

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Eletrônica
Laboratório de Informática Industrial

AULA 1 – CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL: CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE. PRINCÍPIOS DE PROGRAMAÇÃO EM LADDER. INTRODUÇÃO AO MICA.

Objetivos: Apresentar o funcionamento interno de um Controlador Lógico Programável (CLP) quanto aos aspectos de software. Introduzir os conceitos básicos da programação de CLPs em linguagem *ladder*. Apresentar o Módulo de Instrumentação, Controle e Automação (MICA).

ATIVIDADES PRÉVIAS

1. Assista a videoaula da Prof.^a Carmela Braga sobre o Módulo de Instrumentação, Controle e Automação (MICA). O *link* para esta videoaula encontra-se na página da disciplina.
2. Leia atentamente, em casa, o texto desta prática, de forma a agilizar os procedimentos a serem executados no laboratório.

CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE DE UM CLP

Inicialmente, é importante distinguir “Controle Lógico” de “Controle Digital”. Entende-se por Controle Lógico (ou ainda Controle Discreto) a operação com sinais de processo de natureza binária (“Liga/Desliga”, “*On/Off*”, etc.), como por exemplo os provenientes de chaves, botoeiras e relés como sinais de entrada, e comandos de liga/desliga motores, abre/fecha válvulas, etc., como sinais de saída. Quanto ao Controle Digital, opera com sinais analógicos de variação contínua e suave (após serem digitalizados por um conversor A/D) [Doebelin, 1985].

Os CLPs foram inicialmente criados para substituir painéis de relés, e conseqüentemente para a solução de problemas de controle lógico (e seqüencial). Atualmente, contudo, são capazes de executar tanto o controle lógico quanto o controle digital (malhas PID, usualmente). Dentre as operações lógicas vitais para um determinado processo, pode-se citar os procedimentos de partida e parada do sistema (equipamentos) e seqüenciamento de eventos (alguns passos da operação de um processo podem ocorrer em série, e outros em paralelo).

A execução dos programas carregados no CLP é cíclica, como demonstrado na Fig. 1. O tempo total decorrido em cada ciclo é denominado de *ciclo de varredura* (ou ainda “período de *scan*” ou simplesmente “*scan*”), e depende do tamanho e complexidade do programa *ladder* carregado pelo usuário.

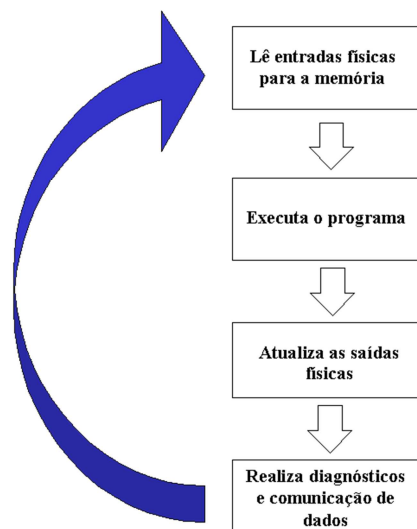


Figura 1: Ciclo de varredura do CLP.

ELEMENTOS BÁSICOS DA LINGUAGEM *LADDER* (DIAGRAMAS DE RELÉS)

Relés são pequenos dispositivos eletromecânicos que, quando energizados, fecham (no caso dos relés “normalmente abertos”) ou abrem (no caso dos “normalmente fechados”) um contato elétrico. A passagem ou não de corrente elétrica pelo contato pode ser associada aos estados lógicos “verdadeiro” e “falso” respectivamente.

Com o advento dos CLPs em meados da década de 1960, a chamada linguagem *ladder* surgiu para possibilitar a programação dos mesmos, por técnicos e engenheiros eletricitas, de uma forma bem similar à lógica de relés empregada até então. Num diagrama *ladder*, elementos de entrada combinam-se de forma a produzir um resultado lógico booleano, que então é atribuído a uma saída. A representação destes elementos é feita da seguinte forma:

- ❑ *Entradas:* São na maioria das vezes representadas por contatos normalmente abertos (NA), representados pelo símbolo $-| | -$, e pelos contatos normalmente fechados (NF), cujo símbolo é $-| / | -$. Estes elementos refletem, logicamente, o comportamento real do contato elétrico de um relé, no programa aplicativo.
- ❑ *Saídas:* São usualmente representadas pela *bobina simples*, cujo símbolo é $-()-$. As bobinas modificam o estado lógico do operando na memória imagem do Controlador Programável, conforme o estado da linha de acionamento das mesmas.

Por lidarem com objetos booleanos, todo diagrama *ladder* pode ser traduzido para uma diagrama lógico e vice-versa. Contudo, a notação gráfica e mais compacta dos diagramas lógicos faz com que os mesmos sejam essenciais na documentação de projetos de automação e controle.

Como um primeiro exemplo de um programa em *ladder*, imaginemos um motor que é controlado por dois botões independentes, um de LIGA e outro de DESLIGA. Considerando que ambos botões sejam do tipo *pushbutton*, a figura 2 apresenta uma lógica simples para o acionamento do motor com base nos estados dos botões:

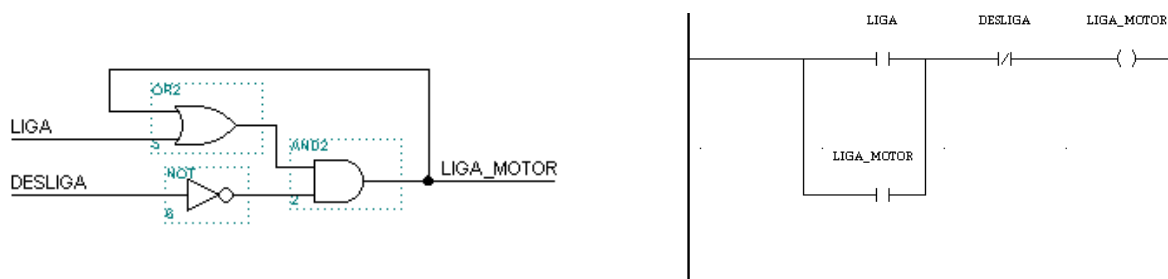


Figura 2: Diagrama lógico (esquerda) e programa *ladder* (direita) para o acionamento de um motor.

Projeto e Programação *Fail-Safe*

Um conceito muito importante, no desenvolvimento de aplicações industriais de controle, é o de projeto *fail-safe*. Este conceito traduz-se na necessidade de desenvolvermos projetos e programas que levem em conta a possibilidade de falhas nos elementos físicos de processo, e também, tanto quanto possível, de falhas nos procedimentos operacionais humanos, de forma a garantir a máxima segurança possível.

Um exemplo deste tipo de programação, referente a um circuito de alarme de incêndio, é apresentado na Figura 3. Apesar de ambos os programas funcionarem, aquele exibido no lado direito da figura é obviamente mais seguro pois leva em conta a possibilidade de falha em um dos relés.

Como exercício final, a Figura 4 apresenta um programa *ladder* para o acionamento de um equipamento industrial que pode funcionar sob os modos de operação “local” ou “remoto”. Analise o programa atentamente e execute as alterações necessárias para torná-lo *fail-safe*.

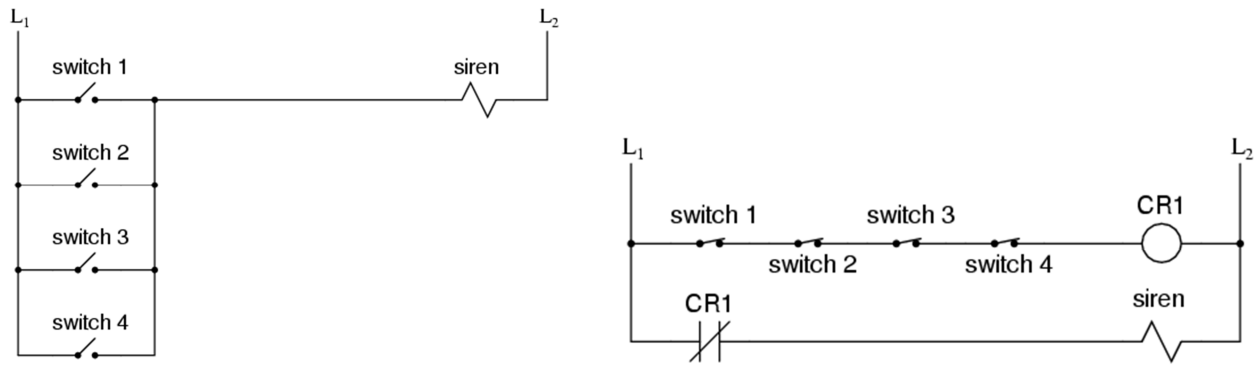


Figura 3: Programas em *ladder* para o controle de um circuito de alarme contra incêndio, baseado em quatro sensores independentes. O lado direito mostra a versão *fail-safe*.

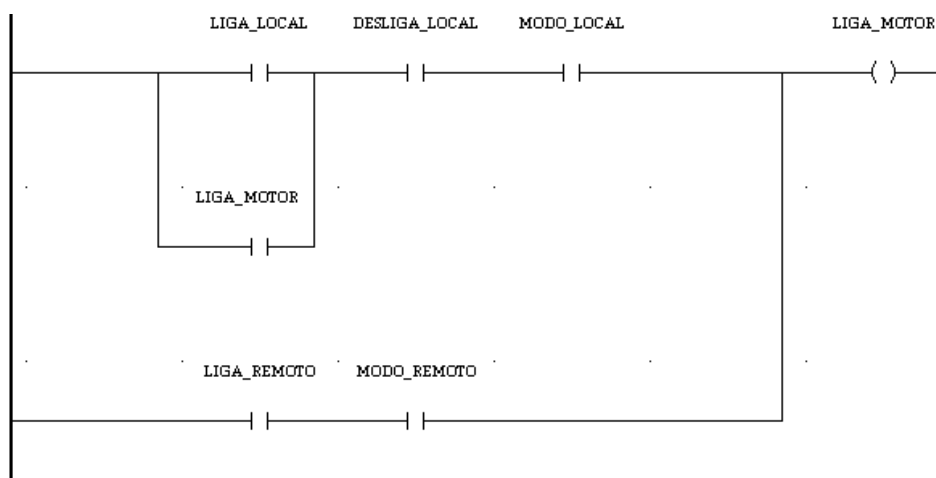


Figura 4: Programa *ladder* para o acionamento de um equipamento industrial que pode operar nos modos “local” ou “remoto”.

MÓDULO DE INSTRUMENTAÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO (MICA)

O módulo MICA é destinado ao aprendizado do funcionamento dos principais itens presentes nos processos de automação industrial, predial e residencial, que são os sensores, atuadores/indicadores e o CLP.

Visão Geral

O MICA é um módulo reconfigurável que aloja os componentes básicos de automação (CLP, sensores e atuadores/indicadores), possibilitando conexões variadas via soquete, pinos e cabos baseados no padrão mini-banana. Os cabos possuem cores diferentes, sendo cada uma utilizada de acordo com cada borne, facilitando a montagem e a verificação dos circuitos.

Seu painel é composto por sensores (sensor fotoelétrico, indutivo e capacitivo) e atuadores (sinalizadores luminosos a LED, sirene, servomotor, contator) instalados permanentemente em um trilho DIN que possibilita a conexão de vários outros dispositivos com conexão mecânica DIN, como o CLP e respectivos módulos de expansão, fonte de 24Vcc, relés, etc. O MICA também possui um botão “soco” (ou botoeira de emergência) que dá segurança na montagem dos circuitos, cortando a alimentação destes até que tudo esteja conectado e conferido, ou no caso de uma emergência durante sua operação.

A figura 5 apresenta uma foto do MICA, indicando seus principais componentes.

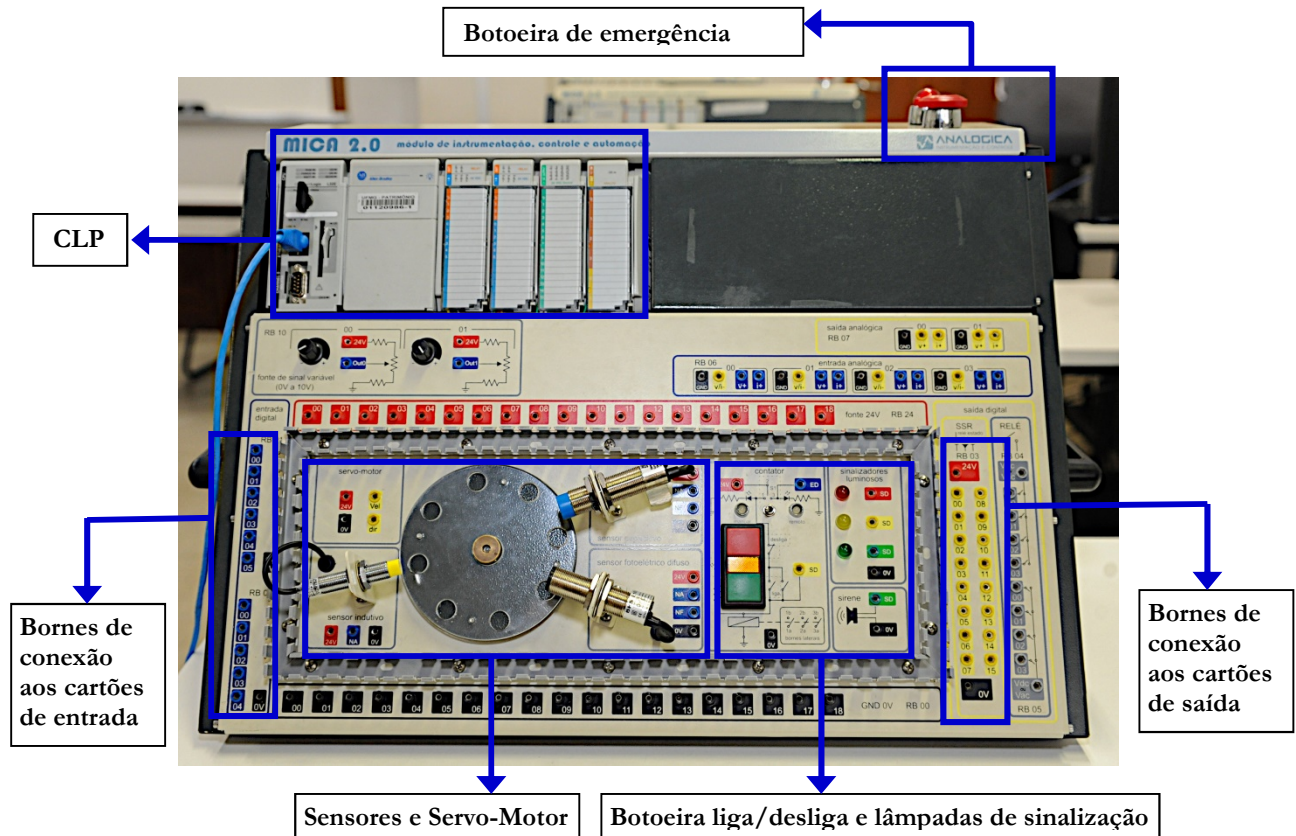





Figura 5: Principais componentes do MICA.

Configuração do CLP

Característica	Descrição	ID na Régua de Borne	
Modelo	CompactLogix 1769 L32-E		
Portas de Comunicação	1 porta Ethernet 1 porta serial RS-232		
Entradas Digitais	12 entradas 24Vcc distribuídas em 2 cartões (1769-IQ6XOW4 – Slots 1 e 2)	RB01 e RB02	
Saídas Digitais	8 saídas a relé distribuídas em 2 cartões (1769-IQ6XOW4 - Slots 1 e 2)	RB04 e RB05	
	16 saídas 24Vcc a transistor (1769-OB16 – Slot 3)	RB03	
Entradas Analógicas	4 entradas de 4-20mA ou 0-10Vcc (1769-IF4XOF2 – Slot 4)	RB06	
Saídas Analógicas	2 saídas de 4-20mA ou 0-10Vcc (1769-IF4XOF2 – Slot 4)	RB07	
Fonte	Saída: 24Vcc, 1.5A	19 pinos de 24Vcc	RB24
		19 pinos de 0V	RB00

Sensores Digitais

Os sensores indutivo, capacitivo e fotoelétrico têm ampla utilização em processos industriais e em algumas aplicações em domótica. O sensor digital eletrônico substitui chaves mecânicas, apresentando ganhos em robustez e vida útil mais elevada.

Tipo	Características	Foto
Sensor Capacitivo	Alimentação: 24Vcc Contatos: NA e NF Distância Sensora: 8mm	
Sensor Fotoelétrico	Alimentação: 24Vcc Contatos: NA e NF Distância Sensora: 100mm	
Sensor Indutivo	Alimentação: 24Vcc Contatos: NF Distância Sensora: 2mm	

Princípio de funcionamento:

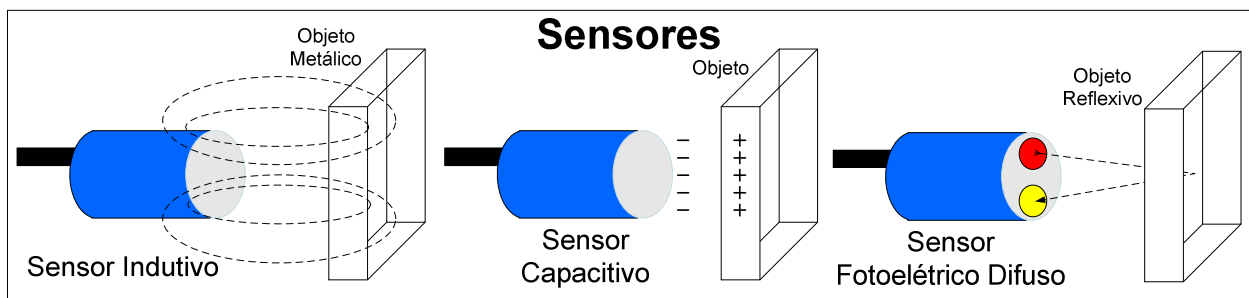


Figura 6: Princípio de funcionamento dos sensores digitais do MICA.

Conexões elétricas:

Os sensores capacitivo e fotoelétrico possuem quatro bornes de conexão: vermelho e preto para sua alimentação, conectados respectivamente nos bornes de 24V e 0V (terra); e bornes azuis referentes às suas saídas NF (normalmente fechada) e NA (normalmente aberta), a serem conectados aos bornes dos cartões de entrada. A lógica utilizada para definir uma saída NA de um sensor é que ela deve estar com nível baixo (0V) quando o sensor não está acionado, e em nível alto (24V) quando acionado. O oposto ocorre para a saída NF. As conexões estão representadas na figura 7.

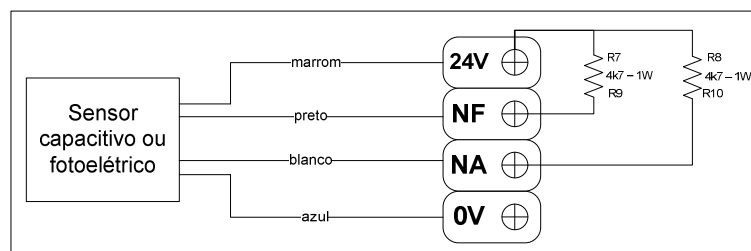


Figura 7: Diagrama de conexões dos sensores capacitivo e fotoelétrico.

No caso do sensor indutivo, os bornes de conexão são os mesmos exceto pelo fato deste apresentar apenas saída NA.

Atuadores

Tipo	Características
Sinalizadores Luminosos	LEDs nas cores Vermelho, Amarelo e Verde Alimentação: 24Vcc (SD) 0V comum a todos
Sirene	Alimentação: 24Vcc
Servo-Motor	Alimentação: 24Vcc Entradas discretas 0 ou 24Vcc que sinalizam o sentido de rotação e a velocidade de rotação
Contator (C1)	Alimentação do circuito de acionamento: 24Vcc Chave Seletora de Modo: Local/Remoto LEDs indicadores de Modo: Local/Remoto Saída Digital para Indicador de Modo (ED) Entrada Digital para Acionamento Remoto (SD) Contatos L1-T1/L2-T2/L3-T3 (Bornes laterais)

Sinalizadores Luminosos: O MICA dispõe, em seu painel frontal, de um simulador de semáforo construído com três LEDs de 10mm de diâmetro nas cores verde, amarelo e vermelho, acionados com tensão de 24V nos respectivos bornes SD. Os LEDs podem ser acionados por um programa do CLP, por meio dos cartões à relé quando estes forem alimentados com 24Vcc, ou a relé de estado sólido (SSR). Podem ainda ser acionados diretamente pelos sensores, conectando-se a saída dos mesmos a alguma das entradas dos sinalizadores por meio de um cabo.

Sirene: A sirene é acionada através de qualquer saída digital de +24V.

Disco servo-motor: Trata-se de motor de corrente contínua com alimentação de 6V e com engrenagens para redução de velocidade. O acionamento do servomotor é feito com sinais de saídas digitais a transistor de 24V:

Contator (C1): O contator C1 é utilizado para a alimentação do circuito de acionamento (24Vcc).chave seletora de modo e a utilização dos *push-buttons* de “Liga” e “Desliga” em modo local.

CUIDADOS NECESSÁRIOS PARA A UTILIZAÇÃO DO MICA

Na utilização do MICA, deve-se observar **obrigatoriamente** algumas medidas que facilitam a alteração da configuração dos cabos e a conferência das conexões:

- Antes de iniciar a conexão dos cabos, colocar o botão de emergência está na posição “travado”, para evitar acidentes ou danos ao módulo;
- Os bornes do MICA possuem cores diferentes de acordo com a sua finalidade, portanto, os cabos que farão a conexão entre o borne e o instrumento devem ser da mesma cor de seus conectores:
 - Vermelho – cabo de energia;
 - Preto ou cinza – aterramento;
 - Azul – sinais para os cartões de entrada;
 - Amarelo – sinais provenientes dos cartões de saída.
- Observar o comprimento do cabo a ser utilizado em uma conexão, evitando utilizar cabos grandes para conectar elementos que estão próximos;
- No entorno dos sensores existe uma calha onde devem ser encaixados os cabos que ligam os mesmos aos conectores – isso deve ser feito para evitar que os cabos fiquem soltos sobre os instrumentos e possam prejudicar a visualização ou interferir em seu funcionamento;
- Ao fazer a desmontagem, retire os conectores puxando-os pelos PINOS e nunca pelos cabos;
- Conferir cuidadosamente as conexões efetuadas, antes de destravar o botão de emergência;

Ao final de cada aula TODOS os cabos devem ser retirados do módulo e colocados na respectiva caixa de conectores.

Referências

- Braga, A.R. (1994): *Implementação de Estratégias de Controle Multimalba e Multivariável*. Dissertação de Mestrado, PPGEE-UFMG.
- Doebelin, E.O. (1985): *Control Systems Principles and Design*, Wiley, New York.
- Braga, A.R., Braga, C.P.M., Giaculi Jr., C. (2007): *Módulo de Instrumentação, Controle e Instrumentação – Manual de Utilização*. Departamento de Engenharia Eletrônica (UFMG).