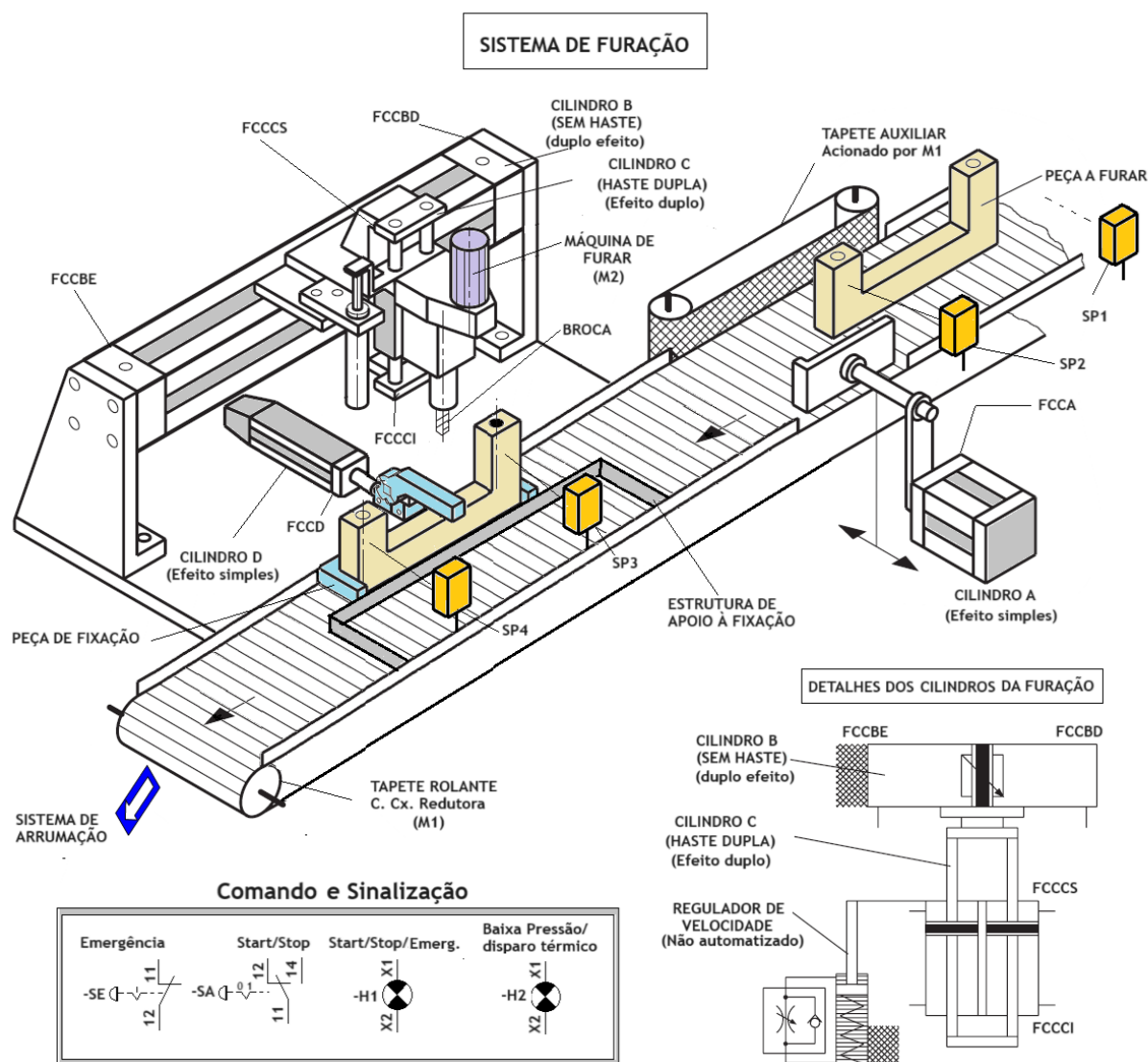


## Sistema automático de furação e armazenamento

### Parte I (Datas de entrega na última página)

#### 1.1 - Descrição do equipamento – Sistema de furação

Considere parte de um sistema automático de furação e armazenamento de uma indústria de mobiliário. Na figura abaixo está representado o sistema de furação deste automatismo, que se pretende automatizar utilizando um autómato da *Phoenix Contact*, modelo *ILC131ETH*, utilizando principalmente a linguagem *SFC (GRAFCET)*. O sistema de furação dispõe de um tapete rolante acionado pelo motor M1 (KM1), uma máquina de furar acionada por M2 (KM2), um cilindro sem haste de movimento transversal de duplo efeito (cilindro B) com deslocamento para a esquerda (electroválvula KB1) e para a direita (electroválvula KB2), um cilindro de dupla haste e duplo efeito (cilindro C) com deslocamento vertical para baixo (electroválvula KC1) e para cima (electroválvula KC2). O sistema de furação possui um regulador de velocidade hidráulico que é afinado manualmente (não automatizado). As peças a furar são inicialmente alinhadas por um cilindro pneumático de efeito simples (cilindro A) cujo comando é dado por KA1. Durante o processo de furação a peça é fixada por um cilindro pneumático de efeito simples (cilin. D) comandado pela electroválvula KD1 que possui uma peça de fixação.



O sistema de furação dispõe ainda de um conjunto de fins-de-curso (FCCA, FCCBE, FCCBD, FCCCS, FCCCI e FCCD) para as posições avançadas e/ou recuadas dos cilindros e um conjunto sensores de deteção do posicionamento das peças (SP1, SP2, SP3 e SP4).

### **1.2 - Descrição do funcionamento – Sistema de furação**

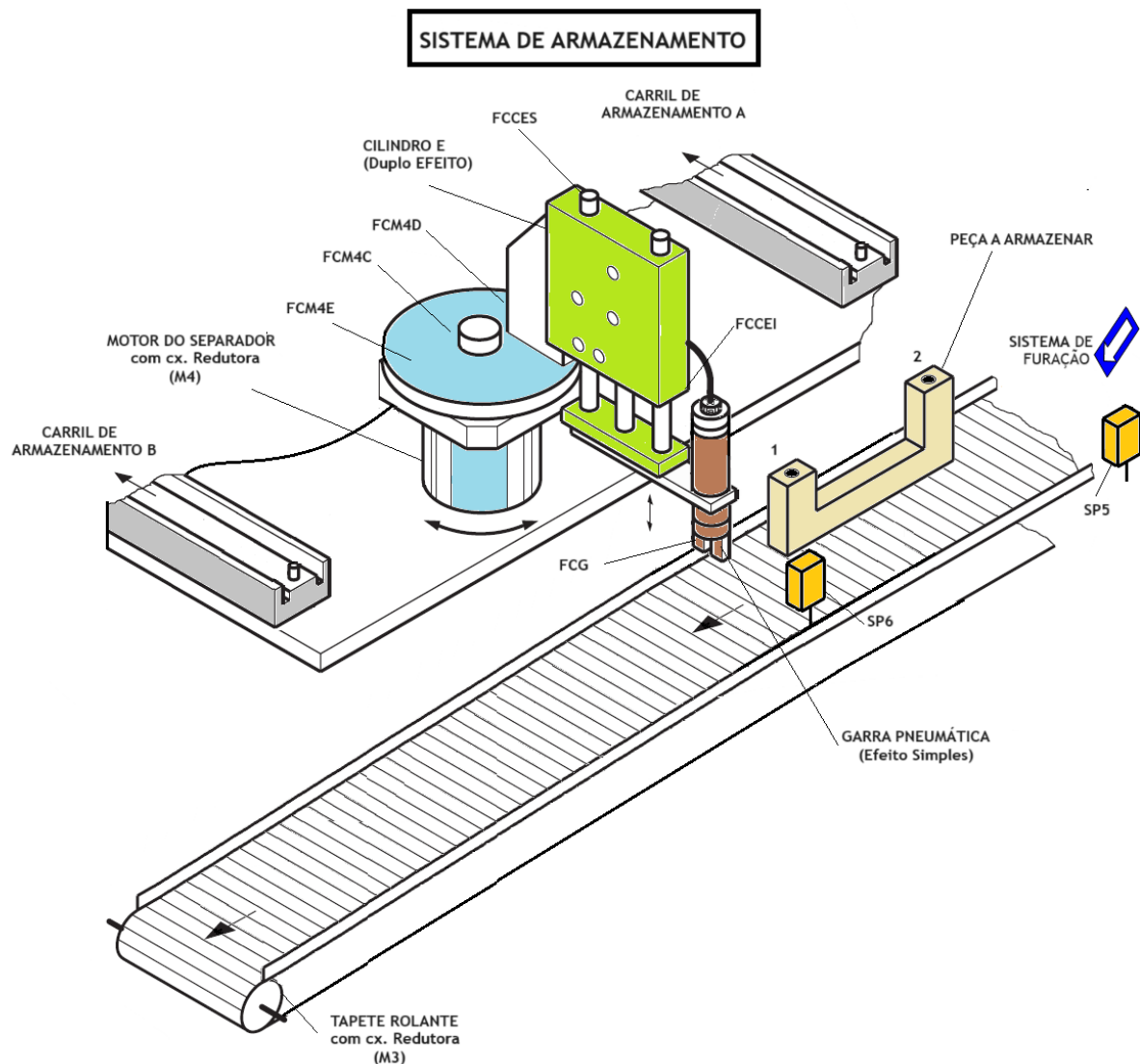
Para colocar em funcionamento, quer o sistema de furação, quer o sistema de armazenamento (ver secção 2.1 e 2.2) o operador deve atuar o botão de arranque SA (Start/Stop). Nestas condições, após ser detetada uma peça pelo sensor SP1, o tapete rolante (M1) arranca (ou mantém-se em funcionamento) para levar a peça para a furação. Entretanto, quando a peça passa pelo sensor SP2, o cilindro A (efeito simples) avança (com deteção por FCCA) e permanece nessa posição 3 segundos de modo a alinhar a peça com o sistema de furação, retornando o cilindro A depois à sua posição original. Posteriormente, a peça ao ser detetada simultaneamente pelos sensores SP3 e SP4 vai originar a paragem imediata do tapete M1 e fazer avançar, passado 2 segundos, o cilindro D (efeito simples) de modo a segurar a peça durante a furação. Na haste deste cilindro (cilindro D) está uma espécie de “tridente” de fixação que segura e mantém a peça estabilizada durante a furação para maior precisão e evitar partir a broca. Após o avanço completo do cilindro D (com deteção por FCCD) inicia-se o processo de furação propriamente dito.

Cada peça deve ser furada em dois pontos distintos e para tal existe um cilindro sem haste de duplo efeito (cilindro B) que se desloca da direita (electroválvula KB2) para a esquerda ou vice-versa (electroválvula KB1) para se mover entre os pontos de furação. Este cilindro (cilindro B) possui dois sensores fim-de-curso (FCCBE, FCCBD) que indicam a posição em que este se encontra. A localização dos fins-de-curso é tal que a sua posição coincide com a localização exata dos pontos de furação da peça. O objetivo é que este cilindro faça apenas 1 manobra durante as furações, ou seja, numa vez faz a furação da esquerda para a direita e na próxima peça faz o inverso. O processo de furação em si, consiste em ligar (ou manter ligado) o motor M2 (máquina de furar) e passados 2 segundos fazer descer o cilindro C (electroválvula KC1). Após completar a furação (com deteção por FCCCI) é dada ordem para o cilindro C voltar a subir (electroválvula KC2). Este processo (após o retorno à posição superior, com deteção por FCCCS) completa o primeiro furo. Agora o cilindro B deve ser atuado para a esquerda (electroválvula KB1) ou para a direita (electroválvula KB2), consoante a sua última posição para fazer o segundo furo, repetindo-se os movimentos do cilindro C no segundo furo. Note-se que os movimentos da máquina de furar dependem da posição dos cilindros B e C. Após a segunda furação, o cilindro D volta a recuar e passados 2 segundos o tapete M1 volta a ligar para levar a peça já furada para o sistema de armazenamento. Após o seu arranque inicial, e depois da furação, o motor da máquina de furar mantém-se em operação, com exceção das condições previstas nas condições particulares de funcionamento (secção 1.5).

### **1.3 - Descrição do equipamento – Sistema de armazenamento**

O sistema de armazenamento (ver figura seguinte) é composto pelo tapete rolante M3 (KM3), pelo motor do separador M4 (KM4), por um cilindro E de duplo efeito que desce e sobe atuado pelas electroválvulas KE1 e KE2 respetivamente e por uma garra pneumática de efeito simples, atuada pela electroválvula KG e retorno por mola à sua posição original. O sistema de armazenamento dispõe ainda de dois fins-de-curso (FCCES e FCCEI) que dão indicação da posição superior ou inferior do cilindro E, um fim-de-curso com indicação da posição da garra fechada (FCG) e três fins-de-curso para o motor do separador (M4) indicando a posição à esquerda, central ou à direita (FCM4E, FCM4C e FCM4D) do veio do motor e

consequentemente do cilindro E. Existem ainda dois sensores de deteção do posicionamento das peças (SP5 e SP6).



#### **1.4 - Descrição do funcionamento – Sistema de armazenamento**

As peças previamente furadas, provenientes do sistema de furação são encaminhadas para um sistema de armazenamento através do tapete rolante M1, encaminhando estas para o tapete rolante M3. As peças ao chegarem ao tapete M3 são detetadas pelo sensor SP5 que, caso o tapete esteja parado, dá ordem de arranque ao mesmo. Quando as peças chegam ao sensor SP6 estão na posição para serem enviadas para o respetivo carril de armazenamento (A ou B). Este sistema deve ir trabalhando alternadamente para colocar as peças no carril A ou carril B. Note-se que, para as peças a colocar no carril A, basta que a parte mais elevada da peça seja detetada por SP6 uma vez. Quando se desejar colocar a peça no carril B a parte que conta é a parte inferior mais elevada, o que resulta que a peça seja detetada por SP6 uma segunda vez. Por outras palavras, a garra irá apanhar a peça junto ao orifício 1 (ver figura) quando esta se destinar ao carril A, ou, caso contrário, a garra irá apanhar a peça junto ao orifício 2 quando esta se destinar ao carril B.

O sistema apresentado, após deteção da peça por SP6 (numa primeira ou segunda vez, dependendo do local onde se pretende armazenar a peça furada) vai mandar parar o motor do tapete (M3) e vai transportar a peça para o carril de armazenamento A ou B através do motor do separador que roda para a esquerda ou para a direita. O procedimento consiste em descer o cilindro E (duplo efeito) por atuação na electroválvula KE1, atuar a garra através da electroválvula KG, voltar a subir o cilindro E, agora por atuação na electroválvula KE2. Depois o motor M4 que está numa zona central vai rodar para a esquerda (KM4E) ou para a direita (KM4D) para colocar a peça no local desejado (aqui talvez seja útil uma memória para saber qual foi o último movimento registado). Neste caso o cilindro E terá que voltar a repetir as manobras e a garra deve libertar a peça no seu local devido, regressando o motor 4 à sua posição central. Os fins-de-curso FCM4E, FCM4C e FCM4D fornecem informação da posição do veio do motor e consequentemente da posição do cilindro E. Os carris de armazenamento A e B são independentes e fornecem informação de quando se encontram cheios (SCA e SCB de forma separada) e caso estejam cheios as peças seguem para o outro carril de armazenamento (ex. caso o carril de armazenamento A esteja cheio todas as peças vão para o B), ou ainda, em caso de estarem os dois carris de armazenamento cheios, as peças seguem para fora do tapete M3 para outros sistemas de armazenamento (não automatizados aqui). De modo a maximizar o processo de armazenamento, após a peça ser levantada do tapete este pode arrancar novamente (atenção a este detalhe) para posicionar a nova peça. Note-se que o sistema de furação e de armazenamento devem trabalhar de forma assíncrona.

Nota: Considere que todos os motores são de arranque direto.

### **1.5-Condições particulares de funcionamento**

- O automatismo funciona ciclicamente e continuamente após ter sido atuado o botão SA e desde que este botão não seja desligado ou surja uma paragem de emergência (SE);
- O operador pode parar este automatismo desligando o botão SA, no entanto, este só termina no fim de cada ciclo. Por exemplo: se o sistema de furação estiver em processo de furação ele deverá terminar; se estiver em processo de armazenamento ele deverá terminar; Note-se que eles poderão parar de forma assíncrona.
- Em caso de emergência o operador deverá pressionar o botão de pressão SE e neste caso todo o equipamento deve parar imediatamente. Quando a paragem de emergência for desligada é necessário voltar a desligar e ligar SA para arrancar o automatismo novamente;
- Após retoma de uma paragem de emergência ou falha de energia é necessário assegurar automaticamente, após desligar e ligar novamente no botão SA que todos os equipamentos regressam à sua posição de origem; os cilindros devem voltar à sua posição natural que é normalmente recuada (no caso do cilindro B assume a sua posição de origem no lado esquerdo). Quando não houver informação sobre o local onde armazenar a primeira peça, esta é colocada no carril A, B ou nenhum (por esta ordem), ou seja o primeiro local a tentar é o carril A, depois o B e assim por diante.
- O operador deve remover manualmente alguma eventual peça que estava em furação ou em fase de armazenamento antes de remover a paragem de emergência e iniciar novamente o automatismo.
- Para efeitos de poupança de energia os sistemas de furação (tapete e máquina de furar) e de armazenamento (tapete) devem parar ao fim de 60 seg. sem peças, reiniciando o seu movimento quando os respetivos sensores iniciais de deteção de peça forem atuados. No caso da máquina de furar só inicia no momento exato em que faz falta a sua operação.
- Para indicar que o automatismo está parado, em funcionamento ou em paragem de emergência está disponível o sinalizador H1 (apagado/acesso ou intermitente a cada segundo em caso de emergência);

- Está disponível um sensor de pressão, P1 (Normalmente Fechado) (não desenhado na figura) que indica a ausência de pressão suficiente no ar comprimido do sistema. Caso não exista pressão, o automatismo deve parar e sinalizar a avaria piscando o sinalizador H2 a cada segundo.
- Está disponível um sinal (F1) que combina todos os disparos térmicos dos motores dos 2 sistemas. Assim, no caso de qualquer avaria por disparo térmico o sinalizador H2 fica permanentemente ligado. Esta avaria tem prioridade sobre a descrita no ponto anterior.

Os endereços de entradas e saídas para a 1ª parte do trabalho são dados pela seguinte tabela:

Entradas				Saídas		
End.	Nome	Descrição		End.	Nome	Descrição
Controlador	I0	SE	Botão Paragem Emergência	Q0.0	KM1	Motor 1 (tapete rolante furação)
	I1	SA	Botão de Arranque do sistema	Q0.1	KA1	Electroválvula avanço cilindro A
	I2	SP1	Sensor de presença de peça no tapete M1	Q0.2	KD1	Electroválvula avanço cilindro D
	I3	SP2	Sensor de presença de peça no sistema de alinhamento da peça	Q0.3	KM2	Motor 2 (máquina de furar)
	I4	FCCA	Fim-de-curso cilindro A avançado	Q1.0	KC1	Electroválvula descer cilindro C
	I5	SP3	Sensor de presença de peça no sistema de furação	Q1.1	KC2	Electroválvula subir cilindro C
	I6	SP4	Sensor de presença de peça no sistema de furação	Q1.2	KB1	Electroválvula cilindro B para esquerda
	I7	FCCD	Fim-de-curso cilindro D avançado	Q1.3	KB2	Electroválvula cilindro B para direita
1º Módulo de expansão IB IL 24 DI 8	I8	FCCBE	Fim-de-curso cilindro B esquerdo	Q1.4	KM3	Motor 3 (tapete rolante armazenamento)
	I9	FCCBD	Fim-de-curso cilindro B direito	Q1.5	KE1	Electroválvula cilindro E para descer
	I10	FCCCS	Fim-de-curso cilindro C superior	Q1.6	KE2	Electroválvula cilindro E para subir
	I11	FCCCI	Fim-de-curso cilindro C inferior	Q1.7	KG	Electroválvula atuação da garra
	I12	SP5	Sensor de presença de peça no tapete M3 (armazenamento)	Q2.0	H1	Sinalizador Funcionar/Parado/Emergência
	I13	SP6	Sensor de presença de peça no sistema de armazenamento	Q2.1	H2	Sinalizador pressão/Disparo térmicos
	I14	FCCES	Fim-de-curso cilindro E superior	Q2.2	KM4E	Motor 4 (rotação à esquerda)
	I15	FCCEI	Fim-de-curso cilindro E inferior	Q2.3	KM4D	Motor 4 (rotação à direita)
2º Módulo de expansão IB IL 24 DI 8	I18	FCG	Fim-de-curso da garra pneumática			
	I19	FCM4C	Fim-de-curso M4 (separador) posição central			
	I110	FCM4E	Fim-de-curso M4 (separador) posição esquerda			
	I119	FCM4D	Fim-de-curso M4 (separador) posição direita			
	I120	SCA	Indicação de sistema de armazenamento A cheio			
	I121	SCB	Indicação de sistema de armazenamento B cheio			
	I122	F1	Disparo térmico dos motores do sistema de furação			
	I123	P1	Falha de Pressão no ar comprimido			

I.S.E.L.	Secção de Automação e Robótica	Guia Laboratorial
D.E.E.E.A.	<b>Automação 2</b>	Semestre Ver. 23/24

As variáveis indicadas a cinzento na tabela anterior são configuradas nas variáveis de sistema do controlador pois fazem parte das 8 entradas binárias e 4 saídas binárias disponíveis com a base do controlador. As restantes são configuradas nos restantes módulos de expansão de entradas ou saídas (no separador **Process Data Assignment** do software **PC WorX**).

**Nota: O sistema proposto possui um Display de visualização que está associado às variáveis indicadas nas tabelas de endereçamento. Para o seu funcionamento correto mantenha o nome original destas variáveis.**

## Parte II - Adicione funcionalidades com sinais analógicos no programa.

Implemente as funcionalidades de sinais analógicos no(s) Grafcet(s) funcional(is), fazendo algumas modificações ao programa anteriormente desenvolvido.

Para o sistema descrito anteriormente considere que existe um sensor analógico de pressão SAP (em substituição do P1 binário descrito na tabela anterior que desaparece nesta parte) que dá o valor da pressão atual na rede de ar comprimido que atua os cilindros e a garra. Este sensor analógico de entrada deve ser simulado através do potenciômetro existente junto do autómato programável. Considere que, para efeitos didáticos, a variação de velocidade do motor 4 depende do valor da pressão na rede de ar comprimido, de modo a não deixar cair as peças por velocidade excessiva

Assim, os valores medidos pelo sensor de pressão (SAP) variam entre 0 e 10 bar:

- Para valores de pressão entre [8 e 10[ bar a velocidade do motor 4 é de 1500 rpm (SQ1).
- Para valores de pressão entre [6 e 8[ bar a velocidade do motor 4 é de 750rpm (SQ1).
- Para valores de pressão entre [4 e 6[ bar a velocidade do motor 4 é de 500rpm (SQ1).
- Para valores de pressão entre [2 e 4[ bar a velocidade do motor 4 é de 250rpm (SQ1).
- Para valores de pressão abaixo de 2 bar o sistema deve parar e sinalizar a avaria como descrito anteriormente, ligando equivalente a P1 (P1\_Low).

Admita que o motor 4 está acoplado a uma caixa redutora com uma relação de 200:1, o que quer dizer que, por exemplo, 1500 rpm representam, na realidade 7,5 rpm ou 7,5/60 rps (0.125 rps) (2 segundos a cumprir 90° o rotor da máquina do lado do redutor)

Nesta parte do programa utilize por exemplo uma programação em linguagem ST ou FBD.

**Nota:** Verifique as ligações existentes no variador de velocidade ligado ao seu autómato e consulte o anexo com a configuração das analógicas de modo a verificar quais os endereços que deverá utilizar e os procedimentos para alterar os sinais analógicos.

I.S.E.L.	Secção de Automação e Robótica	Guia Laboratorial
D.E.E.E.A.	<b>Automação 2</b>	Semestre Ver. 23/24

Os endereços de entradas e saídas para a 2ª parte do trabalho são dados pela seguinte tabela:

Entradas				Saídas			
End.	Nome	Descrição		End.	Nome	Descrição	
Controlador	I0	SE	Botão Paragem Emergência	Controlador	Q0.0	KM1	Motor 1 (tapete rolante furação)
	I1	SA	Botão de Arranque do sistema		Q0.1	KA1	Electroválvula avanço cilindro A
	I2	SP1	Sensor de presença de peça no tapete M1		Q0.2	KD1	Electroválvula avanço cilindro D
	I3	SP2	Sensor de presença de peça no sistema de alinhamento da peça		Q0.3	KM2	Motor 2 (máquina de furar)
	I4	FCCA	Fim-de-curso cilindro A avançado	3º Módulo de expansão IB IL 24 DO 8	Q1.0	KC1	Electroválvula descer cilindro C
	I5	SP3	Sensor de presença de peça no sistema de furação		Q1.1	KC2	Electroválvula subir cilindro C
	I6	SP4	Sensor de presença de peça no sistema de furação		Q1.2	KB1	Electroválvula cilindro B para esquerda
	I7	FCCD	Fim-de-curso cilindro D avançado		Q1.3	KB2	Electroválvula cilindro B para direita
1º Módulo de expansão IB IL 24 DI 8	I8	FCCBE	Fim-de-curso cilindro B esquerdo		Q1.4	KM3	Motor 3 (tapete rolante armazenamento)
	I9	FCCBD	Fim-de-curso cilindro B direito		Q1.5	KE1	Electroválvula cilindro E para descer
	I10	FCCCS	Fim-de-curso cilindro C superior		Q1.6	KE2	Electroválvula cilindro E para subir
	I11	FCCCI	Fim-de-curso cilindro C inferior		Q1.7	KG	Electroválvula atuação da garra
	I12	SP5	Sensor de presença de peça no tapete M3 (armazenamento)	IB IL 24 DO 4 ME	Q2.0	H1	Sinalizador Funcionar/Parado/Emergência
	I13	SP6	Sensor de presença de peça no sistema de armazenamento		Q2.1	H2	Sinalizador pressão/Disparo térmicos
	I14	FCCES	Fim-de-curso cilindro E superior		Q2.2	KM4E	Motor 4 (rotação à esquerda)
	I15	FCCEI	Fim-de-curso cilindro E inferior		Q2.3	KM4D	Motor 4 (rotação à direita)
2º Módulo de expansão IB IL 24 DI 8	I8	FCG	Fim-de-curso da garra pneumática	IB IL AI 2/SF-ME	AI1	SAP	Sensor entrada analógica de pressão
	I9	FCM4C	Fim-de-curso M4 (separador) posição central				
	I10	FCM4E	Fim-de-curso M4 (separador) posição esquerda				
	I19	FCM4D	Fim-de-curso M4 (separador) posição direita				
	I20	SCA	Indicação de sistema de armazenamento A cheio	IB IL AO 2/UI-PAC	AQ1	SQ1	Saída analógica de velocidade Motor 4
	I21	SCB	Indicação de sistema de armazenamento B cheio				
	I22	F1	Disparo térmico dos motores do sistema de furação				
	I23						



I.S.E.L.	Secção de Automação e Robótica	Guia Laboratorial
D.E.E.E.A.	<b>Automação 2</b>	Semestre Ver. 23/24

**Entrega dos trabalhos:** Cada grupo tem até ao dia **15 março 2024** para elaborar em papel os vários Graficets (ou um único Graficet) da solução e apresentar ao professor. Sem este procedimento os alunos não poderão seguir para a fase de implementação no PLC. Cada semana de atraso terá um impacto negativo na avaliação final das aulas práticas.

A parte I do trabalho deve estar terminada na semana de **20 a 24 de maio de 2024**. Não haverá lugar a relatório formal. Será realizada uma apresentação (breve discussão) do trabalho onde os alunos mostram ao professor o automatismo a funcionar no controlador e explicam os seus detalhes.

A parte II do trabalho deve estar terminada e apresentada na semana de **1 a 5 junho de 2024**.

Os documentos finais a enviar ao professor por email será o pdf dos projetos gerado pelo software PC WORX, tanto da parte I como da parte II.

**Os Professores têm a liberdade para controlar e anotar as presenças nas aulas práticas, não tendo aproveitamento quem não frequente pelo menos 75% das aulas e não demonstre empenho na realização dos trabalhos.**

**Bom trabalho!**