

Cap. I - Introdução à Automação

Objectivos da Automação

A automação é a tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas mecânicos, eléctricos e electrónicos, apoiados em meios computacionais, na operação e controlo dos sistemas de produção.

Em termos gerais, os objectivos a atingir com a automação poder-se-ão enquadrar em dois grandes níveis, nomeadamente, a segurança e o mercado. No primeiro, pretende-se a melhoria das condições de trabalho e de segurança de pessoas e bens. No segundo, pretende-se aumentar a competitividade global do produto e da empresa, única forma de esta se manter, na aguerrida concorrência do mercado.

No que respeita à segurança a automação de um processo de fabrico vai permitir que muitas tarefas de maior perigo imediato (ex.: prensagem, corte, etc.), ou a médio ou longo prazo (ex.: a soldadura e a pintura com a consequente inalação de gases) possam ser executadas com pouca ou mesmo nenhuma intervenção Humana. Por outro lado as tarefas menos perigosas mas extremamente repetitivas, podem conduzir a estados de cansaço, possível gerador de situações perigosas do ponto vista da segurança para não falar da qualidade do produto final.

A automação é um meio através do qual é possível atingir melhores níveis de qualidade. Hoje, qualidade não consiste apenas no controlo final do produto. A qualidade é “produzida” através do controlo do processo produtivo, através de um apertado controlo dimensional das grandezas envolvidas e mesmo de sistemas de inspecção intercalares a funcionar em tempo real e portanto de uma forma automática. Deste modo, os padrões de qualidade são melhorados pelo incremento do controlo do processo, inevitavelmente, através da automação deste.

Principais objectivos da automação industrial são:

- Diminuição dos custos;
- Maior produtividade;
- Maior flexibilidade;
- Melhor qualidade;
- Maior capacidade tecnológica;
- Integração.

Tipos de Automação

Fixa

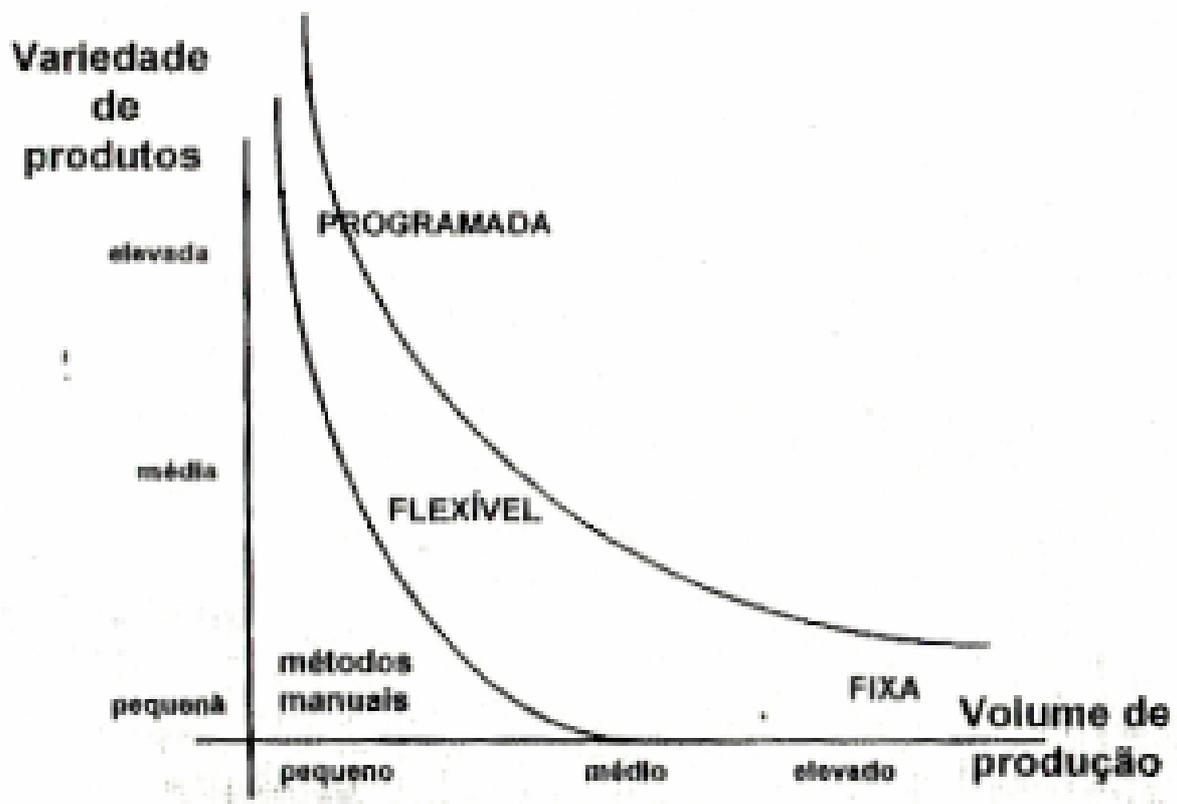
- Altos investimentos;
- Altas taxas de produção;
- Configuração rígida (alteração difícil);
- Operações simples;
- Equipamento específico (máquinas de colocar tampas da cerveja).

Programada

- Altos investimentos;
- Taxas médias de produção;
- Configuração semi-flexível (possibilidade de reprogramação);
- Equipamento genérico (máquina de controlo numérico).

Flexível

- Investimento muito elevado;
- Produção contínua;
- Configuração flexível (alteração por software);
- Equipamento geral.



Componentes da automação

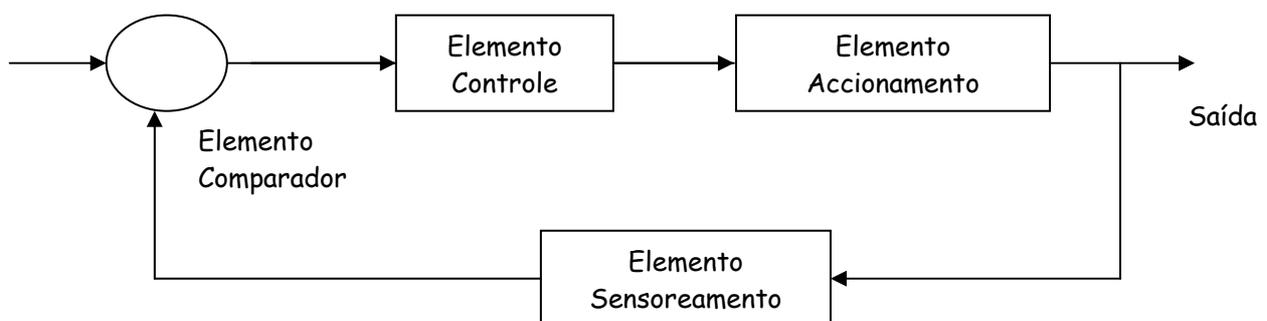
A maioria dos sistemas modernos de automação, como os utilizados nas indústrias automobilística, petroquímica e nos supermercados, é extremamente complexa e requer muitos ciclos de repetitivos.

Cada sistema de automação compõe-se de cinco elementos:

- Accionamento - provê o sistema de energia para atingir determinado objectivo. É o caso dos motores eléctricos, pistões hidráulicos etc.;
- Sensoriamento - mede o desempenho do sistema de automação ou uma propriedade particular de algum de seus componentes. Exemplos: termopares para medição de temperatura e encoders para medição de velocidade;
- Controlo - utiliza a informação dos sensores para regular o accionamento. Por exemplo, para manter o nível de água num reservatório, usamos um controlador de fluxo que abre ou fecha uma válvula, de acordo com o consumo. Mesmo um robô requer um controlador, para accionar o motor eléctrico que o movimenta;
- Comparador ou elemento de decisão - compara os valores medidos com valores preestabelecidos e toma a decisão de quando actuar no sistema. Como exemplos, podemos citar os termóstatos e os programas de computadores;
- Programas - contêm informações de processo e permitem controlar as interacções entre os diversos componentes.

Nota: Programas - também chamados softwares, são conjuntos de instruções lógicas, sequencialmente organizadas. Indicam ao controlador ou ao computador o que fazer.

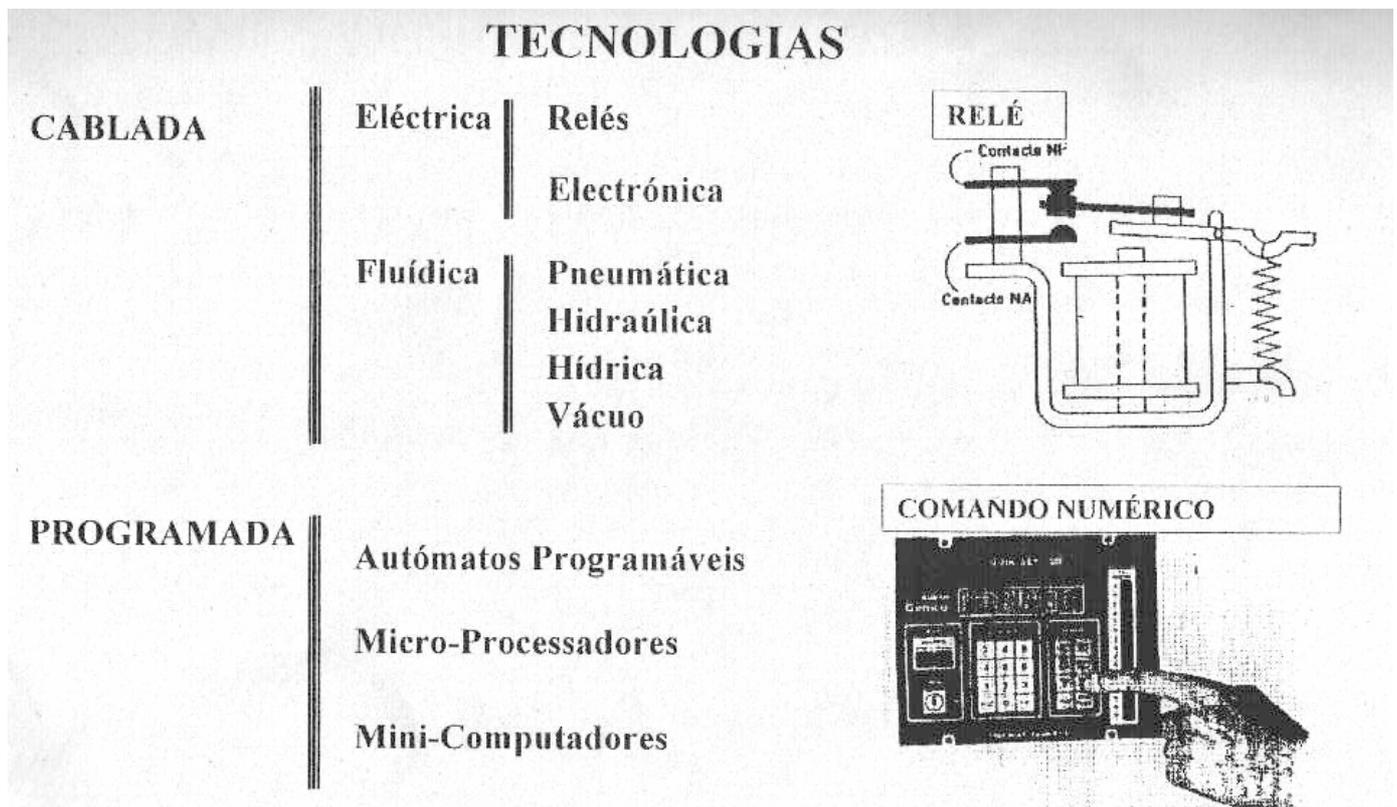
Fluxo de um possível sistema de controlo



Tecnologias dos Automatismos

Os automatismos, de acordo com a sua tecnologia, podem-se classificar em dois grandes grupos:

- Tecnologias cabladas;
- Tecnologias programadas.



Aplicações da automação

Produtos de consumo

- Eletrônicos, como videocassetes, televisores e microcomputadores.

Indústrias mecânicas

- Robôs controlados por computador;
- CNC.

Bancos

- Caixas automáticas.

Comunicações

- Automatização dos correios.

Transportes

- Controle de tráfego de veículos.

Medicina

- Diagnóstico e exames.

Cap. II – Introdução aos Sistemas Digitais

Seleção entre duas únicas possibilidades Verdadeiro e Falso

Um dispositivo digital tem um determinado número de possíveis valores perfeitamente definidos, ou estados. Podem existir como máximo dois estados únicos, como um interruptor de luz: ou está aceso ou apagado.

A electrónica digital moderna está baseada fundamentalmente nos circuitos que tem dois valores únicos, por exemplo: ou passa corrente ou não passa.

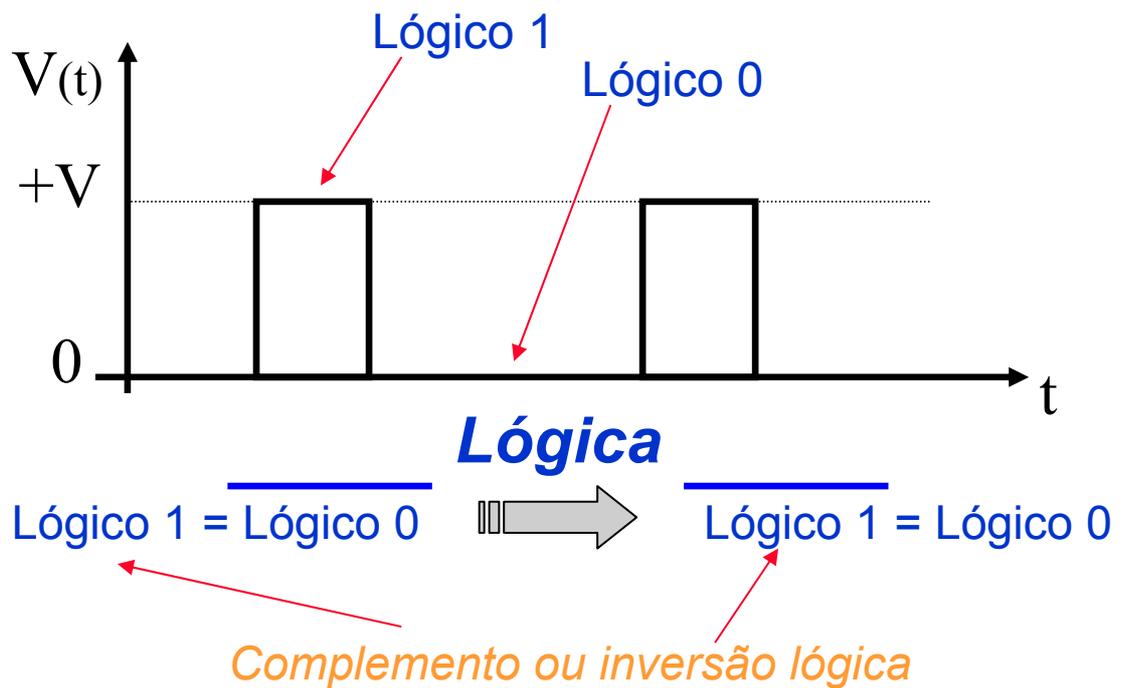
Por exemplo, no nosso dia-a-dia a abertura ou fecho de uma torneira, não é mais que um sistema digital formado por dois estados (aberto = 0 ; fechado = 1).

 Interruptor aberto = Torneira fechada

 Interruptor fechado = Torneira aberta



Estados lógicos – Digitais e Analógico



Níveis Lógicos

Nos circuitos integrados digitais, os estados lógicos são geralmente representados através de tensões eléctricas (corrente contínua DC).

A lógica binária está baseada em dois únicos estados (1 – verdadeiro e 0 - falso).

0 = não existe tensão (0 volts)

1 = existe tensão (+5 volts)

Frequentemente utiliza-se o L (Low – Baixo = 0) e H (High – Alto = 1) para indicar claramente o nível eléctrico.

Tabela de Verdade

É uma maneira de representar todas as combinações possíveis de uma dada função.

A contagem é feita sempre da esquerda para a direita.

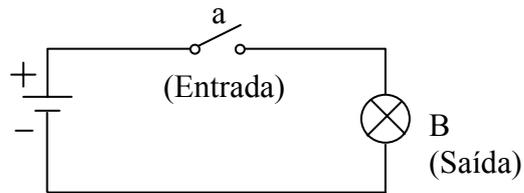
Exemplo:

2^1	2^0	F
b	a	
0	0	x
0	1	x
1	0	x
1	1	x

Nota: o primeiro dígito é sempre zero, variando de coluna para coluna de 2^n .

X - é valor que toma cada linha na função, podendo ser 0 ou 1.

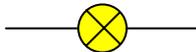
Exemplo – Acender/Apagar de uma Lâmpada



Um circuito lógico recebe comandos de entrada e produz resultados na saída. No que respeita a nossa acção sobre o interruptor e o efeito sobre a lâmpada. O circuito recebe à entrada (input) a acção sobre o interruptor e produz à saída (output) o acender da lâmpada.

Tabela verdade

Podemos recolher numa tabela o comportamento lógico de um circuito digital. A figura mostra-nos a tabela, ou tabela de verdade, da lanterna. Denominamos (a) ao interruptor (entrada) e (B) à lâmpada (saída).

	Entrada (a) "Interruptor"	Saída (B) "Lâmpada"
	0	
	1	

A primeira coluna junta os possíveis valores à entrada (quer dizer dois: 0 e 1) e a segunda os valores correspondentes à saída.

Cada linha é um estado do circuito. Por exemplo, na primeira linha a entrada é zero (interruptor aberto) e por isso a saída tem que ser zero (lâmpada apagada).

Identificação lógica

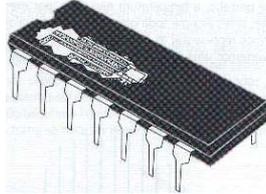
Na prática, para a lanterna a saída repete a entrada. Podemos escrevê-la de uma forma formal com uma expressão lógica:

$$B=a$$

Este facto quer dizer que seja qual for o valor da entrada (a), a saída (B) terá sempre o mesmo valor: trata-se de um caso de identidade.

Características dos Circuitos Integrados

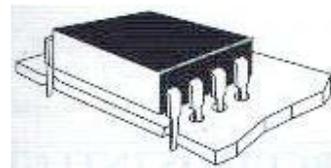
Trata-se de um circuito fabricado numa única e fina pastilha de silício que se designa por chip.



Os pinos da cápsula são ligados ao chip através de fios finos de ouro, para possibilitar a entrada e saída de sinais para o exterior.

Tipos de encapsulamento do C.I.:

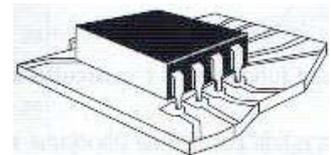
- O encapsulamento designado por DIP (Dual In – Line Package). Foi até muito recentemente o tipo de encapsulamento mais usado.



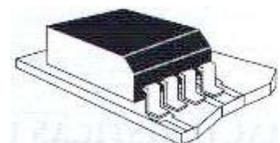
- O encapsulamento designado por SMT (Surface – Mount Technology), com maior grau de compactação e com maior número de entradas e saídas. Esta tecnologia tem como principal vantagem o facto de não necessitar de furos.

Existem três tipos de cápsulas em SMT:

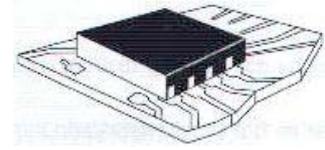
- SOIC (Small – Outline Integrated circuit) – é semelhante a um DIP, miniaturizado e com os pinos dobrados.



- PLCC (Plastic – Leaded Chip Carrier) – tem os terminais dobrados para baixo do corpo.



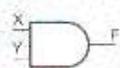
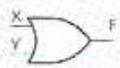
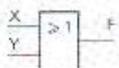
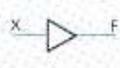
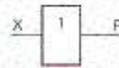
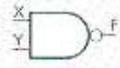
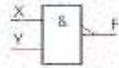
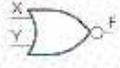
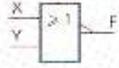
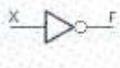
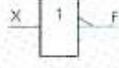
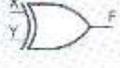
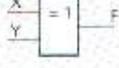
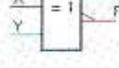
- LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier) – não dispõe de pinos. Em sua vez, existem uns contactos metálicos moldados na cápsula cerâmica.



Cap. III – Álgebra de Boole e Circuitos Lógicos

Portas lógicas

Nos computadores digitais, os números são representados de forma binária, já que, de uma forma geral, uma acção pode ter apenas dois estados diferentes: Ligado/desligado - 0/1 - sim/não - aceso/apagado, etc.,.

Tabela de gráfico verdade	Função de Boole	Nome	Símbolo	Símbolo rectangular															
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$F = X \cdot Y$	AND		
X	Y	F																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	$F = X + Y$	OR		
X	Y	F																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
<table border="1"> <tr><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	Y	F	0	0	1	1	$F = X$	Buffer											
Y	F																		
0	0																		
1	1																		
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$\bar{F} = X \cdot Y$ ou $F = \overline{X \cdot Y}$	NAND		
X	Y	F																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	$\bar{F} = X + Y$ ou $F = \overline{X + Y}$	NOR		
X	Y	F																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
<table border="1"> <tr><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	Y	F	0	1	1	0	$F = X$ ou $F = \bar{X}$	Inversor											
Y	F																		
0	1																		
1	0																		
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	$F = \bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y}$ ou $F = X \oplus Y$	Exclusive OR		
X	Y	F																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
<table border="1"> <tr><td>X</td><td>Y</td><td>F</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	X	Y	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	$\bar{F} = \bar{X} \cdot Y + X \cdot \bar{Y}$ ou $F = \overline{X \oplus Y}$ ou $F = X \odot Y$	Exclusive NOR		
X	Y	F																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

Lógica combinatória

Permite-nos projectar sistemas lógicos. Muitos circuitos existem comercialmente a baixo custo, pelo que apenas devemos projectar aqueles que efectivamente não estão disponíveis.

Baseia-se na Álgebra de Boole

(George Boole: “An investigation of the Laws of Thought” - 1854).

As tabelas de verdade das operações lógicas elementares (Not, And, Or) permitem desenvolver as leis desta álgebra.

Regras da Álgebra de Boole

I	$A+B = B+A$ $A.B = B.A$	}	Comutatividade
II	$A+0 = A$ $A.1 = A$		
III	$A+1 = 1$ $A.0 = 0$	}	Elemento neutro
IV	$A+\bar{A} = 1$ $A.\bar{A} = 0$		
V	$\bar{\bar{A}} = A$	}	Elemento absorvente
VI	$A+A.B = A$ $A.(A+B) = A$		
VII	$\overline{A+B} = \bar{A}.\bar{B}$ $\overline{A.B} = \bar{A}+\bar{B}$	}	Operação entre complementares
VIII	$A+(B+C) = (A+B)+C$ $A.(B.C) = (A.B).C$		
IX	$A.(B+C) = A.B+A.C$ $A+(B.C) = (A+B).(A+C)$	}	Negação da negação
		}	Absorção
		}	Teoremas de DeMorgan
		}	Ordem da operação irrelevante
		}	Distributividade

Simplificação analítica de funções

Por utilização avisada das regras desta álgebra, é sempre possível a simplificação de funções até um estado de minimização.

Exemplo:

$$S = \bar{A}.\bar{B}.C + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.C$$

$$S = \bar{A}.\bar{B}.(C + \bar{C}) + A.\bar{B}.(C + \bar{C})$$

$$S = \bar{A}.\bar{B} + A.\bar{B} = (\bar{A} + A).\bar{B}$$

$$S = \bar{B}$$

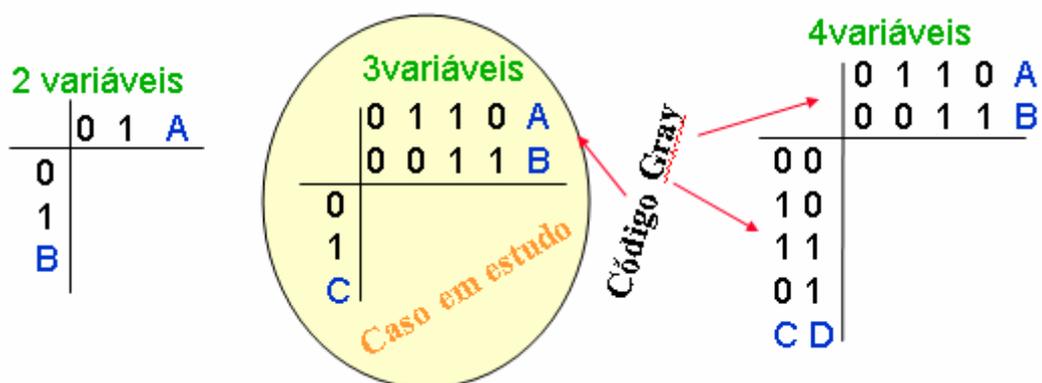
Mapa de Karnaugh

Pode utilizar-se este método gráfico para a simplificação de funções.

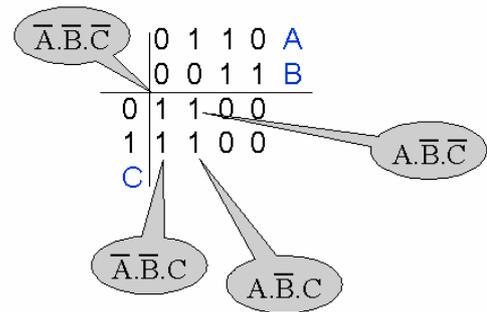
Exemplo:

$$S = \bar{A}.\bar{B}.C + \bar{A}.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.C$$

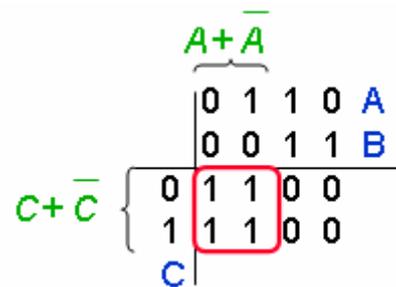
1. - Formação dum mapa que apresente todos os valores possíveis das variáveis e suas combinações (arranjo em código Gray).



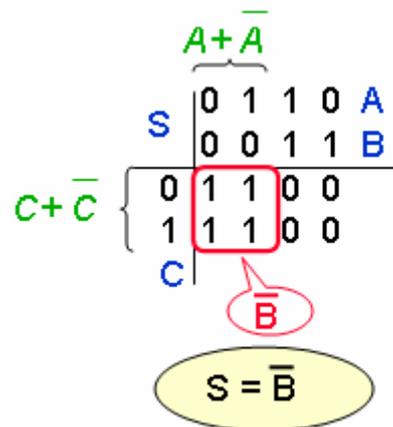
2. - Preenchimento, no mapa, das condições válidas da expressão:



3. - Associação em grupos (dos valores verdadeiros da função) onde se verifique a condição de variáveis $X + \bar{X}$, utilizar o número mínimo de grupos que incluam todos os valores verdadeiros da função:

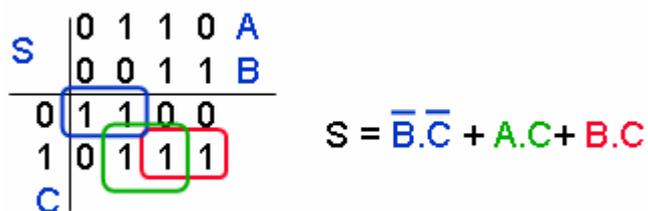


4. - Determinar o produto das variáveis que definem cada um dos grupos e somá-los, a SOMA DE PRODUTOS



Nota:

A análise deste segundo exemplo permite chegar à desejada SOMA DE PRODUTOS que minimiza a expressão.

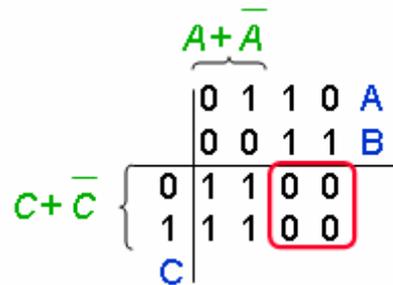


Podemos utilizar outro método denominado

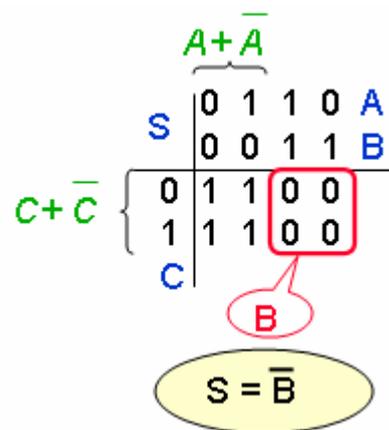
PRODUTO DAS SOMAS

Neste caso

3a - Associamos em grupos de valores falsos da função, utilizando o número mínimo de grupos possível:

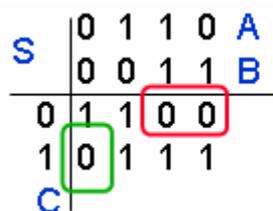


4a - Determinamos a soma dos complementos das variáveis que definem cada um dos grupos (o inverso do produto de duas variáveis é igual à soma dos seus complementos - 2º Teorema de DeMorgan) e executamos o produto entre estas .



Nota:

A análise deste segundo exemplo permite chegar ao desejado PRODUTO DE SOMAS que minimiza a expressão.

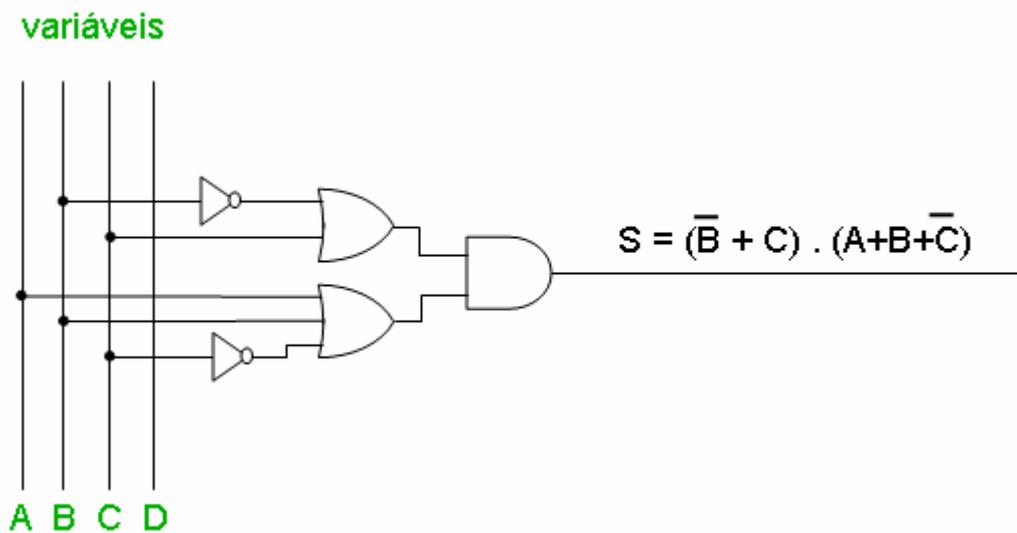


$$S = (\bar{B} + C) \cdot (A + B + \bar{C})$$

Implementação

Uma vez determinada a expressão mínima da função, quer por métodos analíticos quer por métodos gráficos (mapa de karnough), podemos executar a sua implementação física utilizando as portas lógicas (Not, And, Nand, Or e Nor).

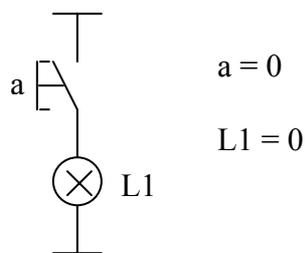
Conversão de Circuitos Eléctricos – Circuitos Lógicos



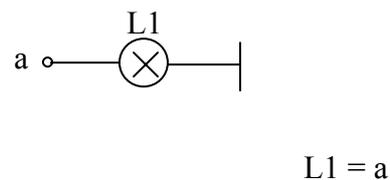
Representação em estado inicial (um caso NO e outro NF)

Contacto normalmente aberto (NO)

Circuito Eléctrico

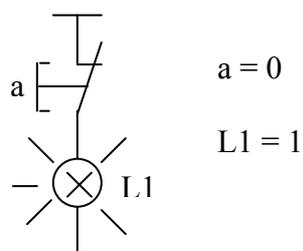


Circuito Lógico

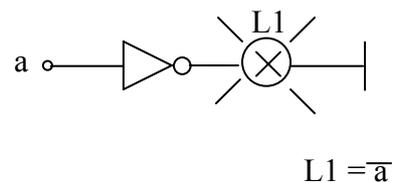


Contacto normalmente fechado (NF)

Circuito Eléctrico

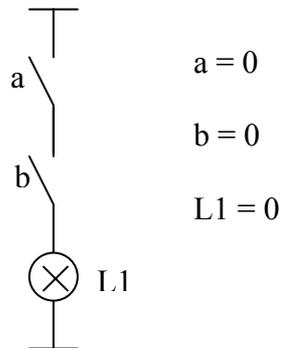


Circuito Lógico

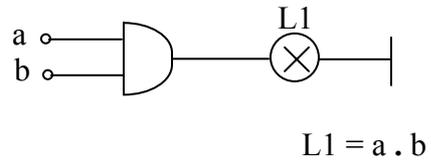


Circuito Série

Circuito Eléctrico

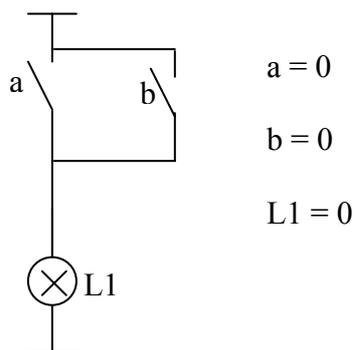


Circuito Lógico

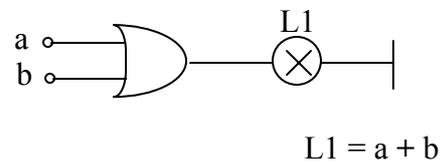


Circuito Paralelo

Circuito Eléctrico



Circuito Lógico



Exercícios: Circuitos Lógicos - Simplificações

1. Simplifique as seguintes funções lógicas pelo método algébrico.

- a) $\overline{a \cdot (b \cdot c)}$;
- b) $\overline{(a+b) \cdot (c \nabla a)}$;
- c) $a \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c \cdot \bar{d}$;
- d) $(a+b+\bar{c}) \cdot (a+b+\bar{c} \nabla d)$

2. Através da tabela de verdade apresentada, simplifique cada função lógica utilizando o método de Karnaugh.

a) $F1=?$

c b a	F1
000	1
001	0
010	0
011	0
100	1
101	1
110	0
111	0

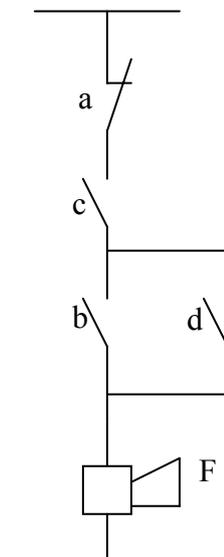
b)

$F2=?$ (soma dos produtos) ;

$F2=?$ (produtos das somas)

d c b a	F2
0000	1
0001	1
0010	1
0011	0
0100	0
0101	1
0110	0
0111	0
1000	1
1001	1
1010	1
1011	0
1100	0
1101	1
1110	0
1111	0

3. Dado o circuito eléctrico, transforme-o num circuito lógico.



4. Converta a seguinte equação num circuito eléctrico e depois num circuito lógico.

a) $F1 = (a+\bar{b}).c+d$

Laboratório de avaliação n.º 1 – Portas lógicas

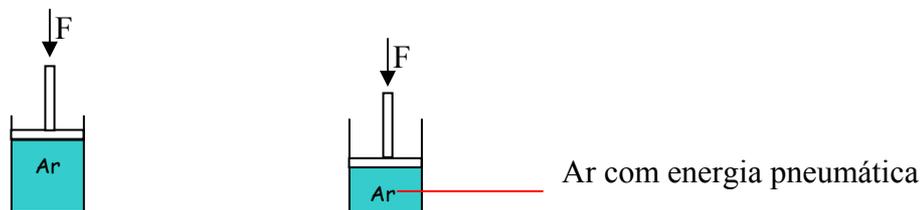
Dado o exercício 3 “Circuitos Lógicos – Simplificações”, pretende construir um sistema lógico capaz de activar/desactivar um dado aparelho. Para isso, o grupo deve primeiro fazer a resolução da pergunta e depois montar o respectivo numa placa breadboard.

Devem entregarem um relatório escrito citando os seguintes pontos:

- Capa (Nome da Escola; Curso e Ano Escolar; Ano Lectivo; Nome da disciplina; Tema; Nome do Docente; Nome dos Alunos e Números);
- Objectivos do trabalho;
- Procedimento;
- Resolução dos exercícios;
- Resultados;
- Tabelas de verdade;
- Conclusão;
- Bibliografia;
- Anexos (características dos componentes).

Cap. IV – Pneumática

Ar comprimido – tem origem na compressão de uma quantidade de ar num reservatório que está sob pressão.



Energia pneumática

Vantagens:

- Limpa;
- Não existe perigo de explosão;
- Disponível;
- Custos energéticos médios;
- É acumulável (reservatório da central de ar comprimido).

Desvantagens:

- Transporte é caro (por tubagens);
- Forças não muito elevadas;
- Velocidade de sinal é baixa;
- Ruído de escape do ar.

Central de ar comprimido

1. Compressor;
2. Reservatório;
3. Secador;
4. Distribuição.

1. Compressor

- 1.1. Embolo alternativo até 10000 bar;
- 1.2. Membrana (ar comprimido sem óleo) até 25 bar;
- 1.3. Parafuso.

Escolha dos compressores:

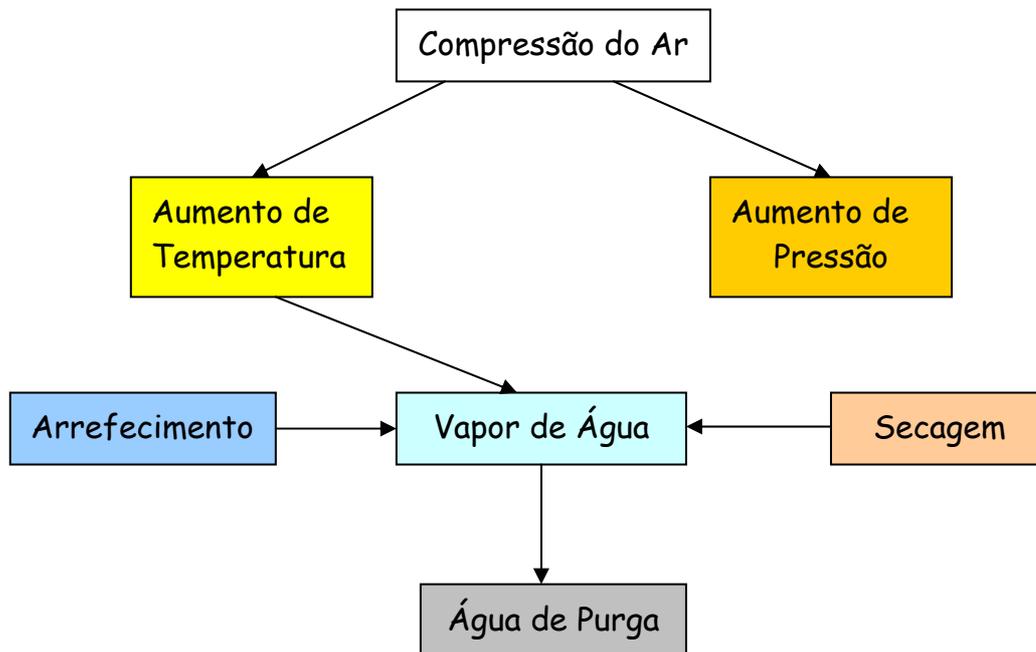
- Pressão desejada;
- Caudal de ar fornecido.

2. Reservatório

Serve para:

- Acumular e estabilizar a pressão da rede e ainda compensar os picos de consumo;
- Arrefecer o ar comprimido (necessário purgar compressor).

3. Secador



Secagem por absorção

O ar passa através de um produto de secagem, o qual absorve vapor de água. Purgar a água e o filtro.

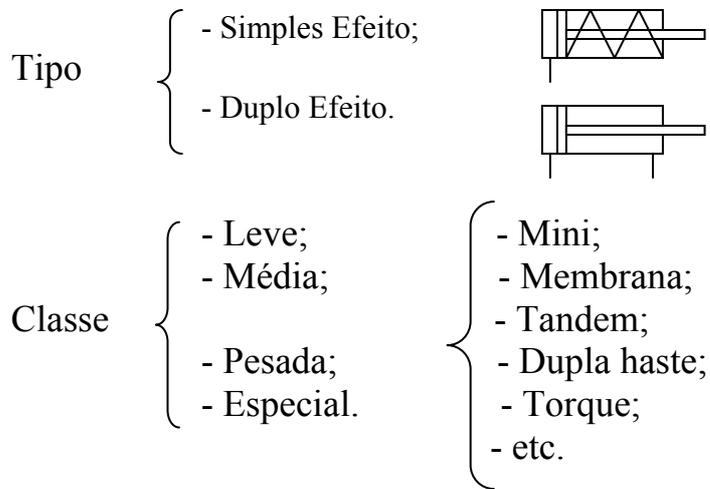
Secagem a frio

Instalação de refrigeração para arrefecer o ar a uma temperatura 2°C; elimina-se água condensada.

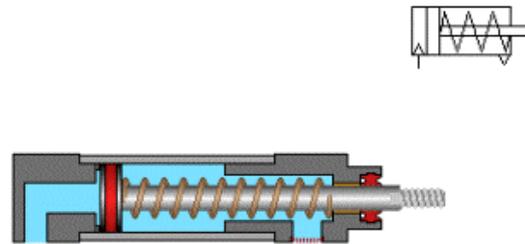
4. Distribuição

- em linha;
- em anel;
- rede paralela.

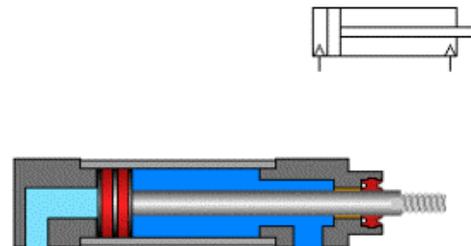
Cilindros Pneumáticos



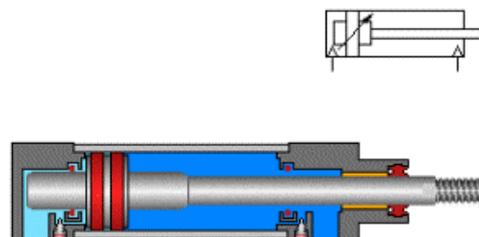
→ Cilindros de simples efeito



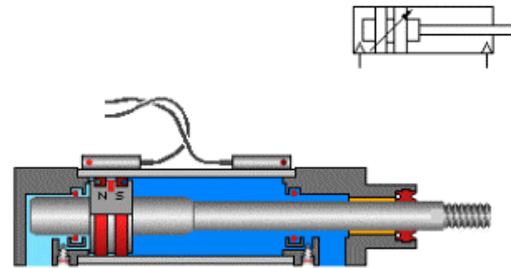
→ Cilindro de duplo efeito



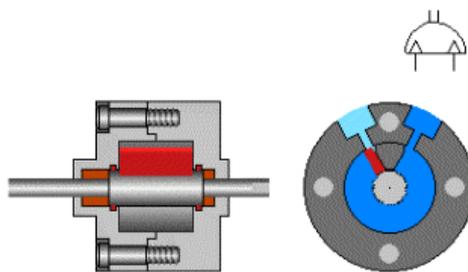
→ Cilindro de duplo efeito com amortecimento



→ Cilindro de duplo efeito com amortecimento e posição magnética



→ Cilindro rotativo



Formulário: Força - Pressão

$$F = P \cdot A_{\text{embolo}} - F_{\text{mola}} \quad [\text{N}]$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \pi \cdot r^2 \quad [\text{m}^2]$$

$$P = \frac{F}{A} \quad [\text{N/m}^2] \text{ ou } [\text{Pa}]$$

Válvulas

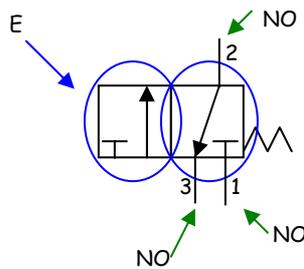
- Aplicação nos comandos pneumáticos como elementos geradores de sinais, elementos de comando, elementos de posicionamento e controlo à passagem, a interrupção e o sentido do ar comprimido.

$$\text{Número Estados} \quad \left\{ \begin{array}{l} \cdot 2 \text{ estados;} \\ \cdot 3 \text{ estados.} \end{array} \right.$$

Número Orifícios

- . 2 orifícios;
- . 3 orifícios;
- . 4 orifícios;
- . 5 orifícios.

Exemplo: Válvula 3/2 monoestável



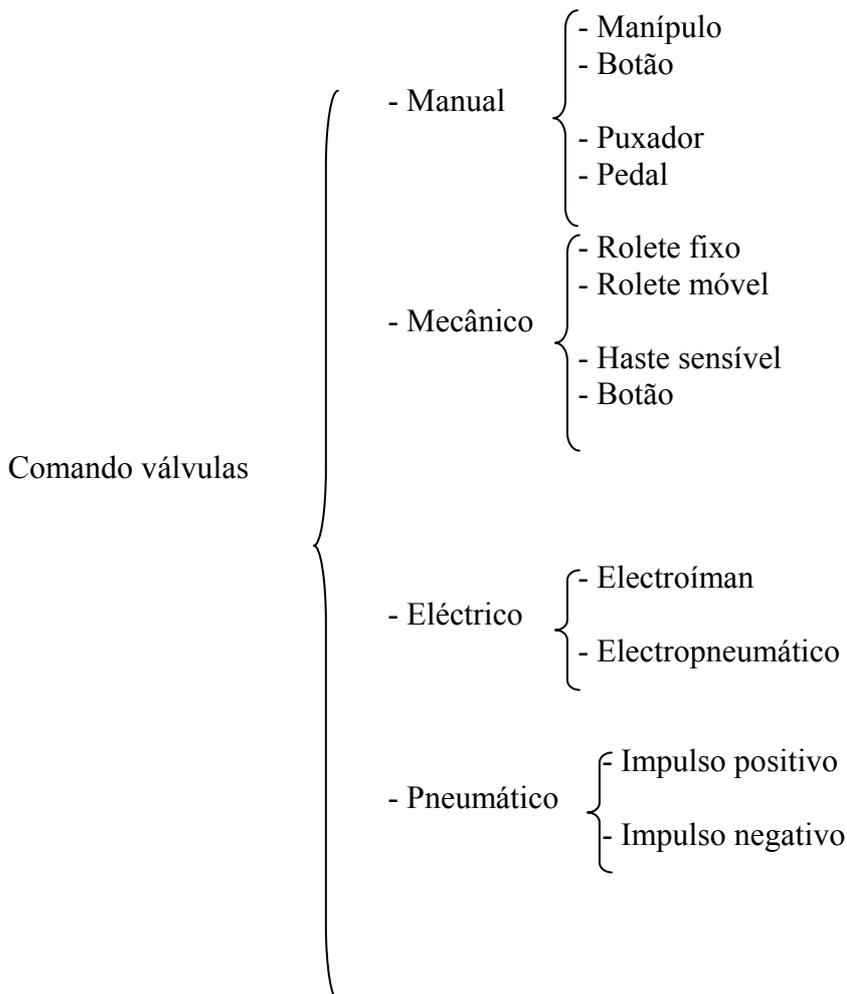
NO – número de orifícios;
(NO = 3 orifícios)

E – número de estados;
(E = 2 estados)

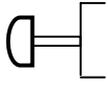
∧∧ - monoestável

Tipos de accionamentos das válvulas

- Para comutação entre as posições de ligação de ligação das válvulas direccionais.



Manual



Botão



Manipulo



Puxador

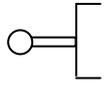


Pedal

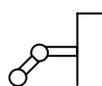
Mecânico



Pino



Rolete fixo



Rolete móvel



Mola

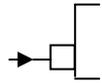
Pneumático



Directo



Mola de ar



Embolo diferencial

Eléctricos

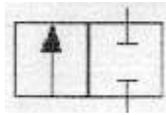


Solenóide

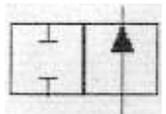


Solenóide com embolo diferencial

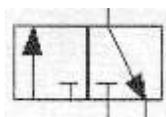
Válvulas direccionais



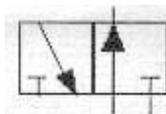
Válvula direccional 2/2 NF



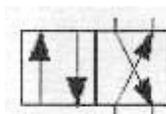
Válvula direccional 2/2 NA



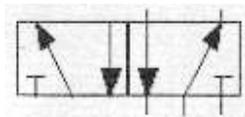
Válvula direccional 3/2 NF



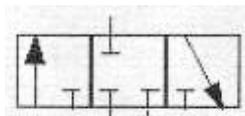
Válvula direccional 3/2 NA



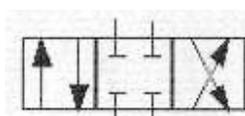
Válvula direccional 4/2



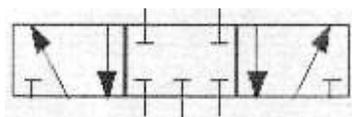
Válvula direccional 5/2



Válvula direccional 3/3, centro fechado

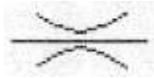


Válvula direccional 4/3, centro fechado

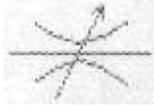


Válvula direccional 5/3, centro fechado

Válvulas de fluxo

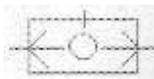


Válvula redutora de fluxo fixo

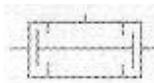


Válvula redutora de fluxo variável

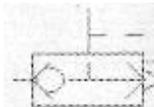
Válvulas de bloqueio



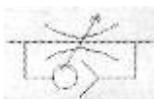
Válvula “OU”



Válvula “E”



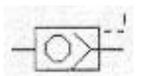
Válvula escape rápido



Válvula reguladora de fluxo



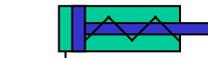
Válvula retenção



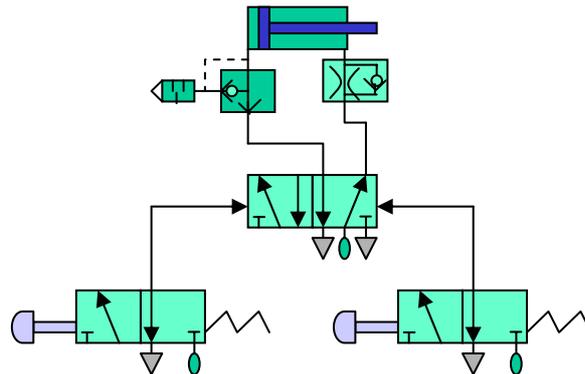
Válvula retenção pilotada

Trabalhos Laboratoriais - Informativos

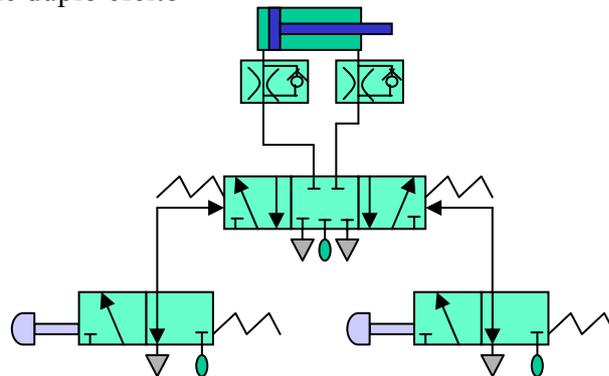
1.º Dispositivo simples de aperto



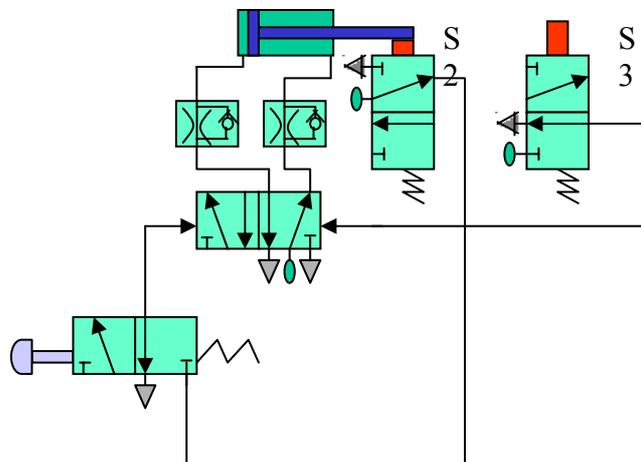
2.º Dispositivo de estampagem de cintos de couro



3.º Comando "STOP" de cilindros de duplo efeito

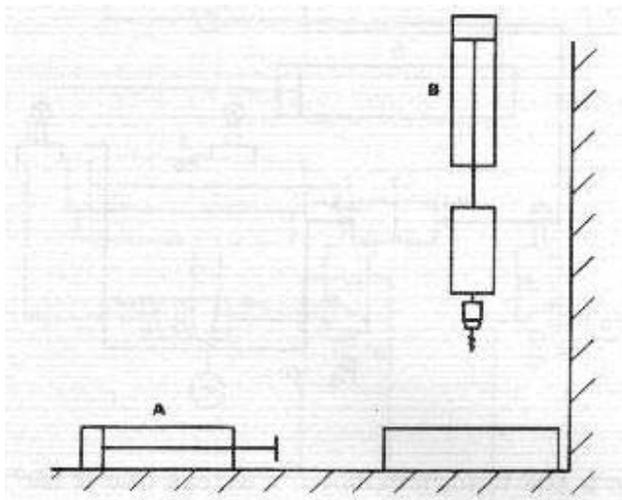


4.º Dispositivo de carimbar



Laboratório de avaliação n.º2 – Pneumática

Pretende-se construir um sistema pneumático para controlar o seguinte processo.



Sabendo:

A figura representa um furador isolado do exterior, onde é exigido toda a segurança do sistema.

Existe uma porta de acesso que quando aberta deve fazer recuar o cilindro B, assim para que o cilindro B avance a porta deve estar fechada.

Deve existir um botão para activar/desactivar o cilindro A (S1).

No caso do cilindro B só deve avançar depois de activado o botão do cilindro A (S1) e quando activar o botão de avanço do cilindro B (S2).

Para fazer a recolha do cilindro B, basta desactivar o botão (S2).

Desenhe o sistema pneumático e implemente-o na banda de pneumática.

Cap. V - Método sequencial

Ciclos Pneumáticos --- Diagramas de funcionamento

- permite projectar e construir dispositivos automáticos onde o ar comprimido e a electricidade são as energias usadas.

Elementos passivos:

- se está associado a outro elemento e não toma parte em outra equação;
- numa equação tem de existir pelo menos um elemento activo.

Elementos activos:

- tem que ter fonte de pressão.

Exemplo: Ciclo: (A⁺ A⁻)

1.º fazer a legenda de:

*Posições do cilindro → A⁺ ; A⁻

*Sensores / fins-de-curso → a0 ; a1

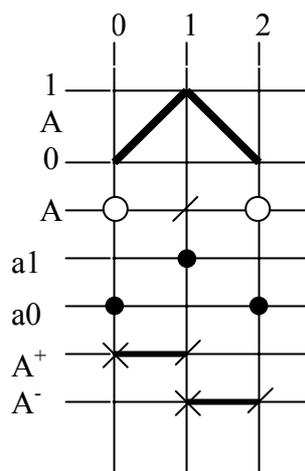
*Botões de comando → St

Nota:

A⁺ → avanço

A⁻ → recuo

2.º Construir o diagrama de funcionamento



3.º Tirar as equações gerais e os elementos activos e passivos

Equações:

$$A^+ = a0.St$$

$$A^- = a1$$

Activos: a0;a1

Passivos: St

Exercícios: - Método sequencial

Represente o diagrama de funcionamento dos seguintes ciclos:

- a) Ciclo: A+B+A-B-
- b) Ciclo: A+B+A-C+B-C-
- c) Ciclo: A+A-B+B-

Laboratório de avaliação n.º3 – Ciclos pneumáticos

Pretende-se projectar um sistema pneumático, a partir do seguinte ciclo:

A+ B+C+C- (A-B-)

Para o laboratório deve apresentar as seguintes alíneas:

- a) Diagrama de funcionamento;
- b) Retirar as equações gerais;
- c) Definir quais os elementos activos e passivos;
- d) Representar o circuito pneumático;
- e) Simular na bancada de pneumática o circuito pneumático.

Cap. VI – Circuitos Sequenciadores

Sequenciador

Nome que se dá ao circuito formado por relés.

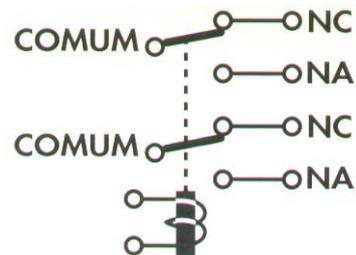
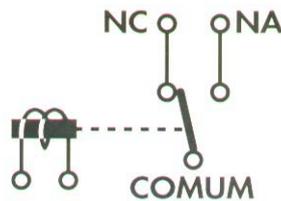
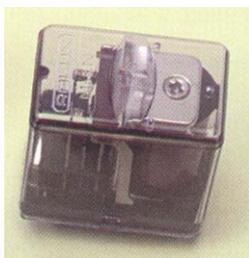
Está dividido em duas partes:

- inputs;
- outputs.

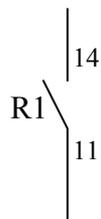
- Numeração dos terminais 1x1...1x n para quadro eléctrico;
- Numeração dos terminais 2x1...2x n sempre que temos sensores;
- Numeração dos terminais 3x1...3x n sempre que temos actuadores;
- Numeração dos terminais 4x1...4x n sempre que temos painel de comando (botões).

Circuitos relés

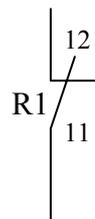
Um relé é caracterizado por uma variável de comando (excitação da bobina) e por uma variável comandada (contactos que podem abrir ou fechar).



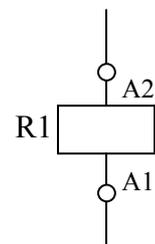
Numeração nos contactos relés



Contacto Normalmente aberto



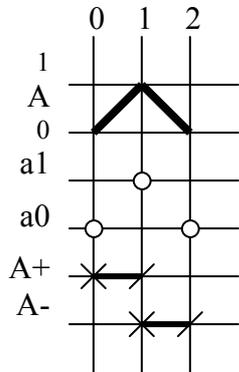
Contacto Norm. fechado



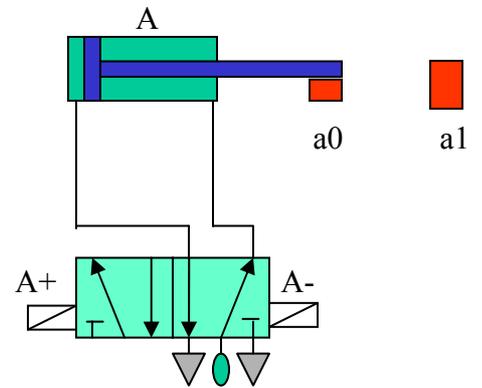
Bobina

Exemplo: Ciclo (A+ A-)

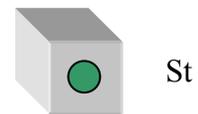
Diagrama de funcionamento / Equações / Circuito electro-pneumático



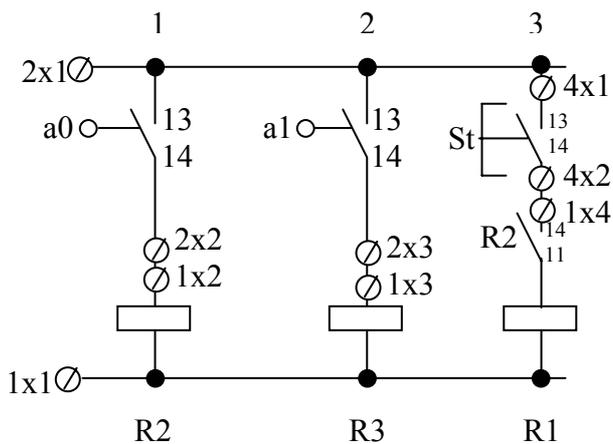
Equações:
 $A+ = St.a0$
 $A- = a1$
 Elementos activos: a1; a0
 Elementos passivos: St



Circuito eléctrico – Sequenciador relés

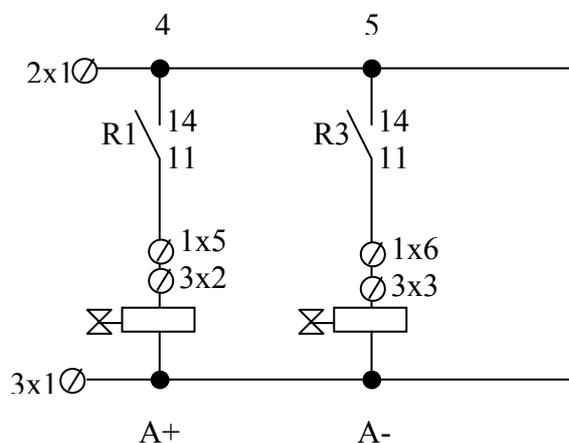


→ Inputs



A	F	A	F	A	F
3		5		4	

→ Outputs



Esquema de cablagem

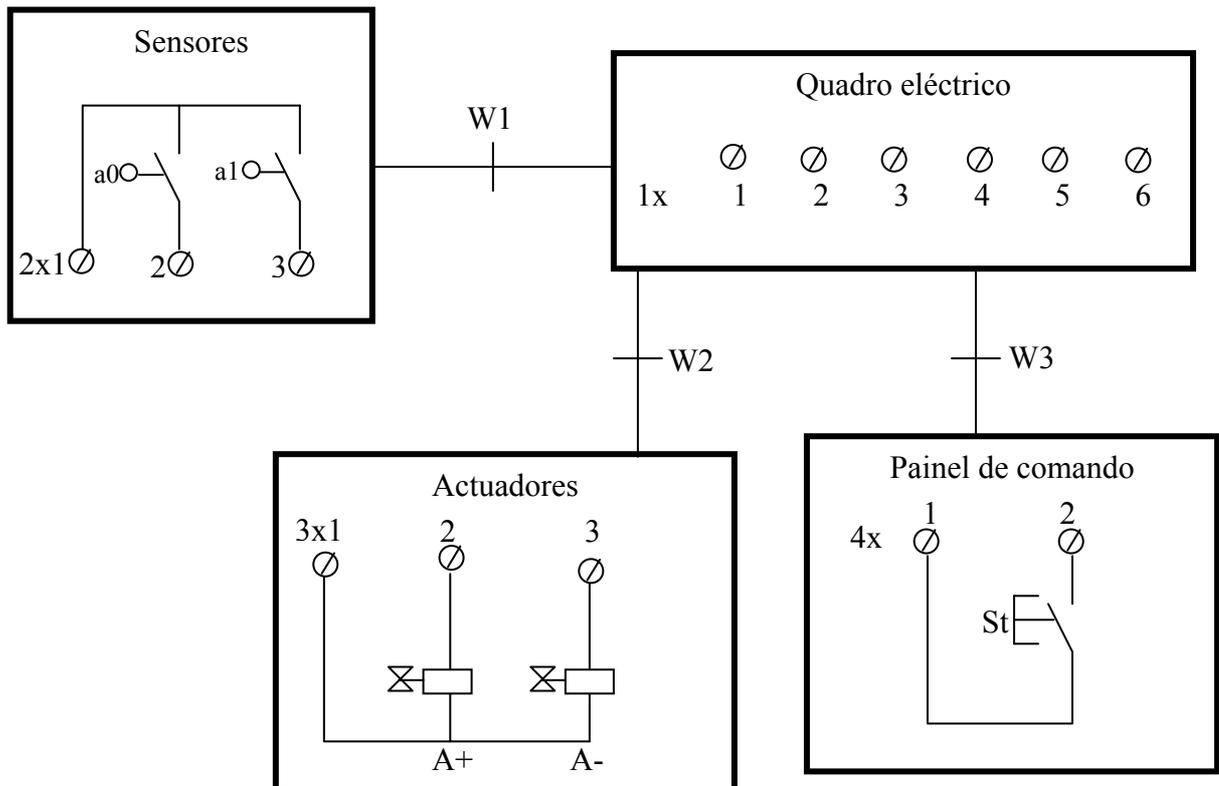
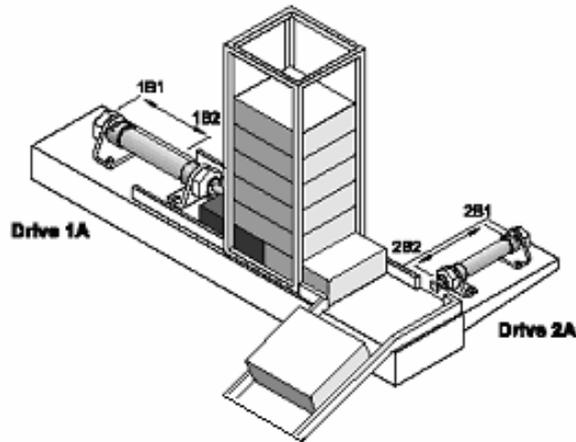


Tabela de cablagens

1x2 ---W1---2x2
 1x3 ---W1 ---2x3
 1x4 ---W3 ---4x2
 1x5 ---W2 ---3x2
 1x6 ---W2 ---3x3
 4x1 --- 2x1

Laboratório de avaliação n.º4 – Circuitos Sequenciadores

- Dispositivo de distribuição de caixas



Funcionamento:

As caixas são colocadas manualmente num reservatório, o cilindro 1 A retira as caixas do reservatório e depois o cilindro 2 B desloca-as para outro, ver figura.

Accionamento por um botão de posição. Caso haja caixas, os cilindros devem avançar e recuar automaticamente.

A recolha dos cilindros é feita automaticamente e caso o botão esteja activado o ciclo deve continuar.

Para o laboratório deve apresentar as seguintes alíneas:

- f) Diagrama de funcionamento;
- g) Retirar as equações gerais;
- h) Circuito eléctrico – Sequenciador relés;
- i) Esquema de cablagem;
- j) Tabela de cablagens
- k) Simular na bancada de pneumática o circuito.

Cap. VII – Autómatos Programáveis

Introdução aos Sensores e Actuadores

Promotores de diálogo:

- actuadores;
- sensores.

→ **Actuadores** – promovem a mudança de estado da parte operativa, o que corresponde a pôr em funcionamento determinados mecanismos.

→ **Sensores** – destina-se a captar informação da parte operativa, sobre a forma dum sinal com dois níveis para caso dos sensores lógicos.

Diálogo Homem – máquina

- tem de ser estabelecido por elementos que permitem a intervenção directa do operador humano.

→ Intervenção do Homem:

- manipulós;
- teclas (teclados);
- botoneiras.

→ Intervenção da máquina:

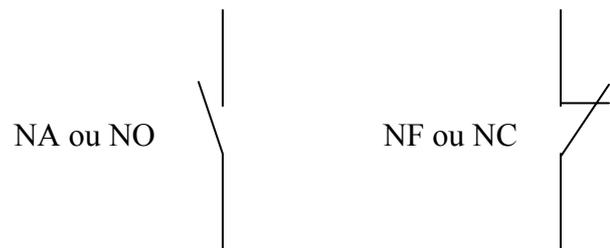
- informação que o homem (operador) necessita aquando a programação.
 - Sinais sonoros;
 - Sinais luminosos;
 - Monitores.

Sensores

- São dispositivos que mudam de comportamento sob a acção de uma grandeza física, podendo fornecer directamente ou indirectamente um sinal que indica esta grandeza.

→ Interruptores de fim de curso

- Destinam-se, como o nome indica, a assinalar quando determinada parte em movimento atingiu certa posição.



→ Detectores de proximidade

- Destinam-se a detectar a presença ou a ausência de peças.
 - Sensor Indutivo;
 - Sensor capacitivo.

→ Sensor indutivo

- Baseiam-se na variação da indutância;
- Exigem peças de metais ferrosos, normalmente de aço.



→ Sensor capacitivo

- Baseiam-se na variação da capacitância;
- Permite detecção de materiais ferros e não ferrosos (vidro, água, madeira, plástico, etc.)

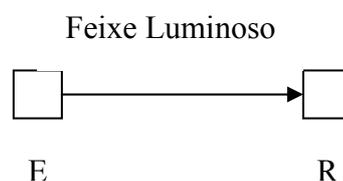


→ Células fotoelétricas

- Baseiam-se em foto-díodos que permite a passagem de corrente eléctrica quando sob um feixe de fotões (raio de luz);
- Destinam-se a detectar a passagem de partes em movimento;
- São constituídas por um elemento emissor e um receptor;
- Existem três tipos de montagem:
 - Sistema barragem;
 - Sistema reflex;
 - Sistema de proximidade.

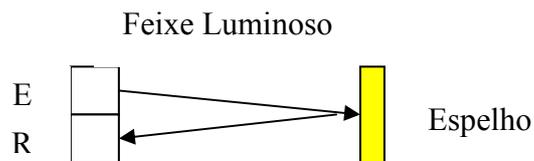
* Sistema barragem

- O emissor e o receptor estão separados;
- Utilizados para distâncias longas, detecção de objectos opacos e reflectores.



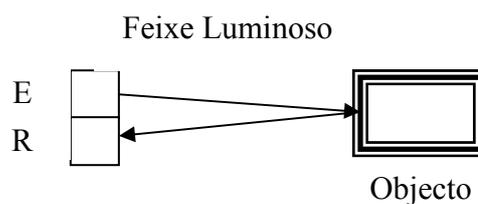
* Sistema reflex

- O emissor e o receptor estão dentro do mesmo invólucro e existe um espelho que reflecte os raios luminosos;
- Utilizados para objectos não reflectores.



* Sistema de proximidade

- O emissor e o receptor estão dentro do mesmo invólucro, mas não existe espelho, sendo a reflexão produzida pela passagem do objecto;
- Está indicado para objectos transparentes ou translúcidos, para a detecção etiquetas e marcas.

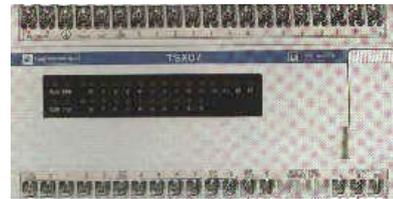


→Outros sensores

- Detecção de nível por interruptor de bóia;
- Sensor temperatura;
- Encoders (incrementais ou absolutos);
- Ultra-sónicos;
- Etc.

Autómatos Programados

Autómato programado – é um aparelho electrónico digital que utiliza uma memória programada para armazenar instruções e para implementar funções específicas tais como, operações lógicas, sequenciais, temporizadas e aritméticas para controlo de máquinas e processos.



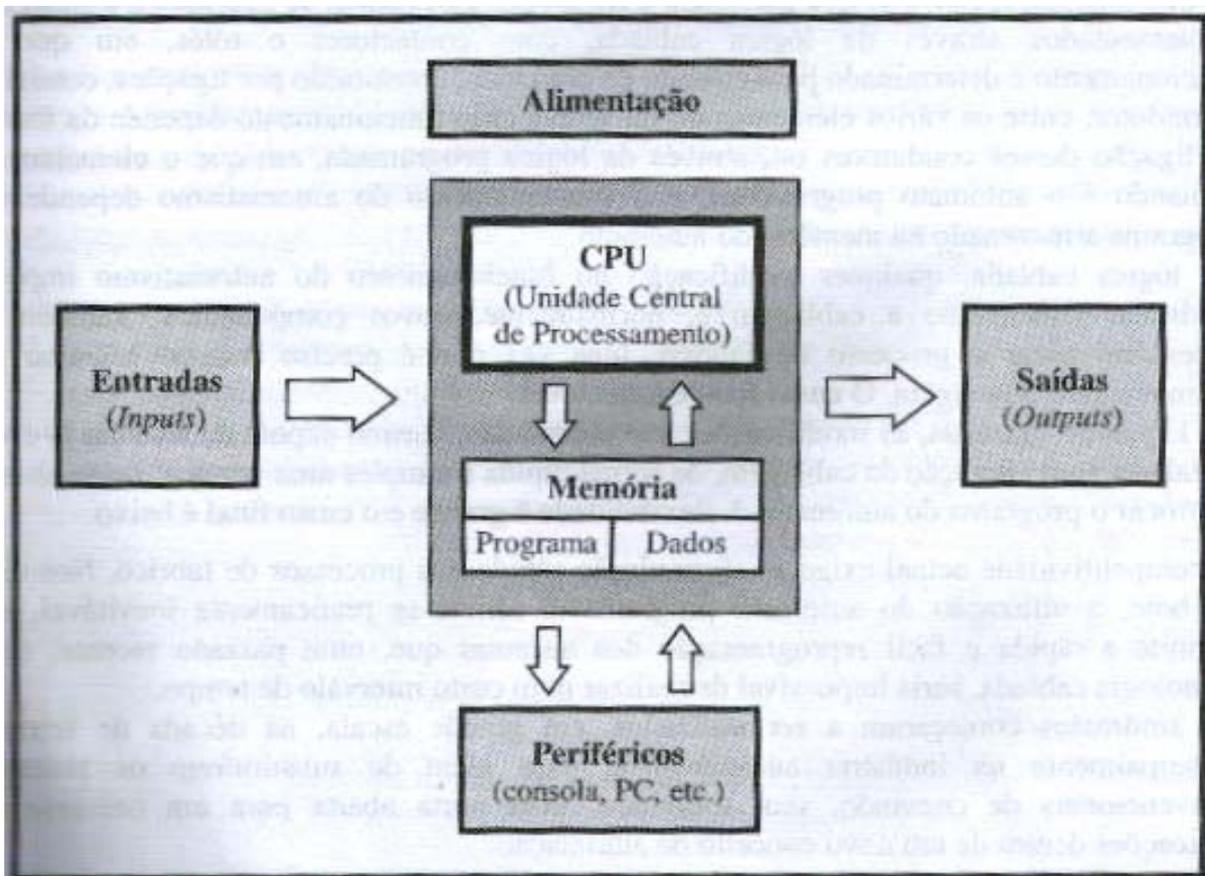
Vantagens do autómato programável

- Flexibilidade – o mesmo autómato pode ser utilizado em aplicações distintas, bastando para tal reprogramá-lo;
- Expansibilidade – pode ser alterado o número de entradas e saídas (dependendo do tipo autómato);
- Baixo custo – largo desenvolvimento tecnológico, possibilita soluções mais baratas;
- Simulação – o programa de um autómato pode ser testado “ off-line”;
- Observação – pode ser observada o funcionamento do programa passo a passo e a “online”;
- Velocidade – executa as instruções rapidamente, permitindo controlar diversas máquinas em simultâneo;
- Facilidade de programar – permite a utilização de várias linguagens de programação, fáceis e simples (STL, LAD, CSF, Grafcet);
- Fiabilidade – os componentes electrónicos são mais fiáveis que outros componentes;
- Segurança – o programa só pode ser alterado por um operador autorizado;
- Documentos – permite a impressão do programa através de uma vulgar impressora, em contraste com outros métodos em que uma alteração obriga a efectuar outro esquema de funcionamento.

Desvantagens do autómato programável

- Tecnologia – devido a ser utilizada tecnologia recente é mais difícil a obtenção de operadores aptos para programar;
- Ambiente – não pode ser utilizados em condições ambientais adversas (alta temperatura, vibrações e em zonas de trovoadas constantes);
- Preço – depende da aplicação. Existem situações em que a utilização de autómatos programados é desnecessária.

Estrutura do autómato



Dito de uma forma simplista, os autómatos programáveis, são constituídos por um "cérebro", o CPU (Unidade Central de Processamento), por memória e por blocos de entradas e saídas, quer sejam do tipo digital quer do tipo analógico, que permitem ao sistema receber informações provenientes da instalação (via sensores e/ou instrumentação de medida e/ou redes de comunicação industriais) e também actuar sobre esta. São compactos, modulares, multifunções ou para arquitecturas de automatismos complexas, funções especiais, entradas/saídas à distancia...

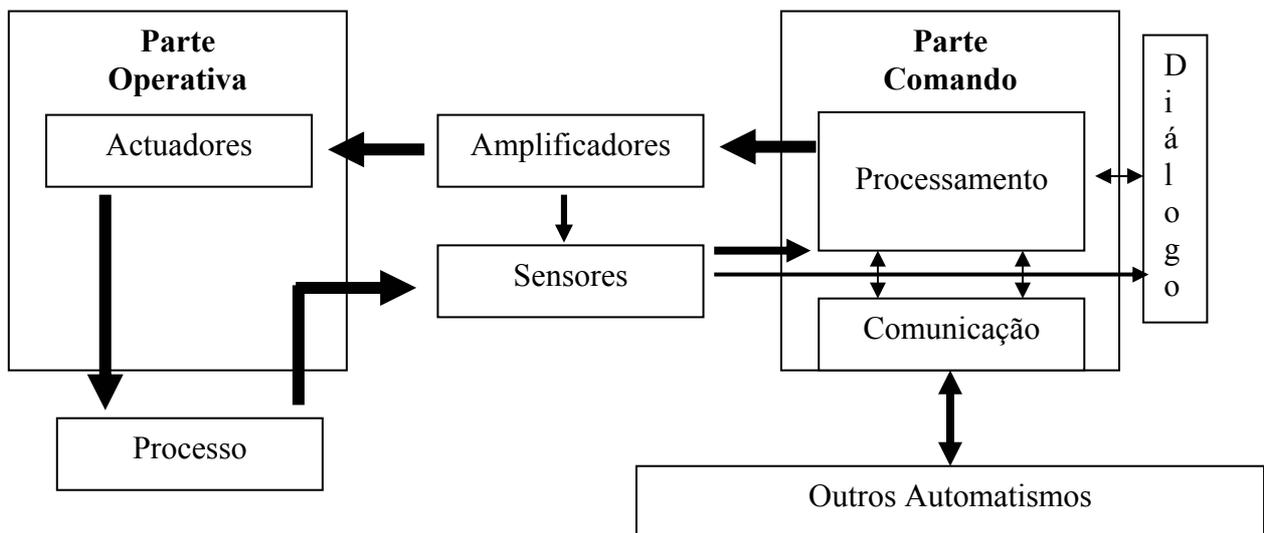
Os autómatos programáveis, cada vez mais compactos, descentralizam a inteligência, aproximando-a das máquinas. Softwares especializados e terminais industriais asseguram a programação, exploração, controlo e supervisão de um modo totalmente compatível. As redes entre automatismos geram a comunicação.

Toda a arquitectura é modular, permitindo que o sistema de automação "cresça", no caso de as variáveis a controlar aumentarem em número ou em complexidade. Todas as funções são implementadas através da programação, o que determina uma grande versatilidade do sistema, podendo este sempre ser optimizado e melhorado no futuro.

Sistemas Automático

Um sistema automático é constituído por duas grandes partes, uma é a *parte operativa* (ou parte de potência), outra a *parte de comando*.

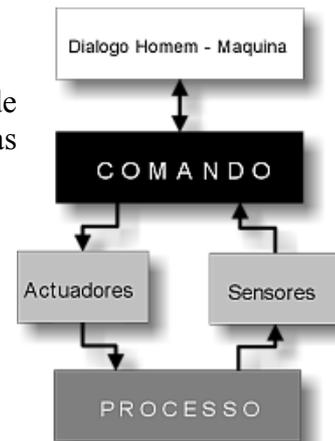
Estrutura dos sistemas Automáticos



Diálogo Homem – Máquina

A automação de um processo industrial resulta, em termos de hardware, da interligação e coordenação de diversas disciplinas.

Podem-se destacar:



- **Sensores e Instrumentação de Medida**

Os sensores são os órgãos de visão da automação, transmitindo ao COMANDO as informações relativas ao estado do processo industrial. Podem ser divididos nas seguintes classes:

- **Detectores**; micro-interruptores, fins de curso, detectores de proximidade (indutivos, capacitivos, ultra-sónicos, etc.) células fotoeléctricas, detectores de identificação (leitores código de barras), etc.

- **Sensores**; de posição (medidores de posição absoluta e/ou incremental), de temperatura (termopares, PT1000, termóstatos bimetálicos, sondas resistivas de platina ou níquel), de pressão (de efeito capacitivo, piezoelectrico ou células de tensão, de caudal (de princípio electromagnético, ultra-sónico e mássico), de peso, etc.

- **Actuadores**

No sistema, os actuadores funcionam como "mãos", executando as ordens de COMANDO, actuando directamente sobre o equipamento envolvido no processo industrial, incluem-se neste grupo os seguintes:

- Relés auxiliares;
- Contactores e conversores electrónicos;
- Variadores de velocidade/frequência;
- Electrovalvulas e válvulas motorizadas;
- Servomecanismos de posicionamento;
- Pneumáticos, hidráulicos ou eléctricos.

- **Equipamento de Comando**

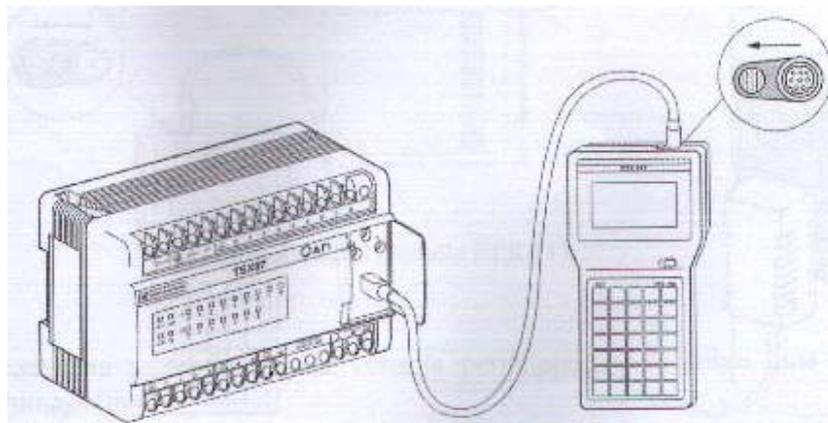
O equipamento de comando funciona como o "cérebro" do sistema de automação, recebendo as informações dos sensores e, em função delas e de acordo com parâmetros pré-definidos, transmite "ordens" aos actuadores.

- **Diálogo Homem/Máquina**

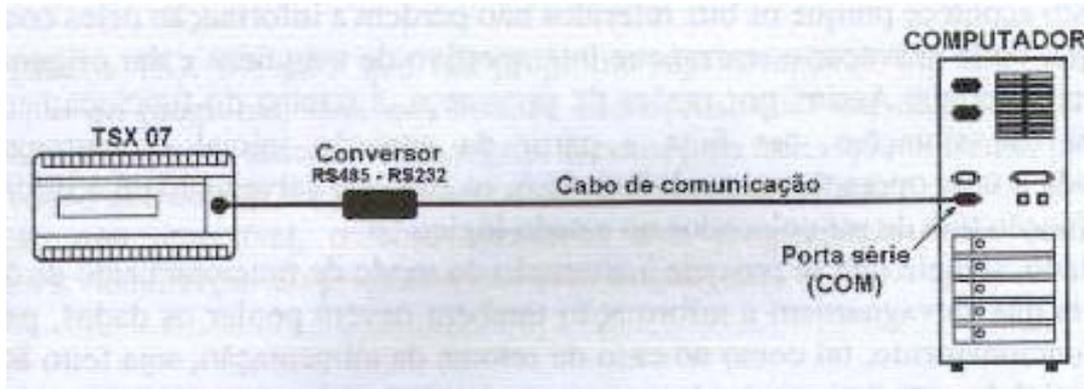
Este tipo de equipamento, também denominado de Terminal de Diálogo permite a comunicação do(s) operador(es) com a(s) máquina(s) ou processo(s), nomeadamente para escolher programas e alterá-los se necessário (e permitido), visualizar as variáveis mais importantes do processo, definir e alterar parâmetros, reagir a alarmes, iniciar e parar o processo, etc. Existe uma vasta gama de produtos no mercado com estas funções, Existem desde as simples consolas (terminais industriais) alfanuméricos, até às mais evoluídas (gráficas, com touch screen). sendo que umas privilegiam o preço, outras a funcionalidade e interoperacionalidade com outros sistemas, com maior ou menor individualização do equipamento e outras ainda uma maior personalização.

Comunicação do autómato programado com os programadores

- Consolas → programação manual onde a comunicação é feita por um cabo directo para o autómato (a consola destina à programação e regulação dos autómatos, permitindo a programação em linguagem lista de instruções);



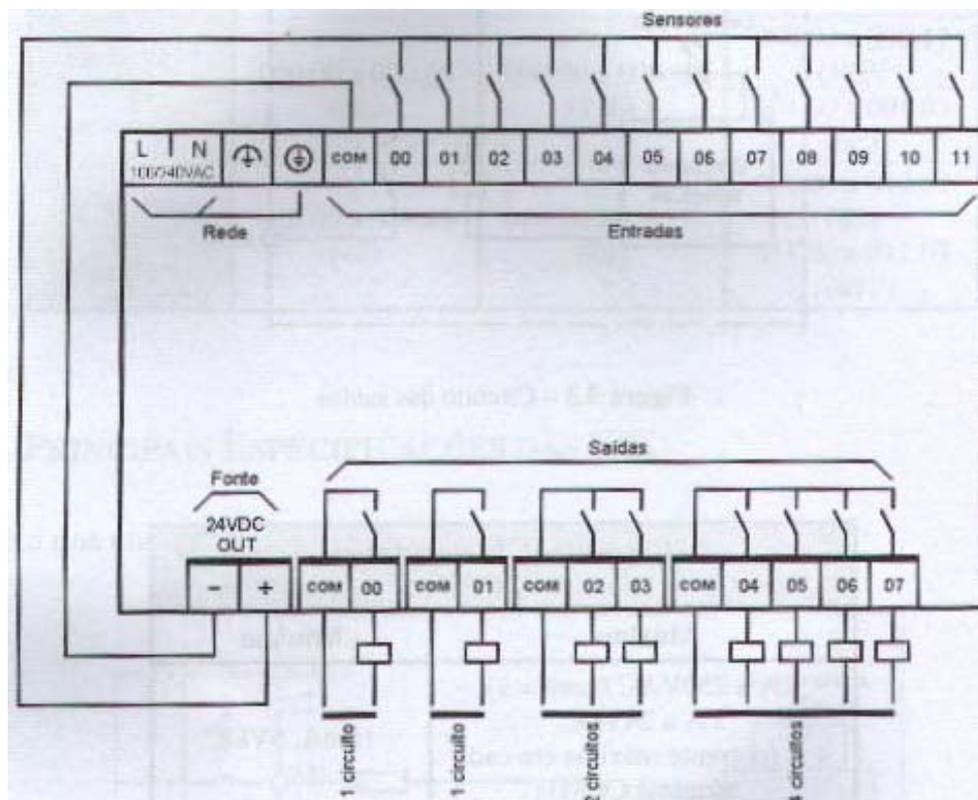
- PC's → cabo com conversor da ligação RS 232 do computador para a ligação RS 485 do autómato.



Edição de programas

- todos os programadores permitem STL, base de todas as outras linguagens;
- linguagens gráficas, (LAD, CSF e Grafcet) com base em PC's e terminais;
- linguagens de alto-nível (C++, Pascal, etc.) também possíveis mas pouco utilizadas.

Exemplo de um autómato (entradas, saídas e alimentação)



Linguagens de programação

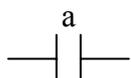
- **STL** → “Statement List” – lista de instruções;
- **LAD** → “Ladder Diagram” – lógica de contactos;
- **CSF** → ”Control System Flow-Chart” – blocos funcionais;
- **Grafcet** → gráfico funcional de comando etapa transição.

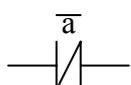
STL – lista de instruções

- Obedece à norma Din 19239;
- Os nomes das operações lógicas, instruções, variam de fabricante para fabricante de autómatos programados;
- As operações lógicas são efectuadas em função dos valores lógicos das entradas, saídas, contadores, temporizadores, etc. Sendo atribuído o resultado a outra variável.

LAD – lógica de contactos

- Linguagem gráfica;
- Verifica a passagem de corrente por diversos sensores com o objectivo de fazer actuar uma saída (actuador).
- Contactos abertos e fechados

 --> **contacto aberto** ==> valor lógico = 0

 --> **contacto fechado** ==> valor lógico = 1

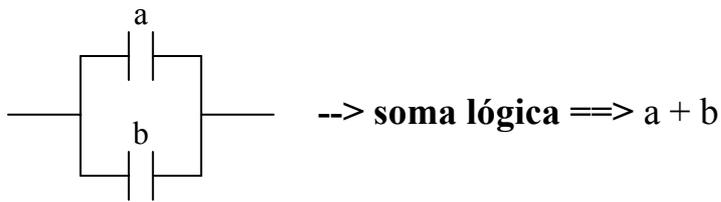
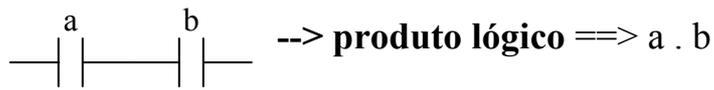
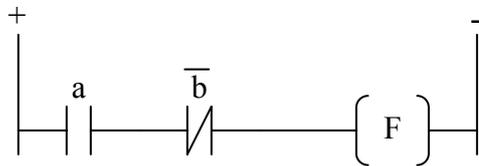


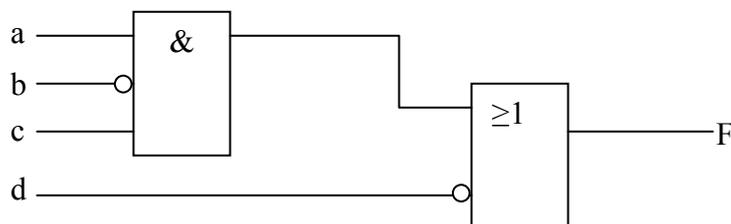
Diagrama LAD



Função lógica : $F = a + \bar{b}$

CSF – blocos funcionais

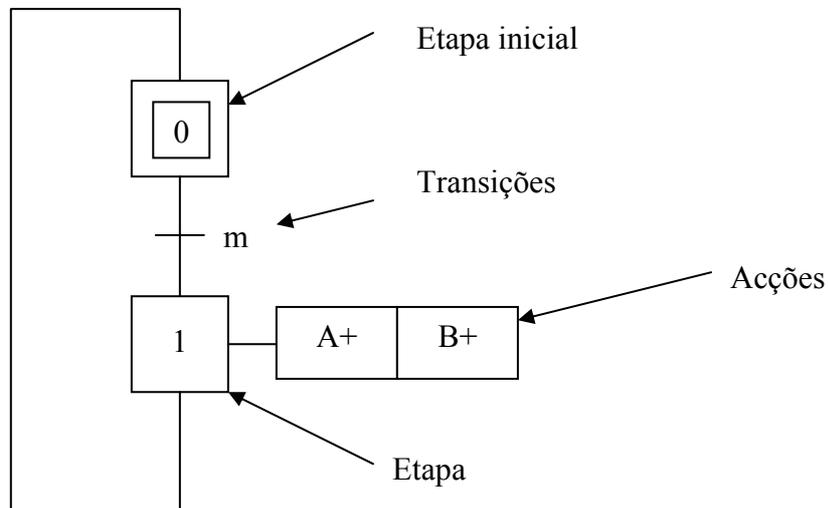
- Simbologia gráfica semelhante aos circuitos electrónicos.



Função --> $F = a \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{d}$

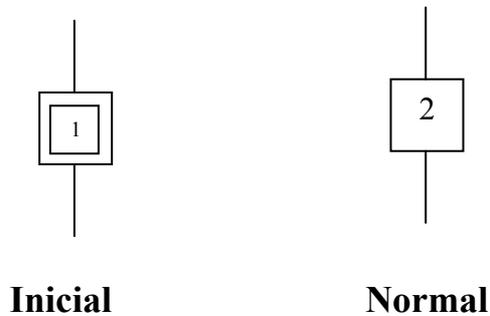
Grafcet

- Não é uma linguagem propriamente dita, é sim, uma representação gráfica da evolução do programa, socorrendo-se de símbolos que definem as diferentes etapas do processo.



Etapa

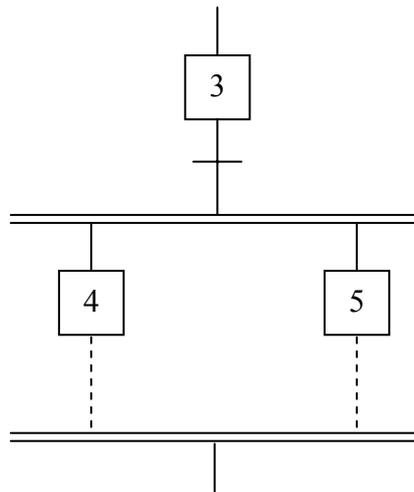
- Define um bloco de instruções a executar, quando está activa;
- Está activa quando a transição anterior tomar o valor lógico 1;
- Está terminada quando a transição posterior tomar valor lógico 1.



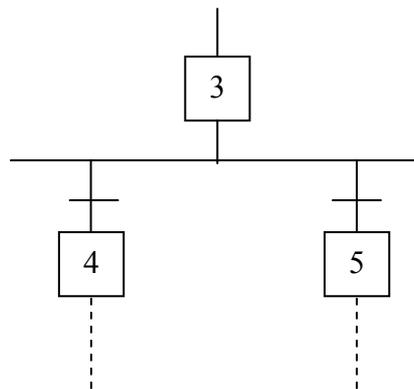
Transição

- condição de evolução de uma etapa para a outra;
- actuação de uma transição, implica desactivar a etapa anterior e activar a seguinte.

Execução paralela



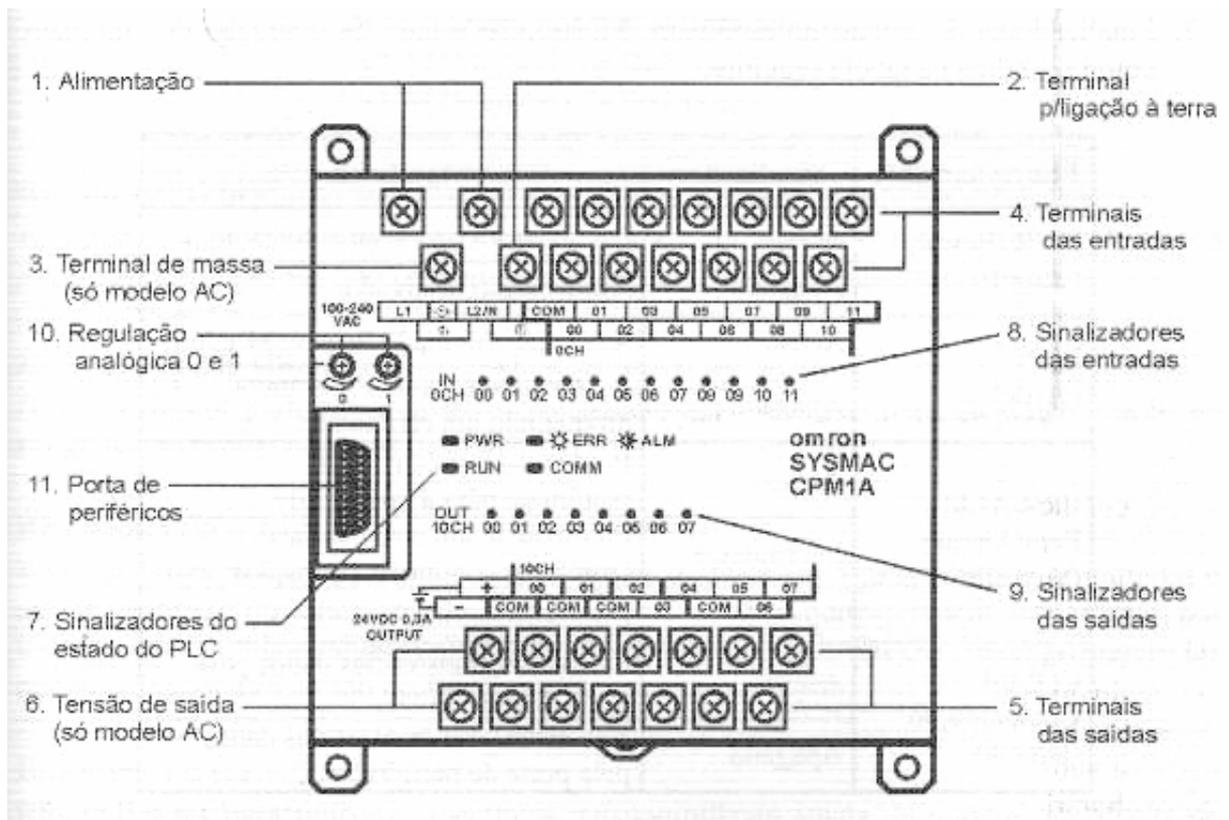
Execução alternativa



Autómatos CPM

Modelo de autómato fabricado pela empresa Omron, que pode ser programado através de:

- consola em linguagem lista de instruções;
- computador em linguagem de contactos ou em linguagem lista de instruções.



Autómato CPM1A – 20 E/S

Sinalizadores

Funcionamento	Sinalizador	Significado
PWR (Power) (verde)	Aceso	Alimentação ligada ao automático.
	Apagado	Alimentação desligada.
RUN (verde)	Aceso	Automático em modo Run ou Monitor.
	Apagado	Automático em modo Program ou produzindo um erro fatal.
ERR/ALM Erro/Alarme (vermelho)	Aceso	Produziu-se um erro fatal. (automático pára a operação)
	Intermitente	Produziu-se um erro não fatal. (automático continua a operação)
	Apagado	Operação normal.
COMM Comunicação (laranja)	Aceso	Estão a ser transferidos dados pela porta de periféricos.
	Apagado	Não estão a ser transferidos dados pela porta de periféricos.

Endereços dos terminais de entradas e saídas

n.º E/S	Autómatos CPM		
	10 E/S	20 E/S	30 E/S
Endereços das entradas	000.00 a 000.05 (6E)	000.00 a 000.11 (12E)	000.00 a 000.11 (12E) 001.00 a 001.05 (6E)
Endereços das saídas	010.00 a 010.03 (4S)	010.00 a 010.07 (8S)	010.00 a 010.07 (8S) 011.00 a 011.03 (4S)

Instruções básicas

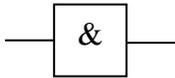
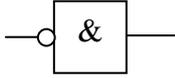
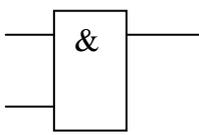
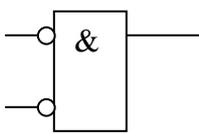
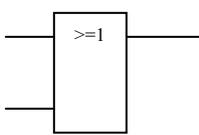
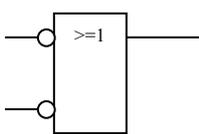
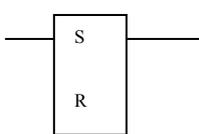
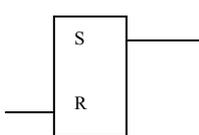
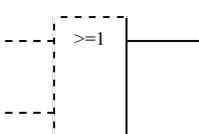
Instrução	Código*		Significado
	Mnemónica	Função	
Load	LD	-	Carregar um valor. (início de uma rede ou bloco)
Load Not	LD NOT	-	Carregar um valor invertido. (início negado de uma rede ou bloco)
And	AND	-	Produto lógico. (contacto série aberto)
And Not	AND NOT	-	Produto lógico negado. (contacto série fechado)
Or	OR	-	Soma lógica. (contacto paralelo aberto)
Or Not	OR NOT	-	Soma lógica negada. (contacto paralelo fechado)
Not	NOT	-	Negação do resultado.
And Load	AND LD	-	Operação lógica And entre dois blocos.
Or Load	OR LD	-	Operação lógica Or entre dois blocos.
Output	OUT	-	Saída do resultado.
Output Not	OUT NOT	-	Saída do resultado invertido.
Set	SET	-	Colocar um bit no estado "1".
Reset	RSET	-	Colocar um bit no estado "0".
Timer	TIM	-	Temporizador (0,1 s).
Counter	CNT	-	Contador.
No operation	NOP	00	Sem operação (instrução nula).
End program	END	01	Fim do programa.
Interlock	IL	02	Comando da instrução OUT.
Interlock Clear	ILC	03	Fim do comando da instrução OUT.
Keep	KEEP	11	Dois estados estáveis (biestável).
Reversible counter	CNTR	12	Contagem ascendente e descendente.
Differentiate Up	DIFU	13	Na transição 0→1 de um bit é gerado, num <i>scan</i> , o valor lógico "1".
Differentiate Down	DIFD	14	Na transição 1→0 de um bit é gerado, num <i>scan</i> , o valor lógico "1".
High-speed Timer	TIMH	15	Temporizador rápido (0,01 s).
Compare	CMP	20	Comparar dois valores.
Move	MOV	21	Transferir valor.

Símbolo das instruções básicas

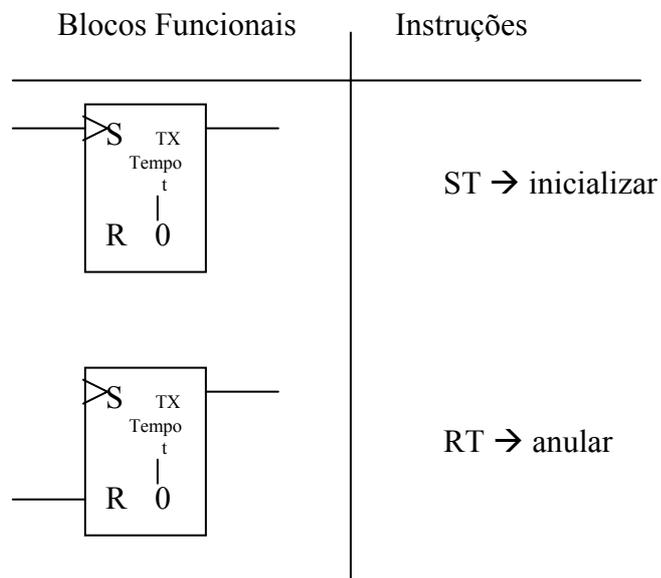
Instrução	Símbolo
LD	
LD NOT	
AND	
AND NOT	
OR	
OR NOT	
AND LD	
OR LD	
OUT	
OUT NOT	

Blocos funcionais (CSF)

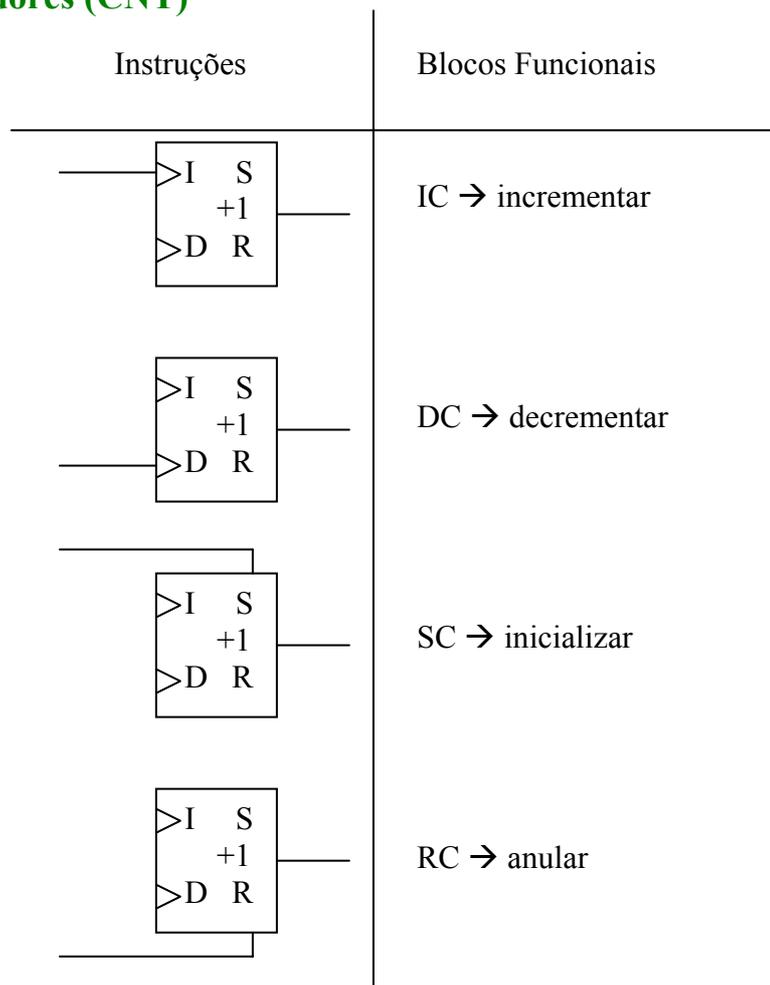
Lógica

Blocos Funcionais	Instruções
	LD
	LD NOT
	AND
	AND NOT
	OR
	OR NOT
	SET
	RSET
	OUT

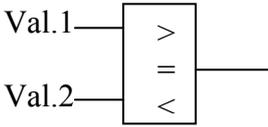
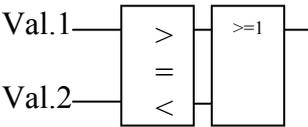
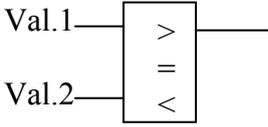
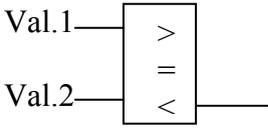
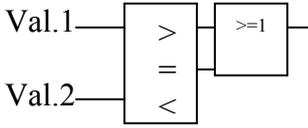
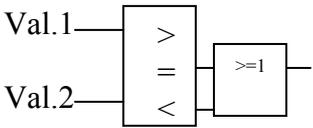
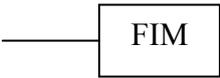
Temporizadores (TIM)



Contadores (CNT)



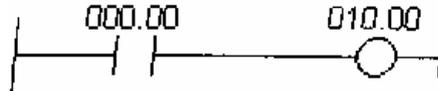
Comparação

Blocos Funcionais	Instruções
	= → igual
	≠ → diferente
	> → maior
	< → menor
	>= → maior ou igual
	<= → menor ou igual
	End (01) → Fim de um programa

Exercícios – Iniciação Programação

1. (Exemplo) circuito que activa uma saída se a entrada estiver ligada.

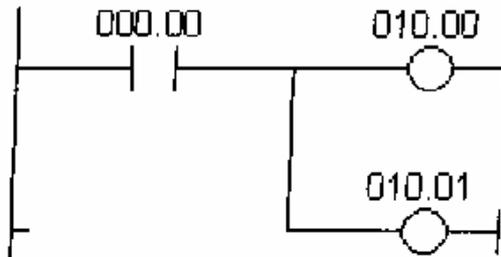
Lógica de contactos:



Lista de instruções:

```
LD    000.00
OUT   010.00
END
```

2. circuito que activa duas saídas se a entrada estiver ligada. Através da lógica de contactos construa as listas de instruções e a respectiva equação.



Lista de instruções: ?

Equação: ?

3. circuito série que activa uma saídas se uma entrada estiver ligada e outra desligada. Através da lista de instruções construa a lógica de contactos listas e a respectiva equação.

```
LD    000.00
AND NOT 000.01
OUT   010.00

END
```

Lógica de contactos: ?

Equação: ?

4. circuito paralelo que activa a saída se uma de duas entradas, ou ambas, estiverem ligadas. Através da lista de instruções construa a lógica de contactos listas e a respectiva equação.

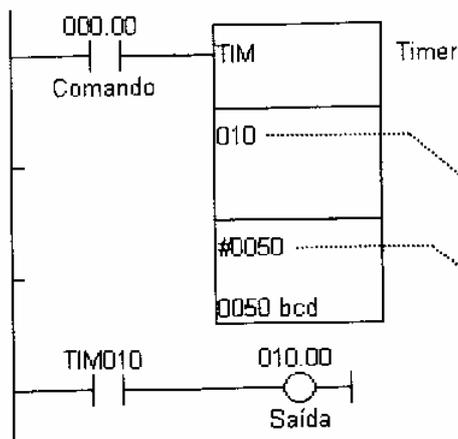
```
LD    000.00
OR    000.01
OUT   010.00
END
```

Lógica de contactos: ?

Equação: ?

5. (Exemplo) Temporizador com atraso à operação (temporizador ao trabalho) que vai a “1” 5 s após se ligar a condição de comando (000.00).

Diagrama de contactos



Lista de instruções

```
LD    000.00
TIM   010  #0050
LD    TIM010
OUT   010.00
```

= 5s

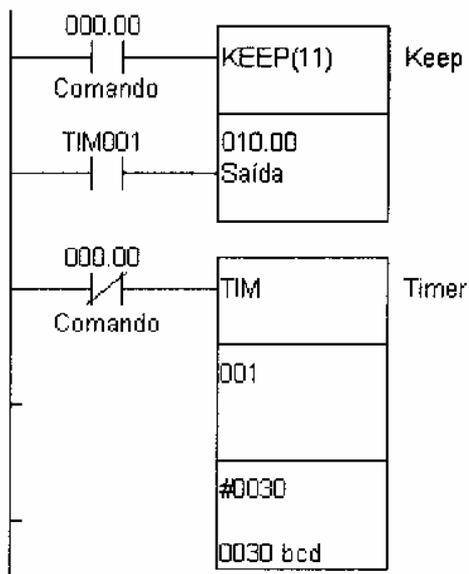
n.º do temporizador

Tempo pré-seleccionado em décimas de segundos

a condição de comando for colocada a “0” o temporizador é imediatamente “resetado”.

6. (Exemplo) temporizador com atraso à desoperação (temporizador ao repouso), que desliga a saída (010.00) 3 s após se desligar a entrada (000.00).

Diagrama de contactos

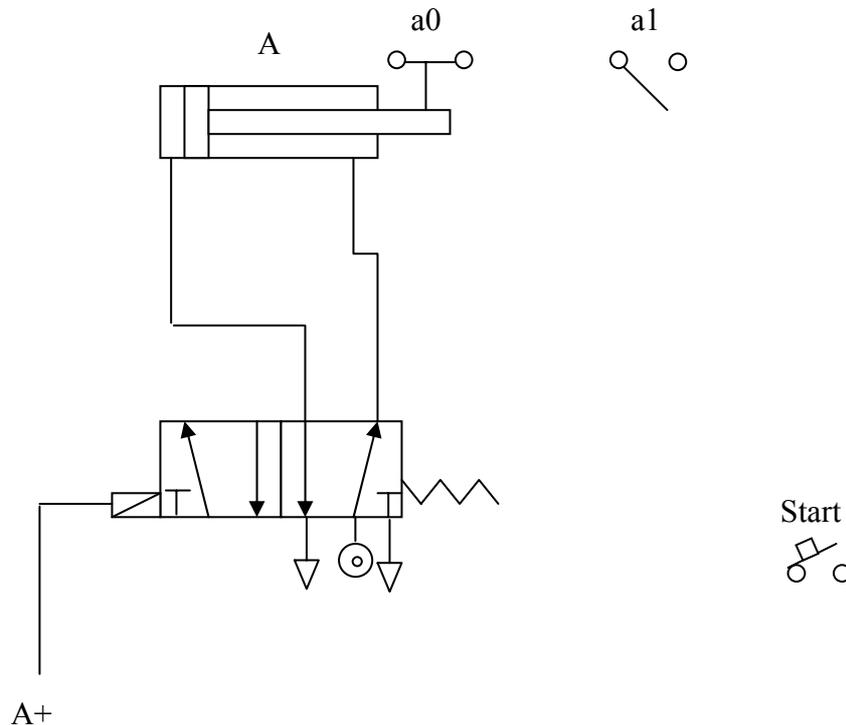


Lista de instruções

```
LD      000.00
LD      TIM001
KEEP    010.00
LD NOT  000.00
TIM     001  #0030
```

7. Dado o seguinte ciclo (A- A+), construa o esquema electro-pneumático e as programações possíveis (STL, LAD, CSF e em grafcet) .

Ciclo (A- A+)



Legenda

Input's:

Start → %I0.2
 a0 → %I0.0
 a1 → %I0.1

Output's:

A+ → %Q0.0

Início do ciclo

Se %I0.2 = 0 → liga A+ = Set %Q0.0

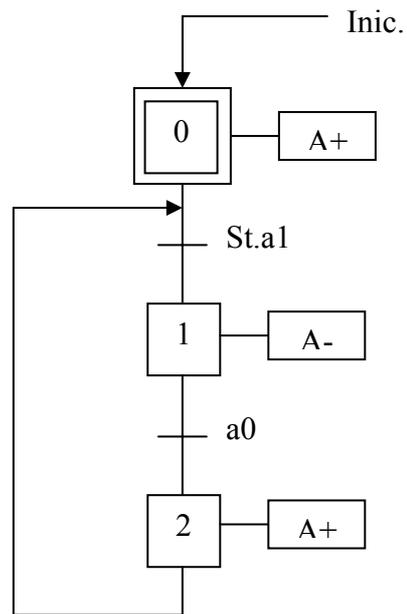
Bloco (A-)

Se %I0.2=1 e %I0.1 = 1 → desliga A+ = Reset %Q0.0

Bloco (A+)

Se %I0.0 = 1 → liga A+ = Set %Q0.0

Programação – Grafcet



Programação – STL (Lista de instruções)

Inicialização {

LDN	%F0
AND	%I0.2
S	%Q0.0
S	%F0
S	%F1

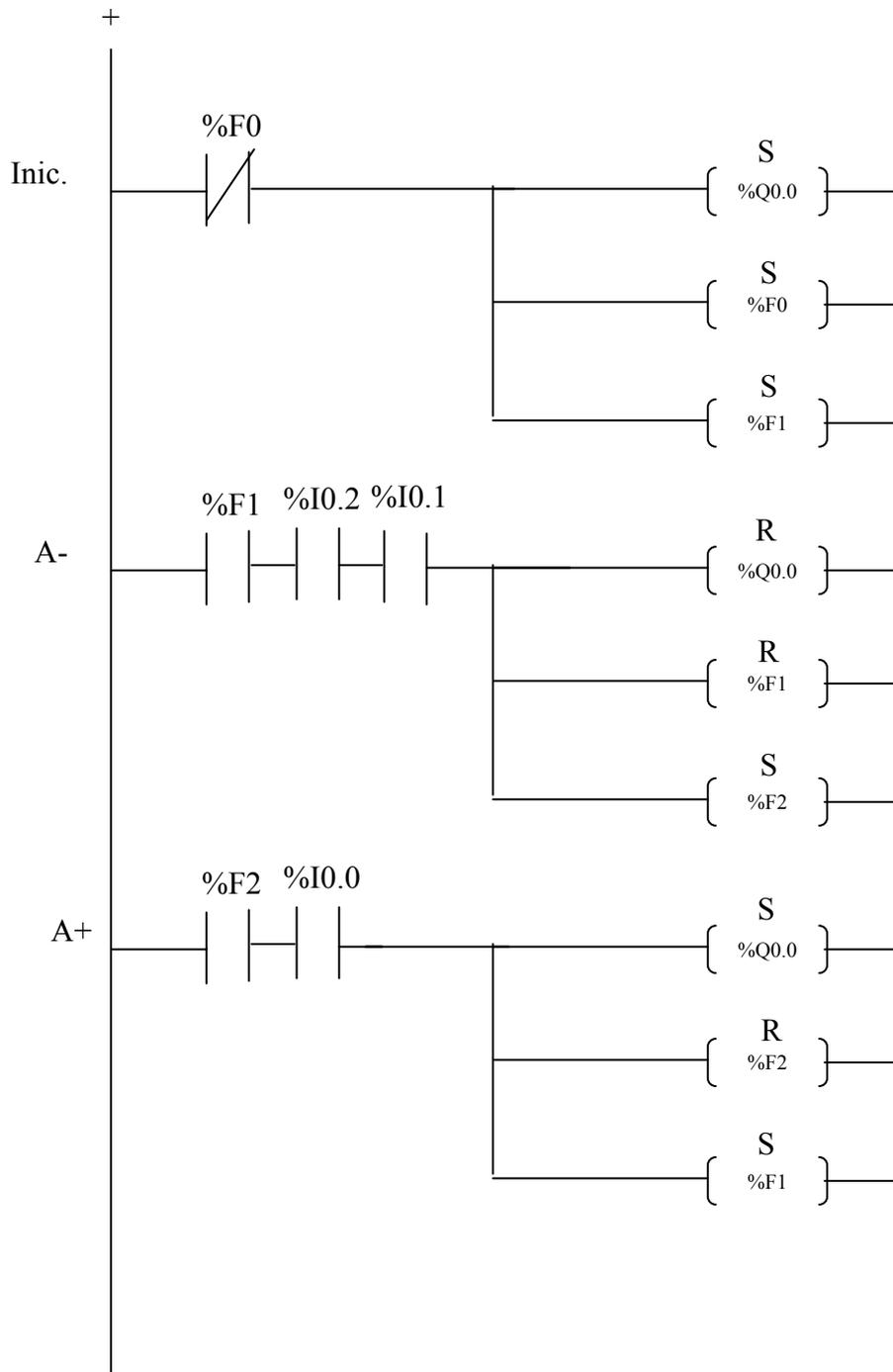
A- {

LD	%F1
AND	%I0.2
AND	%I0.1
R	%Q0.0
R	%F1
S	%F2

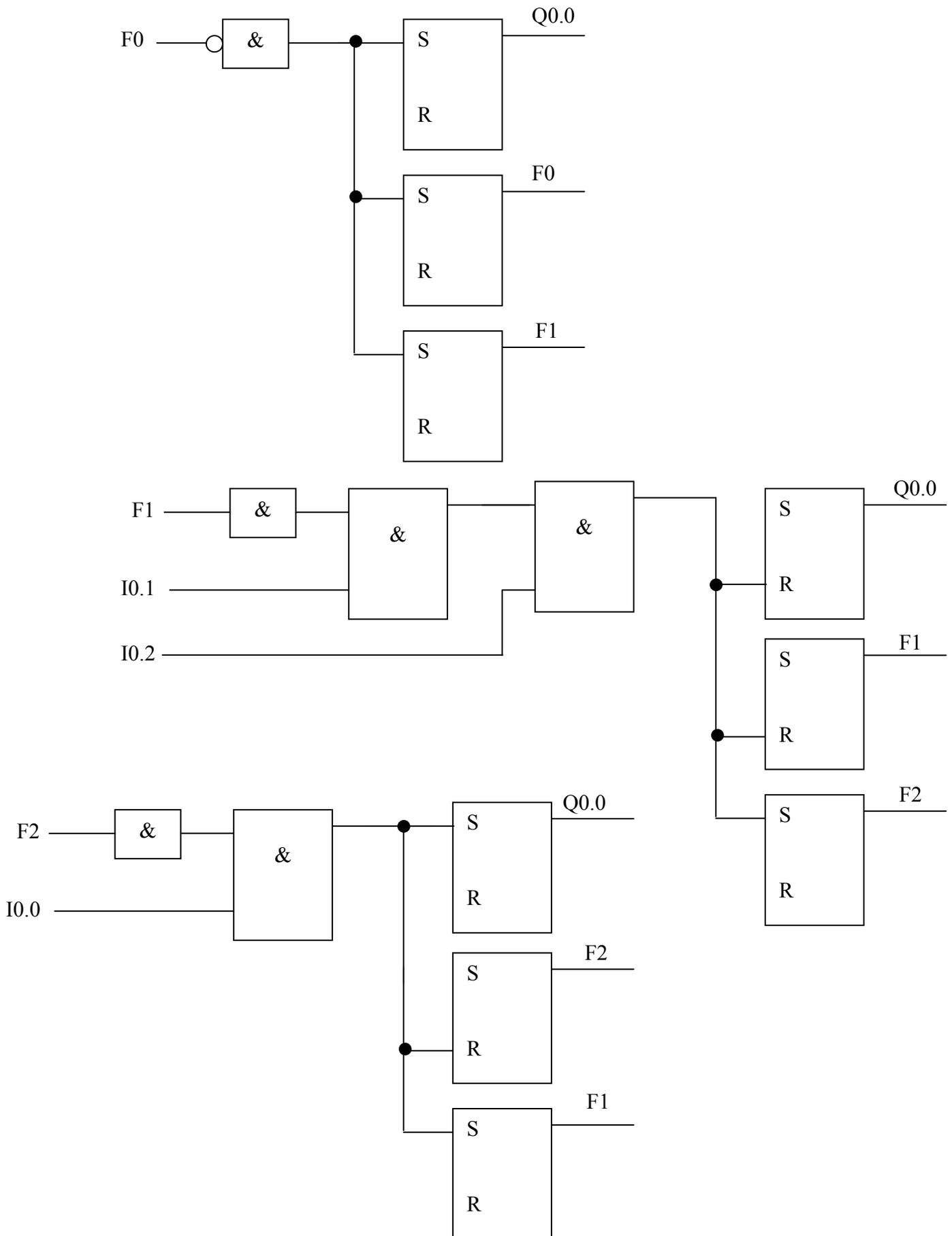
A+ {

LD	%F2
AND	%I0.0
S	%Q0.0
R	%F2
S	%F1

Programação – LAD (Lógica de contactos)



Programação – CSF (Blocos Funcionais)



Exercícios – Programação Autómatos

- 1- Pretende-se que o aluno através do ciclo pneumático “ciclo: $A^+A^-(B^-C^-)A^+A^-(B^+C^+)$ ” implemente um sistema automático. Para isso, deve seguir os seguintes alíneas:
- Representar o ciclo pneumático;
 - Apresentar o circuito electropneumático (o comando das válvulas, a activação por um seloide e o recuo por mola);
 - Fazer a legenda (Input's, output's e variáveis internas);
 - Colocar as Flag's no ciclo;
 - Fazer a programação em Grafset, STL e em LAD.
- 2- Pretende-se que o aluno através do ciclo pneumático “ciclo: $2*(A^-C^-B^-(B^+C^+)A^+)5s$ ” implemente um sistema automático. Para isso, deve seguir os seguintes alíneas:
- Representar o ciclo pneumático;
 - Apresentar o circuito electropneumático (o comando das válvulas, a activação por um seloide e o recuo por mola);
 - Fazer a legenda (Input's, output's e variáveis internas);
 - Colocar as Flag's no ciclo;
 - Fazer a programação em Grafset, STL e em LAD.
- 3- Pretende-se que o aluno através do ciclo pneumático “ciclo: $2*(A^+A^-)5s 3*(B^+B^-)$ ” implemente um sistema automático. Para isso, deve seguir os seguintes alíneas:
- Representar o ciclo pneumático;
 - Apresentar o circuito electropneumático (o comando das válvulas, a activação por um seloide e o recuo por mola);
 - Fazer a legenda (Input's, output's e variáveis internas);
 - Colocar as Flag's no ciclo;
 - Fazer a programação em Grafset, STL e em LAD.

4- Pretende-se que o aluno através do ciclo pneumático “ciclo: $C^+ 5S 2^* \left(\frac{A^+ A^-}{B^+ B^-} \right) 5s C^-$ ”

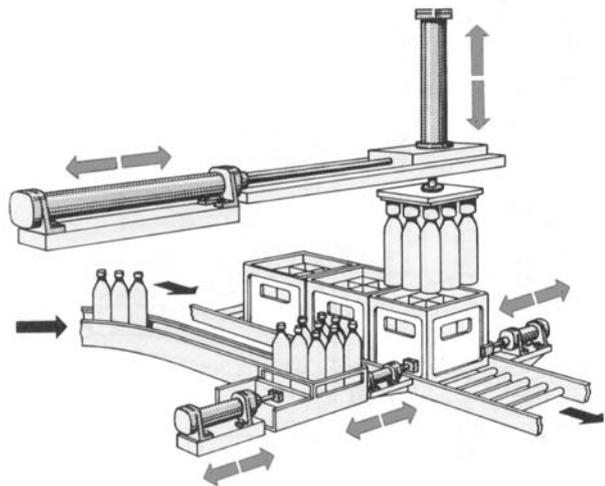
“ implemente um sistema automático. Para isso, deve seguir os seguintes alíneas:

- a) Representar o ciclo pneumático;
- b) Apresentar o circuito electropneumático (o comando das válvulas, a activação por um seloide e o recuo por mola);
- c) Fazer a legenda (Input's, output's e variáveis internas);
- d) Colocar as Flag's no ciclo;
- e) Fazer a programação em Grafcet, STL e em LAD.

Laboratório de avaliação n.º 5 – Programação de autómatos programáveis (Posto de embalagem)

A figura seguinte representa um posto de embalagem de uma linha de enchimento de garrafas.

1. As garrafas chegam separadamente ao ponto de embalagem através de um tapete rolante. As garrafas arranjam-se automaticamente na plataforma sendo colocadas na posição de recolha através de um cilindro pneumático até que estas sejam recolhidas.
2. As caixas chegam num outro tapete rolante sendo posicionadas por dois cilindros pneumáticos colocados sobre o tapete. Um cilindro serve de fim de curso servindo o outro posicionar a caixa num dos lados do tapete.
3. As garrafas são colocadas na caixa através de dois cilindros que as eleva e coloca na caixa.
4. A posição de repouso corresponde à posição do elevador sobre a plataforma de chegada das garrafas, o cilindro de fim de curso encontra-se avançado encontrando-se todos os outros recuados.



Pretende-se que o aluno escreva a sequência dos movimentos dos cilindros pneumáticos (Ciclo) e implemente um sistema automático, utilizando um autómato CPM2A da Omron, existente no laboratório. Para isso, deve seguir as seguintes alíneas:

- a) Apresentar o circuito electro-pneumático (o comando das válvulas, a activação por um selonoide e o recuo por mola);
- b) Colocar as Flag's no ciclo;
- c) Fazer a legenda (Input's, output's e variáveis internas);
- d) Fazer a programação em STL.
- e) Montar o esquema na bancada pneumática e programe o autómato (não se esqueça de colocar o autómato, 1.º em stop e só depois de transferir o programa para PLC, colocar então em RAN).
- f) Retire todas as suas conclusões

Cap. VIII – Controlo Automático

Introdução aos Sistemas de Controlo

Um Sistema de Controlo é um conjunto de dispositivos que mantém uma ou mais grandezas físicas, dentro de condições definidas à sua entrada.

Os dispositivos que o compõe podem ser eléctricos, mecânicos, ópticos e até seres humanos.

Exemplo

Um operador e um registro hidráulico compõem um sistema de controlo de nível de uma caixa de água, se este tiver orientação (entrada) e uma régua de medição de nível (sensor).

As grandezas físicas controladas são várias, mas as mais comuns são temperatura, pressão, nível de líquidos ou sólidos, velocidade, frequência, posição linear ou angular, tensão, corrente e luminosidade.

A entrada do sistema pode ser ajustada através de botões existente no painel do controlador ou através de um programa.

Tipos de Sistemas

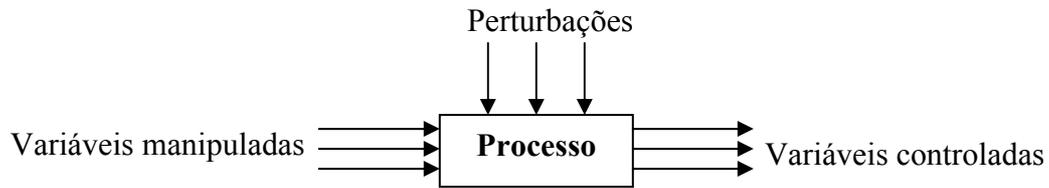
- Sistema de malha aberta

A entrada define o comportamento do controlador, “cérebro do sistema”, e este responde agindo no ambiente, sem verificar depois se o nível da grandeza física corresponde de facto à entrada; não existe sensor para observar algum eventual desvio, nem realimentação, para o corrigi-lo.

- Sistema de malha fechada

Verificam a ocorrência de desvios, pois contém um sensor, que monitora a saída, fornecendo um sinal que retorna à entrada, formando uma malha de realimentação. A entrada e esta realimentação se juntam num comparador, que combinam ambos e fornecem um sinal de erro, diferença entre os sinais, que orienta o controlador.

Variáveis de um Processo de Controlo



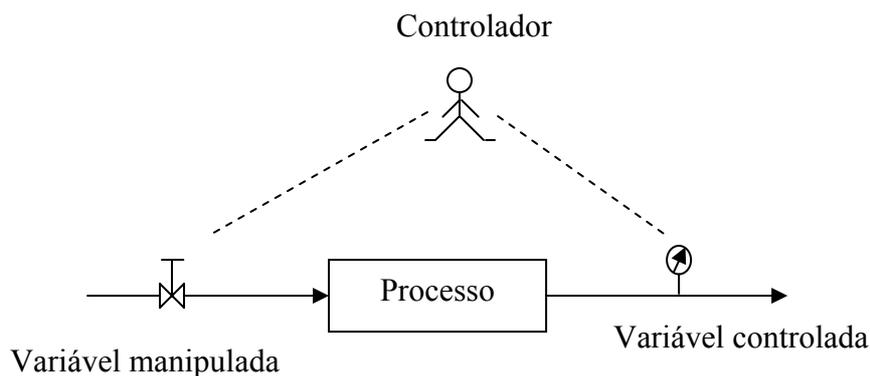
Perturbações – são quantidades cujo valor pode variar independentemente do operador ou do sistema de controlo e que influenciam as variáveis controladas.

Variáveis manipuladas – são as quantidades cujo valor pode ser alterado ou estabelecido externamente ao processo.

Variáveis controladas – são as quantidades ou condições que se pretende controlar ou manter a um certo nível.

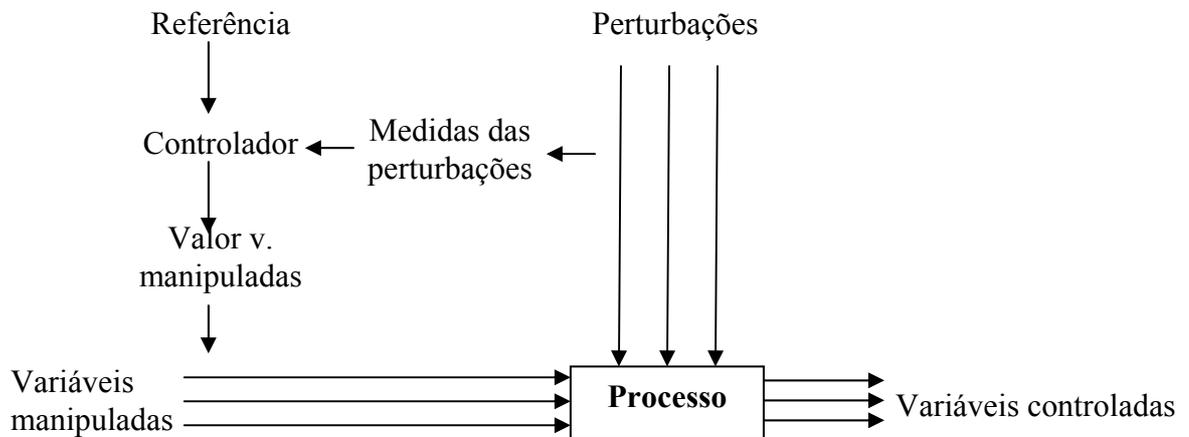
Tipo de controlo

- Controlo Manual



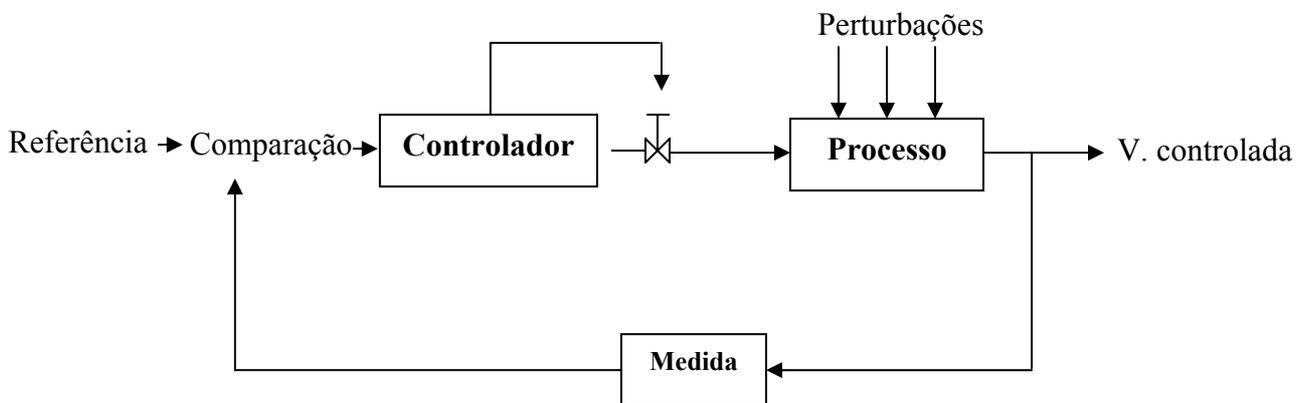
O operador observa o aparecimento de uma perturbação e o seu valor, face do seu conhecimento do processo, actua sobre a variável de entrada por forma a reduzir ou idealmente eliminar o efeito da perturbação na variável controlada.

- **Controlo Automático por Avanço**



São usados sensores para medir as perturbações e com base nestes valores medidos os controladores calculam os valores que as variáveis manipuladas devem tomar para compensar o efeito dessas perturbações.

- **Controlo por Realimentação**



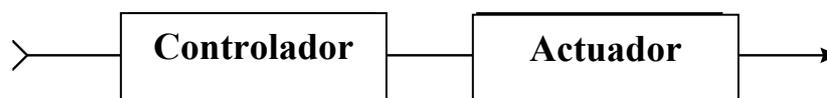
O controlo por realimentação actua corrigindo os erros e o controlo por avanço actua prevenindo os erros.

Diagramas de Blocos

São símbolos que mostram o relacionamento entre as partes e o fluxo dos sinais.

Sistema em Malha Aberta

A entrada é o nível desejado da grandeza controlada (comando ou programação). O controlador avalia este sinal e envia um sinal (que pode ser eléctrico ou mecânico, conforme o sistema) ao actuador, que é o elemento que age no ambiente de modo a alterar a grandeza.



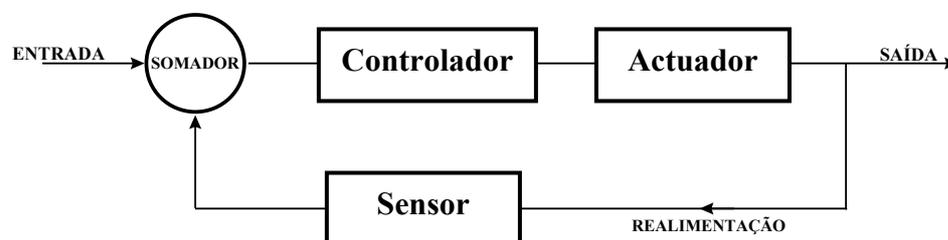
Sistema de Malha Aberta
Grandeza não Automática

Exemplo

Um sistema elementar de controlo de velocidade de um motor C.C., compõe-se de um reóstato em série com o enrolamento de campo do motor. Um operador (controlador) ajusta, pela sua experiência, o reóstato, variando a velocidade do motor, que é o actuador. O sistema não é auto regulado, e a velocidade poderá mudar conforme a carga (o esforço mecânico) na saída.

Sistema em Malha Fechada

Agora além dos blocos que compunham a malha aberta, temos um sensor, que reage à grandeza física enviando um sinal ao bloco somador, que subtrai este sinal ao de entrada (observe os sinais + e - nas entradas), fornecendo um sinal de erro ao controlador. Este sinal é a entrada do controlador, que o avalia e tenta corrigir o desvio captado pelo sensor, através de um novo comando ao actuador.

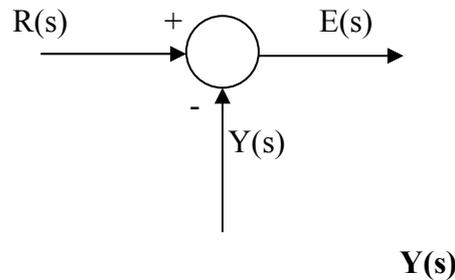


Sistema de Malha Fechada
Grandeza Automática



Detector de erros

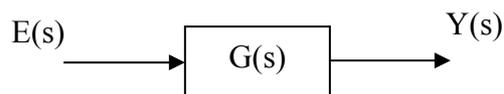
Produz um sinal que é dado pela diferença entre a entrada de referência $R(s)$ e o sinal de realimentação do sistema de controlo:



$$E(s) = R(s) -$$

$Y(s)$

Função de transferência



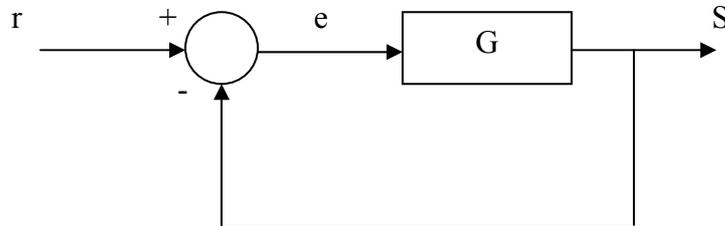
$$Y(s) = G(s) \times E(s)$$

Exemplo

Nos rádios - receptores e TV modernos há um controlo automático de volume (AGC, Automatic Gain Control, sigla Inglesa), que procura manter o nível do sinal de áudio quase constante após o detector (demodulador), apesar da grande variação no nível captado na antena, conforme a emissora.

Exercício

Dado o seguinte sistema, calcule a função de transferência em anel aberto e em anel fechado.



Resolução

$$\begin{cases} e = r - s \\ s = G * e \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{e}{s} = \frac{r - s}{G} \\ s = G * r - G * s \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{e}{s} = \frac{r - s}{G} \\ G * r = s + G * s \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{e}{s} = \frac{r - s}{G} \\ G * r = s * (1 + G) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{e}{s} = \frac{r - s}{G} \\ s = \frac{G}{1 + G} * r \end{cases}$$

→ Função de transferência em anel aberto ---- $s = G * r$

→ Função de transferência em anel fechado --- $s = \frac{G}{1 + G} * r$

Controladores

Calcula com base no erro de saída do comparador as variações necessárias a introduzir na variável manipulada

Classificação dos controladores:

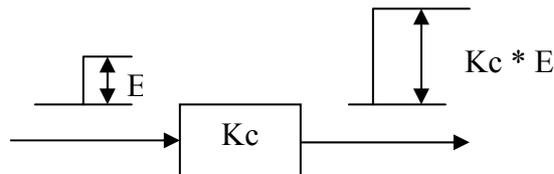
- Electrónicos;
- Pneumáticos;
- Mecânicos;
- Hidráulicos.

- Controlo Tudo ou Nada (ON - OFF)

Controlo “liga – desliga” – simples relé

- Controlo Proporcional - P

Saída de controlo é proporcional à entrada do erro no controlador.



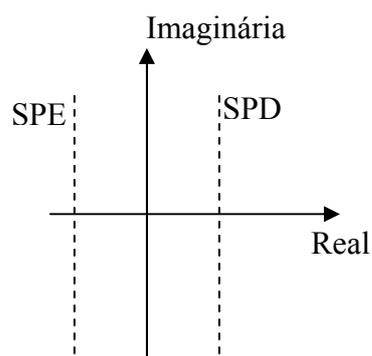
- Controlo Integral – I

- Controlo Proporcional, Integral – PI

- Controlo Proporcional, Derivativo – PD

- Controlo Proporcional, Integral, Derivativo – PID

Estabilidade



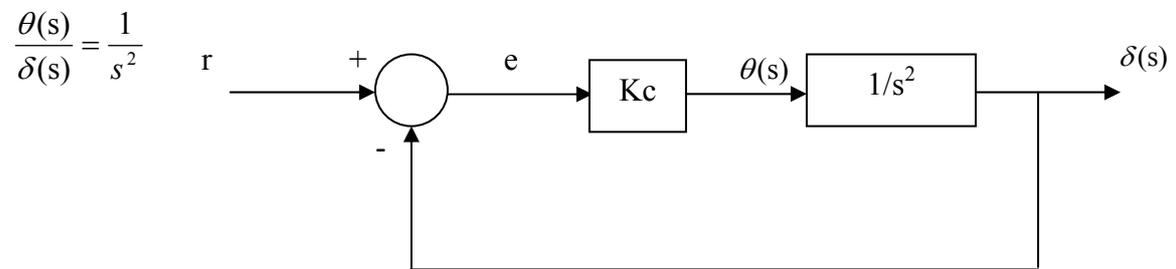
- O sistema é estável quando os pólos estão no semi-plano esquerdo (SPE);

- O sistema é instável, quando os pólos estão no semi-plano do lado direito (SPD);

- O sistema é simplesmente estável, quando os pólos estão sobre o eixo imaginário.

Exercícios – Sistemas Controlado

1. Um motor eléctrico é modulado através da seguinte função de transferência.



Calcule a função de transferência em anel aberto e em fechado, bem como, a sua estabilidade.

Tabela de Diagramas de blocos (funções de transferência)

	Diagramas de blocos originais	Diagramas de blocos equivalentes
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Bibliografia

A. Silva Pereira . Mário Águas . Rogério Baldaia, Sistemas Digitais, Porto Editora, 2001

José Novais, Método Sequencial Para Automatização Electropneumática, 3.ªEdição, Fundação Calouste Gulbenkian, 1997

José Matias . Ludgero Leote, Automatismos Industriais, Didáctica Editora, 1993

António Francisco, Autómatos Programáveis, ETEP, 2002

Apontamentos de Automação e Controlo, Eng.^a Industrial, Castelo Branco, 1997