



Controlador Lógico Programável CLP



Handrey Emanuel Galon



Automação e Controle
Prof. Roberto Silvio Ubertino Rosso Jr.

Roteiro

- Histórico
- Componentes dos CLPs
- Classificação dos CLPs
 - Compacto
 - Modular
- Ciclo de operação do CLP
- Tipos de variáveis
 - Analógica
 - Digital
- Norma IEC 61131-3
- Norma IEC 61499
- CLP vs Computador
- CLP vs Microcontrolador



Definição

- **CLP (Controlador Lógico Programável) PLC (*Programmable Logic Controller*)** pode ser definido como:
 - **ABNT:** Um equipamento eletrônico-digital compatível com aplicações industriais;
 - **NMEA (*National Electrical Manufacturing Association* – USA):** Aparelho eletrônico digital que contém uma memória programável para armazenamento de instruções que são utilizadas para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, com o objetivo de controlar máquinas e processos.

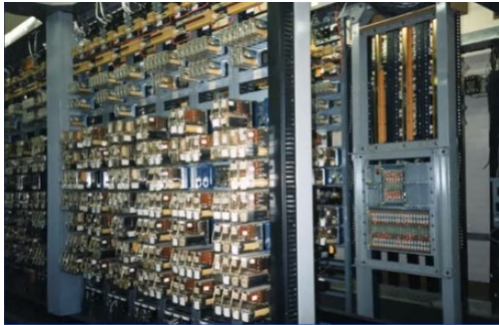
Histórico

- **Década de 50**
- **Relés:** Dispositivos eletromecânicos eram os recursos mais utilizados para efetuar controles lógicos e de intertravamentos nas linhas de produção e em máquinas isoladas.



- **Década de 50**

- Painéis de relés:



- **Década de 60**

- Em 1968, Richard Morley (1932 – 2017), sócio da empresa Bedford Associates na Nova Inglaterra (EUA), (empresa especializada em sistemas de controle para empresas de máquinas-ferramentas) idealizou o primeiro controlador lógico programável com as seguintes especificações:
 - Seria um processador em tempo real;
 - Previsível e confiável;
 - Modular e resistente;
 - Programação baseada em Ladder.

- **Década de 60**



MODICON 084

- **Década de 60**

- No mesmo ano, em 1968, a Divisão Hidráulica da General Motors Corporation desenvolveu um conjunto de especificações para um CLP:
 - Ser facilmente programado e reprogramado;
 - Ter condições de operarem ambientes industriais (vibração, temperatura, poeira, ruídos);
 - Aceitar sinais de 120 V ac;
 - Dispor de saídas projetadas para comutar e operar continuamente cargas. Exemplo: como motores;
 - Possuir preço e custo de instalação competitivos se comparados aos dos controladores eletromecânicos baseados em relés.

- **Década de 70**
- Fase de grande aprimoramento dos CLPs, principalmente devido as inovações tecnológicas dos microprocessadores. Os Controladores Lógicos Programáveis incorporam:
 - Funções temporização e contagem;
 - Capacidade aritmética e manipulação de dados;
 - Comunicação com computadores e com interfaces homem-máquina (IHM);
 - Aumento da memória;
 - Controle analógico;
 - Módulos de I/O remotos.

- **Década de 80**
- No Brasil porém, somente na década de 80, que o CLP veio a proliferar na indústria, primeiramente pela absorção de tecnologias utilizadas na matriz das multinacionais.



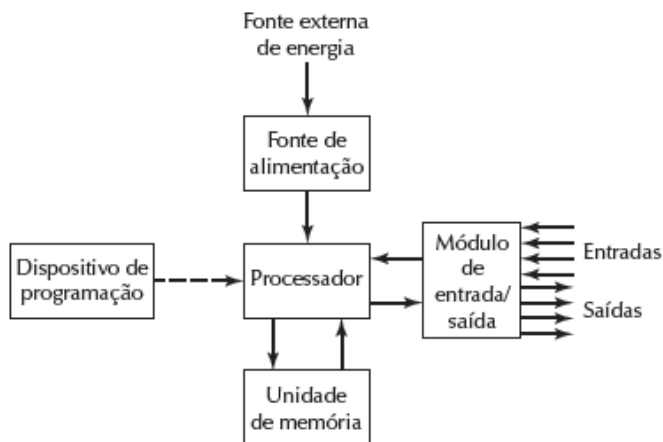
Vantagens do CLP em detrimento aos relés.

Redução dos painéis elétricos
Facilidade de manutenção
Projetos elaborados mais rápidos
Redução no consumo de energia elétrica
Processamento de informações mais rápido
Operações matemáticas complexas
Comunicação com outros dispositivos
Maior confiabilidade
Facilidade no diagnóstico de problemas

- **Historicamente, os CLPs podem ser classificados como:**
 - **1ª GERAÇÃO:** Programação em Assembly
 - **2ª GERAÇÃO:** Apareceram as linguagens de programação de nível médio
 - **3ª GERAÇÃO:** Os CLPs passam a ter uma entrada de programação que era feita através de um teclado
 - **4ª GERAÇÃO:** É introduzida uma entrada para comunicação serial, e a programação passa a ser feita através de microcomputadores.
 - **5ª GERAÇÃO:** Os CLPs passam a utilizar padrões para realizar a comunicação e facilitar a interface com equipamentos de outros fabricantes

Componentes

- Principais componentes do CLP



Classificação

- De acordo com a quantidade de terminais de entrada/saída, os CLPs podem ser classificados como:

Tamanho do CLP	Quantidade de E/S
CLP grande	≥ 1024
CLP médio	< 1024
CLP pequeno	< 256
CLP micro	≤ 32
CLP nano	≤ 16

Classificação

- De acordo com a disposição dos elementos constituintes dos CLPs, pode-se classifica-los em:
 - **Compactos**
 - **Modulares.**

Classificação

- **CLP compacto:**
- Todos os componentes são colocados em uma única estrutura física, isto é, o processador, a memória, a fonte e o sistema de entrada e saída são colocados em um gabinete ficando ao usuário com acesso somente ao sistema aos conectores do sistema de E/S.



Classificação

- **CLP modular:**
- São compostos por uma estrutura modular, em que cada módulo detém uma determinada função;
- Os módulos são colocados em posições predefinidas (racks), podendo formar uma configuração de médio ou grande porte.



Classificação

- **CLP Compacto**

- Vantagens:

Mais baratos

Ideais para automações de pequeno porte

- Desvantagem:

Sua configuração não pode ser alterada

Classificação

- **CLP Modular**
- Vantagens:

Capacidade de expansão e troca de módulos

Maior velocidade de processamento

Mais memória

Mais recursos de programação

- Desvantagem:

Custo elevado

Classificação

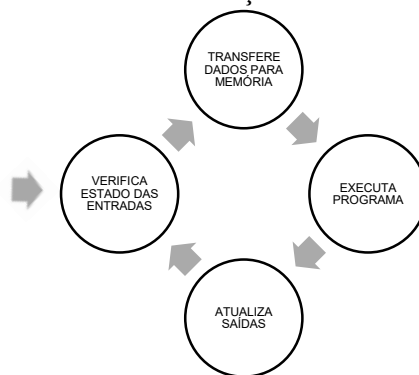
- **Allen-Bradley SLC 500 PLC**



- Siemens SIMATIC S7-300



- O princípio fundamental de funcionamento do CLP é a execução de um programa pela CPU, que realiza ciclicamente as ações de leitura das entradas, execução do programa de controle do usuário e atualização das saída.



Ciclo de Operação

- O tempo total para execução dessas tarefas, chamado ciclo de varredura, *scanning* ou tempo de *scan* e depende:
 - Da velocidade e características do processador utilizado.
 - Do tamanho do programa de controle do usuário.
 - Da quantidade de pontos de entrada/saída.

Tipos de Variáveis

- **Entrada:**
- Considera-se cada sinal recebido pelo CLP.
- Podem ser do tipo:
 - Entrada digital;
 - Entrada analógica.

Tipos de Variáveis

- **Entradas digitais:** Possuem somente dois estados.



Sensor On/Off



Botão



Chaves



Tipos de Variáveis

- **Entradas analógicas:** Possuem valores que variam dentro de uma determinada faixa.



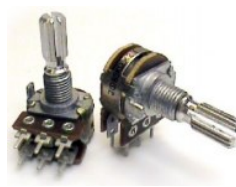
LDR – Sensor de Luminosidade



LM35 – Sensor de Temperatura



Sensor de Pressão



Potenciômetro

Tipos de Variáveis

- **Saída:**
- Considera-se cada sinal produzido pelo CLP.
- Podem ser do tipo:
 - Saída digital;
 - Saída analógica.

Tipos de Variáveis

- **Saídas digitais:** Possuem somente dois estados.



Contatores



Sinaleiro



Motor

Tipos de Variáveis

- **Saídas analógicas:** Possuem valores que variam dentro de uma determinada faixa.



Válvula Solenóide



Inversor de Frequência

Programando o CLP

- Em 1992, um padrão para a programação de CLPs foi desenvolvido e publicado pela *International Electromechanical Commission* e intitulado *International Standard for Programmable Controllers* (IEC 61131-3).
- A ideia é que o código possa ser reutilizado e as técnicas de programação possam ser compartilhadas em diferentes plataformas.

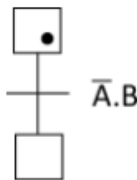
- Linguagem gráficas:
 - **Diagrama de lógica *Ladder***: mais amplamente utilizado;
 - **Diagrama de blocos de funções**: instruções compostas de blocos que transformam os sinais de entrada para os sinais de saída desejados;
 - **Diagrama de funções sequenciais (*Grafcet*)**: fornece os meios para estruturar um programa de forma sequencial.
- Linguagens textuais:
 - **Lista de instruções**: linguagem de programação de baixo nível;
 - **Texto estruturado**: linguagem de programação de alto nível.

- **Ladder**
 - Linguagem mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs;
 - A programação é feita por meio da inserção do componente apropriado nos degraus (linhas). Os componente são de dois tipos básicos:
 - Contatos (entradas);
 - Bobinas (saídas).
 - Exemplo:



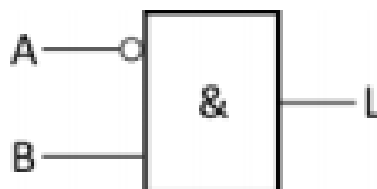
- **Diagrama de blocos sequenciais (SFC)**

- Conhecido como *Sequential Function Chart* (GRAFCET);
- Permite a descrição de ações sequenciais;
- Os elementos do SFC são:
 - **Etapas:** associadas as **ações**;
 - **Transições:** associadas as **condições**;
 - **Ligações Orientadas:** conectam as etapas as transições às transições, e estas as etapas.



- **Diagrama de blocos de funções (FBD)**

- Popular na Europa;
- Os elementos são expressos por blocos interligados;
- Os blocos são construídos utilizando a linguagem de texto estruturado;
- Há uma norma específica para estes elementos (IEC 61499).
- Exemplo:



- **Lista de instruções (IL)**

- Inspirada em Assembly;
- Puramente sequencial;
- Indicada para pequenas aplicações ou otimização de códigos.
- Exemplo:

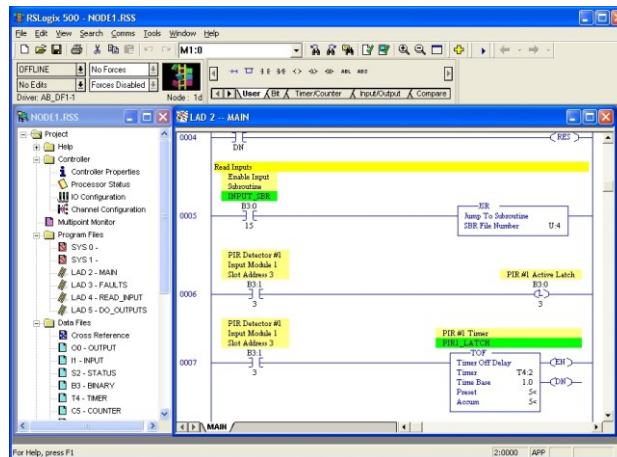
LDN	A
AND	B
ST	L

- **Texto estruturado (ST)**

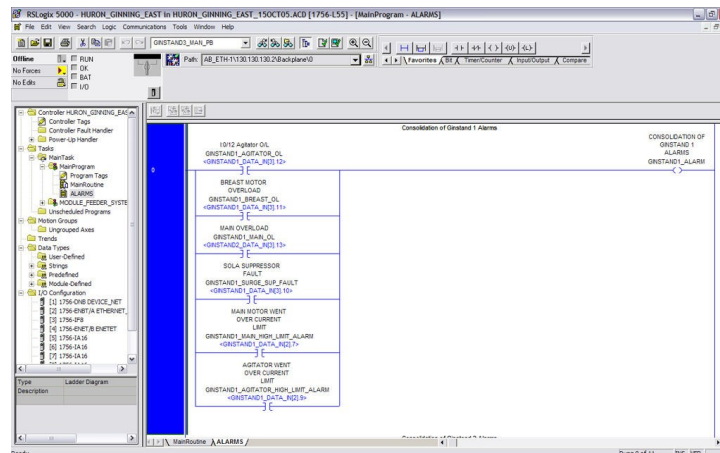
- Linguagem textual de alto nível;
- Inspirada em Pascal;
- Excelente para definir blocos de funções;
- Exemplo:

L := Not(A) AND B;

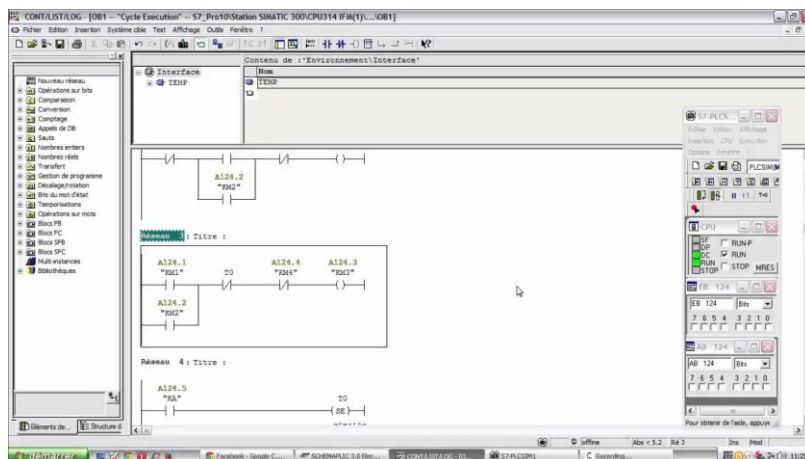
- RSLogix 500



- RSLogix 5000



- STEP 7



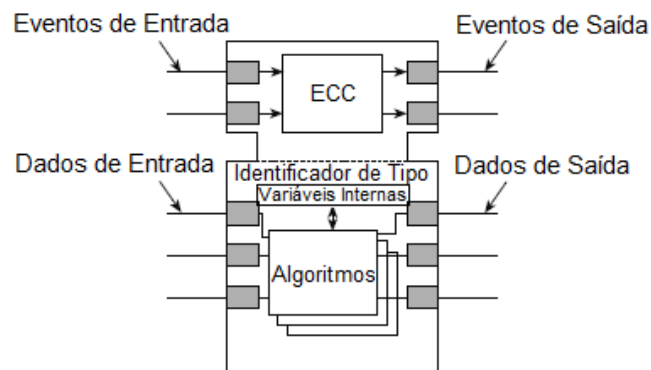
- Norma **IEC 61499** foi publicada em 2005 (atualizada em 2013) e é baseada na norma IEC 61131, criada para uniformizar a programação de CLP.
- Criada para garantir três requisitos principais:
 - **Portabilidade:** Capacidade de executar o mesmo código em diferentes dispositivos e interpretar os elementos do sistema em diferentes ferramentas de software;
 - **Configurabilidade:** Capacidade de alterar dinamicamente os dispositivos e os componentes de software através de múltiplas ferramentas de edição;
 - **Interoperabilidade:** Capacidade dos dispositivos de operarem juntos para atender aos requisitos do sistema.

Norma IEC 61499

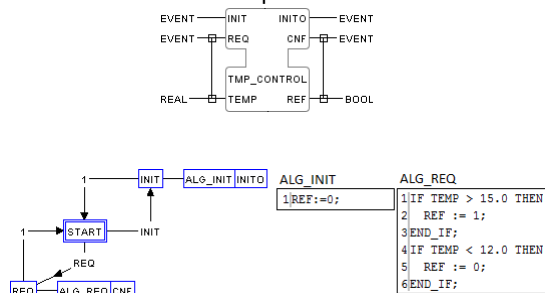
- Define uma linguagem visual que se baseia em blocos de funções (uma abstração de código)
- Existem três tipos de blocos de funções na norma IEC 61499:
 - **Basic Function Block**: Encapsula algoritmos e variáveis;
 - **Service Interface Function Block**: Fornece acesso ao meio externo;
 - **Composite Function Block**: Encapsula vários blocos de funções.
- As definições do sistema são armazenados no formato *xml*.

Norma IEC 61499

- A representação de um bloco de funções é dividida em cabeçalho e corpo, conforme demonstrado na figura abaixo:



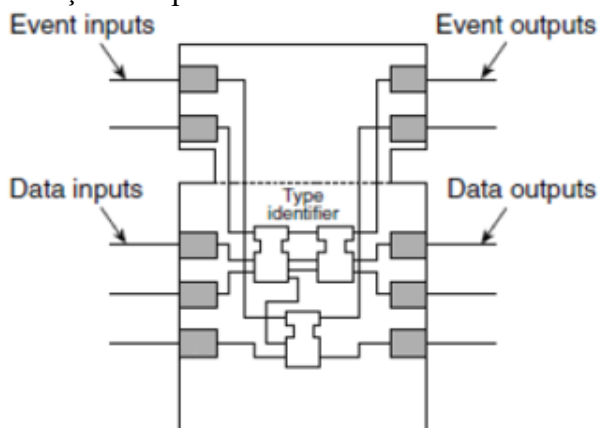
Exemplo de FB

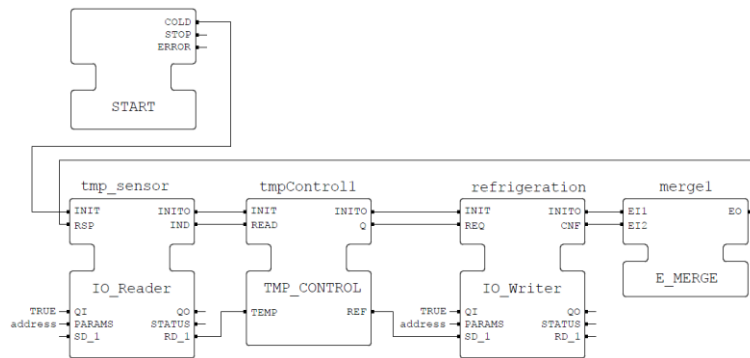


Exemplo de ECC e Algoritmo em um FB

Fonte: Pinto 2019

- Bloco de função composto:

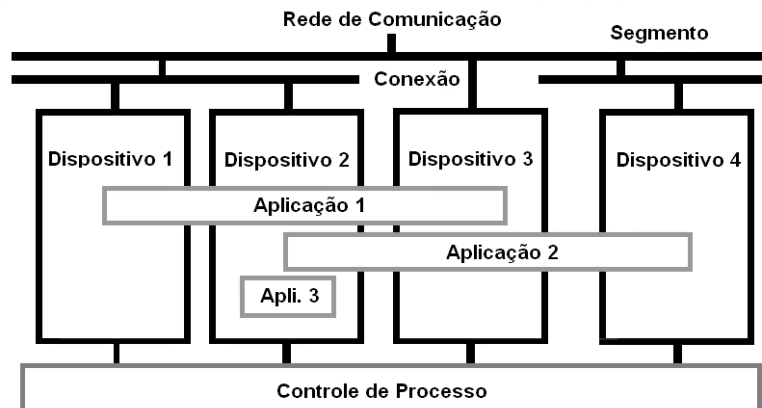




Exemplo de uma rede de blocos de função

Fonte: Pinto 2019

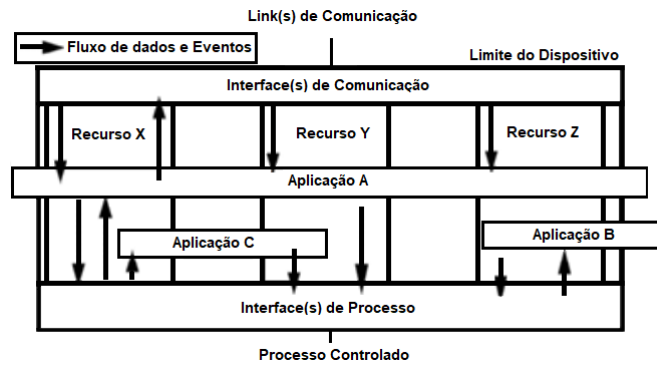
No modelo do sistema é possível verificar os dispositivos, a rede de comunicação, com as interfaces de rede para que os dispositivos possam se comunicar entre si. Possui ainda, uma interface de processo para interagir com o processo controlado e uma biblioteca de blocos de funções (FBs) fornecida no dispositivo



Modelo de Sistema (Adaptado de IEC61499-1,2013 apud Nunes 2019)

Norma IEC 61499

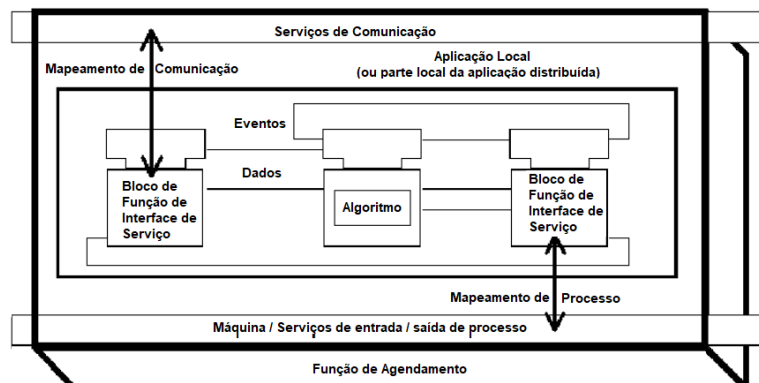
Um dispositivo corresponde a um equipamento independente, composto por processador, memória e interface de comunicação, capaz de encapsular aplicações e recursos



Modelo de dispositivo (Adaptado de IEC 61499-1, 2013 Apud Nunes 2019)

Norma IEC 61499

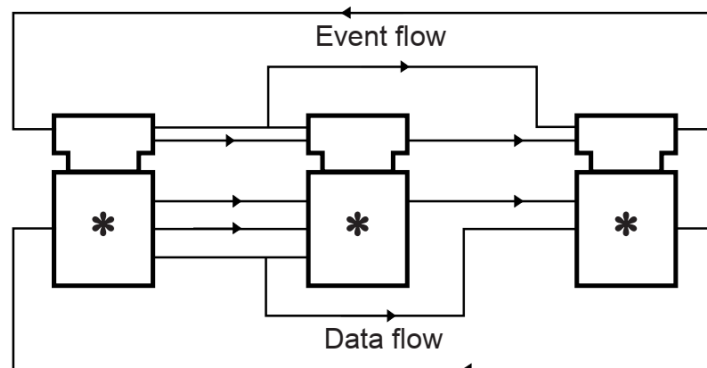
Um recurso é o elemento operacional disponibilizado pelo dispositivo.
A sua função é encapsular aplicações ou parte delas, conforme mostra a figura



Modelo de Recurso (adaptado de IEC61499-1,2013)

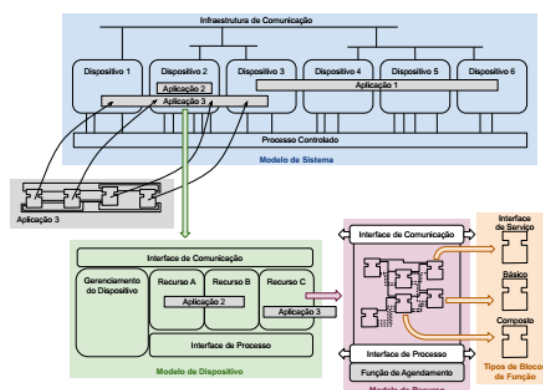
Norma IEC 61499

Uma aplicação é uma rede de FBs conectados, onde são especificados os fluxos de dados e os eventos de entrada e saída. Pode ser compartilhada entre um ou mais dispositivos e pode ser encapsulada em um **Bloco de Função Composto**.



Modelo de Aplicação (IEC61499-1,2013)

Norma IEC 61499



Visão geral dos modelos que compõem a IEC 61499 (Adaptado de Zoiti 2008, Apud Leitão 2022)

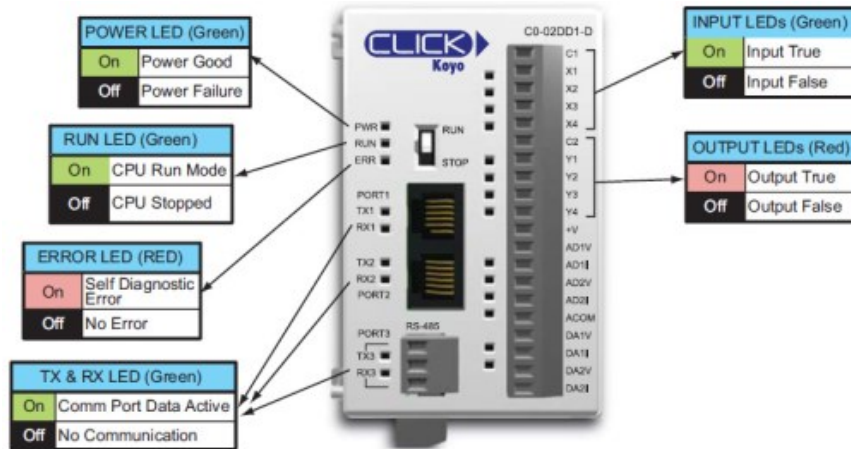
Modos de Operação

- **Programação** (off-line): Não executa nenhum programa de usuário, ficando em modo de espera aguardando novos programas ou alterações dos existente.
- **Execução** (on-line): O CLP passa a executar o programa do usuário realizando continuamente os ciclos de *scan*.
- **Falha:** Comunicação.

Norma IEC 61499

- A IEC 61499 aceita as cinco linguagens de programação definidas na IEC61131-3 para implementar os algoritmos;
- Também aceita e é comum o uso de Java e C.

Modos de Operação



CLP vs PC (Computadores Pessoais)

- No início da década de 1990, os PCs começaram a invadir aplicações anteriormente dominadas pelos CLPs
- A evolução tecnológica dos CLPs não acompanhou a dos PCs
- PCs passam a estar disponíveis em gabinetes mais robustos e podem ser equipados com cartões de E/S e outros hardwares para se conectar a máquinas e processos.

CLP vs PC (Computadores Pessoais)

- Duas abordagens são empregadas nos sistemas de controle baseados em PCs:
 - **Lógica *soft*:** Os algoritmos de controle são instalados no sistema operacional como programas de alta prioridade
 - **Sistemas críticos de controle em tempo real:** O Sistema Operacional executa em tempo real, e o software de controle tem prioridade sobre todos os outros programas.

CLP vs Microcontrolador



X



CLP vs Microcontrolador

- CLP: são sistemas microprocessados que desempenham uma função de controle.
- Existem diversos fabricantes de CLPs no mercado:
 - Siemens;
 - Schneider;
 - Allen-Bradley;
 - Festo;
 - Rockwell.

CLP vs Microcontrolador

- **Utilização de CLP**

- Vantagens:

Modularidade

Fácil aprendizagem

Programação rápida

- Desvantagens:

Custo elevado

CLP vs Microcontrolador

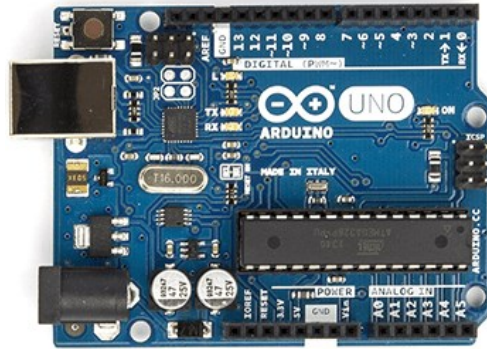
- O microcontrolador é um circuito integrado programável que contém todos os componentes de um computador:
 - CPU;
 - Memória;
 - Portas de entrada e saída;
 - Conversores A/D e D/A.

CLP vs Microcontrolador

- Existem diversas linhas de microcontroladores e entre os principais fabricantes pode-se citar:
 - Microchip.
 - Texas;
 - Atmel;
 - Renesas;
 - Intel;
 - Motorola.

CLP vs Microcontrolador

- Arduino: utiliza o microcontrolador AVR da Atmel



CLP vs Microcontrolador

- Dificuldades na utilização dos microcontroladores:
 - Código textual (Assembly ou C);
 - Código escrito para um modelo de um fabricante não funciona no modelo de outro, existindo até mesmo incompatibilidade entre diferentes modelos de um mesmo fabricante;
 - Exigem do usuário conhecimentos de sistemas digitais, componentes eletrônicos, projeto de hardware, montagem e programação.
- Embora a aplicação de um microcontrolador em um projeto qualquer exija uma certa dedicação e estudo, por outro lado seu baixo custo facilita que o mesmo possa ser aplicado desde projetos caseiros até projetos de grande porte.

CLP vs Microcontrolador

Comparativo entre CLPs e Microcontroladores		
Itens	CLP	Microcontrolador
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos industriais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos caseiros e industriais de pequeno, médio e grande porte. • Indicado para projetos com funções específicas.
Configuração	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil configuração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Configuração complexa, exigindo o domínio do hardware e do software.

CLP vs Microcontrolador

Comparativo entre CLPs e Microcontroladores		
Itens	CLP	Microcontrolador
Custo	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo.
Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil aprendizagem, exigindo-se apenas conhecimentos de lógica booleana e comandos elétricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil aprendizagem, exigindo o conhecimento de sistemas digitais, programação, eletrônica e eletricidade.
Empregabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Grande empregabilidade, sobretudo em indústrias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa empregabilidade, contudo, oferece melhores salários além da possibilidade do projetista trabalhar por conta.

- GROOVER, M. Automação industrial e sistemas de manufatura. 3 ed. São Paulo : Pearson Education, 2014;
- Douglas Wildgrube Bertol, Disciplina: Automação, Disponível em:
<<http://www.joinville.udesc.br/portal//professores/bertol/index.php?pg=materiais&cat=disc>>;
- PINTO, L. I. “ICARU-FB: Uma infraestrutura de software aderente a norma IEC 61499”, Dissertação (Mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Santa Catarina, 2014. Disponível em: <<http://tede.udesc.br/bitstream/handle/2042/1/Leandro%20Israel%20Pinto.pdf>>.