

Exercícios relativos a *Grafcet*

1. Medida de Tempo de Tecla Pressionada

Este problema é puramente hipotético. Considere a entrada *tecla*. Se a tecla for carregada durante um tempo menor que 1 segundo, então a *saída1* deve ser accionada durante 2 segundos. Se a tecla for carregada durante mais do que um segundo, então, quando a tecla for libertada, a *saída2* deve ser accionada durante 2 segundos.

2. Guilhotina Eléctrica Manual

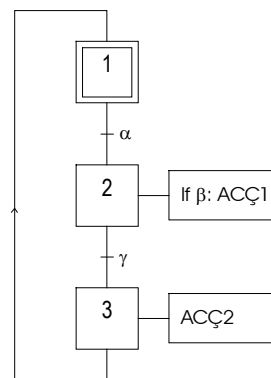
Por motivos de segurança, uma guilhotina de comando manual mas movida por motor eléctrico necessita de uma sequência bem determinada para correcto funcionamento. Para funcionar é preciso carregar e largar o botão de pressão *pronto* e que, de seguida, num tempo que não pode exceder os 10 segundos se pressione os botões de pressão *mão_esquerda* e *mão_direita* simultaneamente [por simplicidade, considere que o tempo conta a partir do momento em que *pronto* foi largada]. Apenas nessa situação a lâmina inicia efectivamente o movimento de *CORTAR*. Uma vez atingido o *fim_de_corte*, é necessário *LEVANTAR* a lâmina durante 2 segundos.

Entradas: *pronto*, *mão_direita* e *mão_esquerda*

Saídas: *CORTAR* e *LEVANTAR*

3. Formalismo Grafcet (i)

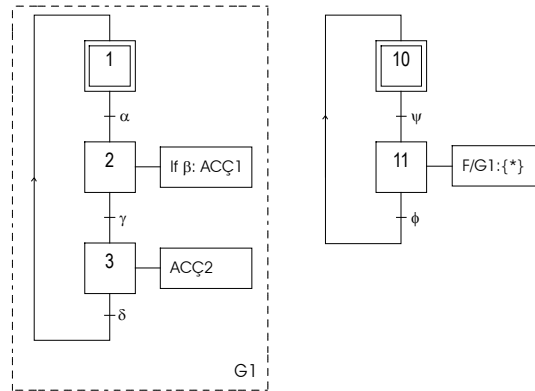
Considere o diagrama grafcet apresentado ao lado:
Converta o grafcet apresentado para um grafcet equivalente na sua execução mas sem acções condicionais



4. Formalismo Grafcet (ii)

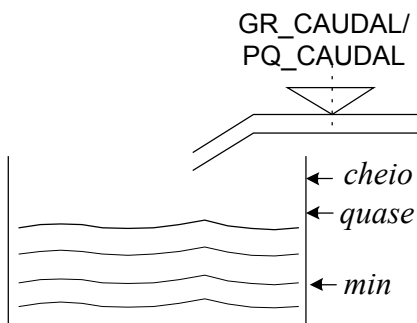
Considere o grafcet hierárquico ao lado, com uma acção de congelamento sobre G1.

Transforme os diagramas apresentados num conjunto equivalente, com a mesma estrutura de etapas mas onde não exista nenhum tipo de acção de forçagem.



5. Tanque com 3 sensores

Considere um problema que enchimento de um tanque que, tal como representado na figura seguinte apresenta sensores de nível para o mínimo (*min*), para o aproximadamente cheio (*quase*) e para o cheio (*cheio*). Todos os sensores são iguais e na presença de líquido a sua saída apresenta um estado lógico de 1. A bomba de enchimento pode funcionar com duas velocidades, enchimento rápido (GR_CAUDAL) e enchimento lento (PQ_CAUDAL).



A folha de requisitos apresentada refere alguns modos de funcionamento:

- O enchimento deve iniciar-se quando o nível de líquido desce abaixo de *min*
- Durante o enchimento, quando o nível de líquido atingir o sensor de *quase*, a taxa de enchimento deve diminuir para PQ_CAUDAL e este funcionamento pode durar no máximo 1 segundo.
- Em qualquer caso que o sensor de cheio seja activado, o enchimento deve parar.

- Desenhe um Grafcet que comande o enchimento do tanque em questão
- Acrescente ao Grafcet anterior um alarme que dispara uma BUZINA se o processo de enchimento se prolongar durante mais de 30 segundos. Para sair deste modo é necessário premir uma betoneira de *rearme*.
- Discuta a necessidade da existência dos 3 sensores de nível de líquido e apresente outra alternativa que em sua opinião seja vantajosa, explicando as suas razões.
- Discuta as consequências do circuito do sensor *min* estar praticamente sempre activo e proponha uma alternativa que solucione esta questão.

6. Máquina de bebidas quentes

Considere uma hipotética máquina automática de venda de bebidas quentes, nomeadamente café e chocolate.

Existem duas ranhuras para moedas e é através da introdução de uma moeda na ranhura apropriada que se escolhe a bebida que pretendida, uma *m_cafe* para um café e uma *m_choc* para um chocolate. Após a introdução da moeda, é necessário ligar o motor que deposita um COPO até que o sensor de *copo_presente* indique que essa operação está completa. Seguidamente é necessário abrir a válvula do CAFÉ ou CHOCOLATE durante 5 segundos, enchendo assim o copo.

O copo está protegido por uma porta e utiliza-se um TRINCO (actuador impulsional) para abrir a porta. Para assinalar este facto faz-se piscar uma LUZ, que alterna um segundo ligado e outro segundo desligado.

O processo encerra quando o copo desaparece mas a máquina só poderá ser utilizada 10 segundos depois dessa ocorrência.

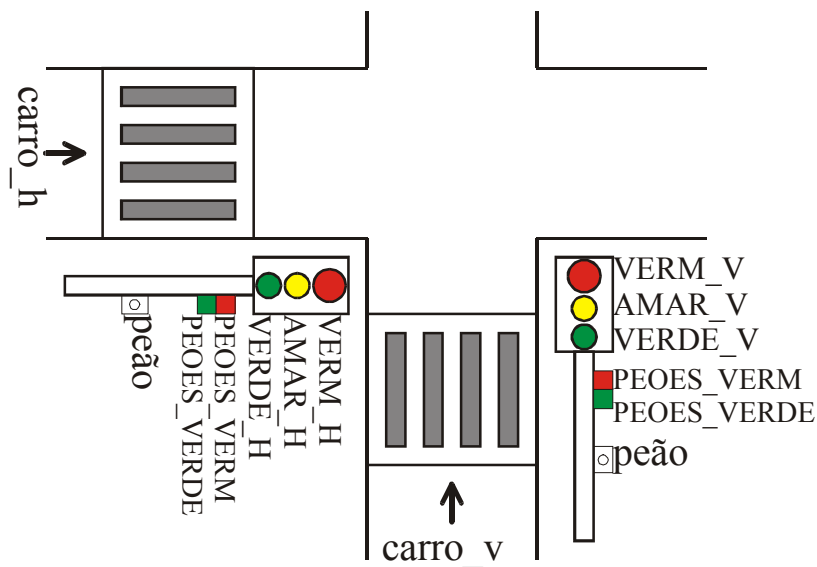
Para manter as bebidas quentes existem dois sensores *chocolate_frio* e *café_frio* que assinalam a necessidade de ligar durante um minuto o sistema AQUECE_CHOC e AQUECE_CAFÉ, respectivamente.

Desenhe um diagrama Grafcet que comande o funcionamento desta máquina.

7. Semáforo

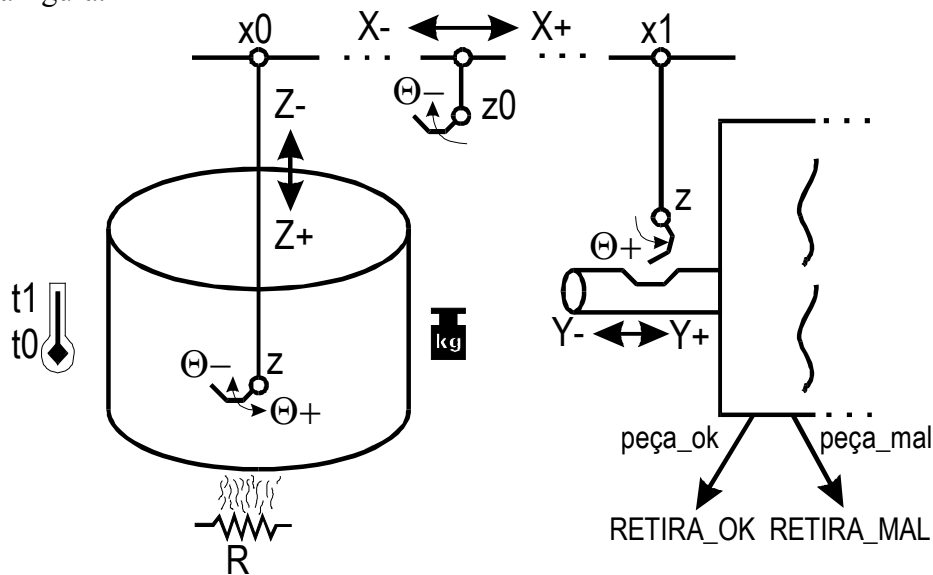
Considere um hipotético semáforo automóvel automatizado, num cruzamento de 2 ruas, ambas de sentido único. As entradas do sistema são *carroH*(orizontal) e *carroV*(ertical). As saídas são *VERDE_H*, *AMAR_H*, *VERM_H* para o semáforo horizontal e existem outras tantas saídas **_V* para o semáforo vertical.

- Programa o modo de funcionamento básico sequencial 30 segundos verde, 5 amarelo e 5 vermelho antes de o semáforo do outro lado ficar verde.
- Considere o modo de funcionamento automático em que o semáforo está sempre vermelho e quando aparece um carro numa das direcções, o respectivo semáforo passa imediatamente a verde desde que o semáforo do outro lado esteja há mais de 5 segundos no vermelho. O verde deve durar no mínimo 5 segundos e no máximo 30, conforme apareçam carros durante o período em que o semáforo está verde. Passados os 5 segundos iniciais e tendo passado os carros, o semáforo pode passar a 5 segundos amarelo e seguidamente a vermelho. Se estiverem carros à espera na outra direcção, é obrigatoriamente o semáforo da outra direcção que deve vir a ficar verde (passados os referidos 5 segundos).
- Utilize obrigatoriamente as características hierárquicas do grafcet para introduzir um tempo para a passagem de peões no modo automático de funcionamento sempre que a entrada *peão* for activada. Se algum dos semáforos estiver verde, este deve passar a amarelo (5 seg) e depois ficar em vermelho 5 segundos antes de *PEOES_VERDE* ser activado durante 5 seg. logo seguidamente deve piscar durante 5 segundos, meio segundo ligado, meio segundo desligado. O ciclo automático de funcionamento para os carros pode ser re-iniciado passados 5 segundos de *PEOES_VERM*(elho). Naturalmente, quando os peões atravessam, as luzes vermelhas dos automóveis permanecem ligadas.



8. Máquina de Injecção de Alumínio Fundido

Considere um hipotético sistema de fabrico de peças por injeção de metal fundido num molde. O sistema é comandado por um autómato programável, que actua sobre os elementos presentes na figura.



Projecte o funcionamento normal do ciclo de injeção, que acontece enquanto existir material (**kg**) e a temperatura for superior a **t0**. Sempre que a temperatura baixar até **t1** ser falso, liga-se **R** e aquece-se até que a temperatura suba acima de **t1**. O tanque de metal fundido está localizado em **x0** e o metal deve ser largado sobre a boca do injetor, sobre **x1**. Para movimentar a colher no sentido de **x0** para **x1**, utilizar **X+** e no sentido contrário utilizar **X-**. Para recolher o metal, a colher deve descer (**Z+**) até que o sensor **z** seja activado pela segunda vez, abrir a colher, **Θ+** durante 1 segundo e depois fechar a colher, **Θ-** durante 1 segundo. De seguida deve subir completamente (**z-** até **z0**), posicionar-se sobre **x1** e depois largar à altura do primeiro sensor **z** o metal transportado. A colher pode iniciar o percurso de regresso enquanto se faz a injeção (**Y+**), após a qual a peça injectada dentro do molde é classificada de **peça_ok** ou **peça_mal** e retirada para o respectivo destino, **RETIRA_OK** ou **RETIRA_MAL** (durante 5 segundos). A colher só pode ser mergulhada no metal e ser enchida de novo depois da máquina de injeção estar vazia (a peça ter sido retirada correctamente) e pronta para novo ciclo. Depois da peça ter sido retirada, deve-se abrir (**Y-**) a boca de injeção durante 3 segundos.

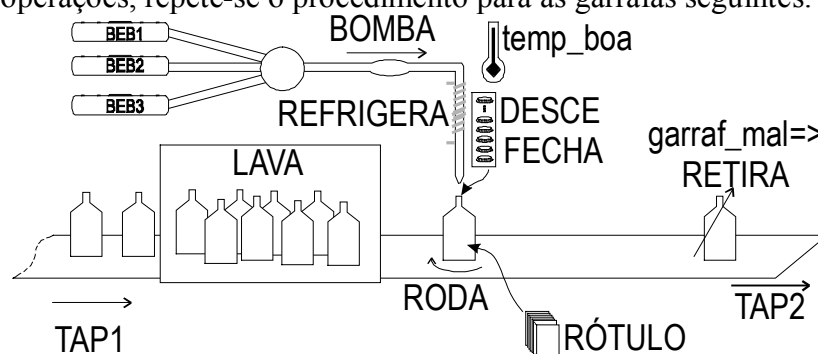
a) Comande o funcionamento deste sistema através de um Grafcet apropriado para o sistema real em causa, tendo em conta as restrições introduzidas por factores reais do sistema. Comente o diagrama nos pontos que tal lhe pareça apropriado.

b) Considere um sistema de supervisão da máquina anterior. O arranque do sistema de supervisão desliga o ciclo de funcionamento normal completamente. O funcionamento normal só deve acontecer depois do botão de pressão **início** ter sido premido. O sistema pára quando se prime **pára**, depois de acabar o ciclo de injeção actual e obrigatoriamente com a colher vazia e em cima. Existe também um indicador de **ANOMALIA** sempre que o sistema faz duas peças seguidas mal, o que faz com que o sistema pare com a colher vazia e espera que o operador prima **início**. Projecte um Grafcet hierarquicamente superior, que faz supervisão do modo **Normal** de funcionamento do sistema.

10. Enchimento de Garrafas

Considere o problema do enchimento industrial de garrafas para consumo humano. O processo divide-se em várias partes e decorre em larga medida de forma simultânea. A bebida a encher é configurada num selector que torna verdadeira, no máximo, uma das variáveis *beb1*, *beb2* ou *beb3*. Se as 3 forem falsas, então o sistema deve parar quando acabar de encher as últimas garrafas cujo processamento foi iniciado.

A primeira operação a decorrer é a lavagem das garrafas e para isso faz-se arrancar o tapete 1 (*TAP1*) e espera-se que a zona de lavagem encha (*lav_cheia*) para fazer parar o tapete 1 e dar início à lavagem das garrafas (*LAVA*). Passado 1 minuto, as garrafas estão lavadas e posteriormente ligar-se-á o tapete 2, *TAP2*, que transporta as garrafas lavadas até à zona de enchimento. O processo de lavagem inicia-se de novo quando *lav_vazio* ficar activo. A preparação do enchimento inicia-se mal a zona de lavagem esteja cheia. Diz respeito a seleccionar a bebida certa *BEB1*, *BEB2*, ou *BEB3* (actuadores impulsoriais) e bombear (*BOMBA*) o líquido. O sensor *pressão* será activado, indicando que o sistema de enchimento está sob pressão e pronto a encher. Deve-se manter a *BOMBA* ligada durante todo o processo de enchimento. Para fazer a lavagem das tubagens internas do sistema, desaproveita-se 20 segundos de enchimento de bebida ligando abrindo a válvula de enchimento (*ENCHE*) antes de se iniciar o enchimento real das primeiras garrafas, cuja chegada é assinalada pelo sensor *garraf*. Durante toda a fase preparação de enchimento e sempre que existir pressão nas tubagens do sistema, é necessário manter a temperatura adequada (*temp_boa*), doutro modo é necessário que o sistema não inicie um novo enchimento e active a saída *REFRIGERA*. Quando chega uma garrafa e todo o sistema está pronto a encher, basta abrir a válvula *ENCHE* e esperar pelo sensor *cheio*, com o tapete rolante *TAP2* parado. De seguida faz-se rodar a garrafa (*RODA*) e espera-se 5 segundos para que a garrafa entre de facto em rotação e, mantendo a garrafa a rodar, afixa-se o *RÓTULO* sobre a garrafa (este processo demora 5 segundos a concluir-se). A cápsula que tapa a garrafa é aposta sobre a garrafa na segunda metade do processo anterior através de *DESCE_CAPS* (1 segundo) mas é necessário apertar a cápsula (*FECHA_CAPS* durante 1 segundo) com a garrafa parada. No final do processo *RETIRA*-se impulsionalmente a garrafa do tapete se *garraf_mal*, que é uma entrada cujo valor apenas tem significado no fim do fecho da cápsula da garrafa. Depois destas operações, repete-se o procedimento para as garrafas seguintes.



Comande o sistema anterior através de um único diagrama grafcet, sem recorrer nem a forçagens nem a macro-etapas. Comente o diagrama, se isso lhe parecer apropriado.

Utilize as características hierárquicas do grafcet para criar um sistema de supervisão para o problema anterior. O sistema deve monitorizar a produção depois de produzidas as 3 primeiras garrafas e de cada vez que, de entre 3 garrafas produzidas, 2 sejam classificadas de *garraf_mal*, o sistema deve fazer piscar ao ritmo de 1 segundo ligado / 1 segundo desligado e quando se acabar de processar uma garrafa, o sistema pára temporariamente, podendo a produção ser *retomada* quando o sistema for desligado e voltado a ligar. Se o sistema de lavagem estiver em funcionamento, ele deve continuar em funcionamento até ao fim do tempo de lavagem.

Adicionalmente, o sistema deve também monitorizar o aparecimento e desaparecimento de **pressão** durante o processo. O sistema deve tomar medidas se a **pressão** não aparecer 30 segundos após a ligação das bombas ou se a pressão desaparecer durante o funcionamento normal. Nestas duas situações de erro, o sistema deve desligar totalmente e imediatamente toda a linha, ligando continuamente **ERRO**.

Na âmbito da cadeira foi visitada uma empresa com um processo fabril similar ao aqui apresentado anteriormente. Como se chama essa empresa ? Nessa empresa era necessário manter informação acerca dos fornecedores utilizados para cada lote de mercadoria e era também necessário saber que parte de que lote foi entregue a cada cliente. Como se chama este conceito e qual o seu interesse ? Estaria este conceito completamente implementado ao longo de toda a fábrica ? Em termos de implementação como se consegue tal objectivo ?

Considera que a empresa referida na questão anterior tem uma organização orientada para a produção em variedade ou quantidade ? Justifique indicando escolhas conclusivas.

Caracterize sucintamente as funcionalidades disponibilizadas por um AGV. Considera que seria útil substituir os tapetes transportadores apresentados nesta questão por AGVs ? Justifique sucintamente, indicando as escolhas em causa.

12. Mesa de Furação XY

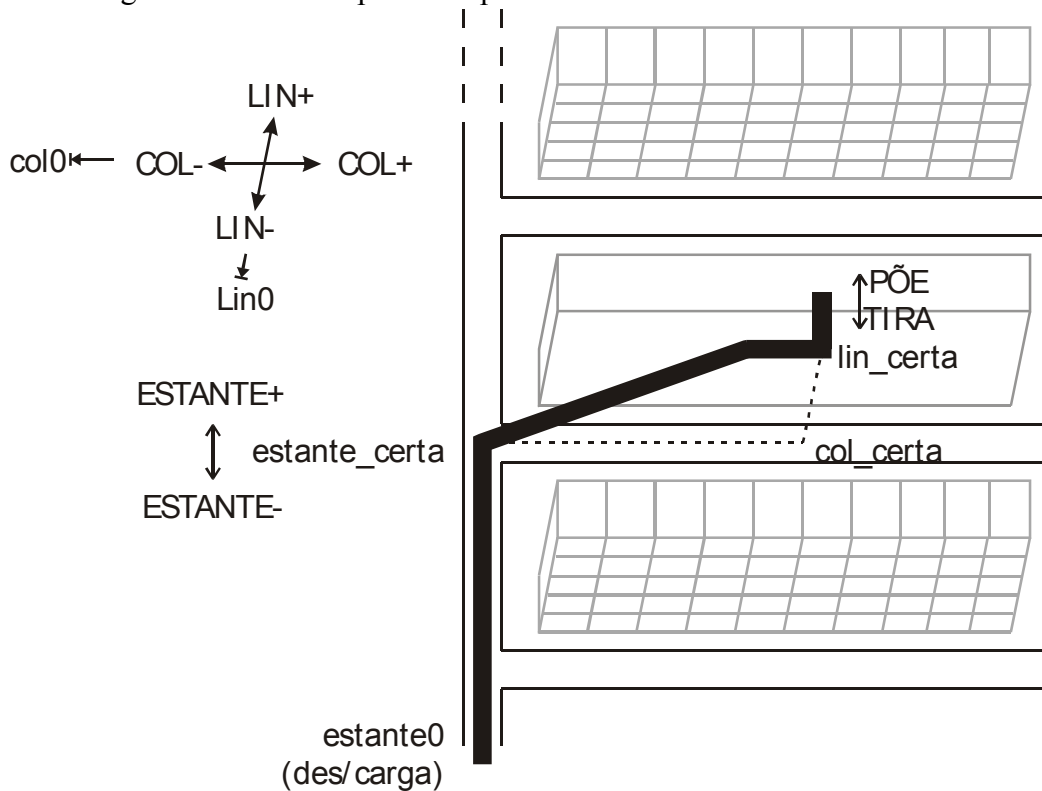
Considere um sistema de furação, funcionando sobre uma mesa XY.

A mesa tem os actuadores $X+$, $X-$ e $Y+$, $Y-$, que posicionam a cabeça de furação e que também um movimento vertical $Z+$ e $Z-$. Existem os sensores $x0$, $y0$, $xfuro$, $yfuro$, $z0$ e $zfimfuro$. Parte-se da posição de descanso $x0$, $y0$, $z0$ para depois levar a cabeça de furação até ao local do furo. De seguida deve-se fazer o furo na vertical e posteriormente devolver o sistema até à posição de descanso com a cabeça de furação levantada (em $z0$). Seguidamente deve-se fazer um outro furo, no mesmo sítio mas com uma ferramenta diferente. Durante o percurso até à posição de descanso deve-se **SOLTA_FERRAMENTA** durante 1 segundo no sentido de prepara a mudança da ferramenta de corte. O sensor **ferr_presente** indica sempre que existe uma ferramenta dentro da cabeça de furação. A mudança de ferramenta é feita externamente e pode ser feita mesmo antes do sistema parar totalmente. Durante o **APERTA_FERRAMENTA** (1 segundo), pode-se fazer o movimento até à posição do furo segundo os eixos xx e yy mas só se pode fazer o furo (com $Z+$) depois da ferramenta apertada. O ciclo de funcionamento repete-se para cada nova peça a partir da informação do sensor **peça_presente** mas é também necessário mudar para a ferramenta inicial.

- a) Comande o sistema descrito utilizando Grafset. Se tal lhe parecer apropriado, utilize macro-etapas e introduza (*pequenos comentários*). Não utilize contadores nem variáveis auxiliares.
- b) Utilizando Grafset hierárquico e sem introduzir mudanças na alínea anterior, implemente um sistema de supervisão com duas funcionalidades. Por um lado faz a peça actual ser passada à frente sempre que o posicionamento horizontal demorar mais que 10 segundos. A outra funcionalidade é que se se demorar mais do que 5 segundos a atingir o $zfimfuro$ ou se, depois de $zfimfuro$, se se demorar mais do que 3 segundos a atingir a posição de descanso, então é porque a broca ficou presa dentro da peça a furar, e deve-se parar todo o sistema e ligar o ALARME. A cabeça de furação é então levada manualmente até $z0$ e de seguida o sistema volta a fazer novamente o mesmo furo desde o início.

13. Armazém Automático

Considere o seguinte modelo simplificado para um armazém automático.



Pretende-se comandar o “empilhador” móvel do armazém baseado em variáveis booleanas externas e sensores do sistema. Os ciclos de carga e descarga são iguais e começam quando a variável *des/carga* é activada externamente. Nessa altura o empilhador está na posição de carga e descarga na *estante0*, *lin0*, *col0*. Deve-se percorrer o corredor das estantes (*ESTANTE+*) até se atingir a *estante_certa*. De seguida pode-se actuar sobre *LIN+* e *COL+* até, respectivamente, *lin_certa* e *col_certa*. Neste ponto estamos no alvéolo certo, onde se irá fazer a entrega ou a recolha. Deve-se pois, distender os garfos para fazer a entrega/recolha dentro do alvéolo da estante actuando primeiro *põe* durante 1 segundo e depois *tira* durante outro segundo. De seguida faz-se o caminho de volta até à posição de carga/descarga utilizando os actuadores *LIN-*, *COL-* e *ESTANTE-* e tendo também em atenção os sensores *lin0*, *col0* e *estante0*.

- Comande o sistema utilizando Grafset. Não utilize variáveis adicionais nem contadores. Se apropriado, introduza (* pequenos comentários *).
- Construa agora um sistema de supervisão que assegure que o sistema pára imediatamente e desliga todos os motores e actuadores após cada um dos timeouts assinalados na tabela, que devem ser assinalado tal como figura na seguinte tabela, por uma variável de saída ERRO.

Desde	Até	Tempo	ERRO
Início Ciclo	Chegar à estante certa	10 seg	1
Estante certa	Alvéolo Certo	20 seg	2
Fim da recolha dos garfos	Chegada ao ponto de carga descarga	30 seg	3

14. Coluna de furação automática para dois tipos de peças

Considere o problema do comando de uma coluna de furação automática com mesa XY, que produz dois tipos de peças ou, em opção, pode ser comandada de forma totalmente manual. As peças a produzir são denominadas flanges e podem ter furações nos cantos ou centradas, tal como representado na figura. A perfuração é feita no sentido $z0$ em direcção a $z2$. Considera-se que quando $z0$ está activo a broca não toca a peça.

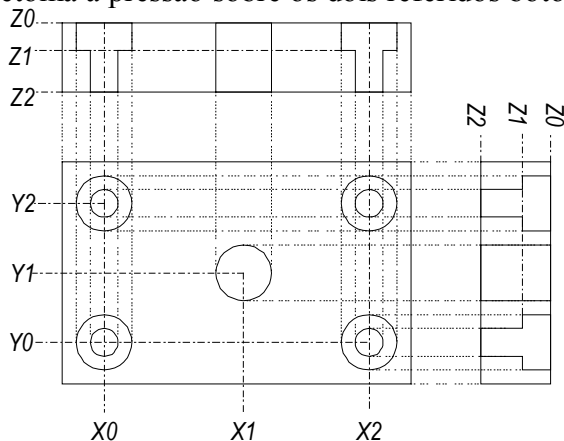
O modo de funcionamento é seleccionado pelo selector *manual / auto_cant / auto_cent* e apenas um destes modos de funcionamento será possível em cada instante. O funcionamento em modo manual acende o indicador luminoso LUZ_MANUAL. Este indicador deve acender intermitentemente sempre que ocorram situações anómalas, cuja correcção deve passar pela operação em modo manual.

Os actuadores são denominados $X+$, $X-$, $Y+$, $Y-$, $Z+$, $Z-$ para a movimentação segundo cada um dos eixos e o MOTOR põe em rotação a broca. Os pontos relevantes da mesa XY são adequadamente assinalados por sensores $x0$, $y0$, $z0$, $x1$, $y1$, $z1$, $x2$, $y2$ e $z2$, tal como representado na figura.

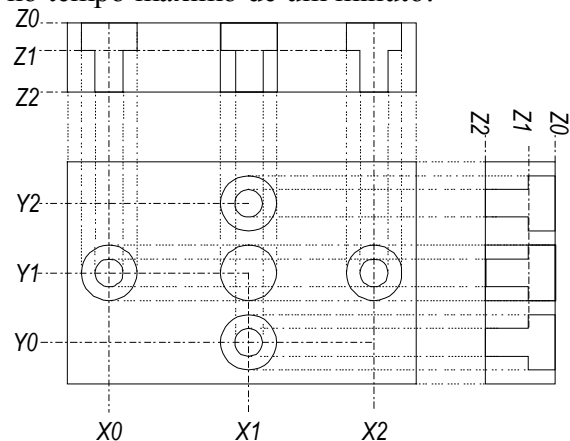
Quando em modo de funcionamento manual, a coluna é comandada pelos interruptores *man_x+*, *man_x-*, *man_y+*, *man_y-*, *man_z+* e *man_z-*. O MOTOR pára sempre que a coluna estiver completamente subida.

Durante o decurso da produção automática de uma peça deve acender-se o indicador LUZ_CANT ou LUZ_CENTR conforme a peça que se estiver a fabricar.

Por razões de segurança, o início do fabrico de uma peça faz-se apenas com o carregar simultâneo dos botões de pressão *auto1* e *auto2*, que anteriormente devem obrigatoriamente estar ambos libertos. Durante o funcionamento em modo automático, sempre que o operador largue qualquer dos botões, a coluna deve começar a subir com o motor a rodar mas parar logo que estiver em cima, com o sensor $z0$ activo. Se a broca estiver parada por um tempo menor que 10 segundos, então deve ser possível retomar a operação automática. A troca de broca no modo automático é manual e feita na posição $x0$, $y0$, $z0$. Para efectuar a troca de brocas, o operador larga os botões de funcionamento automático, muda a broca e depois retoma a pressão sobre os dois referidos botões no tempo máximo de um minuto.



Flange furada aos cantos

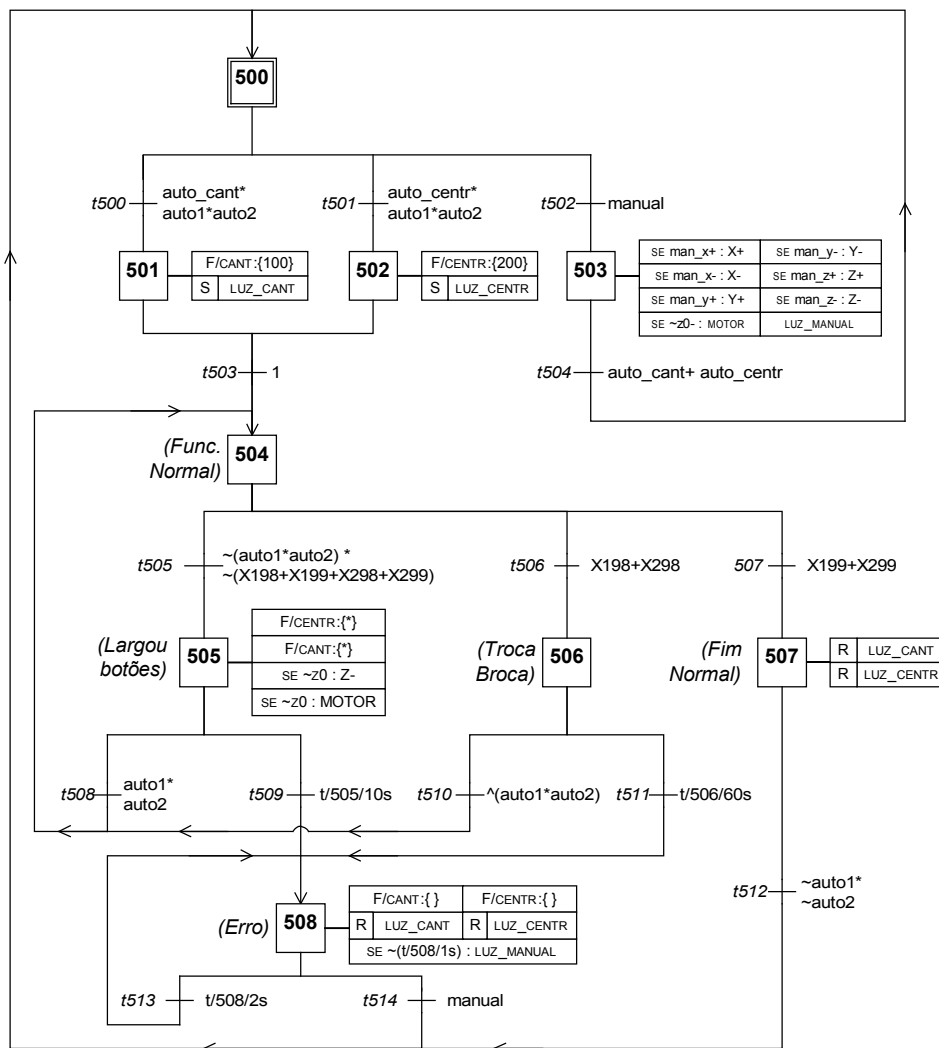


Flange com furação centrada

a)

- Construa um diagrama Grafcet que implemente o controlo desta coluna de furação. Utilize obrigatoriamente as características avançadas do grafcet das macro-etapas e das forças entre Grafcets
- Discuta a flexibilidade da automação conseguida. Seria possível construir peças com furações de diâmetros interiores e exteriores diferentes? Seria possível modificar as distâncias entre furações?

Solução do problema Coluna de Furação Automática



Comentários:

Representa-se apenas o graficet de comando de hierarquia superior.

O modo de funcionamento manual é implementado na etapa 503.

As etapas 501 e 502 forçam o arranque das etapas 100 e 200 para o início da produção automática da peça furada aos cantos e da peça centrada, respectivamente.

A etapa 504 está activa durante a produção normal de uma peça no modo automático e a etapa 505 representa a eventualidade do operador largar os botões de funcionamento automático. Os Graficets de hierarquia inferior são congelados e manda-se subir a broca mantendo o motor a funcionar enquanto existir a broca estiver ao nível da peça. A transição *t509* leva a uma situação de erro (etapa 508) que desliga os Graficets inferiores e espera a mudança do modo manual.

Para sinalizar a necessidade de mudança de broca (etapa 506), os Graficets inferiores activam as etapas 198 e 199. Observe-se na transição *t510* como é necessário largar e tornar a pressionar os botões de fabrico automático de tal forma que a operação normal seja retomada. A transição *t511* prevê o caso do operador demorar demasiado tempo a trocar a broca e leva à situação de erro da etapa 508.

Para sinalizar o fim normal da furação da peça as etapas 199 e 299 devem ser activadas. Espera-se que o operador retire a pressão sobre os botões antes do sistema ser levado à situação de repouso, etapa 500.

- Fim -