

INSTITUTO FEDERAL
MINAS GERAIS
Campus Avançado Ipatinga

Automação Industrial

Controladores Lógicos Programáveis - CLPs

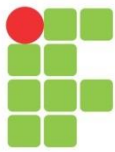
Curso: Engenharia Elétrica
Prof. Sandro Dornellas



Definição

Um CLP é definido pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) como:

"Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O CLP e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas."



Utilização dos CLP's

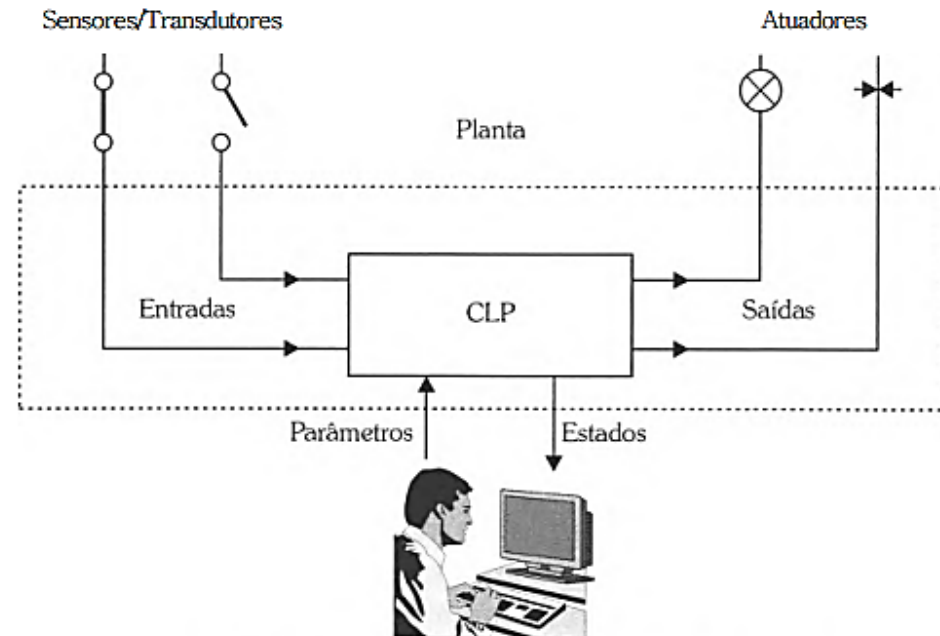
Toda planta industrial necessita de algum tipo de controlador para garantir uma operação segura e economicamente viável.

Desde o nível mais simples, em que pode ser utilizado para controlar o motor elétrico de um ventilador para regular a temperatura de uma sala, até um grau de complexidade elevado, controlando a planta de um reator nuclear para produção de energia elétrica.

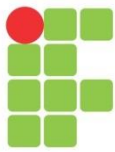


Utilização dos CLP's

Embora existam tamanhos e complexidades diferentes, todos os sistemas de controle podem ser divididos em três partes com funções bem definidas: os transdutores (sensores), os controladores e os atuadores.



Representação dos sistemas de controle.



Utilização dos CLP's

Sensores/transdutores: transdutor é um dispositivo que converte uma condição física do elemento sensor em um sinal elétrico para ser utilizado pelo CLP através da conexão às entradas do CLP. Um exemplo típico é um botão de pressão momentânea, em que um sinal elétrico é enviado do botão de pressão ao CLP, indicando sua condição atual.



Botoeiras e sensores industriais.

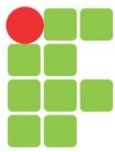


Utilização dos CLP's

Atuadores: sua função é converter o sinal elétrico oriundo do CLP em uma condição física, normalmente ligando ou desligando algum elemento. Os atuadores são conectados às saídas do CLP. Um exemplo típico é fazer o controle do acionamento de um motor através do CLP. Neste caso a saída do CLP vai ligar ou desligar a bobina do contator que o comanda.



Exemplos de atuadores: motores, eletroválvulas, cilindros pneumáticos.



Utilização dos CLP's

Controladores: de acordo com os estados das suas entradas, o controlador utiliza um programa de controle para calcular os estados das suas saídas. Os sinais elétricos das saídas são convertidos no processo através dos atuadores. O operador pode interagir com o controlador por meio dos parâmetros de controle. Alguns controladores podem mostrar o estado do processo em uma tela ou em um display.



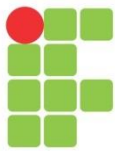
CLP “Clic 02” da WEG.



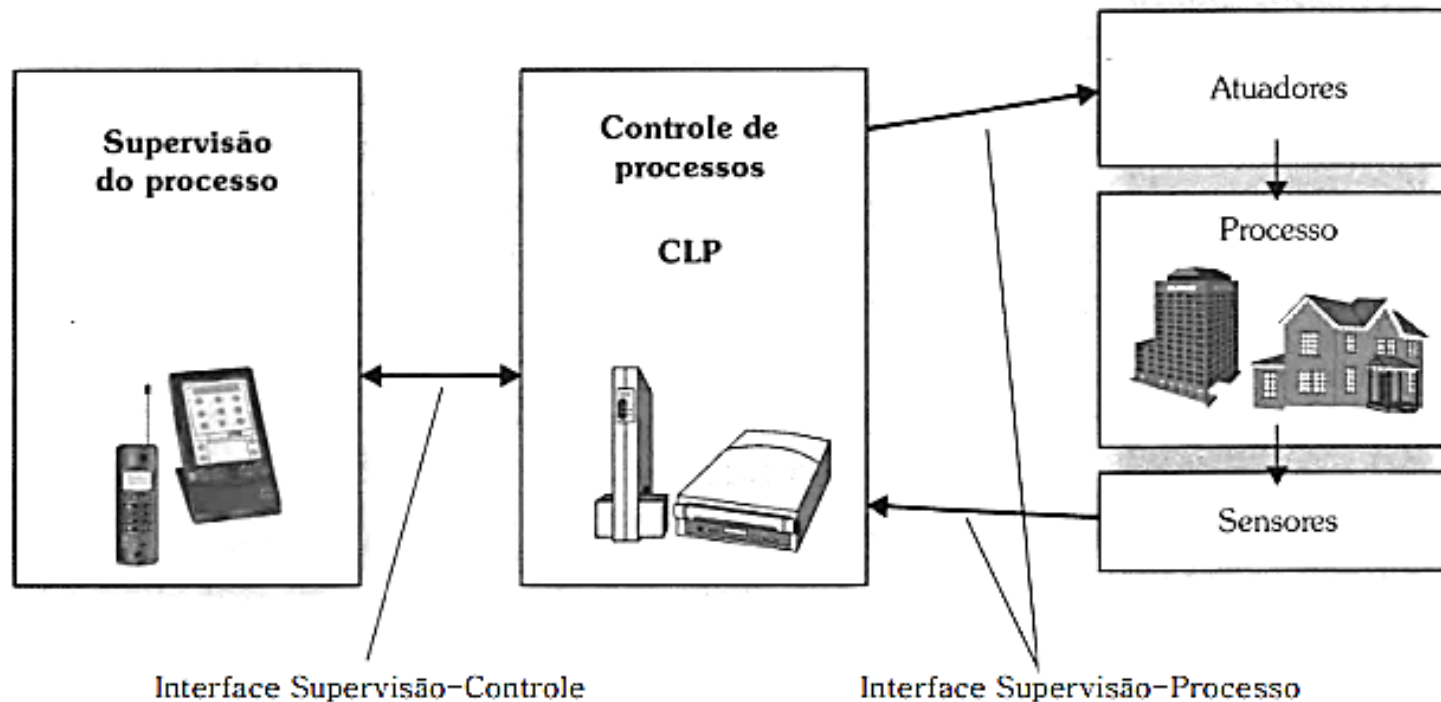
Utilização dos CLP's

As atuais funções de controle existentes em uma planta industrial são normalmente distribuídas entre um número de controladores programáveis, os quais poder ser instalados próximo dos equipamentos a serem controlados.

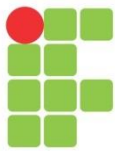
Os diferentes controladores são usualmente conectados via rede local (LAN) a um sistema supervisório central, o qual gerencia as diversas informações do processo controlado, tais como alarmes, receitas e relatórios.



Utilização dos CLP's



Etapas de supervisão e controle utilizando CLP's.



Características (e benefícios) do sistema com CLP

Características do sistema com CLP	Benefícios
Uso de componentes de estado sólido	Alta confiabilidade
Memória programável	Simplifica mudanças Flexibiliza o controle
Pequeno tamanho	Necessita de um espaço mínimo para instalação
Microprocessador	Capacidade de comunicação Alto nível de performance Alta qualidade dos produtos Possibilidade de trabalhar com muitas funções simultaneamente
Contadores/temporizadores via <i>software</i>	Facilidade para alterar <i>presets</i> Elimina <i>hardware</i>
Controle de relés via <i>software</i>	Reduz custo em hardware/cabeamento Redução de espaço



Características (e benefícios) do sistema com CLP

Arquitetura modular	Flexibilidade para instalação Facilmente instalado Redução de custos de <i>hardware</i> Expansibilidade
Variedades de interfaces de I/O	Controle de uma grande variedade de I/O Elimina um controle dedicado
Estações remotas de I/O	Elimina cabeamentos longos
Indicadores de diagnóstico	Reduz tempo de manutenção Sinaliza a operação correta/incorreta do sistema de controle
Interfaces modulares de I/O	Facilita a manutenção Facilita o cabeamento
Variáveis de sistema alocadas na memória de dados	Facilita gerenciamento/manutenção Podem ser colocadas na forma de um relatório de saída



Arquitetura de um CLP

Um CLP é constituído basicamente de:

- Fonte de alimentação;
- Unidade Central de Processamento (UCP);
- Memórias dos tipos fixo e volátil;
- Dispositivos de entrada e saída;
- Terminal de programação.



Arquitetura de um CLP

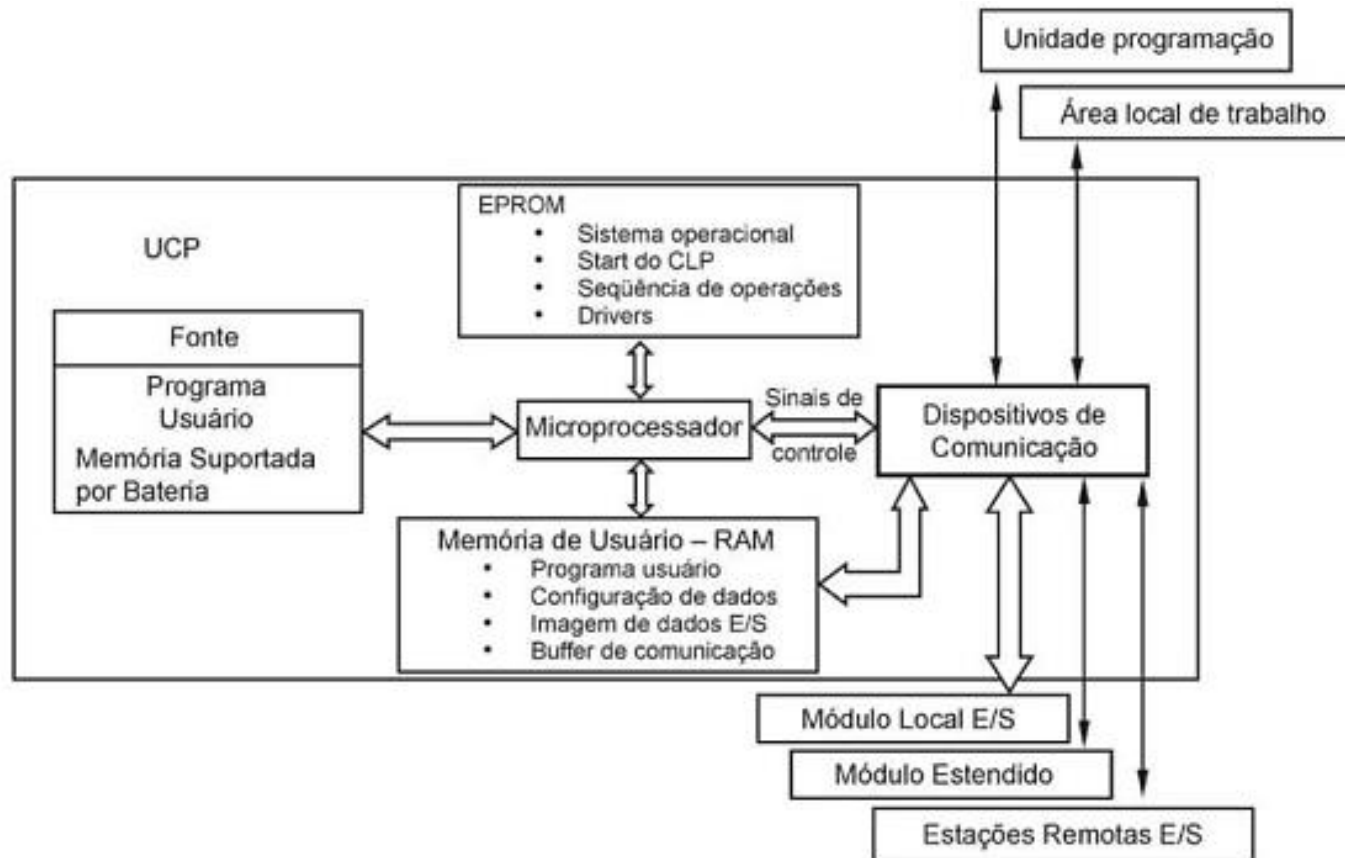
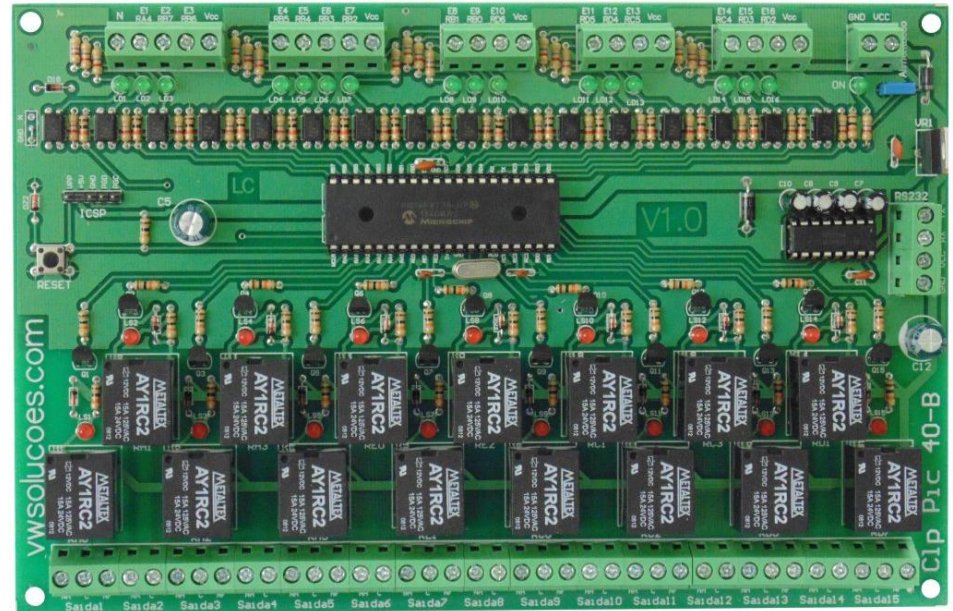
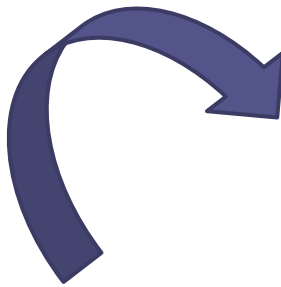


Diagrama de blocos da UCP do CLP.



Arquitetura de um CLP



Estrutura interna de um CLP.



Arquitetura de um CLP

Fonte de alimentação: Converte corrente alternada em contínua para alimentar o controlador. Certos modelos de CLPs são projetados para operarem com uma tensão de alimentação de 220 V, outros trabalham com tensão de alimentação contínua de 24 V. Caso falte energia, há uma bateria que impede a perda do programa do usuário. Ao retomar a energia, o programa se reinicia.

Existem dois tipos de fontes:

- Source: fonte de energia interna ao controlador;
- Sink: fonte de energia externa ao controlador.



Arquitetura de um CLP

UCP – Unidade Central de Processamento: Responsável pela execução do programa do usuário e pela atualização da memória de dados e da memória-imagem das entradas e saídas. Ela recebe os sinais digitais e analógicos dos sensores do campo conectados aos módulos de entrada, e também recebe os comandos via comunicação em rede (quando for o caso). Em seguida executa as operações lógicas, as operações aritméticas e avançadas e atualiza os cartões de saída.



Arquitetura de um CLP

Memória EPROM: Contém programa monitor elaborado pelo fabricante que faz o *start-up* do controlador, armazena dados e gerencia a sequência de operações. Esse tipo de memória não é acessível ao usuário do controlador programável.

Memória de dados: Volátil. Encontram-se aqui dados referentes ao processamento do programa do usuário, isto é, uma tabela de valores manipuláveis (variáveis).

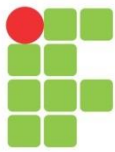


Arquitetura de um CLP

Memória do usuário: Armazena o programa aplicativo do usuário. A CPU processa esse programa e atualiza a memória de dados internos e a de imagem E/S.

A memória possui dois estados:

- RUN: em operação, com varredura cíclica;
- PROG: parado, quando se carrega o programa aplicativo no CLP.



Arquitetura de um CLP

Memória-imagem das E/S: Memória que reproduz o estado dos periféricos de entrada e saída.

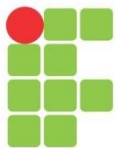
A correspondência entre níveis 0 e 1 e níveis de tensão varia conforme a necessidade; por exemplo, pode ocorrer nível 0 para 0 volt e nível 1 para 115 volts CA.



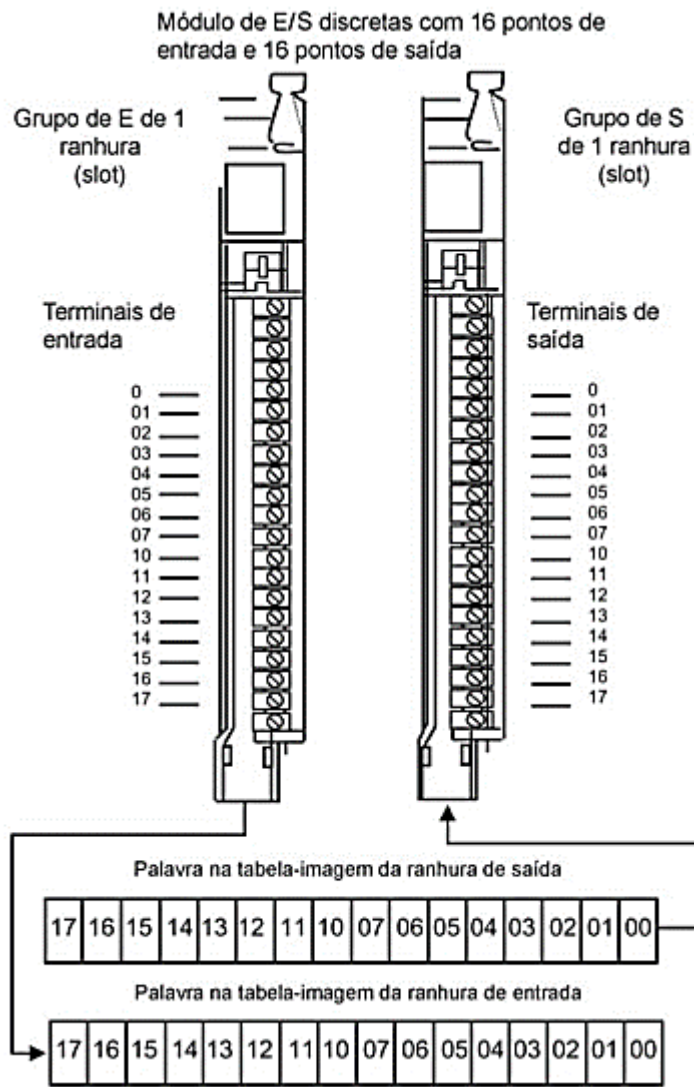
Arquitetura de um CLP

Módulos de Entrada e Saída (E/S): módulos responsáveis pela interface da CPU com o mundo exterior, adaptando os níveis de tensão e corrente e realizando a conversão dos sinais no formato adequado.

Também conhecidos como módulos de I/O. (Input/Output).



Controladores Lógico Programáveis – CLP's



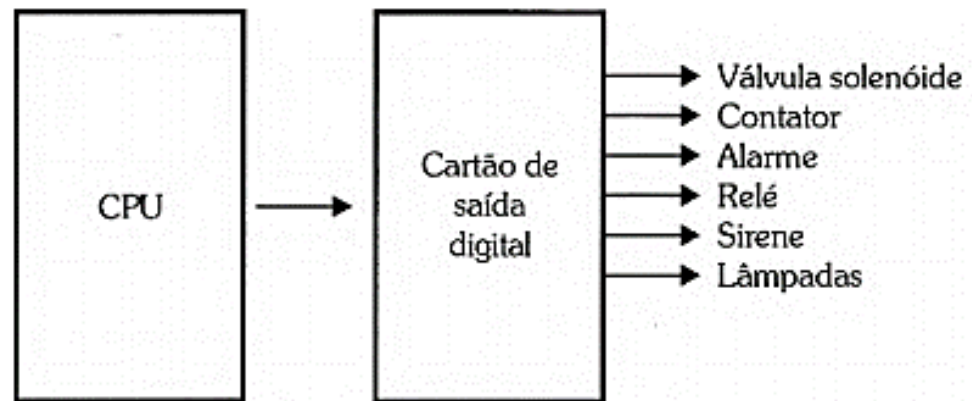
Módulo de E/S.

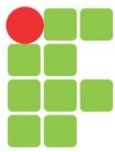


Arquitetura de um CLP

Módulos de Saídas digitais do CLP: Basicamente, os módulos de saída digitais dos controladores são acionados por três métodos:

- ✓ Saída a relé;
- ✓ Saída a TRIAC;
- ✓ Saída a transistor.





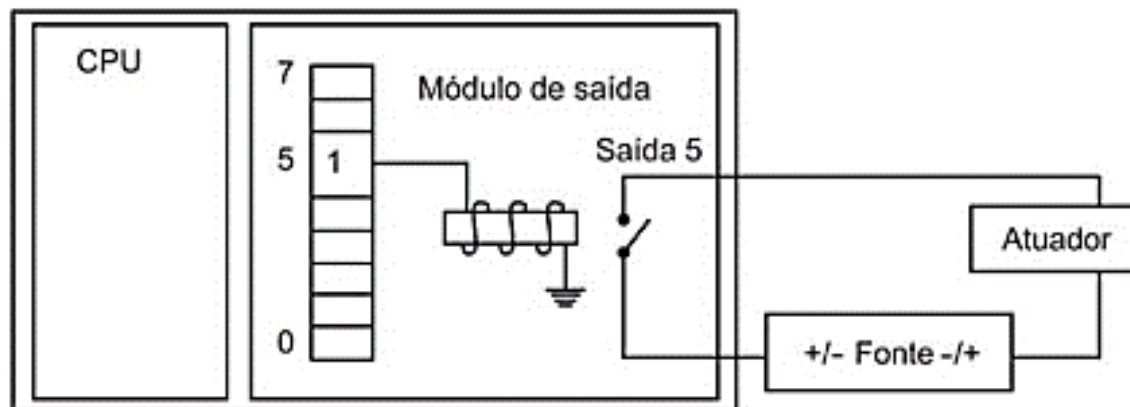
Arquitetura de um CLP

- ❑ Saída a Relé: quando ativado o endereço da palavra-imagem de saída, um solenoide correspondente a ele é ativado, fechando-se o contato na borneira de saída do controlador.

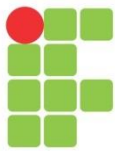
A grande vantagem desse tipo de saída está na robustez do módulo, que é praticamente imune a qualquer tipo de transiente de rede. Porém, sua vida útil (até 300k) e capacidade de corrente (5 A) são limitados.



Arquitetura de um CLP

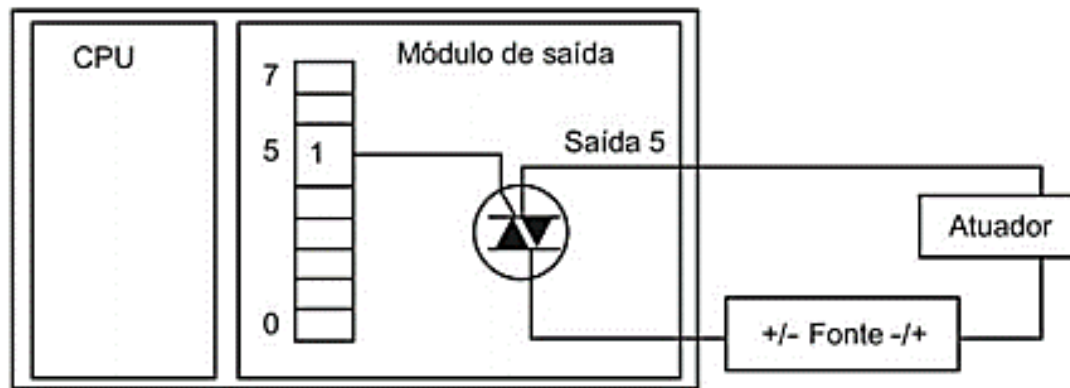


Módulo de saída a relé.

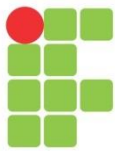


Arquitetura de um CLP

Saída a Triac: nesse caso, o elemento acionador é um triac (estado sólido). Pela própria característica do componente, esse elemento é utilizado quando a fonte é de corrente alternada. Vida útil (10 M) e capacidade de corrente (1 A).

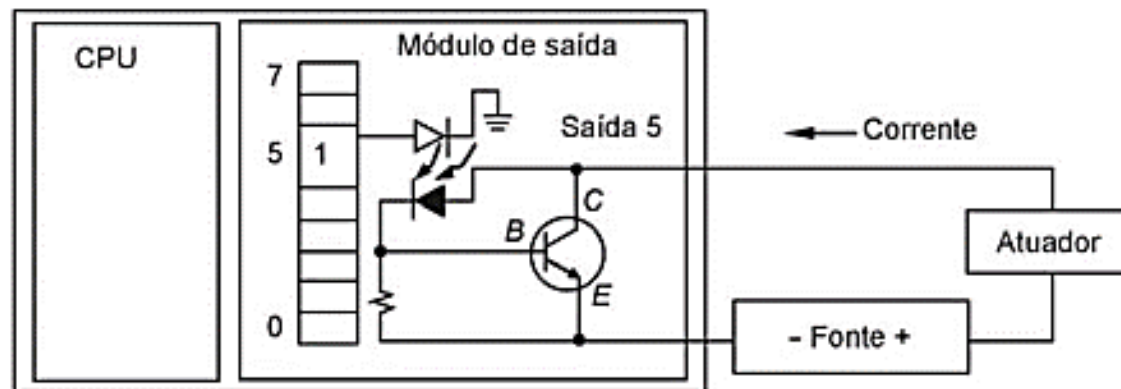


Módulo de saída a triac.



Arquitetura de um CLP

Saída a Transistor: o elemento acionador pode ser um transistor comum ou do tipo efeito de campo (FET). Esse tipo de módulo, normalmente o mais usado, é recomendado quando são utilizadas fontes em corrente contínua. 10 M, 1 A.

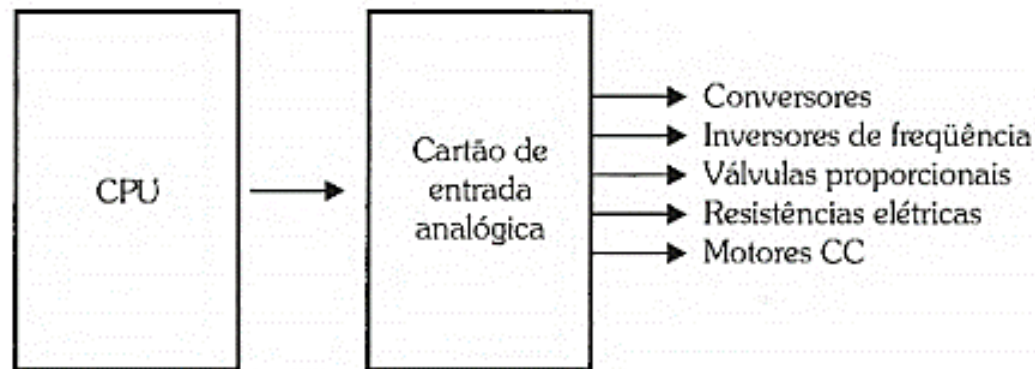


Módulo de saída a transistor.



Arquitetura de um CLP

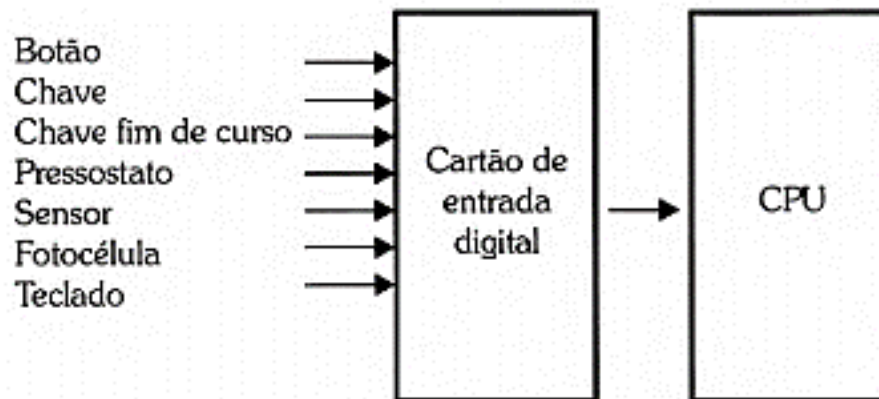
Módulos de Saídas analógicas do CLP: Esse tipo de interface converte valores numéricos (binários) em sinais de saída proporcionais em tensão (0 – 10 V) ou corrente (4 – 20 mA).





Arquitetura de um CLP

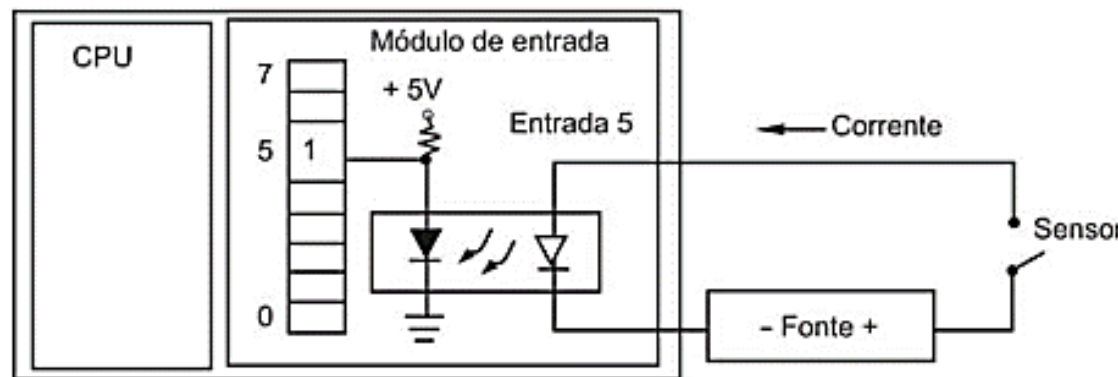
Módulos de Entradas digitais do CLP: responsáveis por fazer a interface entre os elementos de sinais de entrada e o CLP. Nesse tipo de módulo, os valores de entradas podem assumir apenas valores discretos (0 ou 1, ON/OFF).





Arquitetura de um CLP

Esses módulos contêm optoisoladores (ou optoacopladores) em cada um dos circuitos. Quando um circuito externo é fechado através do seu sensor, um diodo emissor de luz (LED) sensibiliza o componente de base, fazendo circular corrente interna no circuito de entrada correspondente.



Módulo de entrada a optoacoplador.

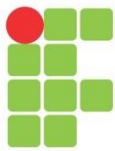


Arquitetura de um CLP

As entradas digitais do módulo podem ainda ser do tipo **fonte** ou **dreno**. Essa informação é fundamental para escolher o tipo de sensor que fará a interface com o CLP.

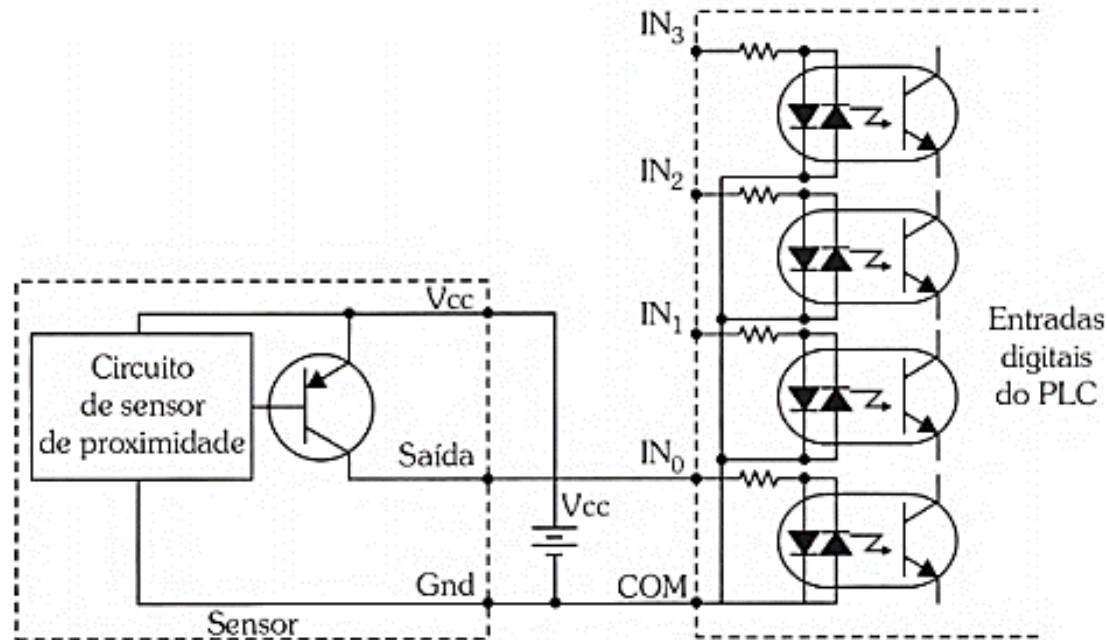
Interface com sensor PNP

A saída transistorizada PNP tem o emissor conectado a V_{cc} e o coletor aberto, pode-se dizer que essa interface exhibe uma lógica positiva (o dispositivo manda um sinal positivo para indicar que está ativado).



Arquitetura de um CLP

Interface com sensor PNP



Sensor PNP conectado a uma entrada tipo dreno.



Arquitetura de um CLP

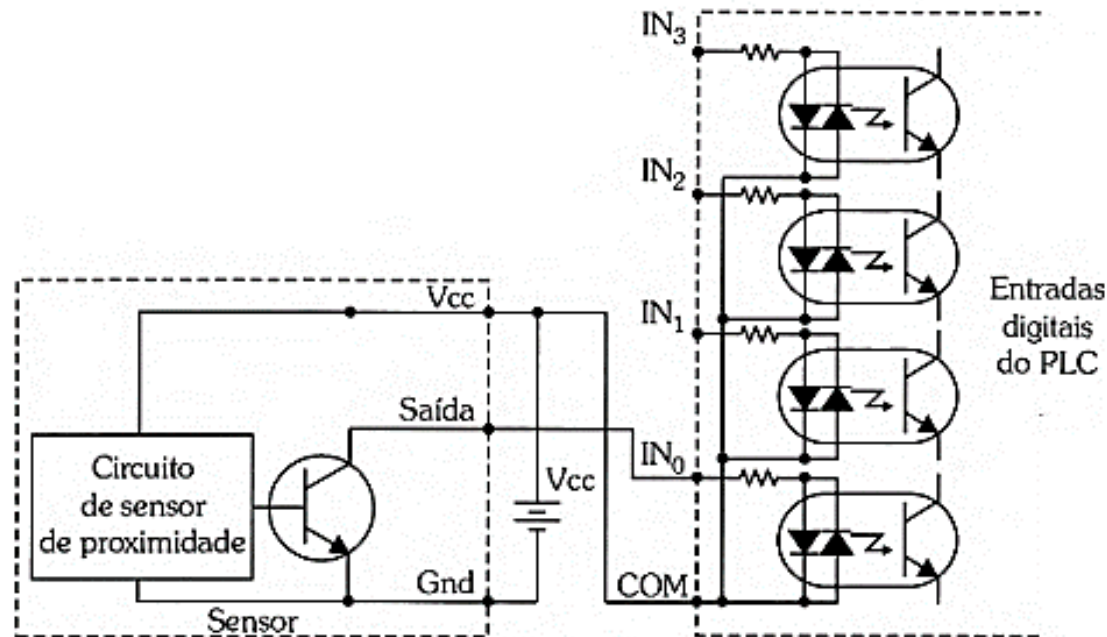
Interface com sensor NPN

A saída transistorizada NPN por sua vez, tem o emissor conectado a GND e o coletor aberto, exibindo uma lógica negativa (o dispositivo manda um sinal negativo para indicar que está ativado).

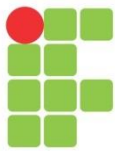


Arquitetura de um CLP

Interface com sensor NPN



Sensor NPN conectado a uma entrada tipo fonte.



Arquitetura de um CLP

Interface de entrada de dados

Os canais de entrada fornecem isolamento e condicionamento de sinais para que sensores e atuadores possam ser conectados diretamente sem necessidade de outro circuito intermediário.

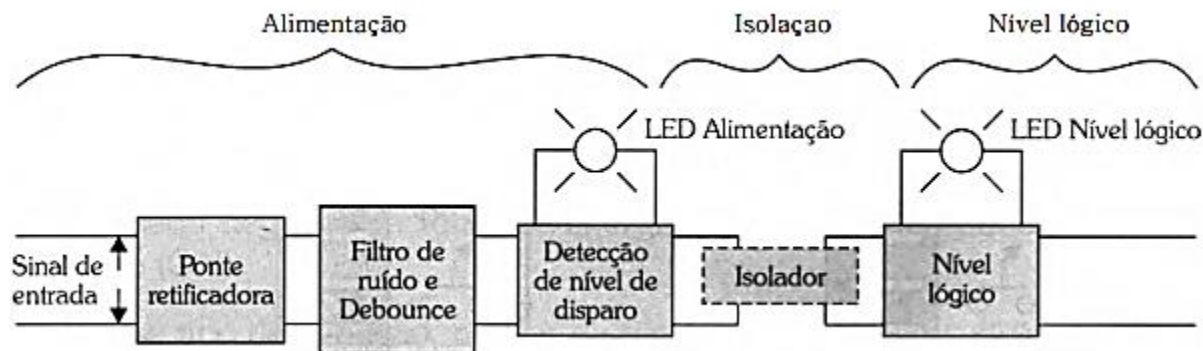
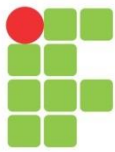
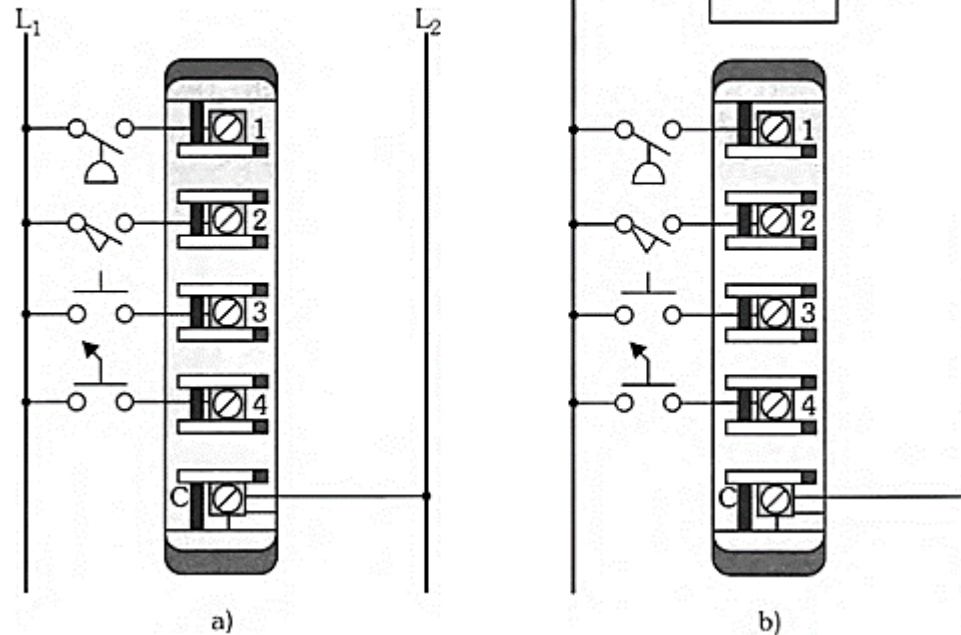


Diagrama de blocos para uma interface típica de entrada de dados.



Arquitetura de um CLP

Interface de entrada de dados



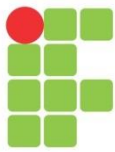
Cartões de entrada digital: a) alimentação em CA; b) alimentação em CC.



Arquitetura de um CLP

Módulos de Entradas analógicas do CLP: permitem que o CLP manipule grandezas analógicas que são enviadas por sensores eletrônicos. Essas grandezas analógicas tratadas por esses módulos são normalmente tensão (0 a 10; 0 a 5; 1 a 5 Vcc; diferenciais: -5 a 5; -10 a 10 Vcc) e corrente (0 a 20; 4 a 20 mA).





Arquitetura de um CLP

Outra questão importante é a resolução do módulo de entrada analógica, que é medido em bits. Um cartão com maior número de bits permite melhor representação da grandeza analógica.

Exemplo: um cartão de entrada analógica de 0 a 10 Vcc com resolução de 8 bits permite uma resolução de 39,1 mV.

$$Res. = \frac{URL - LRL}{2^N} = \frac{10\text{ V} - 0\text{ V}}{2^8} = 39,1\text{ mV}$$

N-> número de bits **URL** -> Upper Range Limit **LRL** -> Lower Range Limit

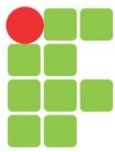


Endereçamento

Os métodos de endereçamento de entradas e saídas nos CLPs são bastante semelhantes. Palavras ou bits podem ser endereçados. A imagem das entradas e saídas (I/O) é realizada da seguinte maneira.

Por exemplo: I:12/04 ou O:02/06

- a) A primeira letra refere-se ao fato de a variável estar indexada como entrada ou como saída, ou seja, I (input) para a palavra de entrada e O (output) para a palavra de saída.

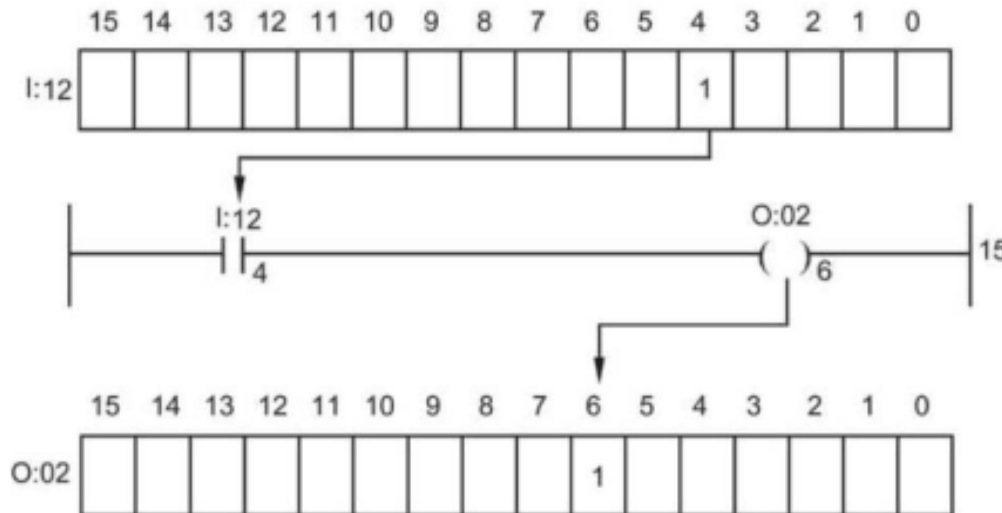


Endereçamento

- b) Os dois dígitos após o ponto duplo, ":", correspondem à localização que o respectivo módulo de entrada ou saída (pino) ocupa no controlador programável ou na sua expansão. No exemplo, os módulos imagem são respectivamente, 12 para a entrada e 02 para a saída.
- c) Os dois dígitos após a barra inclinada, "/", correspondem ao endereço do bit da imagem da palavra de entrada ou saída.

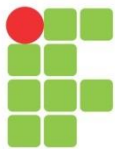


Endereçamento

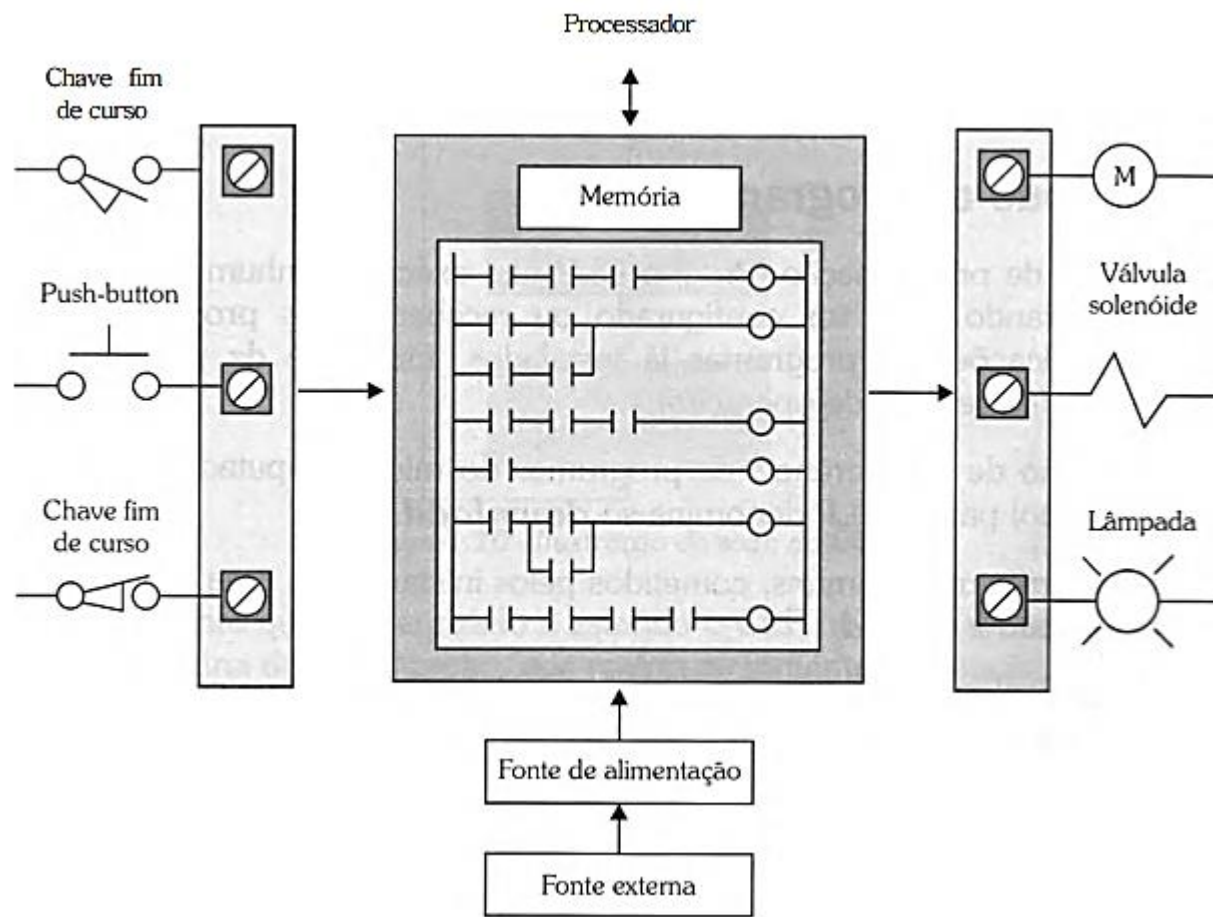


Endereços de entrada e de saída.

Nesse caso, o endereço de entrada corresponde ao bit 4 do pino nº 12 de entrada do controlador, que, ativado pela linha 15 do programa aplicativo, habilita a saída correspondente ao bit 6 do pino nº 02 de saída do CLP.



Controladores Lógico Programáveis – CLP's



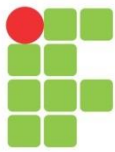
Interação das interfaces de E/S de dados.



Terminal de Programação

É um periférico que serve de meio de comunicação entre o usuário e o controlador, nas fases de implementação do software aplicativo. Pode ser um computador (PC) ou um dispositivo portátil composto de teclado e display; quando instalado, permite:

- autodiagnostico;
- alterações on-line;
- programação de instruções;
- monitoração;
- gravação e apagamento da memória.



Ciclo de execução (*scan*) em operação normal (Modo RUN)

Em um ciclo, o CLP realiza as seguintes etapas básicas:

- ✓ atualização das entradas;
- ✓ processamento das instruções do programa;
- ✓ atualização das saídas.

A varredura é processada em ciclo fechado:

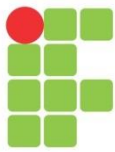




Ciclo de execução (*scan*) em operação normal (Modo RUN)

O controlador lê a porta de entrada, gravando a informação na imagem de entrada. Em seguida ocorre o processamento, e, por fim, ele copia a imagem de saída na porta de saída.

Para o primeiro ciclo, a imagem das variáveis de entrada é zerada. O processamento desenvolve-se a partir dessa situação, atualizando a palavra e a imagem de saída. Toda vez que a varredura da imagem de entrada se efetua, a palavra de entrada é atualizada.



Ciclo de execução (*scan*) em operação normal (Modo RUN)

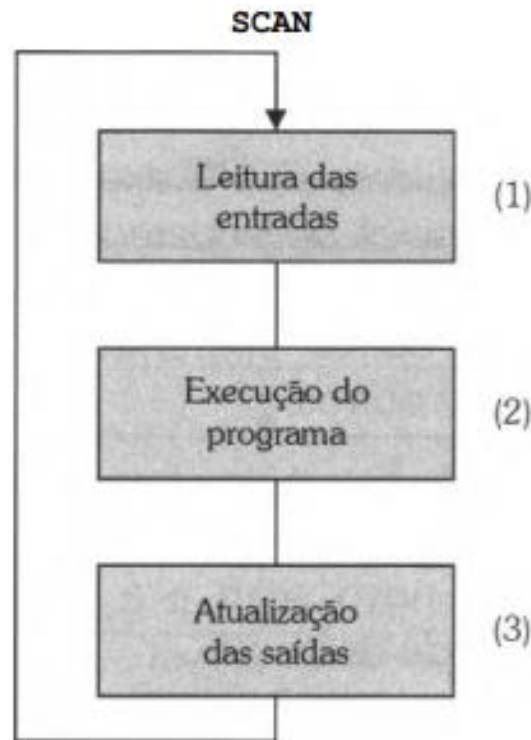


Ilustração do *scan* do CLP.

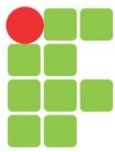


Ciclo de execução (*scan*) em operação normal (Modo RUN)

No momento que é energizado e estando o CLP no modo de execução, é executada uma rotina de inicialização, que realiza as seguintes operações:

- ✓ Limpeza da memória-imagem, para operandos não retentivos;
- ✓ Teste de memória RAM;
- ✓ Teste de executabilidade do programa.

Logo após a CPU inicia uma leitura sequencial das instruções em laço fechado (*loop*).



Modo de programação (Prog)

No modo de programação (Prog) o CLP não executa nenhum programa, isto é, fica aguardando para ser configurado ou receber novos programas ou até receber modificações de programas já instalados. Esse tipo de programação é chamado de *off-line* (fora de operação).

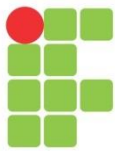
A operação de transferência de programas do microcomputador (ou terminal de programação) para o CLP denomina-se ***download***; já a operação para fazer a coleta de um programa armazenado no CLP para o PC é chamada de ***upload***.



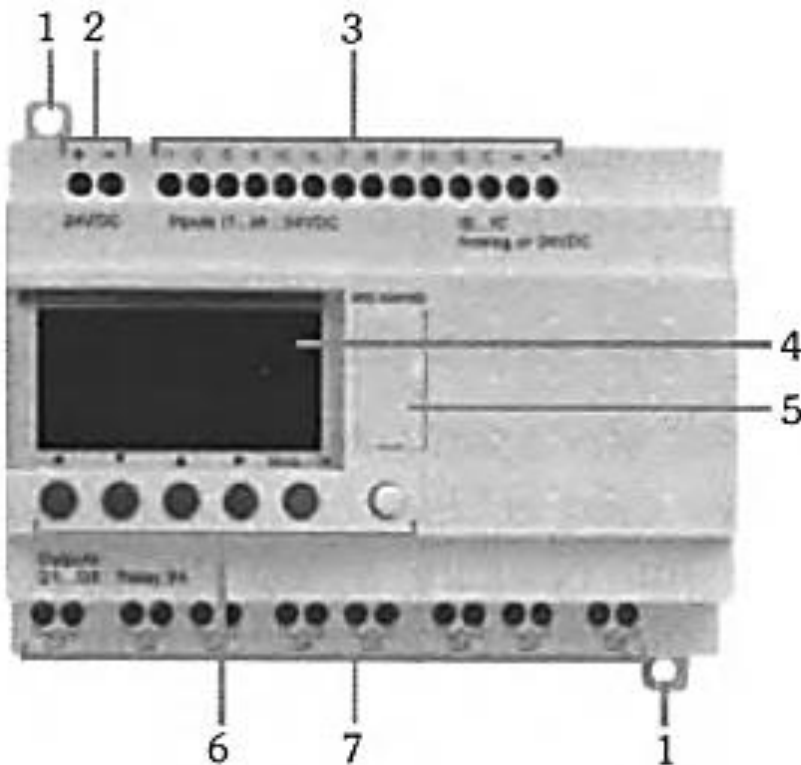
Modelos de CLP's

CLP's compactos: Possuem incorporados em uma única unidade: a fonte de alimentação, a CPU e os módulos de E/S, ficando o usuário com acesso somente aos conectores do sistema E/S. Esse tipo de estrutura normalmente é empregado para CLPs de pequeno porte. Atualmente suportam uma grande variedade de módulos especiais (normalmente vendidos como opcionais), tais como:

- Entradas e saídas analógicas;
- Contadores rápidos;
- Módulos de comunicação;
- Interfaces Homem/Máquina (IHM);
- Expansões de I/O.



Modelos de CLP's



1. Dois terminais de fixação.
2. Dois terminais para fonte de alimentação.
3. Terminais para conexão das entradas.
4. Display LCD com 4 linhas e 18 caracteres.
5. Slot para cartão de memória ou conexão com PC ou interface de comunicação com modem.
6. Seis botões para programação e entrada de parâmetros.
7. Terminais para conexão das saídas.

CLP compacto Zelio Logic da Schneider Electric.



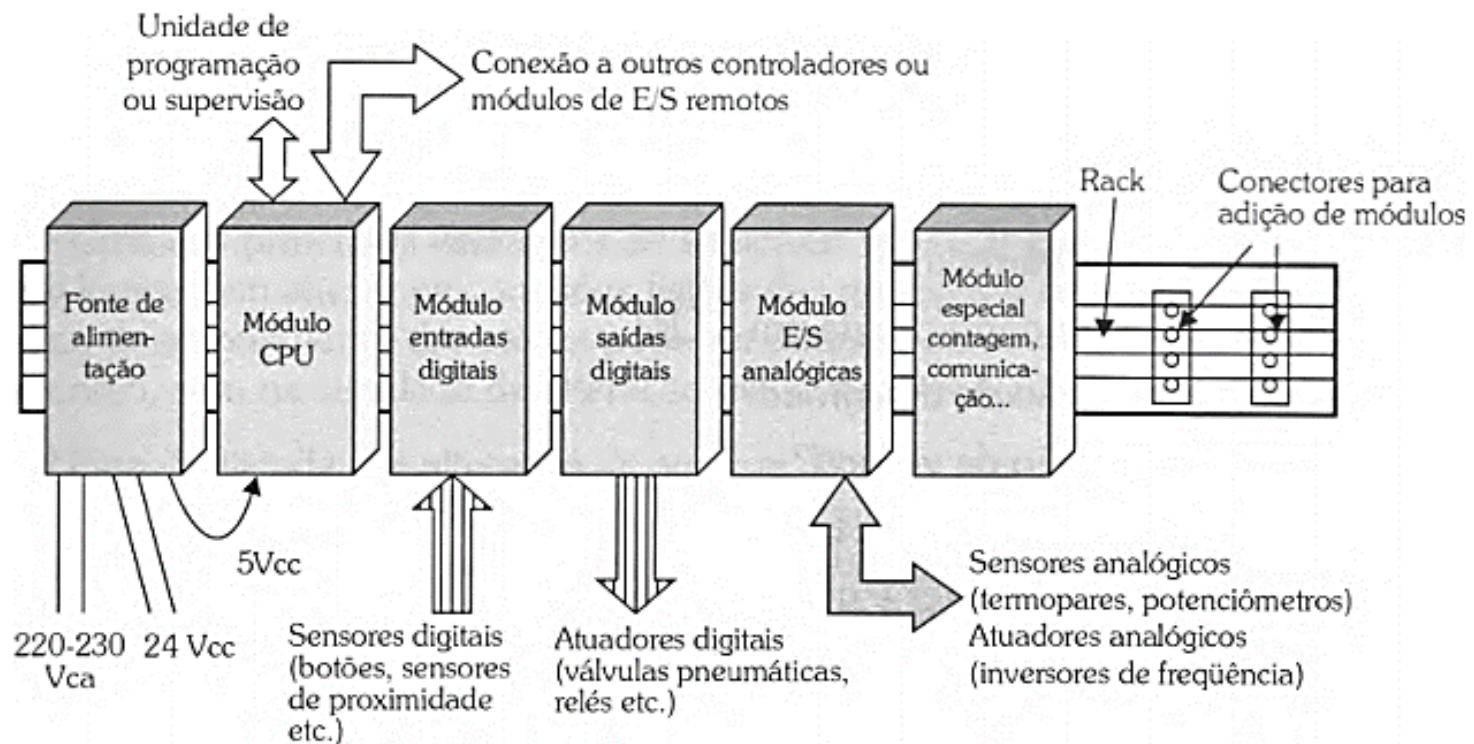
Modelos de CLP's

CLP's modulares: Esses CLPs são compostos por uma estrutura modular, em que cada módulo executa uma determinada função. Podemos ter processador e memória em um único módulo com fonte separada ou então as três partes juntas em um único gabinete.

O sistema de entrada/saída é decomposto em módulos de acordo com suas características. Eles são colocados em posições predefinidas (racks), formando uma configuração de médio e grande porte.



Modelos de CLP's



Arquitetura de um CLP modular.



Modelos de CLP's



CLP modular Simatic S7-300 da Siemens.