

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

▶ MÓDULO II



LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO/CLP



INEPROTEC

INSTITUTO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE E TÉCNICO



(61) 3082- 0505 | CONTATO@INEPROTEC.COM.BR

WWW.INEPROTEC.COM.BR



Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - Brasília - DF
CEP: 72.600-102

CNPJ nº 08.838.975/0001-03



LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO/CLP

► MÓDULO II

TÉCNICO EM
ELETROTÉCNICA



2020 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico: Edilvo de Sousa Santos

Diagramação: Gabriel Araújo Galvão

Capa: Carlos Gadelha Júnior

Projeto Gráfico: Agência Santa

Elaboração: INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outrossim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.



Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas CEP 72600-102 - Brasília - DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

Noções Básicas de Controladores Programáveis	07
Histórico.....	07
Definição	07
Evolução	07
Aplicações e vantagens.....	08
Funcionamento.....	08
Início	09
Verifica o estado das entradas	09
Transfere os dados para a memória	09
Compara com o programa do usuário	09
Atualiza as saídas	10
Estrutura interna de um CLP	10
Fonte de alimentação	10
Unidade de processamento	10
Bateria	10
Memória do programa monitor.....	11
Memória do usuário.....	11
Memória de dados.....	11
Memória imagem das entradas e saídas	11
Circuitos auxiliares.....	11
Módulos de entradas e saídas.....	11
Classificação dos CLP's.....	12
Variáveis de entrada e saída	12
Entradas digitais.....	12
Entradas analógicas	13
Saídas digitais.....	13

Saídas analógicas.....	14
Dispositivos de entrada e saída para CLP	15
Dispositivos para entradas digitais	15
Dispositivos para entradas analógicas	16
Dispositivos para saídas digitais	16
Dispositivos para saídas analógicas	17
Instalação e Programação.....	18
Instalação	18
Programação	20
Funções básicas em ladder	21
Função NA	21
Função NF.....	22
Função E	22
Função OU.....	23
Funções combinadas em ladder.....	23
Função NA-NF série	23
Função NA-NF paralelo.....	24
Funções especiais	24
Função SET	24
Função RESET	25
Função temporizador	25
Função contador	26
Função relógio.....	27
Projetos com Controladores Programáveis.....	28
Sequência de funcionamento	29
Referências.....	31

Noções Básicas de Controladores Programáveis

Os sistemas de controle estão presentes em praticamente todas as atividades industriais, comerciais e de serviços, sendo a base da automação de processos industriais.

Os **processos industriais** são formados por equipamentos mecânicos, elétricos, eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos que, através de sucessivas operações utilizando matéria-prima e energia, resultará num produto final e resíduos. Dessa forma, os controladores programáveis são vastamente empregados no controle lógico de processos, gerenciando as variáveis de entrada e, através de um programa, definindo ações de controle e operação do processo.

HISTÓRICO

O Controlador Programável (CP), também chamado de Controlador Lógico Programável (CLP), e, pela sigla em inglês PLC (*Programmable Logic Controller*), surgiu em função das necessidades da indústria automobilística. Os **painéis eletromecânicos** para controle lógico utilizados anteriormente dificultavam as alterações e ajustes de sua lógica de funcionamento, fazendo as montadoras gastarem mais tempo e dinheiro a cada alteração na linha de produção.

Desta forma, em 1968, a General Motors desenvolveu o primeiro CLP, com grande versatilidade de programação e fácil utilização, o qual vem sendo aperfeiçoado constantemente, a fim de atender suas diversas aplicações atuais em automação de processos.

DEFINIÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o CLP é um equipamento eletrônico digital, com hardware e software compatível com as aplicações industriais.

De acordo com Associação Nacional de Fabricantes de Equipamentos Elétricos dos Estados Unidos da América (*National Electrical Manufacturers Association* – NEMA), o CLP é um 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.

EVOLUÇÃO

A evolução dos Controladores Programáveis pode ser dividida em cinco gerações.

Na 1ª geração, a programação era feita em *Assembly*, exigindo do programador o conhecimento completo do hardware do equipamento, isto é, de seus componentes eletrônicos.

Na 2ª geração, surgiram as linguagens de nível médio, com programas para converter em linguagem de máquina o programa desenvolvido pelo usuário.

Na 3ª geração, os CLPs apresentavam entradas de programação, permitindo sua conexão a teclados ou programadores portáteis.

Na 4ª geração, os CLPs apresentavam entrada para comunicação serial, possibilitando sua

programação diretamente de um computador. O *software* de programação instalado no computador permitia, além da programação e transferência do programa ao CLP, testar o funcionamento do programa.

Os CLPs de 5ª geração apresentam padrões de protocolos de comunicação, facilitando a interface com outros equipamentos e também com **sistemas supervisórios**.

APLICAÇÕES E VANTAGENS

A redução do custo dos CLPs associada à diversidade de fabricantes, modelos e funções programáveis torna-os aplicáveis na automação industrial, comercial e residencial, controlando processos de micro a grande porte, desde o controle do sistema de alarme de uma residência até o controle do processo de soldagem robotizado nas linhas de produção de automóveis.

As principais vantagens dos CLPs em relação aos painéis eletromecânicos são:

- Maior confiabilidade e flexibilidade;
- Utilização de menos espaço;
- Consumo de menos energia;
- Fácil programação/reprogramação;
- Reutilizável para outros processos;
- Maior rapidez na elaboração dos projetos;
- Capacidade de comunicar-se com outros dispositivos.

Funcionamento

Para entendermos o funcionamento básico de um CLP, podemos dividi-lo em três partes básicas: entradas, unidade central de processamento e saídas, conforme mostra a Figura.

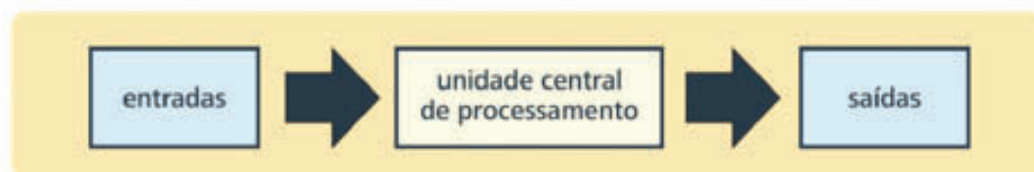
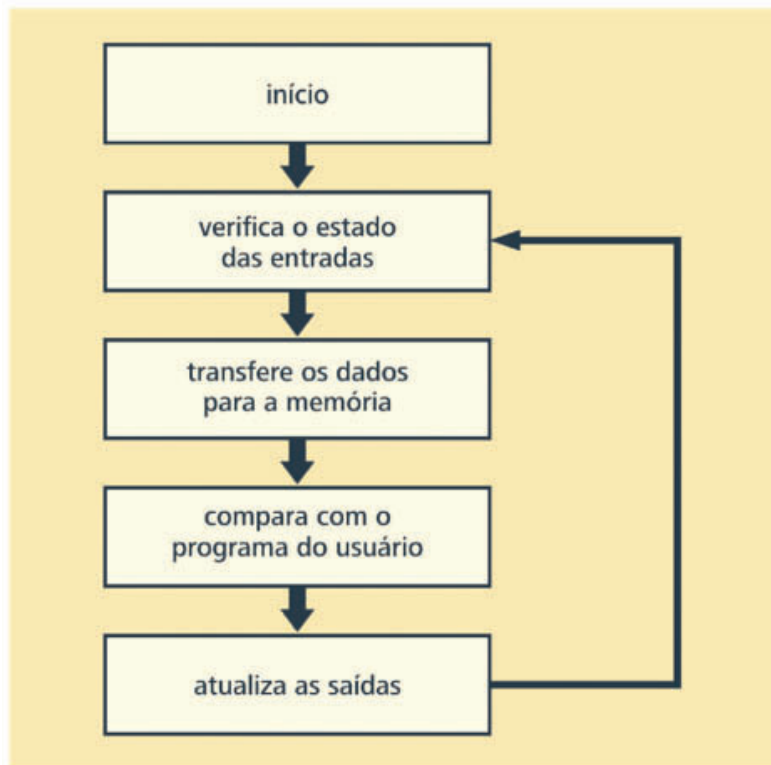


Figura: Estrutura

Nas entradas do CLP são conectados os transdutores, dispositivos que informam eletricamente as variáveis do processo à Unidade Central de Processamento (CPU). Esta, por sua vez, analisa as informações de entrada, a lógica de funcionamento do processo programada pelo usuário, ativando ou desativando as saídas do CLP. As saídas do CLP são conectadas a elementos atuadores, dispositivos que interagem com o processo, a fim de controlá-lo. O controle e o processamento das informações de entrada e saída é feito de forma sequencial, através de ciclos

de varredura, conforme mostra a Figura abaixo.



INÍCIO

Ao ligar o CLP, é verificado o funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares e existência de programa, desativando todas as saídas.

VERIFICA O ESTADO DAS ENTRADAS

O CLP faz a leitura do estado de cada uma das entradas, verificando se alguma foi acionada. Este procedimento dura alguns micro segundos.

TRANSFERE OS DADOS PARA A MEMÓRIA

Após realizar a leitura do estado das entradas, o CLP armazena as informações obtidas em uma memória chamada “memória imagem das entradas e saídas”. Esta memória será consultada pelo CLP durante o processamento do programa do usuário.

COMPARA COM O PROGRAMA DO USUÁRIO

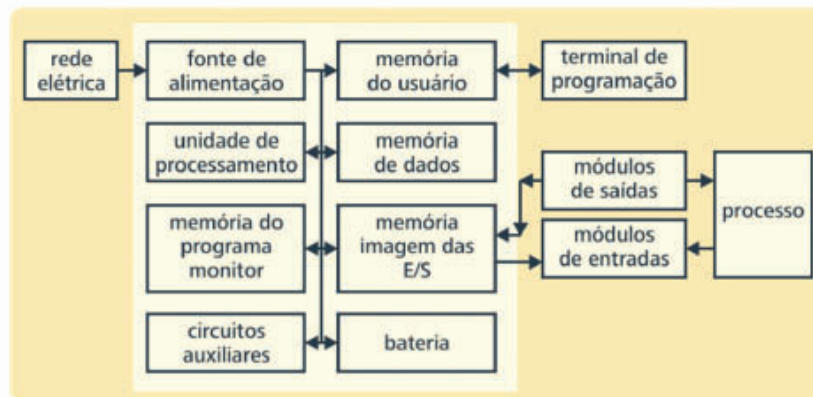
Ao executar o programa do usuário, o CLP consulta a memória imagem das entradas, atualizando a memória imagem das saídas, de acordo com as instruções do programa do usuário.

ATUALIZA AS SAÍDAS

Após atualizar a memória imagem das saídas, o CLP atualiza as interfaces ou módulos de saída, iniciando então um novo ciclo de varredura.

Estrutura interna de um CLP

O CLP é um dispositivo microprocessado, constituído por um microprocessador ou um microcontrolador, um programa monitor, uma memória de programa, uma memória de dados, uma ou mais interfaces de entrada, uma ou **mais interfaces de saída e circuitos auxiliares, conforme mostra a Figura abaixo.**



FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação de um CLP tem por finalidade converter a tensão de alimentação (110 a 220 Vca) para a tensão de alimentação dos circuitos eletrônicos (5 Vcc para o microprocessador, memórias e circuitos auxiliares e 12 Vcc para comunicação com o programador ou computador), bem como manter a carga da bateria e fornecer tensão para alimentação das entradas e saídas (12 ou 24 Vcc).

UNIDADE DE PROCESSAMENTO

A CPU é responsável pelo funcionamento lógico de todos os circuitos. Em CLP modulares, a CPU geralmente está contida em apenas uma placa separada das demais. Já em CLP de menor porte, a CPU e os demais circuitos geralmente estão contidos numa mesma placa.

BATERIA

A bateria utilizada em CLP tem por finalidade manter a alimentação do circuito do relógio de tempo real e manter parâmetros ou programas (quando utilizar memória do tipo RAM), mesmo em

falta de energia elétrica.

MEMÓRIA DO PROGRAMA MONITOR

O programa monitor é responsável pelo funcionamento geral do CLP, gerenciando todas as atividades do CLP. Este programa não pode ser alterado pelo usuário, sendo armazenado em memórias do tipo PROM, EPROM ou EEPROM, e funciona de forma semelhante ao sistema operacional dos computadores.

MEMÓRIA DO USUÁRIO

Nesta memória é armazenado o programa desenvolvido pelo usuário, o qual pode ser alterado, tornando flexível a programação. Este programa geralmente é armazenado em memórias do tipo RAM, EPROM, EEPROM E FLASH-EPROM, cuja capacidade varia de acordo com a marca e o modelo de CLP.

MEMÓRIA DE DADOS

Tem por finalidade armazenar os dados do programa do usuário, tais como valores de temporizadores, contadores, senhas, etc. Geralmente, a memória de dados utiliza partes da memória RAM do CLP.

MEMÓRIA IMAGEM DAS ENTRADAS E SAÍDAS

Esta memória armazena informações dos estados das entradas e saídas do CLP, funcionando como uma tabela onde a CPU buscará informações durante o processamento do programa de usuário.

CIRCUITOS AUXILIARES

São circuitos responsáveis pela proteção de falhas na operação do CLP, tais como:

- Evitar o acionamento indevido das saídas quando da energização do CLP;
- Evitar perda de informações em caso de desenergização do CLP;
- Evitar erros de processamento, identificando falhas no microprocessador e emitindo informações de erro.

MÓDULOS DE ENTRADAS E SAÍDAS

São circuitos de interface destinados a adequar eletricamente os sinais de entrada, a fim de que sejam processados pela CPU, bem como adequar eletricamente os sinais de saída, a fim de que possam atuar nos dispositivos controlados pelo CLP.

Classificação dos CLP's

Geralmente os CLPs são classificados de acordo com sua capacidade de entradas/saídas:

- Micro CLP: possui até 16 entradas/saídas, geralmente num único módulo.
- CLP de médio porte: possui até 256 entradas/saídas, podendo ser formado por um módulo básico que pode ser expandido.
- CLP de grande porte: possui até 4096 entradas/saídas, de construção modular, cuja configuração e agrupamento dos módulos são definidos em função das necessidades do processo.

VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA

Num processo estão presentes variáveis digitais (discretas) e variáveis analógicas. Entende-se por variável analógica aquela que varia continuamente em função do tempo, como, por exemplo, a temperatura de uma sala, a qual pode assumir qualquer valor dentro de uma determinada faixa. Já as variáveis digitais assumem situações binárias, como, por exemplo, motor ligado ou desligado, presença de uma pessoa ou não.

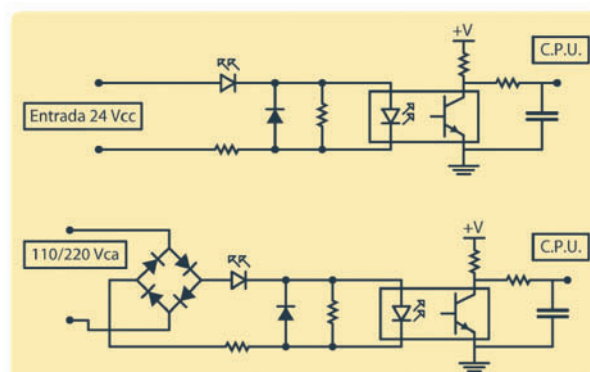
Para que um CLP, através de um programa, controle adequadamente um determinado processo, é necessário que o mesmo possua dispositivos de entrada/saída compatíveis com as variáveis do processo e com as estratégias de controle desejadas.

Entradas digitais

Apesar das variáveis físicas, tais como temperatura, pressão, força, massa, etc, terem comportamento analógico, a maioria dos processos são controlados através de informações digitais, provindas de **sensores**, botoeiras, chaves fim de curso, termostatos, pressostatos, etc, tornando as entradas digitais as mais presentes e as mais utilizadas em CLPs.

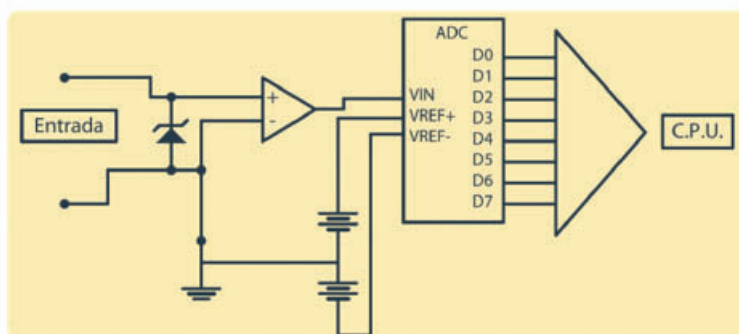
As entradas digitais de um CLP estão aptas a identificar a presença ou não de um sinal elétrico provindo de um determinado dispositivo, dentro de uma determinada faixa de valores, reconhecendo a presença do sinal, mas não sua amplitude. Os valores de tensão mais utilizados em entradas digitais são 24 Vcc e 110 a 220 Vca.

Para que a CPU possa interpretar corretamente as informações elétricas que chegam às entradas digitais, o CLP dispõe de módulos de entrada, responsáveis pela adequação elétrica dos sinais. A Figura mostra exemplos de módulos de entradas digitais.



Entradas analógicas

As entradas analógicas de um CLP são geralmente empregadas em processos que exigem um controle mais preciso, identificando e atualizando a cada varredura o valor instantâneo da variável de entrada. As principais variáveis físicas medidas por entradas analógicas são temperatura e pressão. Para isso, são utilizados dispositivos, tais como sensores de pressão e termopares, que convertem as variáveis físicas em sinais elétricos proporcionais, cujas amplitudes são reconhecidas pelas entradas analógicas do CLP. Esses sinais elétricos podem ser de tensão ou corrente, cuja faixa de valores mais utilizada é, respectivamente, 0 a 10 Vcc e 4 mA a 20 mA. A Figura mostra um exemplo de módulo de entrada analógica de tensão, o qual utiliza um **conversor de sinais analógicos para digitais (ADC)**.



Saídas digitais

As saídas digitais são as mais utilizadas em CLPs devido à sua simplicidade, uma vez que estas poderão assumir somente duas situações, acionada e desacionada. Quando uma saída digital está acionada, esta se comporta como uma chave fechada, energizando o dispositivo atuador. Quando uma saída digital está desacionada, esta se comporta como uma chave aberta, desenergizando o dispositivo atuador.

A comutação das saídas poderá ser à transistor ou à relé, aplicando no dispositivo atuador a tensão fornecida à saída, geralmente 24 Vcc, 127 Vca ou 220 Vca.

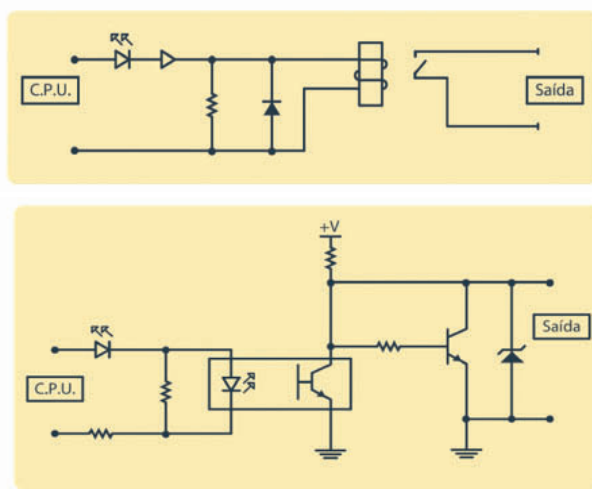


Figura: Módulo de saída digital a transistor

Saídas analógicas

As saídas analógicas de um CLP são geralmente utilizadas em processos que exigem um controle mais preciso, ajustando o funcionamento dos atuadores às necessidades do processo. Os sinais elétricos das saídas analógicas poderão ser de tensão ou corrente, cuja faixa de valores mais utilizada é, respectivamente, 0 a 10 Vcc e 4 mA a 20 mA. Dessa forma, os atuadores receberão das saídas analógicas sinais elétricos variáveis, não apenas energizando os equipamentos, mas, principalmente, definindo a intensidade de sua atuação no processo. A Figura mostra um exemplo de módulo de saída analógica de tensão, o qual utiliza um conversor de sinal digital para analógico (DAC).

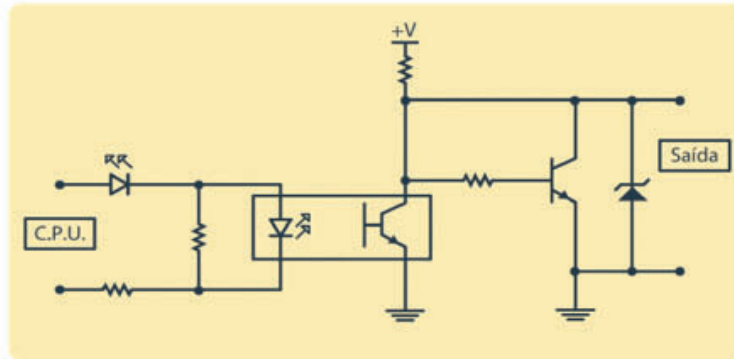


Figura: Módulo de saída analógica

A Figura mostra a placa do circuito eletrônico de um micro CLP comercial, no qual podemos observar, em sua parte inferior, os terminais de entradas digitais, com chaves tácteis e conectores; em sua esquerda, os terminais de saídas digitais ligados a uma placa de relés; na parte superior, os terminais de entradas analógicas (ao lado do potenciômetro) e, no centro, o microprocessador. O sistema é completado por uma placa IHM (interface homem-máquina), instalada à direita da placa principal através de cabo flat, com teclado para entrada de dados e comandos e display LCD, para visualização de dados e comandos.

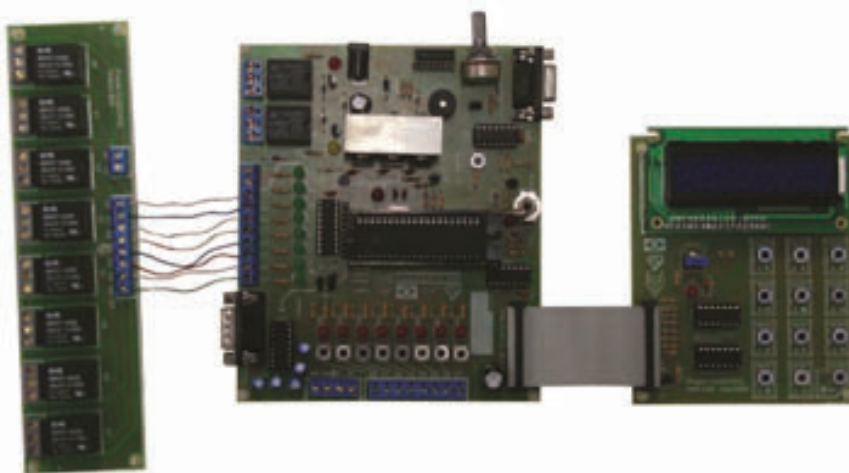


Figura: Circuito eletrônico de um micro CLP comercial

DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA PARA CLP

Dependendo das características, aplicações e classificações dos CLP's, estes poderão possuir entradas e saídas compatíveis com diversos dispositivos, visando identificar adequadamente as variáveis do processo, bem como atuar no mesmo.

Nesta aula serão apresentados os principais dispositivos de entrada e saída para CLP, exemplificando aplicações práticas.

Dispositivos para entradas digitais

Os dispositivos para entradas digitais deverão fornecer às entradas digitais do CLP informações elétricas binárias correspondentes a dois níveis diferentes de tensão, respeitando as especificações de valores do CLP. Como exemplo, podemos ter 0 Vcc para baixo nível (desativada) e 24 Vcc para alto nível (ativada).

Como exemplo de dispositivos para entradas digitais, temos os interruptores, botoeiras, chaves fim de curso, termostatos, pressostatos, sensores digitais capacitivos, indutivos e fotoelétricos, etc, conforme mostra a Figura.



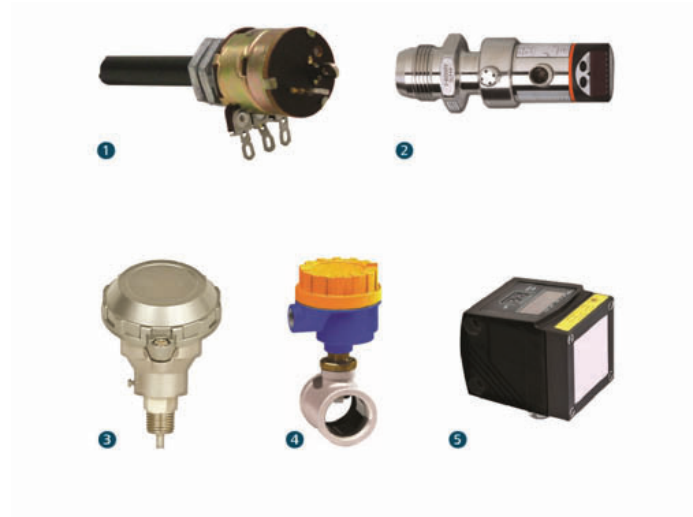
Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando o funcionamento de um elevador de carga. Neste sistema existem botoeiras para chamar o elevador e para enviar a carga para outro andar, bem como chaves fim de curso, para detectar a posição do elevador em cada andar. Dessa forma, considerando os contatos das botoeiras e chaves fim de curso normalmente abertos (NA), se pressionarmos as botoeiras, ou o elevador tocar nas chaves fim de curso, o CLP receberá um sinal elétrico correspondente à amplitude da tensão que alimenta o circuito de entrada. Esta informação elétrica é interpretada pelo CLP, em função do programa, como uma solicitação para subir/descer o elevador ou parar em determinado andar.

Dispositivos para entradas analógicas

Os dispositivos para entradas analógicas deverão ser compatíveis com as entradas analógicas do CLP, em relação ao tipo de sinal (corrente ou tensão) e a faixa de valores deste sinal, fornecendo ao CLP sinais elétricos variáveis, proporcionais à variação da grandeza física que está sendo medida.

Como exemplo de dispositivos para entradas analógicas temos os potenciômetros, sensores de pressão, sensores de vazão, sensores de distância, termopares, etc., conforme mostra a Figura.



Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando a temperatura de uma sala. Se utilizarmos um termostato regulado para 20°C acoplado a uma entrada digital, o CLP terá apenas duas informações de temperatura (abaixo de 20°C ou acima de 20°C), o que permite a utilização da estratégia de controle on-off, mas não permite a utilização de estratégias de controle mais sofisticadas como proporcional, integral ou derivativa. Porém, se utilizarmos um termopar acoplado a uma entrada analógica, o CLP receberá informações instantâneas da temperatura, interpretando, além do valor atual, a intensidade das variações. Isto permite um controle mais preciso da temperatura, onde, dependendo das saídas do CLP, poderão ser utilizadas estratégias de controle proporcional, integral ou derivativa.

Dispositivos para saídas digitais

Como as saídas digitais comportam-se como chaves abertas ou fechadas, podemos utilizá-las para comutar um circuito elétrico com tensão compatível com os terminais do CLP e com os equipamentos elétricos conectados à saída, acionando-os ou desacionando-os. Entretanto, o CLP é um equipamento lógico, projetado para acionar pequenas cargas elétricas, geralmente dispositivos eletromecânicos ou eletrônicos de acionamentos, tais como contadores, lâmpadas de sinalização,

soft-starters, válvulas eletro-hidráulicas ou eletro-pneumáticas, etc, capazes de acionar cargas elétricas de maior potência, como mostra a Figura abaixo.



Figura - Dispositivos para saídas digitais: (1) contator; (2) soft-starter; (3) lâmpadas de sinalização; (4) válvula eletrohidráulica

Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando o funcionamento de um sistema de bombeamento d'água. Este sistema possui sensores de nível, motobomba principal, motobomba reserva e lâmpadas de sinalização que indicam caixa d'água vazia e motobomba reserva em funcionamento. Para o acionamento dos motores são utilizados contatores; já as lâmpadas de sinalização são acionadas diretamente pelo CLP. Note que os equipamentos elétricos controlados pelo CLP (motobombas e lâmpadas) possuem somente dois estados operacionais diferentes (ligados ou desligados), em função de suas características. Dessa forma, as saídas digitais do CLP manterão ligados ou desligados os contatores responsáveis pela partida dos motores, bem como as lâmpadas de sinalização, caracterizando a estratégia de controle *on-off*.

Dispositivos para saídas analógicas

Os dispositivos para saídas analógicas recebem do CLP sinais elétricos variáveis, de tensão ou corrente, controlando a atuação de um equipamento elétrico. Como exemplo, temos o controle de temperatura, controle de nível, controle de rotação de motores elétricos, etc. Para isto, são necessários circuitos ou equipamentos eletrônicos auxiliares que recebem a informação analógica do CLP, atuando diretamente no funcionamento dos equipamentos elétricos, como, por exemplo, um conversor de frequência, equipamento eletrônico destinado ao controle de rotação de motores de indução. A Figura mostra um conversor de frequência.



Aplicação prática

Consideremos um CLP controlando a rotação de uma esteira transportadora acionada por um motor elétrico de indução. O acionamento do motor é realizado através de um inversor de frequência. Dessa forma, se o CLP enviar um sinal elétrico variável de 0 a 10 Vcc ao conversor de frequência, este, em função da parametrização escolhida, ajustará a velocidade do motor de um valor mínimo a um valor máximo, em resposta à solicitação do CLP.

Instalação e Programação

Os fabricantes de CLPs, em seus manuais técnicos, orientam quanto às características de instalação e programação dos CLPs comercializados. Em função dos fabricantes, modelos, classificações e aplicações, poderão existir diferenças significativas nas instruções de instalação e programação.

Nesta aula será apresentado um modelo genérico de instalação do CLP, bem como as características básicas da linguagem de programação mais utilizada em CLP's, denominada linguagem Ladder.

INSTALAÇÃO

Para o entendimento de um modelo genérico de instalação de um CLP, consideremos um CLP com alimentação em 24 Vcc que possui 8 entradas digitais, 2 entradas analógicas de 0 a 10 V, 4 saídas digitais à relé e 2 saídas analógicas de 0 a 10 V.

Note, na Figura, que estão sendo utilizadas 3 entradas digitais, 1 entrada analógica, 3 saídas digitais e 1 saída analógica.

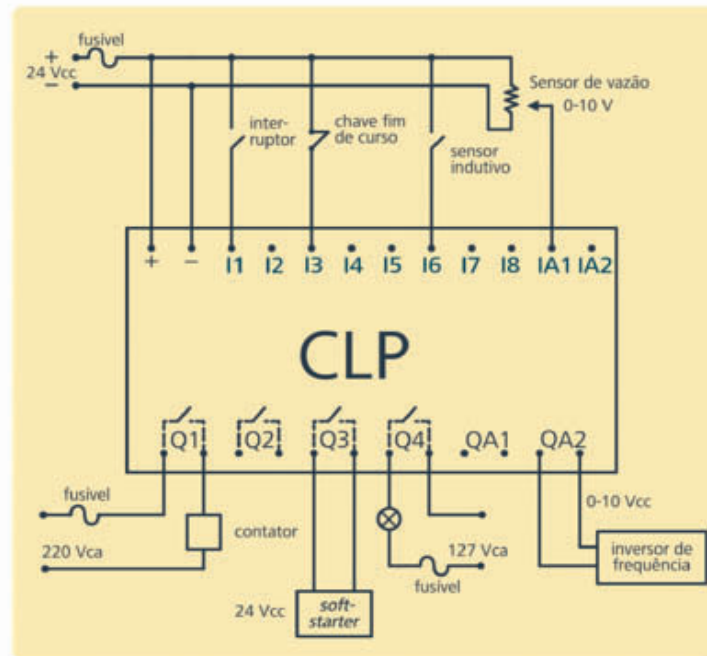


Figura: Modelo genérico de instalação de um CLP

Em relação à Figura, podemos fazer as seguintes observações:

a) Poderá ser utilizada uma quantidade inferior de entradas/saídas disponíveis. Não há ordem no uso das mesmas, sendo que o programa definirá quais serão utilizadas.

b) As entradas digitais I1, I3 e I6 receberão 0V (baixo nível) ou 24V (alto nível), dependendo do estado aberto ou fechado dos contatos correspondentes ao interruptor, chave fim de curso e sensor indutivo. Note que está sendo utilizado um contato normalmente aberto (NA) do interruptor e do sensor indutivo, e um contato normalmente fechado (NF) da chave fim de curso. Isto significa que, para as entradas I1 e I6 ficarem em alto nível, deverá ser pressionado o interruptor ou aproximada uma peça metálica do sensor, respectivamente. Em relação à chave fim de curso, está sendo utilizado um contato NF, o que significa que a entrada I3 está constantemente em alto nível, deixando de estar somente quando alguma peça tocar a chave fim de curso.

c) A entrada analógica IA1 recebe do sensor de vazão um sinal que poderá variar de 0 V a 10 Vcc, correspondente aos limites de vazão do dispositivo. Este sinal de tensão é recebido pelo CLP em apenas um terminal, tendo como referência o terminal negativo da fonte de alimentação.

d) As saídas digitais à relé comutam independentemente, acionando os circuitos elétricos a elas conectados. Note que a saída Q1, quando fechada, alimenta um contator com tensão 220 Vca. Já a saída Q3 recebe um sinal 24 Vcc de um soft-starter, e, quando fechada, devolve este sinal ao soft-starter, o que corresponde a uma solicitação do CLP. Já a saída Q4 alimenta uma lâmpada de sinalização com tensão de 127 Vca.

e) A saída analógica QA2 produz um sinal que poderá variar de 0 a 10 Vcc, o qual é recebido por um conversor de frequência, que controla a rotação de um motor de indução em função das informações provenientes do CLP.

f) Como a função principal de um CLP é o controle lógico de um processo, suas saídas possuem limitação de potência. É importante consultar a capacidade máxima de tensão e corrente

das saídas, fornecidas pelo fabricante, utilizando sempre dispositivos auxiliares para o acionamento de equipamentos elétricos de potência.

PROGRAMAÇÃO

A programação de um CLP está diretamente relacionada à configuração de instalação. Portanto, o primeiro passo é definir as entradas e saídas que serão utilizadas no processo, bem como os dispositivos a elas conectados. Após isto, a implementação de um programa poderá ser iniciada, a qual, utilizando-se de lógica combinacional e sequencial, relacionará as informações de entrada resultando em ações de saída.

Existem diversas linguagens de programação para CLP, as quais, utilizando um conjunto de símbolos, blocos, figuras, comandos, etc, permitem ao programador manifestar as relações entre as entradas e saídas do CLP.

Na atual geração de CLP, são empregadas linguagens de alto nível, que possuem uma série de instruções de programação pré-definidas. Isto aproxima as linguagens de alto nível da linguagem humana, facilitando assim o trabalho do programador. As chamadas linguagens de programação de baixo nível, ou em linguagem de máquina, exigem maior habilidade do programador, o qual necessitará de uma boa compreensão do hardware do equipamento, programando bit a bit, como é o caso da **linguagem assembly**.

A Figura mostra a estrutura de três linguagens de alto nível diferentes, utilizadas em programação de CLP (blocos lógicos, descritiva e *Ladder*). Observe que ambas apresentam o mesmo programa, onde a saída digital Q1 estará fechada somente se as entradas digitais I1 e I2 estiverem em alto nível ao mesmo tempo.

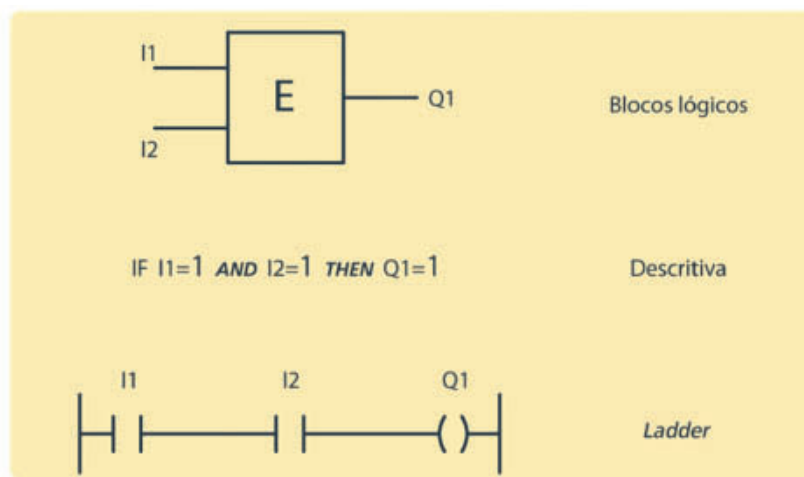


Figura: Estrutura de diferentes linguagens de programação

Note que a linguagem *Ladder* reproduz a estrutura de um diagrama elétrico, na qual a combinação de contatos abertos, correspondentes às entradas, permitirá energizar uma determinada carga, que corresponde à saída.

Em função da proximidade da linguagem *Ladder* com a lógica de relés, amplamente utilizada antes do surgimento dos CLP, essa tornou-se uma das linguagens mais empregadas pelos fabricantes de CLP.

FUNÇÕES BÁSICAS EM LADDER

As funções básicas ou fundamentais na linguagem *Ladder* são:

- a) Função *NA*: normalmente aberto (em inglês *NO*);
- b) Função *NF*: normalmente fechado (em inglês *NC*);
- c) Função *E* (em inglês *AND*);
- d) Função *OU* (em inglês *OR*).

Função NA

A Figura mostra a função *NA* em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.

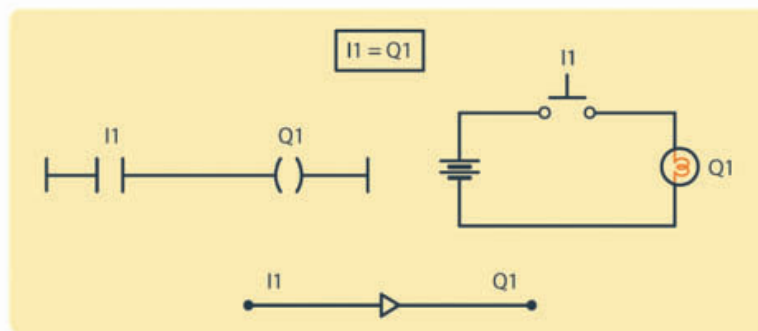


Figura: Função NA

Observe que, na função *NA*, o estado da saída digital é idêntico ao da entrada digital. Assim, quando I1 estiver em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, quando I1 estiver em baixo nível, a saída Q1 estará desativada.

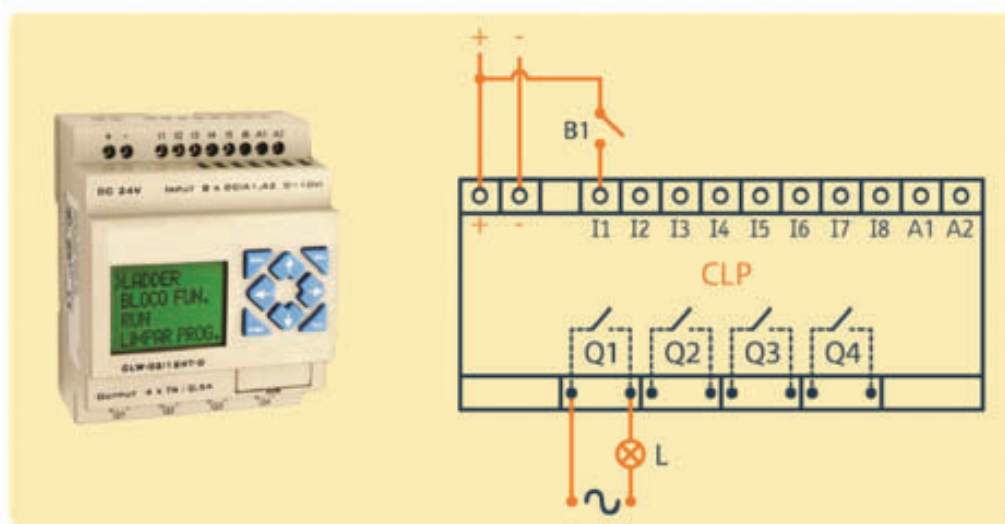
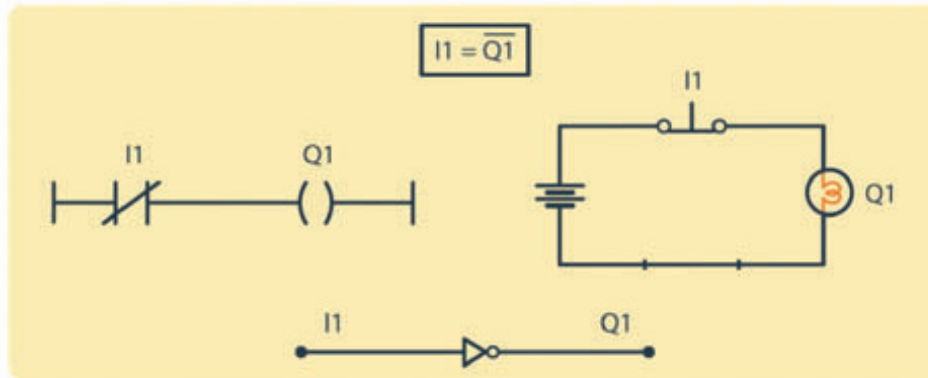


Figura: Circuito de instalação: função NA e NF

Função NF

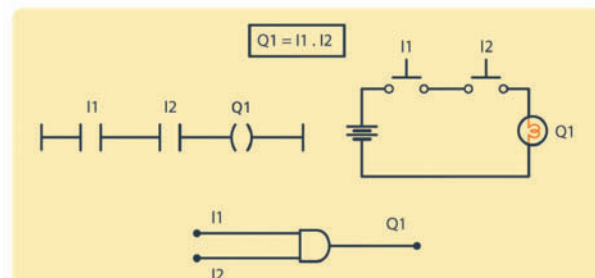
A Figura mostra a função NF em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



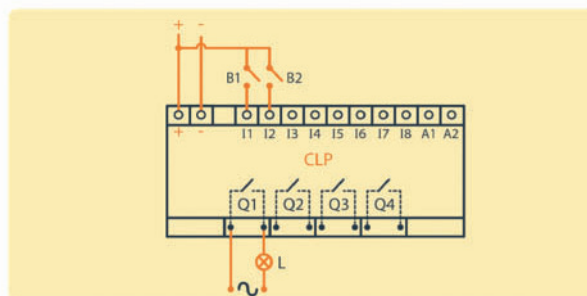
Observe que, na função NF, o estado da saída digital é inverso ao da entrada digital. Assim, quando I1 estiver em alto nível, a saída Q1 estará desativada; e, quando I1 estiver em baixo nível, a saída Q1 estará ativada.

Função E

A Figura mostra a função E em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.

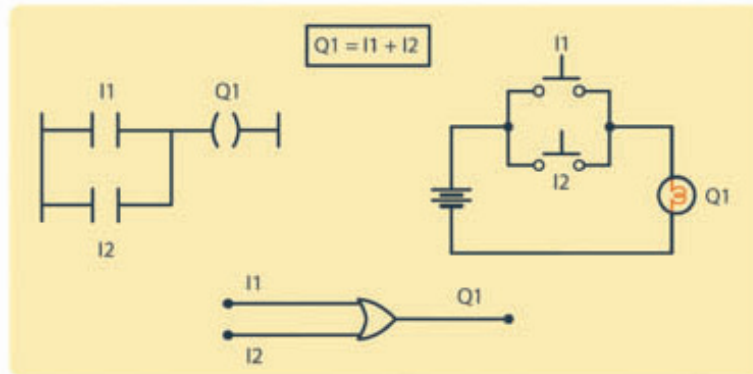


Observe que, na função E, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, quando I1 e I2 estiverem simultaneamente em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, quando qualquer uma das entradas, ou ambas, estiverem em baixo nível, a saída Q1 estará desativada.



Função OU

A Figura mostra a função OU em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.

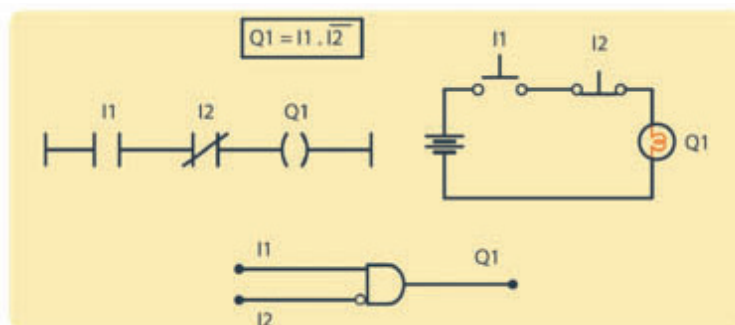


Observe que, na função OU, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, quando I1 ou I2, ou ambos, estiverem em alto nível, a saída Q1 estará ativada; e, somente quando I1 e I2 estiverem simultaneamente em baixo nível, teremos a saída Q1 desativada.

FUNÇÕES COMBINADAS EM LADDER

Função NA-NF série

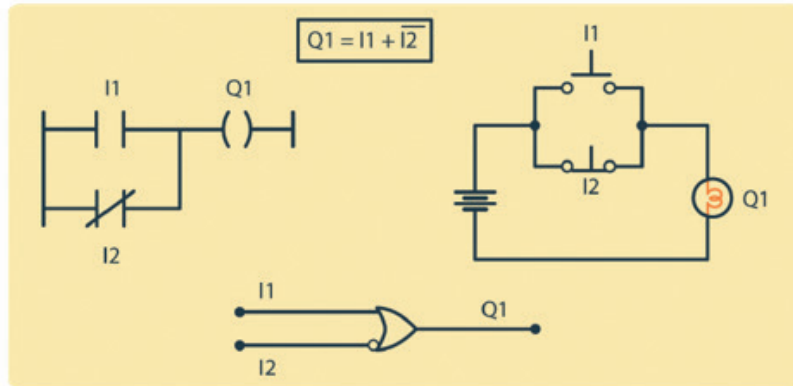
A Figura mostra a função NA-NF série em *Ladder*, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



Observe que, na função NA-NF série, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, somente quando I1 estiver em alto nível e I2 em baixo nível, teremos a saída Q1 ativada. Para qualquer outra situação, teremos a saída Q1 desativada.

Função NA-NF paralelo

A Figura mostra a função NA-NF paralelo em Ladder, bem como o circuito elétrico e lógica digital correspondente.



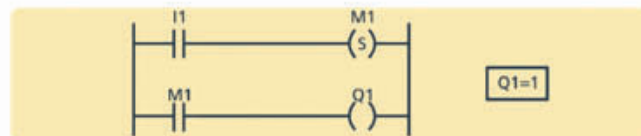
Observe que, na função NA-NF paralelo, o estado da saída digital depende da combinação das entradas digitais. Assim, somente quando I1 estiver em baixo nível e I2 em alto nível, teremos a saída Q1 desativada. Para qualquer outra situação, teremos a saída Q1 ativada.

Funções especiais

Dependendo das características dos CLP, os fabricantes poderão disponibilizar diversas funções especiais. Neste item serão abordadas as funções especiais mais empregadas, uma vez que o manual de programação dos CLPs instrui quanto ao uso de suas funções de programação.

Função SET

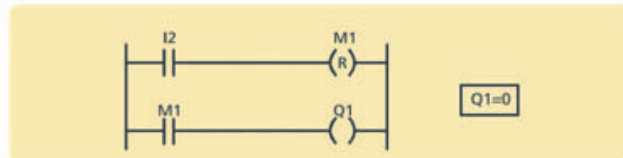
Esta função obriga o estado de uma memória ou de uma saída do CLP a ficar ativada. A Figura mostra a função SET em Ladder.



Observe que, na função SET, o estado da saída digital depende de uma informação provida da entrada digital. Quando a entrada I1 estiver em alto nível, a saída Q1 fica em alto nível. Note que, mesmo quando a entrada I1 voltar para baixo nível, a saída Q1 permanecerá em alto nível, usando, necessariamente, uma outra função para desativar a saída.

Função RESET

Esta função obriga o estado de uma memória ou de uma saída do CLP a ficar desativada. A Figura mostra a função RESET em *Ladder*.



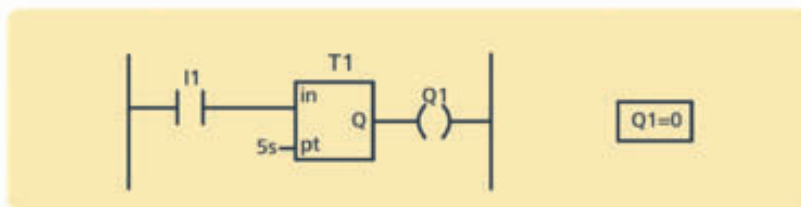
Observe que, na função RESET, o estado da saída digital depende de uma informação provida da entrada digital. Considerando que no programa da Figura utilizou-se a entrada I1 para a função SET, optou-se pelo uso da entrada I2 para a função RESET, como mostrado na Figura. Assim, quando a entrada I2 estiver em alto nível, a saída Q1 ficará em baixo nível. Note que, quando a entrada I2 voltar para baixo nível, a saída Q1 permanecerá em baixo nível.

Função temporizador

Esta função tem por finalidade acionar ou desligar uma memória ou uma saída de acordo com um tempo programado.

É importante salientar que os temporizadores possuem vários modos de operação, tais como retardo na energização, retardo na desenergização, retardos memorizáveis, etc, cujas peculiaridades de programação serão aprofundadas através de projetos práticos.

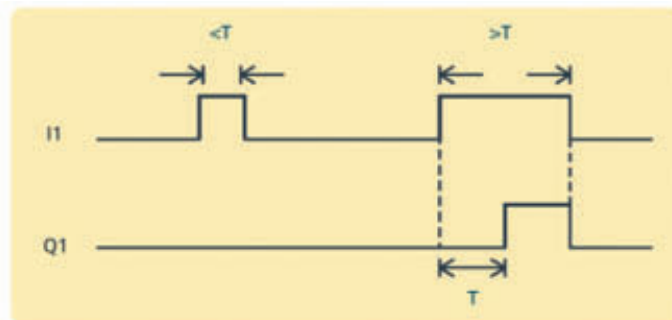
A Figura mostra a função temporizador com sua respectiva simbologia em *Ladder*, segundo a norma IEC 1131-3.



A seguir, serão apresentados os modos mais básicos de temporização.

a) Retardo na energização

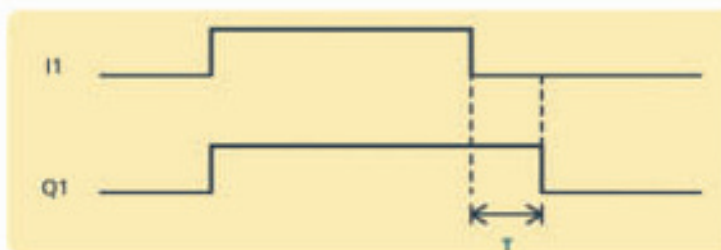
Considere, que o temporizador foi configurado na função temporizador com retardo na energização. Desta forma, a saída Q1 será acionada um certo tempo após a entrada I1 ficar em alto nível, neste caso 5 segundos. Quando a entrada I1 ficar em alto nível, esta ativa o elemento temporizador T1 (parametrizado no programa para 5 s). Após 5 segundos, o contato do temporizador fecha-se acionando a saída Q1. Na Figura temos o diagrama de tempo do temporizador com retardo na energização.



Observe na Figura que se o tempo em alto nível da entrada I1 for menor que o parametrizado no temporizador, a saída Q1 não será acionada. Desta forma, para que a saída Q1 seja acionada, é necessário que a entrada I1 permaneça em alto nível por um tempo superior ao parametrizado T. Observe ainda que, no modo retardo na energização, quando a entrada I1 for para baixo nível, a saída Q1 será desacionada imediatamente.

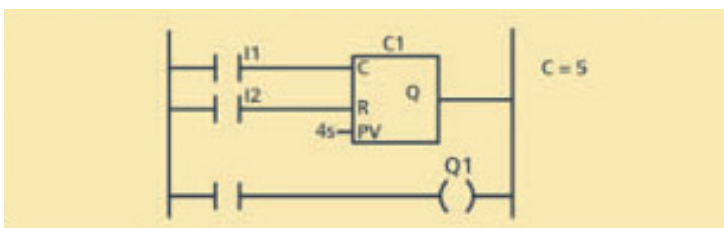
b) Retardo na desenergização

Considere, na Figura, que o temporizador foi configurado na função temporizador com retardo na desenergização. Desta forma, a saída Q1 será acionada imediatamente quando a entrada I1 ficar em alto nível, entretanto, quando a entrada I1 for para baixo nível, a saída Q1 permanecerá acionada pelo tempo parametrizado T. Na Figura temos o diagrama de tempo do temporizador com retardo na desenergização, onde T é o tempo de atraso no desligamento da saída Q1. Os demais modos de temporização partem basicamente destes dois tipos de retardo, cujas configurações variam dependendo do CLP.



Função contador

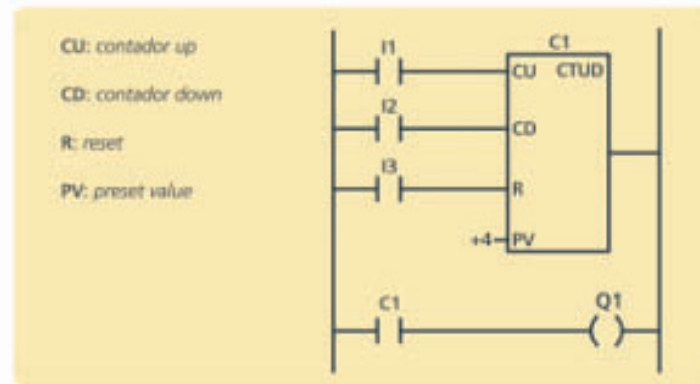
Esta função tem por finalidade ativar uma memória ou uma saída após uma determinada contagem de eventos. A Figura mostra a função e simbologia do contador em *Ladder*, segundo a norma IEC 1131-3.



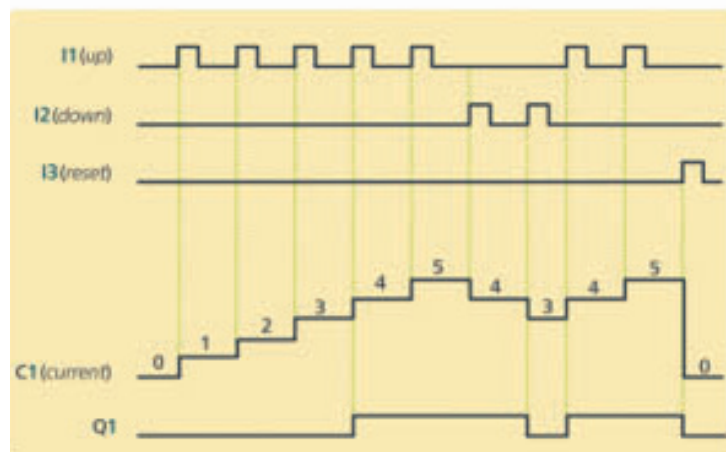
Observe que, na função contador, a entrada I1 recebe pulsos providos de chaves externas ou sensores, enviando para o contador C1. No programa, C1 foi parametrizado para 4 contagens. Após

C1 receber 4 pulsos (quatro energizações/ desenergizações), o contato NA do contador C1 fecha-se, acionando a saída Q1.

O contador pode ser crescente, decrescente ou até mesmo crescente/decrescente (*up/down*). Para a última finalidade, o bloco contador é composto de mais uma entrada que fará a contagem regressiva.



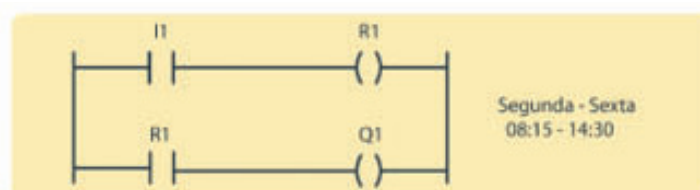
Analisando a Figura, observamos que I1 faz a contagem crescente, I2 a contagem decrescente, e I3 aciona o reset. Na Figura abaixo temos o diagrama de tempos do contador *up/down*.



Note que, após concluir o ciclo de contagem (4 contagens), Q1 fica acionado, independentemente do estado de I1. A saída Q1 pode ser desativada resetando o contador C1.

Função relógio

Esta função tem por finalidade ativar/desativar uma memória ou uma saída em horários e dias da semana específicos. A Figura mostra a função relógio em *Ladder*.



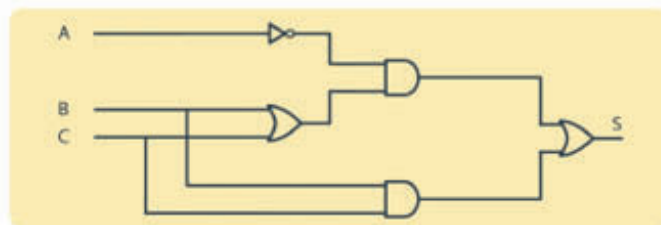
Observe que, na função relógio, a entrada I1 habilita o funcionamento do relógio. Enquanto a entrada I1 manter acionado o relógio R1, este, através de seu contato NA, ativa/desativa Q1 em função dos parâmetros de dia da semana e intervalo de horário parametrizados no programa. Assim, a saída Q1 será ativada às 08h15min e desativada às 14h30min, de segunda-feira a sexta-feira. Note que desativando o relógio R1 pela entrada I1 interrompe o controle da saída Q1, tornando-a desativada.

Projetos com Controladores Programáveis

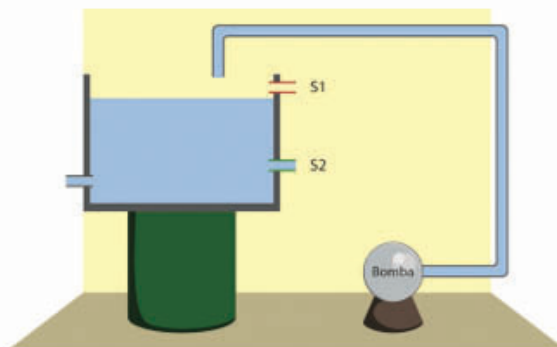
Após o entendimento da estrutura básica de funcionamento de um CLP, das variáveis e dispositivos de entradas e saídas, bem como da linguagem de programação *Ladder*, estamos aptos a projetarmos soluções para automação industrial utilizando CLP.

Para isto, disponibilizaremos no ambiente virtual de ensino-aprendizagem o manual de programação, bem como o software simulador, em versão gratuita, de um modelo de CLP comercial com programação em linguagem *Ladder*.

Através do ambiente virtual de ensino-aprendizagem serão fornecidas instruções de programação e simulação, visando à familiarização do aluno com o software. Após isso, serão disponibilizadas atividades práticas de programação, envolvendo o projeto de soluções automáticas com CLP. A avaliação desta aula consistirá na análise dos projetos desenvolvidos pelos alunos.



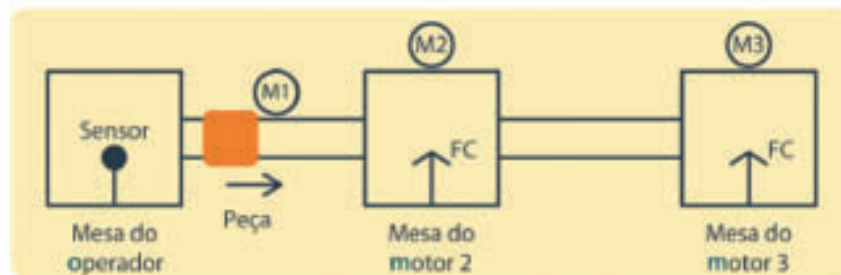
1. A figura seguinte mostra o funcionamento de um reservatório de água, cujo nível deve ser mantido entre um valor máximo e mínimo, fornecidos por dois sensores de nível, S1 (contato NA em nível máximo) e S2 (contato NA em nível mínimo). A bomba centrífuga usada para encher o tanque deverá ser ligada quando o sensor S2 for desativado (nível mínimo), e desligada quando o sensor S1 for ativado (nível máximo). Um interruptor Ch1 deverá ser usado para interromper manualmente este controle automatizado e uma lâmpada de sinalização L1 deverá permanecer ligada enquanto o sensor de nível mínimo S1 estiver desativado. Projete uma solução para este processo, apresentando diagrama de instalação do CLP, bem como o programa desenvolvido.



2. O esquema abaixo representa o funcionamento de uma esteira movida através do motor trifásico M1 que deverá deslocar uma determinada peça desde a mesa do operador até os motores trifásicos M2 e M3 e após, retornar a peça para a mesa do operador. As posições normais de parada da peça na mesa do motor 2 e mesa do motor 3 serão controladas através de chaves de fim de curso (FC); na mesa do operador o início e o fim do processo será controlado por sensor. Este sistema deverá conter um botão de emergência que desligue todos os motores acionados, independente da posição em que se encontra a peça. Seguindo a sequência de funcionamento abaixo, projete um sistema de controle para este processo, apresentando o diagrama de instalação do CLP, bem como o programa desenvolvido.

SEQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO:

1º - O operador coloca a peça e o sensor aciona a esteira (M1) que leva a peça até a mesa do motor M2;



2º - Ao chegar a mesa do motor M2 a esteira para e o motor M2 liga e permanece durante 10s;

3º - Após 10s, o motor M2 desliga e a esteira leva a peça até a mesa do motor M3;

4º - Ao chegar a mesa do motor M3 a esteira para e o motor M3 liga e permanece durante 15s;

5º - Após 15s, o motor M3 desliga e a esteira retorna a peça até a mesa do operador;

6º - Ao chegar à mesa do operador, a esteira desliga e o operador retira a peça.

3. Um determinado processo é constituído de duas esteiras, sendo que a esteira 1 tem apenas um sentido de deslocamento, enquanto a esteira 2 possui dois sentidos de deslocamento. A esteira 1 transporta a peça para avaliação de altura e posteriormente para a esteira 2. A esteira 2, em função do teste de altura feito anteriormente, desloca a peça para o lado relativo a sua situação, isto é, boa ou ruim. Após a identificação e deslocamento de 5 peças ruins, uma lâmpada de sinalização L1 deverá ser acionada, desligando apenas quando a contagem for reiniciada (reset) através de um botão pulsante B1.

A sequência completa de funcionamento, conforme esquema abaixo, é a seguinte:

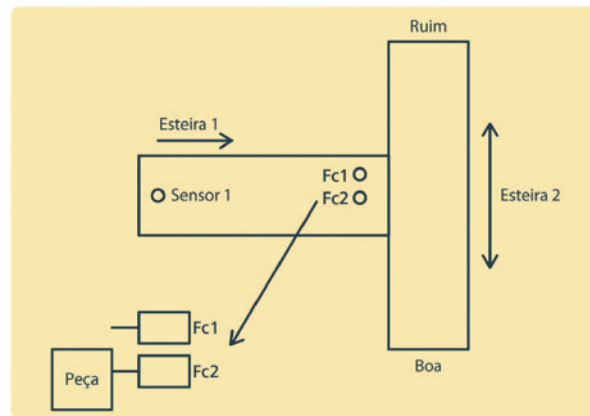
1º - O operador coloca a peça na esteira 1, sendo esta ligada pelo sensor 1;

2º - Ao passar pelas chaves fim de curso 1 e 2, a esteira 2 deverá ligar no sentido referente

às condições da peça, isto é, se a altura estiver abaixo da FC2 ou acima da FC1 será ruim; já se estiver entre a FC1 e FC2 será boa.

3º - Após a peça passar pelas chaves fim de curso FC1 e FC2, a esteira 1 deverá desligar, pois a peça já passou para a esteira 2.

4º - Após ligada, a esteira 2 permanece durante 5 segundos, tempo suficiente para deslocar a peça até seu destino.



Referências

CAPELLI, A. Mecatrônica Industrial. São Paulo: Editora Saber, 2002.

MARTINS, G. M. Princípios de Automação Industrial. Santa Maria: UFSM, 2010.

Programa Prodenge/Sub-programa Reenge. Curso de Controladores Lógico Programáveis.
UERJ.

SILVA, M. E. Controladores Lógico Programáveis – Ladder. FUMEP/EEP/COTIP, 2007.
(Apostila Didática).

SILVA, M. E. Curso de Automação Industrial. FUMEP/EEP/COTIP, 2009. (Apostila Didática).

.



OBRIGADO

CONTINUE ESTUDANDO



INEPROTEC