

Disciplina: Eletricidade

Aula 10
Partida Estrela/Triângulo
Introdução ao CLP

Curso: Técnico em Mecânica

Professor: Paulo Cesar da Silva

E-mail: paulocesar@ifsul.edu.br

Passo Fundo
2024



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Configuração em estrela (Y)**
- Nesse tipo de ligação os terminais F_1 , F_2 e F_3 são ligados em um ponto interno comum (0 – também denominado de neutro) e os terminais 1, 2 e 3 das partes iniciais S_1 , S_2 e S_3 dos enrolamentos ficam acessíveis para a conexão da carga ($3\phi - 3$ fios).

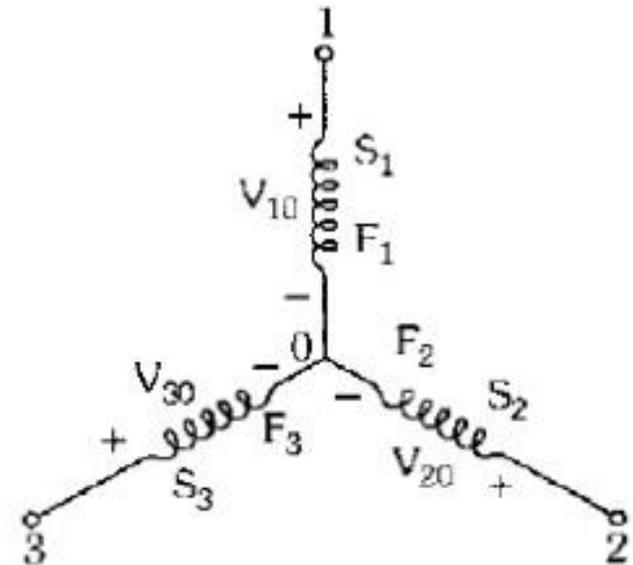
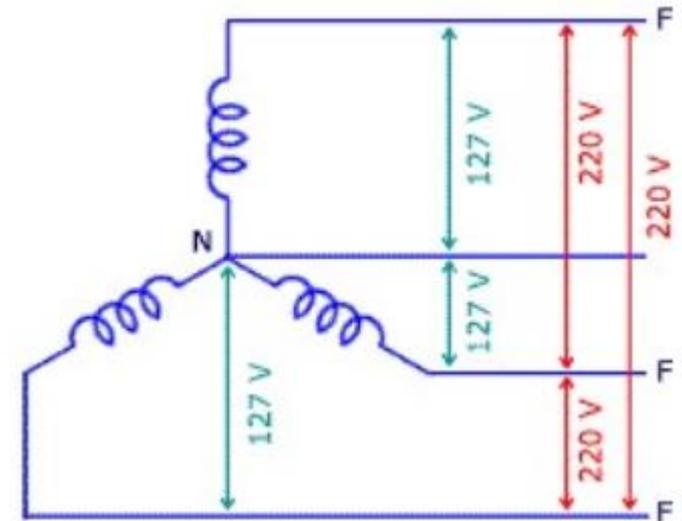


Figura 2.29 - Ligação dos enrolamentos em estrela.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

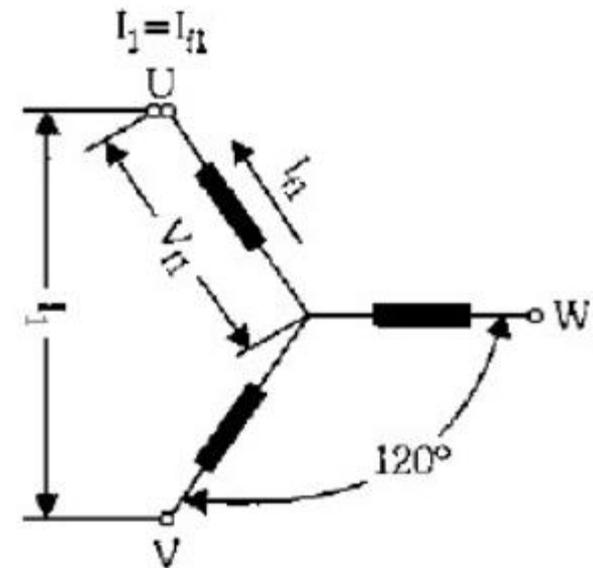
- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Configuração em estrela (Y)**
- A conexão estrela se caracteriza por ter tensões de fase diferentes das de linha. As tensões entre os terminais 1,2 e 3 em relação ao neutro correspondem às tensões de fase do gerador (V_F ou V_{AN}). As tensões entre dois terminais 1-2, 2-3 e 3-1 correspondem as tensões de linha (V_L ou V_{AB})



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Configuração estrela**
- Se inserirmos um voltímetro no circuito da figura ao lado entre os pontos U e V, ou W e U ou V e W perceberíamos que temos uma tensão chamada de V_L e se inserirmos o voltímetro entre U, W ou V com o ponto de conexão entre elas perceberíamos uma tensão chamada V_F . A relação entre elas é dada pela equação abaixo:

$$V_L = V_F \cdot \sqrt{3}$$

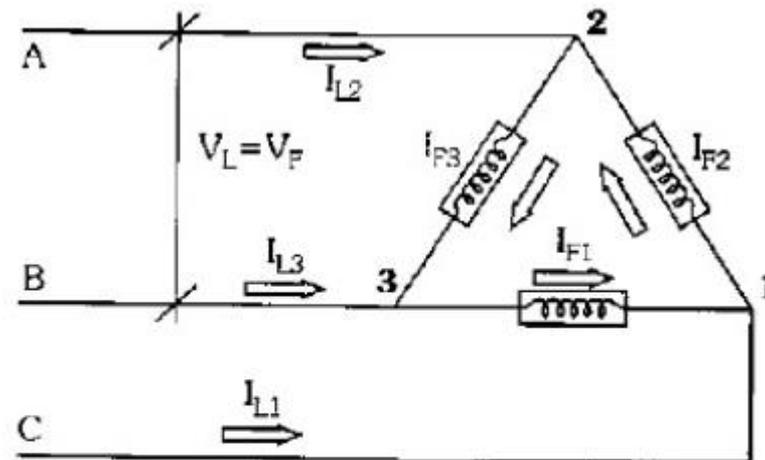


Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Terminologia**
 - Tensão de linha (V_L): é a tensão entre fase-fase;
 - Tensão de fase (V_F): é a tensão entre fase-neutro;
 - Corrente de linha (I_L): é a corrente na linha que liga a fonte a carga;
 - Corrente de fase (I_F): é a corrente que passa por uma das tensões;
- **Observação:** Para a ligação estrela (Y) a $I_L = I_F$ e $V_L = V_F\sqrt{3}$.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Ligação em triângulo ou delta (Δ)**
- Nesse tipo de ligação, sempre é ligado o princípio de um enrolamento com o final do enrolamento subsequente, conforme a figura.



$$V_{\text{Linha}} (V_L \text{ ou } V_{\Delta B}) = V_{\text{Fase}} (V_F)$$

$$I_{\text{Linha}} (I_L) = \sqrt{3} \cdot I_{\text{Fase}} (I_F)$$

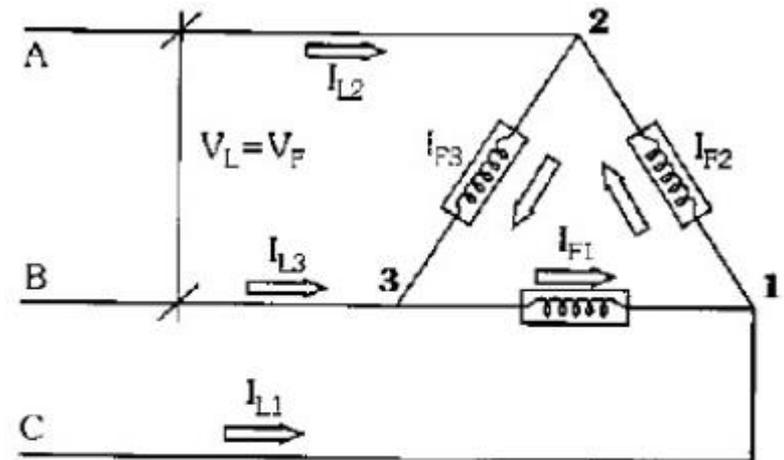
Figura 2.34 - Ligação dos enrolamentos em triângulo.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Conexão dos Enrolamentos dos Motores**
- **Ligação em triângulo ou delta (Δ)**
- Nesta ligação ocorre as seguintes situações:

$$V_F = V_L$$

$$I_L = I_F \sqrt{3}$$



$$V_{\text{Linha}} (V_L \text{ ou } V_{\Delta B}) = V_{\text{fase}} (V_F)$$

$$I_{\text{Linha}} (I_L) = \sqrt{3} \cdot I_{\text{fase}} (I_F)$$

Figura 2.34 - Ligação dos enrolamentos em triângulo.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

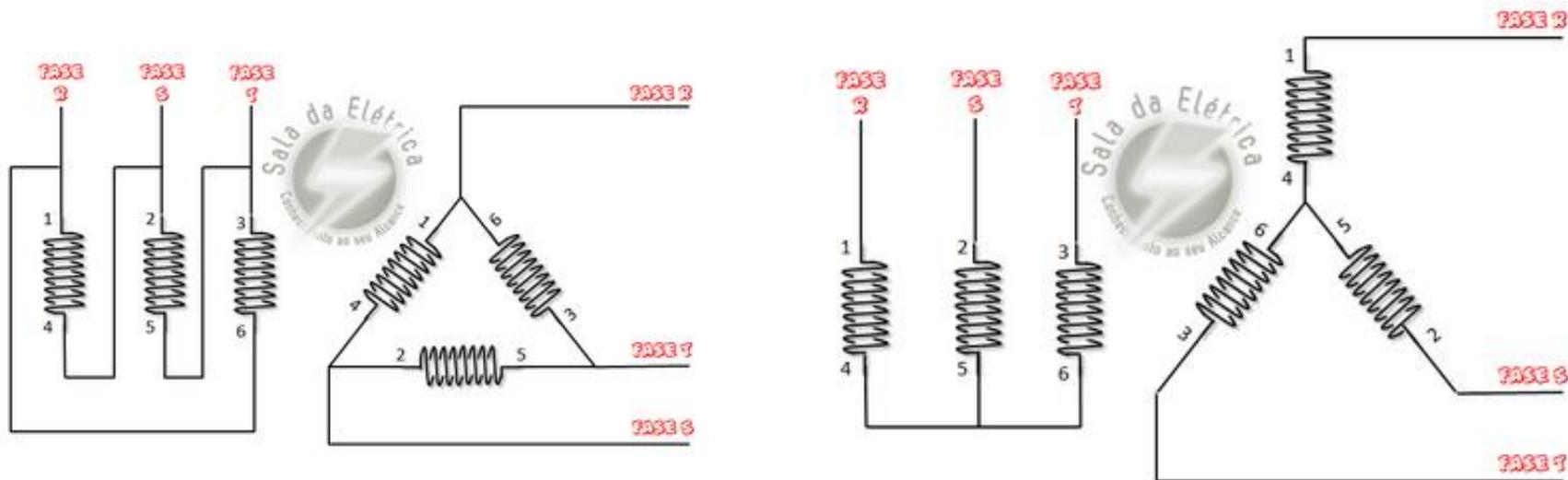
- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Para se evitar os problemas encontrados na Partida Direta, pode-se utilizar um sistema de partida com redução de tensão e consequentemente redução da corrente. A Partida Estrela - Triângulo consiste na alimentação do motor com redução de tensão nas bobinas durante a partida.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Na partida executa-se a ligação estrela no motor (apto a receber tensão de estrela - V_Y), porém ele é alimentado com tensão de triângulo (V_Δ), ou seja, com a tensão da rede. Assim, as bobinas do motor recebem 58% da tensão que deveriam receber. No instante em que o motor atinge aproximadamente 90% da sua velocidade nominal é feita a comutação, passando o motor a ser ligado em triângulo, assim as bobinas passam a receber a tensão nominal.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Este tipo de chave proporciona redução da corrente de partida para aproximadamente 33% de seu valor, em comparação com a Partida Direta. Entretanto, para que seja utilizada a Partida Estrela-Triângulo, algumas condições devem ser satisfeitas:
 - Os motores devem ser trifásicos, com duas tensões de ligação (estrela e triângulo) e ter no mínimo 6 terminais;



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- A tensão de alimentação deve corresponder à tensão de ligação em triângulo do motor;
- Assim como na Partida Direta, os motores devem partir sem carga (a vazio), porque na ligação em estrela ocorre também uma redução no torque de partida, proporcional a redução da corrente de partida.

W22		30 JUN 2017 1037018844	
3 kW (HP-cv)	3.0 (4.0)	CARC. FRAME 100L	MOTOR INDUÇAO - CAIXA A INDUCT. MOTOR - SQUIPPEL CAGE
220/380		A 1 1.7 / 6.75	
1735 Hz	60	FS 1.15	N/AH 7.0 / P.F. 0.78
86.5 AMB.	40°C	ISO F Δ T 80 K	U.S. S.F.A.
N	IP55	RED DUTY S1	AH. 1000
220 V		380 V	
		34 Kg	
		-6206-ZZ	
		-6205-ZZ	
		MOBIL POLYREX EM	
CE		RENDIMENTO E FATOR DE POTENCIA APROVADOS PELO IEC	
		PROCEL	
		NBR - 17094-1	
		INMETRO	



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- É fundamental para a chave de partida estrela-triângulo que o motor tenha possibilidade de ligação em dupla tensão (220/380V, 380/660V, 440/760V) e que a menor tensão do motor coincida com a tensão da rede. As aplicações de motores que mais utilizam a estrela-triângulo são: serras de fita circular, ventiladores, furadeiras e esmeris.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

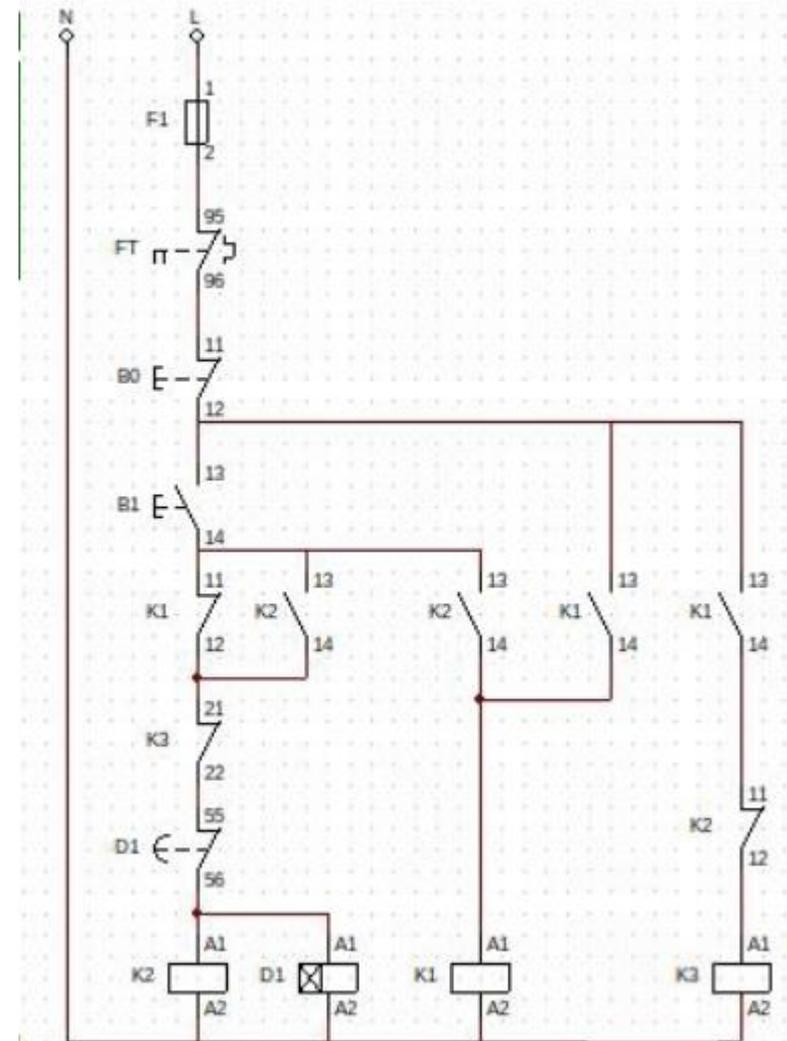
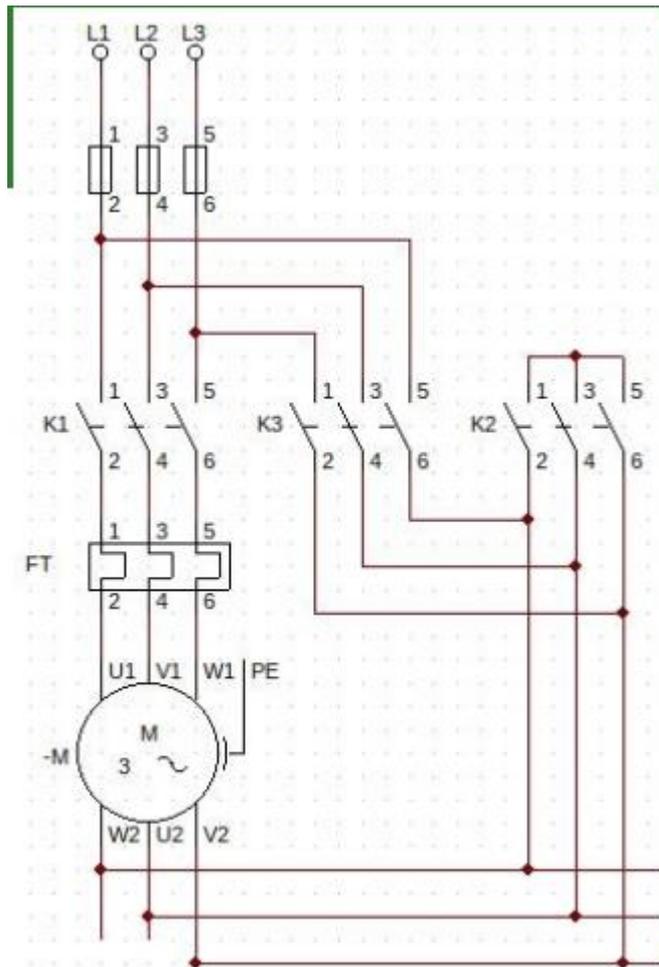
- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- No método de partida estrela-triângulo, o motor parte em configuração estrela, o que proporciona uma menor tensão nas bobinas, diminuindo assim, a corrente de partida. Por meio dessa manobra, o motor realizará uma partida mais suave, reduzindo sua corrente em aproximadamente 1/3 da qual seria se acionado em partida direta.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Entretanto, com a diminuição da corrente de partida, há uma perda considerável de conjugado (torque) na partida. Assim, esse método se mostra aplicável para partida de motores sem carga (a vazio) ou com cargas que apresentam conjugado resistente baixo e praticamente constante.
- O conjugado resistente da carga não pode ser maior que o conjugado de partida do motor, nem a corrente no instante de comutação de estrela para triângulo poderá ser de valor inaceitável.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)

WEG W22		30 JUN 2017 1037018844	
3 kW(HP-cv)	3.0(4.0)	CARC. FRAME 100L	MOTOR INDUÇAO - CAGE INDUCT. MOTOR - SQUIRREL CAGE
220/380		A	1 1.7 / 6.75
1735 Hz	60	1.15	7.0
86.5	AMB.	40°C	80 K
N	IP55	S1	AH. 1000
34 Kg		MOBIL POLYREX EM	
CE		NENHUMAS E FATOR DE POTENCIA APROVADOS PELO IRETRO PROCES NBR - 17094-1 IRETRO	



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- No diagrama principal, o contator K2, juntamente com o contator K1, realizam a ligação em estrela. A ligação em triângulo é obtida por meio dos contadores K3 e K1. Assim, no diagrama de comando, pressionando B1, as bobinas de K2 e do relé de tempo D1 são energizadas. O relé de tempo D1 inicia a contagem, tendo como referência o período pré-ajustado para operar seu contato NF(15, 16). K2, por sua vez, abre o contato NF(21, 22), impedindo que a bobina de K3 seja energizada (intertravamento elétrico) e fecha os contatos NA(13, 14 e 43, 44), cujas respectivas funções são fazer o selo da bobina K2 e energizar a bobina K1.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- No circuito de força, estando energizados K2 e K1, o motor encontra-se em regime de partida (ligação estrela), recebendo em cada grupo de bobina aproximadamente 58% da tensão da rede. Com a redução no valor da tensão aplicada, a corrente e o conjugado são também reduzidos à mesma proporção.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- A comutação de estrela para triângulo é realizada com a desenergização da bobina de K2. Decorrido o tempo pré-ajustado em D1, seu contato NF(15, 16) é acionado (abre), sendo desenergizadas as bobinas K2 e D1. K2 abre os contatos NA (13, 14 e 43, 44) e fecha o contato NF(21, 22), oportunidade na qual K3 é energizado, visto que o contato NA de K1 (43, 44) está fechado (a bobina de K1 está energizada).

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

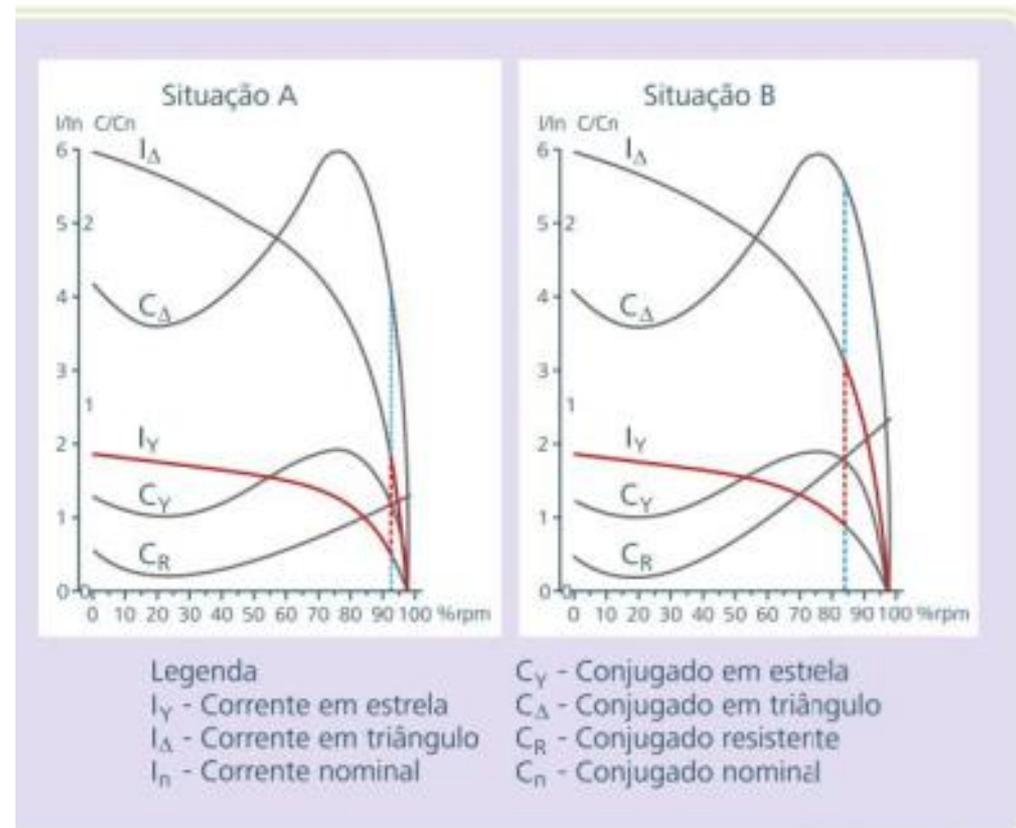
- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Uma vez desenergizada a bobina D1, seu contato NF(15, 16) retorna à posição de repouso (fecha); porém, o contato NF de K3(21, 22) impede o seu religamento bem como o de K2. Caso ocorra uma sobrecarga, tanto na partida quanto em funcionamento normal, o relé térmico de sobrecarga (FT) aciona seu contato NF(95, 96), desenergizando qualquer bobina que esteja ligada (K1, K2, K3 ou D1). Se for necessário desligar o motor em qualquer instante, podemos fazê-lo por meio do botão desliga (B0).

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Um ponto importantíssimo em relação a este tipo de partida de motor elétrico trifásico, é que o fechamento para triângulo só deverá ser feito quando o motor atingir pelos menos 90% da sua rotação nominal.
- Logo, o ajuste de tempo de mudança estrela-triângulo, realizado D1, deverá estar baseado neste fato. O uso de um tacômetro é essencial nesta tarefa, na primeira vez que for testar o sistema com carga.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Na Figura, são ilustradas duas situações de partida estrela-triângulo de motor trifásico.



Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Na primeira situação, com baixo conjugado resistente de carga (situação A), o sistema se mostra eficiente, pois o salto de corrente no instante da comutação (95% da velocidade) não é significativo, passando de aproximadamente 50% para 170%, de valor praticamente igual ao da partida. Isso é uma vantagem, se consideramos que o motor absorveria da rede aproximadamente 600% da corrente nominal, caso a partida fosse direta.

Métodos de Partida de Motores Elétricos/Dimensionamento

- **Partida Estrela – Triângulo (Y - Δ)**
- Já na situação B, com alto conjugado resistente de carga, o sistema de partida não se mostra eficaz, pois percebe-se que o salto da corrente, no instante da comutação (85% da velocidade), é elevado, representando cerca de 320% de aumento no seu valor, que era de aproximadamente 100%, isso não é nenhuma vantagem. Se o motor em questão não preenche este quesito por conta da carga instalada, é conveniente que seja usado outro tipo de partida como: chave compensadora, *soft-starter* ou até mesmo um inversor de frequência nesta função.

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Introdução**
- Uma das principais vantagens de se utilizar um CLP é a possibilidade de alterar uma lógica sem alterar as conexões físicas das entradas e das saídas.
- Essa facilidade de alteração é possível porque nas ligações do CLP não há conexão física entre os dispositivos de entrada e os de saída como em um painel elétrico convencional.

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- Introdução

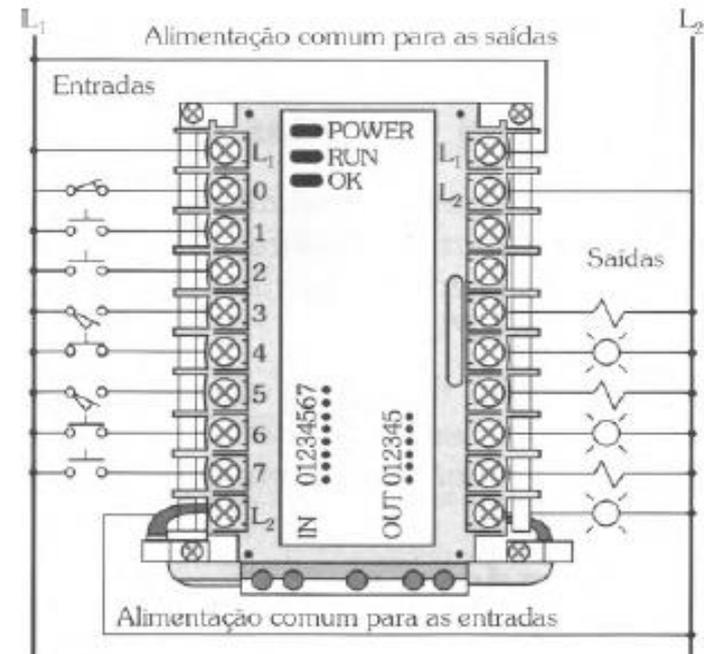


Diagrama de conexões do CLP, mostrando que não há conexões físicas entre entradas e saídas

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Introdução**
- Para ilustrar os benefícios da conexão via *software*, vamos utilizar o exemplo de controlar o acionamento de uma válvula solenóide através de duas chaves de fim de curso (CFC1 e CFC2) em série.

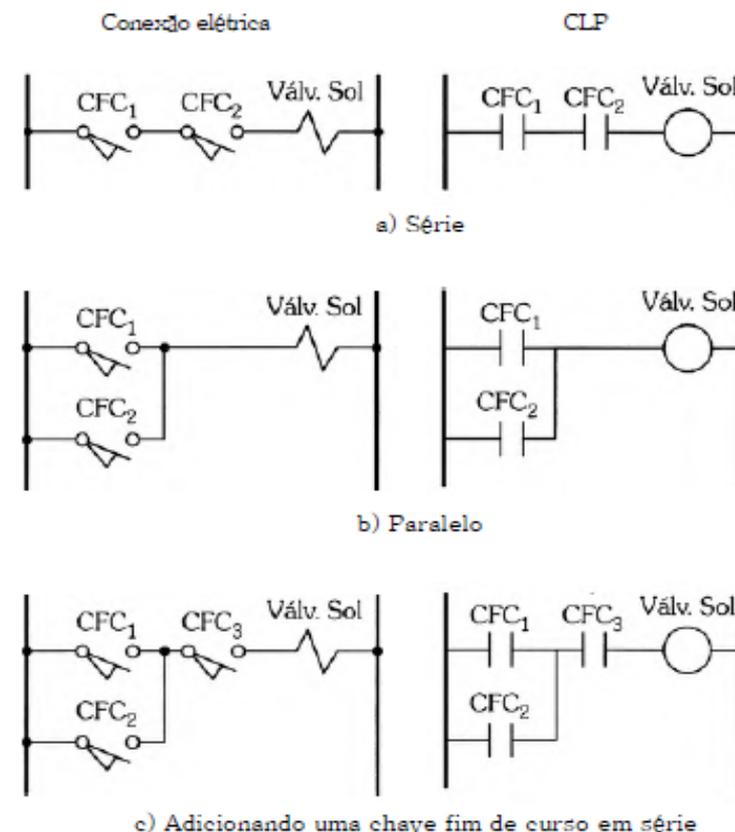


Figura 2.2 - Comparação entre as conexões convencionais e através do CLP.

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- Diagrama de contatos em Ladder

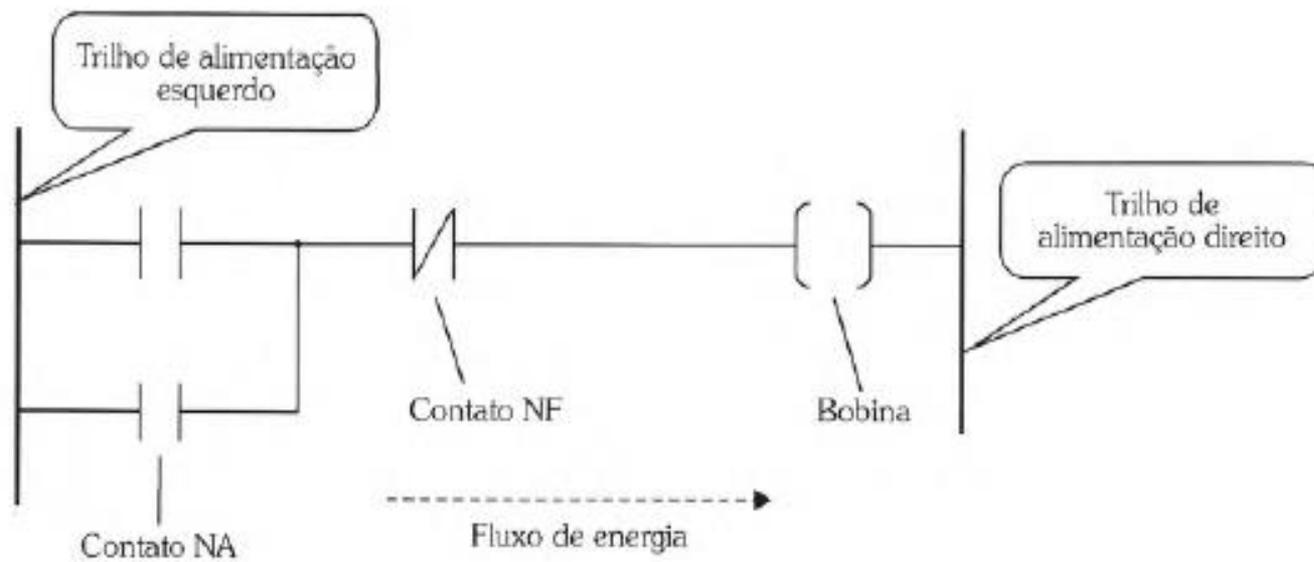


Figura 5.11 - Estrutura típica de um degrau em linguagem Ladder.

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- Conversão de diagramas elétricos em diagrama Ladder
- Exemplo 1:

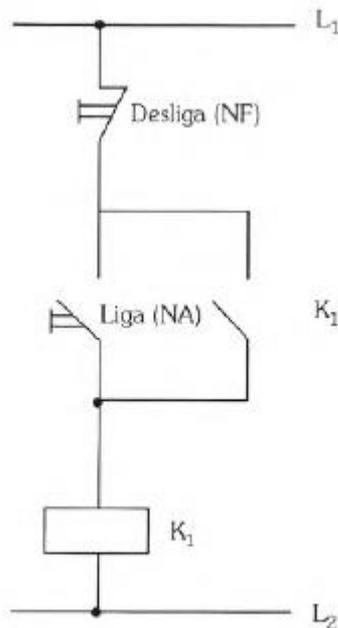


Figura 5.26 - Diagrama elétrico de uma partida direta.

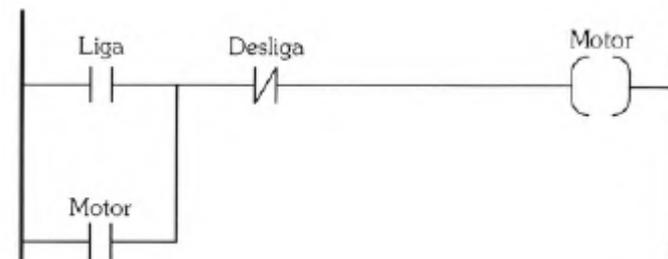
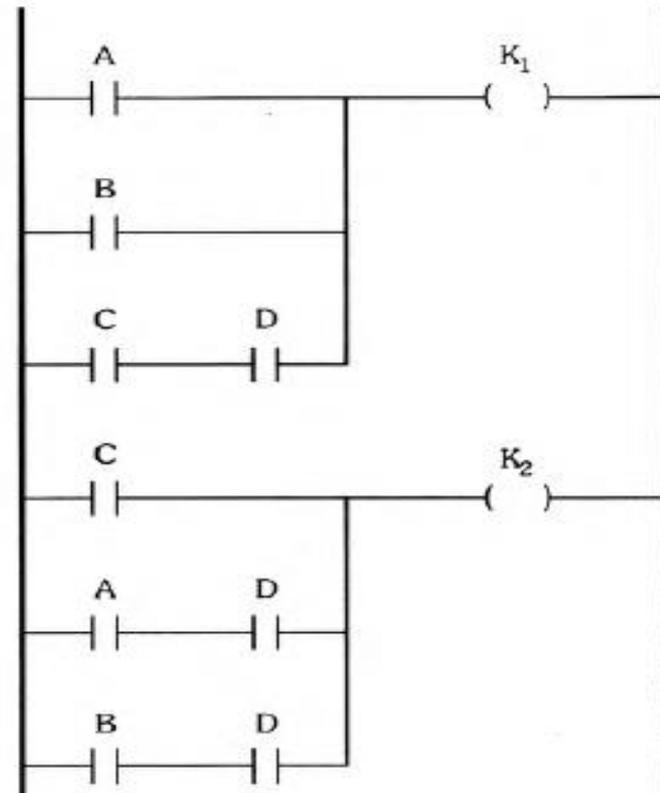
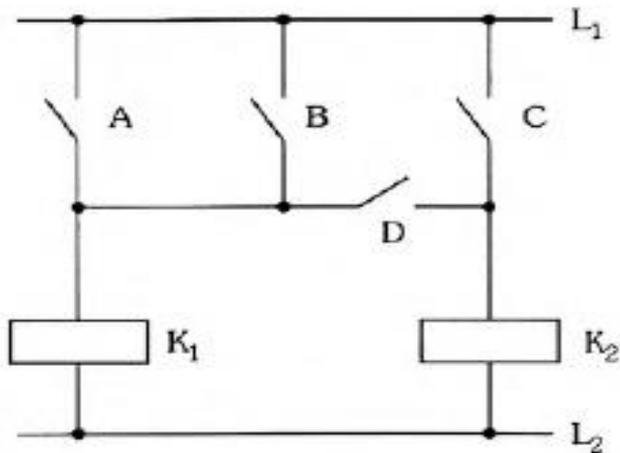


Figura 5.27 - Diagrama elétrico em Ladder de uma partida direta.

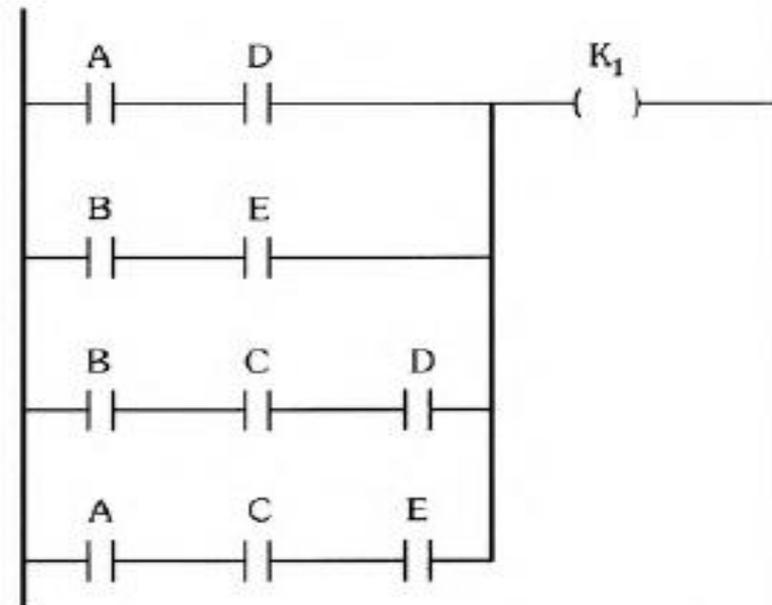
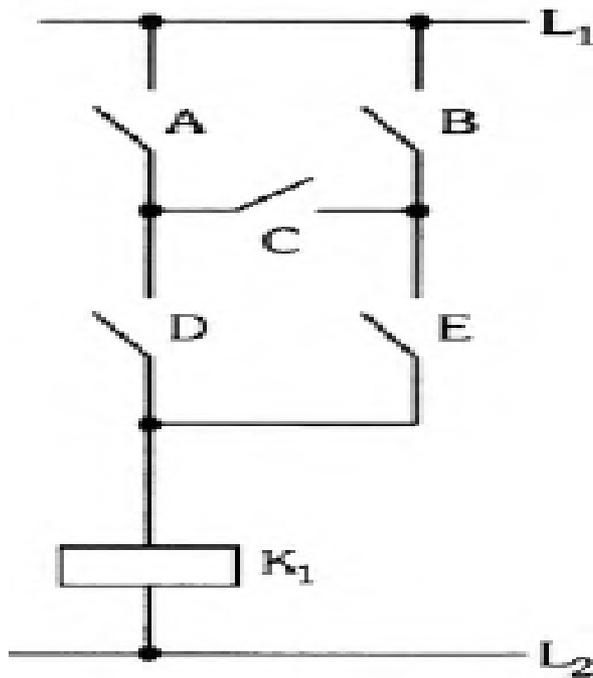
Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Conversão de diagramas elétricos em diagrama Ladder**
- **Exemplo 2:** Uma possível solução para o problema é apresentada na Figura a seguir.



Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Conversão de diagramas elétricos em diagrama Ladder**
- **Exemplo 3:** Duas soluções possíveis para esse problema.



Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Circuitos de auto-retenção**
- **Contatos “selo”**
- Há situações em que é necessário manter uma saída energizada, mesmo quando a entrada venha a ser desligada.
- **Seja o seguinte problema:** pretende-se controlar o funcionamento de um motor por meio de 2 botões de pressão A e B. Quando A for pressionado, o motor deve ser ligado e assim permanecer até que B seja pressionado, quando então deve desligar.

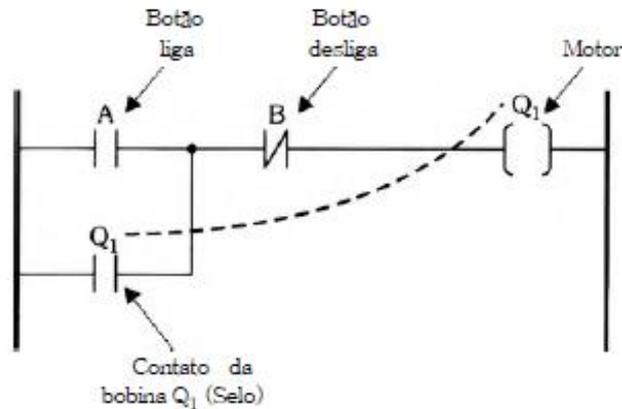


Figura 5.36 - Partida direta de um motor utilizando contato selo.

Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Instruções set e reset**
- Outra maneira de fazer a auto-retenção de uma bobina é pela instrução set.
- A instrução set liga uma saída e a mantém ligada mesmo que o contato da entrada deixe de conduzir. Para desligar a saída é utilizada a instrução reset.
- Agora a entrada B é normalmente aberta, diferente do que era anteriormente, utilizando um contato selo.

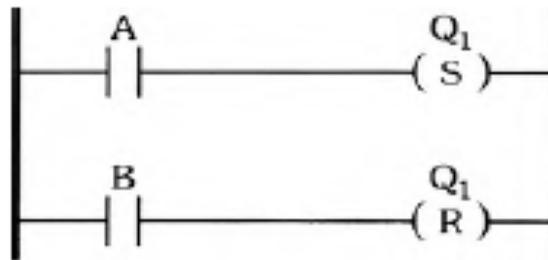
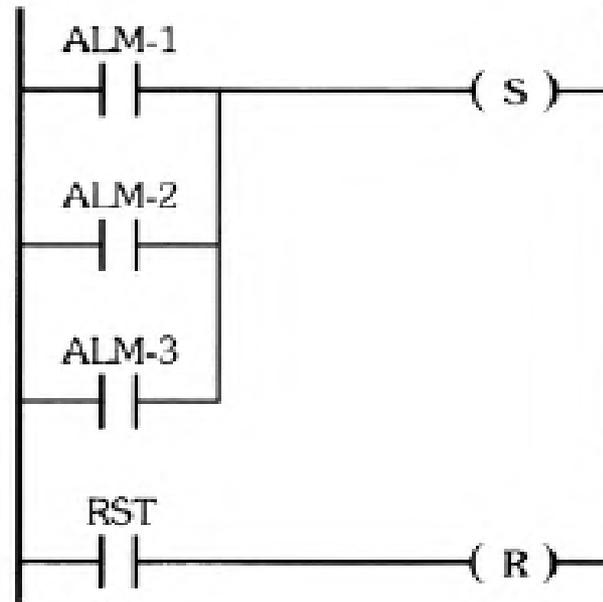


Figura 5.37 - Partida direta de um motor (ligado à saída Q_1), utilizando bobinas set (S) e reset (R).

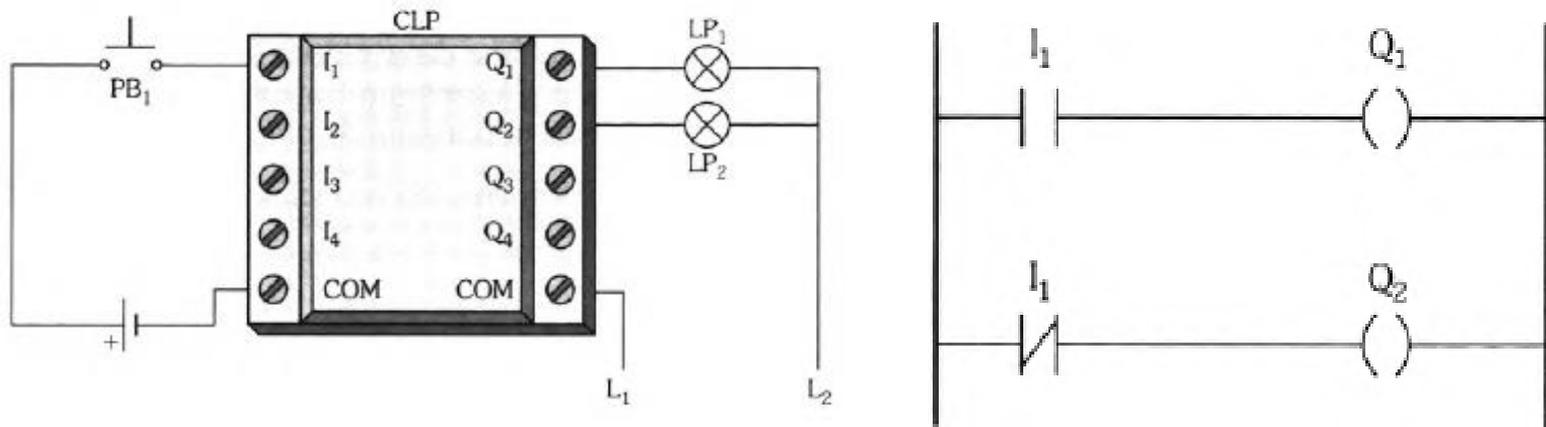
Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Exemplo de uso:** um alarme contra incêndio possui 3 entradas, uma em cada andar de um prédio. Se qualquer um deles for acionado, o alarme deve ser disparado e assim permanecer enquanto não for pressionado outro botão, localizado na central, que o faz silenciar. A solução para este problema é exibida na Figura.



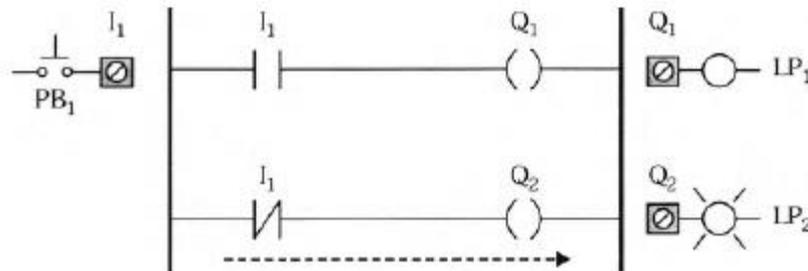
Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- Em seguida o programa em linguagem Ladder, mostrado na Figura, é transferido para o CLP.



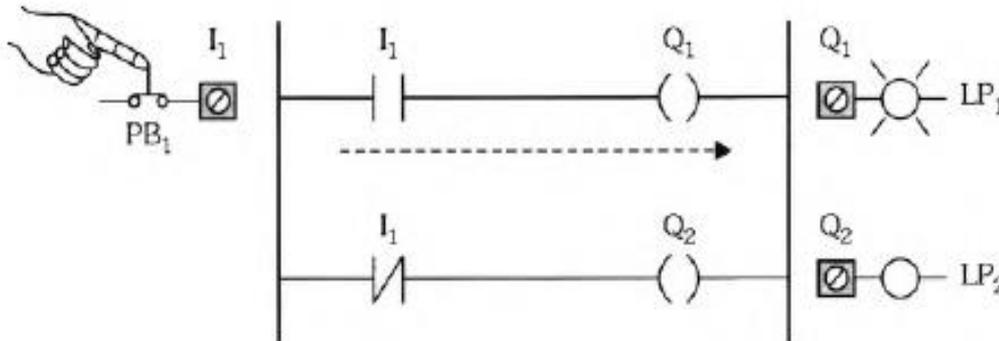
Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Princípio de funcionamento**
- Ao passar o CLP para o modo de execução (run mode), o sistema funciona da seguinte maneira:
- **Situação 1:** PB1 aberto
- Com PB1 aberto, o bit correspondente ao endereço de I1 na TIE (Tabela de Imagens de Entrada) fica com o valor 0, portanto os contatos funcionam da mesma forma como são desenhados no diagrama, ou seja, os contatos NA continuam abertos, impedindo a passagem de fluxo, e os NF continuam fechados, permitindo a passagem. Isso vai fazer com que a lâmpada LP1 fique apagada, enquanto a lâmpada LP2 fica acesa, conforme a Figura.



Introdução ao Controlador Lógico Programável (CLP)

- **Situação 2:** PB1 fechado
- Com PB1 fechado, o bit correspondente ao endereço de na TIE fica com o valor 1, portanto os contatos comutam, ou seja, vão apresentar comportamento contrário de como são desenhados no diagrama. Isso equivale a dizer que os contatos NA vão ser fechados e os NF ficarão abertos. Como resultado, a lâmpada LP1 vai acender, enquanto a lâmpada LP2 apagará como exibe a Figura.



Disciplina: Eletricidade

Aula 10
Partida Estrela/Triângulo
Introdução ao CLP

Curso: Técnico em Mecânica

Professor: Paulo Cesar da Silva

E-mail: paulocesar@ifsul.edu.br

Passo Fundo
2024



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE