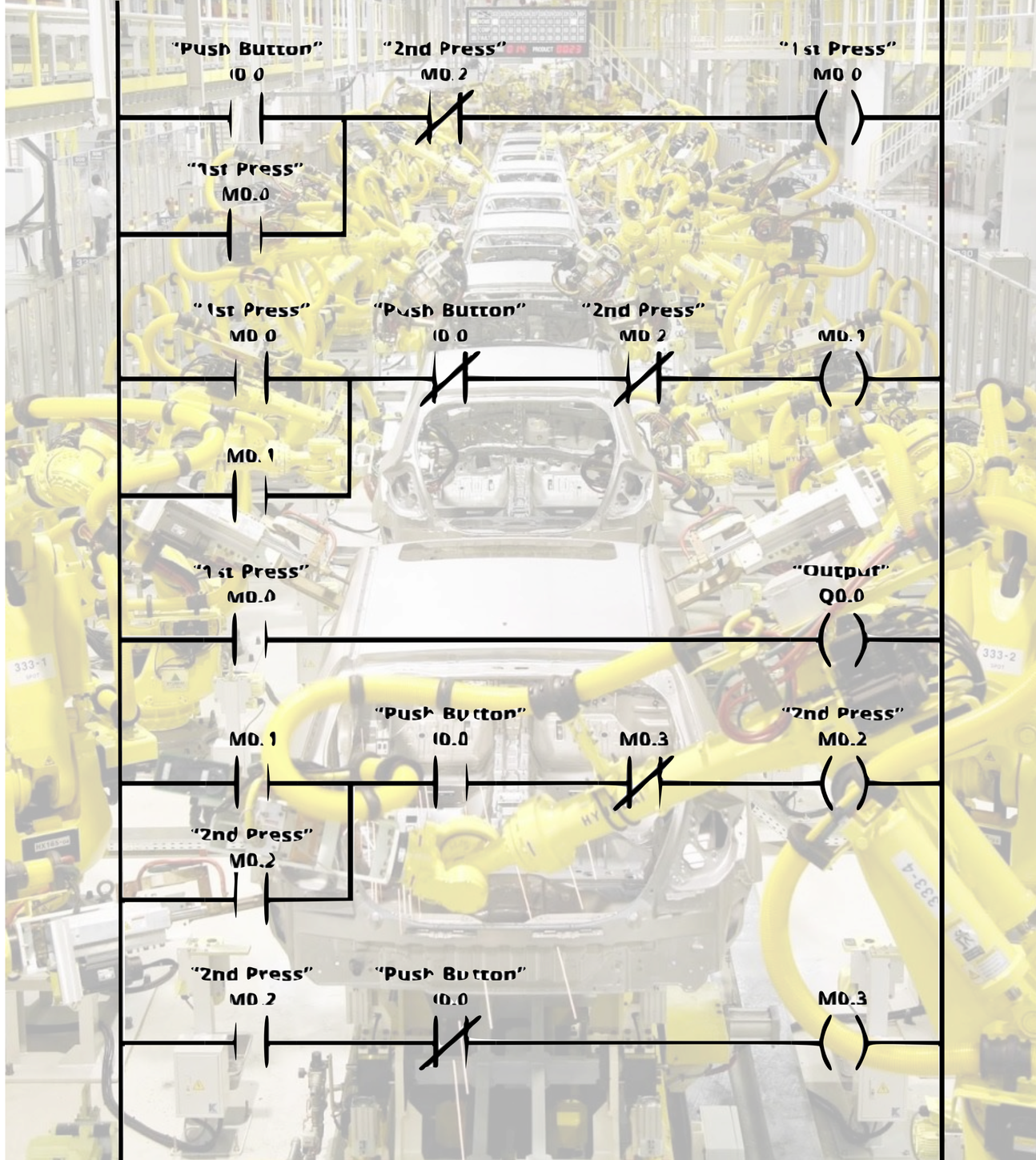
EESC · USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

LEGGED ROBOTICS
GROUP

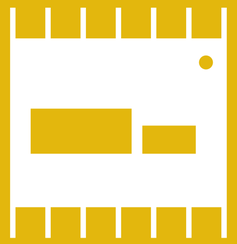
SEM0540
Elementos de Automação

Aula #20: Introdução aos CLPs

Prof. Dr. Thiago Boaventura
tboaventura@usp.br



Conteúdo



CLP

- Introdução
- Hardware

IEC 61131-3

- Introdução
- Linguagens de programação
- Ladder Diagram

Conclusão

- Bibliografia
- Próxima aula...

Conteúdo

- Introdução
- Hardware

CLP

IEC 61131-3

Conclusão

Definição

“Aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos”

NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

Histórico

Década	Evento
1960	Surgimento do CLP em substituição aos painéis de controle com relés eletromecânicos – economia de energia, facilidade de manutenção, redução de espaço e diminuição de custos.

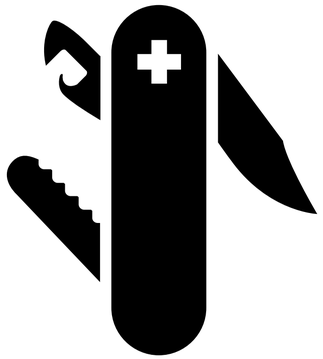
Histórico

1970	O CLP adquiriu instruções de temporização, operações aritméticas, movimentação de dados, operações matriciais, terminais de programação, controle analógico PID. No final da década, foram incorporados recursos de comunicação, propiciando a integração entre controladores distantes e a criação de vários protocolos de comunicação proprietários (incompatíveis entre si).
1980	Redução do tamanho físico em virtude da evolução da eletrônica e adoção de módulos inteligentes de E/S, proporcionando alta velocidade e controle preciso em aplicações de posicionamento. Introdução da programação por *software* em microcomputadores e primeira tentativa de padronização do protocolo de comunicação.

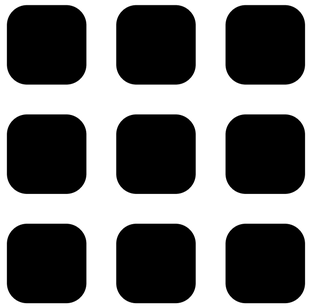
Histórico

1990	Padronização das linguagens de programação sob o padrão IEC 61131-3, introdução interface homem-máquina (IHM), *softwares* supervisores e de gerenciamento, interfaces para barramento de campo e blocos de funções.
Hoje	Preocupação em padronizar os protocolos de comunicação para os CLPs de modo que haja interoperabilidade, possibilitando que o equipamento de um fabricante se comunique com o de outro, o que facilita a automação, o gerenciamento e o desenvolvimento de plantas industriais mais flexíveis e normalizadas.

Vantagens



Flexibilidade e versatilidade



Escalabilidade

Confiabilidade

- Menor custo para circuitos complexos;
- Menor consumo de energia elétrica;
- Baixo nível de ruído e inexistência de faísca;
- Facilidade de configuração e programação;

Conteúdo

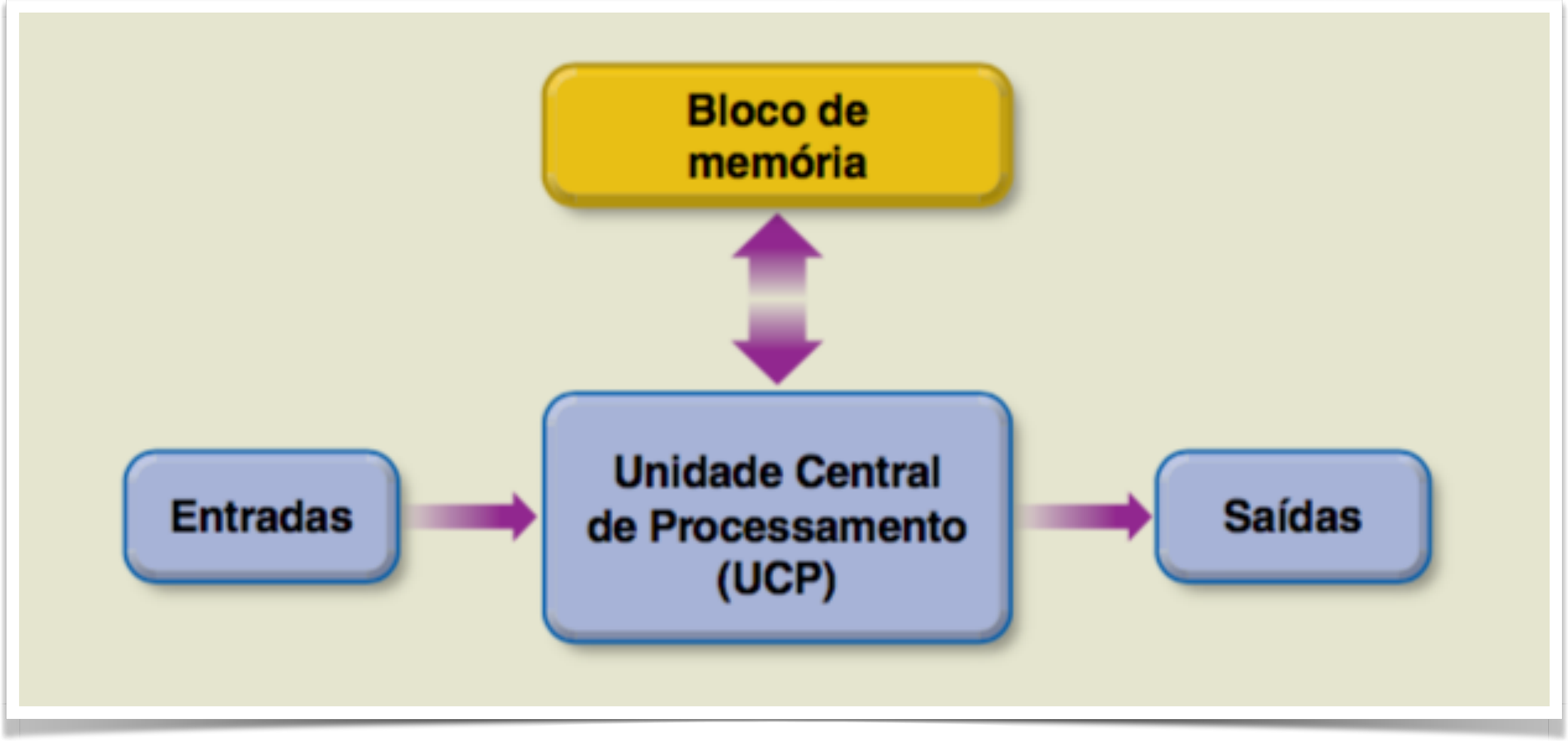
- Introdução
- Hardware

CLP

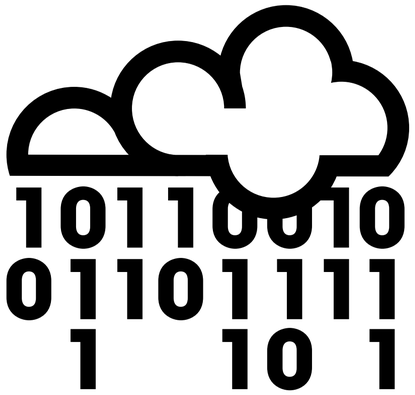
IEC 61131-3

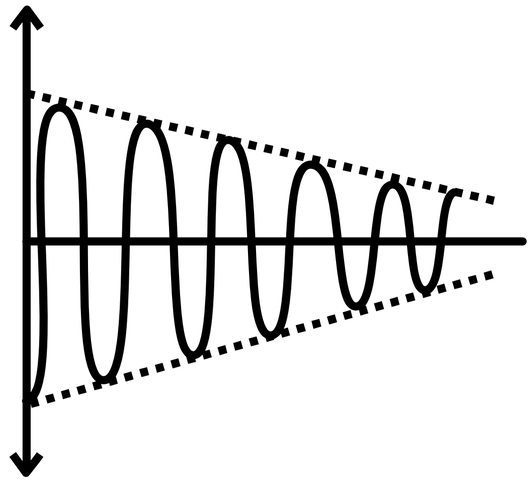
Conclusão

Blocos principais



Dispositivos de E/S





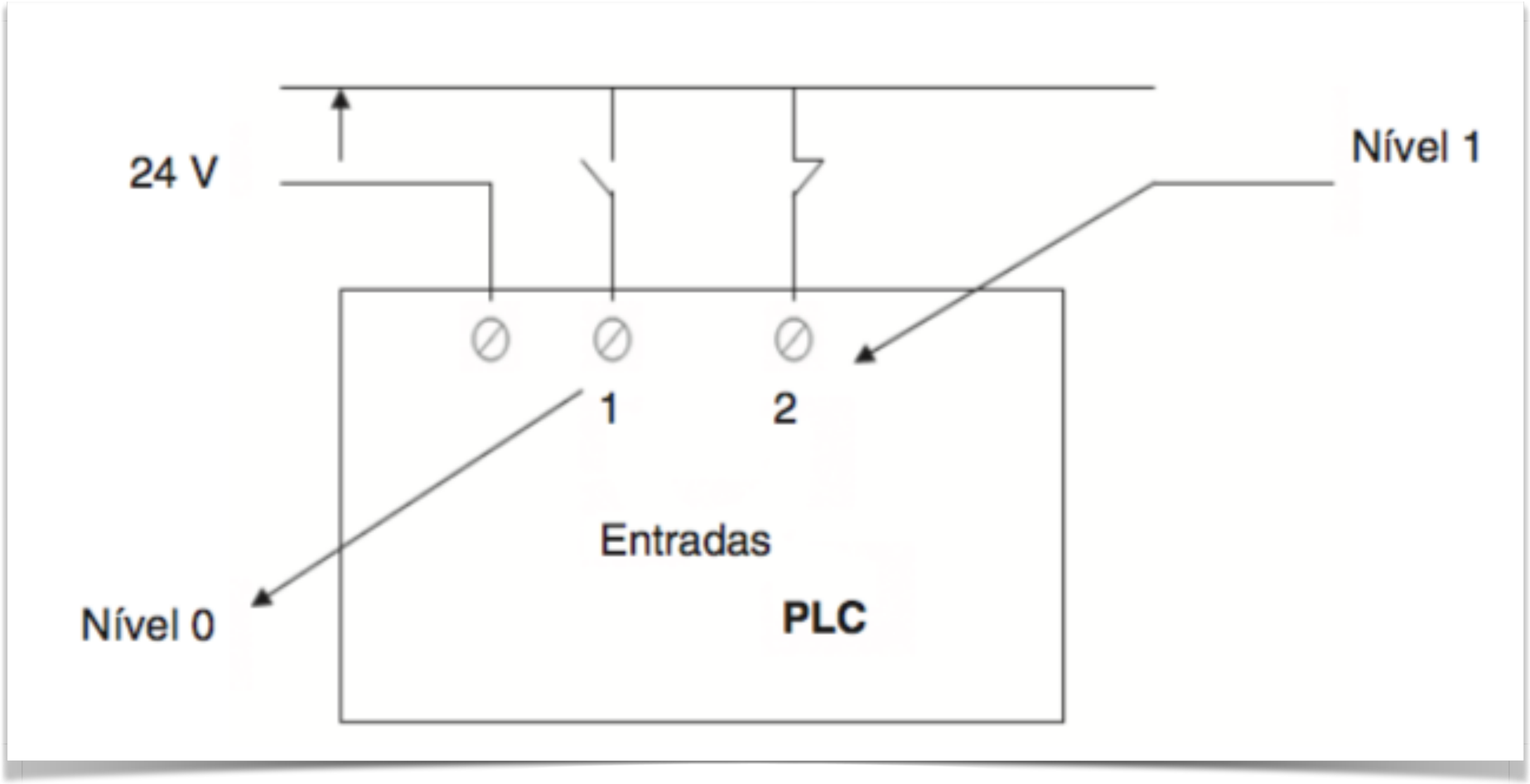
Digitais

Ligado/Desligado

Analógicas

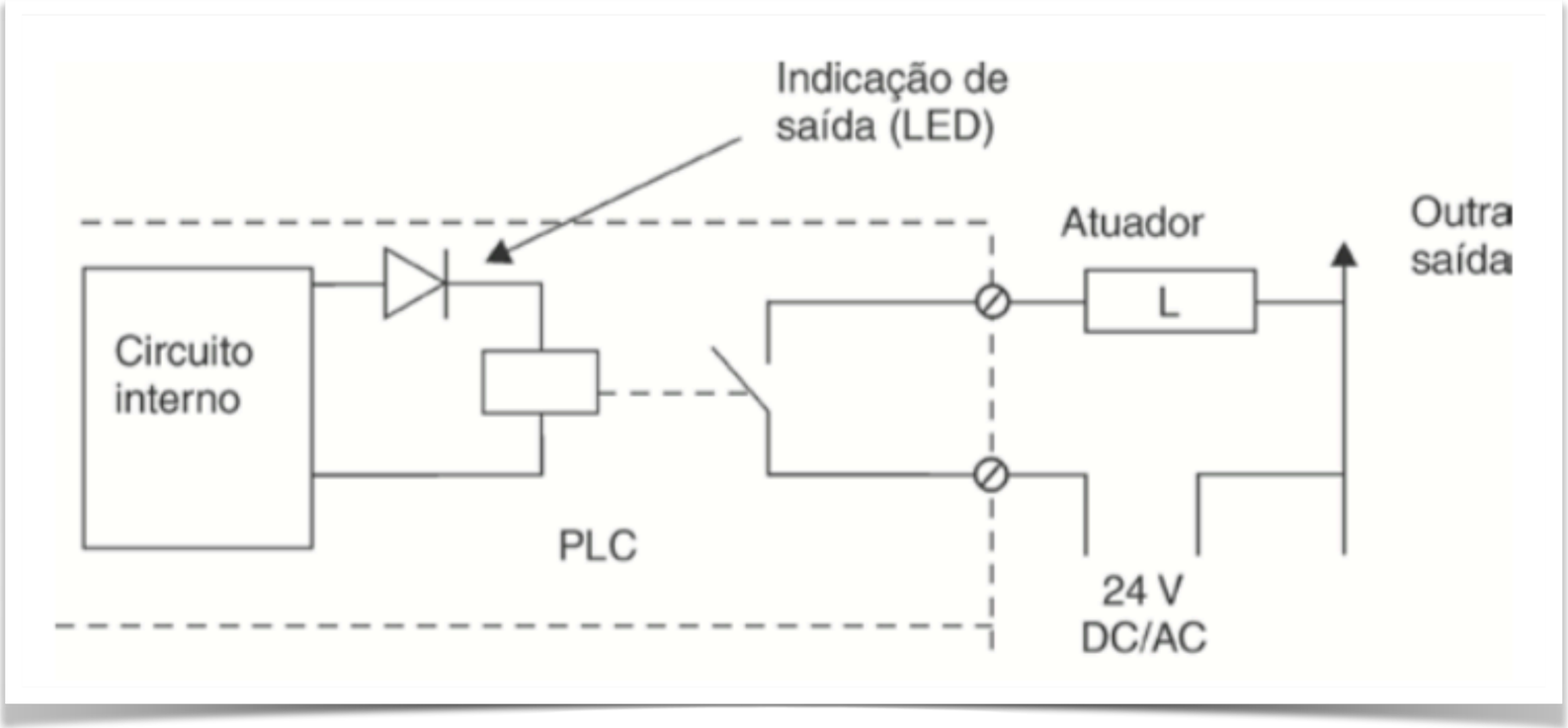
Voltagem/Corrente

Placa de entrada digital



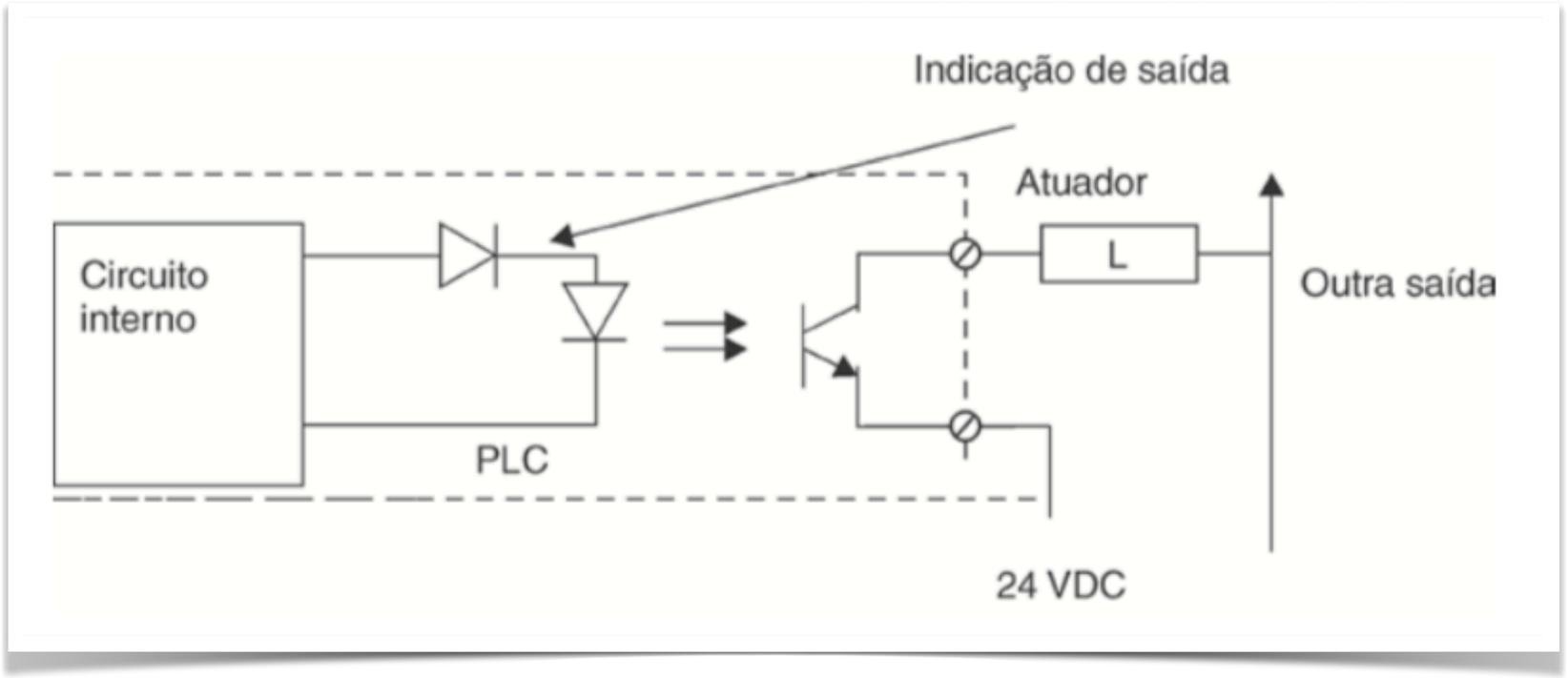
Placa de saída digital

1. **A relé: AC e DC**
2. **A transistor: DC, 24V**
3. **A TRIAC: AC, 110/220V**



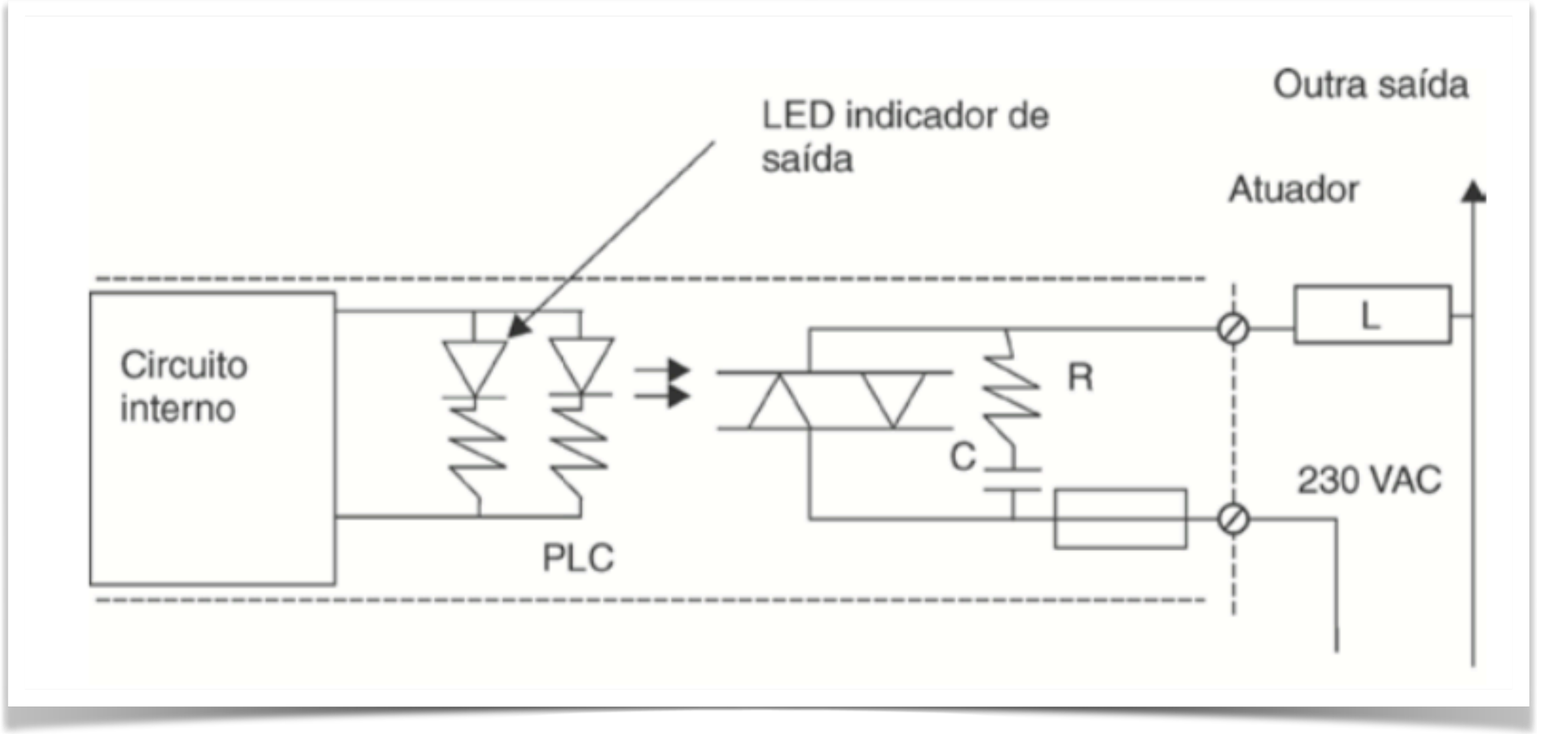
Placa de saída digital

1. A relé: AC e DC
2. **A transistor: DC, 24V**
3. A TRIAC: AC, 110/220V



Placa de saída digital

1. A relé: AC e DC
2. A transistor: DC, 24V
3. **A TRIAC: AC, 110/220V**

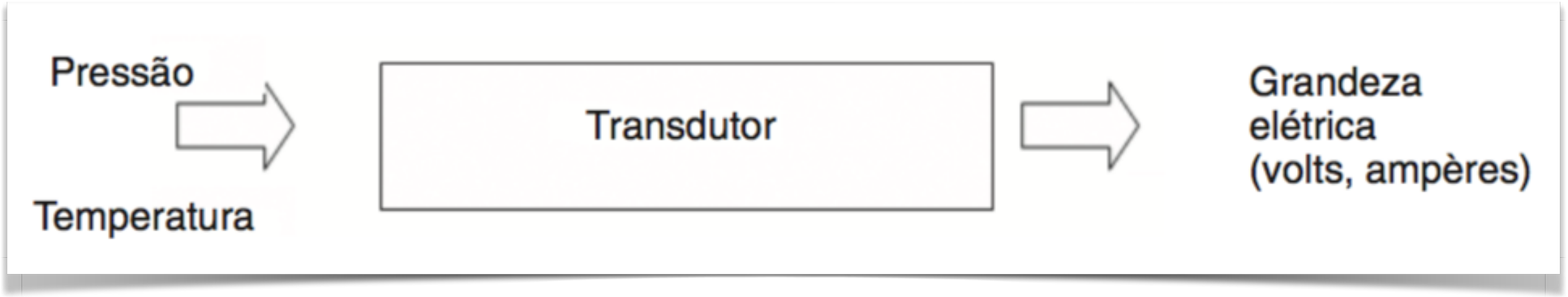


Exemplo - Siemens LOGO!

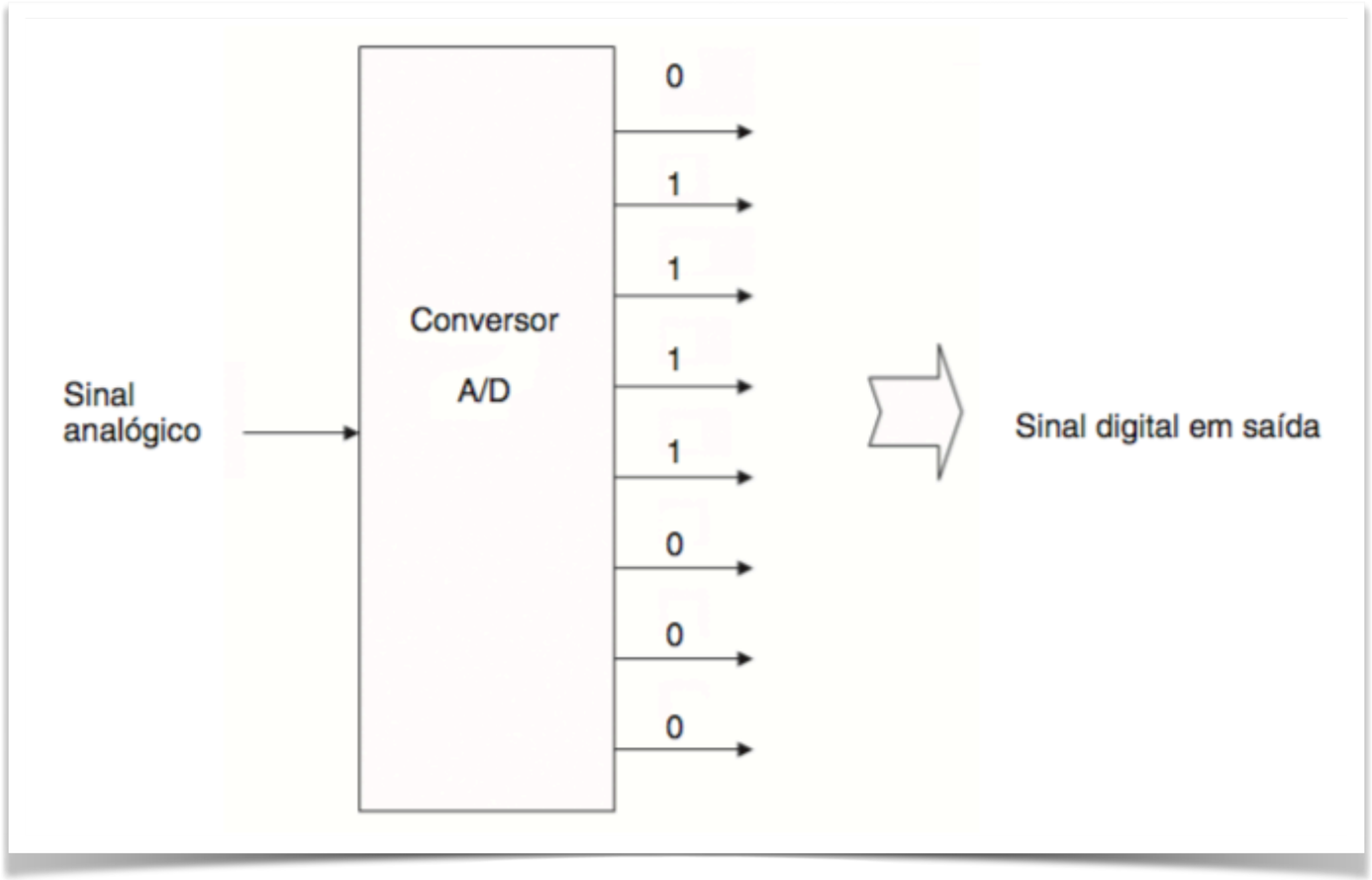
Siemens LOGO!

LOGO! 8 Basic				
	LOGO! 24CE	LOGO! 12/24RCE	LOGO! 24RCE	LOGO! 230RCE
Inputs	8	8	8	8
of which can be used in analog mode	4 (0 to 10 V)	4 (0 to 10 V)	–	–
Input/supply voltage	24 V DC	12...24 V DC	24 V AC/DC	115...230 V AC/DC
Permissible range	20.4...28.8 V DC	10.8 V...28.8 V DC	20.4 V AC to 26.4 V AC 20.4 V DC to 28.8 V DC	85 V AC to 265 V AC 100 V DC to 253 V DC
Outputs	4; transistors	4; relays	4; relays	4; relays
Continuous current	0.3 A	10 A with resistive load; 3 A with inductive load	10 A with resistive load; 3 A with inductive load	10 A with resistive load; 3 A with inductive load
Short-circuit protection	Electronic (approx. 1 A)	External fuse required	External fuse required	External fuse required
Switching frequency	10 Hz	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load	2 Hz with resistive load; 0.5 Hz with inductive load

Placa de entrada analógica

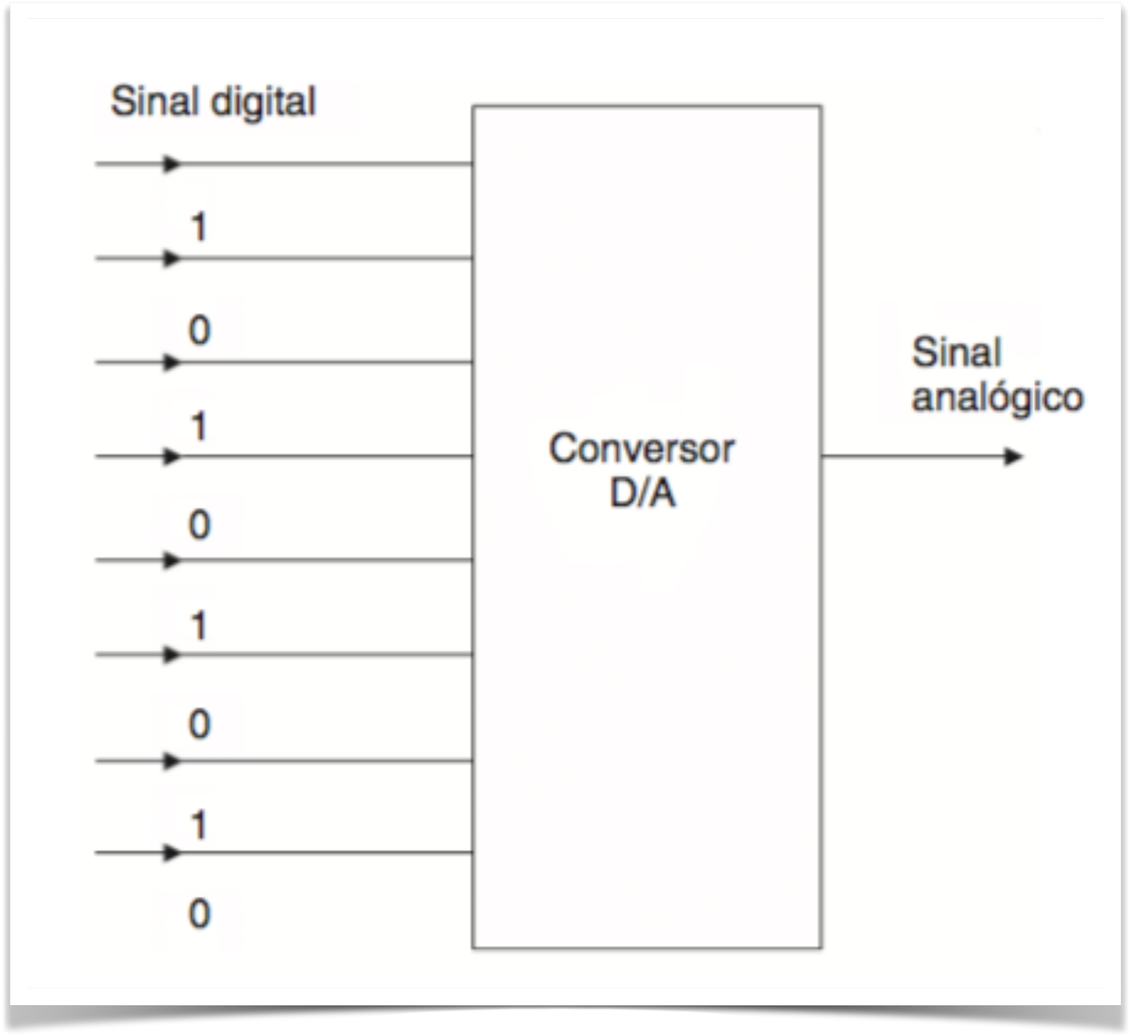


Placa de entrada analógica (ADC)



Precisão? **Número de bits**

Placa de saída analógica (DAC)



Saídas padrões:

- Corrente:

0-20 mA; 4-20 mA

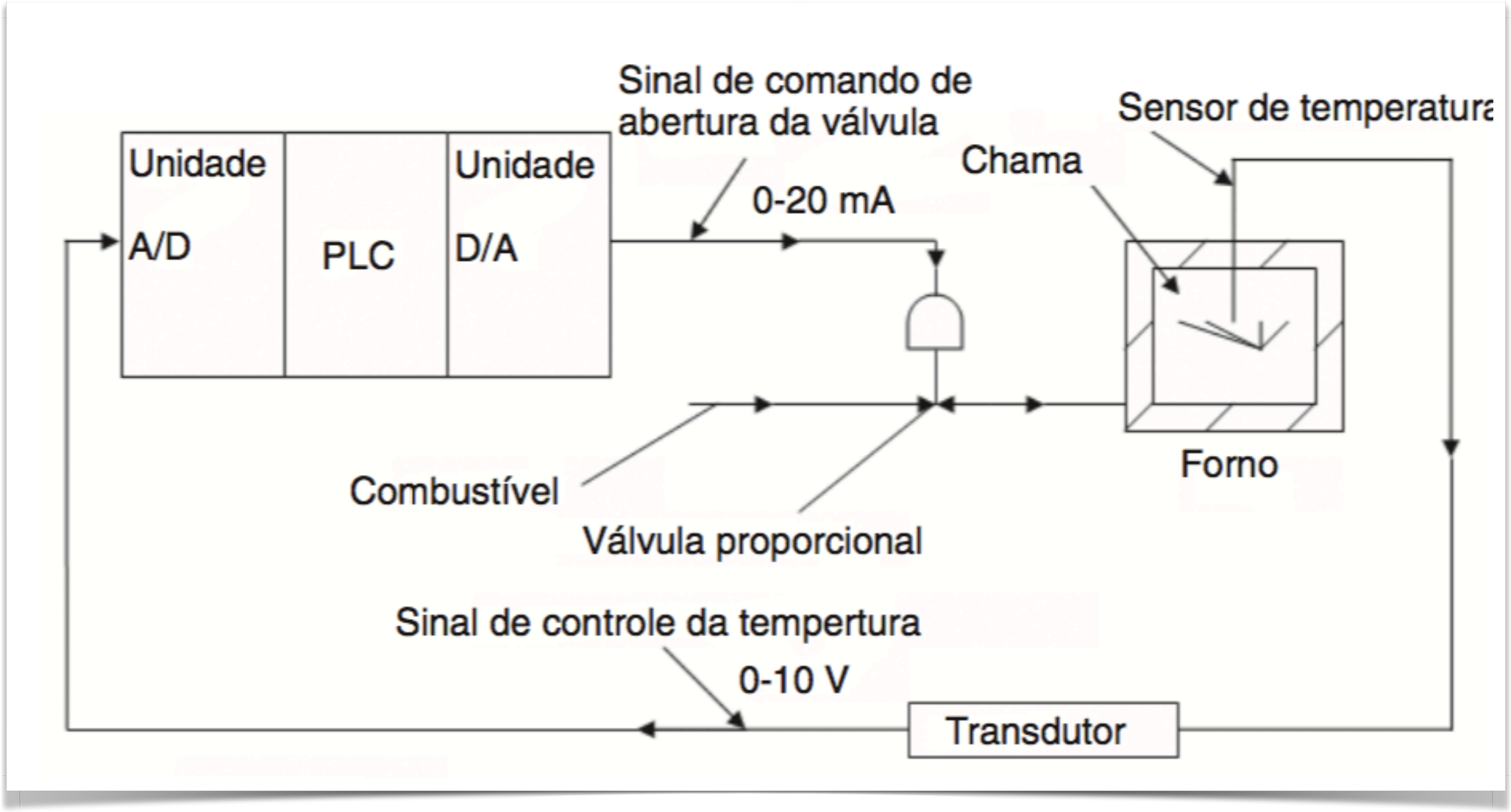
- Tensão:

0-10 V; 0-5 V; +-10V

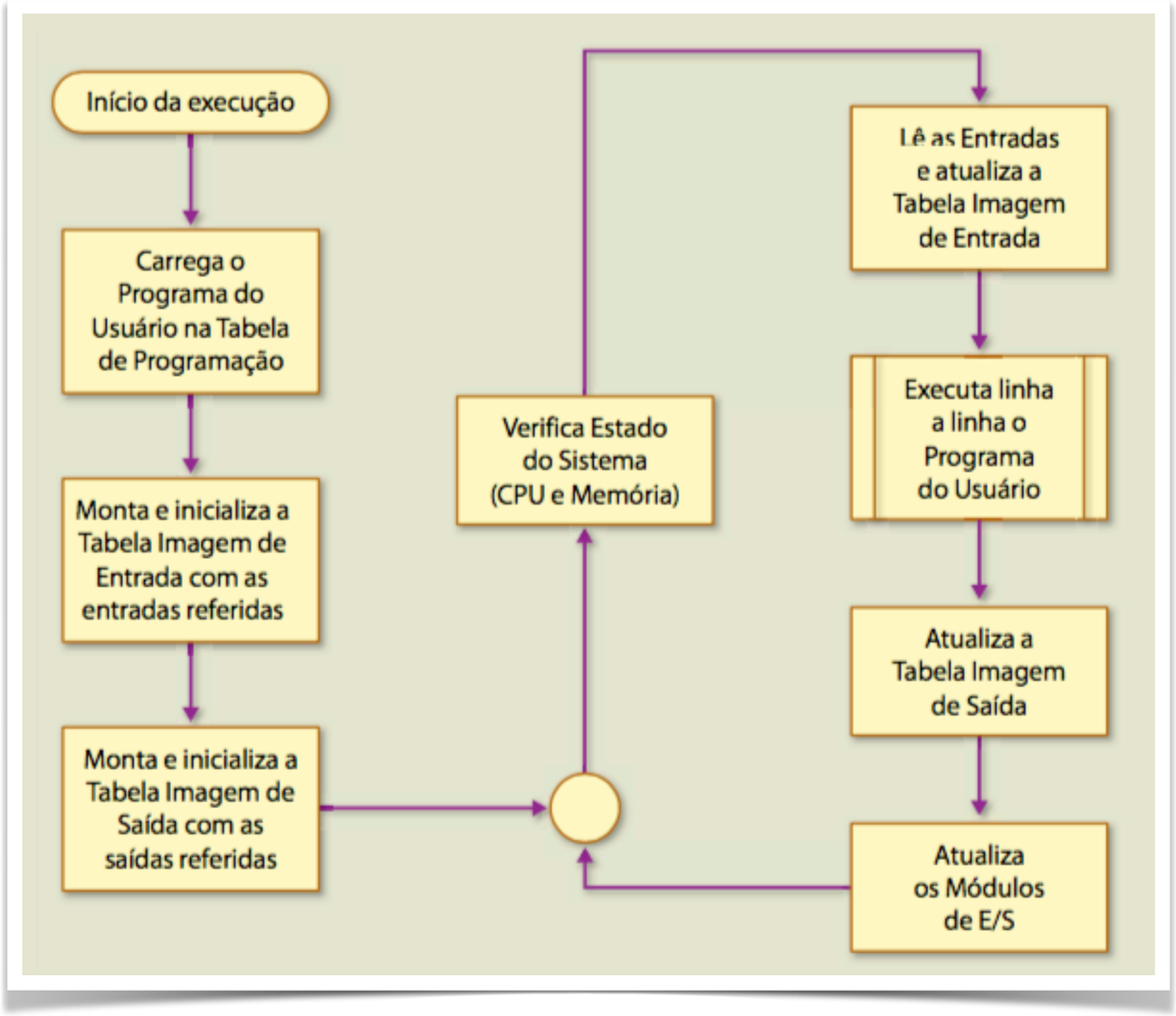
Exemplo - Siemens LOGO!

Dados de compras					
Modelo	Tensão de entrada	Entradas digitais	Entradas digitais	Entradas analógicas	Tipo de saída
Módulos de expansão LOGO! 8					
Módulos de expansão analógicos					
LOGO! AM2 0…10 V ou 0/4…20 mA	12…24 V DC	Resolução 10-bit	–	2	–
LOGO! AM2 RTD –50…200 °C, 2/3 fios (Pt100/1000)	12…24 V DC	Resolução 0,25 °C	–	2	–
LOGO! AM2 AQ com 2 saídas analógicas	24 V DC	Resolução 10-bit	–	–	0…10 V DC / 0/4…20 mA

Exemplo

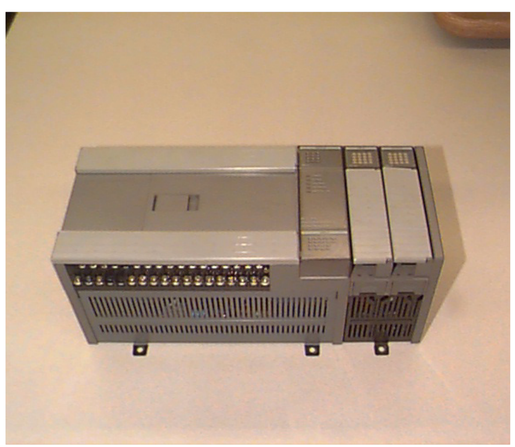

Sinal de comando de abertura da válvula
Sensor de temperatura
Chama
Unidade A/D
PLC
Unidade D/A
0-20 mA
Combustível
Válvula proporcional
Forno
Sinal de controle da tempertura
0-10 V
Transdutor

Funcionamento — Ciclo de varredura

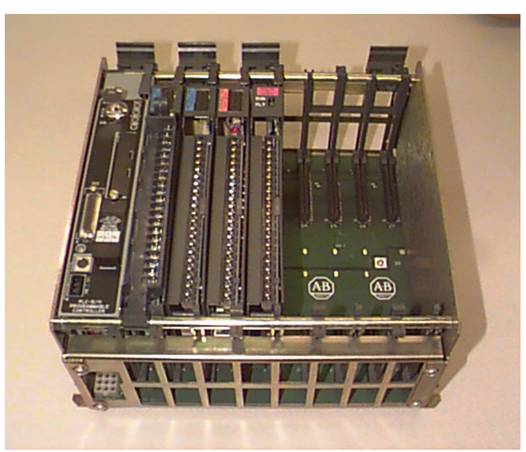


Tamanhos

Nano e micro: 16 pontos de I/O; módulo único; 512 passos de memória.



Médio porte: até 256 pontos de I/O, digitais e analógicos; módulo único; até 2048 passos de memória.



Grande porte: quantidade de pontos de I/O e memória escalável; construção modular, apresentam uma ou mais CPUs;

Tamanhos

Maximum program memory	400 blocks

Nano e micro: 16 pontos de I/O; módulo único; 512 passos de memória.

Dados de compras Modelo	Tensão de entrada	Entradas digitais	Saídas digitais
Unidades básicas LOGO! 8			
LOGO! 8 Basic com display LCD de 6 linhas e teclas de cursor, interface Ethernet			
LOGO! 24 CE	24 V DC	8, das quais 4 podem ser usadas como AI (0…10 V)	4
LOGO! 12/24 RCE	12…24 V DC	8, das quais 4 podem ser usadas como AI (0…10 V)	4
LOGO! 24 RCE	24 V AC/DC	8	4
LOGO! 230 RCE	115…230 V AC/DC	8	4

Conteúdo

CLP

- Introdução
- Linguagens de programação
- Ladder Diagram

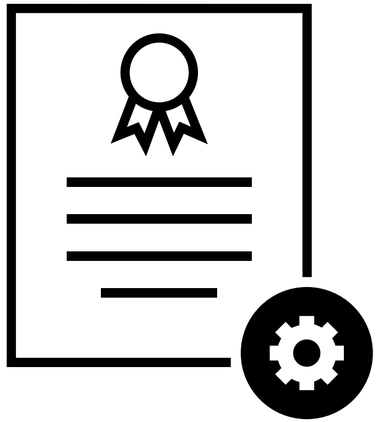
IEC 61131-3

Conclusão

Norma IEC 61131*

International Electrotechnical Commission

1992 — Publicação da norma **IEC 1131**



Estabelece padrões para CLPs

*Conhecida por IEC 1131 antes da mudança no sistema de numeração da IEC

Norma IEC 61131

8 forças tarefas

IEC 61131-1 – Informações Gerais

IEC 61131-2 - Requisitos de Equipamentos e Testes

IEC 61131-3 – Linguagens de Programação

IEC 61131-4 – Orientações para o usuário

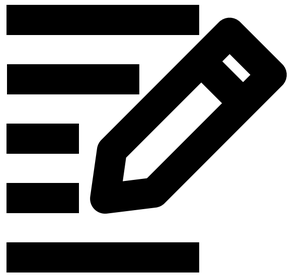
IEC 61131-5 - Comunicações

IEC 61131–6 - Comunicação via Fieldbus

IEC 61131-7 – Programação de controle FUZZY

IEC 61131-8 – Implementação das Linguagens

IEC 61131-3 — Linguagens de programação



Textuais

Lista de instruções (IL)
Texto Estruturado (ST)

Gráficas

Diagrama de relés (LD)
Diagrama de Blocos Funcionais(FBD)
Funções Gráficas de Sequenciamento (SFC)

Lista de Instruções (Instruction List — IL)

Parecida com Assembly

Operador	Modificador	Operando	Descrição/Significado
LD	N		Carrega o operando para o acumulador
ST	N		Armazena o conteúdo do acumulador no local especificado pelo operando
S		BOOL	Valor do operando = 1
R		BOOL	Valor do operando = 0
AND	N, (		Função booleana AND
OR	N, (		Função booleana OR

Lista de Instruções (Instruction List — IL)

$$L = I_1 \cdot I_2 \cdot I_3$$

```
LD      I1
AND     I2
AND     I3
ST      L
```

Texto Estruturado (Structured Text — ST)

Parecida com PASCAL e BASIC

```
IF <expressão booleana> THEN
    <comandos>;/*Executa caso a expressão booleana for verdadeira*/
ELSE
    <comandos>;/* Executa caso a expressão booleana for falsa*/
END_IF;
```

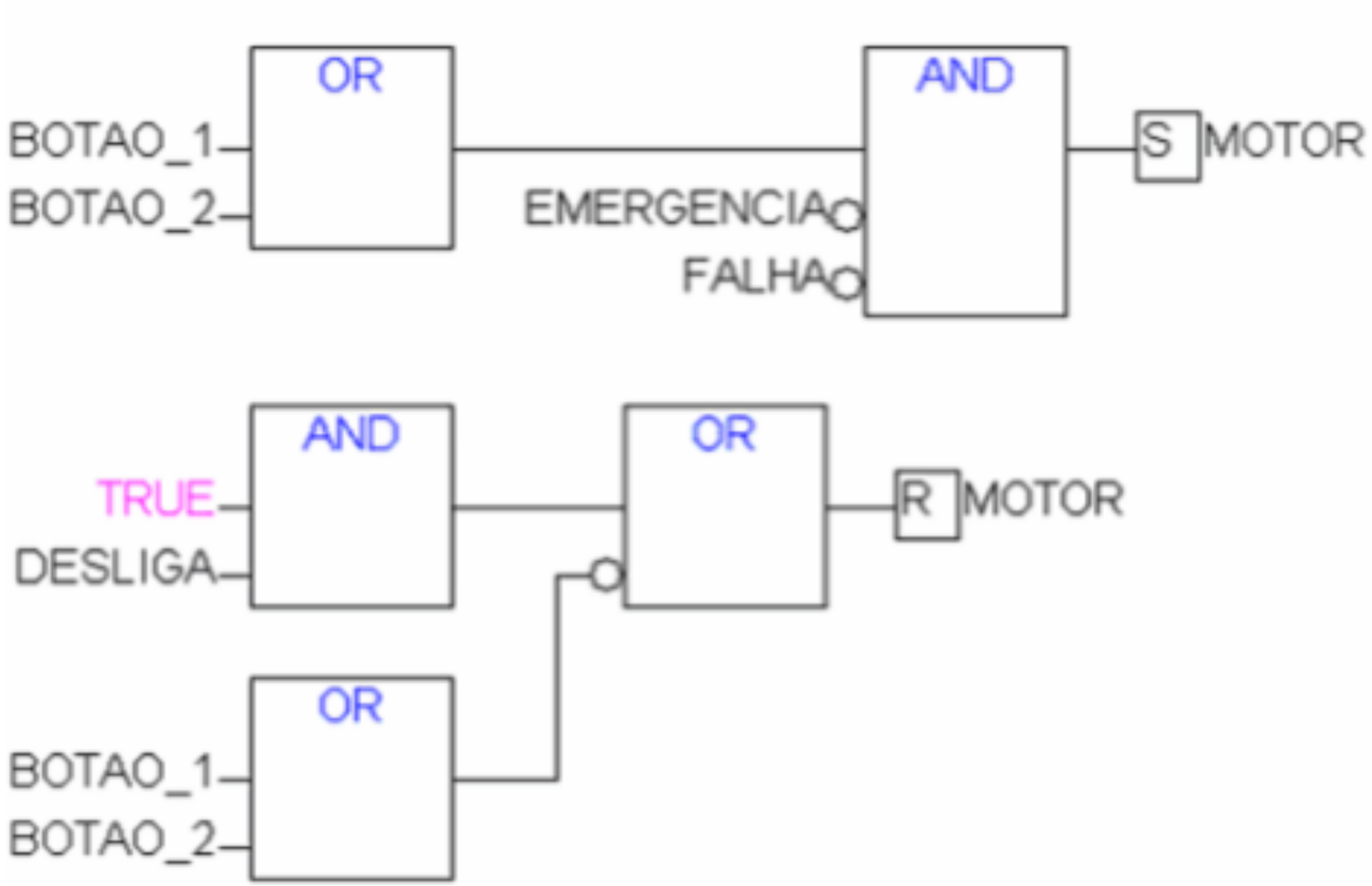
```
FOR <contador>:=<valor inicial> TO <valor final>BY <incremento> DO
    <comandos>;/*Executa enquanto o contador não alcançar o valor final*/
END_FOR;
```

```
WHILE <expressão booleana> DO
    <comandos>; /*Executa caso a expressão booleana for verdadeira*/
END_WHILE;
```

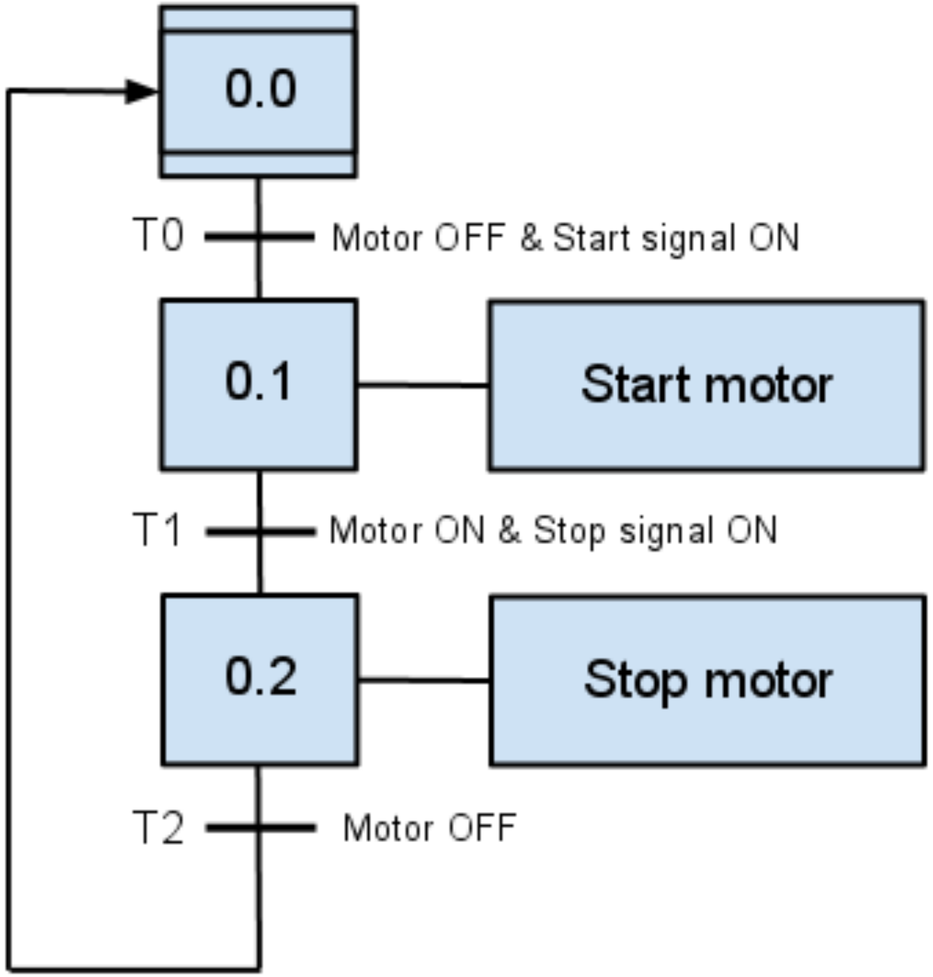
Texto Estruturado (Structured Text — ST)


```
FUNCTION_BLOCK EXEMPLO_BLOCO

VAR_INPUT
    LIGAR : BOOL;
    SENSOR_PRESSAO : INT;
END_VAR;

VAR_OUTPUT
    RESULTADO : BOOL;
    ALARME : BOOL;
END_VAR;

IF SENSOR_PRESSAO < 50 THEN
    ALARME := FALSE;
ELSE
    ALARME := TRUE;
END_IF;

IF LIGAR AND NOT ALARME THEN
    RESULTADO := TRUE;
ELSE
    RESULTADO := FALSE;
END_IF;

END_FUNCTION_BLOCK;
```

Diagrama de Bloco Funcionais (Function Block Diagram — FBD)



Funções Gráficas de Sequenciamento (Sequential Function Chart — SFC / Grafcet)



Conteúdo

CLP

- Introdução
- Linguagens de programação
- Ladder Diagram

IEC 61131-3

Conclusão

Diagrama de relés (Ladder diagram — LD)

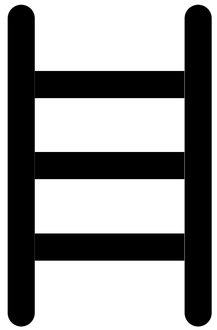
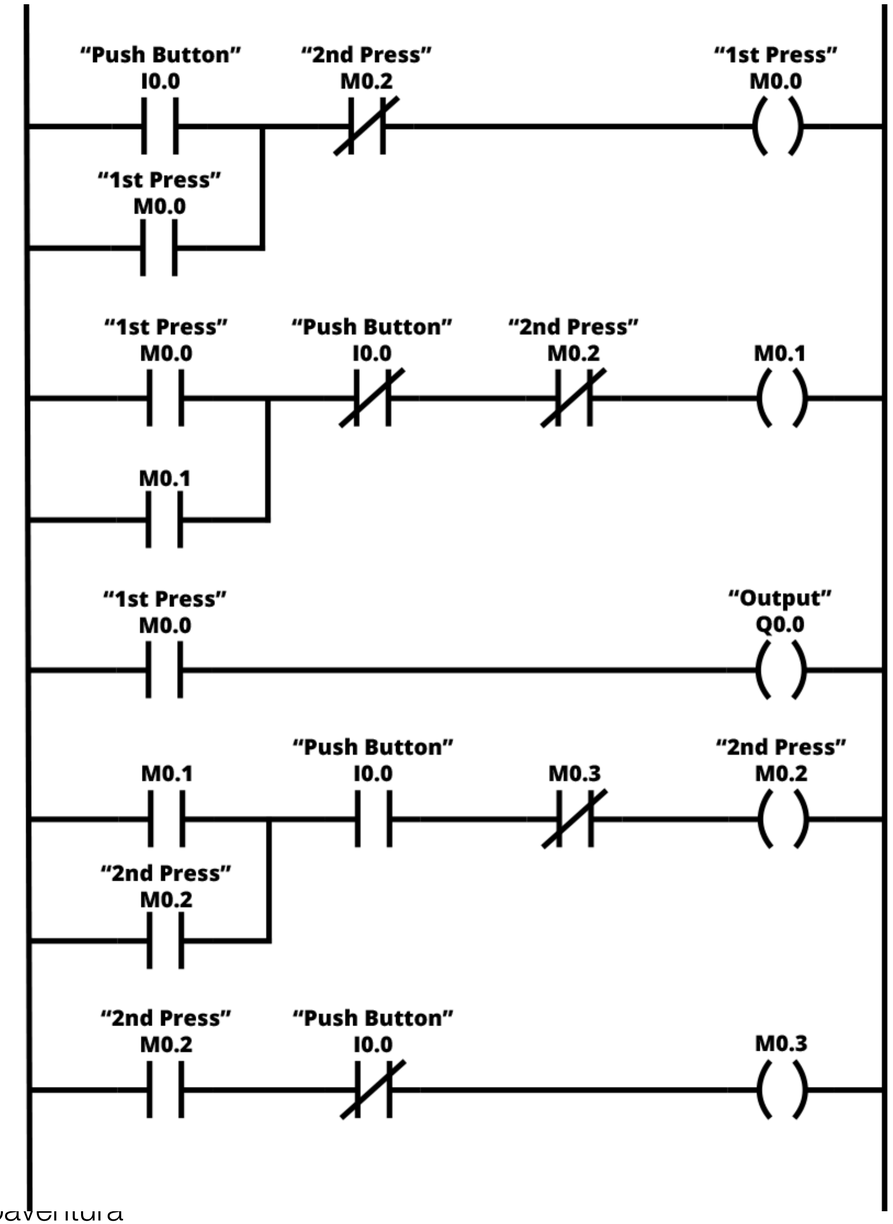


Diagrama de escada
Diagrama Ladder
Linguagem ladder

Baseada na lógica de contatos a relés

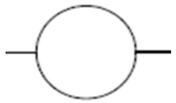


Principais elementos

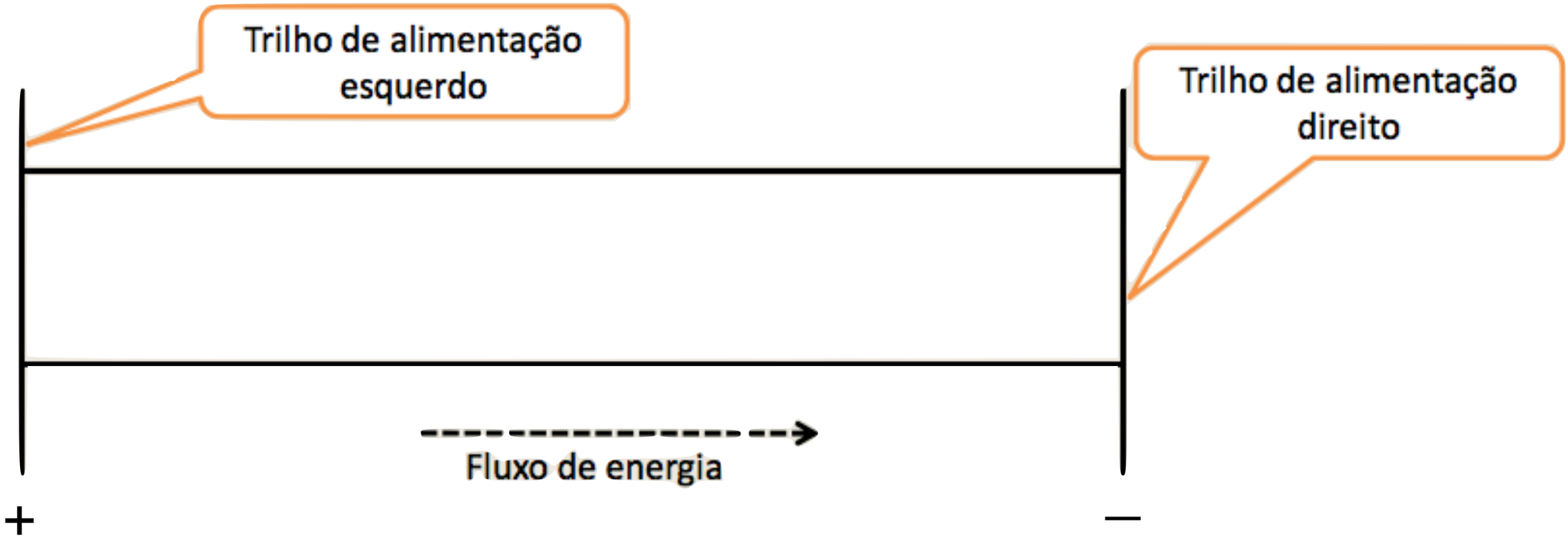
Contato Normalmente Aberto - NA

Contato Normalmente Fechado - NF

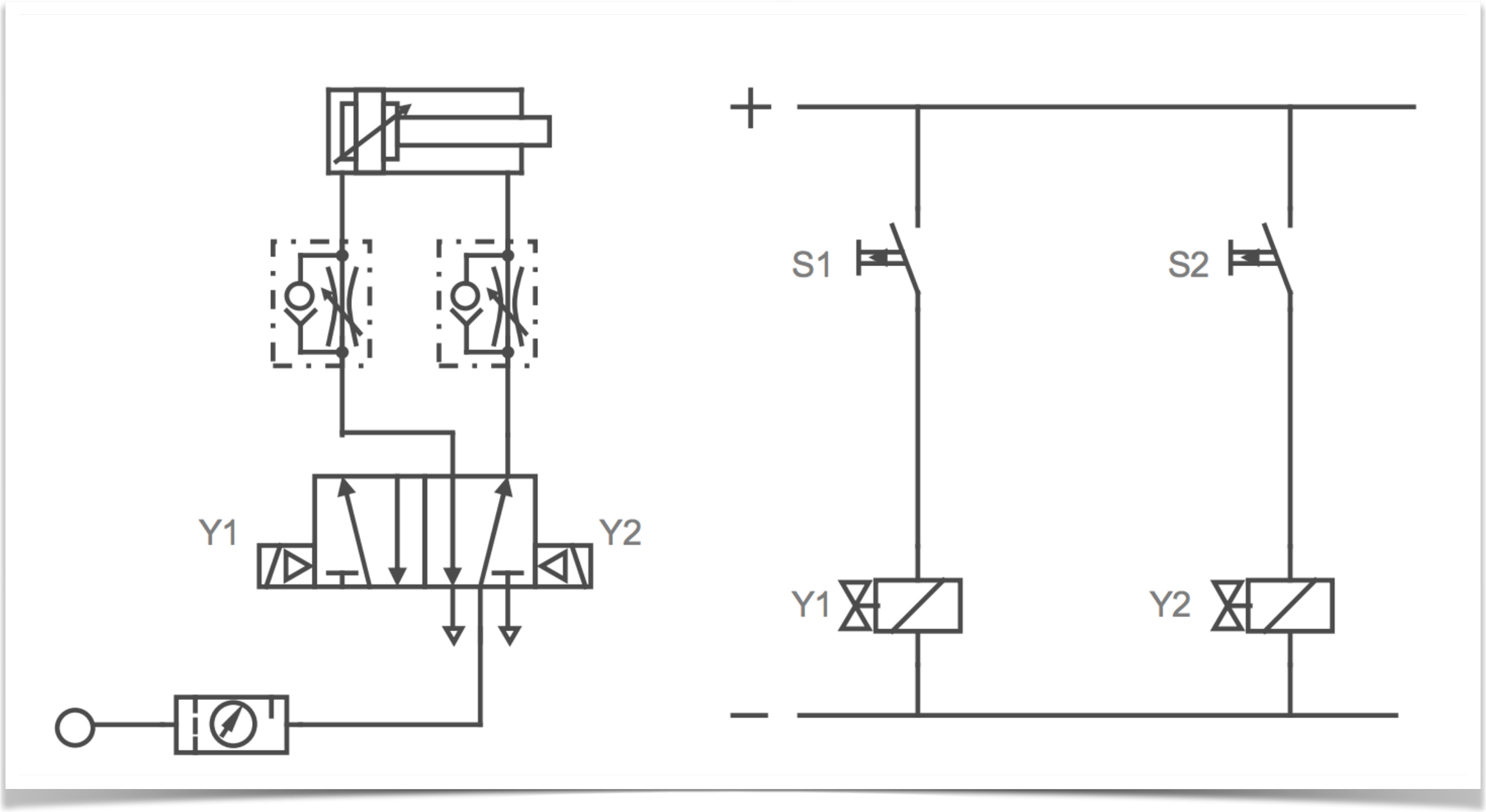
Bobina ou Saída



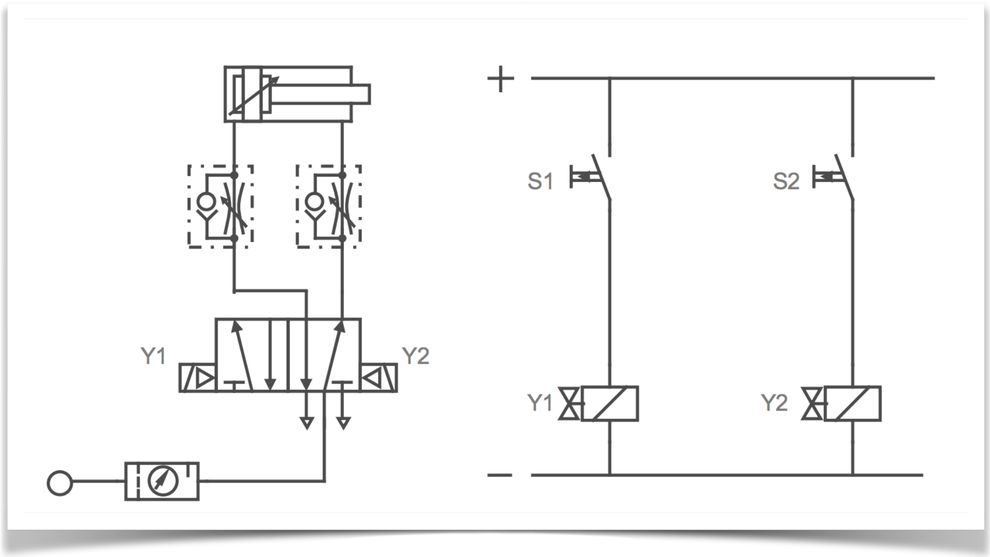
Principais elementos



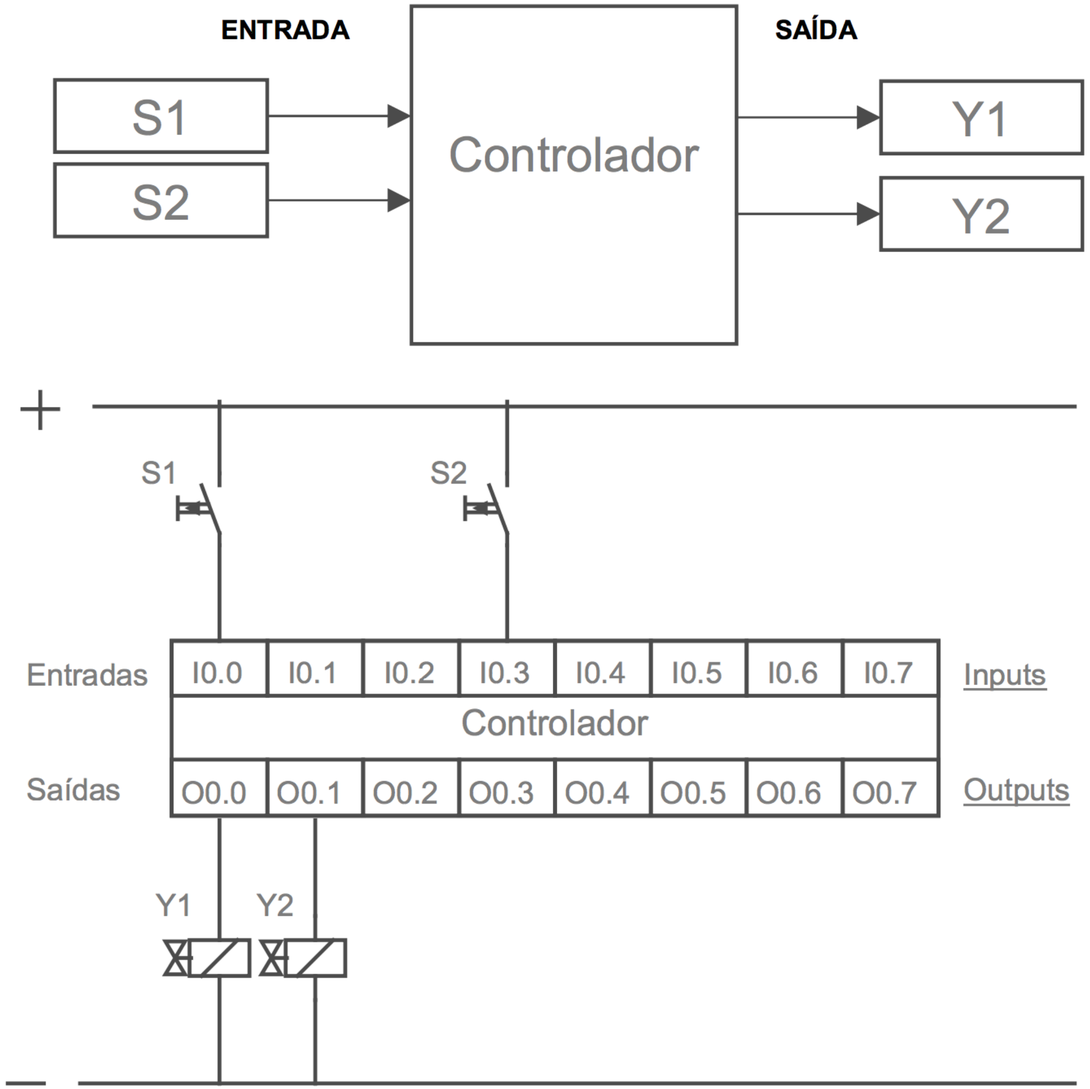
Exemplo — fazer diagramas e programa em Ladder



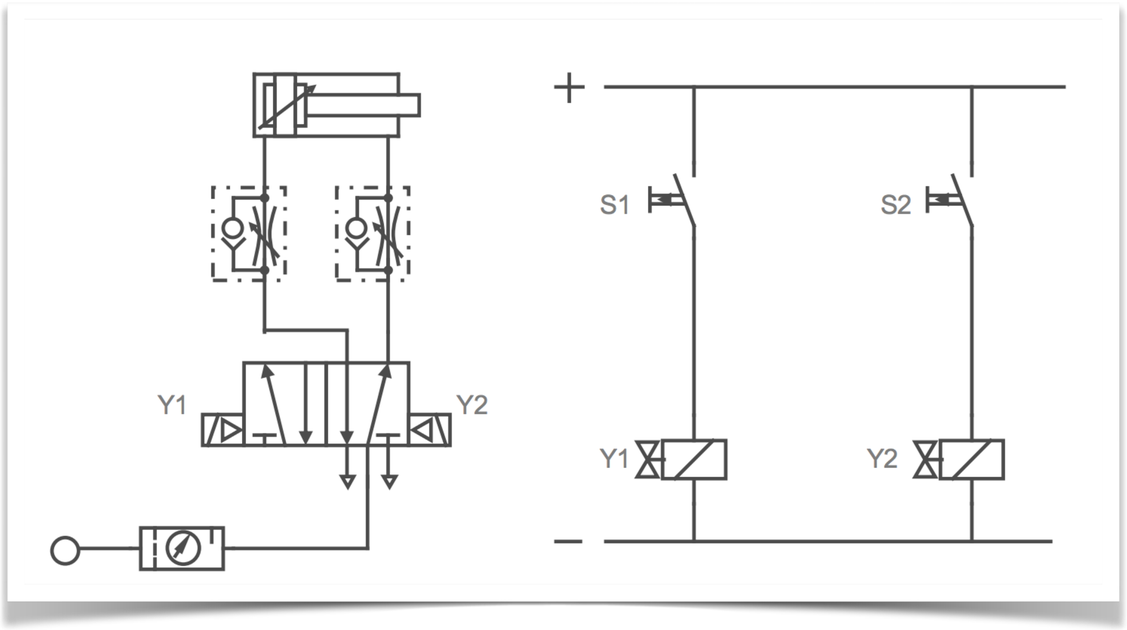
Exemplo — fazer diagramas e programa em Ladder

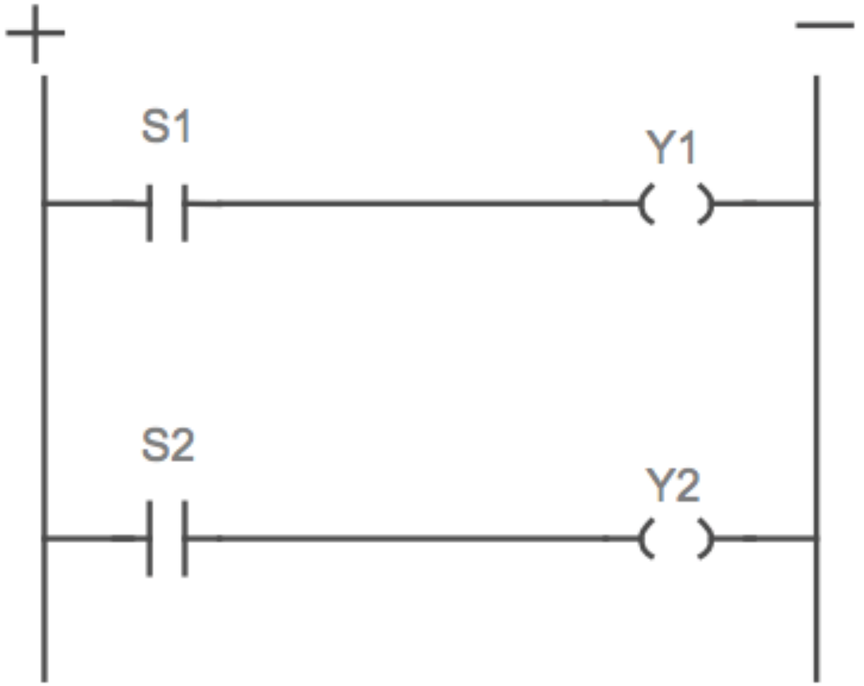


Operando Absoluto	Operando Simbólico	Comentário
O0.0	Y1	Avança Cilindro
O0.1	Y2	Recua Cilindro
I0.0	S1	Botão 1 – Avança
I0.3	S2	Botão 2 – Recua



Exemplo — fazer diagramas e programa em Ladder





Dúvidas

Conteúdo

CLP

IEC 61131-3

- Bibliografia
- Próxima aula...

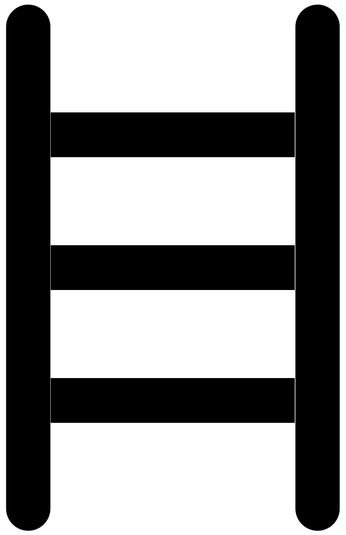
Conclusão

Referências bibliográficas

Prudente, F. "**Automação Industrial PLC: Teoria E Aplicações**" . Grupo Gen-LTC, 2000.

De Moraes, C. C, Castrucci, P. L. , "**Engenharia de Automação Industrial**", Grupo Gen-LTC, 2000.

Próxima aula



Programação Ladder

That's all Folks!