

Figura 4.1 - (a) fluxograma, (b) variáveis de estado, (c) rede de Petri, (d) diagrama trajeto-passo.

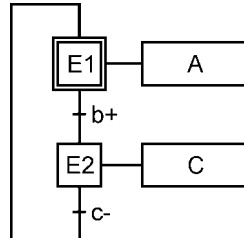


Figura 4.2 - Exemplo de Grafcet.

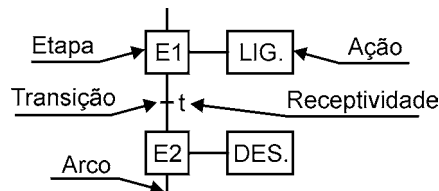


Figura 4.3 - Elementos de um Grafcet.

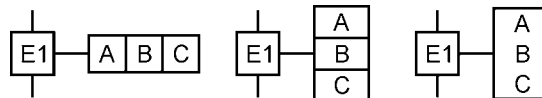


Figura 4.4 - Representação de Ações.



Figura 4.5 - Exemplos de Ação.

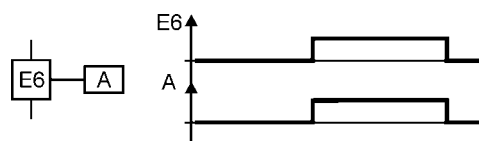


Figura 4.6 - Ordem Contínua.

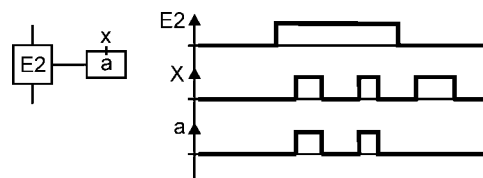


Figura 4.7 - Ordem Condicional.

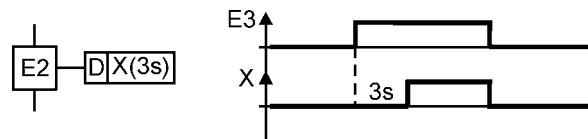


Figura 4.8 - Ordem com Retardo de Tempo.

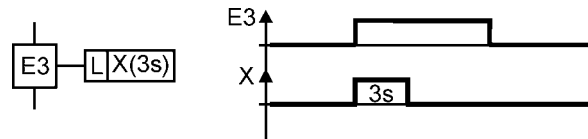


Figura 4.9 - Ordem com Tempo Limitado.

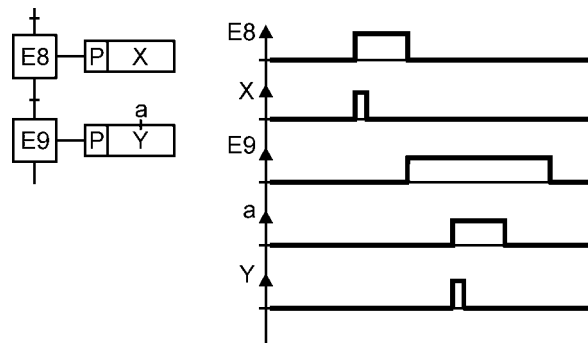


Figura 4.10 - Ordem impulsional e impulsional condicionada.

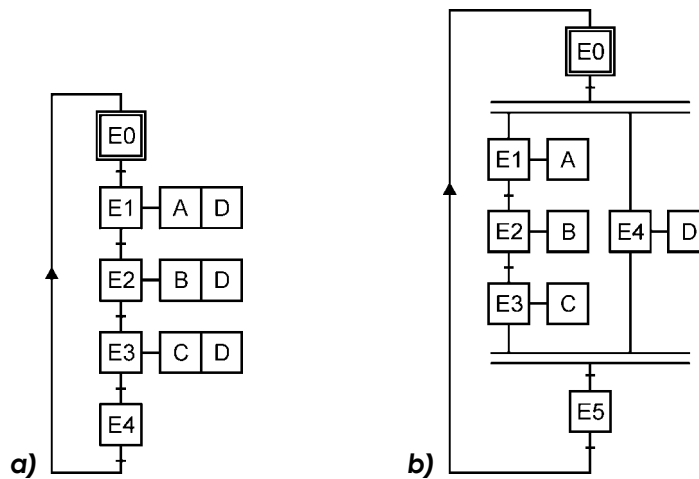


Figura 4.11 - (a) Repetição de ações em etapas consecutivas, Estrutura em paralelo equivalente.

(b)

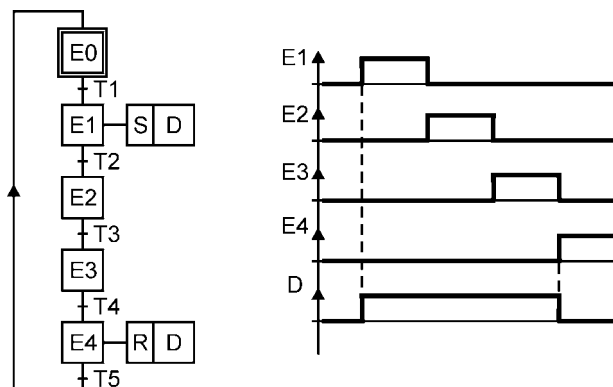


Figura 4.12 - Ordem memorizada usando indicadores S e R.

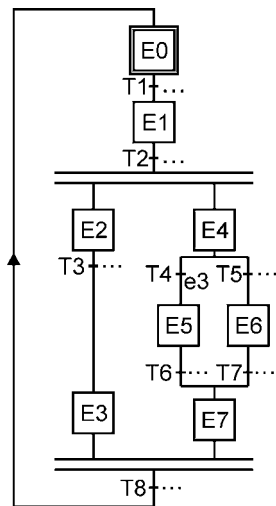


Figura 4.13 - Exemplo de receptividade associada à situação do Grafcet.

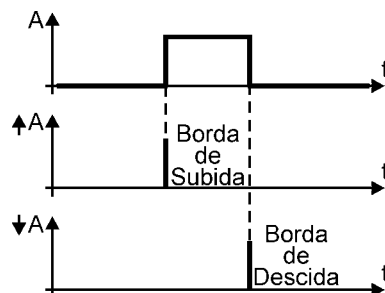


Figura 4.14 - Borda de subida e borda de descida de uma variável.

- (a) $\uparrow(A + B)$ não é o mesmo que $(\uparrow A + \uparrow B)$
- (b) $\uparrow A = \downarrow \bar{A}$
- (c) $\uparrow(A \cdot B)$ não é o mesmo que $(\uparrow A \cdot \uparrow B)$
- (d) $(\uparrow A \cdot \uparrow B) = 0$ se A e B não forem **correlatos**

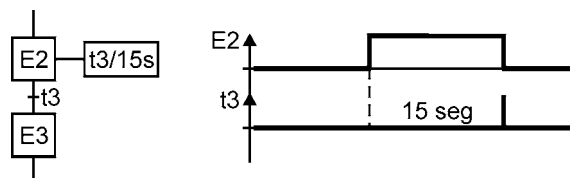


Figura 4.15 - Exemplo de temporização.

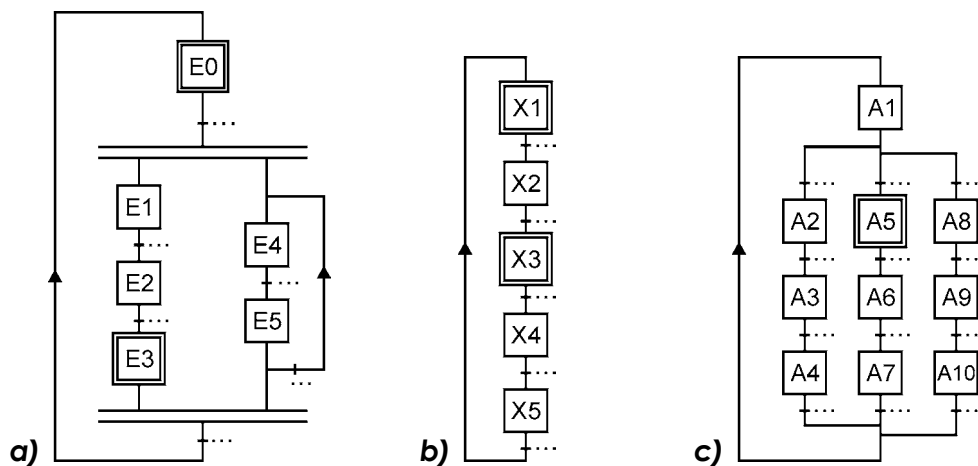


Figura 4.16 - Situação inicial: a) etapas E0 e E3, b) etapas X1 e X3, c) etapa A5.

Estados do Sistema de Comando

- a) **Desenergizado:** em que não há existência física em relação ao mecanismo controlado.
- b) **Energizado e inoperante:** o sistema de comando existe, mas não está receptivo a nenhuma informação vinda do mecanismo controlado. Não ocorrem evoluções.
- c) **Energizado e operante:** pelo menos uma **etapa** está **ativa**.

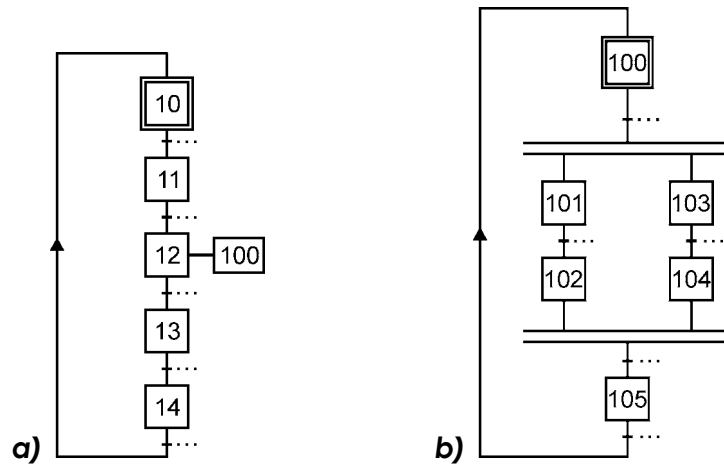


Figura 4.17 - Passagem ao estado energizado operante.
ação externa de comando, b) por ordem de outro Grafcet.

a) por

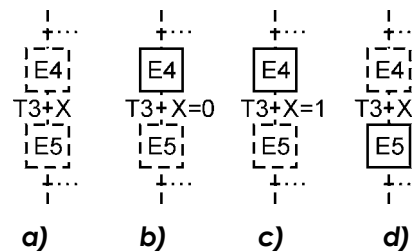


Figura 4.18 - Evolução entre situações:

- a) Transição T3 não válida, pois a etapa E4 está inativa (situação desconhecida),
- b) Transição T3 válida, mas ainda não ocorreu, pois a receptividade X ainda é zero,
- c) Instante em que ocorre T3, uma vez que a receptividade X tornou-se verdadeira,
- d) Transição T3 novamente não válida (situação em E5).

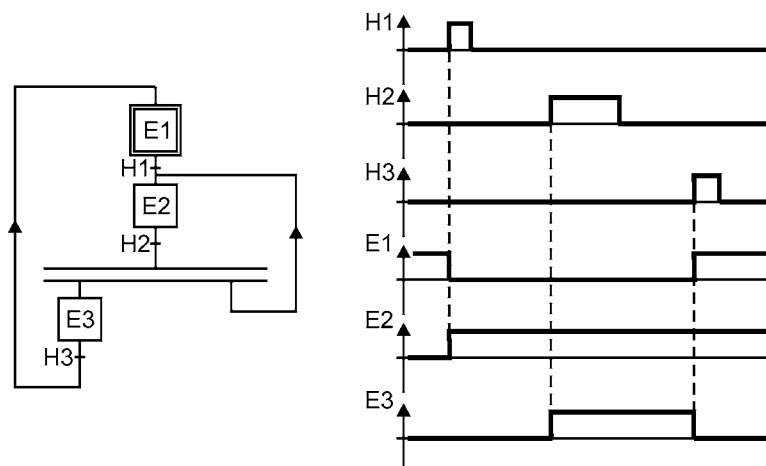


Figura 4.19 - Análise temporal de exemplo de seqüencialização modelada por um Grafcet.

4.3.3 ESTRUTURA SEQUENCIAL

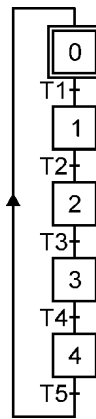


Figura 4.20 - Seqüência linear.

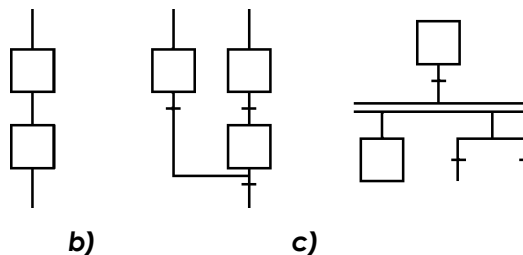


Figura 4.21 - Erros de sintaxe: a) Falta transição, b) e c) Transições subseqüentes.

Exemplo de Estrutura com Seqüência Linear

Um equipamento para estampar peças plásticas é formado por um dispositivo de carregamento de peças (por gravidade), um cilindro 1 (alimentador), um cilindro 2 (estampador) e um cilindro 3 (extrator). Todos os três cilindros são de ação simples com retorno por mola, e têm seu avanço comandado pelas eletroválvulas EV1, EV2 e EV3 respectivamente. A máxima excursão de cada cilindro é monitorada pela atuação dos sensores S1, S2 e S3 do tipo *reed-switch*. A expulsão da peça é realizada por um sopro de ar comprimido, obtido a partir do acionamento da eletroválvula EV4, e efetivamente monitorada pela atuação do fotossensor (FS).

O funcionamento prevê como condição inicial que os cilindros não estejam avançados, ou seja, essa condição traduz que todas as eletroválvulas estejam desligadas.

Assim, com a chave de partida (PTD) acionada e estando a máquina na condição inicial, deve-se iniciar a operação. A seqüência consiste em, primeiramente, colocar uma peça no molde, recuar o êmbolo do cilindro alimentador, prensar o estampo sobre a peça (deve-se aguardar um tempo de dois segundos com a peça sendo prensada), atuar o extrator e o bico de ar para retirada da peça pronta.

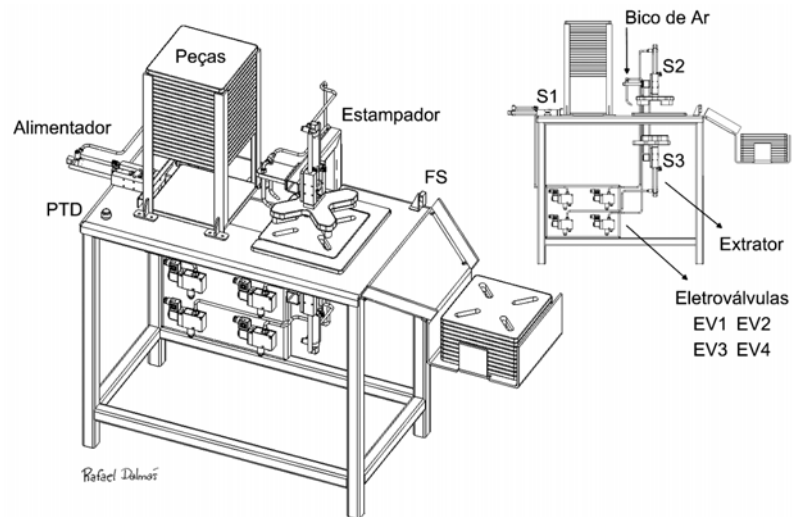


Figura 4.22 - Máquina para estampar peças.

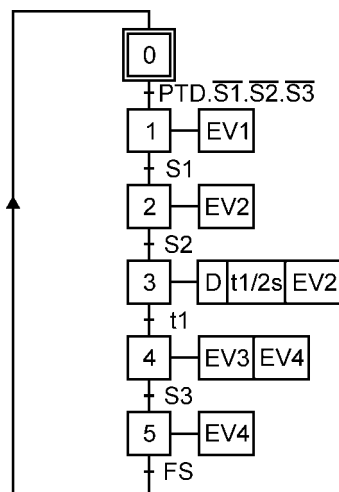


Figura 4.23 - Grafset para máquina de estampar.

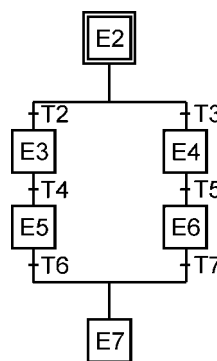


Figura 4.24 - Estruturas de seleção de seqüências.

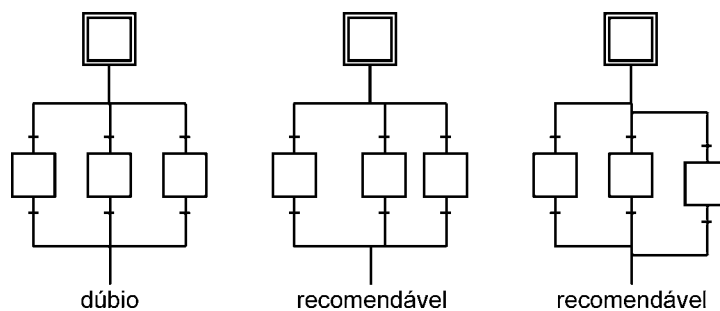


Figura 4.25 - Recomendação para grafismo de seleção sem ambigüidades.

Exemplo de Estrutura com Seleção de Sequência

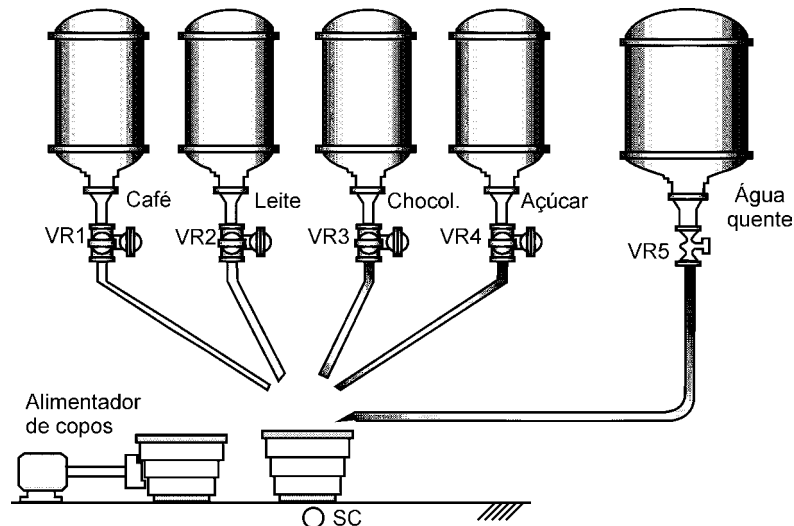


Figura 4.26 - Máquina dispensadora de bebidas quentes.

Trata-se de uma máquina dispensadora de bebidas quentes que pode fornecer as seguintes opções ao usuário: B1 - café puro, B2 - café com leite e B3 - chocolate quente, escolhida por uma chave seletora (B) de três posições.

O sistema é dotado de cinco reservatórios: R1 - café solúvel, R2 - leite em pó, R3 - chocolate, R4 - açúcar e R5 - água quente. A dosagem de cada produto no copo descartável é feita pela abertura temporizada de válvulas VR1, VR2, VR3, VR4 e VR5 respectivamente. Há também um dispositivo eletromecânico (AC) para alimentação de copo descartável, o qual posiciona corretamente apenas um copo a cada vez que for atuado.

O sistema prevê ainda três níveis de liberação de açúcar: A1 - amargo, A2 - doce, A3 - extradoce, ajustado por uma chave seletora (A) de três posições.

Como condição inicial de funcionamento, um copo deve ser posicionado corretamente, o qual é monitorado pelo sensor SC. Como condição de finalização, o copo cheio deve ser retirado.

Assim, com a condição inicial satisfeita, um nível de açúcar e um tipo de bebida pré-selecionados, com o pressionar da botoeira de partida inicia-se o processo de preparo pela abertura temporizada das eletroválvulas.

Primeiro ocorre a liberação de açúcar com os tempos de abertura de VR4 por 4 segundos para doce, 6 segundos para extradoce e sem liberação para amargo. Após o que, inicia-se então o preparo de uma das seguintes receitas (cada uma com as dosagens na ordem exata em que são apresentadas):

- ✳ **Café puro:** 3 segundos de café e 5 segundos de água quente.
- ✳ **Café com leite:** 2 seg. de café, 3 seg. de leite e 7 seg. de água quente.
- ✳ **Chocolate:** 2 seg. de leite, 3 seg. de chocolate e 6 seg. de água quente.

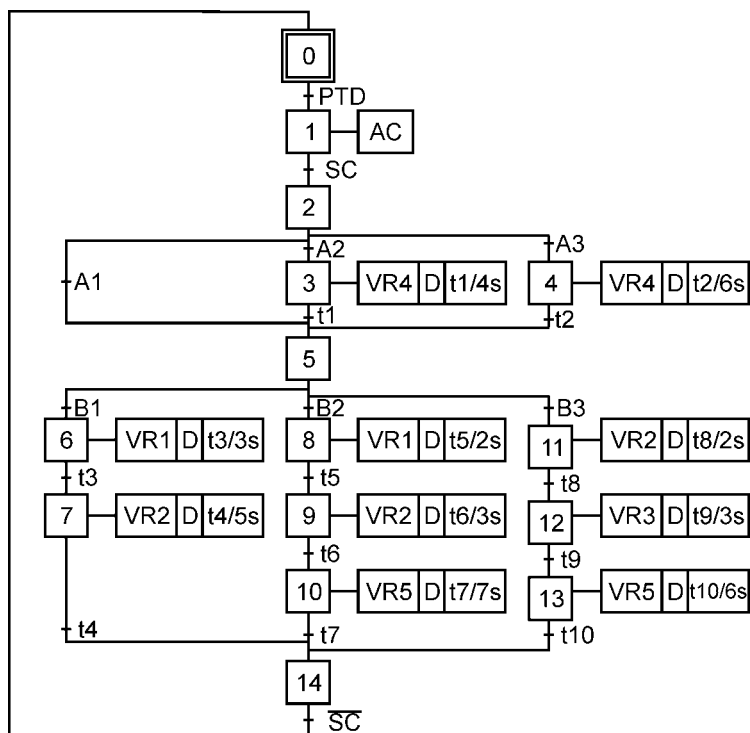


Figura 4.27 - Grafcet para máquina dispensadora de bebidas quentes.

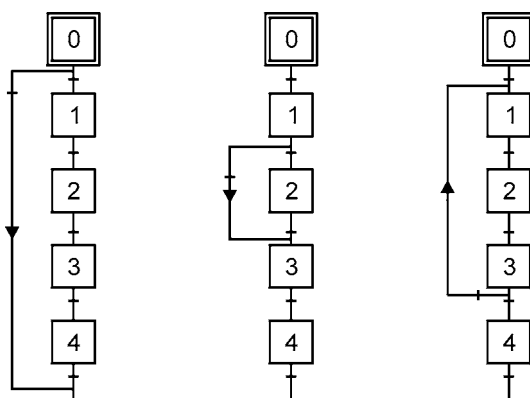


Figura 4.28 - Saltos: a) de seqüência, b) de etapa e c) de retrocesso ou com repetição.

Exemplo de Estrutura com Repetição de Seqüência

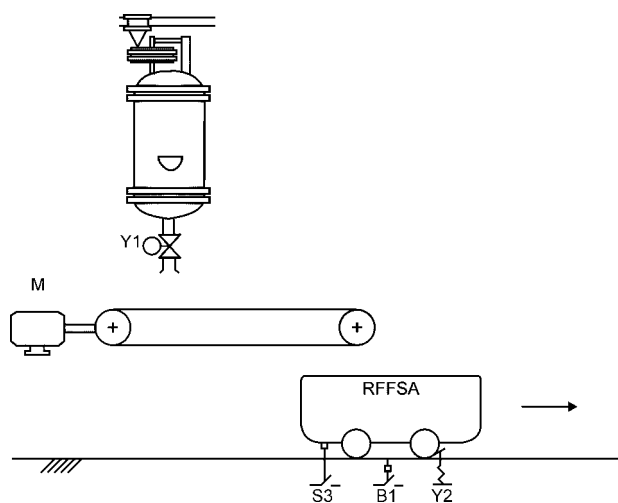


Figura 4.29 - Sistema para carregar vagões.

Um sistema para carregamento de vagões é composto pelos seguintes elementos: uma esteira acionada pelo motor M, uma eletroválvula Y1 para permitir saída de produtos do silo, um sensor S3 para detectar a presença de um vagão, um sensor balança B1 para indicar que o vagão está cheio e uma trava de vagão Y2, cujo destravamento é feito por eletroímã.

A partir de um comando de partida (PTD), o sistema estará pronto para funcionar. Com a chegada do primeiro vagão (indicado por S3), é acionado o motor da esteira, sendo que só será desligado após o último vagão ser carregado. A identificação do último vagão é feita por uma supervisão de tempo (15s) contado após a saída do vagão previamente carregado.

Com o correto posicionamento do vagão e não estando cheio, tem início o seu enchimento dado pela abertura de Y1. O travamento dos vagões na posição correta é feito por um atuador mecânico pela força de uma mola, e o seu destravamento exige a atuação elétrica do eletroímã Y2.

Após o enchimento do vagão, fecha-se a eletroválvula e aguardam-se 7 segundos para o esvaziamento da esteira. A partir deste instante, o vagão é destravado.

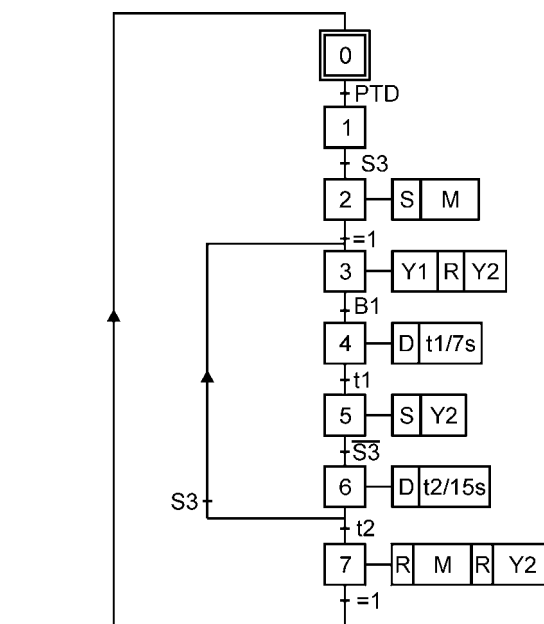


Figura 4.30 - Grafcet para o sistema de carregamento de vagões.

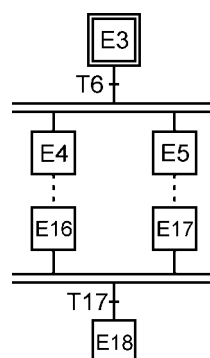


Figura 4.31 - Estruturas de um paralelismo.

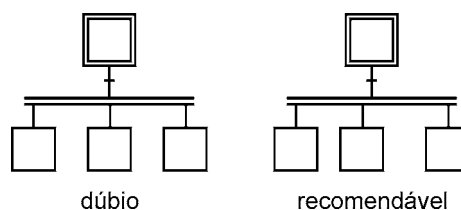


Figura 4.32 - Recomendação para grafismo de paralelismo sem ambigüidades.

Exemplo de Estrutura com Paralelismo

Uma mesa circular é utilizada para alimentar três estações de trabalho que realizam as seguintes operações:

- ✱ Estação 1: Carrega a peça na mesa circular.
- ✱ Estação 2: Prende a peça e efetua a furação.
- ✱ Estação 3: Inspecciona o furo por meio de um sensor de profundidade e elimina a peça.

Os sensores e atuadores utilizados no sistema são os seguintes:

- ✱ A,B,C,D,E: atuadores (cilindros) pneumáticos de dupla ação;
- ✱ a+, b+,..., e+: eletroválvulas que irão comandar o avanço de A, B, C,D e E;
- ✱ a-, b-,..., e-: eletroválvulas que irão comandar o recuo de A, B, C, D e E;
- ✱ F, f+: atuador F de simples ação e eletroválvula de avanço;
- ✱ fca-,...,fce-: chaves fim-de-curso que indicam posição recuada dos atuadores;
- ✱ fca+,...,fcf+:chaves fim-de-curso de máxima excursão nos atuadores;
- ✱ PP1: sensor de presença de peça na entrada da mesa;
- ✱ PP2: sensor de presença de peça na estação de furação;
- ✱ PP3: sensor de presença de peça na estação de inspeção;
- ✱ PP4: sensor de peça no **pallet** da mesa.

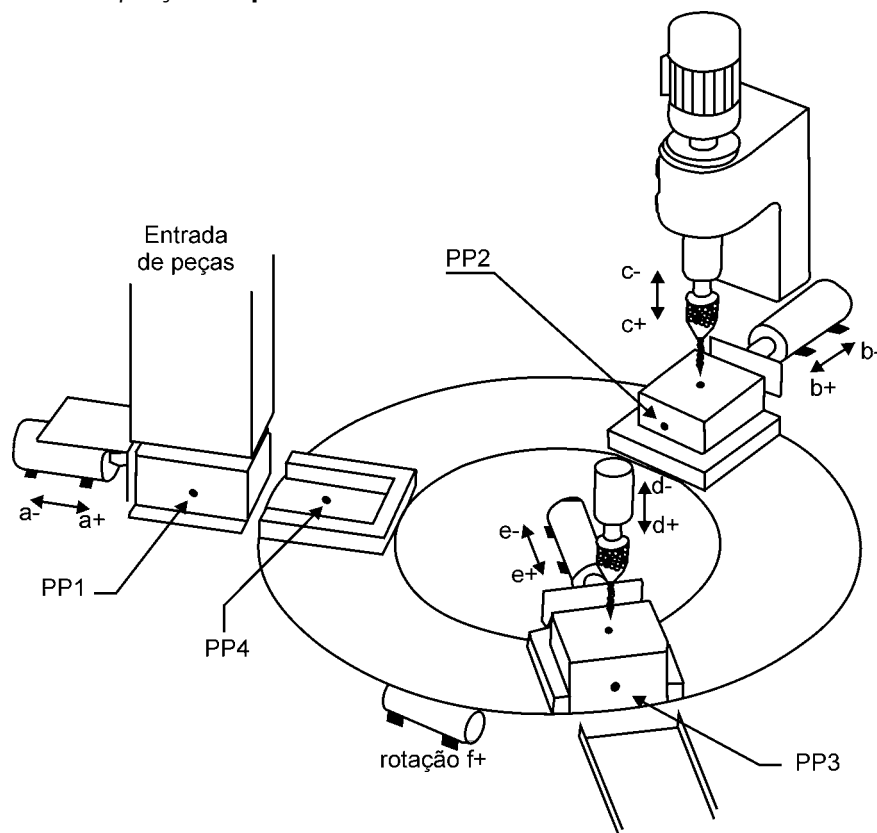


Figura 4.33 - Máquina de furação.

A mesa circular é sucessivamente rotacionada em 120° pelo atuador F, o que vai garantir o correto posicionamento da mesa após cada rotação.

O motor da furadeira é acionado por um sistema mecânico que vai ligá-lo quando a furadeira descer, e desligá-lo quando ela subir.

A verificação do furo é realizada pela descida do acionador D que deverá atingir o fim-de-curso fcd+ em um tempo não superior a cinco segundos, o que indicará que a furação foi realizada corretamente. Caso esta condição não ocorra, a máquina deverá parar a fim de que o operador retire a peça defeituosa e, manualmente, dê o comando de rearme (botoeira R).

As operações são realizadas após o comando de ordem de partida dado pelo operador (chave P) com as seguintes condições iniciais satisfeitas:

- ✱ *Condição inicial 1: os atuadores A, B, C, D e E devem estar recuados;*
- ✱ *Condição inicial 2: deve existir peça em pelo menos uma das estações de trabalho.*

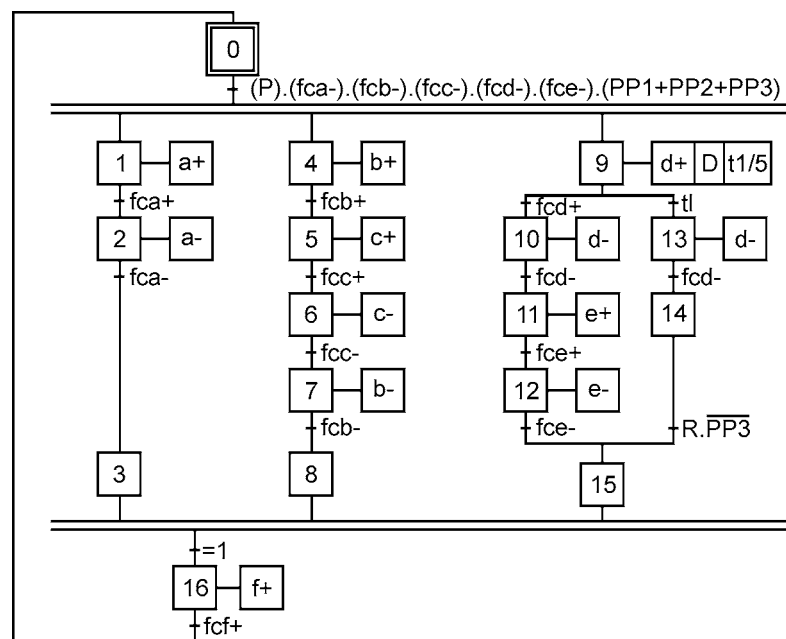


Figura 4.34 - Grafcet para máquina de furação.