



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA  
Curso de Eletrotécnica**



**Apostila de Automação Industrial**

**Elaborada pelo Professor M.Eng. Rodrigo Cardozo Fuentes**

Prof. Rodrigo C. Fuentes  
Campus- UFSM – Prédio 5  
Email: [fuentes@smail.ufsm.br](mailto:fuentes@smail.ufsm.br)  
Web-site: [w3.ufsm.br/fuentes](http://w3.ufsm.br/fuentes)

**SANTA MARIA – RS  
2005**

## ÍNDICE

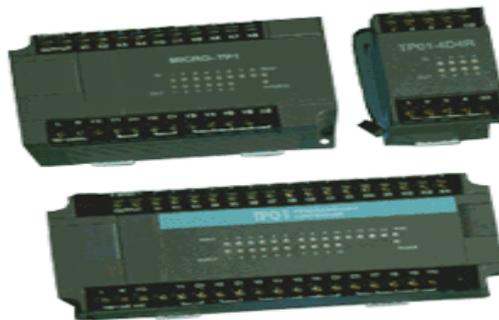
<b>1. CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS .....</b>	<b>4.1</b>
<b>1.1. Introdução:.....</b>	<b>4.1</b>
<b>1.2. Definição .....</b>	<b>4.1</b>
<b>1.3. Áreas de aplicação .....</b>	<b>4.2</b>
1.3.1. <i>Aplicações usuais: .....</i>	<i>4.2</i>
<b>1.4. Interfaces Homem Máquina - IHM .....</b>	<b>4.3</b>

## 4. Controladores Lógico Programáveis

### 4.1. Introdução:

Quando surgiram na década de sessenta os controladores lógico programáveis tinham como missão a substituição da lógica de relés, isto ocorreu pois a industria automotiva a cada novo lançamento/modificação de um automóvel no mercado tinha que remodelar sua linha de montagem, sendo que esta remodelação significava a mudança da lógica dos painéis de relés eletromecânicos (painéis que chegavam a ter várias dezenas de metros de comprimento) o que levava muito tempo e por vezes no sucateamento e substituição do painel antigo. Os Controladores lógico programáveis (CLP's) surgiram então para executar lógicas de intertravamento digitais com várias vantagens. Dentre elas podemos ressaltar a compactação dos painéis dada a reduzida dimensão dos CLP's e a facilidade de reparametrização da lógica de intertravamento, permitindo assim a reutilização do painel e a redução dramática do tempo de remodelação da linha de produção.

Com o passar do tempo os controladores lógico programáveis passaram a tratar variáveis analógicas e no inicio dos anos oitenta incorporaram a função do controle de malhas, com algoritmos de controle proporcionais, integrais e derivativos (PID). Ainda na década de oitenta com a evolução dos microcomputadores e das redes de comunicação entre os CLP's, os quais passaram a elevar sua performance, permitindo que vários controladores lógico programáveis pudessem partilhar os dados em tempo real e que nesta mesma rede estivessem conectados vários microcomputadores, os quais através de um software de supervisão e controle, podiam monitorar, visualizar e comandar o processo como um todo a partir de uma sala de controle distante do processo. Este passo tecnológico deu inicio aos Sistemas Digitais de Controle Distribuídos (SDCD) baseados em CLP's.



Controladores Lógico Programáveis (CLP's)

### 4.2. Definição

Define-se como Controlador Lógico Programável (CLP) um equipamento eletrônico digital que tem como objetivo implementar funções específicas de controle e monitoração sobre variáveis de uma máquina ou processo. É constituído por módulos de entrada e de saída (hardware) onde as funções disponíveis devem ser

programadas em uma memória interna (software). O hardware deve ser universal, podendo ser aplicado a todos os tipos de processos.

Atualmente os CLP's têm acompanhado a evolução da tecnologia dos computadores e microprocessadores, tomando-se cada vez mais econômicos, menores e com maior capacidade de processamento. O princípio de funcionamento é similar para todos os fabricantes, entretanto cada fabricante pode apresentar a sua linguagem de programação. Para exercer suas funções, um CLP processa sinais de entrada proveniente de botoeiras, chaves e sensores diversos, fornecendo sinais de saída que atuam sobre a máquina ou processo. O CLP atende as funções de sequenciamento e intertravamento elétricos por meio de comparações, contagens, temporizações e controle PID, em conformidade com um programa específico armazenado em memória interna, programável pelo usuário para realizar as funções de controle, comando e supervisão de máquinas e/ou processos, com "hardware" e "software" compatíveis com as aplicações.

### 4.3. Áreas de aplicação

As limitações dos primeiros modelos não são mais uma barreira para que os CLP's ocupem o espaço de outros equipamentos e novas áreas, inclusive em aplicações de baixo custo, onde até a pouco tempo um equipamento de automação não seria aplicável. Os CLP's encontram grande aplicação em quase todos os setores industriais, envolvendo controle de processo, automação da manufatura, integração de sistemas de automatização, linhas de fabricação e montagem, automação prediais, controle de subestações de energia, estações de tratamento de água, onde quer que sejam requeridas funções de controle, sequenciamento e intertravamento de ações e supervisão do andamento de alguma atividade.

#### 4.3.1. Aplicações usuais:

Uso interno em máquinas-ferramentas, para funções de intertravamento e sequenciamento das operações e controle de grandezas relevantes para a usinagem, tais como posição dos eixos, torque, velocidades de avanço, aceleração e outras;

Uso da função de controlador PID para controle de grandezas físicas como posição, rotação, velocidade, temperatura, pressão, vazão, força, potência e outras, na indústria metal mecânica, química, petroquímica, têxtil, geração de energia, etc.; Controle do sequenciamento e intertravamento das operações em linhas de produção e montagem automatizadas, com frequência substituindo lógicas de comando originalmente implementadas com relés.

Atualmente as aplicações em controle de processos abrangem uma multiplicidade de formas e produtos diversos, integrando CLP's tradicionais, Interfaces Homem-Máquina, sensores inteligentes, computadores pessoais, computadores de grande porte, formas diversas de comunicação e muitas outras.

As principais vantagens do CLP sobre a lógica de relés que destaca o seu sucesso em aplicações industriais são:

- Elevada confiabilidade;
- Pequenas dimensões e peso reduzido;

- Capacidade de comunicação com computadores e outros sistemas inteligentes;
- Construção robusta, adequada a ambientes industriais;
- Projeto modular, de fácil expansão.

O programa de operação do CLP é introduzido através de terminais de programação, que não ficam conectados ao CLP exceto durante a entrada ou alteração de um programa. Estes freqüentemente são equipamentos relativamente simples, dotados de teclado para entrada de dados e um "display". Os terminais de programação mais sofisticados incluem tela de vídeo e software gráfico para programação e monitoração. Atualmente vêm sendo cada vez mais usados computadores do tipo PC, Laptops e Notebooks para esta finalidade.

O CLP em geral é construído de forma modular, composto por placas independentes. Os módulos de entrada, que constituem um sistema de aquisição de dados, filtram e codificam sinais digitais e analógicos provenientes de botões, chaves fim-de-curso, termopares, pressostatos, potenciômetros, sensores de proximidade, encoders, sinais de fontes de tensão ou corrente, etc. Os sinais com níveis de potência mais elevados são isolados com opto-acopladores. Os módulos de saída fornecem sinais digitais ou analógicos devidamente codificados para energizar os dispositivos de operação e sinalização tais como contactores, solenóides e atuadores diversos. As saídas podem ser ainda temporizadas, com regulagem para prover os retardos desejados. Os sinais de entrada e saída podem ser de corrente contínua ou alternada, em diferentes níveis de tensão e potência.

A figura abaixo apresenta um CLP com diversos módulos de entrada e saída. Estes são montados em um bastidor metálico padronizado em suas dimensões e conexões elétricas, Os módulos são acoplados entre si por meio de um barramento, que prove uma extensão dos barramentos internos de dados e endereços.



Controlador Programável Modular

#### 4.4. Interfaces Homem Máquina - IHM

Discutimos acima tecnologias de controle, no entanto devemos pensar em como interfacear o controle com o comando, como proporcionar a melhor integração do homem com a máquina. Para esta finalidade utilizávamos com freqüência, anunciadores de alarmes, sinaleiros chaves seletoras botoeiras, etc..., que nos permitiam comandar ou visualizar estados definidos como ligado e desligado, alto ou baixo, temperatura elevada ou normal, mas não nos permitia visualizar os valores. Surgiram então os displays e chaves digitais ("thumbweel switches") que no caso dos

displays nos permitiam visualizar os valores das variáveis do processo, bem como mudar parâmetros pré-definidos como por exemplo temporizações através das chaves digitais.

No entanto, este tipo de interface trazia dois problemas claros, o primeiro a dimensão da superfície do painel, que por muitas vezes necessitava ser ampliada, para alojar tantos botões, ou informações que eram necessárias. Com o desenvolvimento das IHM's com visores alfanuméricos, teclados de funções e comunicação com o dispositivo de controle, o qual muitas vezes era um CLP, estas traziam consigo os seguintes benefícios:

- Economia de fiação e acessórios, pois a comunicação com o CLP seria serial com um ou dois pares de fios transados, economizando vários pontos de entrada ou saída do CLP, e a fiação deste com os sinaleiros e botões.
- Redução da mão-de-obra para montagem, pois ao invés de vários dispositivos, agora seria montado apenas a IHM.
- Diminuição das dimensões físicas do painel
- Aumento da capacidade de comando e controle, pois a IHM pode ajudar o CLP em algumas funções, com por exemplo memória para armazenar dados, etc.
- Maior flexibilidade frente a alterações no campo.
- Operação amigável
- Fácil programação e manutenção.

A evolução seguinte foi a utilização de interfaces gráficas ao invés de alfanuméricas. Quando utilizadas, as interfaces gráficas, em alguns casos mais simples substituem os Sistemas Supervisórios, ou quando usadas em Sistemas de controle, integradas a Sistemas Supervisórios, estas além das funções das IHM's alfanuméricas já citadas executam também funções de visualização que aliviam o Sistema Supervisório para que o desempenho das funções de supervisão, alarme, tendências, controle estatístico de processo entre outras possa ser elevada. Nota-se como tendência que as IHM's gráficas começam a tomar parte do espaço de pequenos Sistemas de Supervisão.



Interfaces Homem-Máquina

---

## O FUTURO DOS CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS, INTERFACES HOMEM MÁQUINA E FILOSOFIAS DE CONTROLE.

José López Martin  
Diretor da H&S Automação Ltda.

### **APLICAÇÃO ATUAL DOS CONTROLADORES PROGRAMÁVEIS.**

A aplicação atual dos Controladores Programáveis, não se restringe apenas ao controle dos dispositivos do chão de fábrica, através da realização de funções de intretamento digital, mas também executam a função de conectividade e aquisição de dados de todos os dispositivos do chão de fábrica, bem como funções de integração e concentração e envio dos dados do chão de fábrica para o nível corporativo/gerência da empresa.

Vale ressaltar que a conectividade foi possível a partir do desenvolvimento pelos fabricantes dos CLP's de Módulos Dedicados para a comunicação com dispositivos de outros fabricantes, tais como balanças, conjunto de válvulas inteligentes, etc., e "Gateways" Universais que são módulos que emulam um computador PC/AT ou processadores "BASIC", os quais permitem por parte do usuário o desenvolvimento de protocolos de comunicação específicos para os dispositivos que se encontram no seu respectivo chão de fábrica. Atualmente com a sedimentação do conceito das redes de campo "FIELD BUS", estas vem se mostrando a melhor opção para a conectividade dos dispositivos do chão de fábrica em função do seu custo/benefício ser razoável e da facilidade de sua aplicação, pois não existe a necessidade de desenvolvimento de protocolos, bastando apenas a simples parametrização dos dispositivos que conectarmos a rede.

Quanto a integração de CLP's, esta característica tornou-se viável a partir do momento em que as redes proprietárias entre controladores lógico programáveis passaram a melhorar sua performance chegando em torno de 1Mbps, no entanto a conexão de dispositivos de outros fabricantes ("Multi-vendor") não estava equacionada, sendo que para cobrir esta lacuna foram desenvolvidas "gateways" de comunicação, as quais nada mais eram do que microcomputadores industriais ("Shoe-box") nos quais eram inseridas duas placas de comunicação, uma do fabricante do CLP a qual se conectaria a rede do CLP desse mesmo fabricante, e outra, a do fabricante do dispositivo estranho ao CLP que desejamos integrar, como por exemplo: "single loop", "multi-loops", inversores de frequência, Controladores lógico programáveis de outros fabricantes, etc., e para qual a comunicação entre essas duas placas se realiza-se deveriam ser desenvolvidos programas com rotinas em "BASIC" ou C, o que tornava esta solução viável, no entanto de alto custo e complexidade.

Para esta função de integração, cresce hoje no mercado a utilização de redes não proprietárias, ou seja abertas, cujo padrão elétrico e protocolo de comunicação é de conhecimento público. Neste caso, as Redes Ethernet passaram a se definir como um padrão "de fato" no setor industrial, sua popularidade em sistemas comerciais/corporativos e sua elevada velocidade de transmissão (10Mbps) apoiaram o desenvolvimento da adoção desta solução nas aplicações industriais, no

entanto, esta solução exige do controlador programável uma elevada capacidade de processamento e de uma alta disponibilidade de massa de memória para viabilizar a comunicação em "tempo real".

## TENDÊNCIA TECNOLÓGICAS DOS CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS

### **Redes "Field-bus"**

As redes "fieldbus" tem como função interfacear os sensores, atuadores e outros dispositivos instalados no chão de fábrica, com equipamentos de controle. Este interfaceamento é extremamente agil e simplificado, tornando a conectividade uma tarefa amigável. No entanto, o termo "fieldbus" não define completamente o padrão da rede a ser utilizada, com o objetivo de tentar reduzir a confusão existente a respeito das redes "Field-bus" ou redes de campo, passamos a relacionar as principais características das diversas redes de campo existentes, as quais não permitem interconexão entre si, pois diferem em características físicas, performance, mecanismos de transporte, etc.

### **Evolução dos computadores industriais**

A evolução da performance dos microcomputadores nos últimos quinze anos permitiu que algoritmos de controle mais elaborados pudessem vir a ser processados neste tipo de máquina (um processador Pentium atinge uma frequência de "clock" de 200Mhz).

As versões industriais também foram desenvolvidas, suportando temperaturas até 60 graus Celcius, umidade em torno de 90%, suportando vibrações de até 1,5G em 3 eixos, choque de 10G em 3 eixos operando em altitudes equivalentes a 8Km. Para se atingir uma disponibilidade elevada, podem ser utilizados cartões de memória "FLASH" ao invés dos discos rígidos, sendo que o tempo médio entre falhas ("MTBF") atingido é da ordem de 50.000h.

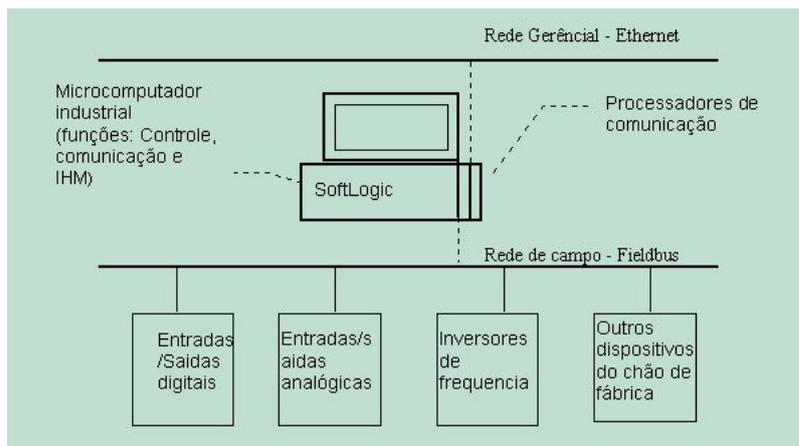
Desenvolvimento de softwares aplicativos que emulam o CLP - "SoftLogic"

Mais e mais empresas estão desenvolvendo soluções de software aplicativos que emulam as funções dos CLP's, como por exemplo diagramas de intertravamento elétrico em "Ladder", blocos de função de controle como malhas PID, entre outras. O número de novos lançamentos cresce mês a mês e este mercado que nos Estados Unidos da América em 1995 foi de US\$ 20,6 milhões, deve chegar no ano 2000 a US\$ 145,7 milhões segundo informações de um fabricante (Intellution-1996).

Observa-se que 40% das aplicações esperadas serão na área automotiva, cujo índice de projetos com aplicação intensa de controle discreto é elevado.

Tendências

Com o atual estágio de desenvolvimento das três tecnologias citadas, redes fieldbus, microcomputadores industriais e softwares aplicativos que emulam os CLP's, temos a condição de configurar um sistema de controle aberto e flexível



Este sistema contém facilidades de comunicação com hierarquias superiores e dispõe de uma interface homem máquina "Built-in" dada a utilização dos microcomputadores.

Dado ao exposto discute-se hoje a substituição, ou não, dos sistemas baseados em CLP's por sistemas baseados em computadores industriais que emulem tal função.

A discussão baseia-se em alguns problemas, que ainda não foram equacionados pelos idealizadores desta nova tecnologia, em relação a solução de CLP's já consolidada, ou seja:

- Elevado custo do sistema
- Os sistemas operacionais dos microcomputadores não oferecem a estabilidade e performance em tempo real requerida pela maioria das aplicações de controle. Os sistemas com interrupção não são projetados para as demandas determinísticas das aplicações de tempo real.
- Algumas empresas fornecedoras desta solução recomendam:
- Utilização de um cartão processador dedicado para processar o programa de controle.
- Adicionar ao sistema operacional um "Kernel" de tempo real para lidar com o programa de controle.
- Manutenção regular dos ventiladores dos microcomputadores
- Troca e/ou limpeza dos filtros

É no entanto inegável que algumas empresas se estejam utilizando desta tecnologia e que esta será aprimorada nos próximos anos, mas, no entanto, é prematuro determinar a morte dos CLP's na atual conjuntura tecnológica. Tão logo boa parte dos problemas apresentados venham a ser equacionados, mais empresas virão a se utilizar desta tecnologia, mesmo assim se levarmos em consideração a curva de difusão de inovações (vide figura abaixo), ainda teremos um período longo para que a maior parte dos usuários de sistemas de controle venham a mudar da tecnologia dos CLP's para microcomputadores que o emulem.

Curva de difusão de inovações

A = Inovadores , B = Adotadores iniciais , C = Maioria inicial , D = Maioria tardia, E = retardatários

Nota: Para iniciar a ser adotada no mercado, a nova tecnologia tem que satisfazer as necessidades de cada grupo ao longo da curva, iniciando pelos inovadores.

### **NOVAS TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE CONTROLE**

A inovação nas tecnologias de controle vem de um processo de distribuição das funções de controle através do fracionamento de CLP's que controlavam, por exemplo, 4.000 pontos, para a interligação em rede de diversos CLP's, controlando os mesmos 4.000 pontos. Passa ainda, pela distribuição da inteligência nos dispositivos de chão de fábrica, tais como válvulas de controle inteligentes.

Uma nova tecnologia para sistemas de controle são os Sistemas Autônomos descentralizados - ADS "Autonomous Decentralized System".

Em 1997 a Hitachi,Ltd, estabeleceu o conceito do ADS, em 1980 foi possível estabelecer a arquitetura de controle, já em 1990 foi implementado em uma versão de Sistema Aberto, em computadores e dispositivos de diferentes plataformas e fabricantes, e em 1995 os softwares foram transformados para orientação por objetos, com ferramentas multimídia e Internet incorporadas.

O conceito do ADS baseia-se em uma analogia entre os seres vivos e a engenharia.

Sistema sem parada, crescimento ou construção passo a passo, e manutenção em vô..., estas são na atualidade as três maiores necessidades dos sistemas de controle e informação. Estas necessidades são atendidas através do conceito da descentralização automática, a qual se inspira no funcionamento dos seres vivos. Isto significa que a base para a descentralização autônoma se vale de três elementos: Sistemas sem parada, o que quer dizer tolerante a falha comparável ao metabolismo do ser vivo, crescimento ou construção passo a passo, o que quer dizer expansão "on-line", comparável com o mecanismo de crescimento dos seres vivos, e o terceiro é manutenção em vô, o que significa manutenção "on-line" comparável a imunidade dos seres vivos.

Estes três elementos tem portanto homogeneidade, cooperação autônoma e controbilidade autonoma, como os seres vivos, o que significa que se um subsistema, do todo, falhar, outro subsistema irá cumprir suas funções, independente do tipo de falha ocorrida. Isto é porque o ADS é baseado em um conceito similar que permite que um ser vivo ( = sistema completo ), composto por varias células ( = subsistemas ) continue crescendo ( = mudanças ) e constantemente é submetido a disfunções inoperativas ( = falhas ) no nível das células.