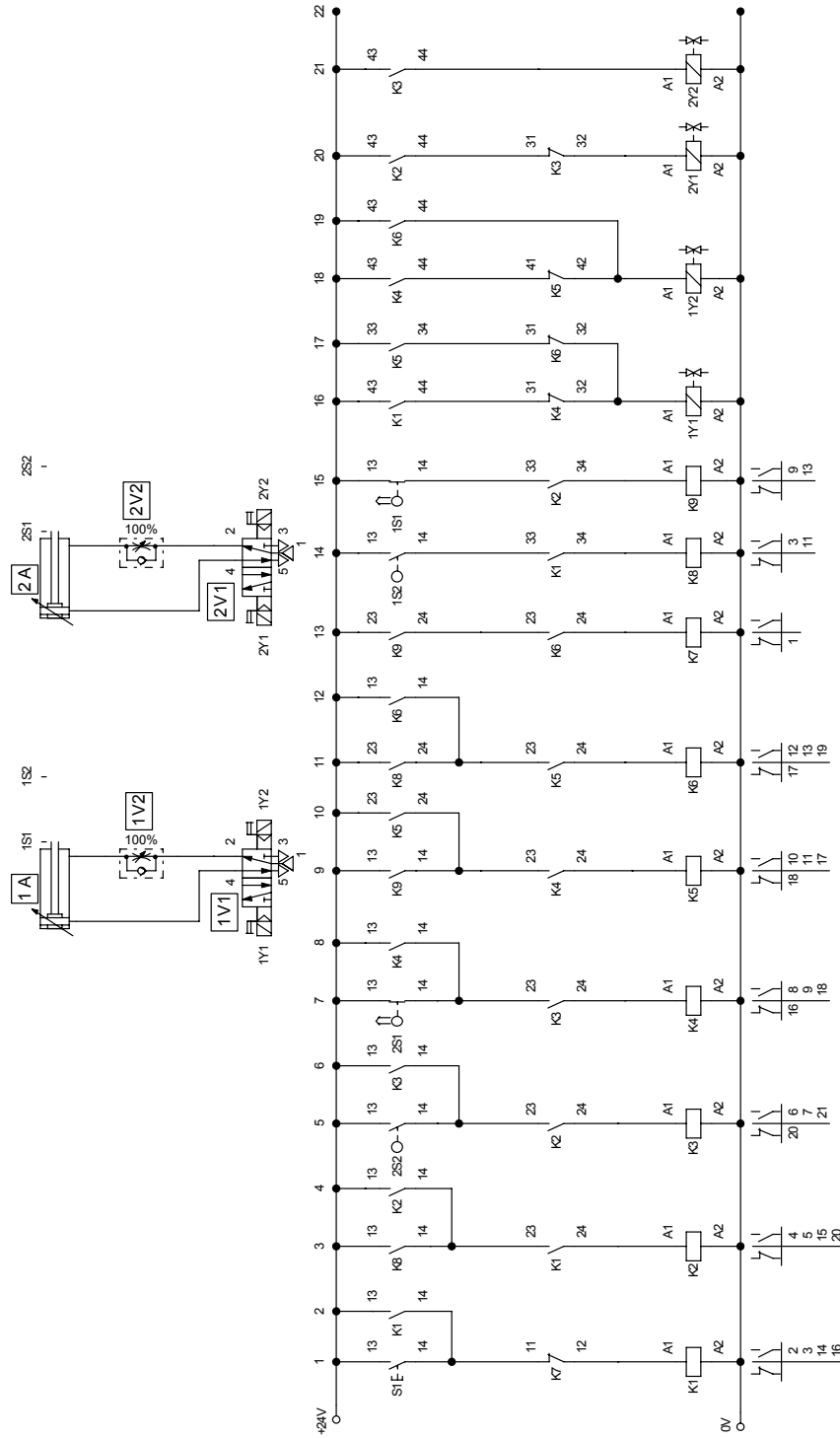
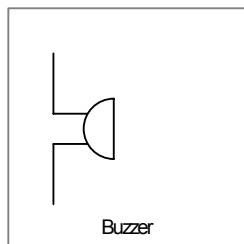


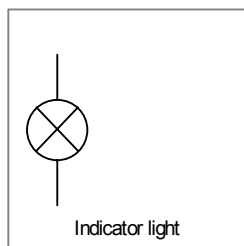
Figura 102 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-1A+1A-

Alguns dispositivos elétricos são muito importantes no dia-a-dia da automação. Dentre eles, podem-se citar dois sinalizadores: o sonoro e o visual.

Sinal sonoro:



Sinal luminoso:



Estes dois componentes são muito importantes quando há necessidade de se avisar o operador que alguma ação está sendo executada, como por exemplo, uma prensa entra em funcionamento, um botão de emergência é pressionado e assim por diante. Considere o circuito da Figura 103.

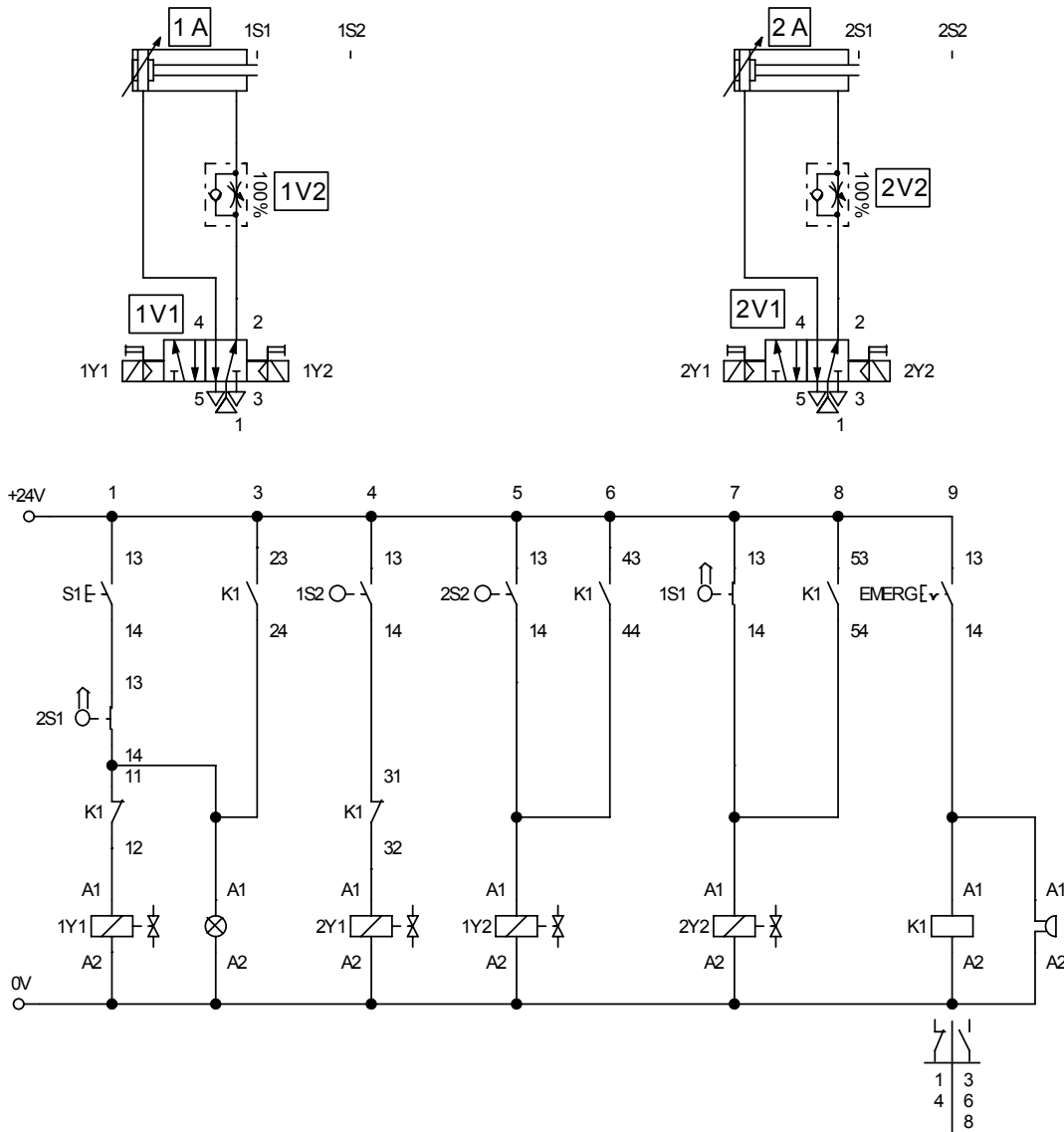


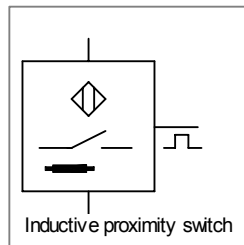
Figura 103 – Circuito da seqüência 1A+2A+1A-2A-, com botão de emergência

No circuito da Figura 103, é apresentada uma seqüência direta, 1A+2A+1A-2A-, ciclo contínuo. Ao ser acionado o botão pulso S1, que dá início à seqüência de movimentos, é também acionado um sinalizador visual (uma lâmpada), para indicar ao operador que a máquina entrou em funcionamento. Há também um botão de emergência, que funciona da seguinte maneira: ao ser pressionado, ele energiza a bobina de um relê K1. Dois contatos de K1 desenergizarão os solenóides de avanço (1Y1 e 2Y1), quando a bobina de K1 for energizada. E dois contatos deste mesmo relê energizarão os solenóides de retorno (1Y2 e 2Y2). É por isso que existem dois contatos abertos de K1 ligados a 1Y2 e 2Y2. Quando este botão de emergência for acionado, dois

sinalizadores serão energizados: um visual (uma lâmpada) e outro sonoro, para que haja uma diferenciação do botão trava que dá início ao ciclo e do botão de emergência (também trava).

Hoje em dia os fins-de-curso, do tipo sensores de proximidade, são muito utilizados. Os principais são os sensores do tipo capacitivo, indutivo e óptico. Eles são representados pelos seguintes símbolos:

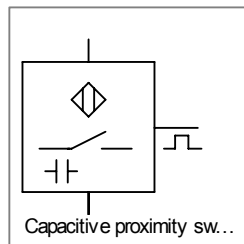
Sensor indutivo:



São características técnicas do sensor indutivo do Laboratório de Hidráulica e Pneumática:

- Distância de sensorização: 5 mm
- Frequência máxima: 800 Hz
- Sinal de saída: 24Vcc PNP
- Tensão de alimentação: 10 a 30 Vcc
- Cabo elétrico equipado com pinos do tipo banana de 4 mm:
 - positivo: vermelho
 - negativo: azul
 - saída PNP: preto.

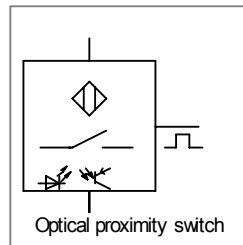
Sensor capacitivo:



São características técnicas do sensor capacitivo do Laboratório de Hidráulica e Pneumática:

- Distância de sensorização: 50 mm
- Frequência máxima: 100 Hz
- Sinal de saída: 24Vcc PNP
- Tensão de alimentação: 10 a 30 Vcc
- Cabo elétrico equipado com pinos do tipo banana de 4 mm:
 - positivo: vermelho
 - negativo: azul
 - saída PNP (0): preto
 - saída PNP (1): verde.

Sensor óptico:



São características técnicas do sensor óptico do Laboratório de Hidráulica e Pneumática:

- Distância de sensorização: 300 mm
- Frequência máxima: 100 Hz
- Sinal de saída: 24Vcc PNP
- Tensão de alimentação: 10 a 30 Vcc
- Cabo elétrico equipado com pinos do tipo banana de 4 mm:
 - positivo: vermelho
 - negativo: azul
 - saída PNP: preto

Como pode ser notado em uma leitura rápida das características de cada sensor, tem-se 3 ou 4 cabos a serem ligados. No caso de três cabos, um deles será ligado ao

0Vcc, o outro ao 24 Vcc e o outro é o cabo do sinal, que energizará algum elemento elétrico do circuito.

Assim, foi traçado um circuito 1A+2A+2A-1A-, utilizado-se o método cascata e somente sensores capacitivos como fins-de-curso. O resultado é apresentado na Figura 104.

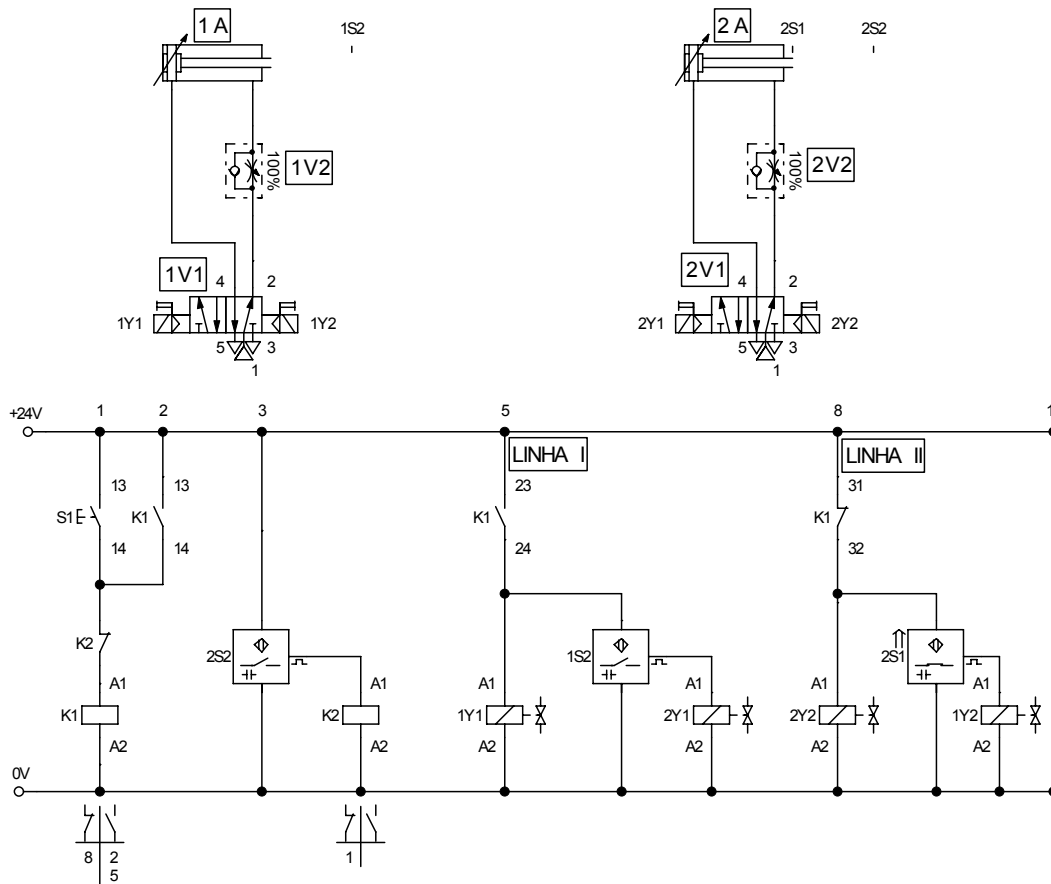


Figura 104 – Circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-1A-, traçado pelo método cascata e com sensores capacitivos.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Ex01. Em um dispositivo de colar, um cilindro de dupla ação deve avançar com velocidade lenta (o comando poderá ser escolhido pelo operador – em série ou em paralelo. No caso do comando em série, deverá ser feito um comando bimanual. A escolha do tipo de comando é realizada pressionando-se um botão trava S1 somente se a pressão for no mínimo de 4 kgf/cm^2 . Após avançar e fixar a peça por 10 segundos o cilindro retorna com velocidade rápida. A pressão de trabalho é de 5 kgf/cm^2 e se for inicialmente inferior a este valor, o ciclo não se inicia e se for inferior a este valor durante o ciclo, o cilindro deve retornar imediatamente à sua posição inicial, devendo haver uma indicação óptica indicando que isto ocorreu. A colocação da peça no dispositivo é feita manualmente. Por questões de segurança, o cilindro deve retornar quando acionado um botão de emergência. Quando o botão de emergência for pressionado, deve haver indicação óptica e sonora.

Observações importantes para a resolução do problema:

Neste exercício, a válvula de escape rápido é utilizada para que o retorno do cilindro seja realizado mais rapidamente. Se o operador quiser passar o acionamento de bimanual para comando em paralelo – ou seja, ele poderá pressionar S2 ou S3 que o cilindro avançará, deverá pressionar o botão seletor S1. S2 e S3 compõem, portanto, o start do sistema.

Por comando bimanual entenda que o operador deverá pressionar dois botões em um intervalo de tempo menor ou igual a dois segundos. Caso contrário, se ele pressionar os dois botões, o cilindro não avançará.

O botão de emergência, enquanto pressionado, não poderá permitir que o usuário inicie um novo ciclo. O botão de emergência normalmente é diferenciado, de cor vermelha e do tipo trava, devendo ficar em um local de fácil acesso e também de fácil visualização.

A resposta do exercício é apresentada a seguir, na Figura 105.

Circuito eletropneumático relativo ao Ex01:

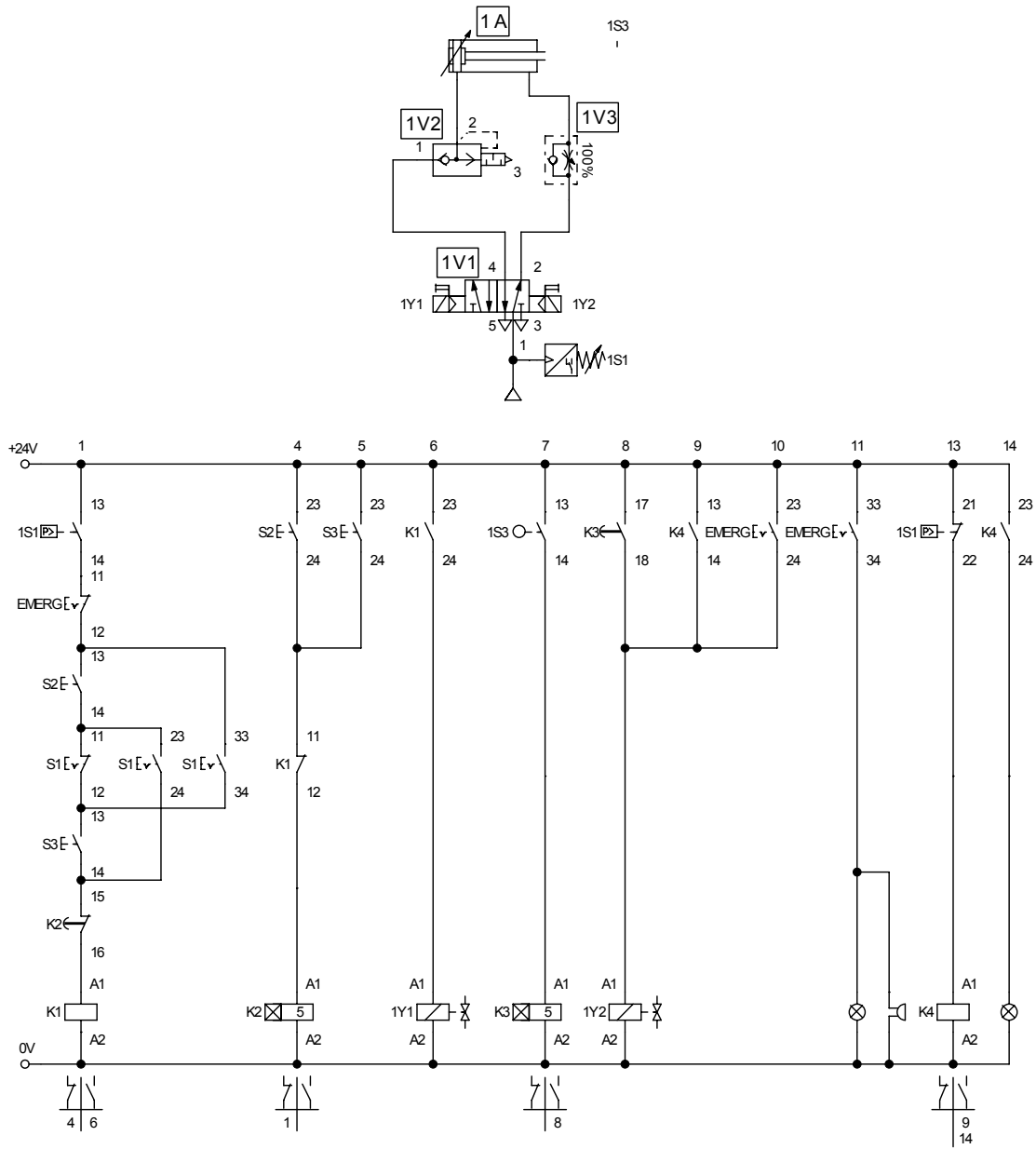


Figura 105 – Resposta do Ex01.

Ex02. Desenhe um circuito pneumático da seqüência A+B+A-B-, utilizando uma válvula de seqüência para o avanço de B (no lugar de um fim-de-curso). O cilindro B deverá permanecer avançado durante cinco segundos. Será possível a regulagem da velocidade de avanço de ambos os atuadores.

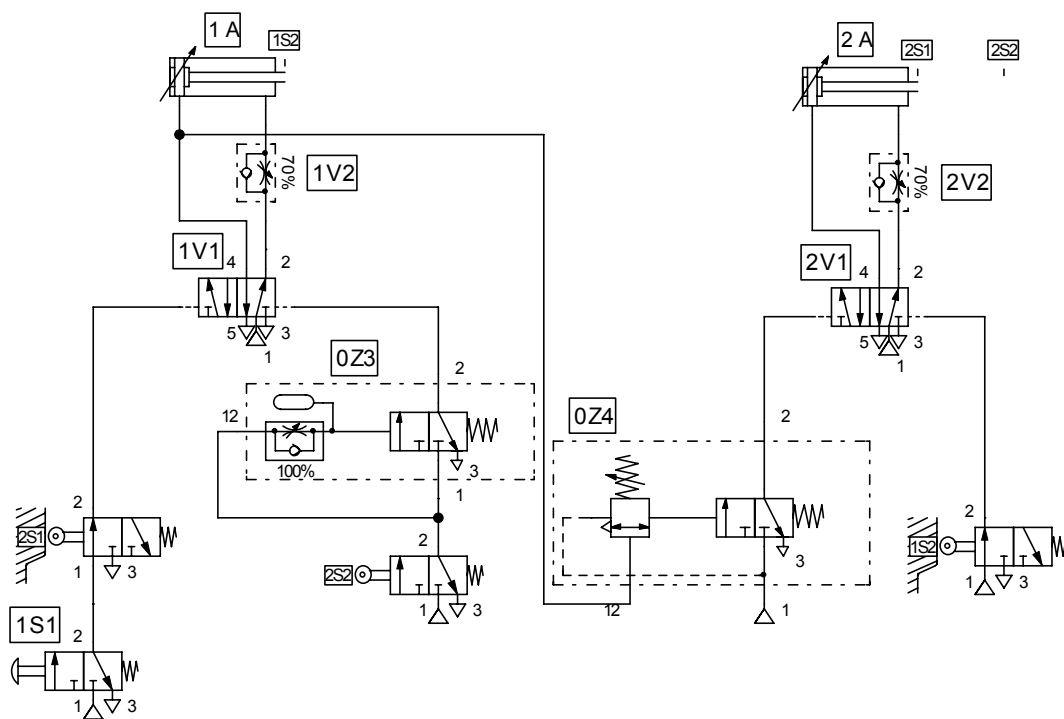


Figura 106 – Resposta do Ex02.

Comentários acerca da resolução:

Os alunos têm certa dificuldade no momento de ligar corretamente as vias pneumáticas da válvula temporizadora e também da válvula de seqüência. Para que isso fique claro, basta perceber, na válvula temporizadora, que a via 1 é a via de pressão, é ali que deverá ser conectado o suprimento de ar para a válvula 3/2 vias. A via 12 é a via de pilotagem, é ali que terá início a contagem do tempo. A pergunta que deve ser feita pelo estudante é: quando deve iniciar a contagem do tempo? No caso deste exercício, a contagem do tempo deve ser disparada quando o cilindro atuar no fim-de-curso 2S2, ou seja, quando ele chegar ao fim de seu curso de avanço. É por este motivo que a via 12 da válvula temporizadora é alimentada pela via 2 da válvula 2S2.

Ex03. Desenvolva um circuito pneumático para a prensa representada pela Figura 107. Devem ser tomados os seguintes cuidados:

- Comando bimanual para segurança – o cilindro só poderá avançar se os dois botões forem pressionados simultaneamente ou em um intervalo menor ou igual a 2 segundos;
- O cilindro B só poderá avançar após se ter certeza de que A atingiu o fim de seu curso;
- O atuador B só poderá avançar se a pressão mínima na rede for de 6 bar.

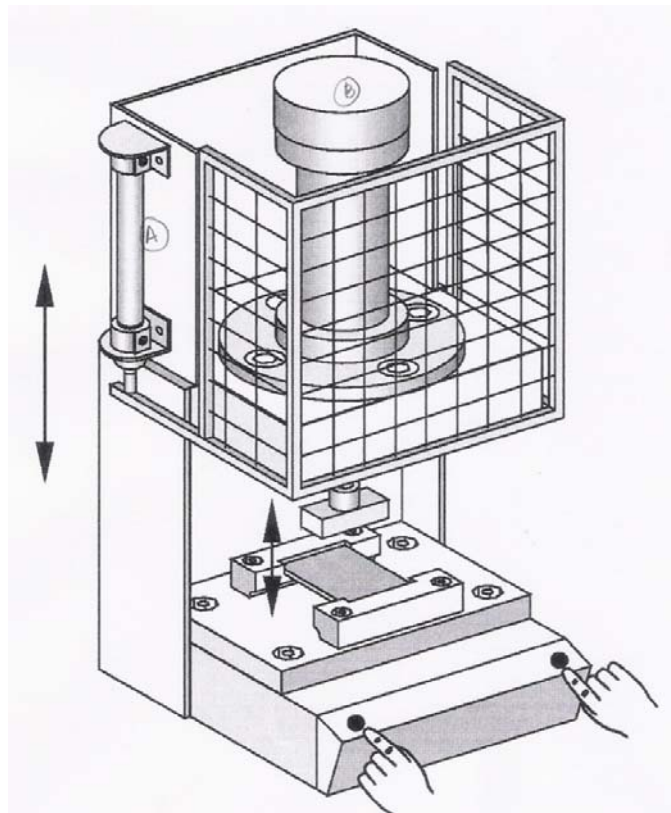


Figura 107 – Esquema de uma prensa pneumática.

A seqüência que resolve o problema é $A+B+(B-A-)$, podendo ser usado o método intuitivo. É importante lembrar que outras seqüências também são capazes de solucionar o problema, entretanto, o estudante deve pensar sempre na seqüência que otimize o processo.

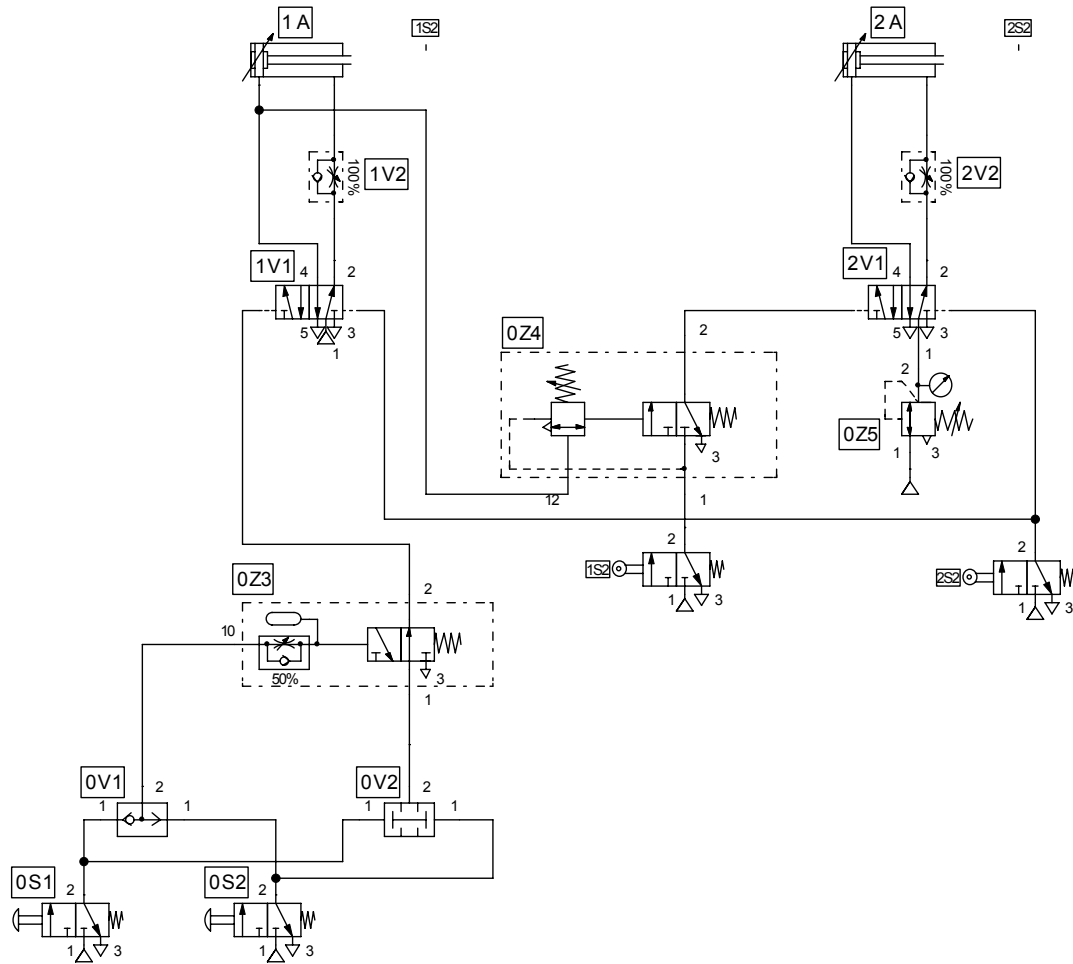


Figura 108 – Resolução do Ex03.

Na resolução deste exercício, foram utilizadas válvulas direcionais 5/2 vias. No caso da válvula direcional 2V1, que faz o avanço e retorno do cilindro 2A, sua via 1 não é alimentada diretamente do compressor, mas passa por uma válvula reguladora de pressão. A válvula de seqüência, que pode ser numerada como 0Z4, poderia excluir a utilização do fim-de-curso 1S2. Este rolete foi mantido, entretanto, por questões de segurança.

É importante perceber que a válvula temporizadora utilizada é norma aberta (NA). Isso se deve ao fato de como o comando bimanual foi construído. Se qualquer um dos dois botões for pressionado, ele enviará uma mensagem para a válvula temporizadora, para que se inicie a contagem de tempo. Entretanto, se o operador pressionar os dois botões-pulso em um intervalo menor ou igual que dois segundos, a válvula temporizadora perde a sua função e o ar passa livre pela sua via 1, seguindo para pilotar a válvula direcional 1V1.

Ex04. A Figura 109 representa um dispositivo de carimbar peças. Este dispositivo consiste de três cilindros: um para fixação da peça a ser carimbada, outro para carimbar a peça e outro para ejetar a peça já carimbada. Desenvolva um circuito pneumático adequado para o dispositivo. Não se esquecer de usar válvulas limitadoras de pressão e válvulas reguladoras de fluxo.

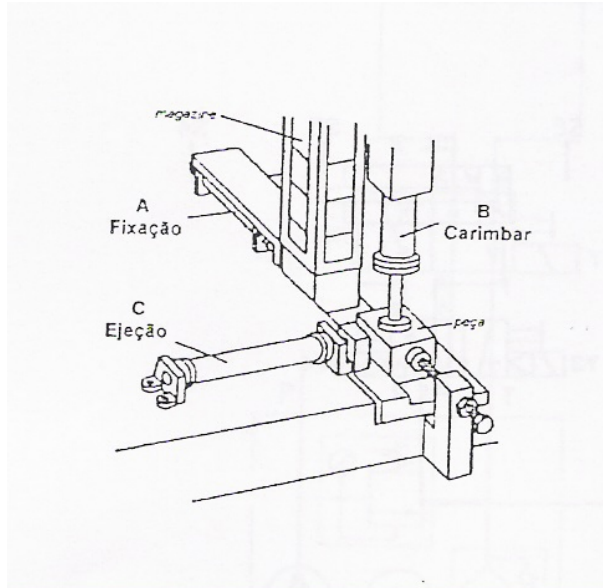


Figura 109 – Dispositivo para carimbar peças.

Uma das seqüências que fariam o circuito funcionar é $1A+2A+(2A-1A-)3A+3A-$ e para a resolução do problema é utilizado o Método Passo-a-passo. Foram utilizadas duas válvulas de seqüência, mas poderiam ser usados fins-de-curso em seu lugar. A escola pelas válvulas de seqüência se deu pelo fato de ser difícil posicionar os fins-de-curso no dispositivo. Poderiam ser utilizados atuadores com sensores eletromagnéticos para resolver a dificuldade de posicionamento dos roletes fins-de-curso, mas isso para o estudante que já tiver conhecimento de eletro-pneumática. Observe o cilindro 2A: há uma dificuldade de se inserir um rolete no final de seu curso, pois o atuador realiza a tarefa de carimbar a peça, mas isso não quer dizer que seja impossível. A utilização também de sensores, do tipo indutivo ou capacitivo, facilitaria a tarefa. Neste exercício, entretanto, procurou-se dar uma solução utilizando somente componentes pneumáticos.

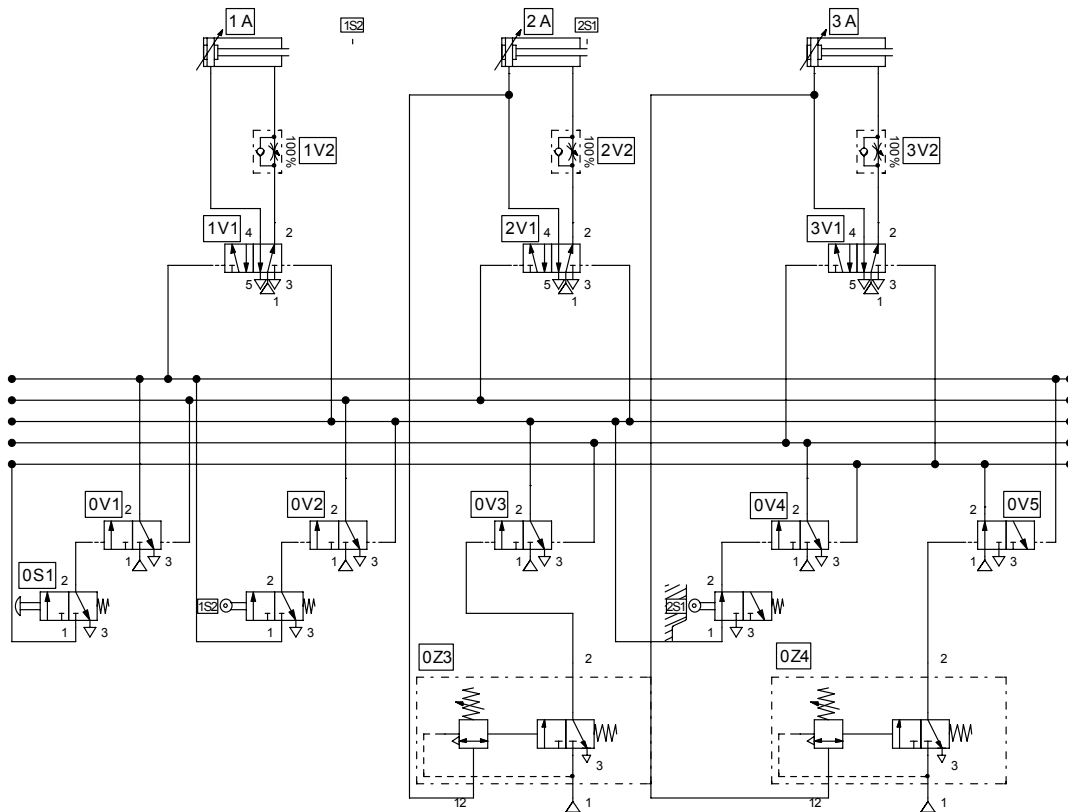


Figura 110 – Resolução do Ex04.

Ex05. Dado o diagrama trajeto-passo, representado na Figura 111, desenhe um circuito pneumático que obedeça a seqüência, utilizando o método cascata.

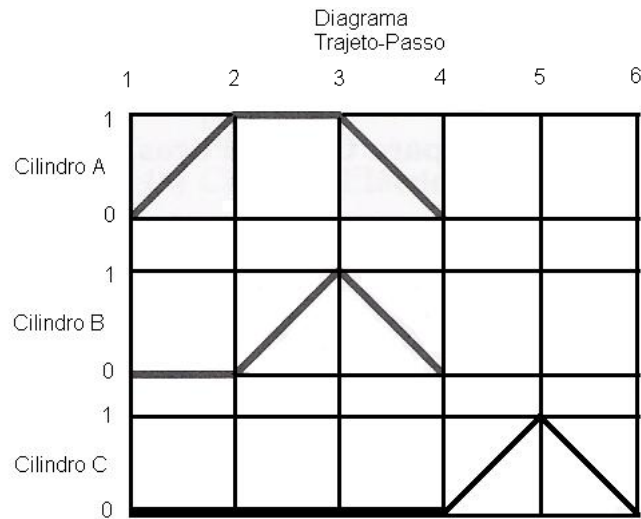


Figura 111 – Diagrama trajeto-passo de um sistema ou processo.

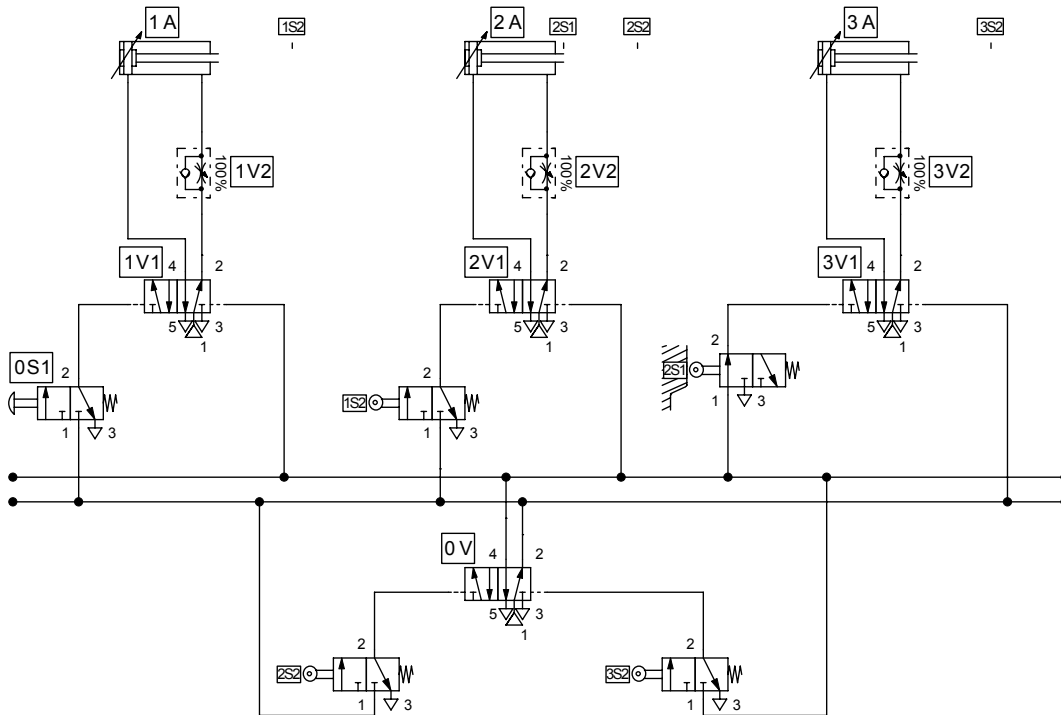


Figura 112 – Resolução do Ex05.

Ex06. Um cilindro de dupla ação deverá avançar quando pressionados dois botões pulso (se o operador pressionar somente um, o cilindro não avançará). Deverá ser usada uma válvula direcional 5/2 vias simples servocomando. Ao chegar ao fim de seu curso, o cilindro deverá acionar um sensor de proximidade do tipo capacitivo, para que seu retorno seja feito automaticamente. O retorno deverá ser feito da forma mais rápida possível. O circuito deverá ter um botão de emergência que, quando pressionado, deve fazer com que o cilindro retorne imediatamente à sua posição inicial. Ao ser pressionado este botão de emergência, deverão ser acionados sinalizadores visual e sonoro. Após o retorno do cilindro, quando for pressionado o botão de emergência, deverá ser cortado o fornecimento de ar para a válvula direcional, automaticamente. O ciclo estará pronto para ser reiniciado somente quando o botão de emergência foi desacionado. 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. Poderá ser feita a regulação da velocidade no avanço do cilindro. Todos os contatos do circuito elétrico devem ser numerados.

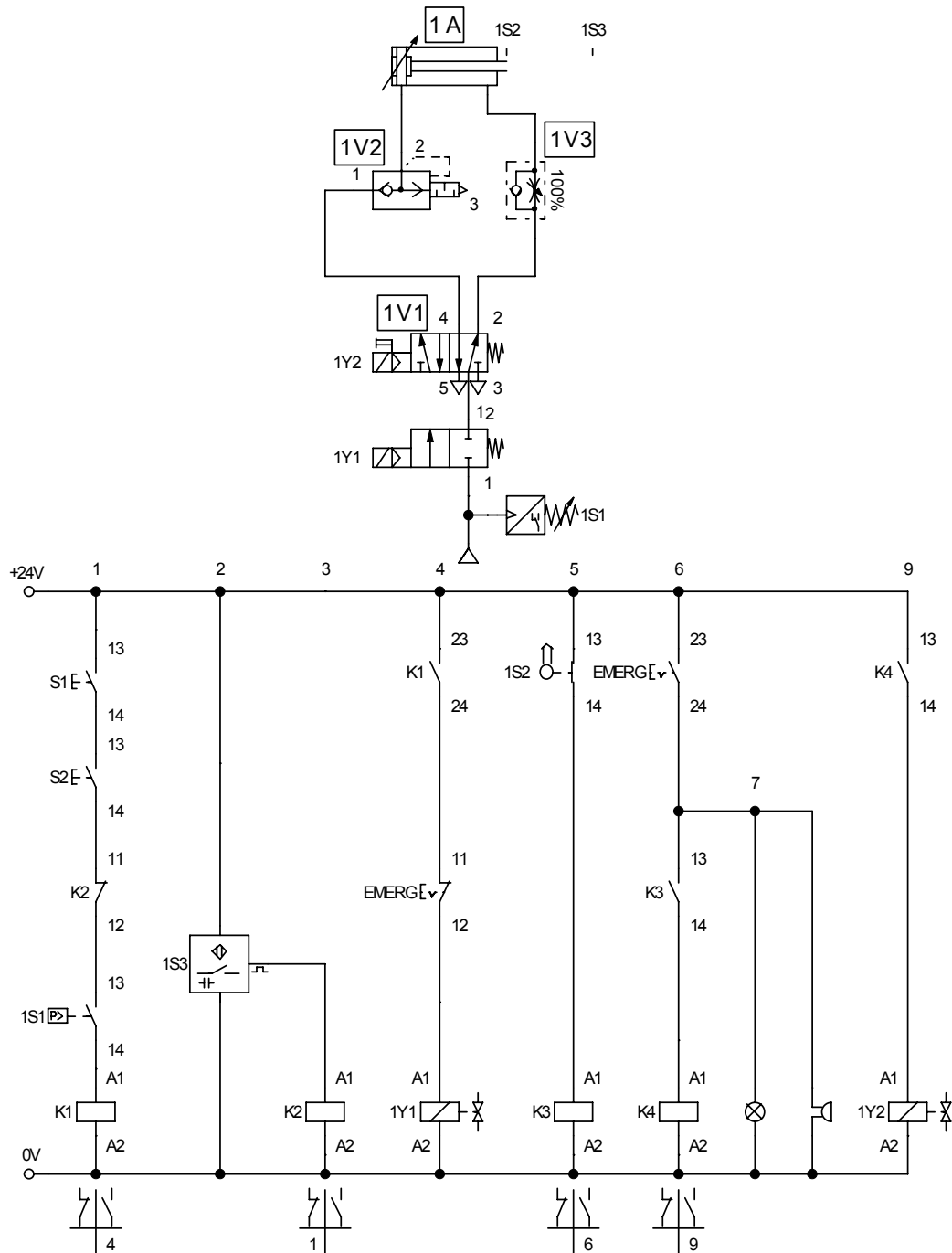


Figura 113 – Resolução do Ex06.

Ex07. Antes de embalar e transportar painéis, eles devem ser devidamente amarrados em pilhas e para tanto suas bordas devem estar niveladas. O dispositivo apresentado na Figura 114 utiliza dois cilindros para que se faça este nivelamento. Pede-se: selecionar os dois cilindros, com sua especificação de acordo com algum fabricante, traçar um circuito pneumático que faça da melhor maneira possível a tarefa e indicar na figura onde serão posicionados os fins-de-curso, caso necessários. Para a especificação dos cilindros, defina as dimensões dos painéis que estão sendo transportados.

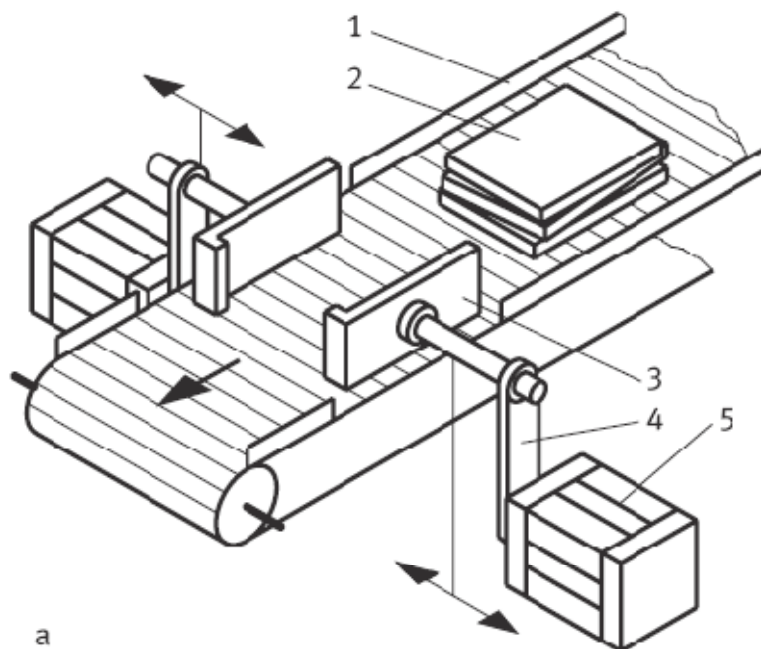


Figura 114 – Dispositivo do Ex07.

Neste exercício, é importante notar que o início do movimento dos cilindros (A+B+)(A-B-) se dará quando os painéis acionarem um fim-de-curso. Ou seja, o botão pulso, neste caso servirá para acionar o motor que movimentará a esteira. Será traçado somente o circuito pneumático de acionamento dos cilindros, sendo que o acionamento do motor fica por conta do estudante.

Neste exercício seria interessante também propor o dimensionamento dos cilindros.

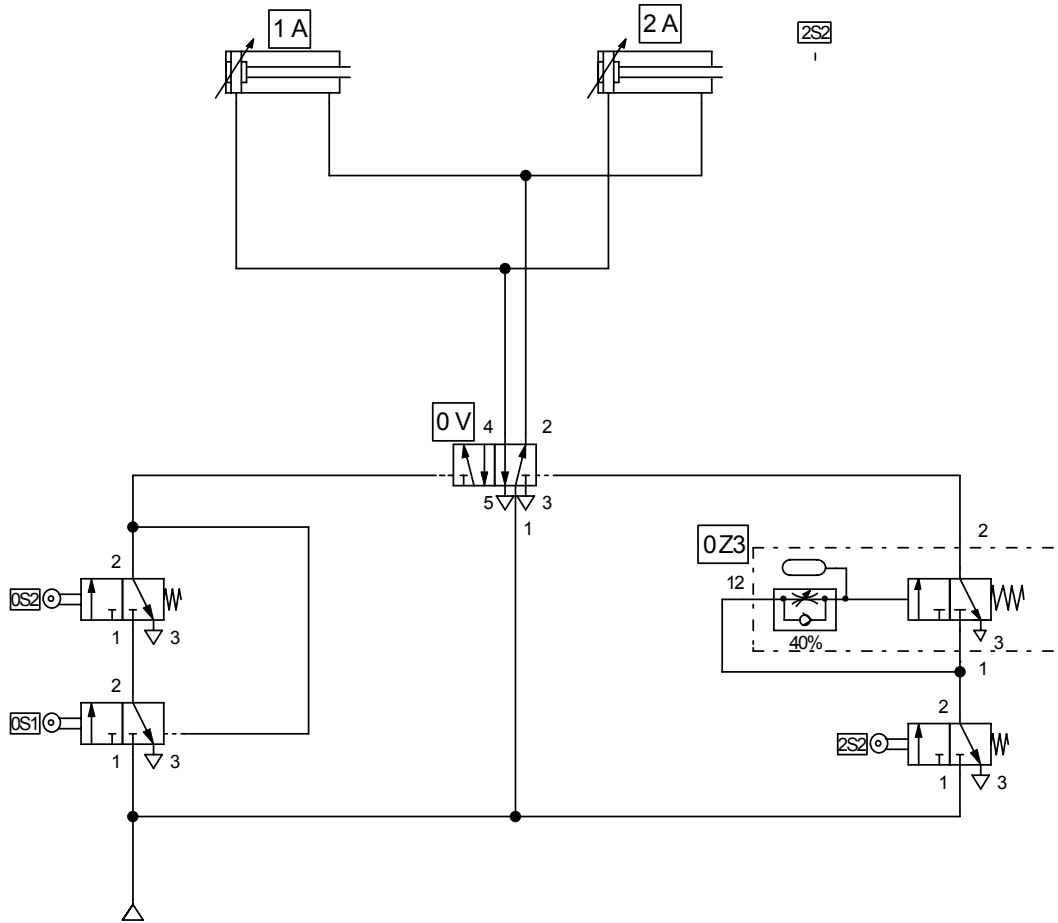


Figura 115 – Resolução do Ex07.

É importante comentar na resposta deste exercício que não há botão pulso. Para a compreensão da resposta, é importante explicar o circuito. A válvula 0S1, responsável pelo avanço simultâneo dos dois cilindros, é do tipo rolete e **deverá** ser acionada pelos painéis e posicionada ao longo da esteira, mas distante dos dois atuadores. Quando os painéis passarem pela válvula 0S1, eles a acionarão, mas a esteira continua se movimentando, até que esta válvula seja desacionada, pois os painéis seguirão rumo aos cilindros. Com isso, é feita a pilotagem da válvula 3/2 vias duplo piloto, e conseqüentemente a preparação do ar para a válvula 0S2. Os painéis não podem permanecer acionando simultaneamente os dois roletes 0S1 e 0S2, pois se isso acontecesse, quando os cilindros acionassem a válvula 2S2, responsável pelo retorno dos dois cilindros, ocorreria uma contrapressão e o retorno não seria possível. A válvula temporizadora 0Z3 foi utilizada neste exercício para que os dois cilindros ficassem um tempo em contato com os painéis, otimizando assim o nivelamento das bordas.

Exercícios propostos:

Exercícios de pneumática

Pneu01. Dada a máquina mostrada na Figura 116, que fabrica uma pequena cantoneira de alumínio, como ilustra a mesma figura, trace o diagrama eletro-pneumático capaz de fazer com que a máquina funcione adequadamente, realizando seu trabalho.

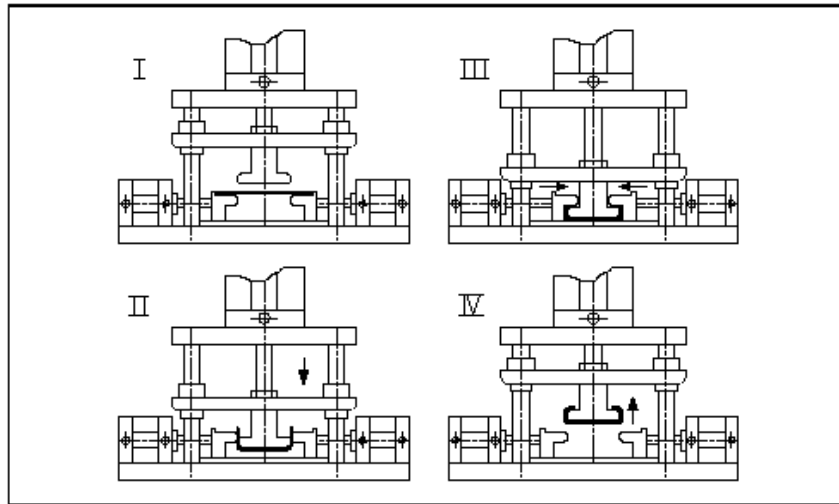


Figura 116 – Máquina relativa ao Pneu01.

Pneu02. Explique sucintamente a importância do processo de tratamento do ar, indicando quais os principais dispositivos para realizar tal tratamento.

Pneu03. Explique sucintamente, utilizando vocabulário e argumento físicos, por que um cilindro pneumático não consegue paradas intermediárias precisas durante um ciclo.

Pneu04. Dada a equação abaixo:

$$dh = \sqrt[4]{\frac{64 * S * \lambda^2 * F_a}{\pi^3 * E}}$$

responda a seguinte pergunta: por que para se dimensionar a haste de um cilindro é necessário ter conhecimento das grandezas λ e E ?

Pneu05. Trace um circuito pneumático em que um cilindro de dupla ação deve avançar com velocidade lenta, permanecer avançado durante cinco segundos no final de seu curso de avanço e retornar com velocidade lenta, automaticamente.

Pneu06. Trace um circuito pneumático em que um cilindro de simples ação deve avançar com velocidade máxima e retornar com velocidade normal em ciclo contínuo ilimitado.

Pneu07. Dada a Figura 117, que representa uma pequena dobradeira, trace um circuito pneumático que a automatize, tal que: o cilindro só poderá avançar para fazer a tarefa se o operador apertar simultaneamente dois botões-pulso. Além disso, após o retorno do cilindro, o operador não conseguirá, de maneira nenhuma, avançar novamente o cilindro em um intervalo menor do que cinco segundos.

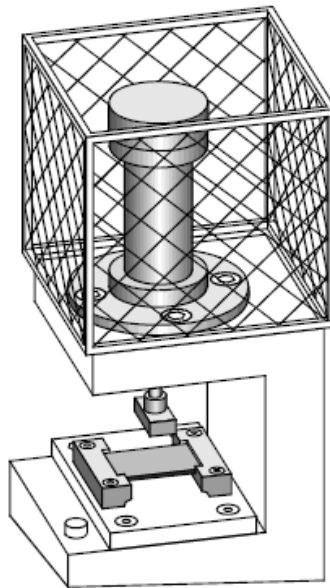


Figura 117 – Dispositivo para dobrar chapas

Pneu08. Os cilindros de dupla ação 1A e 2A da Figura 118 juntos pressionam duas barras aquecidas eletricamente, fazendo com que duas placas termoplásticas sejam soldadas. As espessuras das placas variam de 1,5 mm a 4 mm. As forças de ambos pistões são reguladas por meio de reguladores de pressão (4 bar = 400 KPa). Acionando-se um botão pulso, os dois cilindros avançam em paralelo. Após 2 segundos eles retornam automaticamente. O retorno também poderá ser feito por meio de um segundo botão pulso. Traçar o circuito eletro-pneumático capaz de realizar a tarefa.

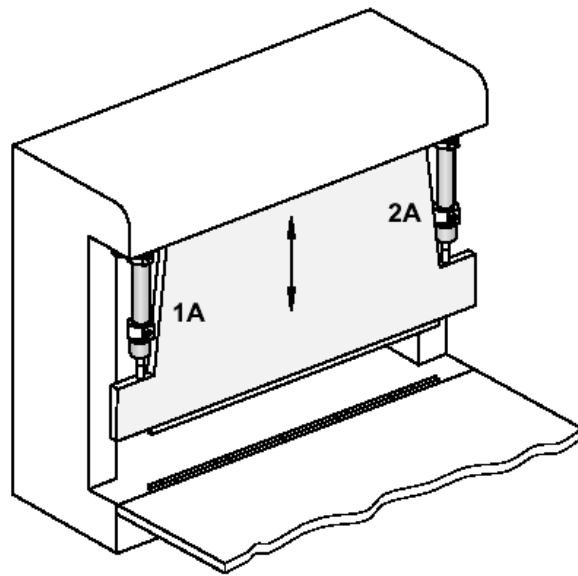


Figura 118 – Positional Sketch.

Pneu09. Traçar a seqüência 1A-2A+1A+2A-. Ao se acionar um botão, realiza-se um ciclo único e ao se pressionar um segundo botão, será realizado um ciclo contínuo.

Pneu10. Traçar a seqüência 1A+1A-2A+2A- usando o método passo-a-passo. O circuito deverá conter um sistema de emergência, de modo que, quando um botão for pressionado, os dois atuadores deverão retornar imediatamente e se pressionado o botão pulso, o ciclo não poderá ser reiniciado. Para que o ciclo possa ser reiniciado, deverá ser pressionado um terceiro botão, liberando o circuito para a realização normal do ciclo.

Pneu11. É possível traçar a seqüência 1A+2A+2A-1A- usando o método intuitivo? Em caso afirmativo, traçar o circuito eletro-pneumático capaz de realizar a seqüência.

Pneu12. Traçar a seqüência 1A+2A+2A-3A+3A-1A-. O cilindro 2A só poderá avançar quando o cilindro A atingir, em seu final de curso, a pressão de 5 bar.

Pneu13. Traçar a seqüência 1A+1A-. Após 5 ciclos, o movimento do cilindro 1A deve parar.

Pneu14. Levando-se em conta o diagrama trajeto-passo mostrado na Figura 119, construa o diagrama pneumático equivalente, utilizando válvulas memória e o método que achar conveniente.

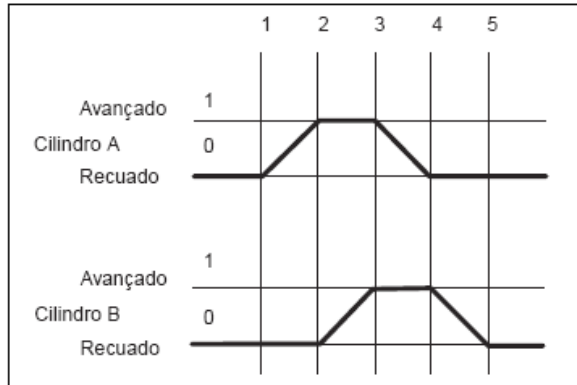


Figura 119 – Diagrama trajeto passo de uma determinada máquina.

Pneu15. Construa um circuito pneumático que automatize o processo representado pela Figura 120.

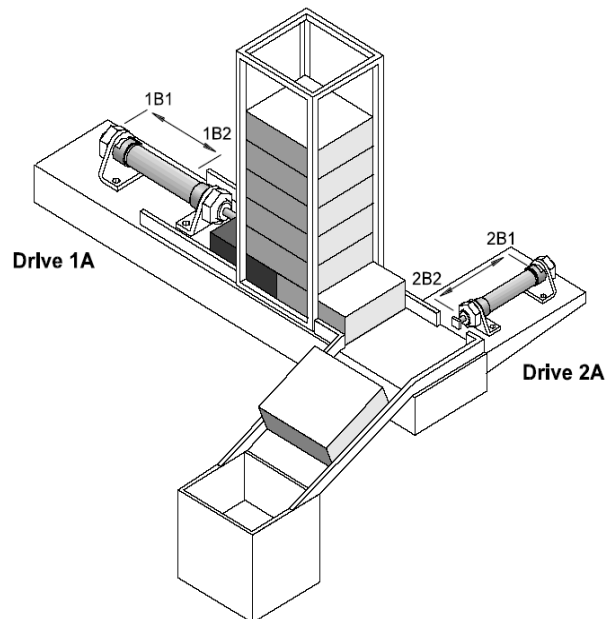


Figura 120 – Sistema automatizado para armazenamento de caixas.

Pneu16. Dada a válvula 5/3 vias representada pela Figura 121, numere suas vias, de acordo com as normas ISO1219 e DIN24300.

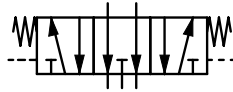


Figura 121 – Válvula 5/3 vias.

Pneu17. A respeito da válvula do exercício Pneu16, explique por que ela tem duas molas, uma junto ao piloto do avanço e outra junto ao piloto de retorno.

Pneu18. Como uma válvula de escape rápido pode aumentar a velocidade de um cilindro?

Pneu19. Dado o dispositivo apresentado pela Figura 122, selecione os dois cilindros, considerando os seguintes dados: o cilindro 1A tem curso de 20 cm e faz uma força para a fixação da peça a ser dobrada de 50 kgf. Dimensionar comercialmente o atuador pneumático 1A, considerando a situação de montagem de acordo com o caso 1 da tabela A10. Verificar pelo critério de Euler qual o diâmetro mínimo necessário para a haste. O cilindro 2A tem curso de 30 cm e é utilizado para dobrar uma chapa de aço ($E = 2 \times 10^7 (N / cm^2)$) de espessura 1 mm, de acordo com o caso 1 da tabela A10 do livro Automação Pneumática, de Arivelto Bustamante. Para ser feita a dobra, o cilindro necessitará de uma força de 120 kgf. Considere a pressão de trabalho como 6 kgf / cm².

Figura 122 – Dispositivo para amassar chapas.

Pneu20. Qual a diferença entre comando direto e comando indireto?

Exercícios de eletro-pneumática

Eletro01. Traçar a seqüência eletro-pneumática 1A+2A+2A-1A- utilizando o método da cascata elétrica, fins-de-curso tipo rolete, sendo que o cilindro A deverá permanecer avançado por três segundos.

Eletro02. Traçar a seqüência 1A+1A-2A+2A-. Usar eletro-pneumática. O cilindro 1A só poderá avançar se o operador apertar dois botões pulso num intervalo de tempo menos do que 2 segundos. Caso o tempo de acionamento dos dois botões seja maior do que 2 segundos, o cilindro 1A não poderá partir e a seqüência não deverá ser realizada (Comando bimanual).

Eletro03. Traçar a seqüência 1A+2A+2A-1A- usando todos os fins-de-curso tipo sensor indutivo. Usar método cascata ou passo-a-passo.

Eletro04. Traçar a seqüência 1A+1A-2A+2A- usando o método passo-a-passo. O circuito deverá conter um sistema de emergência, de modo que, quando um botão for pressionado, os dois atuadores deverão retornar imediatamente e se pressionado o botão pulso, o ciclo não poderá ser reiniciado. Para que o ciclo possa ser reiniciado, deverá ser pressionado um terceiro botão, liberando o circuito para a realização normal do ciclo.

Eletro05. É possível traçar a seqüência 1A+2A+2A-1A- usando o método intuitivo? Em caso afirmativo, traçar o circuito eletro-pneumático capaz de realizar a seqüência.

Eletro06. Traçar a seqüência 1A+2A+2A-3A+3A-1A-. O cilindro 2A só poderá avançar quando o cilindro 1A atingir, em seu final de curso, a pressão de 5 bar.

Eletro07. Trace a seqüência 1A+1A-2A+2A-3A+3A- usando o método da cascata elétrica e válvulas direcionais 4/2 vias duplo servocomando.

Eletro08. Traçar a seqüência 1A+1A-2A+1A+2A-1A- usando o método da cascata elétrica.

Eletro09. Traçar a seqüência 1A+2A+1A-1A+1A-2A- usando o método da cascata elétrica.

Eleto10. Traçar as seqüências dos exercícios Eleto08 e eletro09 usando o método passo-a-passo.

Eleto11. Traçar a seqüência 1A+1A-. Após 5 ciclos, o movimento do cilindro A deve cessar.

Eleto12. Traçar a seqüência 1A+1A-2A+2A-3A+1A+1A-3A- utilizando o método da cascata elétrica.

Eleto13. Traçar a mesma seqüência do exercício Eleto12 usando o método passo-a-passo.

Eleto14. Dado o circuito pneumático apresentado na Figura 123, traçar o circuito eletro-pneumático equivalente.

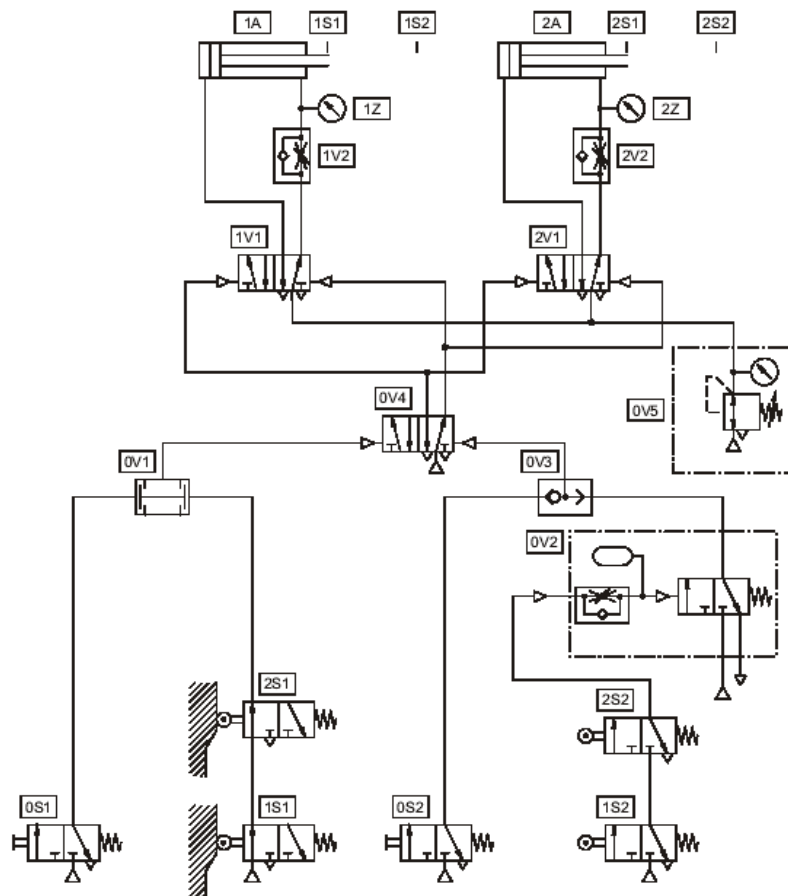


Figura 123 – Diagrama pneumático do exercício Eleto14.

Eleto15. Dado o circuito pneumático apresentado na Figura 124, traçar o circuito eletro-pneumático equivalente.

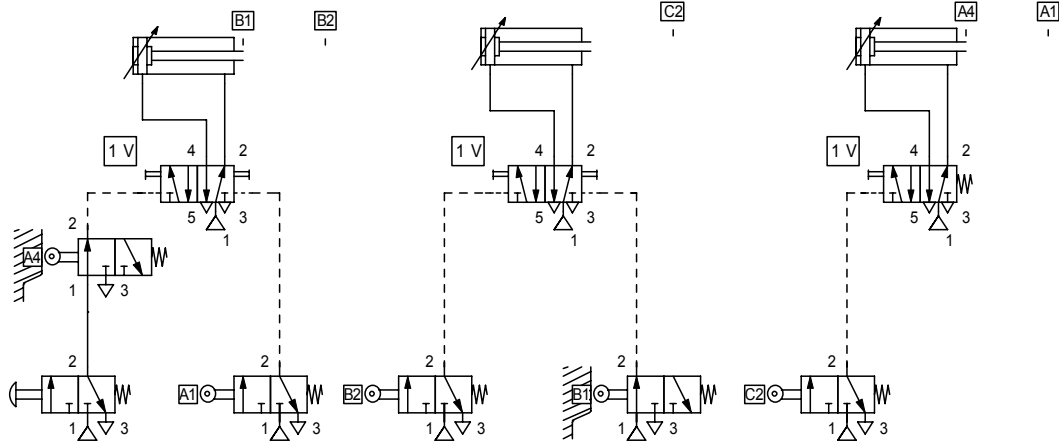


Figura 124 – Diagrama pneumático do exercício Eleto15.

Eleto16. Construa um circuito eletro-pneumático, utilizando o método da cascata elétrica, capaz de realizar a seqüência $1A+2A+(2A-3A+)1A-3A-$. Use fins-de-curso tipo sensor capacitivo.

Eleto17. Enumere as principais características dos sensores capacitivo e indutivo.

Eleto18. Levando-se em conta o diagrama trajeto-passo mostrado na Figura 125, construa o diagrama eletro-pneumático equivalente, utilizando válvulas memória e o método que achar conveniente.

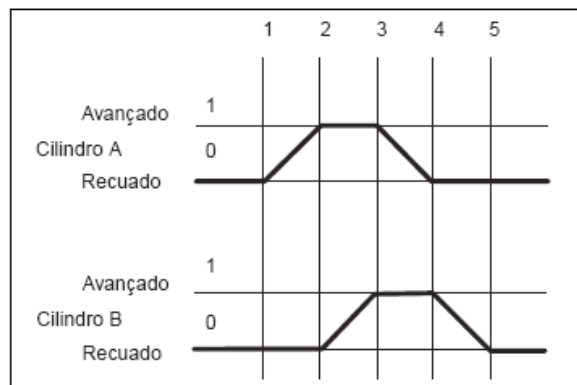


Figura 125 – Diagrama trajeto passo de uma determinada máquina.

Eletro19. Monte o circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+2A-3A+1A-3A- utilizando o método da cascata elétrica. O cilindro 2A só deverá retornar após a pressão de 5 kgf/cm² ser obtida. Utilizar sensores capacitivos como fins-de-curso.

Eletro20. Construa o diagrama eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-, utilizando o método intuitivo e válvulas direcionais 5/2 vias com acionamento por servocomando e retorno por mola.

Eletro21. Um aluno está cursando a disciplina de Eletro-pneumática pela primeira vez. Explique a ele o princípio de funcionamento do método passo-a-passo.

Eletro22. Os cilindros 1A e 2A mostrados na Figura 126 são dispositivos de alimentação.

- 1) Construir diagramas eletro-pneumáticos (não se esquecer dos controladores de fluxo) utilizando o método cascata e intuitivo;
- 2) Deverá ser usada somente válvula memória;
- 3) Construir o diagrama trajeto-passo equivalente;
- 4) Usar um botão de emergência e um botão zerador.

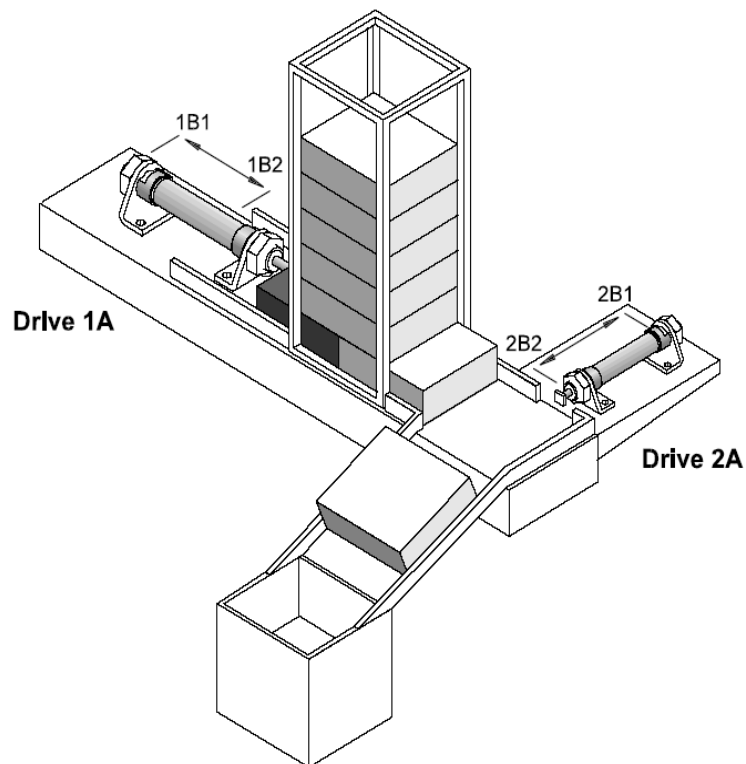


Figura 126 – Figura esquemática da máquina correspondente ao exercício Eletro22.

Eletro23. Levando-se em conta o diagrama pneumático mostrado na Figura 127, construa o diagrama eletro-pneumático equivalente (o que significa dizer que deverá ser utilizado um método de construção de diagramas equivalente).

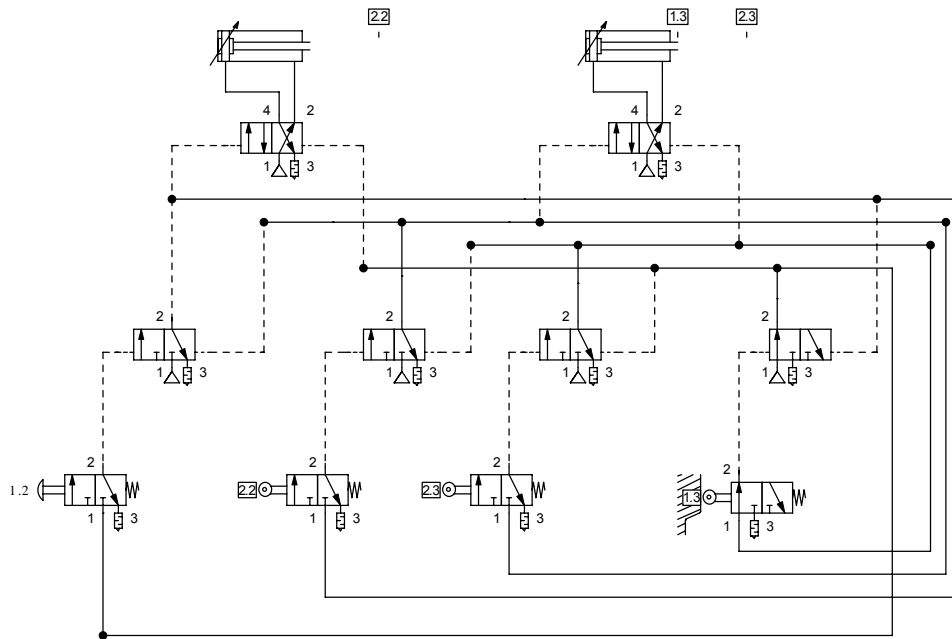


Figura 127 – Diagrama pneumático de uma determinada máquina.

Eletro24. Os cilindros 1A e 2A mostrados na Figura 128 são responsáveis pelo dobramento de uma chapa metálica. O cilindro 1A responde pela fixação da chapa enquanto o 2A pelo dobramento em si. Leia atentamente as três observações abaixo para compreender o que deve ser feito neste exercício.

- 1) Deverá ser usada somente válvula direcional 5/2 vias com acionamento por servocomando e retorno por mola;
- 2) Construir diagramas eletropneumáticos (não se esquecer dos controladores de fluxo) utilizando o método passo-a-passo e intuitivo;
- 3) Construir o diagrama trajeto-passo equivalente.

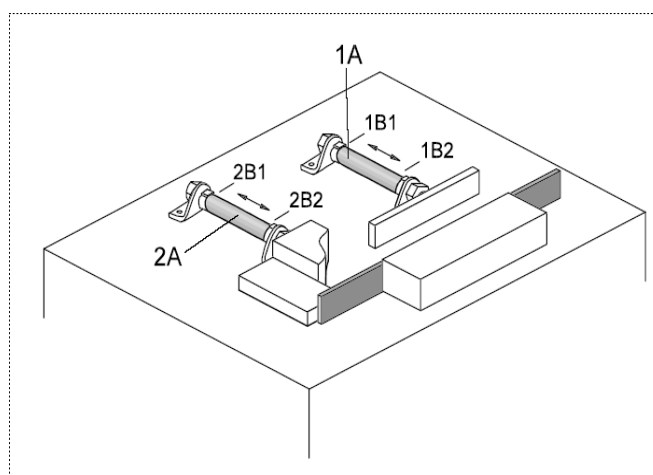


Figura 128 – Figura esquemática da máquina correspondente ao exercício Eletro24.

Eletro25. Trace o diagrama eletro-pneumático da seqüência 1A+1A-2A+2A-1A+2A+1A-2A-, utilizando o método passo-a-passo.

Eletro26. Trace o circuito eletro-pneumático da seqüência 1A+2A+1A-2A-3A+2A+2A-3A-, utilizando qualquer método que desejar.

Eletro27. Por que não pode ser utilizada válvula com retorno por mola para se traçar um circuito eletro-pneumático com o método cascata?

Exercícios de hidráulica

Exercícios de eletro-hidráulica

Prop31. Explique o princípio de funcionamento de uma válvula hidráulica 4/2 vias duplo servocomando. Se necessário utilize esboços para melhor explicação.

EM DESENVOLVIMENTO.

Apêndice

Válvulas e componentes especiais

1. Válvula de escape rápido

Utilizada quando se quer um movimento mais rápido do atuador, principalmente no retorno. Um desenho esquemático desta válvula está apresentado na Figura 129.

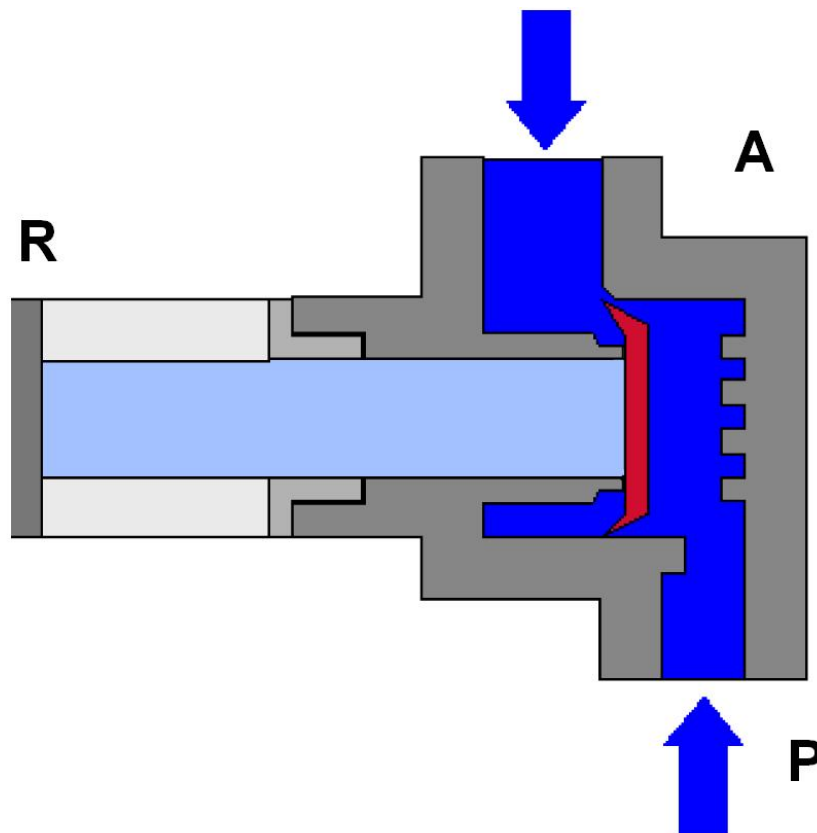


Figura 129 – Válvula de escape rápido.

Na Figura 129, pode-se considerar a válvula de escape rápido funcionando da seguinte maneira: uma conexão de ar vindo de uma válvula direcional é ligada à via P da válvula. O ar é obrigado a passar por A para executar, por exemplo, o avanço de um cilindro. No retorno, o ar não precisa passar pela válvula direcional 5/2 vias, por exemplo, para ser devolvido ao meio externo. Isso faria com que o cilindro retornasse com uma baixa velocidade, uma vez que o ar teria que passar primeiramente pela via da válvula para ser “jogado” ao ambiente. Com o uso da válvula de escape

rápido, o ar pode ir para o ambiente externo sem a necessidade de passar pela válvula direcional, por meio de um atalho. O ar ao retornar pela via A empurra o êmbolo da válvula e vai direto para a via R, ou seja, para o meio externo. Este detalhe pode ser observado na Figura 130.

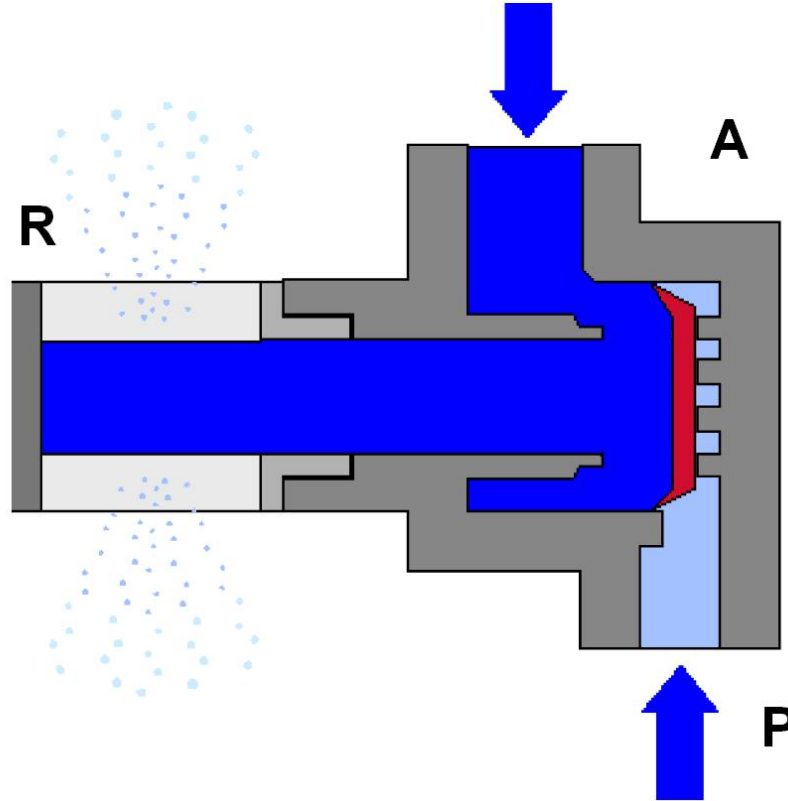
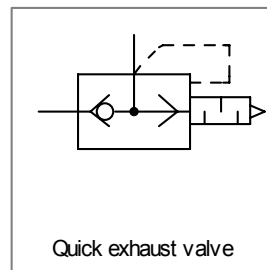


Figura 130 – Válvula de escape rápido.

Na Figura 130 pode-se perceber que o ar passa pela via A da válvula de escape rápido, durante o retorno do cilindro, sem a necessidade de atravessar a válvula direcional. Este atalho permite que o cilindro ganhe velocidade, pois o ar flui mais rapidamente para o meio externo do que se fizesse o caminho pela válvula direcional. Esta válvula possui a simbologia representada abaixo:



2. Válvula de seqüência

Uma válvula reguladora de pressão pode ser utilizada com a finalidade de dar seqüência a um movimento. Por exemplo, em um circuito que faz a seqüência A+B+, pode ser que não seja possível a utilização de um fim-de-curso para a realização do movimento B+, então usa-se uma válvula de seqüência. Um desenho desta válvula é apresentado na Figura 131.

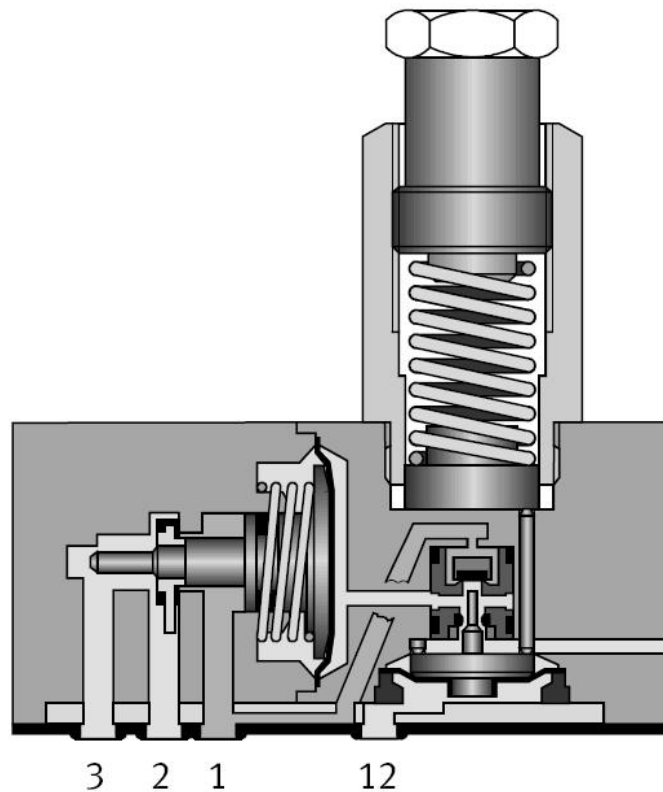
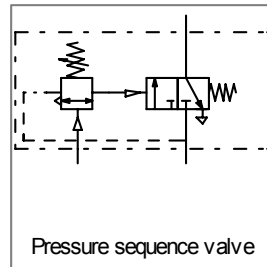


Figura 131 – Válvula de seqüência.

A válvula apresentada na Figura 131 funciona da seguinte maneira: a via 1 é a via de pressão e a 12 é a via de pilotagem. O ar que vem da via 12 tenta vencer a força da mola, de modo a liberar o ar que vem da via 1, para que ele possa “empurrar” o outro eixo e assim pilotá-lo, fazendo com que o ar flua da via 1 para a via 2. Isto é feito por meio de uma pequena via que sai da extremidade inferior da via 1 e segue diagonalmente até um batente que será empurrado pelo eixo pilotado pela via 12. A regulação da pressão é feita por meio de um parafuso. Quanto mais comprimida a mola, maior a força necessária para vencer a sua resistência.

Se o ar só é liberado após se ter uma força grande o suficiente para vencer a resistência da mola, esta válvula pode ser usada como uma válvula de seqüência. Ela nada mais é do que uma 3/2 vias combinada com uma reguladora de pressão.

Esta válvula possui a simbologia representada a seguir:



Um exemplo da utilização desta válvula pode ser visto no exercício resolvido Ex02.

3. Válvula reguladora de pressão

A válvula reguladora de pressão mantém constante a pressão de trabalho, independente das quedas de pressão comuns a uma rede e também do consumo de ar. A Figura 132 traz um desenho esquemático da válvula.

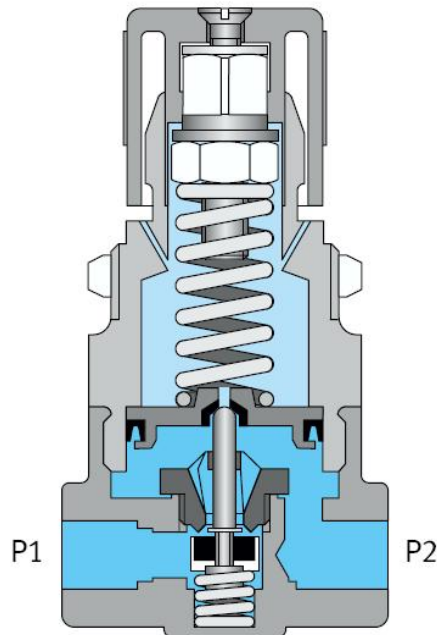


Figura 132 – Válvula reguladora de pressão

Na Figura 133, a pressão flui normalmente da via P1 para a via P2, pois esta pressão de entrada é compatível com a pressão de trabalho. Se a pressão de trabalho começar a aumentar muito, ela consegue vencer a resistência da mola (a maior) e sair pelos dois orifícios que ficam na extremidade superior da válvula, de modo que o excesso de pressão seja “jogado fora”. Quando a pressão aumentar muito e se desejar mantê-la constante de um determinado valor, o ar é jogado para o meio externo e ao mesmo tempo é vedada a comunicação entre a via P2 e P1, para que a pressão não continue a aumentar.

A Figura 133 ilustra este segundo momento, em que a válvula está enviando o excesso de pressão para o meio externo.

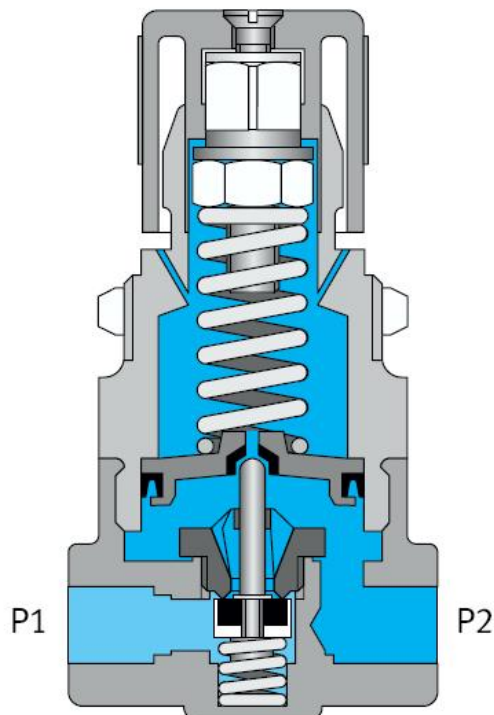
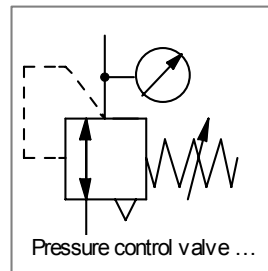


Figura 133 – Válvula reguladora de pressão

Na Figura 133 houve um aumento da pressão. Para que o cilindro não absorva este aumento de pressão (e conseqüente aumento da força de trabalho), o excesso de pressão é enviado para as duas vias de escape, situadas no extremo superior da válvula. Esta válvula possui a simbologia representada a seguir:



4. Válvula temporizadora

Existem dois tipos de válvulas temporizadoras: normal aberta (NA) e normal fechada (NF). Nesta apostila será apresentado o desenho em corte somente da válvula NF.

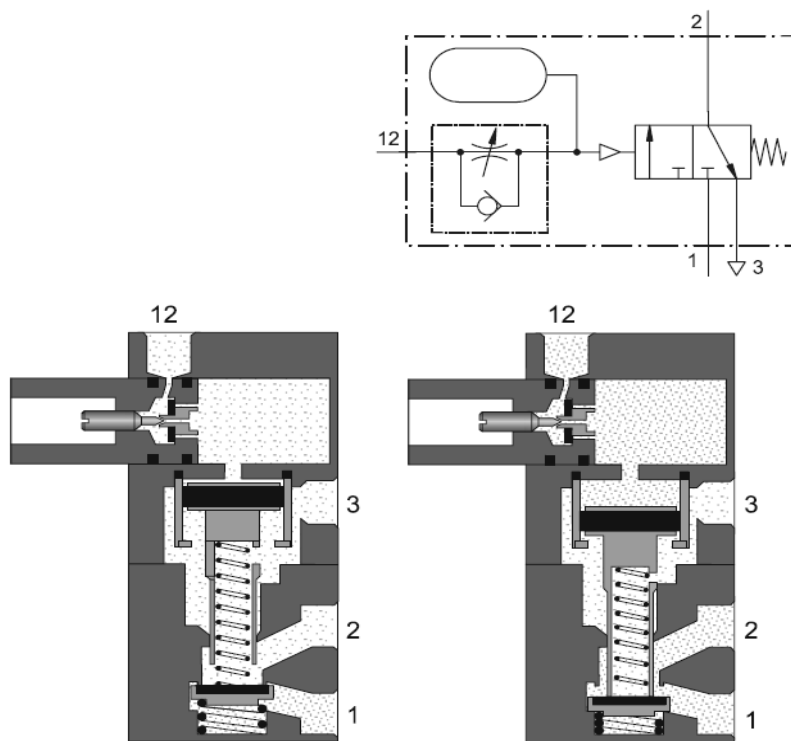


Fig. 5.20
Time delay valve:
normally closed

Figura 134 – Válvula temporizadora NF

A válvula temporizadora nada mais é do que uma válvula 3/2 vias piloto/mola NF ligada a um aparato de temporização. A válvula 3/2 vias tem o mesmo funcionamento de

qualquer outra deste tipo, ou seja, o ar vem do LUBREFIL até a via 1, que inicialmente, na figura da esquerda, não deixa o ar passar para a via 2. Neste instante, as vias que estão se comunicando são a 2 e a 3. Quando o eixo é pilotado, abre-se a passagem de ar da via 1 para a via 2, o que pode ser visto na figura da direita (Figura 135).

O importante então, é não deixar o ar pilotar imediatamente o eixo que faz a mudança de posições. Para isso, ele vai passar por todo um esquema que retardará sua ação de pilotagem, como pode ser visto na Figura 135.

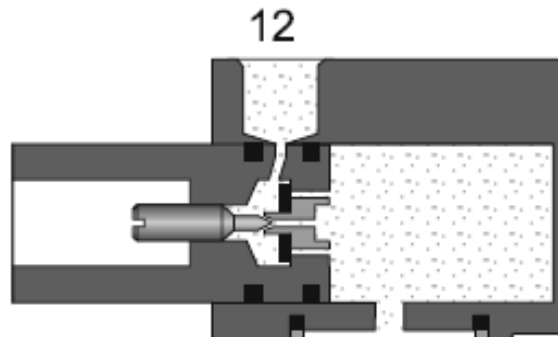


Figura 135 – Aparato de temporização

A Figura 135 pode ser compreendida da seguinte maneira: o ar chega na via 12, que é a via de pilotagem. Numa válvula piloto/mola, ela atuaria diretamente no eixo para a mudança das posições, mas aqui, o ar antes será estrangulado. Há um parafuso para a regulagem do estrangulamento. O ar passa então por uma via de diâmetro bem menor do que o da via 12 e depois tem de encher uma câmara. Ora, ao estrangular o ar, ele perderá sua velocidade e demorará um tempo maior para encher a câmara de ar, sua primeira tarefa. Depois que a câmara estiver cheia, este ar pilotará o eixo da válvula 3/2 vias, que fará a mudança de posições.

5. Pressostato

O pressostato é um componente eletro-pneumático que ajuda a regular a pressão. Ele é normalmente utilizado para evitar que uma máquina trabalhe em pressões abaixo da pressão de trabalho, como no exercício resolvido Ex01.

A Figura 136 traz um desenho em corte de um tipo de pressostato.

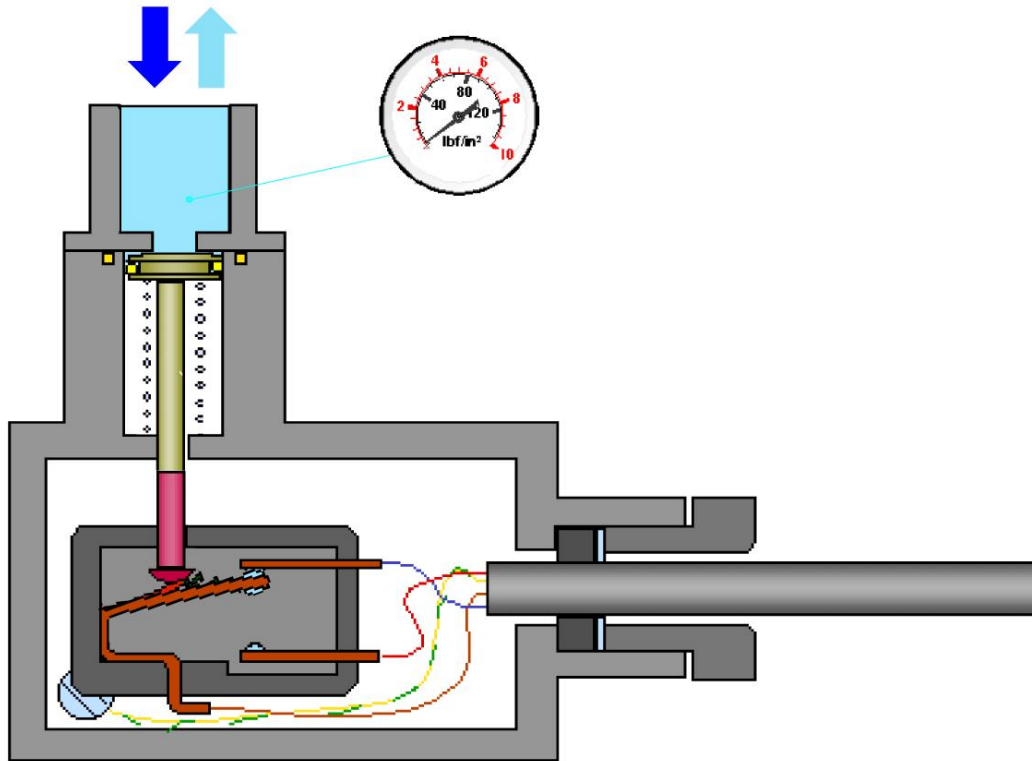


Figura 136 – Desenho de um pressostato.

Na Figura 136, se dermos uma olhada no manômetro, ele está indicando a pressão de 0 lbf/in^2 , ou seja, não há pressão de trabalho. Conseqüentemente não há força para movimentar o eixo, obstruindo a via graças a uma mola que o impele em sentido contrário à força do ar. A pressão vai aumentando até vencer a resistência da mola, empurrando o eixo para baixo e forçando a mudança de contato. Se o pressostato tiver um contato NF, ele se abrirá quando a pressão ultrapassar o valor pré-estipulado e se tiver um contato NA, ele se fechará quando a pressão for maior do que a pressão pré-estabelecida. Se por algum motivo a pressão de trabalho cair muito, o contato volta a sua posição original. Com esta lógica é possível fazer com que o atuador não trabalhe com baixas pressões, conseguindo assim que uma máquina trabalhe somente em condições ideais.

A Figura 137 traz o esquema de um pressostato para o caso em que a pressão que chega à via de entrada for maior do que a pressão pré-estabelecida.

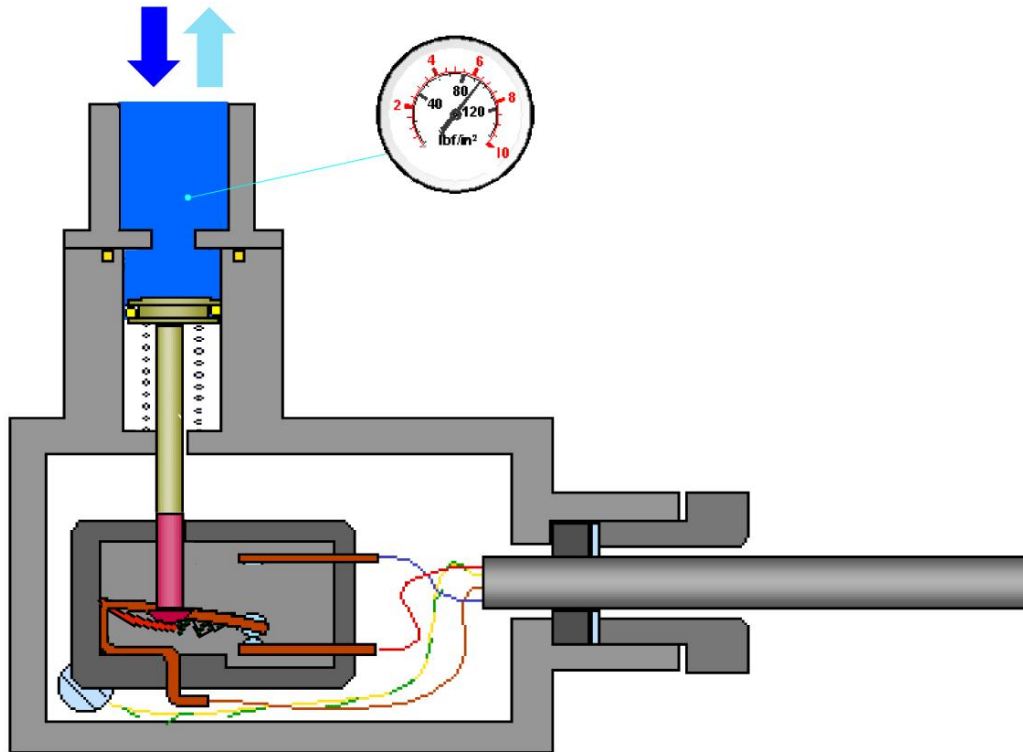


Figura 137 – Desenho esquemático de um pressostato.

Na Figura 137, a pressão na entrada da via (aproximadamente 6.5 lbf/in^2) é suficiente para vencer a resistência da mola, ocorrendo, assim, a inversão do contato elétrico, como pode ser percebido. Se a pressão cair, a mola conseguirá empurrar o eixo novamente para cima e o contato elétrico volta à sua posição inicial.

Este componente eletro-pneumático possui a representação simbólica apresentada a seguir.

