

# Redes de Automação Treinamento Petrobrás 2ª parte

SENAI  
Serviço Nacional  
de Aprendizagem  
Industrial

Escola SENAI "Antônio  
Souza Noschese" UFP 2.01

Av. Almirante Saldanha da Gama, 145  
CEP: 11030-401 - Ponta da Praia - Santos - SP  
Fone: (13) 3261-6000 - Fax: (13) 3261-2394  
[www.sp.senai.br/santos](http://www.sp.senai.br/santos)

**Redes de Automação – Treinamento Petrobrás**

© SENAI-SP, 2006

Trabalho elaborado pela  
Escola Senai “Antônio Souza Noschese”

Coordenação Geral    Waldemar de Oliveira Júnior

*Equipe responsável*

Coordenação            Benedito Lourenço Costa Neto

Elaboração             Carlos Alberto José de Almeida  
                                 Fábio Lobue dos Santos

Revisão                 Rosária Maria Duarte Parada

Escola SENAI “Antônio Souza Noschese”  
Av. Almirante Saldanha da Gama, 145  
CEP: 11030-401 – Ponta da Praia – Santos-SP  
Fone (13) 3261-6000 – Fax (13) 3261-2394  
Internet: [senaisantos@sp.senai.br](mailto:senaisantos@sp.senai.br)

---

# Sumário

<b>Sistema SCADA</b>	Sistema SCADA	68
	Rede de comunicações	69
	Estrutura e Configuração	70
	Modos de comunicação	72
	OPC	74
<b>SDCD</b>	SDCD	76
	Estrutura e configuração	77
	Interfaces analógicas	78
	Resolução das interfaces D/A – A/D	79
	<i>Sub-sistema de monitoração e operação</i>	82
	Sub-sistema de comunicação	89
<b>Redes Industriais</b>	Redes Industriais	90
	• Rede corporativa	91
	• Rede de Controle	
	• Redes de Campo	92
	Características de algumas redes	94
	Organizações	96
	Nível físico IEC – 61158 – 2	99
	Isolação elétrica	103
	Benefícios do Fieldbus	110
	Documentação básica	112
<b>Arquitetura de</b>	Arquitetura de Redes TCP/IP	119
<b>Redes TCP/IP</b>	Endereçamento de nós na rede TCP-IP	126
	Como testar uma rede TCP/IP	128
<b>Redes Wireless</b>	Redes Wireless	130
	Introdução	
	Tecnologias empregadas	131
	IEEE 802.11 Wireless Local Area Network	132

<b>CLP – CLP</b>	134
<b>Controladores</b> Introdução	
<b>Lógicos</b> Evolução dos CLP's	135
<b>Programáveis</b> Estrutura Básica de CLP's	138
Métodos de Processamento	141
Exercícios	145
Módulos de I/O	146
Sistemas de Memória	153
Arquitetura da Memória de um CLP	154
Linguagem de Programação	158
Diagrama de Contatos	159
Modelos de Arquitetura de CLP's	164
Redes de CLP's	165
Exercícios	166

## 10 Sistema SCADA

A palavra SCADA é um acrônimo para Supervisory Control And Data Acquisition. Os primeiros sistemas SCADA, basicamente telemétricos, permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, monitorizando sinais representativos de medidas e estados de dispositivos através de um painel de lâmpadas e indicadores sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador.

Com a evolução tecnológica, os computadores assumiram um papel de gestão no recolhimento e tratamento de dados, permitindo a sua visualização e a geração de comandos de programação para execução de funções de controle complexas.

Atualmente os sistemas SCADA utilizam tecnologias de computação e comunicação para automatizar a monitoração e controle dos processos industriais, efetuando aquisição de dados em ambientes complexos e dispersos geograficamente. Os sistemas SCADA cobrem um mercado cada vez mais vasto, podendo ser encontrados em diversas áreas como em hidrelétricas, indústria de celulose, petrolífera, têxtil, metalúrgica, automobilística e eletrônica, além dos setores de saneamento básico, entre outros.

Estes sistemas revelam-se de crucial importância na estrutura de gestão das empresas, fato pelo qual deixaram de ser vistos como meras ferramentas operacionais, ou de engenharia, e passaram a ser vistos como uma importante fonte de informação. Num ambiente industrial cada vez mais complexo e competitivo, os fatores relacionados com a disponibilidade e segurança da informação têm grande relevância, tornando-se necessário garantir que a informação esteja disponível e segura quando necessária, independentemente da localização geográfica. Torna-se, portanto, necessário implementar mecanismos de acessibilidade, de segurança e de tolerância a falhas.

Os sistemas SCADA melhoram a eficiência do processo de monitoração e controle, disponibilizando, em tempo útil, o estado atual do sistema através de um conjunto de previsões, gráficos e relatórios de modo a permitir a tomada de decisões operacionais apropriadas, quer automaticamente, quer por iniciativa do operador.

### *Componentes do sistema SCADA*

Sensores e atuadores.

Estações remotas.

Rede de comunicações.

Estações centrais de supervisão.

### *Sensores e atuadores*

Os sensores e atuadores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados pelos sistemas SCADA.

Os sensores convertem parâmetros físicos, tais como velocidade, nível de água e temperatura, em sinais analógicos e digitais legíveis pela estação remota.

Os atuadores são usados para atuar sobre o sistema, ligando e desligando determinados equipamentos.

### *Estações remotas*

O processo de controle e aquisição de dados inicia-se nas estações remotas PLCs (Programmable Logic Controllers) e RTUs (Remote Terminal Units) com a leitura dos valores atuais dos dispositivos que lhes estão associados e o respectivo controle. Os PLCs e os RTUs são pequenos computadores através dos quais as estações centrais de monitoração se comunicam com os dispositivos existentes nas instalações fabris.

Os PLCs apresentam como principal vantagem a facilidade de programação e controle de I/O. Por outro lado, os RTUs possuem boa capacidade de comunicação, incluindo comunicação via rádio, estando especialmente indicados para situações adversas onde a comunicação é difícil.

Atualmente, nota-se uma convergência no sentido de reunir as melhores características destes dois equipamentos: a facilidade de programação e controle dos PLCs e as capacidades de comunicação dos RTUs.

### **Rede de comunicações**

Rede de comunicações é a plataforma através da qual a informação de um sistema SCADA é transferida. Levando em consideração os requisitos do sistema e as distâncias a cobrir, as redes de comunicação podem ser implementadas, entre outros, através dos seguintes meios físicos:

**Cabos** - Os cabos estão indicados para a cobertura de pequenas distâncias. Normalmente são utilizados em fábricas, não sendo adequados para grandes distâncias devido ao elevado custo de cablagem, instalação e manutenção;

**Linhas Dial-Up** - As linhas Dial-Up podem ser usadas em sistemas com atualizações periódicas que não justifiquem conexão permanente. Quando for necessária a comunicação com uma estação remota é efetuada uma ligação para o respectivo número;

**Linhas Dedicadas** - As linhas dedicadas são usadas em sistemas que necessitam de conexão permanente. Esta é uma solução cara, pois é necessário o aluguel permanente de uma linha telefônica ligada a cada estação remota;

Rádio-Modems - Estes dispositivos são usados em locais onde não estão acessíveis linhas telefônicas. Por vezes, em situações onde uma ligação direta via rádio não pode ser estabelecida devido à distância, é necessária a instalação de dispositivos repetidores.

#### *Estações centrais de supervisão*

As estações centrais de supervisão são as unidades principais dos sistemas SCADA, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados. Podem estar centralizadas num único computador ou distribuídas por uma rede de computadores de modo a permitir a partilha de informação proveniente do sistema SCADA.

A interação entre os operadores e as estações de monitoração central é efetuada através de uma interface Homem-Máquina, onde é comum a visualização de um diagrama representativo da instalação fabril, da representação gráfica das estações remotas, dos valores atuais dos instrumentos fabris e da apresentação dos alarmes detectados.

### **Estrutura e Configuração**

#### *Funcionalidades*

A capacidade de supervisão do sistema SCADA inclui as seguintes funcionalidades:

- Aquisição de dados;
- Visualização de dados;
- Processamento de alarmes;
- Tolerância a falhas.

#### *Aquisição de dados:*

A aquisição de dados é o processo que envolve o recolhimento e transmissão de dados desde as instalações fabris, eventualmente remotas, até as estações centrais de monitoração.

O processo de aquisição de dados inicia-se nas instalações fabris, onde as estações remotas lêem os valores dos dispositivos a elas conectados. Após a leitura desses valores segue-se a fase de transmissão de dados em que, quer em modo de comunicação por polling, quer em modo de comunicação por interrupção (Report by Exception), os dados são transmitidos através da rede de comunicações até a estação central.

Por fim, o processo de aquisição de dados é concluído com o respectivo armazenamento em bases de dados.

*Visualização de dados:*

A visualização de dados consiste na apresentação de informação através de interfaces homem-máquina, geralmente acompanhados por animações, de modo a simular a evolução do estado dos dispositivos controlados na instalação fabril.

Os sistemas SCADA permitem visualizar, além dos dados recolhidos, previsões e tendências do processo produtivo com base em valores recolhidos e valores parametrizados pelo operador, além de gráficos e relatórios relativos a dados atuais ou existentes em histórico.

*Processamento de alarmes:*

O processamento de alarmes assume um papel de elevada importância na medida em que permite informar anomalias verificadas, sugerir medidas a tomar e, em determinadas situações, reagir automaticamente mediante parâmetros previamente estabelecidos.

O computador, ao analisar os dados recolhidos, verifica se algum dos dispositivos gerou valores excepcionais, indicadores de situações de alarme.

No tratamento de valores digitais, as situações de alarme podem ser detectadas através de uma variável que assume o valor 0 ou 1; no tratamento de valores analógicos são definidos valores que limitam as situações aceitáveis, de modo a que quando os valores lidos estiverem situados fora das gamas de valores permitidos seja detectada uma situação de alarme.

Além das situações de alarme detectadas com base nos valores lidos pelos dispositivos, os sistemas SCADA podem acionar alarmes com base na ocorrência de determinadas combinações de eventos.

Os alarmes são classificados por níveis de prioridade em função da sua gravidade, sendo reservada a maior prioridade para os alarmes relacionados a questões de segurança.

Em situações de falha do servidor ou da rede de comunicações é possível efetuar o armazenamento das mensagens de alarme em buffer o que, aliado à capacidade de transmissão de mensagens de alarme para vários servidores, permite atingir maior grau de tolerância a falhas.

Através da informação proveniente do login, os sistemas SCADA identificam e localizam os operadores, de modo a filtrar e encaminhar os alarmes em função das suas áreas de competência e responsabilidade.



Os sistemas SCADA guardam em pastas *.log* informação relativa a todos os alarmes gerados, de modo a permitir que posteriormente se proceda a uma análise mais detalhada das circunstâncias que estiveram na origem da geração do alarme.

*Tolerância a falhas:*

Para atingir níveis aceitáveis de tolerância a falhas é usual a existência de informação redundante na rede e de máquinas backup situadas dentro e fora das instalações fabris, de modo a permitir que sempre que se verifique uma falha num computador o controle das operações seja transferido automaticamente para outro computador - uma réplica de backup - sem que se notem interrupções significativas.

**Modos de comunicação**

Os sistemas SCADA utilizam genericamente dois modos de comunicação: comunicação por polling e comunicação por interrupção.

*Tecnologias disponíveis*

Internet

DDE / NETDDE

OLE

OPC

Protocolos de comunicação de equipamentos (proprietários/abertos)

*Internet*

A Internet é cada vez mais o meio de comunicação preferido pelas organizações. Através do uso de tecnologias relacionadas a ela e de padrões como TCP/IP, HTTP e HTML é, atualmente, possível o acesso e partilha de dados entre a área de produção e a área de supervisão e controle de várias instalações fabris.

De fato, com o uso de um Web browser é possível controlar em tempo real uma máquina localizada em qualquer parte do mundo, bastando introduzir o seu URL no browser, sem que haja necessidade de deslocamento.

Os dados são transportados através de protocolos comuns, garantindo a interconectividade e a interoperabilidade entre os diversos dispositivos que compõem o sistema.

A interoperabilidade significa que os dispositivos de uma rede partilham informação, não coexistindo isoladamente.

Utilizando as infra-estruturas de rede existentes, baseadas em Ethernet - TCP/IP, é possível desenvolver sistemas de aquisição de dados e automação de sistemas sem

necessidade de infra-estruturas adicionais. Não é necessário nenhum hardware especial para desenvolver uma aplicação de aquisição de dados baseada na Internet.

O browser se comunica com o servidor Web através do protocolo HTTP. Após o envio do pedido referente à operação pretendida, ele recebe a resposta na forma de uma página HTML.

Algumas das vantagens da implementação de uma aplicação de recolhimento de dados através de um browser são:

O browser disponibiliza um modo de interação simples, com o qual os utilizadores já estão habituados, podendo incluir ajuda on-line, imagens, som e vídeo;

Não é necessária a instalação de nenhum cliente, dado que geralmente todos os computadores têm browsers instalados, o que simplifica a administração do sistema;

É necessário, apenas, efetuar manutenção de páginas, applets e scripts do lado do servidor;

A natureza cliente-servidor da Internet faz com que seja possível que diversos clientes acessem, simultaneamente, dispositivos e visualizem dados em tempo real, independente da sua localização. Essa aproximação é diferente da tradicional e permite controlar vários dispositivos.

Teoricamente, qualquer dispositivo com capacidade para se comunicar com um computador pode ser colocado na rede. Neste âmbito estão incluídos dispositivos de amostragem analógicos e digitais, PLCs, sensores, câmeras, etc.

Alguns destes dispositivos, especialmente os que se comunicam via porta serial, forçaram o mercado ao desenvolvimento de dispositivos de conversão de comandos de rede para comandos por eles interpretáveis, e vice-versa. Todos os dispositivos não adequados para a rede necessitam de um servidor que traduza os pedidos e efetue a comunicação com o dispositivo através do seu protocolo nativo.

### *DDE / NetDDE*

O DDE (Dynamic Data Exchange) é um protocolo cliente-servidor que permite a transferência de dados entre aplicações através do uso de mensagens do Windows. O cliente e o servidor podem ser programados para interpretar os dados como um comando. Para a troca de mensagens entre máquinas remotas existe um mecanismo semelhante ao DDE denominado NETDDE. O DDE é totalmente bit blind, ou seja, nem o cliente nem o servidor sabem se estão se comunicando com uma aplicação de 16 ou 32 de bits. Na realidade o servidor desconhece se o cliente se encontra na mesma máquina ou não.

O DDE através da rede - NETDDE (Network Dynamic Data Exchange) - usa uma hierarquia de nomes semelhante ao DDE; contudo, neste caso os nomes do serviço e o tópico foram alterados, respectivamente, para servidor DDE e share representando, o

primeiro, o nome do computador que desempenha as funções de servidor e o segundo os nomes do serviço e o tópico da aplicação servidora. O NETDDE usa o protocolo NetBIOS, que corre sobre TCP/IP, permitindo ao NETDDE utilizar a Internet.

**OLE:**

O OLE (Object Linking and Embedding) é um mecanismo síncrono que permite a um cliente invocar uma subrotina num servidor.

*Circunstâncias em que o OLE pode ser considerado mais indicado do que o DDE:*

O uso do OLE é vantajoso em situações em que a aplicação cliente assuma o papel principal, delegando parte do seu processamento ao servidor que está à espera de pedidos do cliente para manipulação de objetos por ele mesmo gerados.

Nestas circunstâncias é mais rápido e apropriado, para o cliente, invocar diretamente uma subrotina no servidor.

*Circunstâncias em que o DDE pode ser considerado mais indicado do que o OLE:*

O DDE é ideal para permitir que uma aplicação monitore outra aplicação. Devido ao fato de nenhuma das aplicações estar operando no mesmo contexto não existe interferência entre elas.

O DDE é um mecanismo que, por ser bit-blind, permite, quando necessário, que um mesmo servidor suporte clientes de 16 e 32 bits. O servidor pode levar algum tempo para recolher a informação para a resposta ao pedido efetuado pelo cliente. Uma vez que o DDE é assíncrono, o cliente pode continuar a executar o seu processamento.

A performance do servidor não é afetada em situações de disponibilização de dados para vários clientes em máquinas distintas, uma vez que através do uso do NETDDE as mensagens são colocadas na fila de espera das máquinas clientes.

**OPC:**

Historicamente, os integradores de sistemas tinham que implementar interfaces proprietárias ou personalizadas para extrair dados de dispositivos provenientes de diferentes produtores de hardware. Há alguns anos a Microsoft introduziu as tecnologias OLE, COM e DCOM, permitindo às aplicações interoperar e se comunicar com módulos distribuídos através de uma rede de computadores. Com o objetivo de definir um standard para utilização das tecnologias OLE e COM em aplicações de controle de produção, os principais fabricantes de hardware e software constituíram uma organização, a OPC Foundation, da qual resultou o OPC (OLE for Process Control). Atualmente está disponível uma API (Application Programming Interface) standard que permite a criação de aplicações que se comuniquem com diferentes dispositivos.

As vantagens do uso do OPC, entre outras, são as seguintes:

Existência de uma única API para todos os servidores de OPC, de modo que o código de uma aplicação cliente possa ser reutilizado em qualquer dispositivo;

Oportunidade para desenvolver aplicações clientes em ambientes de desenvolvimento que utilizem COM e ActiveX, tais como Visual Basic, Visual C++ e Excel;

Identificação dos servidores que possam disponibilizar aos clientes determinados itens OPC. Um item OPC é um canal ou variável num dispositivo - normalmente um ponto de I/O - que um servidor monitoriza ou controla;

Protocolos de comunicação de equipamentos (proprietários/abertos):

Além das tecnologias citadas, redes proprietárias ou abertas, desenvolvidas por fabricantes de equipamentos, podem vir a fazer parte de um sistema SCADA e podem, também, ser utilizadas para troca de dados entre as estações remotas e o centro de controle operacional.

## 11 SDCD

Sistemas de controle de processo e outros sistemas usados em condições industriais típicas envolvem aquisição de dados de sensores e subsequente controle em malha fechada via atuadores acoplados a controladores individualmente. As tarefas a serem executadas por esses controladores podem ser claramente definidas e uma configuração ótima pode ser especificada.

Uma forma simplificada de processamento distribuído horizontalmente permite que a carga seja compartilhada entre diferentes processadores sem envolver transferência de programas aplicativos e grande quantidade de dados. Este tipo de processamento distribuído é adequado para aquisição de dados e controle de processos industriais.

O processamento de dados gerais e as funções de controle são analisadas, fracionadas e alocadas em diferentes processadores. Assim, cada processador tem que executar somente um conjunto específico e bem determinado de funções. O programa de aplicação requerido para tais funções estará na memória daquele processador ou sobre um dispositivo de armazenagem de massa acoplado ao mesmo. Similarmente, os dados a serem usados por esses programas de aplicação poderão ser tanto armazenados sobre um dispositivo de memória principal ou secundária acoplado ao mesmo ou adquirido diretamente do processo por meio de sensores adequados.

Temos, então, uma base geral de dados da planta distribuída localmente nos subsistemas formados por cada controlador e seus dispositivos associados.

Em condições de operação, cada controlador é responsável pela aquisição de dados, calibração e pela execução de qualquer pré-processamento necessário. Esses dados são, então, usados em um ou mais algoritmos de controle que determinam a ação de controle requerida, a qual é executada via atuadores interfaceados ao controlador. Cada um dos processadores será responsável pela execução de qualquer cálculo de otimização necessários para aquela seção do processo. Uma interface para o operador, separada e com facilidades de aquisição e controle, pode ser prevista.

A coordenação do processo é obtida pela transferência, via linha de comunicação, de pequenas quantidades de dados necessárias aos outros controladores. É difícil executar uma otimização de processo geral se nenhum dos computadores tem informação completa sobre o estado geral de todo o processo.

Desta forma, caso se deseje realizar uma otimização geral da planta é recomendável a existência de um computador central com acesso rápido à base de dados de toda a planta e com uma capacidade computacional maior do que a dos processadores

distribuídos. Este computador é conhecido como hospedeiro e fica em um nível hierárquico superior aos processadores distribuídos horizontalmente.

Temos, então, um sistema com arquitetura mista, isto é, processadores distribuídos horizontal e verticalmente. A maioria dos SDCD associados a outras atividades tais como supervisão, coordenação e controle de produção possuem arquitetura mista.

De uma forma geral, as funções exercidas por um SDCD podem ser estruturadas de maneira hierárquica, sendo definidos diversos níveis de atividades.

Para melhor caracterizar um SDCD, vamos agrupar os elementos que o compõem em quatro subsistemas, de acordo com suas características funcionais, e mostrar como o atendimento aos níveis hierárquicos acima se coaduna com a caracterização proposta.

### **Estrutura e configuração**

Subsistema de aquisição de dados e controle

Está diretamente ligado ao processo. Sua principal finalidade é a realização das funções de controle, que são exercidas pelas Estações de Controle Local .

Subsistema de monitoração e operação

Nele se concentra a maior parte das funções de Interface Homem-Máquina.

Subsistema de supervisão e otimização

É onde são realizadas as funções de otimização e gerenciamento de informações.

Subsistema de comunicação

Para que seja possível a realização de um controle integrado é necessário que exista uma infra-estrutura de comunicação entre os diversos subsistemas. Então este subsistema será responsável pela integração dos diversos módulos autônomos do sistema.

### ***Sub-sistema de aquisição de dados e controle***

O objetivo deste grupo de elementos é promover a interface direta com o processo e realizar as funções de controle local.

É importante ressaltar a característica de autonomia destes módulos, pois mesmo na ausência das funções de níveis superiores ele deve continuar operando as funções de controle, embora podendo estar degradado segundo algum aspecto específico.

Este subsistema apresenta, na maioria dos SDCD disponíveis no mercado, além dos algoritmos de controle do tipo PID, comuns na instrumentação analógica convencional, uma variada gama de funções que inclui, por exemplo:

Controle multivariável

Algoritmos de nível superior

Controle "feed-forward"

Controle de seqüência  
Controle lógico  
Intertravamento  
Soma, subtração, multiplicação e divisão  
Raiz quadrada, compensadores de pressão e temperatura  
Polinômios e logaritmos  
Alarmes de nível, desvio, velocidade  
Linearizações  
Etc.

Dele também fazem parte os cartões de interface de entrada e saída com o processo, tais como:

Entradas e saídas analógicas  
Entradas e saídas digitais  
Entradas de pulsos  
Multiplexadores  
Conversores AD e DA  
Etc.

**Interfaces analógicas:**

Quando um dispositivo de medição não utiliza sinal tipo ON/OFF mas sim de tensão ou corrente, variando seu valor em função da variável que está sendo medida, diz-se que esse dispositivo é ANALÓGICO, sendo necessário, para tal medição, um módulo de entrada analógica. O módulo de entrada analógica é conectado aos sensores no campo e condiciona a medição para valores binários de forma que a CPU possa entender, convertendo o sinal analógico em digital, utilizando para tal um bloco denominado conversor A/D.

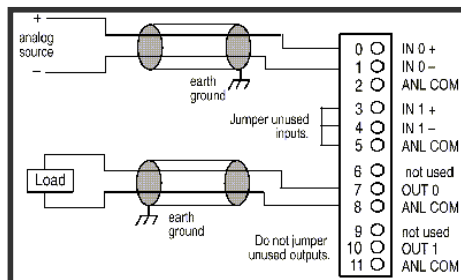
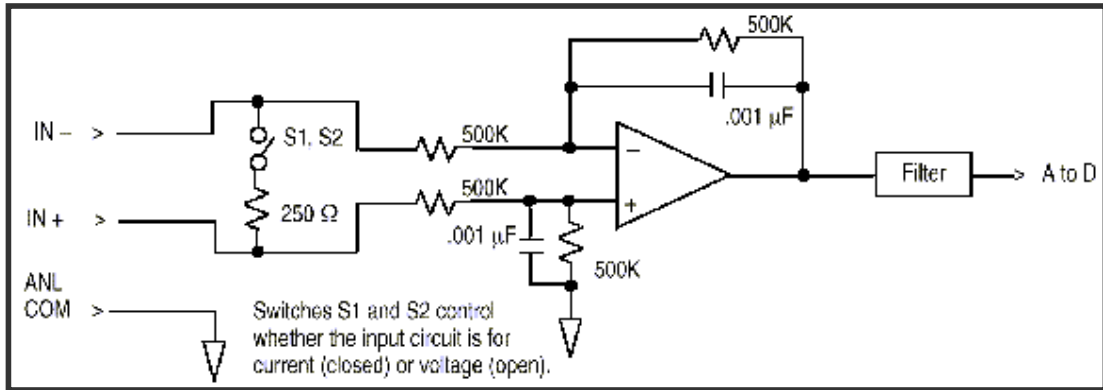
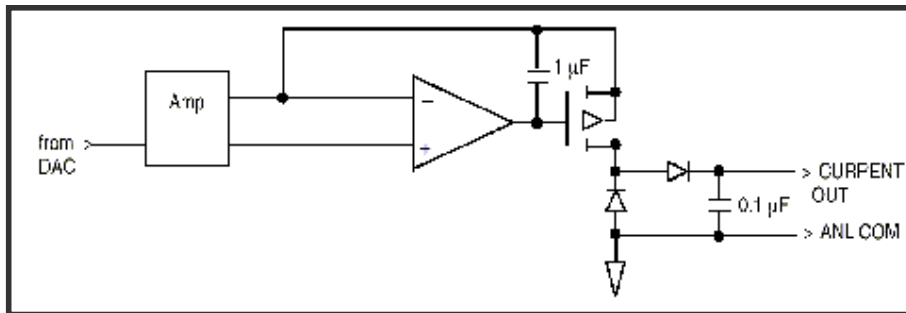


Diagrama de ligações elétricas de um cartão de interface analógico.

A figura a seguir, mostra o circuito eletrônico correspondente à entrada do cartão de interface analógico, onde deve ser observado que o sinal das entradas, tanto pode ser em corrente como em tensão, bastando fechar o jumper S1 ou S2, conforme o canal desejado, para que o tipo de sinal na entrada passe a ser tensão.



Circuito eletrônico correspondente à entrada de um cartão de interface analógico.

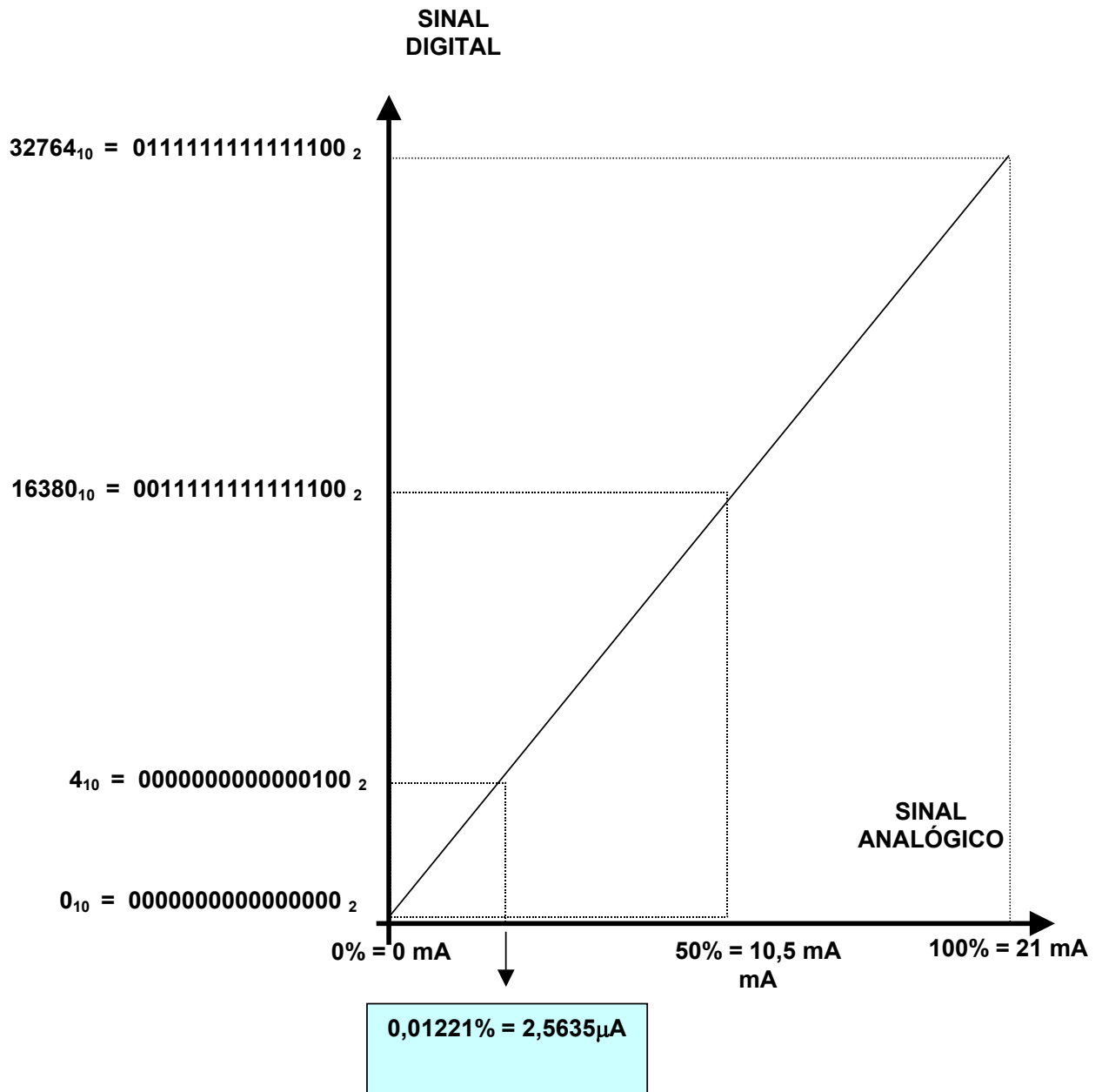


Circuito eletrônico correspondente à saída de um cartão de interface analógico.

### Resolução das interfaces D/A – A/D

A conversão D/A (digital / analógica) ou A/D (analógica / digital) gera ou utiliza um sinal digital composto por bits. A quantidade de bits utilizada pela palavra digital na conversão determina o que é chamado de resolução. Quanto maior a resolução de uma interface, mais exata será sua percepção em relação aos sinais analógicos externos e mais precisa será sua representação digital. Um cartão com uma boa resolução deve possuir, além de um bom conversor A/D, uma capacidade de memória suficiente para armazenar o dado com exatidão.





Relação entre um sinal analógico e um digital.

### Sistema de backup

Este subsistema contém, também, as placas de memória que armazenam os microprogramas das funções executáveis, das rotinas de diagnósticos de falha e das rotinas de "back-up", além das placas e módulos para redundância parcial ou total e os circuitos necessários à segurança intrínseca.

No nível deste subsistema poderá ou não haver um outro subsistema de monitoração e operação local simplificado, conforme mostrado na figura do modelo de referência.

Este subsistema faz interface com os subsistemas de comunicação e com um eventual subsistema simplificado de monitoração local.

#### Componentes básicos de uma estação de controle

É formado por um conjunto de controladores capazes de executar as tarefas descritas anteriormente no subsistema de Aquisição de Dados e Controle.

Cada um destes controladores é implantado por meio de um processador de propósitos especiais locado remotamente, podendo receber informações de poucas ou várias entradas digitais e/ou analógicas.

Esse processador pode, normalmente, enviar de 1 até 16 sinais de atuação analógicos ou de 1 até centenas de sinais de saída digital.



*Painel de um subsistema de aquisição de dados e controle.*

Há outro tipo de controlador baseado em microprocessadores que se encaixa na descrição de controlador dada acima. É um dispositivo totalmente independente e que, através do compartilhamento de tempo, controla de 4 a 8 malhas do processo. Pode ser programado para fazer uma variedade de tarefas e sua configuração é feita local ou remotamente. Normalmente é montado em painel local. Usualmente o mostrador é comum a todas as malhas. O usuário deve, então, selecionar a malha que deseja supervisionar. Através desse visor ele pode acessar todas as variáveis de processo bem como valores do ponto de operação, saída, ou valores das constantes de ajustes das malhas. Pode, também, selecionar operação manual ou automática e mudar os valores da saída e o ponto de operação.

Como os fabricantes desse tipo de equipamento têm fornecido um suporte para interface com a rede de comunicação, ele é considerado como um elemento dos SDCCD.

Também poderá ser usado como um equipamento de back-up e redundância, visto ter interface de operação local.

Controladores lógicos programáveis (CLP) também fazem a função de aquisição e controle. Sua função básica é a de executar tarefas equivalentes a circuitos contadores, temporizadores e relés, encontrando maior aplicação em substituição aos painéis de comandos elétricos convencionais( com relés, contadores, etc). Podem também realizar a aquisição de sinais analógicos e executar algoritmos PID, realimentando o processo por uma saída analógica correspondente.

### ***Sub-sistema de monitoração e operação***

Este subsistema trata especificamente da interface homem-máquina. Por interface homem-máquina entendemos os dispositivos de Hardware que fornecem ao operador maior controle e melhor nível de informação sobre a condição de operação da planta, reduzindo o seu esforço através da simplificação dos procedimentos operacionais.

São características normalmente existentes num subsistema de operação e monitoração:

Fornecer ao operador um conjunto de informações sobre o estado de operação da planta através de um número de estações de operação suficiente para atender todas as variáveis de interesse do processo;

Fornecer ao operador, em tempo hábil, informações num formato que evidencie a ocorrência de condições excepcionais de operação, para que providências imediatas possam ser tomadas;

Permitir que variáveis de processo sejam agrupadas de maneira que o operador possa realizar uma análise comparativa entre variáveis constituintes de cada grupo;

Possibilitar o uso simultâneo de várias estações de operação para que todas as funções disponíveis possam ser utilizadas em todas as estações de operação e estas possam ser instaladas em locais diferentes.

Encapsular procedimentos de operação de forma que seja mais segura e veloz a resposta do operador à ocorrência de uma irregularidade na planta. Encapsulamento consiste, basicamente, na utilização de teclas funcionais. Essas teclas determinam, quando pressionadas, o acionamento de procedimentos de operação, de sorte que toda uma seqüência de operações possa ser substituída por apenas uma operação.

Normalmente, os SDCD's utilizam uma filosofia de gerência por exceção, mostrando informações suficientes para o operador saber que tudo corre bem.

Quando as condições saem do normal, maiores detalhes podem ser mostrados ou solicitados. As informações são apresentadas sob a forma de telas gráficas. As telas são claras e sucintas. O acúmulo de informações na tela pode prejudicar a visualização das condições excepcionais.

Telas:

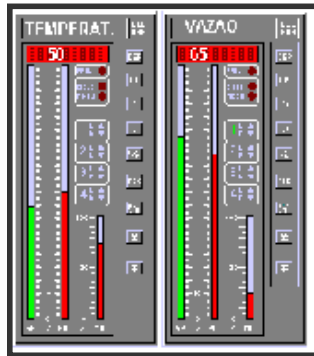
As características básicas em termos de telas são as seguintes:

Janelas overview

Apresentam, de forma bastante simplificada até 300 controladores/indicadores, dispostos em grupos lógicos, arranjados de forma que o operador identifique facilmente as condições de alarme, modo de controle automático ou manual e grandeza dos desvios. Existem diferentes estilos e maneiras de representar as informações nestas telas; entretanto, o tipo mais comum utiliza barras para informar o operador, as quais são alinhadas por uma linha de referência onde as mesmas podem sofrer desvios para cima ou para baixo. O tamanho da barra representará a grandeza do desvio da variável em relação ao set point (geralmente configurada para 5 ou 10%). A cor da barra representará as situações de alarme e o modo de operação.

Janela de instrumentos

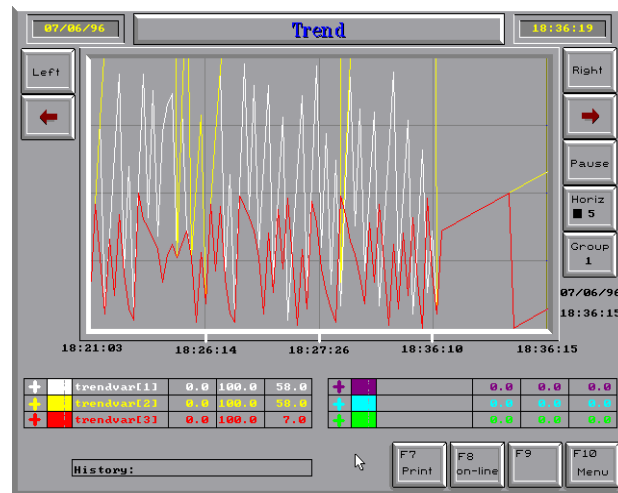
Mostra um face plate (frontal) de um instrumento típico de painel (controlador, indicador, botoeira, totalizador, etc...), permitindo ao operador verificar com mais detalhes uma seção da planta que precisa de atenção. O operador poderá, então, monitorar e manipular alguns parâmetros de controles tais como: set point, transferência automático manual, saída para válvula, etc. Isso cria uma interface de operação bem amigável porque o operador de painel continua a operar um instrumento convencional.



Janela de instrumentos

Janela de gráficos de tendência

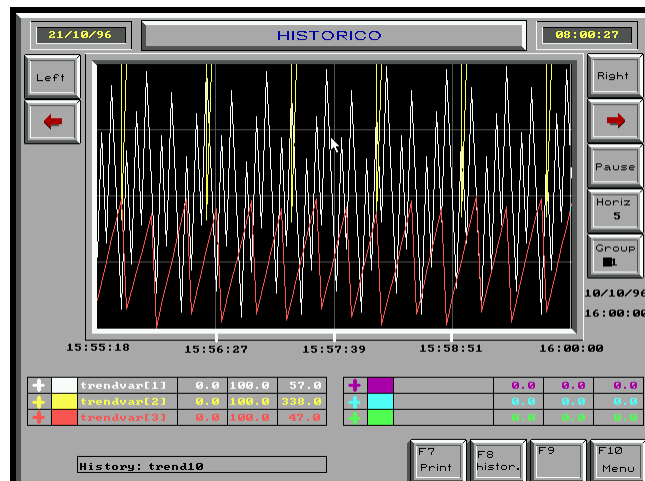
Mostra, numa representação gráfica e sempre atualizada, a tendência das variáveis de processo nos últimos minutos. É desejável que possam ser mostrados, simultaneamente, os gráficos de tendência de mais de uma variável do processo.



Janela de gráficos de tendência.

#### Janela de gráficos históricos

O histórico das variáveis de processo ao longo de períodos maiores, tais como horas, dias e meses é apresentado. Os valores médios nos períodos em questão e o gráfico não são atualizados no tempo. Existem recursos do tipo cancelar a indicação de variáveis para se estudar separadamente uma ou mais variáveis. A janela de gráficos históricos pode dispor de um cursor (linha vertical) que pode ser movimentado pela tela, fornecendo os pontos de interseção do cursor com as curvas das variáveis.



Janela de gráficos históricos.

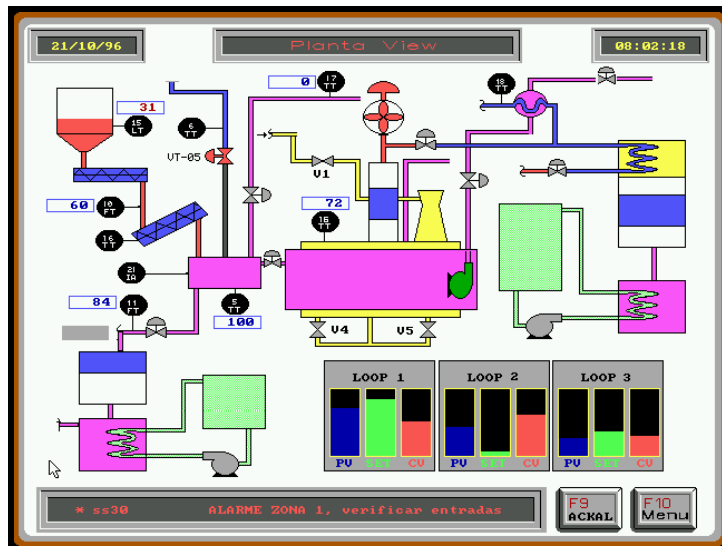
OBS: Atualmente existem no mercado softwares de supervisão que operam em padrões gráficos gerenciados por Sistemas Operacionais baseados em janelas (WINDOWS). Isso significa que não existem, nesses sistemas, telas fixas, como visto anteriormente, bem como a hierarquia de navegação das mesmas.

O usuário poderá, na operação, abrir as janelas de funções de acordo com suas necessidades tornando o sistema muito mais flexível e amigável.

#### Janela de sinóticos

Mostram graficamente seções de um fluxograma com os valores das variáveis de processo e set points atualizados continuamente. Os fluxogramas podem apresentar características adicionais que possibilitem um melhor entendimento dos mesmos, tais como indicação de alarmes, variações de nível, monitoração do trajeto do fluxo pelas tubulações, indicação dos valores das variáveis de forma dinâmica, etc.

Pode-se, inclusive, ativar o "faceplate" de um controlador numa região da tela, podendo o operador atuar no mesmo sem sair da tela.



Janela de sinóticos.

#### Componentes básicos de uma estação de operação

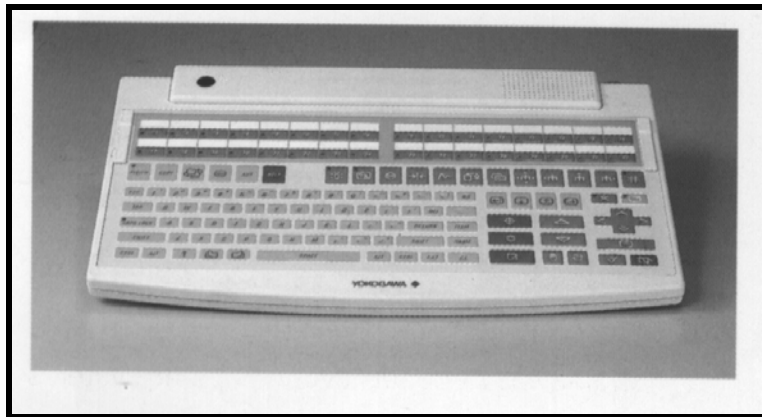
É formado por um console de operação composto, basicamente, de um terminal de vídeo, teclado e impressora.

Neste conjunto é instalado um software de supervisão e controle de processos industriais.

Os arranjos dos consoles são muitas vezes construídos de maneira que várias telas sejam convenientemente alocadas e um operador possa observar a operação de várias

seções da planta ao mesmo tempo. Podem incluir registradores, chaves críticas, telefone, etc.

É importante que o sistema forneça os dados do processo de maneira rápida e ordenada para o operador da planta. Também é necessário que o operador forneça informações (dados) e comandos ao sistema.



Teclado de membrana dedicado.

O teclado do operador é um importante aspecto a ser analisado no console. É através dele que o operador pode comandar mudanças do set point, tipo de tela e outros dados da malha de controle. Alguns sistemas usam o teclado como máquina de escrever onde as várias teclas são classificadas e codificadas e desempenham funções específicas no controle do processo. Outros sistemas utilizam um arranjo completamente diferente, onde grupos separados de teclas são arranjados de acordo com sua função. Podem ser codificadas e coloridas para proporcionar maior facilidade de reconhecimento ao operador. Esse teclado recebe o nome de teclado de operação.



Console de operação de um SDCCD.

Existe a tendência de alguns fabricantes do software de supervisórios fornecerem um tipo de vídeo conjugado com um sistema de entrada de dados, que recebe o nome de "touch screen" (toque de tela). Esse sistema consiste de um vídeo, o qual recebe uma moldura com emissores de luz infravermelha de um lado e elementos fotosensíveis do outro. Isso cria, sobre a tela do monitor, uma malha invisível de luz infravermelha. Quando o operador coloca o dedo sobre a tela os raios luminosos são bloqueados. A moldura percebe isso e informa as coordenadas da tela ao computador onde a tela foi tocada. Nesse sistema a tela mostra previamente várias opções de operação. O usuário deve tocar a região da tela demarcada pela moldura da opção (geralmente retângulos).

#### *Sub-sistema de supervisão e otimização*

O subsistema de supervisão e otimização consiste de um minicomputador (uso opcional) capaz de executar as funções de supervisão total do sistema, otimização do processo e geração de relatórios gerenciais.

Suas principais funções e características são as seguintes:

- Formatar e indicar condições de alarme nos consoles de vídeo e imprimi-las numa impressora de alarmes.
- Alimentar a janela de sumário de alarmes com uma tabela alfanumérica contendo os alarmes ativos, seus estados, reconhecidos ou não, e sua condição de alarme, crítico ou não, horários de ativação, reconhecimento e desativação. Obs.: Condições de alarmes também podem ser visualizados nas janelas de situação geral, de grupo ou individual. Quaisquer métodos poderão ser utilizados para notificar o operador da ocorrência de alarmes como, por exemplo, sinais sonoros, simbologia diferenciada, alteração de cores da tela, etc..
- Coletar dados através dos subsistemas de controle e aquisição e registrá-los em meios magnéticos, tais como unidades de disco, para mostrá-los instantânea ou posteriormente nos consoles ou imprimi-los nas impressoras. Em termos de relatórios, normalmente estão disponíveis os seguintes:
  - Momentâneo: Emitido a pedido do operador, apresentando as variáveis de processo, seus tags, valores e situação do loop. Ex. Hard-Copy de tela, situação das variáveis, etc...
  - Evento: Emitido na ocorrência de um evento pré-configurado. Ex. Relatório de eventos de alarmes, transferência auto-manual, etc.
  - Periódicos: Emitidos periodicamente, conforme o período pré-configurado. Ex. Situação das variáveis de hora em hora, etc...
- Realizar cálculos para atingir um ou mais objetivos de otimização da planta ou de consumo de energia e analisar a performance da planta ou dos equipamentos.



- Gerenciar módulos de batelada objetivando melhorar a desempenho de várias atividades que teriam de ser realizadas manualmente. Normalmente, o subsistema de supervisão e otimização permite o desenvolvimento de software de aplicação, ou mesmo de software de controle de processos em background, sem interrupção do sistema de controle, facilitando a alteração de configurações de controle, cálculos de performance, equações de balanço material e de energia, etc.

#### *Componentes básicos do subsistema de supervisão e otimização*

O principal elemento deste subsistema é o que chamamos de computador hospedeiro (Host Computer).

Computadores são, usualmente, divididos em várias classes, com diferentes critérios de classificação. Velocidade, memória principal e custo podem ser usados para classificá-los. Tanto a velocidade quanto a memória dependem muito do comprimento da palavra, isto é, o número de bits que um computador pode processar por vez.

Os computadores, geralmente, são agrupados em quatro classes principais:

Microcomputadores: São constituídos por uma única CPU.

Minicomputadores: Trabalham com mais de uma CPU. Possuem alta velocidade de processamento.

Mainframes: são qualificados pelo seu grande tamanho de memória e velocidade. Trabalham com várias CPUs e usualmente são encontrados como computadores centrais de grandes corporações.

Super computadores: são construídos a partir de uma classe especial de processadores, freqüentemente definidos como supercomputadores.



Computador host.

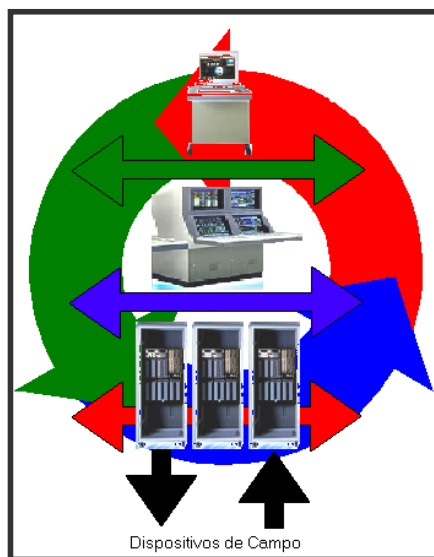
O computador hospedeiro, quando existe, geralmente consiste de um minicomputador com um tempo de acesso de memória razoavelmente rápido. Suas funções são muitas. Podem ser tanto de processamento de palavras e de dados como

de aplicações diretas de controle, de geração de telas gráficas dinâmicas e/ou de programas para otimização e coordenação da operação da planta.

Entre programas associados ao hospedeiro temos programas de otimização e de emissão de relatórios periódicos, entre outros, mas sempre com a finalidade de fornecer informações de alto nível ao gerente da planta.

### **Sub-sistema de comunicação**

O subsistema de comunicação é composto pela rede local de comunicação (cabos, interfaces e protocolos). Tem a função de interligar os outros subsistemas de forma a integrar o equipamento. Deve possuir confiabilidade e rapidez.



Subsistema de comunicação.

## 12 Redes Industriais

Os sistemas de controle antigos tipo SDCD tem a sua instalação e manutenção implicando em altos custos principalmente quando se desejava ampliar uma aplicação onde, além dos custos de projeto e equipamento, custos com cabeamento dos equipamentos de campo à unidade central de controle.

Para minimizar estes custos e aumentar a operacionalidade de uma aplicação introduziu-se o conceito de rede de comunicação digital para interligar os vários equipamentos de uma aplicação. A utilização de redes em aplicações industriais prevê um significativo avanço nas seguintes áreas:

- Custos de instalação

- Procedimentos de manutenção

- Opções de upgrades

- Informação de controle de qualidade

- Informações de instrumentos para manutenção

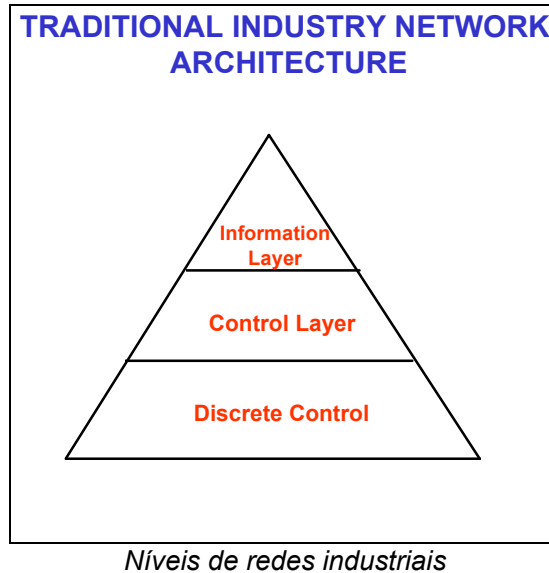
- Configurações dos instrumentos a distância

O projeto de implantação de sistemas de controle baseados em redes, requer um estudo para determinar qual o tipo de rede que possui as maiores vantagens de implementação ao usuário final, que deve buscar uma plataforma de aplicação compatível com o maior número de equipamentos possíveis.

Surge daí a opção pela utilização de arquiteturas de sistemas abertos que, ao contrário das arquiteturas proprietárias onde apenas um fabricante lança produtos compatíveis com a sua própria arquitetura de rede, o usuário pode encontrar em mais de um fabricante a solução para os seus problemas. Além disso, muitas redes abertas possuem organizações de usuários que podem fornecer informações e possibilitar trocas de experiências a respeito dos diversos problemas de funcionamento de uma rede.

Redes industriais são padronizadas sobre 3 níveis de hierarquias cada qual responsável pela conexão de diferentes tipos de equipamentos com suas próprias características de informação (ver Figura ).

O nível mais alto, nível de informação da rede, é destinado a um computador central que processa o escalonamento da produção da planta e permite operações de monitoramento estatístico da planta sendo implementado, geralmente, por softwares gerenciais (MIS). O padrão Ethernet operando com o protocolo TCP/IP é o mais comumente utilizado neste nível.



O nível intermediário, nível de controle da rede, é a rede central localizada na planta incorporando PLCs, DCSc e PCs. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados nos softwares que realizam a supervisão da aplicação.

O nível mais baixo, nível de controle discreto, se refere geralmente às ligações físicas da rede ou o nível de I/O. Este nível de rede conecta os equipamentos de baixo nível entre as partes físicas e de controle. Neste nível encontram-se os sensores discretos, contadores e blocos de I/O.

As redes de equipamentos são classificadas pelo tipo de equipamento conectado a elas e o tipo de dados que trafega pela rede. Os dados podem ser bits, bytes ou blocos. As redes com dados em formato de bits transmitem sinais discretos contendo simples condições ON/OFF. As redes com dados no formato de byte podem conter pacotes de informações discretas e/ou analógicas e as redes com dados em formato de bloco são capazes de transmitir pacotes de informação de tamanhos variáveis.

Assim, classificam-se as redes quanto *ao tipo de equipamento a ela ligados e aos dados que ela transporta*. Então temos:

*Rede corporativa:*

Rede que interliga sistemas gerenciais que podem, inclusive, estar geograficamente distribuídos.

*Rede de controle:*

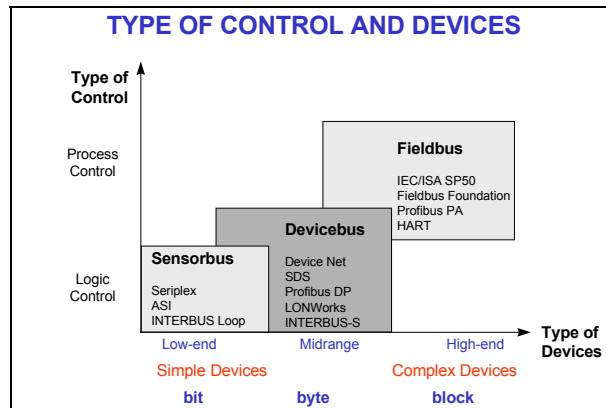
É a rede central localizada na planta incorporando PLCs, DCS's (Digital Control Systems) e PCs. A informação deve trafegar neste nível em tempo real para garantir a atualização dos dados nos softwares que realizam a supervisão da aplicação.

*Redes de campo:* Subdivididas em:

- Rede sensorbus (manufatura) - dados no formato de bits (AS-i e INTERBUS Loop).
- Rede devicebus (manufatura) - dados no formato de bytes (DeviceNet e o PROFIBUS DP).
- Rede fieldbus (manufatura e instrumentação) - dados no formato de pacotes de mensagens (PROFIBUS PA e o Fieldbus Foundation).

Para a instrumentação de manufatura o foco concentra-se, principalmente, nas redes de campo, onde existem, hoje, diversas tecnologias utilizadas.

- rede sensorbus – Utilizada principalmente em automação de manufatura com controle lógico, onde trafega dados no formato de bits.
- rede devicebus - Utilizada principalmente em automação de manufatura com controle lógico, onde trafega dados no formato de bytes.
- rede fieldbus - Utilizada principalmente em automação de processos com controle complexo, onde trafega dados no formato de pacotes de mensagens.



*Classificação das redes.*

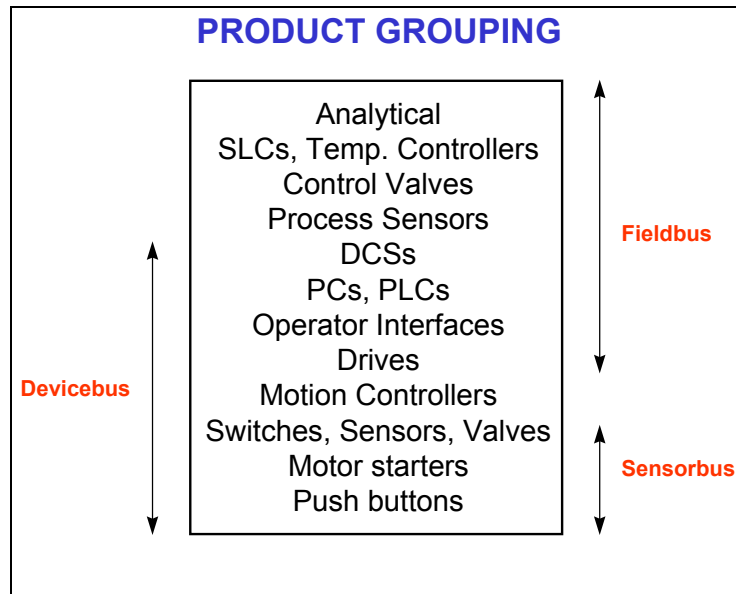
A rede sensorbus conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede. Os equipamentos deste tipo de rede necessitam de comunicação rápida em níveis discretos e são tipicamente sensores e atuadores de baixo custo. Estas redes não almejam cobrir grandes distâncias. Exemplos típicos de rede sensorbus incluem Seriplex, ASI e INTERBUS Loop.

A rede devicebus preenche o espaço entre redes sensorbus e fieldbus e pode cobrir distâncias de até 500 m. Os equipamentos conectados a esta rede terão mais pontos discretos, alguns dados analógicos ou uma mistura de ambos. Além disso, algumas destas redes permitem a transferência de blocos em uma menor prioridade comparado aos dados no formato de bytes. Esta rede tem os mesmos requisitos de transferência rápida de dados da rede de sensorbus, mas consegue gerenciar mais equipamentos e

dados. Alguns exemplos de redes deste tipo são DeviceNet, Smart Distributed System (SDS), Profibus DP, LONWorks e INTERBUS-S.

A rede fieldbus interliga os equipamentos de I/O mais inteligentes e pode cobrir distâncias maiores. Os equipamentos acoplados à rede possuem inteligência para desempenhar funções específicas de controle tais como loops PID, controle de fluxo de informações e processos. Os tempos de transferência podem ser longos mas a rede deve ser capaz de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário). Exemplo de redes fieldbus incluem: Fieldbus Foundation, Profibus PA e HART.

Os tipos de equipamentos que cada uma destas classes agrupam podem ser vistos na Figura a seguir.



Grupos de produtos por classe de rede.

Origem de algumas tecnologias:

A origem das tecnologias tem, neste caso, influência direta sobre a aplicabilidade atual destas redes. O PROFIBUS foi desenvolvido na universidade de Karlsruhe com o fim de atender o mercado de controle de processos, como o próprio nome reflete: PROcess Field BUS. A organização PROFIBUS ajudou muito seu desenvolvimento e aceitação no mercado.

A DeviceNet tem como fundamento a rede CAN, desenvolvida pela BOSCH para automação de veículos. O protocolo foi adotado na Europa – onde até hoje tem boa aceitação – para automação de máquinas onde até hoje tem boa popularidade. No entanto, pela falta de padronização nas camadas superiores do protocolo, sua aceitação ficou bastante restrita. O protocolo DeviceNet definiu as camadas superiores através da

associação ODVA. Logo a seguir criou-se a associação CIA (CAN In Automation ), de origem europeia, que também definiu o protocolo de maneira completa.

O uso do protocolo CAN na automação de carros desenvolveu-se mais lentamente, mas é hoje bastante usado na indústria automobilística. A aplicação automotiva caracteriza-se por um volume de dados relativamente baixo, distâncias muito pequenas e necessidade de tempo de reação pequeno.

O padrão AS-i começou a ser desenvolvido em 1990 por uma associação de fabricantes europeus, que se propôs a conceber uma rede de comunicação de baixo custo e que atendesse o nível mais baixo da automação no campo. O término dos trabalhos ocorreu em 1993. Posteriormente esse grupo foi desfeito e a tecnologia passou a ser administrada por uma Associação Internacional (AS - International).

A rede AS-i é um sistema de sensores e atuadores de baixo nível. Normalmente os sinais dos sensores e atuadores dos processos industriais são transmitidos através de um grande número de cabos. O sistema ASI permite a simplificação desse sistema de fiação e ligação, substituindo o então sistema rígido de cabos por apenas um par de fios, que podem ser usados por todos sensores e atuadores. Eles são responsáveis pela alimentação dos sensores/atuadores e pela transmissão dos dados binários de entrada e saída. A rede foi concebida para complementar os demais sistemas e tornar mais simples e rápida a conexão dos sensores e atuadores com os seus respectivos controladores.

### **Características de algumas redes:**

A velocidade e comprimento das redes estão, neste caso, ligados à tecnologia de controle de acesso ao meio.

O protocolo PROFIBUS baseia-se em uma relação Mestre/Escravo , com capacidade multimestre via "token". Isso permite o uso do padrão físico RS-485 até a velocidade de 12Mbauds.

O protocolo DeviceNet, ao adotar o padrão CAN fixou, também, sua interface física. Nessa interface e no controle de acesso ao meio CSMA/NBA ( Carrier Sense Multiple Access with Non-destructive Bitwise Arbitration ) residem todas as vantagens e desvantagens fundamentais que diferenciam os protocolos.

O mecanismo de acesso CSMA/NBA baseia-se na colisão não destrutiva de dados, caso dois nós iniciem simultaneamente uma transmissão. Isso tem vantagens que serão comentadas posteriormente, mas limita de forma definitiva a velocidade bruta da rede.

É usado para detectar colisões sem necessidade de retransmissão, mas impõe limitações elétricas nos "drivers" da linha de transmissão, fazendo com que eles atuem mais lentamente nas transições de bit. O resultado é que velocidades máximas são

limitadas na DEVICENET em 0,5 Mbaud, em comprimentos muito menores que o PROFIBUS.

A rede ASI permite o uso de múltiplos tipos de topologias de rede permitindo, ainda, que a qualquer momento possa se iniciar uma nova derivação, possibilitando a inclusão de novos sensores e atuadores. Cada usuário pode escolher sua topologia conforme a necessidade e disposição física dos elementos no campo. O cabo da rede não necessita de resistor de terminação. Sua única limitação está relacionada com o comprimento do fio, que deve possuir cem metros. Caso necessário, o cabo pode ter um acréscimo de duzentos metros com a utilização de repetidores (boosters) ficando, assim, com um comprimento total de trezentos metros. Os tipos de topologia mais utilizados são as seguintes: topologia em estrela (star), topologia em linha (line), topologia em árvore (tree) e em anel (ring).

#### *Número de nós*

O número máximo de nós da rede no caso PROFIBUS está limitado a 127 no total e a 32 em cada segmento. A limitação de 32 está relacionada ao padrão RS-485 e o número 127 ao endereçamento lógico do protocolo. A interligação dos segmentos que perfazem o número de 127 nós pode ser feita por repetidores no padrão elétrico ou ótico. Não há limite prático para o número de segmentos óticos.

O número máximo de nós da rede no caso DeviceNet está limitado a 64, em um segmento único. A limitação está relacionada ao padrão CAN.

O sistema AS-i baseia-se numa comunicação mestre-escravo, cujo mestre é responsável pelo direcionamento das "perguntas" e tratamento das "respostas" dos escravos. O mestre pode gerenciar até trinta e um escravos. A comunicação entre o mestre e os escravos é feita serialmente através de um par de fios não trançados e nem blindados. Inicialmente o mestre "fala" com o primeiro escravo, atualiza as saídas do mesmo (se existir) e pergunta o estado binário das entradas. Imediatamente o escravo responde e, após um pequeno delay, o mestre "fala" com o próximo escravo. Após o escravo trinta e um, o ciclo se completa e o mestre começa a conversar novamente com o escravo numero um. O ciclo de varredura completo tem duração de até 5ms (contendo 31 escravos na rede). Um escravo caracteriza-se por possuir um chip (Asic - Application Specific Integrated Circuit) especialmente desenvolvido e que possui quatro bits que podem ser configurados como entrada ou saída. Esse chip também é responsável por determinar o endereço de cada escravo. O procedimento de endereçamento dos escravos é feito através de unidade de endereçamento. Os sensores, ou atuadores "burros", ou seja, que não são considerados escravos (não possuem o chip) podem ser conectados à rede através de módulos de entrada e saída.



### *Controles de acesso e modelos de comunicação*

O controle de acesso ao meio, diferencial básico das tecnologias, é o argumento mais explorado na defesa do protocolo DeviceNet. Seu mecanismo, extremamente engenhoso e eficiente, permite a interligação entre nós da rede sem a interferência de um mestre.

Esse mecanismo, definido no padrão CAN, pode ser estudado na norma CAN, disponível em alguns "sites" da Internet.

Baseado nos mecanismos do protocolo CAN, a DeviceNet utiliza o modelo de comunicação Produtor / Consumidor , onde as mensagens são enviadas, sem requisição, por um nó e utilizadas pelos nós que tiverem interesse na informação. Outros mecanismos também podem ser utilizados, como Mestre / Escravo e mensagens não solicitadas. Tornam a comunicação eficiente pois minimizam a utilização do canal de comunicação. Por outro lado, tornam o protocolo mais complicado, dificultando sua implementação e compreensão por parte do usuário final.

O protocolo PROFIBUS tem um conceito mais simples, usando o modelo Mestre / Escravo, mas com a possibilidade de mais de um mestre na mesma rede, que se alternam no controle da rede através de um " token". Como o limite de velocidade é 24 vezes maior e o tamanho máximo do pacote muito maior que no DeviceNet, a eficiência de comunicação acaba sendo maior, pelo menos quando se considera sistemas de porte médio e grande.

O protocolo PROFIBUS foi recentemente ampliado, permitindo a comunicação direta entre mestre e escravos com o fim de atender aplicações típicas em máquinas rápidas. Esse padrão é denominado DP-V2.

A rede AS-i utiliza um método de comunicação do tipo mestre-escravo baseado em um sistema cíclico de polling capaz de diagnosticar falhas em escravos e dispositivos com tempo máximo de ciclo de 4,7ms para 256 pontos.

### **Organizações**

Cada um dos protocolos é normalizado e promovido por uma organização constituída de vários fabricantes e usuários. Abaixo temos a apresentação dos sistemas por suas organizações.

#### *Profibus*



A Organização PROFIBUS tem sede na Alemanha. Sua página é [www.profibus.com](http://www.profibus.com)

O PROFIBUS foi estabelecido como um padrão nacional alemão DIN 19245 em 1989. Em 1996 foi ratificado como padrão europeu EN 50170. Em 2000 foi ratificado como padrão internacional IEC 61158. A tecnologia PROFIBUS tem sido refinada através da experiência do usuário final, o que

a habilita a ser usada através de um espectro de mercado que é tão extenso quanto o de outras tecnologias similares.

Como resultado, o PROFIBUS é a mais desenvolvida e consolidada solução para redes industriais. A característica chave é o reconhecimento da tendência corrente para controle: sistemas centralizados (ou orientados à conexão) estão, agora, dando passagem para as topologias descentralizadas e distribuídas. O PROFIBUS acomoda ambas de um modo altamente eficiente, além de possibilitar a integração de uma planta extensa tanto na forma horizontal quanto na vertical através do uso da tecnologia PROFINet.

As características chaves que fazem do PROFIBUS a tecnologia preferida para comunicação industrial são:

Velocidade

Facilidade de uso e versatilidade

Economia

Interoperação e uso da tecnologia Plug and Play

Abertura e padronização

Uma vantagem importante do PROFIBUS é que esta tecnologia cobre fábricas, processos e, com o uso da tecnologia PROFINet, extensas aplicações empresariais. Isto faz do PROFIBUS a melhor e mais simples solução para uso em grandes plantas e grandes aplicações.

#### *DeviceNet*



A organização que promove a DeviceNet é a ODVA, Open Device Vendor

Association, que tem sede nos EUA. Sua página é [www.odva.org](http://www.odva.org).

A DeviceNet é uma das líderes mundiais em redes para automação industrial orientada a dispositivos. De fato, mais de 40% dos usuários finais inspecionados por analistas industriais independentes relataram sua opção pela DeviceNet entre outras redes. A DeviceNet oferece uma manipulação de dados robusta e eficiente porque é baseada na tecnologia Produtor/Consumidor, onde os dados são identificados e têm destino certo. São redes tipicamente multicast. Este modelo moderno de comunicação oferece capacidades chave que habilitam o usuário a, efetivamente, determinar qual a informação necessária e quando ela é necessária. Os usuários também são beneficiados pelo policiamento de testes estabelecidos pela ODVA, que assegura a interação dos produtos. Como resultado, podem misturar e proporcionar interação entre equipamentos de uma variedade de provedores, assim como integrá-los sem complicações.

## AS-i



A organização que promove a rede AS-i é a AS-i – International. Fazem parte dessa associação sessenta e cinco membros, situados em nove países. Os nove países que possuem fabricantes de produtos com tecnologia ASI são os seguintes: Bélgica, França, Alemanha, Inglaterra, Itália, Japão, Holanda, Suíça e Estados Unidos. Esta associação é responsável por determinar os critérios de padronização das especificações técnicas e testes dos produtos, juntamente com a divulgação e o marketing da tecnologia. Atualmente existem cerca de duzentos (200) produtos com tecnologia ASI no mercado. Seu site é [www.as-interface.com](http://www.as-interface.com).

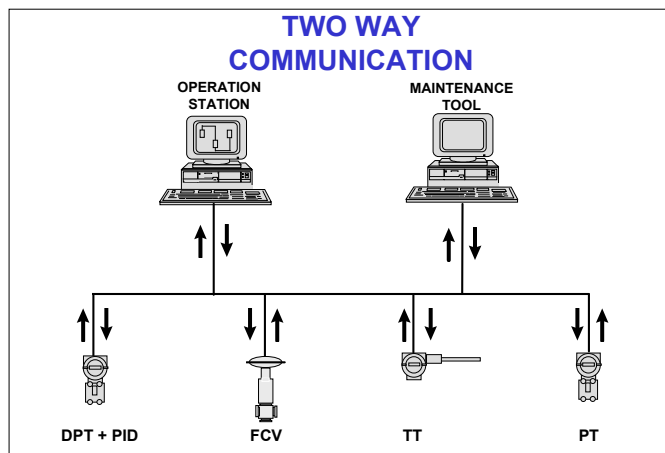
A interface AS-I é a mais simples solução em redes para atuadores e sensores em sistemas de manufatura. É uma tecnologia aberta suportada por mais de 100 fabricantes em todo o mundo, o que garante as mais indicadas soluções, além de suporte global e liberdade de escolha entre produtos e fabricantes que melhor atendam as necessidades.

Uma rede AS-i oferece uma eficiente alternativa ao cabeamento convencional no mais baixo nível hierárquico da automação. Pode, também, ser interligada com os níveis mais altos em fieldbus para implementação de dispositivos I/O de baixo custo.

Encarecimentos contínuos alargaram as aplicações e hoje a interface AS-i é provida por centenas de milhares de produtos e aplicações no espectro da automação.

## O Foudation Fieldbus

O Foudation Fieldbus é um sistema de comunicação digital bidirecional (Figura ) que permite a interligação em rede de múltiplos instrumentos diretamente no campo realizando funções de controle e monitoração de processo e estações de operação (IHM) através de softwares supervisórios



A seguir estaremos analisando os detalhes de projeto utilizando-se o protocolo FIELDBUS elaborado pela Fieldbus Foundation e normalizado pela ISA-The International Society for Measurement and Control para automação de Plantas de Processos.

## **O nível físico IEC – 61158 – 2**

No estudo do nível físico estaremos analisando os tipos de ligações possíveis (fiação, cabos coaxiais, ótico ou rádio), conexões, terminadores, características elétricas, etc... especificados pela FIELDBUS FOUNDATION PHYSICAL LAYER PROFILE SPECIFICATION, Document FF-94-816, August 28, 1995.

Como complementação de bibliografia, as informações contidas neste curso estão baseadas nos seguintes documentos publicados pela ISA - The International Society for Measurement and Control- pela Fieldbus Foundation e pela IEC – The Electrotechnical Commission :

IEC 1158-2 : 1993, Fieldbus Standard for use in Industrial Control Systems - Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition.

ISA - S50.02 - 1992, Fieldbus Standard for use in Industrial Control Systems - Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition.

ISA - dS50.02-1995-544A, Fieldbus (draft) Standard for use in Industrial Control Systems - Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition, Amendment to Clause 24 (Formerly Clause 11)

Fieldbus Preliminary Application Note on Intrinsic Safety, Revision 1.1, 21 September 1995.

ISA/SP50-1993-466C - Fieldbus Standard for use in Industrial Control Systems, Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition, Amendment 1 : Radio Medium - Proposed Clauses 18, 19 & 20-1993

ISA/SP50-1993-477 - TR1 : Technical Report for Low Speed Radio Medium Physical Layer Fieldbus-1993.

ISA/SP50-1994-517A - Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, Part 7: Fieldbus Management, Clause 1: Introduction, Scope, Definitions, Reference Model-1994

ISA/SP50-1995-518A - Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition, Amendment X: Medium Attachment Unit (MAU) Current Mode (1 Ampere), Wire Medium-1995

IEC 65C/178/CDU – IEC 61158-3 – Data Link Layer – DLL Service Part 3

IEC 65C/179/CDU – IEC 61158-4 – Data Link Layer – DLL Protocol Part 4

A Norma ANSI/ISA-S50.02-1992, aprovada em 17 de Maio de 1994 - “Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition” trata do meio físico para a realização das interligações os principais itens são:

transmissão de dados somente digital

self-clocking

comunicação bi-direcional  
código Manchester  
modulação de voltagem (acoplamento paralelo)  
velocidades de transmissão de 31,25 kb/s, 100 Mb/s  
barramento sem energia, não intrinsecamente seguro  
barramento com energia, não intrinsecamente seguro  
barramento sem energia, intrinsecamente seguro  
barramento com energia, intrinsecamente seguro

### *Regras*

Na velocidade de 31,25 kb/s a norma determina, dentre outras, as seguintes regras:

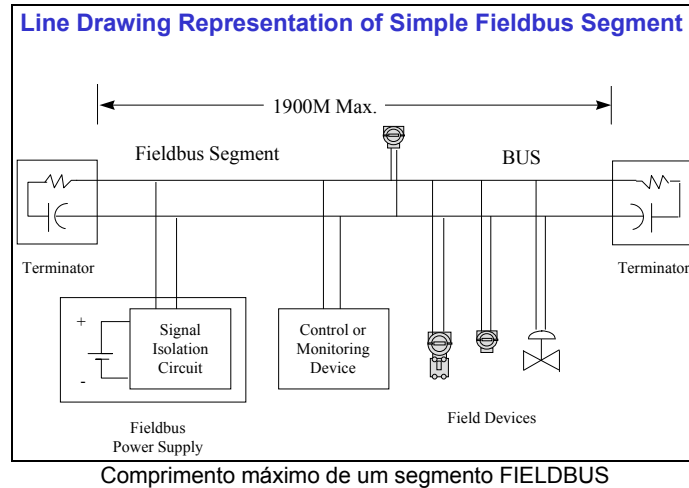
1. um instrumento FIELDBUS deve ser capaz de se comunicar entre os seguintes números de equipamentos:

- entre 2 e 32 instrumentos numa ligação sem segurança intrínseca e alimentação separada da fiação de comunicação;
- entre 2 a 6 instrumentos alimentados pela mesma fiação de comunicação numa ligação com segurança intrínseca;
- entre 1 e 12 instrumentos alimentados pela mesma fiação de comunicação numa ligação sem segurança intrínseca.

Obs.: Esta regra não impede a ligação de mais instrumentos do que o especificado, estes números foram alcançados levando-se em consideração o consumo de 9 mA +/- 1 mA, com tensão de alimentação de 24 VDC e barreiras de segurança intrínseca com 11 a 21 VDC de saída e 80 mA máximos de corrente para os instrumentos localizados na área perigosa.

2. um barramento carregado com o número máximo de instrumentos na velocidade de 31,25 kb/s não deve ter entre a soma dos trechos do trunk e de todos os spurs um comprimento maior que 1.900 m (ver Figura );

Obs.: esta regra não impede o uso de comprimentos maiores desde que sejam respeitadas as características elétricas dos equipamentos.



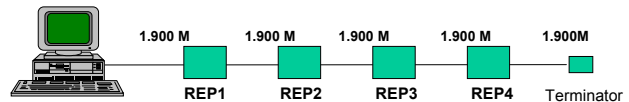
3. número máximo de repetidores para a regeneração da forma de onda entre dois instrumentos não pode exceder a 4 (quatro) ( ver Figura );
4. um sistema FIELDBUS deve ser capaz de continuar operando enquanto um instrumento está sendo conectado ou desconectado;
5. as falhas de qualquer elemento de comunicação ou derivação (com exceção de curto-circuito ou baixa impedância) não

## PHYSICAL LAYER

deverá prejudicar a comunicação por mais de 1 ms;

6. deve ser respeitada a polaridade em sistemas que utilizem pares trançados, seus condutores devem ser identificados e esta polarização deve ser mantida em todos os pontos de conexão;

**DISTANCE CAN BE INCREASED WITH REPEATERS  
MAXIMUM = 4**



7. para sistemas com meio físico redundante:

- cada canal deve atender as regras de configuração de redes;
- não deve existir um segmento não redundante entre dois segmentos redundantes;
- os repetidores também deverão ser redundantes;
- os números dos canais deverão ser mantidos no FIELDBUS, isto é, os canais do FIELDBUS devem ter os mesmos números dos canais físicos.

8. "shield" dos cabos não deverão ser utilizados como condutores de energia.

### *Distribuição de energia*

A alimentação de equipamentos FIELDBUS pode ser feita opcionalmente através dos mesmos condutores de comunicação ou separadamente; um instrumento com alimentação separada pode ser conectado a um outro instrumento com alimentação e comunicação no mesmo par de fios.

Na seqüência algumas especificações elétricas para sistemas FIELDBUS :

- Um equipamento pode opcionalmente receber energia por condutores de sinal ou por condutores separados;
- Um equipamento pode ser certificado como intrinsecamente seguro recebendo energia tanto pelos condutores de sinal quanto por condutores separados;
- Um equipamento energizado separadamente pode ser conectado a um equipamento energizado pelo mesmo condutor de sinal.

<b>Características dos equipamentos energizados em rede</b>	<b>Limites para 31,25 Kbit/s</b>
Voltagem de operação	9,0 a 32,0 V DC
Máxima voltagem	35 V
Máxima taxa de mudança de corrente de repouso (não transmitindo); este requisito não é aplicado nos primeiros 10 ms após a conexão do equipamento em uma rede em operação ou nos primeiros 10 ms após a energização da rede.	1,0 mA/ms
Máxima corrente; este requisito é ajustado durante o intervalo de 100 $\mu$ s até 10 ms após a conexão do equipamento a uma rede em operação ou 100 $\mu$ s até 10 ms após a energização da rede.	Corrente de repouso mais 10 mA

<b>Requisitos para a alimentação de redes</b>	<b>Limites para 31,25 Kbit/s</b>
Voltagem de saída, não intrinsecamente seguro	$\leq 32$ V DC
Voltagem de saída, intrinsecamente seguro (I.S.)	depende da faixa da barreira
Impedância de saída não intrinsecamente segura, medida dentro da faixa de frequência 0,25 $f_r$ à 1,25 $f_r$	$\geq 3$ K $\Omega$
Impedância de saída, intrinsecamente segura, medida dentro da faixa de frequência 0,25 $f_r$ à 1,25 $f_r$	$\geq 400$ K $\Omega$ (A alimentação intrinsecamente segura inclui uma barreira intrinsecamente segura).

Um equipamento FIELDBUS que inclui o modo de voltagem de 31,25 Kbit/s será capaz de operar dentro de um intervalo de voltagem de 9 V à 32 V DC entre os dois condutores incluindo o ripple. O equipamento poderá ser submetido a máxima voltagem de 35 V DC sem causar danos.

NOTA: Para sistemas intrinsecamente seguros a voltagem de operação pode ser limitada pelos requisitos de certificação. Neste caso a fonte de energia estará localizada na área segura e sua voltagem de saída será atenuada por uma barreira de segurança ou um componente equivalente.

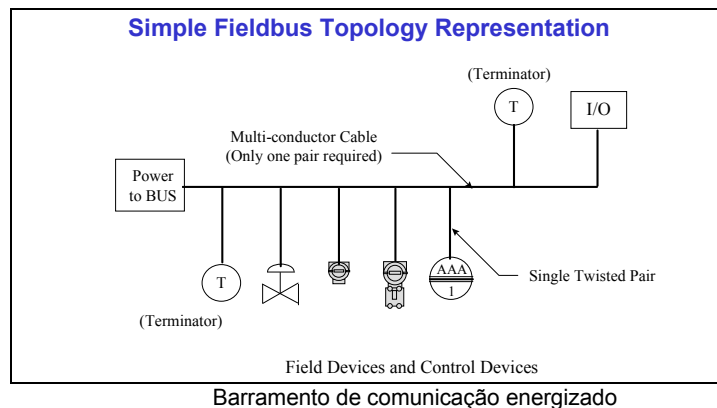
Um equipamento FIELDBUS que inclui o modo de voltagem de 31,25 Kbit/s obedecerá os requisitos da norma ISA-S50.02 quando energizada por uma fonte com as seguintes especificações:

A tensão de saída da fonte de alimentação para redes não intrinsecamente seguras será no máximo de 32 V DC incluindo o ripple;

A impedância de saída da fonte de alimentação para redes não intrinsecamente seguras será  $\geq 3 \text{ K}\Omega$  dentro da faixa de frequência  $0,25 f_r$  à  $1,25 f_r$  (7,8 KHz à 39 KHz). Este requisito não é aplicado dentro dos 10 ms da conexão nem na remoção de um equipamento do campo;

- A impedância de saída de uma fonte de alimentação intrinsecamente segura será  $\geq 400 \text{ K}\Omega$  dentro da faixa de frequência  $0,25 f_r$  à  $1,25 f_r$  (7,8 KHz à 39 KHz);

Os requisitos de isolamento do circuito de sinal e do circuito de distribuição de energia em relação ao terra e entre ambos devem estar de acordo com a IEC 61158-2 (1993).



### Isolação elétrica

Todos os equipamentos FIELDBUS que usam fios condutores, seja na energização separada ou na energização através dos condutores de sinal de comunicação, deverão fornecer isolação para baixas frequências entre o terra, o cabo do barramento e o equipamento. Isto deve ser feito pela isolação de todo o equipamento do terra ou pelo uso de um transformador, opto-acoplador, ou qualquer outro componente isolador entre o “trunk” e o equipamento.

Uma fonte de alimentação combinada com um elemento de comunicação não necessitará de isolação elétrica.

Para cabos blindados, a impedância de isolação medida entre a blindagem do cabo FIELDBUS e o terra do equipamento FIELDBUS deverá ser maior que  $250 \text{ K}\Omega$  em todas as frequências abaixo de 63 Hz.



A máxima capacitância não balanceada para o terra de ambos terminais de entrada de um equipamento não deverá exceder 250 pF.

#### *Especificação do meio condutor*

Conectores para os cabos, se utilizados, poderão ser do tipo engate rápido ou conectores tradicionais. Terminações no campo, não devem ser feitas diretamente nos terminais dos instrumentos e sim através de conectores em caixas de terminação.

#### *Cabos*

De acordo com os requisitos da norma ISA-S50.02, o cabo utilizado para ligar equipamentos FIELDBUS com o modo de voltagem de 31,25 Kbit/s pode ser um simples par de fios trançados com a sua blindagem atendendo os seguintes requisitos mínimos (a 25 °C):

- $Z_0$  em  $f_r$  (31,25 KHz) =  $100 \Omega \pm 20\%$ ;
- Atenuação máxima em  $1,25 f_r$  (39 KHz) = 3.0 dB/Km;
- Máxima capacitância não balanceada da blindagem = 2 nF/Km;
- Resistência DC máxima (por condutor) =  $22 \Omega/\text{Km}$ ;
- Atraso máximo de propagação entre  $0,25 f_r$  e  $1,25 f_r$  = 1.7  $\mu\text{s}/\text{Km}$ ;
- Área seccional do condutor (bitola) = nominal 0,8 mm<sup>2</sup> (#18 AWG);
- Cobertura mínima da blindagem deverá ser maior ou igual a 90%.

Para novas instalações devemos especificar cabos de par trançado com blindagem do tipo A, outros cabos podem ser usados mas respeitando as limitações da tabela abaixo como por exemplo os cabos múltiplos com pares trançados com uma blindagem geral (denominado cabo tipo B).

O tipo de cabo de menos indicação é o cabo de par trançado simples ou múltiplo sem qualquer blindagem (denominado cabo tipo C).

O tipo de cabo de menor indicação é o cabo de múltiplos condutores sem pares trançados (denominado cabo tipo D) e blindagem geral.

A seguir a tabela de especificações dos tipos de cabos (a 25 °C):

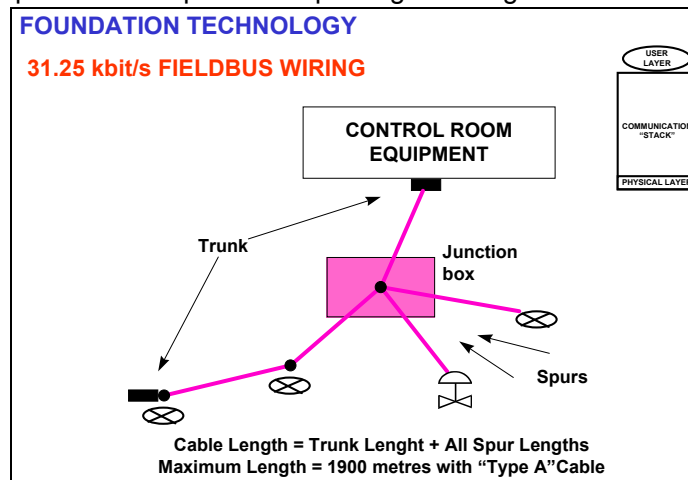
Parâmetros	Condições	Tipo "A"	Tipo "B"	Tipo "C"	Tipo "D"
Impedância característica, $Z_0, \Omega$	$f_r$ (31,25 KHz)	$100 \pm 20$	$100 \pm 30$	**	**
Resistência DC máxima, $\Omega/\text{km}$	por condutor	22	56	132	20
Atenuação máxima, dB/km	$1,25 f_r$ (39 kHz)	3.0	5.0	8.0	8.0
Área seccional nominal do condutor (bitola), $\text{mm}^2$		0.8 (#18 AWG)	0.32 (#22 AWG)	0.13 (#26 AWG)	1.25 (#16 AWG)
Capacitância máx. não balanceada, pF	1 metro de comprimento	2	2	**	**

\*\* não especificado

**Observações:**

Outros tipos de cabo que atendam ou suplantem as especificações podem ser utilizados. Cabos com especificações melhoradas podem habilitar barramentos com comprimentos maiores e/ou com imunidade superior à interferência. Reciprocamente, cabos com especificações inferiores podem provocar limitações de comprimento para ambos, barramentos (trunk) e derivações (spurs) mais não são aceitos cabos que não atendam a conformidade com os requisitos RFI/EMI.

Para aplicações de segurança intrínseca, a razão indutância/resistência (L/R) deve ser menor que o limite especificado pela agência regulamentadora local.



Cabos utilizados no FIELD BUS

Cabo tipo	Distância (m)
A	1900
B	1200
C	400
D	200

Comprimentos típicos de barramento e derivações

### Acopladores

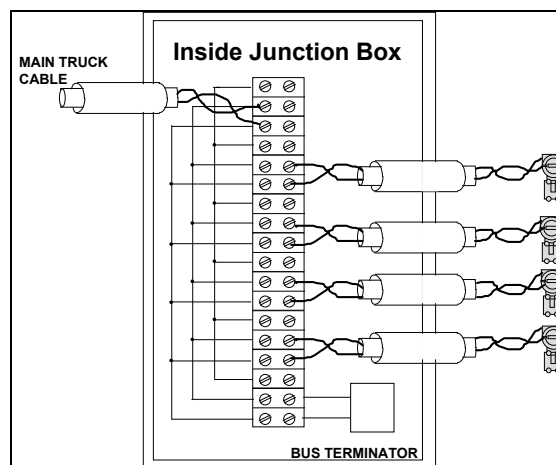
O acoplador pode prover um ou muitos pontos de conexão para o barramento. Pode ser integrado ao equipamento FIELDBUS caso não haja nenhuma derivação. Caso contrário, deverá ter pelo menos 3 pontos de acesso um para o spur e um para cada lado do trunk.

Um acoplador passivo deve conter qualquer um ou todos os elementos opcionais descritos abaixo:

- Um transformador para fornecer isolamento galvânica e um transformador de impedância entre trunk e spur;
- Conectores, para fornecer conexões fáceis de spur e/ou trunk;
- Resistores de proteção como visto na figura abaixo, para proteger o barramento do tráfego entre outras estações dos efeitos de um spur em curto-circuito num trunk desenergizado, não intrinsecamente seguro.

Acopladores ativos, que requerem alimentações externas, podem conter componentes para amplificação do sinal e retransmissão.

Através das ligações internas dos acopladores pode-se construir várias topologias.



Ligações internas de uma caixa de campo

### Splices

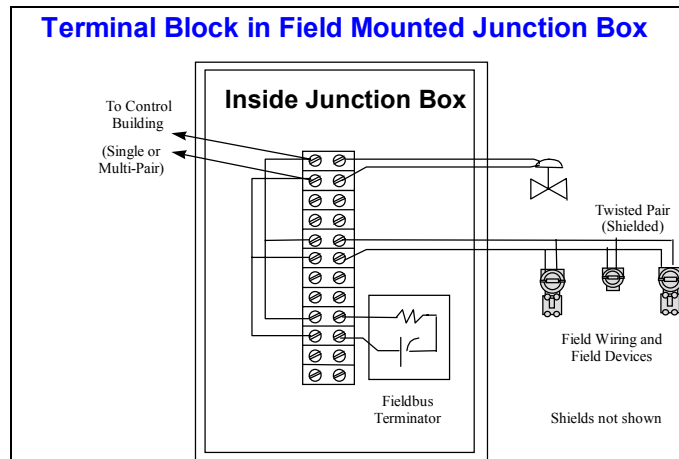
Um splice é qualquer parte da rede na qual as características de impedância do cabo da rede não são preservadas. Isto é possivelmente oportuno para operação dos condutores de cabos, remoção da blindagem do cabo, troca do diâmetro do fio ou seu tipo, conexão à spurs, conexão em terminais nus, etc. Uma definição prática para splice é, portanto, qualquer parte da rede que não tem um comprimento contínuo de um meio condutor especificado.

Para redes que têm um comprimento total de cabos (trunk e spurs) maior que 400 m, a soma de todos os comprimentos de todos os splices não deve exceder 2,0 % do comprimento do cabo. Para comprimento de cabos de 400 m ou menos, a soma dos comprimentos de todos splices não deve exceder 8 m. O motivo para esta especificação é preservar a qualidade de transmissão requerendo que a rede seja construída quase totalmente com o meio condutor especificado. A continuidade de todos os condutores do cabo deve ser mantida em um splice.

### Terminadores

Um terminador deve estar em ambas pontas do cabo de trunk, conectado de um condutor de sinal para o outro. Nenhuma conexão deve ser feita entre o terminador e a blindagem do cabo.

Pode-se ter o terminador implementado internamente à uma caixa de campo (*Junction Box*).



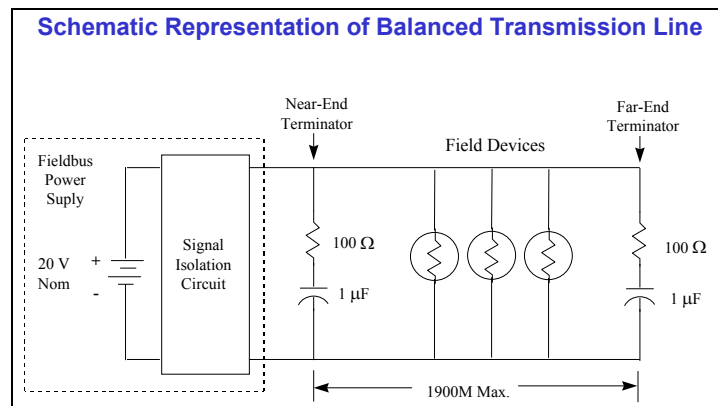
*Terminador interno à uma caixa de campo*

O valor da impedância do terminador deve ser  $100 \Omega \pm 20\%$  dentro da faixa de frequência  $0,25 f_r$  à  $1,25 f_r$  (7,8 KHz a 39 KHz). Este valor é aproximadamente o valor médio da impedância característica do cabo nas frequências de trabalho e é escolhido para minimizar as reflexões na linha de transmissão.

O vazamento de corrente direta pelo terminador não deve exceder 100  $\mu$ A. O terminador deve ser não polarizado.

Todos os terminadores usados em aplicações intrinsecamente seguras devem atender as necessidades de isolamento e distanciamento (necessárias para a aprovação I.S.).

É aceito para as funções de fonte de alimentação, barreiras de segurança e terminadores a combinação de várias maneiras (desde que a impedância equivalente atenda os requisitos da norma ISA-S50.02).



Esquema da linha de transmissão balanceada

### Regras de Blindagem

Para atender os requisitos de imunidade a ruídos é necessário assegurar a continuidade da blindagem através do cabeamento, conectores e acopladores, atendendo as seguintes regras:

A cobertura da blindagem do cabo deverá ser maior do que 90% do comprimento total do cabo;

A blindagem deverá cobrir completamente os circuitos elétricos através também dos conectores, acopladores e splices.

Nota: O não atendimento das regras de blindagem pode degradar a imunidade a ruído.

### Regras de Aterramento

O aterramento para um sistema FOUNDATION FIELDBUS deve estar permanentemente conectado à terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade suficiente de condução de corrente para prevenir picos de voltagem, os quais poderão resultar em perigo aos equipamentos conectados ou pessoas, a linha comum (zero volts) pode ser conectada à terra onde eles são galvanicamente isolados do barramento FIELDBUS.

Equipamentos FIELDBUS devem funcionar com o ponto central de um terminador ou de um acoplador indutivo conectado diretamente para a terra.

Equipamentos FIELDBUS não podem conectar nenhum condutor do par trançado ao terra em nenhum ponto da rede. Sinais podem ser aplicados e preservados diferencialmente através da rede.

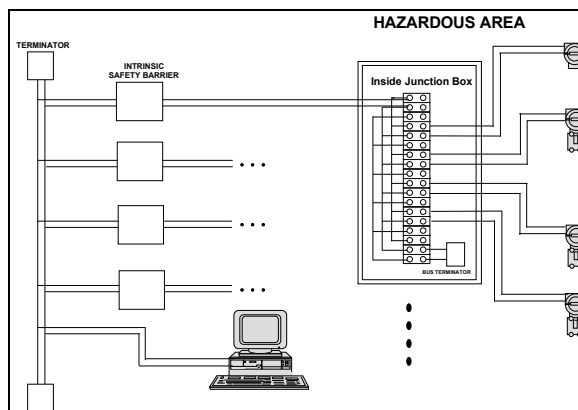
É uma prática padrão para uma blindagem de um cabo do barramento FIELDBUS (se aplicável) ser efetivamente aterrado em um ponto único ao longo do comprimento do cabo. Por esta razão equipamentos FIELDBUS devem ter isolamento DC da blindagem do cabo ao terra. É também uma prática padrão conectar os condutores de sinal ao terra de forma balanceada ao mesmo ponto, por exemplo, usando o tap central de um terminador ou um transformador acoplador. Para sistemas com barramento energizado, o aterramento da blindagem e dos condutores de sinal deverão estar pertos da fonte de alimentação. Para sistemas intrinsecamente seguros o aterramento deverá ser na conexão de terra da barreira de segurança.

### *Segurança Intrínseca*

As barreiras de segurança intrínsecas devem ter impedância maior do que  $400 \Omega$  em qualquer frequência no intervalo de 7,8 KHz a 39 KHz, essa especificação vale para barreiras de segurança intrínsecas do tipo equipamento separado ou incorporadas internamente em fontes de alimentação.

Dentro do intervalo de voltagem de funcionamento da barreira de segurança intrínseca (dentro do intervalo 7,8-39 KHz) a capacitância medida do terminal positivo (lado perigoso) para a terra não deverá ser maior do que 250 pF da capacitância medida do terminal negativo (lado perigoso) para a terra.

Uma barreira de segurança intrínseca não deverá estar separada do terminador por mais de 100 m. A barreira pode apresentar uma impedância de  $400 \Omega$  na frequência de trabalho e a resistência do terminador deve ser suficientemente baixa para que quando colocada em paralelo com a impedância da barreira, a impedância equivalente deverá ser inteiramente resistiva.



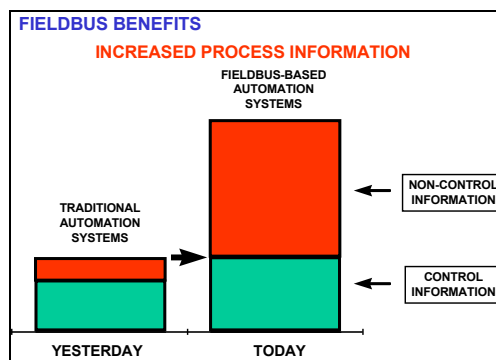
Segurança Intrínseca

## Benefícios do Fieldbus

Os benefícios da tecnologia FIELDBUS podem ser divididos em melhoria e maior quantidade de informações de controle e não de controle e benefícios econômicos.

### *Benefícios na obtenção de informação*

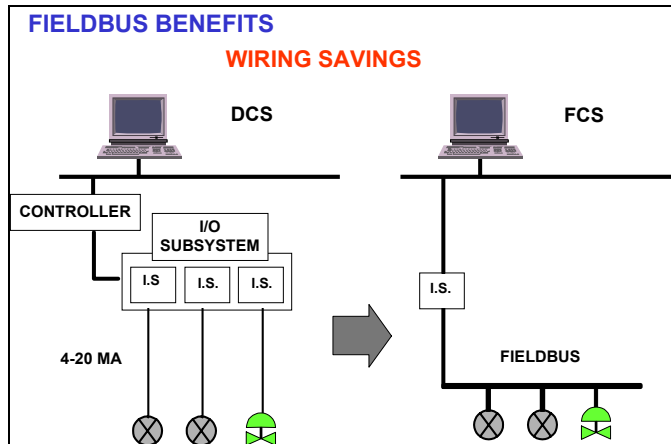
Nos sistemas de automação tradicionais, o volume de informações disponíveis ao usuário não ia muito além daquele destinado às informações de controle. Nos sistemas FIELDBUS, o volume de informações extra controle é bem maior devido às facilidades atribuídas principalmente à comunicação digital entre os equipamentos.



*Comparação do volume de informações entre os dois sistemas*

### *Benefícios econômicos*

- Baixos custos de implantação:
- Engenharia de detalhamento
- Mão de obra/materiais de montagens
- Equipamentos do sistema supervisorio
- Configuração do sistema
- Obras civil
- Ar condicionado
- Baixos custos no acréscimo de novas malhas
- Instalação apenas de novos instrumentos no campo



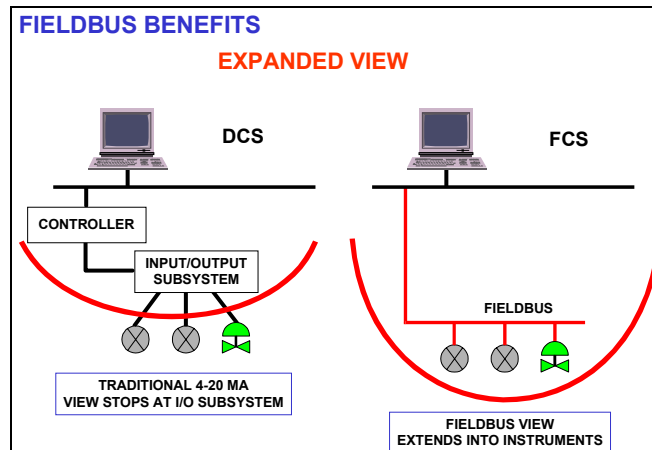
Redução de custos na implementação de novas malhas

*Baixos custos de implantação da automação por área*

- Instalação apenas de placas de interfaces

*Ganhos tecnológicos*

- Instrumentação de ponta (estado da arte)
- Vantagens operacionais do sistema (sistema aberto)
- Tecnologia atualizada (sistema de controle)

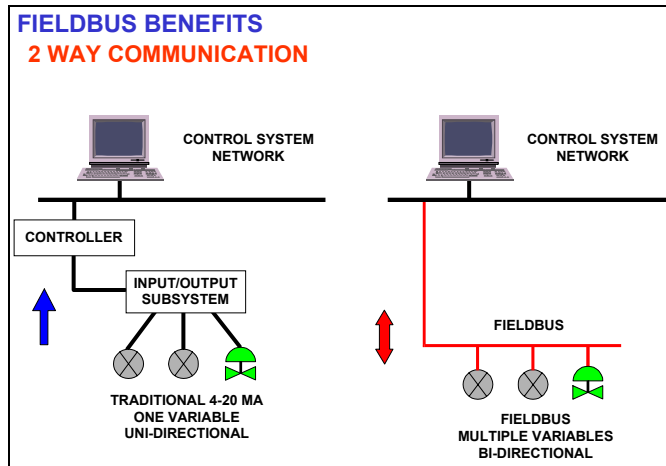


Informações obtidas pelos dois sistemas

*Comparações com as tecnologias anteriores*

Seguramente, devido as vantagens da tecnologia FIELDBUS o SDCD tradicional não é mais recomendado para novos projetos, para os sistemas existentes os altos custos de substituição dos instrumentos e a obsolescência do sistema de controle podem abreviar a sua vida útil e provocar a introdução da tecnologia FIELDBUS.





Fluxo das informações nos sistemas tradicional e FIELDBUS

### Documentação básica

Para a elaboração dos dois tipos de projetos (SDCD e FIELDBUS) são gerados diversos documentos, tanto para o SDCD como para o FIELDBUS, porém com graus de complexidades diferentes, que são característicos de cada tecnologia. Podemos observar a seguir uma tabela comparativa:

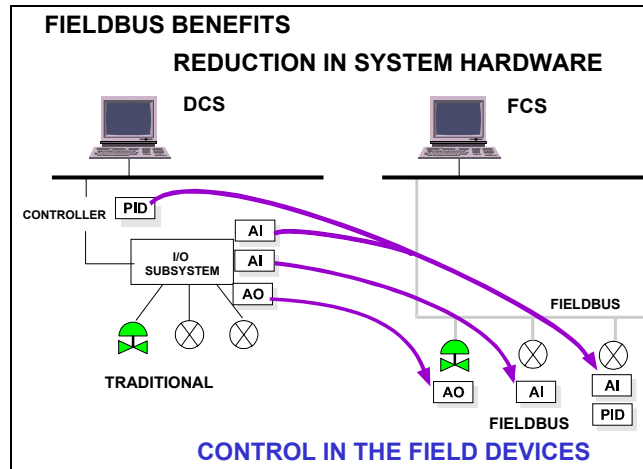
	Projeto SDCD	FIELDBUS / Grau de Complexidade
Revisão de fluxogramas de engenharia	sim	Igual
Diagrama de malhas	sim	Menor
Diagrama funcional	sim	Igual
Diagrama lógico	sim	Igual
Base de dados	sim	Igual
Planta de instrumentação	sim	Menor
Detalhe típico de instalação	sim	Igual
Arranjo de painéis	sim	não tem
Diagrama de interligações de Painéis	sim	não tem
Diagrama de alimentação	sim	Menor
Arranjo de armários	sim	Menor
Lista de cabos	sim	Menor

Comparação entre SDCD e FIELDBUS

### Análise dos documentos

#### a) Revisão de Fluxogramas de engenharia

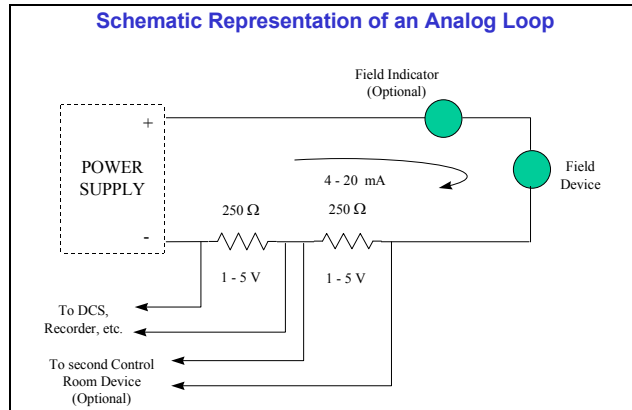
A revisão dos fluxogramas, para ambas as tecnologias, SDCD e FIELDBUS serão parecidas, sendo que para o FIELDBUS, a inteligência de controle estará localizada no campo.



Redução no hardware com a implementação de transmissores "inteligentes"

#### b) Diagrama de malhas

Na tecnologia FIELDBUS haverá uma redução de trabalhos, na elaboração dos diagramas de malhas, pois serão apresentados, para cada malha, apenas a configuração de controle dos elementos de campo, pois a fiação será muito simples, não necessitando apresentar o bifilar das malhas, que estará sendo representado em documento do software de configuração contendo todas as malhas.



Representação esquemática de um loop analógico para sistemas convencionais.

c) Diagrama Funcional

Este documento não sofrerá alterações.

d) Diagrama Lógico

Este documento não sofrerá alterações.

e) Base de Dados de configuração de controle e supervisão

Haverá praticamente o mesmo volume de trabalho.

f) Planta de instrumentação

Na tecnologia FIELDBUS haverá uma grande redução de trabalhos, na elaboração deste documento, devido principalmente, ao encaminhamento de cabos e bandejas, pois, serão necessários poucos recursos mecânicos, devido a baixa utilização de cabos de interligação, principalmente com a sala de controle.

g) Detalhes típicos de instalação

Este documento não sofrerá alterações.

h) Arranjos de painéis

Na tecnologia FIELDBUS não serão gerados estes documentos.

i) Diagrama de interligação de painéis

Na tecnologia FIELDBUS não serão gerados estes documentos.

j) Diagrama de alimentação

Esse documento no caso do FIELDBUS, será muito simples, pois a alimentação é por lotes de instrumentos e não individualmente.

k) Arranjo de armários

Caso exista este documento para o FIELDBUS, ele será muito simples, pois normalmente não haverá necessidade deste documento.

l) Lista de Cabos

No caso do FIELDBUS, essa lista, dependendo da planta, pode ser até 10% da lista comparativa com o sistema SDCD.

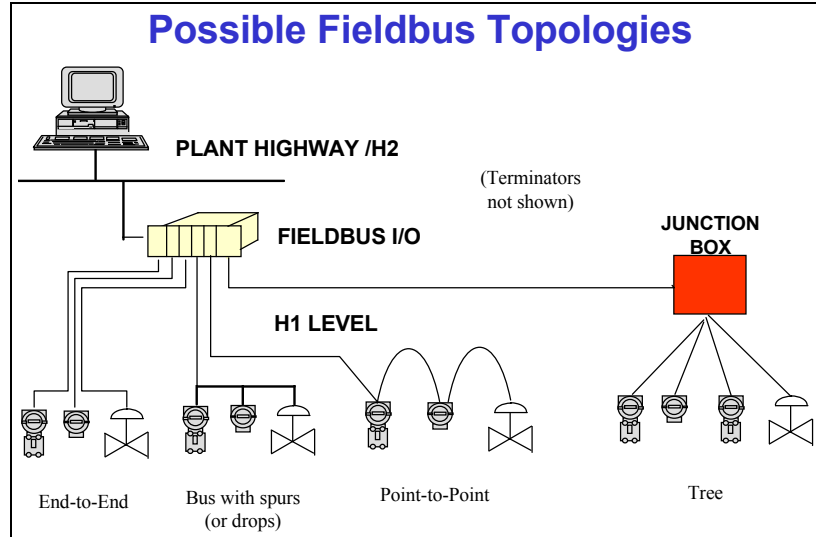
m) Folhas de especificação.

Na tecnologia FIELDBUS haverá uma redução nessas folhas de especificação, pois a inteligência está localizada nos elementos de campo, e não nos elementos de controle na sala de controle.

n) Lista de Material

Como haverá uma redução dos componentes de um projeto na tecnologia FIELDBUS, conseqüentemente a lista de material será menor. Detalhando um projeto FIELDBUS

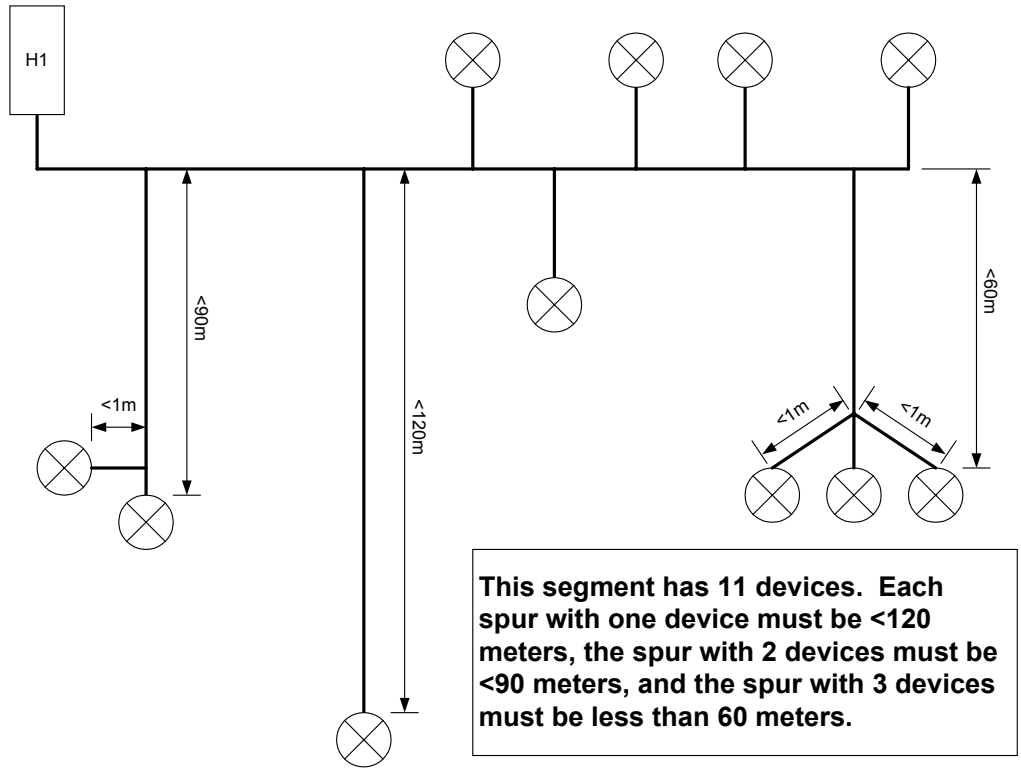
Várias topologias podem ser aplicadas em projetos Fieldbus. De forma a simplificar e tornar mais claro os gráficos, as fontes de alimentação e os terminadores foram omitidos destes.



Topologias possíveis no foundation

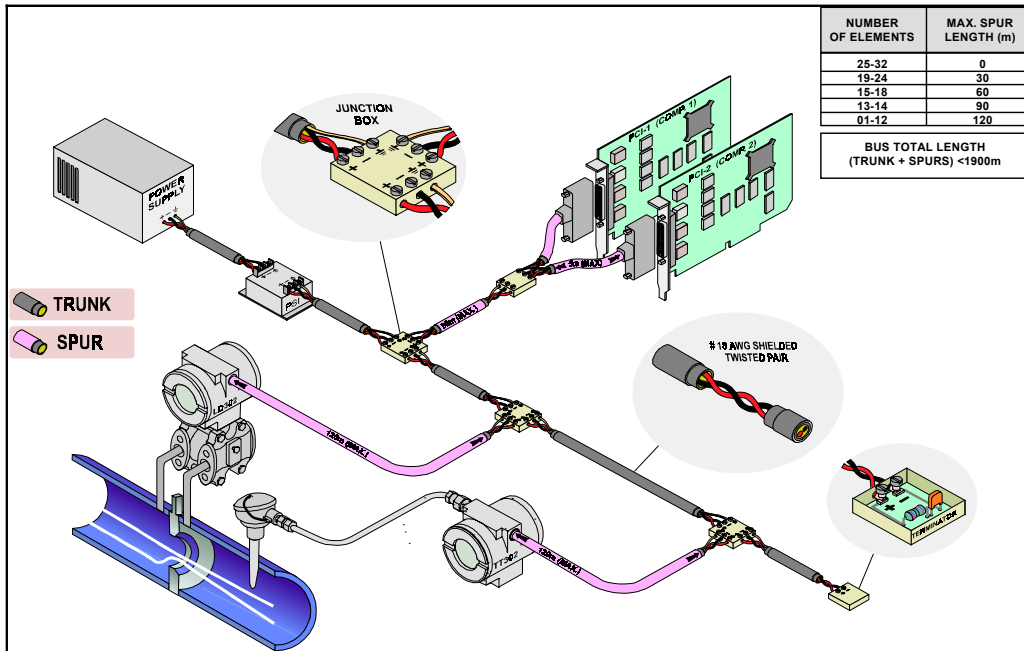
Total Devices on Segment	1 Device per Spur	2 Devices per Spur	3 Devices per Spur	4 Devices per Spur
1-12	394 ft. (120 m)	295 ft. (90 m)	197 ft. (60 m)	98 ft. (30 m)
13-14	295 ft. (90 m)	197 ft. (60 m)	98 ft. (30 m)	3 ft. (1 m)
15-18	197 ft. (60 m)	98 ft. (30 m)	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)
19-24	98 ft. (30 m)	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)
25-32	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)	3 ft. (1 m)

Um importante aspecto na concepção de um projeto Foundation Fieldbus é a determinação de como serão instalados os equipamentos que farão parte da rede. Dessa forma devem ser consideradas as distâncias máximas permitidas entre os equipamentos, ou seja, deve-se ter em mãos a planta onde será efetuado o projeto para a determinação dos melhores pontos para instalação dos equipamentos de forma a otimizar ao máximo o comprimento do barramento (trunk) e das derivações (spurs) como visto na figura.



*Configuração Típica de Instalação*

Além disso, outras características também devem ser consideradas tais como: número máximo de equipamentos ligados à uma mesma rede (um fator limitante pode ser a fonte de alimentação que deve alimentar todos os transmissores, caso o barramento seja energizado), a topologia utilizada na implementação dos equipamentos (ver próxima seção) e os elementos que constituirão a rede fieldbus conjuntamente com os equipamentos (dispositivos que permitam facilidade e agilidade quando for solicitado algum tipo de manutenção com um determinado equipamento, como por exemplo as caixas de campo). Outro ponto a ser analisado refere-se à utilização de barreiras de segurança intrínseca e redundância dos equipamentos. Deve-se fazer uma análise preliminar destas características no ambiente de instalação do sistema visando a maior otimização possível no que se refere às instalações dos equipamentos (número de equipamentos e comprimento de cada barramento), caso se faça necessário a utilização destes recursos.

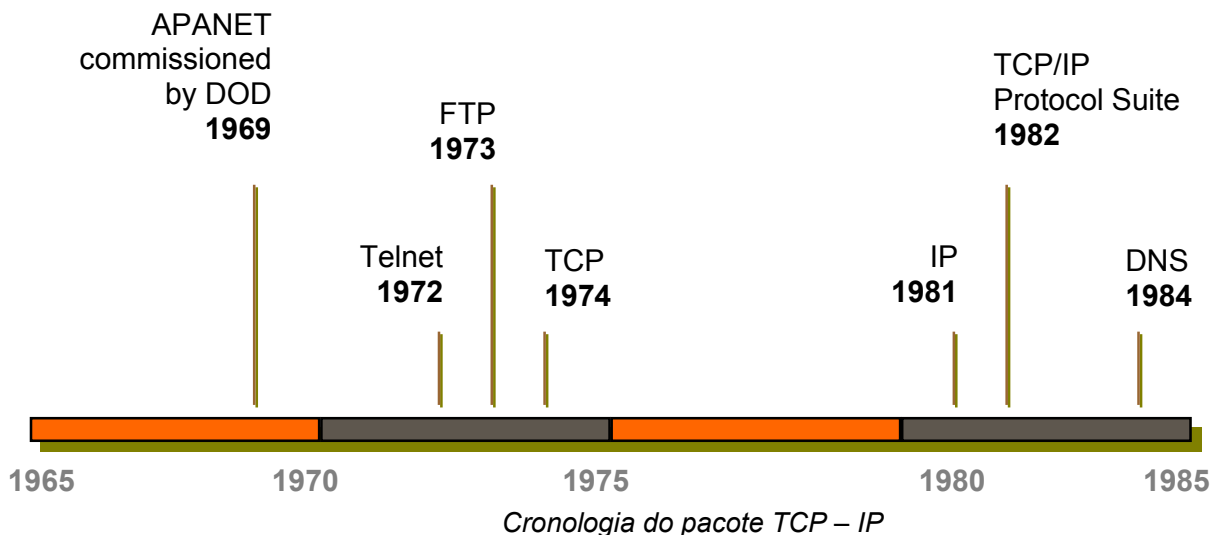


Instalação de um sistema foundation

## 13 Arquitetura de Redes TCP/IP

No mundo de hoje, não se pode falar de redes sem falar do TCP/IP. O conjunto de protocolos originalmente desenvolvido pela Universidade da Califórnia em Berkeley, sob contrato para o Departamento de Defesa dos EUA, se tornou o conjunto de protocolos bancados por pesos pesados da indústria, como a IBM (SNA), Microsoft (NetBIOS/NetBEUI) e Novell (IPX/SPX).

O grande motivo de todo esse sucesso foi justamente o fato do TCP/IP não ter nenhuma grande empresa associada ao seu desenvolvimento. Isto possibilitou a sua implementação e utilização por diversas aplicações em praticamente todos os tipos de hardware e sistemas operacionais existentes.



Mesmo antes do Boom da internet o TCP/IP já era o protocolo obrigatório para grandes redes formadas por produtos de muitos fornecedores diferentes, e havia sido escolhido pela Microsoft como o protocolo preferencial para o Windows NT, devido às limitações técnicas do seu próprio conjunto de protocolos, o NetBEUI.

Entretanto, ao contrário dos *protocolos* proprietários para redes locais da Microsoft e da Novell, que foram desenhados para serem praticamente “plug and play”, as necessidades que orientam o desenvolvimento do TCP/IP obrigaram ao estabelecimento de uma série de parametrizações e configurações que devem ser conhecidas pelo profissional envolvido com instalação, administração e suporte de redes.



### As pilhas de protocolos

Quem já estudou mais a fundo a documentação de produtos de redes ou participou de cursos mais específicos certamente se deparou com o “modelo OSI de 7 Camadas”. Todos os softwares de redes são baseados em alguma arquitetura de camadas, e normalmente nos referimos a um grupo de protocolos criado para funcionar em conjunto com uma pilha de protocolos (em Inglês, protocol stack, por exemplo, the TCP/IP stack). O termo “pilha” é utilizado porque os protocolos de uma dada camada normalmente interagem somente com os protocolos das camadas imediatamente superior e inferior.

Entretanto, o modelo OSI é um modelo conceitual, e não a arquitetura de uma implementação real de protocolos de redes. Mesmo os protocolos definidos como padrão oficial pelo ISO – International Standards Organization – a entidade criadora do modelo OSI, não foram projetados e construídos segundo este modelo.

O importante é entender o conceito de pilhas de protocolo, pelo qual cada camada realiza uma das funções necessárias para comunicação em rede, tornando possível a comunicação em redes de computadores utilizando várias tecnologias diferentes.

### O modelo de pilha de 4 camadas do TCP/IP

O TCP/IP foi desenhado segundo uma arquitetura de pilha, onde diversas camadas de software interagem somente com as camadas acima e abaixo. Há diversas semelhanças com o modelo OSI da ISO, mas o TCP/IP é anterior à formalização deste modelo e, portanto possui algumas diferenças.

O nome TCP/IP vem dos nomes dos protocolos mais utilizados desta pilha, o IP (Internet Protocol) e o TCP (Transmission Control Protocol). Mas a pilha TCP/IP possui ainda muitos outros protocolos, dos quais veremos apenas os mais importantes, vários deles necessários para que o TCP e o IP desempenhem corretamente as suas funções.

Visto superficialmente, O TCP/IP possui 4 camadas, desde a aplicações de rede até o meio físico que carregam os sinais elétricos até o seu destino.

Além das camadas propriamente ditas, temos uma série de componentes, que realizam a interface entre as camadas:

Aplicação	RSLinx Interchange FTP, TELNET
Transporte	TCP
Rede	IP
Enlace	Ethernet 802.3
Físico	10baseT, MAU, etc

*Camadas do TCP-Ip de acordo com o modelo ISO/OSI*

Vamos apresentar agora uma descrição da função de cada camada do TCP/IP:

*Enlace* - Os protocolos de enlace tem a função de fazer com que as informações sejam transmitidas de um computador para o outro em uma mesma mídia de acesso compartilhado (também chamada de rede local) ou em uma ligação ponto-a-ponto(ex: modem ).Nada mais do que isso.A preocupação destes protocolos é permitir o uso do meio físico que conecta os computadores na rede e fazer com que os bytes enviados por um computador cheguem a outro computador diretamente desde que haja uma conexão direta entre eles.

*Rede* - Já o protocolo de rede, o Internet Protocol (IP),é responsável por fazer com que as informações enviadas por um computador chegue a outro, mesmo que eles estejam em redes fisicamente distintas, ou seja,não existe conexão direta entre eles. Como o próprio nome (Inter-net) diz, o IP realiza a conexão entre redes.E é ele quem traz a capacidade da rede TCP/IP se “reconfigurar” quando uma parte da rede esta fora do ar, procurando um caminho (rota) Alternativo para a comunicação.

*Transporte* - Os protocolos de transporte mudam o objetivo, que era conectar dois equipamentos, para conectar dois programas.Você pode ter em um mesmo computador vários programas trabalhando com a rede simultaneamente, por exemplo, um browser Web e um leitor de e-mail. Da mesma forma, um mesmo computador pode estar rodando ao mesmo tempo um servidor Web e um servidor POP3. Os protocolos de transporte (UDP e TCP) atribuem a cada programa um número de porta, que é anexado a cada pacote de modo que o TCP/IP saiba para qual programa entregar cada mensagem recebida pela rede.

*Aplicação* - Finalmente os protocolos de aplicação são específicos para cada programa que faz uso da rede. Desta forma existe um protocolo para a conversação entre um servidor Telnet, e assim em diante. Cada aplicação de rede tem o seu próprio protocolo das camadas mais baixas para poder atingir o seu destino.

Existem dois protocolos de transporte no TCP/IP. O primeiro é o UDP, um protocolo que trabalha com datagramas, que são mensagens com um comprimento máximo pré-fixado e cuja entrega não é garantida. Caso a rede esteja congestionada, um datagrama pode ser perdido e o UDP não informa as aplicações desta ocorrência. Outra possibilidade é que o congestionamento em uma rota da rede possa fazer com que os pacotes cheguem ao seu destino em uma ordem diferente daquela em que foram enviados. O UDP é um protocolo que trabalha sem estabelecer conexões entre os softwares que estão se comunicando.

Já o TCP é um protocolo orientado a conexão. Ele permite que sejam enviadas mensagens de qualquer tamanho e cuida de quebrar as mensagens em pacotes que possam ser enviados pela rede. Ele também cuida de ordenar os pacotes no destino e de retransmitir qualquer pacote que seja perdido pela rede de modo que o destino receba a mensagem original da maneira como foi enviada.

Agora, vamos aos componentes que ficam na interface entre os níveis 3 e 4 e entre os níveis 1 e 2.

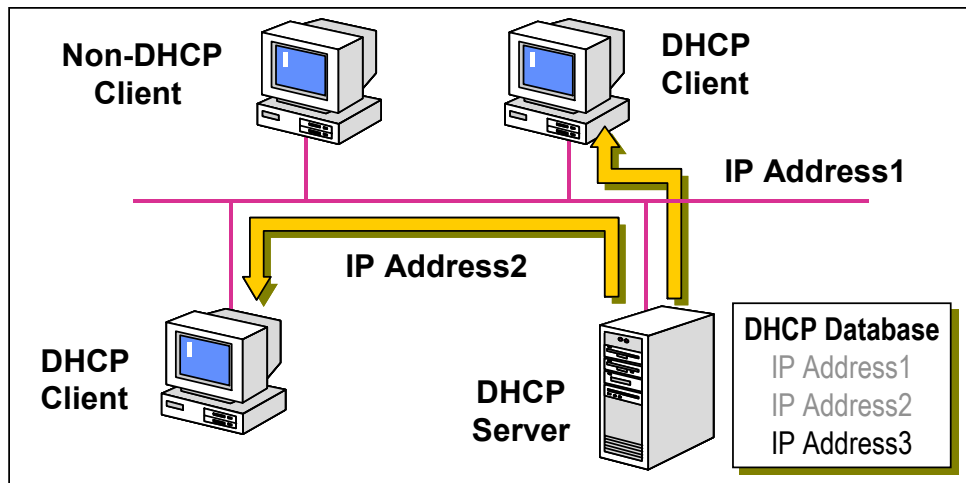
O Sockets é uma API para a escrita de programas que trocam mensagens utilizando o TCP/IP. Ele fornece funções para testar um endereço de rede, abrir uma conexão TCP, enviar datagramas UDP e esperar por mensagens da rede. O Winsockets, utilizado para aplicações internet Windows é nada mais do que uma pequena variação desta API para acomodar limitações do Windows 3.1. No Windows NT e Win95 pode ser usada a API original sem problemas.

O Domain Name Service (DNS) fornece os nomes lógicos da internet como um todo ou de qualquer rede TCP/IP isolada.

Temos ainda o ARP que realiza o mapeamento entre os endereços Ethernet, de modo que os pacotes possam atingir os seus destinos em uma rede local.

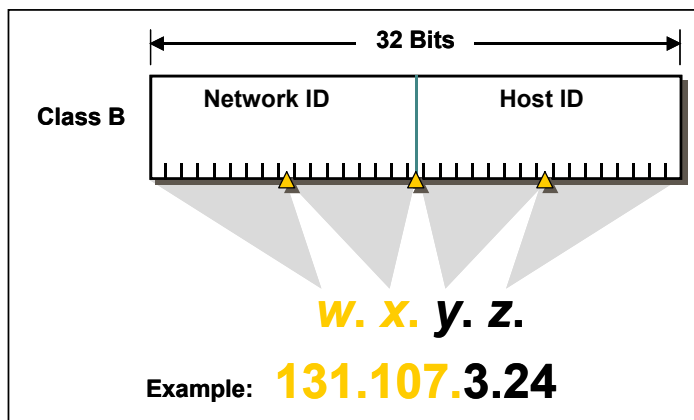
Por fim, o DHCP permite a configuração automática de um computador ou outro dispositivo conectado a uma rede TCP/IP, em vez de configurarmos cada computador

manualmente. Mas, para entender o porque da necessidade do DHCP, temos que entender um pouco mais do funcionamento e da configuração de uma rede TCP/IP.



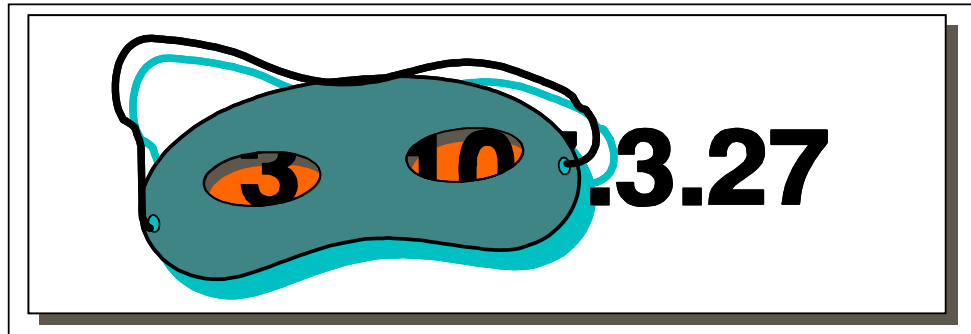
Serviço DHCP

Em uma rede TCP/IP, cada computador (ou melhor, cada placa de rede, caso o computador possua mais que uma) possui um endereço numérico formado por 4 octetos (4 bytes), geralmente escrito na forma w,x,y,z.



Endereçamento IP

Além deste endereço IP, cada computador possui uma máscara de rede (network mask ou subnet mask), que é um número do mesmo tipo mas com restrição de que ele deve começar por uma seqüência contínua de bits em 1, seguida por uma seqüência contínua de bits em zero. Ou seja, 11111111.11111111.00000000.00000000 (255.255.0.0), mas nunca um número como 11111111.11111111.00000111.00000000 (255.255.7.0).



Máscara de rede

A máscara de rede serve para quebrar um endereço IP em um endereço de rede e um endereço de host. Todos os computadores em uma mesma rede local (fisicamente falando, por exemplo, um mesmo barramento Ethernet) devem ter o mesmo endereço de rede, e cada um deve ter um endereço de host diferente. Tomando-se o endereço IP como um todo, cada computador em uma rede TCP/IP (inclusive em toda a Internet) possui um endereço IP único e exclusivo.

O InterNIC controla todos os endereços IP em uso ou livres na Internet, para evitar duplicações, ele reserva certas faixas de endereços chamadas de endereços privados para serem usados em redes que não irão se conectar diretamente na Internet.

Address Class	Bits Used for Subnet Mask	Dotted Decimal Notation
Class A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
Class B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
Class C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0

Class B Example	
IP Address	131.107. 16.200
Subnet Mask	255.255. 0.0
Network ID	131.107. y.z
Host ID	w.x. 16.200

Classes de rede

Quando o IP recebe um pacote para ser enviado pela rede, ele quebra o endereço destino utilizado a máscara de rede do computador e compara o endereço de rede do destino com o endereço de rede dele mesmo. Se os endereços de rede forem iguais, isto significa que a mensagem será enviada para um outro computador na mesma rede local, então o pacote é repassado para o protocolo de enlace apropriado (em geral o Ethernet). Se os endereços forem diferentes, o IP envia o pacote para o default gateway, que é nada mais do que o equipamento que fornece a conexão da rede local com outras redes.

	Number of Networks	Number of Hosts per Network	Range of Network IDs (First Octet)
Class A	126	16,777,214	1 – 126
Class B	16,384	65,534	128 – 191
Class C	2,097,152	254	192 – 223

Número de elementos permitidos de acordo com cada classe de rede

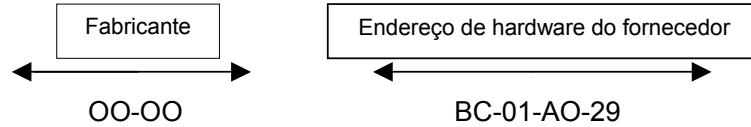
Este equipamento pode ser um roteador dedicado ou pode ser um servidor com múltiplas placas de rede, e se encarrega de encaminhar o pacote para a rede local onde o endereço IP de destino está localizado.

É importante que o endereço IP do default gateway esteja na mesma subnet que o da máquina a ser configurada, caso contrário ela não terá como enviar pacotes para o default gateway e assim só poderá se comunicar com outros hosts na mesma subnet.

Resumindo um computador qualquer em uma rede TCP/IP deve ser configurado com pelo menos estes três parâmetros: o seu endereço IP exclusivo, a sua máscara de rede (que deve ser a mesma utilizada pelos demais computadores na mesma LAN) e o endereço IP do default gateway.

## Endereçamento de nós na rede TCP-IP

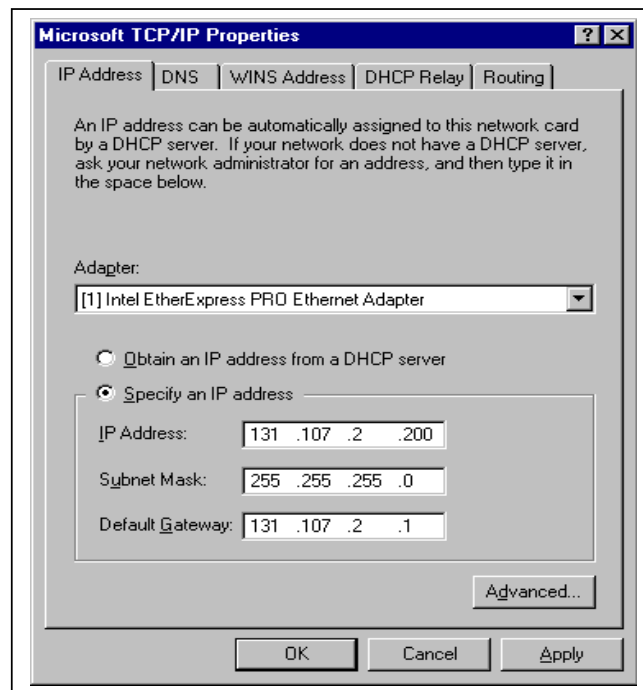
Todos os dispositivos capazes de se comunicar via Ethernet possuem um único endereço de hardware. Este pode ser encontrado em uma etiqueta no próprio dispositivo.



Um endereço IP (32 bits) é necessário para que um dispositivo pertença a rede, este endereço é dividido em duas componentes, o endereço de rede e o endereço de nó (host).

### Como se processa a comunicação em uma rede TCP/IP

Digamos que o host com o endereço IP é 172.16.1.101 deseje enviar um pacote para o endereço 172.16.2.102. Caso a máscara de rede seja 255.255.0.0, o AND binário do endereço fonte será 172.16.0.0, e o AND do endereço de rede e portanto estão diretamente conectados no nível de enlace.



Janela de endereçamento IP

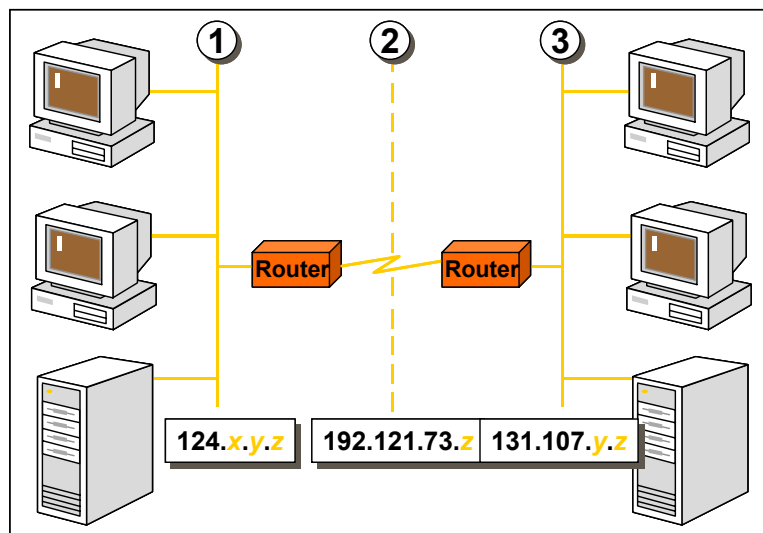
Neste caso, o nível IP envia um pacote ARP pela rede Ethernet para identificar qual o endereço Ethernet do host cujo IP é 172.16.2.102. Este pacote é enviado como um broadcast, de modo que todos os hosts conectados no mesmo segmento Ethernet

receberão o pacote, e o host configurado para o endereço Ethernet. Assim o IP pode montar o pacote Ethernet corretamente endereçado e enviar o pacote para o seu destino.

Agora digamos que a máscara de rede não fosse 255.255.0.0, mas sim 255.255.255.0. Neste caso, os endereços de rede da origem e destino seriam respectivamente 172.16.1.0 e 172.16.2.0. Como os endereços de rede são diferentes, isto significa que não temos conectividade direta (no nível de enlace) entre os dois hosts, portanto o pacote deverá ser entregue por intermédio de um roteador, que é o default gateway.

Digamos que o default gateway seja 172.16.1.1 (observe que o endereço de rede do default gateway seja 172.16.1.0, o mesmo do nosso host de origem). Então o host irá enviar um pacote ARP pela rede para descobrir o endereço Ethernet do default gateway, e enviará o pacote para este.

Ao receber o pacote, o default gateway irá verificar que o endereço IP de destino é o IP de outro host que não ele, e irá verificar qual o endereço de rede do destino. Pode ser que o pacote esteja endereçado para uma rede local na qual o default gateway tenha que direcionar o pacote para um outro roteador mais próximo do destino final. De qualquer forma, o default gateway segue o mesmo processo de gerar o endereço de rede utilizando a netmask, e em seguida enviar um pacote ARP pedindo o endereço Ethernet do próximo host a receber o pacote. A diferença é que um roteador não tem um default gateway, mas sim uma tabela de roteamento, que diz quais endereços de rede podem ser alcançados por quais roteadores.



Roteamento



Notem que este exemplo considerou apenas a comunicação entre dois equipamentos, não entre dois programas. O nosso exemplo ficou apenas no nível de rede da pilha um pacote, e será responsabilidade dele decodificar e utilizar de alguma forma as informações contidas no pacote.

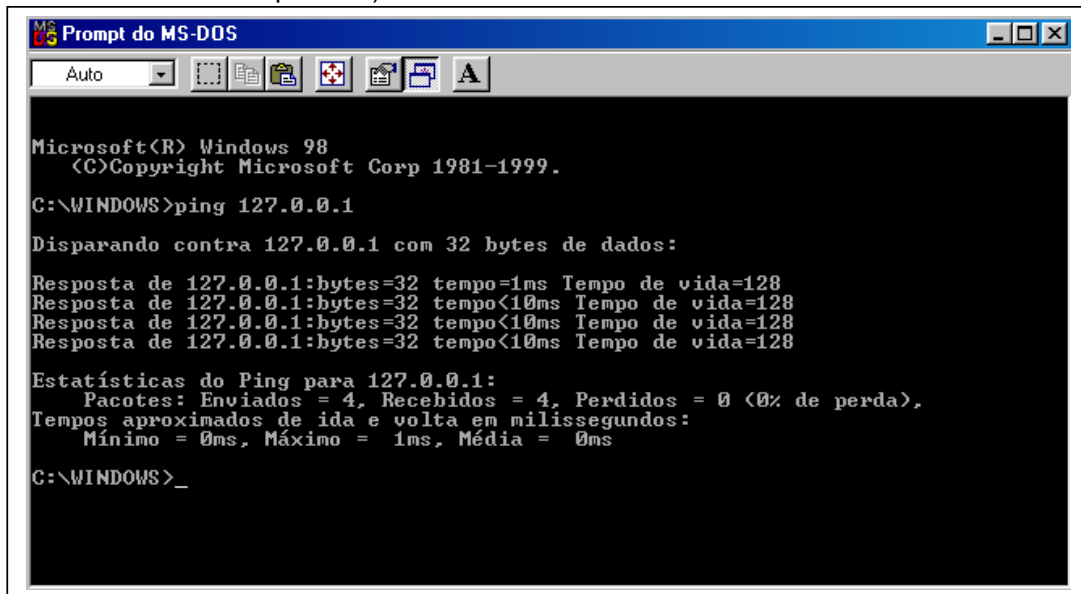
TCP/IP, mas acima dela o processo é simples: o IP verifica que tipo de pacote foi recebido (TCP, UDP ou outro) e repassa o pacote para o protocolo apropriado.

O protocolo de transporte irá então verificar o número de porta contido no pacote e qual programa está associado àquela porta. Este programa será notificado da chegada de

### Como testar uma rede TCP/IP

Caso você venha a ter problemas de comunicação, todas as pilhas TCP/IP, independente de qual sistema operacional, trazem o utilitário ping para testar a conectividade entre dois hosts TCP/IP. Siga o seguinte procedimento:

*Ping 127.0.0.1.* Este endereço IP é um loopback, ou seja, não vai para a rede, fica no computador que originou a mensagem. Se o ping acusar o recebimento da resposta, significa que a pilha TCP/IP está instalada e ativa no computador onde foi realizado o teste. (Somente a título de curiosidade, você pode usar o loopback do TCP/IP para desenvolver aplicações de rede em uma máquina standalone, sem nenhum tipo de conexão de rede disponível.)



```

Microsoft(R) Windows 98
(C)Copyright Microsoft Corp 1981-1999.
C:\WINDOWS>ping 127.0.0.1

Disparando contra 127.0.0.1 com 32 bytes de dados:

Resposta de 127.0.0.1:bytes=32 tempo=1ms Tempo de vida=128
Resposta de 127.0.0.1:bytes=32 tempo<10ms Tempo de vida=128
Resposta de 127.0.0.1:bytes=32 tempo<10ms Tempo de vida=128
Resposta de 127.0.0.1:bytes=32 tempo<10ms Tempo de vida=128

Estatísticas do Ping para 127.0.0.1:
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de perda).
    Tempos aproximados de ida e volta em milissegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Média = 0ms

C:\WINDOWS>_

```

Resultado do comando ping

1. *Ping meu\_ip.* Tendo comprovado que o TCP/IP está ativo na máquina origem, vamos enviar uma mensagem para ela mesmo, para verificar se a placa de rede (ou modem) está ativos no que diz respeito ao TCP/IP. Aqui você testa apenas o driver da sua placa de rede, não a placa em si nem os cabos da rede.

2. *Ping ip\_na\_minha\_rede.* Agora vamos testar a comunicação dentro da rede local onde o computador de origem está localizado. Garanta que o computador dono do `ip_na_minha_rede` está com o TCP/IP e a sua placa de rede ativos, segundo os dois testes acima. Se não funcionar, você tem um problema de cabos ou em uma placa de rede, ou simplesmente as suas máscaras de rede e endereço IP estão incorretos.
3. *Ping ip\_do\_default\_gateway.* Se a comunicação dentro da minha rede local está OK, temos que verificar se o default gateway da minha rede está no ar, pois todos os pacotes que saem da minha rede local passam por ele.
4. *Ping ip\_do\_outro\_lado.* Digamos que o meu default gateway que está diretamente conectado na rede está no ar. Então eu dou um ping no endereço IP desta placa. Se o default gateway não estiver no ar. Então eu dou um ping no endereço IP desta placa. Se o default gateway não estiver diretamente conectado na rede destino, eu repito os passos (4) e (5) para cada equipamento que esteja no caminho entre origem e destino.

## 14 Redes Wireless

### Introdução

As redes locais sem fio (WLANs) constituem-se como uma alternativa às redes convencionais com fio, fornecendo as mesmas funcionalidades, mas de forma flexível, de fácil configuração e com boa conectividade em áreas prediais ou de campus. Dependendo da tecnologia utilizada, rádio frequência ou infravermelho, e do receptor, as rede WLANs podem atingir distâncias de até 18 metros.

Sendo assim, as WLANs combinam a mobilidade do usuário com a conectividade a velocidades elevadas de até 155 Mbps, em alguns casos.

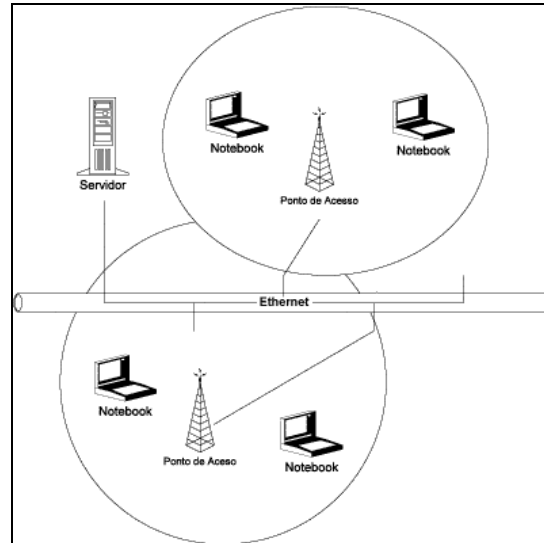
### Como funcionam os WLANs

Através da utilização portadoras de rádio ou infravermelho, as WLANs estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede. Os dados são modulados na portadora de rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas.

Múltiplas portadoras de rádio podem coexistir num mesmo meio, sem que uma interfira na outra. Para extrair os dados, o receptor sintoniza numa frequência específica e rejeita as outras portadoras de frequências diferentes.

Num ambiente típico o dispositivo transceptor (transmissor/receptor) ou ponto de acesso (access point) é conectado a uma rede local Ethernet convencional (com fio). Os pontos de acesso não apenas fornecem a comunicação com a rede convencional, como também intermediam o tráfego com os pontos de acesso vizinhos, num esquema de micro células com roaming semelhante a um sistema de telefonia celular.

Um grupo de empresas está coordenando o desenvolvimento do protocolo IAPP (Inter-Access Point Protocol), cujo objetivo é garantir a interoperabilidade entre fabricantes fornecendo suporte a roaming através das células. O protocolo IAPP define como os pontos de acesso se comunicarão através do backbone da rede, controlando os dados de várias estações móveis.



*Rede wireless LAN típica*

### **Tecnologias empregadas**

Há várias tecnologias envolvidas nas redes locais sem fio e cada uma tem suas particularidades, suas limitações e suas vantagens. A seguir, são apresentadas algumas das mais empregadas.

*Sistemas Narrowband:* Os sistemas narrowband (banda estreita) operam numa frequência de rádio específica, mantendo o sinal de rádio o mais estreito possível o suficiente para passar as informações. O crosstalk indesejável entre os vários canais de comunicação pode ser evitado coordenando cuidadosamente os diferentes usuários nos diferentes canais de frequência.

*Sistemas Spread Spectrum:* São os mais utilizados atualmente. Utilizam a técnica de espalhamento espectral com sinais de rádio frequência de banda larga, provendo maior segurança, integridade e confiabilidade, em troca de um maior consumo de banda. Há dois tipos de tecnologias spread spectrum: a FHSS, Frequency-Hopping Spread Spectrum e a DSSS, Direct-Sequence Spread Spectrum.

A FHSS usa uma portadora de faixa estreita que muda a frequência em um código conhecido pelo transmissor e pelo receptor que, quando devidamente sincronizados, o efeito é a manutenção de um único canal lógico.

A DSSS gera um bit-code (também chamado de chip ou chipping code) redundante para cada bit transmitido. Quanto maior o chip maior será a probabilidade de recuperação da informação original. Contudo, uma maior banda é requerida. Mesmo que um ou mais bits no *chip* sejam danificados durante a transmissão, técnicas estatísticas embutidas no rádio são capazes de recuperar os dados originais sem a necessidade de retransmissão.

*Sistemas Infrared:* Para transmitir dados os sistemas infravermelho utilizam frequências muito altas, um pouco abaixo da luz visível no espectro eletromagnético. Igualmente à luz, o sinal infravermelho não pode penetrar em objetos opacos. Assim as transmissões por infravermelho ou são diretas ou difusas.

Os sistemas infravermelho diretos de baixo custo fornecem uma distância muito limitada (em torno de 1,5 metro). São normalmente utilizados em PAN (*Personal Area Network*) como, por exemplo, os palm pilots, e ocasionalmente são utilizados em WLANs.

### **IEEE 802.11 Wireless Local Area Network**

O grupo de trabalho IEEE 802.11, do Instituto dos Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, é responsável pela definição do padrão para as redes locais sem fio WLANs.

O padrão proposto especifica três camadas físicas (PHY) e apenas uma subcamada MAC (Medium Access Control). Como apresentado abaixo, o draft provê duas especificações de camadas físicas com opção para rádio, operando na faixa de 2.400 a 2.483,5 MHz (dependendo da regulamentação de cada país), e uma especificação com opção para infravermelho.

#### *Frequency Hopping Spread Spectrum Radio PHY:*

Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps utiliza 2 níveis da modulação GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), e a de 2 Mbps utiliza 4 níveis da mesma modulação;

#### *Direct Sequence Spread Spectrum Radio PHY:*

Esta camada provê operação em ambas as velocidades (1 e 2 Mbps). A versão de 1 Mbps utiliza da modulação DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), enquanto que a de 2 Mbps usa modulação DBPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying);

#### *Infrared PHY:*

Esta camada fornece operação 1 Mbps, com 2 Mbps opcional. A versão de 1 Mbps usa modulação 16-PPM (Pulse Position Modulation com 16 posições), e a versão de 2 Mbps utiliza modulação 4-PPM.

No lado da estação, a subcamada MAC fornece os seguintes serviços: autenticação, desautenticação, privacidade e transmissão da MADU (MAC Sublayer Data Unit), e, no lado do sistema de distribuição: associação, desassociação, distribuição, integração e reassociação. As estações podem operar em duas situações distintas:

*Configuração Independente:*

Cada estação se comunica diretamente entre si, sem a necessidade de instalação de infraestrutura. A operação dessa rede é fácil, mas a desvantagem é que a área de cobertura é limitada. Estações com essa configuração estão no serviço BSS (Basic Service Set);

*Configuração de Infra-estrutura:*

Cada estação se comunica diretamente com o ponto de acesso que faz parte do sistema de distribuição. Um ponto de acesso serve as estações em um BSS e o conjunto de BSS é chamado de ESS (Extended Service Set).

Além dos serviços acima descritos, o padrão ainda oferece as funcionalidades de roaming dentro de um ESS e gerenciamento de força elétrica (as estações podem desligar seus transceivers para economizar energia). O protocolo da subcamada MAC é o CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

**Conclusões**

As redes locais sem fio já são uma realidade em vários ambientes de redes, principalmente nos que requerem mobilidade dos usuários.

As aplicações são as mais diversas e abrangem desde aplicações médicas, por exemplo, visita a vários pacientes com sistema portátil de monitoramento, até ambientes de escritório ou de fábrica.

Apesar das limitações de cobertura geográfica, utilizando-se a arquitetura de sistemas de distribuição, pode-se aumentar a abrangência da rede sem fio, fazendo uso de vários sistemas de distribuição interconectados via rede com fio, num esquema de roaming entre microcélulas, semelhante a um sistema de telefonia celular convencional.

# 15 CLP

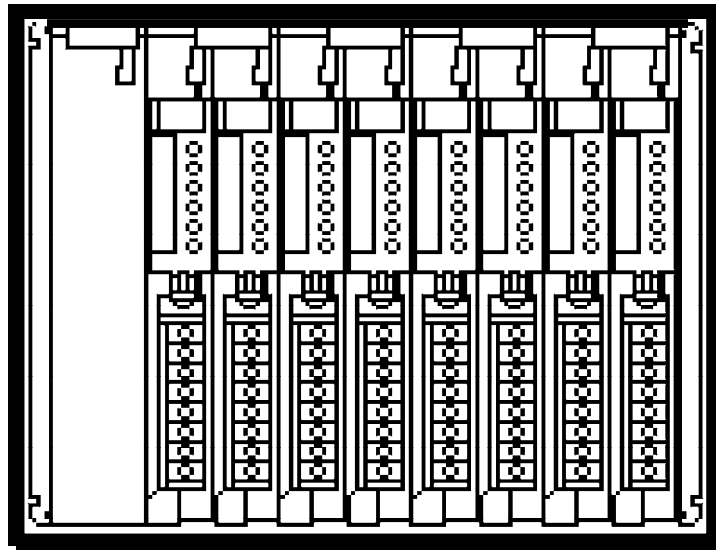
## Introdução

O controlador programável, ou simplesmente CP, tem revolucionado os comandos e controles industriais desde o seu surgimento na década de 70. Antes do surgimento dos CP's as tarefas de comando e controle de máquinas e processos industriais eram feitas por relés eletromagnéticos, especialmente projetados para este fim e que ainda hoje se parecem bastante com o dispositivo eletromecânico inventado por Samuel F. B. Morse em 1836.

O primeiro CP surgiu na indústria automobilística, até então um usuário em potencial dos relés eletromagnéticos utilizados para controlar operações sequenciadas e repetitivas numa linha de montagem. Compunha-se de circuitos eletrônicos montados com componentes semi-condutores como transistores, Cis, etc.

A normalização do Brasil para representar um Controlador Programável adota como sigla "CP" e define como sendo um equipamento digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais.

Portanto é comum encontrarmos os termos PLC; CLP E CP referindo ao mesmo equipamento. Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), um CP é definido como aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas e processos.



## Características

Basicamente, um controlador programável apresenta as seguintes características:

Hardware e/ou dispositivo de controle de fácil e rápida programação ou reprogramação, com a mínima interrupção na produção.

Capacidade de operação em ambiente industrial sem o apoio de equipamentos ou hardware específicos.

Sinalizadores de estado e módulos tipo plug-in de fácil manutenção e substituição.

Hardware ocupando espaço reduzido e apresentando baixo consumo de energia.

Possibilidade de monitoração do estado e operação do processo ou sistema, através da comunicação com computadores.

Compatibilidade com diferentes tipos de sinais de entrada e saída.

Capacidade de alimentar, de forma contínua ou chaveada, cargas que consomem correntes de até 2 A.

Hardware de controle que permite a expansão dos diversos tipos de módulos, de acordo com a necessidade.

Custo de compra e instalação competitivo em relação aos sistemas de controle convencionais.

Possibilidade de expansão da capacidade de memória.

Conexão com outros CP's através de redes de comunicação

## **EVOLUÇÃO DOS CLP's**

Inicialmente projetados para substituírem os sistemas de controle por relés, os CPs limitavam-se a aplicações envolvendo máquinas e processos de operações repetitivas.

Com o advento e a conseqüente evolução tecnológica dos microprocessadores, os CPs tiveram suas funções ampliadas, aumentando consideravelmente sua capacidade e flexibilidade operacionais.

O que no seu surgimento era executado com componentes discretos, hoje se utiliza de microprocessadores e microcontroladores de última geração, usando técnicas de processamento paralelo, inteligência artificial, redes de comunicação, fieldbus, etc.

A nível de software aplicativo, os controladores programáveis, podem se tornar compatíveis com a adoção da norma IEC 1131-3, que prevê a padronização da linguagem de programação e sua portabilidade, fato que nos dias de hoje parece ilusão.

Os CP's oferecem um considerável número de benefícios para aplicações industriais, que podem ressaltar em economia que excede o custo do CP e devem ser consideradas quando da seleção de um dispositivo de controle industrial. As vantagens de sua utilização, comparadas a outros dispositivos de controle industrial, incluem:



- menor ocupação de espaço
- potência elétrica requerida menor
- reutilização
- programável, em caso de mudanças de requisitos de controle
- alta confiabilidade
- pequena manutenção
- permite interface com outros CP's e/ou outros dispositivos
- projeto do sistema mais rápido

### **Ciclo Evolutivo**

O ciclo evolutivo dos controladores programáveis é o seguinte:

1968: Projeto de um CP para a General Motors Co., com o objetivo de substituir os sistemas de controle a relés.

1969: Primeiro CP fabricado para indústria automobilística com componentes equivalentes aos relés

1971: Primeira aplicação de um CP fora da indústria automobilística.

1972: Introdução de instruções de temporização e contagem nos Cps.

1973: Introdução de operações aritméticas, controle de impressão, movimentação de dados e operações matriciais.

1974: Introdução de terminais de programação com TRC (tubos de raios catódicos)

1975: Introdução de controle analógico PID

1977: Introdução de Cps bastante compactos, baseados a tecnologia de microprocessadores.

1978: Os Cps obtêm grande aceitação no mercado norte-americano, com vendas aproximadas de 80 milhões de dólares.

1979: Integração entre o sistema de comunicação do CP e a operação de uma planta individual.

1980: Introdução de módulos inteligentes de entrada e saída, proporcionando alta velocidade e controle preciso em aplicações de posicionamento.

1981: Introdução de redes de comunicação permitindo que o CP se comunique com dispositivos inteligentes como computadores, leitores de códigos, etc.

1982: Introdução de mini e micros Cps.

1983: Introdução de redes de controle, permitindo que vários Cps acessem os mesmos módulos I/O.

Após este momento, se torna difícil descrever toda evolução dos CPs com precisão de datas, dada a rapidez na introdução de novas tecnologias, porém podemos citar as seguintes evoluções tecnológicas de:

### Hardware

Maior velocidade de varredura, devido á utilização de microprocessadores e microcontroladores de 16 e 32 bits.

Módulos de entrada e saída de alta densidade, possibilitando baixo custo e espaços reduzidos.

Módulos inteligentes, microprocessados que permitem controles descentralizados ( módulo PID, comunicação ASC II, posicionadores, emissores de relatório, etc.).

Redundância de CPU, utilizando arquitetura de votação majoritária, sistema dual hot stand-by ou sistema dual full duplex.

### Software

Utilização de linguagem de programação de alto nível, permitindo grande flexibilidade de programação quando da utilização de periféricos.

Utilização de microcomputadores compatíveis com IBM/PC como ferramenta de programação.

Representação do programa em diagrama de contatos, diagrama de blocos funcionais e lista de instrução.

Diagnósticos e detecção de falhas na monitoração de máquinas e processos.

Introdução da matemática de ponto flutuante, tornando possível o desenvolvimento de cálculos complexos.

Os sistemas de controle baseados em controladores programáveis (Cps) são aplicados nas mais diferentes áreas, a saber:

Petroquímica

Aeronáutica

Refinarias

Mineração (ouro, carvão, minério de ferro, etc.)

Madeiras

Indústrias de embalagens

Fábrica de vidro

Fábrica de borracha

Indústrias de produtos alimentícios

Programa espacial

Usinas hidroelétricas

Fábricas de plásticos

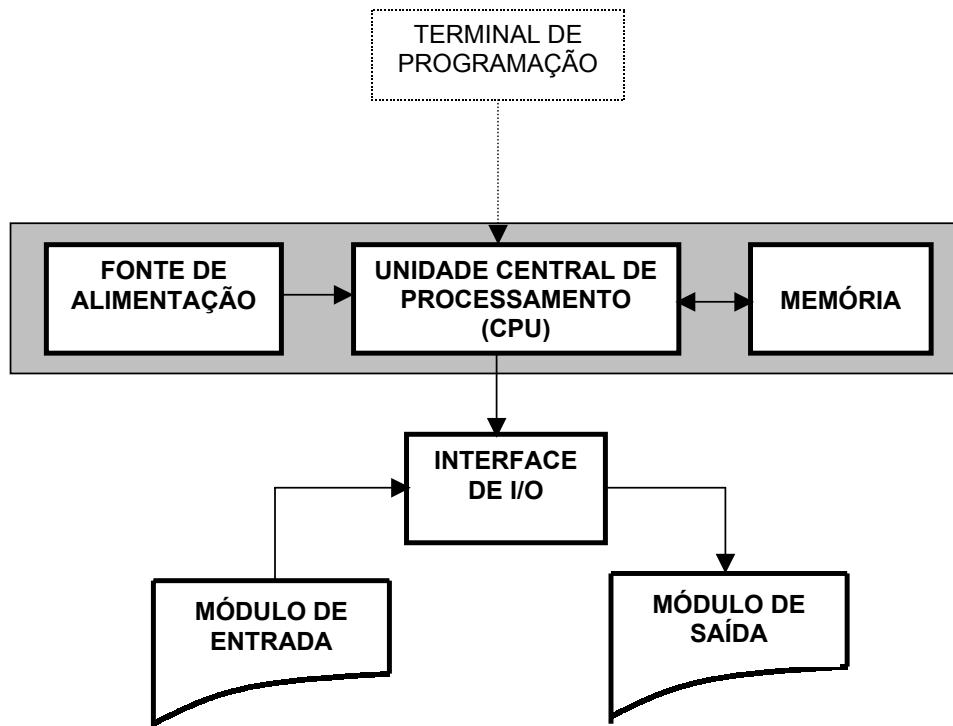
Parque de diversões

Transportadoras, etc.

### ESTRUTURA BÁSICA DE CLP's

A Estrutura básica de um controlador programável adveio do hardware básico de um computador. Podemos afirmar que um CP é um computador para aplicações específicas, pois utiliza a mesma unidade central de processamentos (UCP) de um computador comum, acrescida de uma fonte de alimentação com ótimas características de filtragem/estabilização, interface E/S imune a ruídos, e de um invólucro específico para aplicações industriais.

O diagrama de blocos à seguir, ilustra a estrutura básica de um controlador programável.

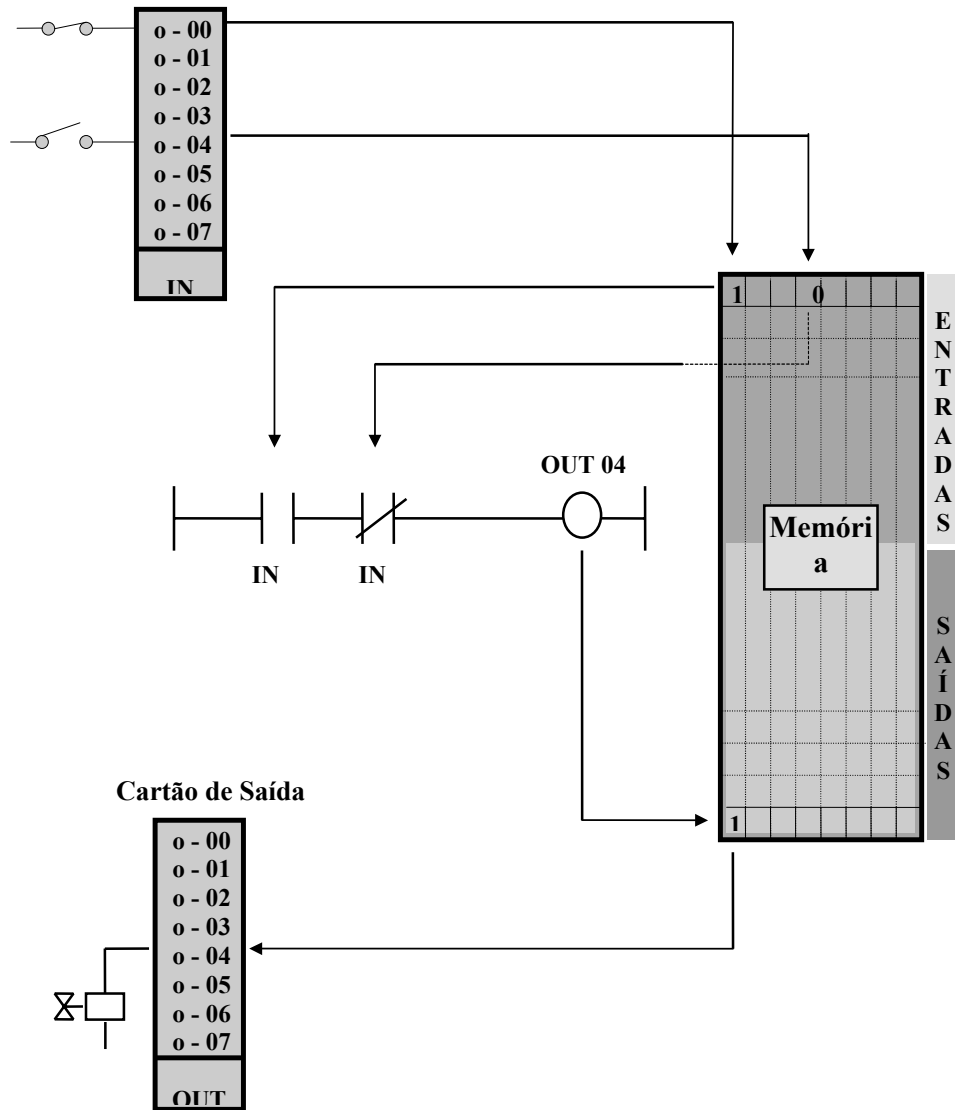


A Unidade Central de Processamento (UCP), é responsável pelo processamento do programa, isto é, coleta os dados dos cartões de entrada, efetua o processamento segundo o programa do usuário, armazenado na memória e envia o sinal para os cartões de saída como resposta do processamento.

Quando se tratar de controladores programáveis (CPs), o termo processador será utilizado para identificar o hardware do qual a UCP faz parte.

Quando se tratar de computadores, o termo UCP será utilizado para identificar o hardware do processador central.

A operação simplificada de um CP pode ser representada pela estrutura abaixo

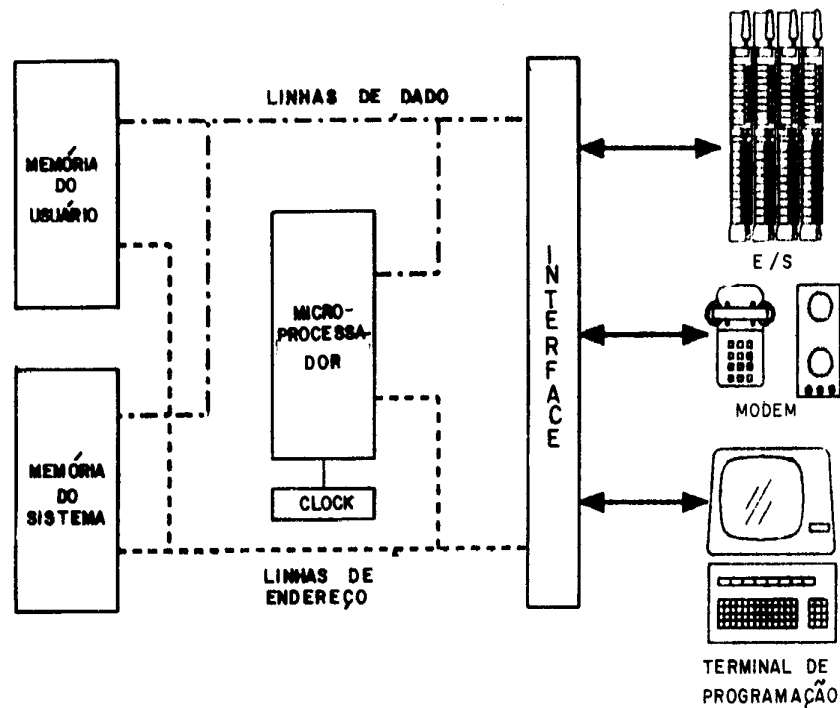


Parte	Função
1	Processador do CP efetuando a leitura contínua dos estados no módulo de entrada e a atualização da tabela imagem das entradas.
2	Processador do CP executando continuamente o programa lógico do usuário, baseado na tabela imagem das entradas.
3	Processador do CP atualizando continuamente a tabela imagem das saídas, baseado na solução do programa lógico do usuário.
4	Processador do CP ativando ou desativando continuamente os estados dos módulos de saída de acordo com a tabela imagem das saídas.

## PROCESSADOR OU CPU

A palavra processador ou CPU é utilizada para identificar a parte do controlador programável responsável pela execução de todas as suas funções. O processador ou CPU de um controlador programável assemelha-se à UCP de um computador quanto à concepção do hardware, pois ambos compõem-se de blocos funcionais similares. O processador tem a função de coletar os dados enviados pelos módulos de entrada assim como selecionar os dados previamente armazenados, efetuando o processamento dos mesmos de acordo com o programa do usuário. O resultado lógico destas operações (RLO) será posteriormente enviado para os módulos de saída.

A figura à seguir mostra o diagrama funcional simplificado de um controlador programável



Com exceção dos dispositivos periféricos, os sistemas representados acima parecem idênticos. A diferença entre um CP e um computador está na forma como o microprocessador (UCP) foi configurado e programado.

Um controlador programável baseado no microprocessador 6800 tem o seu processador configurado para executar operações programadas em linguagem de alto nível, como a linguagem de contatos de relê.

Um computador baseado no mesmo microprocessador terá a sua UCP configurada para executar operações programadas em basic, por exemplo.

## Métodos de Processamento

O processamento do programa do usuário de um CP, poderá ter estruturas diferentes para a execução do mesmo, tais como:

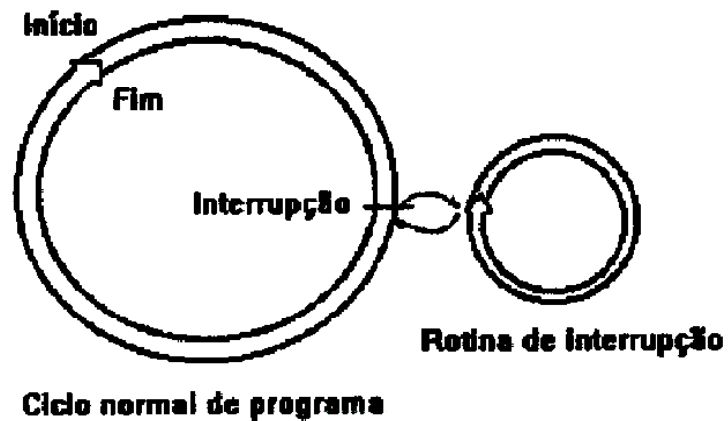
- processamento por interrupção;
- processamento comandado por tempo;
- processamento por evento.
- processamento cíclico;

### Processamento por interrupção

Certas ocorrências no processo controlado não podem, algumas vezes, aguardar o ciclo completo de execução do programa. Neste caso, ao reconhecer uma ocorrência deste tipo, a CPU interrompe o ciclo normal do programa e executa um outro programa, chamado de rotina de interrupção.

Esta interrupção pode ocorrer a qualquer instante da execução do ciclo de programa. Ao finalizar esta situação, o programa voltará a ser executado do ponto onde ocorreu a interrupção.

Uma interrupção pode ser necessária, por exemplo, numa situação de emergência onde procedimentos referentes a esta situação devem ser adotados.



#### Processamento comandado por tempo

Da mesma forma que determinadas execuções não podem ser dependentes do ciclo normal de programa, algumas devem ser executadas a certos intervalos de tempo, as vezes muito curto, na ordem de 10 ms.

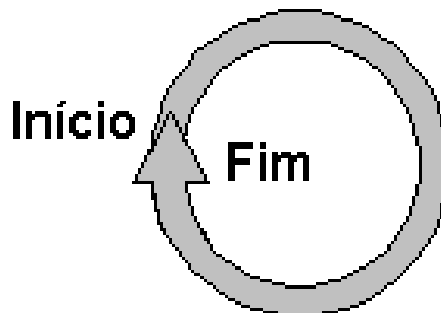
Este tipo de processamento também pode ser encarado como um tipo de interrupção, porém ocorre a intervalos regulares de tempo dentro do ciclo normal de programa.

#### Processamento por evento

Este é processado em eventos específicos, tais como no retorno de energia, falha na bateria e estouro do tempo de supervisão do ciclo da CPU. Neste último caso, temos o chamado *Watch Dog Time (WD)*, que normalmente ocorre como procedimento ao se detectar uma condição de estouro de tempo de ciclo da CPU, parando o processamento numa condição de falha e indicando ao operador através de sinal visual e as vezes sonoro.

#### Processamento cíclico

É a forma mais comum de execução que predomina em todas as CPU's conhecidas, e de onde vem o conceito de varredura, ou seja, as instruções de programa contidas na



memória, são lidas uma após a outra sequencialmente do início ao fim, daí retornando ao início ciclicamente.

Um dado importante de uma CPU é o seu tempo de ciclo, ou seja, o tempo gasto para a execução de uma varredura. Este tempo está relacionado com o tamanho do programa do usuário (em média 2 ms a cada 1.000 instruções de programa). Ao ser energizado, estando o CP no estado de execução, o mesmo cumpre uma rotina de inicialização gravada em seu sistema operacional. Esta rotina realiza as seguintes tarefas:

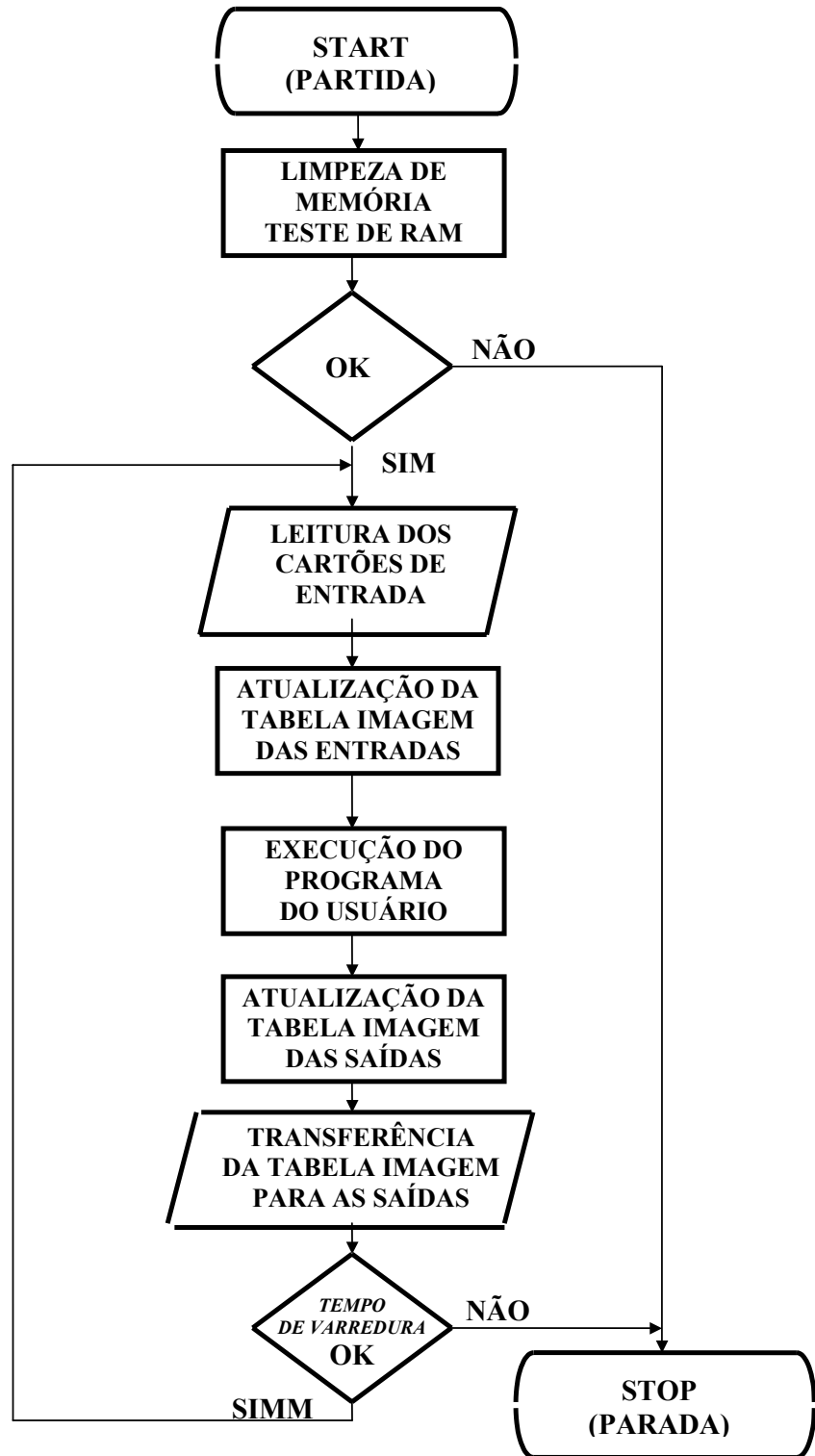
- Limpeza da memória imagem, para operandos não retentivos;
- Teste de memória RAM;
- Teste de executabilidade do programa.

Após a execução desta rotina, a CPU passa a fazer uma varredura (ciclo) constante, isto é, uma leitura sequencial das instruções em loop (laço). Entrando no loop, o primeiro passo a ser executado é a leitura dos pontos de entrada. Com a leitura do último ponto, irá ocorrer, a transferência de todos os valores para a chamada memória ou tabela imagem das entradas. Após a gravação dos valores na tabela imagem, o processador inicia a execução do programa do usuário de acordo com as instruções armazenadas na memória. Terminando o processamento do programa, os valores obtidos neste processamento, serão transferidos para a chamada memória ou tabela imagem das saídas, como também a transferência de valores de outros operandos, como resultados aritméticos, contagens, etc.

Ao término da atualização da tabela imagem, será feita a transferência dos valores da tabela imagem das saídas, para os cartões de saída, fechando o loop. Neste momento é iniciado um novo loop. Para verificação do funcionamento da CPU, é estipulado um tempo de processamento, cabendo a um circuito chamado de *Watch Dog Timer*, supervisioná-lo. Ocorrendo a ultrapassagem deste tempo máximo, o funcionamento da CPU, será interrompido, sendo assumido um estado de erro. O termo varredura ou scan, são usados para dar um nome a um ciclo completo de operação (*loop*). O tempo gasto para a execução do ciclo completo é chamado Tempo de Varredura, e depende do tamanho do programa do usuário, e a quantidade de pontos de entrada e saída.



À seguir, temos o fluxograma de um processamento cíclico.



## Exercícios

1. Defina o que é um Controlador Programável.
2. Cite cinco aplicações para um controlador programável
3. Quais são as partes que constituem um controlador programável ? Desenhe um diagrama de blocos de suas partes constituintes.
4. Quais os quatro passos básicos realizados pelo processador (CPU) de um CLP, durante a execução de uma varredura?
5. O que é memória imagem das entradas e saídas de um controlador programável ?
6. Defina o que é: Processamento por evento e processamento cíclico.
7. O que é um circuito “watch-dog timer” cão-de-guarda em um controlador programável ?
8. Defina o conceito de varredura em controlador programável
9. Descreva o funcionamento de um CP através de um fluxograma.

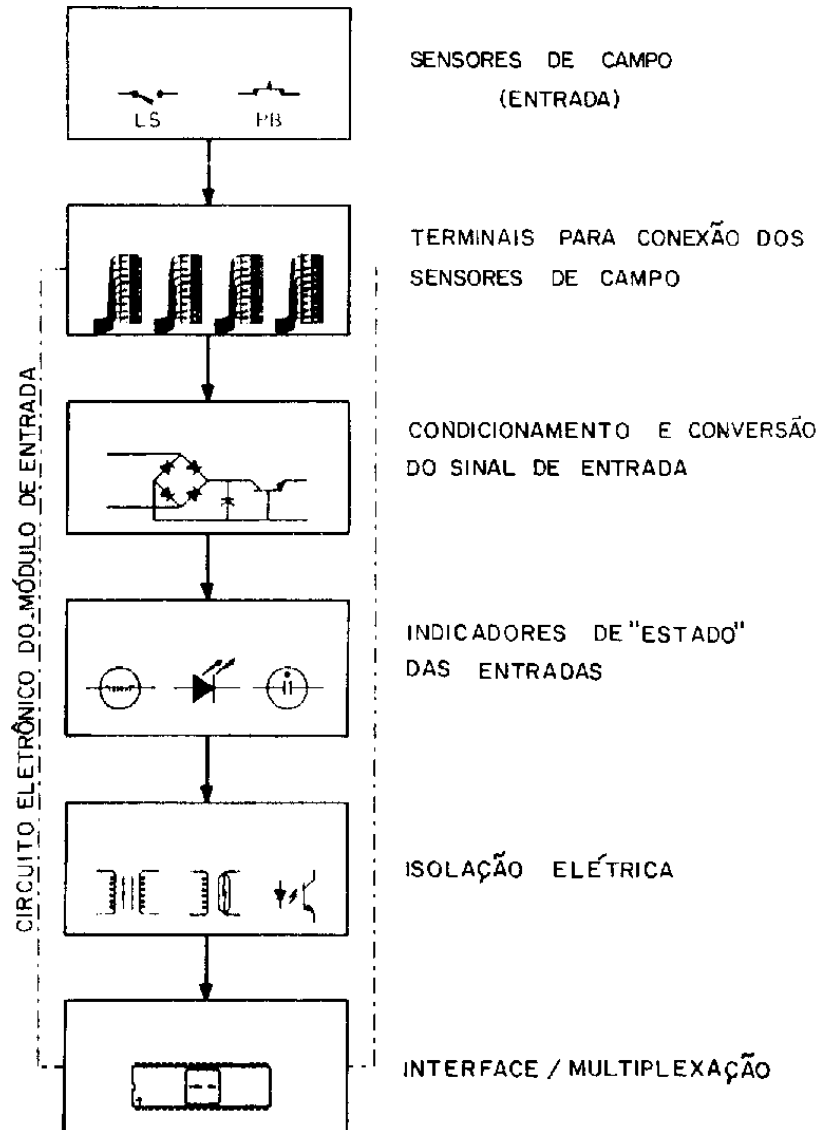
## MÓDULOS DE I/O

Os módulos de entrada ou de saída são constituídos de cartões eletrônicos, cada qual com capacidade para receber um certo número de variáveis. Normalmente esses módulos se encontram dispostos em gabinetes juntamente com a fonte de alimentação e a UCP.

### Módulos de entrada

Os módulos de entrada são considerados como elementos de interface entre os sensores localizados no campo e a lógica de controle de um controlador programável (CP).

A estrutura interna de um módulo de entrada pode ser subdividida em seis blocos principais:



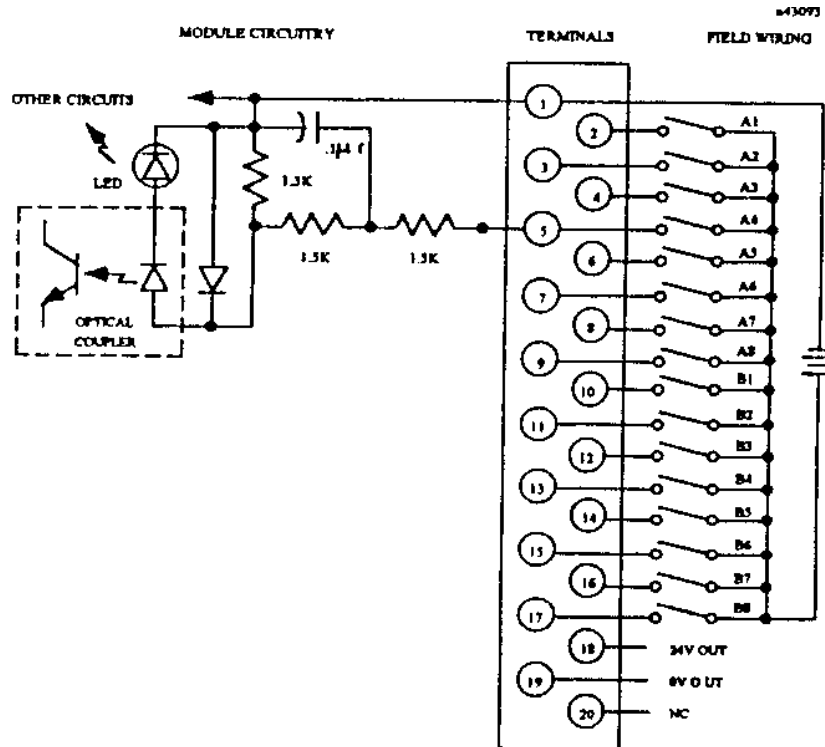
Parte	Função
Sensores de campo	Informar ao controlador programável as condições do processo
Terminais para conexão dos sensores de campo	Permitir a interligação física entre os sensores de campo e o controlador programável.
Condicionamento e conversão do sinal de entrada	Converter os sinais de campo em níveis baixos de tensão, compatíveis com o processador utilizado.
Indicadores de estado das entradas	Proporcionar indicação visual do estado funcional das entradas contidas num módulo de entrada.
Isolação elétrica	Proporcionar isolação elétrica entre os sinais vindos do campo e os sinais do processador.
Interface/multiplexação	Informar ao processador o estado de cada variável de entrada.

### Classificação

Dependendo da natureza do sinal de entrada, podemos dispor dos seguintes tipos de módulos de entrada:

TIPO	CARACTERÍSTICAS
DIGITAL (AC)	12 Vac; 24 A 48 Vac; 110/127 Vac; 220/240 Vac
DIGITAL (DC)	120 Vdc com isolação 12 Vdc; 12 a 24 Vdc com resposta rápida; 24 a 48 Vdc; 12 a 24 Vdc (lógica positiva) sinking; 12 a 24 Vdc (lógica negativa) source; 48 Vdc source; 48 Vdc sinking
ANALÓGICO	1 a 5 Vdc; 0 a 10Vdc; -10 a +10Vdc; 4 a 20mA.
ESPECIAL	TTL com suprimento; TTL com dreno; 5 a 30 Vdc selecionável; 5Vdc contador/ decodificador; 12 a 24Vdc codificador/ contador; termopar; código ASCII; código Gray; pulsos de alta velocidade.

A ilustração à seguir mostra a configuração de cartões de entrada DC tipo “P” lógica positiva (com sensores NPN-sink).



MÓDULO DE ENTRADA COM LÓGICA POSITIVA

Os sinais recebidos por um módulo de entrada podem vir de dois tipos de sensores:

Discretos:

- chave limite
- botoeira
- chave de digitadora (thumbwheel)
- chave de pressão
- fotocélula
- contato de relê
- chave seletora
- teclado

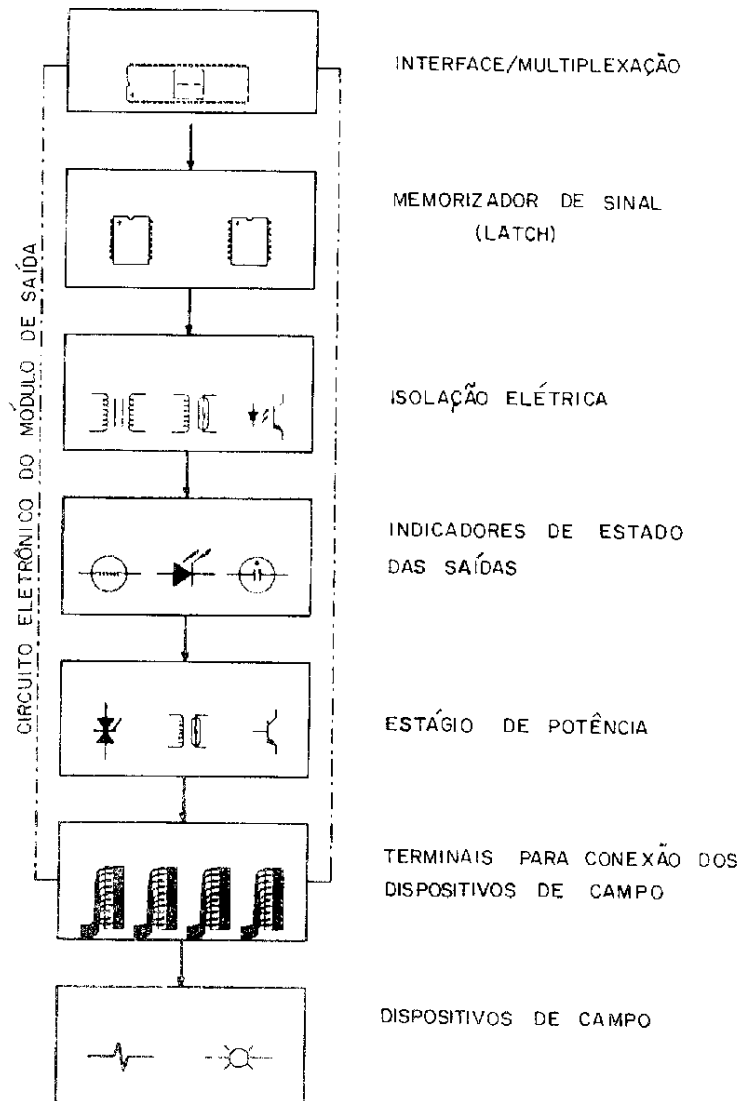
Analógico:

- transdutor de pressão
- transdutor de temperatura
- célula de carga (strain gage)
- sensores de vazão

- transdutores de vibração
- transdutores de corrente
- transdutores de vácuo
- transdutores de força

### Módulos de Saída

Os módulos de saída também são considerados como elementos de interface, pois permitem que o processador se comunique com o meio externo.



A estrutura interna de um módulo de saída pode ser subdividida em sete blocos principais, relacionados a seguir.

<i>Parte</i>	<i>Função</i>
Interface/multiplexação	Recebe os sinais vindos do processador direcionando-os para as respectivas saídas.
Memorizador de sinal	Armazena os sinais que já foram multiplexados pelo bloco anterior.
Isolação elétrica	Proporciona isolação elétrica entre os sinais vindos do processador e os dispositivos de campo.
Indicadores de estado de saídas	.Proporciona indicação visual do estado funcional das saídas contidas num módulo de saída
Estágio de potência	Transforma os sinais lógicos de baixa potência vindos do processador em sinais de potência, capazes de operar os diversos tipos de dispositivos de campo
Terminais para conexão dos dispositivos de campo	Permite a conexão física entre CP e os dispositivos de campo.
Dispositivos de campo	Consiste em dispositivos eletromecânicos que atuam no processo/equipamento, em função dos sinais de controle enviados pelo CP.

#### Classificação

Dependendo da natureza dos dispositivos de campo e do tipo de sinal de controle necessário para comandá-los, podemos dispor dos seguintes tipos de módulos de saída:

alternado (AC)

digital

analógico

especial

<i>TIPO</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>
AC	12Vac; 24 a 48Vac; 120Vac; 220/240Vac; 120Vac com isolação.
DC	12 a 60Vdc; 12 a 24Vdc com resposta rápida; 24 a 48Vdc; 12 a 24Vdc com suprimento; 12 a 24Vdc com dreno; 48Vdc com suprimento; 48Vdc com dreno.
Analógico	1 a 5Vdc; 0 a 10Vdc; -10 a +10Vdc; 4 a 20mA.
Especial	TTL com suprimento; TTL com dreno; 5 a 30Vdc selecionável; contato NA; contato NF; saída em ASCII; servo-motor; motor de passo.

Os módulos de saída podem acionar os seguintes tipos de dispositivos de saída:

Discretos:

controladores de motores

indicadores de painel

contator

válvula solenóide

display

bobina de relê

sistemas de alarma/segurança

sirena

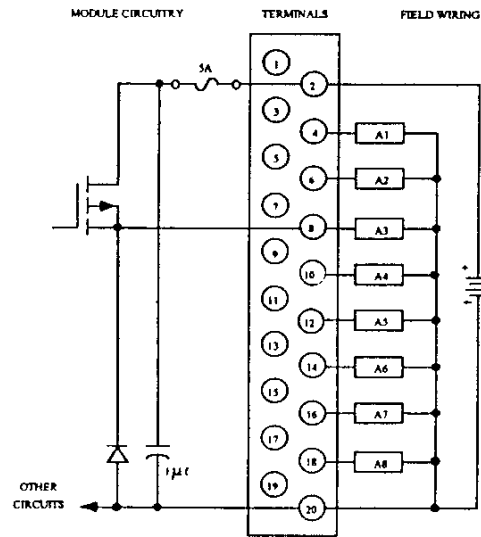
Analógicos:

acionadores AC

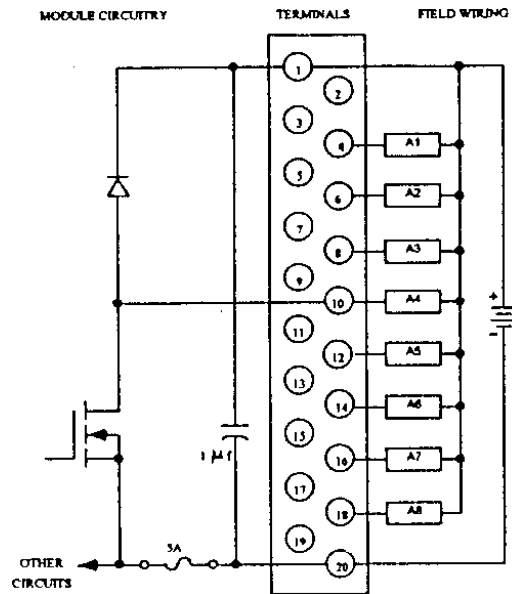
válvula de controle

acionadores DC





MÓDULO DE SAÍDA COM LÓGICA POSITIVA



MÓDULO DE SAÍDA COM LÓGICA NEGATIVA

## SISTEMAS DE MEMÓRIA

O sistema de memória é uma parte de vital importância no processador de um controlador programável, pois armazena todas as instruções assim como os dados necessários para executá-las.

Existem diferentes tipos de sistemas de memória. A escolha de um determinado tipo depende:

do tipo de informação a ser armazenada;

da forma como a informação será processada pela UCP.

As informações armazenadas num sistema de memória são chamadas palavras de memória, que são formadas sempre pelo mesmo número de bits.

A capacidade de memória de um CP é definida em função do número de palavras de memória previstas para o sistema e pode ser representada por um mapa chamado mapa da memória.

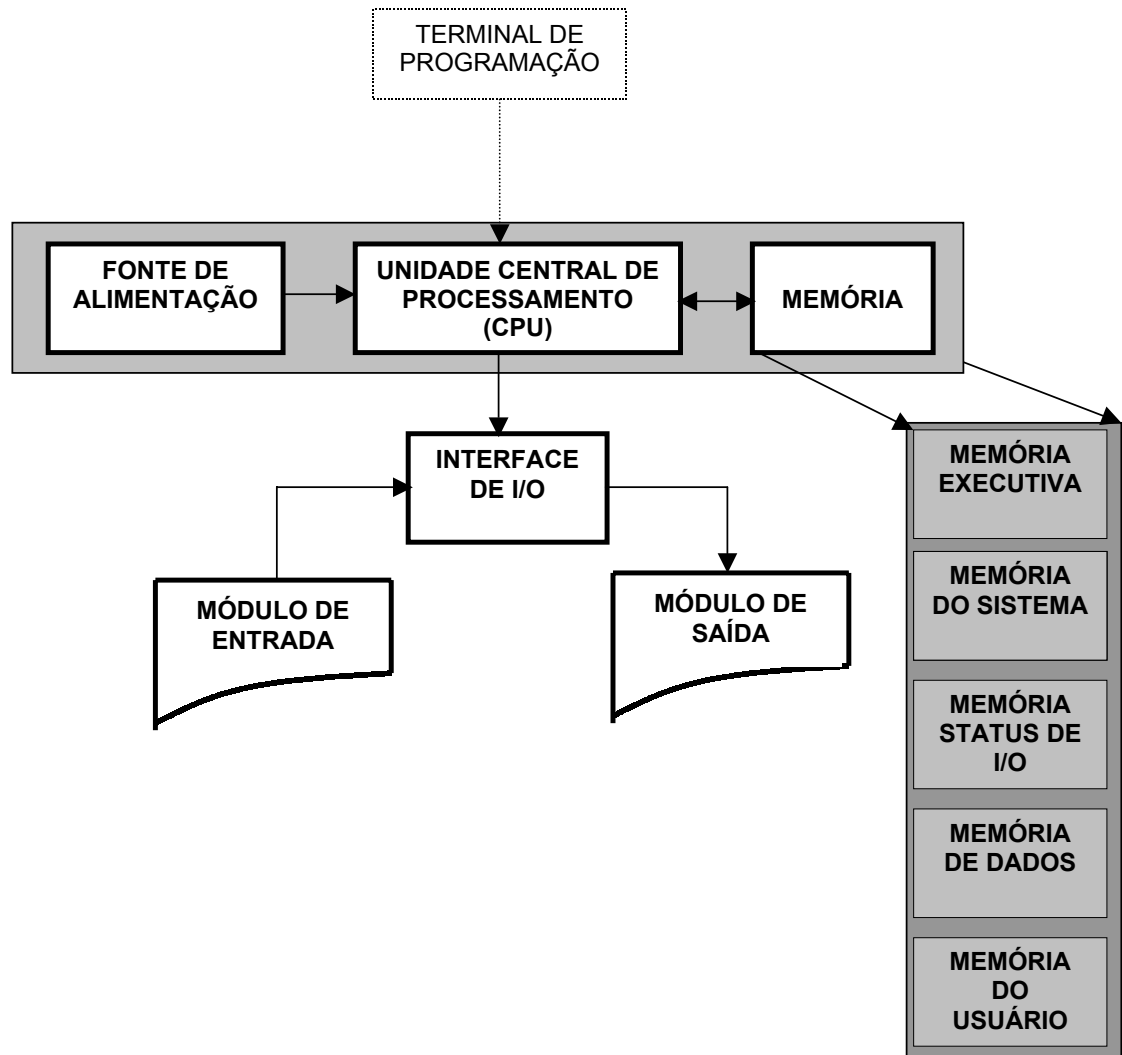
Tipos de memórias

A arquitetura da memória de um controlador programável pode ser constituída por diferentes tipos de memória.

<i>Tipo de memória</i>	<i>Descrição</i>	<i>Observações</i>
RAM dinâmica estática	memória de acesso randômico	volátil gravada pelo usuário
ROM	memória somente para leitura	não volátil não permite apagamento gravada pelo fabricante
PROM	memória programável somente de leitura	não volátil não permite apagamento gravada pelo usuário
EPROM	memória programável/ apagável somente de leitura	não volátil apagamento por ultravioleta gravada pelo usuário
EEPROM E <sup>2</sup> PROM FLASH-EPROM	memória programável/ apagável somente de leitura	não volátil apagável eletricamente gravada pelo usuário

### Arquitetura da memória de um CLP

Independentemente dos tipos de memórias utilizadas, o mapa da memória de um controlador programável pode ser dividido em cinco áreas principais:



Memória executiva

Memória do sistema

Memória de status dos módulos E/S (tabela imagem)

Memória de dados

Memória do usuário

Memória executiva

Descrição

É formada por memórias do tipo ROM ou PROM, pois o conteúdo das mesmas (sistema operacional) foi desenvolvido pelo fabricante do CP e portanto não deverá ser alterado pelo usuário.

#### Função

Armazenar o sistema operacional, o qual é responsável por todas as funções e operações que podem ser executadas por um CP

#### Memória do sistema

#### Descrição

Esta área de memória é formada por memórias do tipo RAM, pois terá o seu conteúdo constantemente alterado pelo sistema operacional.

#### Função

Armazenar resultados e/ou informações intermediários, gerados pelo sistema operacional, quando necessário.

#### Comentário

Não pode ser alterada pelo usuário.

#### Memória de status dos módulos E/S

#### Descrição

As memórias de status dos módulos E/S são do tipo RAM. A UCP, após ter efetuado a leitura dos estados de todas as entradas, armazenará essas informações na área denominada status das entradas ( ou imagem das entradas). Após o processamento dessas informações os resultados lógicos (RLO) serão armazenados na área denominada status das saídas (ou imagem das saídas) antes de serem enviados para as respectivas saídas.

#### Função

Armazenar o estado dos sinais de todas as entradas e saídas de cada módulo E/S.

#### Processo

À medida que o programa vai sendo executado, a UCP vai armazenando os resultados na área denominada status das saídas (tabela imagem das saídas), até o término da sequência de operações contidas no programa. Logo após, essas informações serão transferidas para as respectivas saídas.

#### Comentário

Podem ser monitoradas pelo usuário sendo que uma possível alteração só será permitida se contida no programa do usuário.

#### Memória de dados

#### Descrição

As memórias de dados são do tipo RAM. Funções de temporização, contagem ou aritméticas necessitam de uma área de memória para armazenamento de dados, como: valores pré-selecionados ou acumulados de contagem ou temporização;

resultados ou variáveis de operações aritméticas;  
 resultados ou dados diversificados a serem utilizados por funções de manipulação de dados.

Função

Armazenar dados referentes ao programa do usuário.

Classificação

Alguns processadores subdividem a área de memória de dados em duas sub-memórias:

Memória para dados fixos

Memória para dados variáveis

A primeira é programada pelo usuário através dos terminais de programação. A segunda é utilizada pelo processador para armazenar os dados acima citados.

Memória do usuário

Descrição

A UCP efetuará a leitura das instruções contidas nesta área a fim de executar o programa do usuário, de acordo com os procedimentos predeterminados pelo sistema operacional, que se encontra gravado na memória executiva.

Função

Armazenar o programa de controle desenvolvido pelo usuário.

Classificação

A área de memória destinada ao usuário pode ser configurada de diversas maneiras:

RAM

RAM/EPROM

RAM/EAROM

A tabela à seguir, mostra os vários tipos de memória para a área do usuário

Tipo de memória	Descrição
RAM	A maioria dos CPs utiliza memórias RAM para armazenar o programa do usuário assim como dados internos do sistema.
RAM/EPROM	<p>O usuário desenvolve o programa e efetua os testes em RAM. Uma vez checado o programa, este é transferido para EPROM, de onde o processador obterá as informações necessárias.</p> <p>Comentário</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Caso haja necessidade de se alterarem dados ou cálculos durante a execução do programa do usuário, haverá necessidade de um pequeno grupo de memórias RAM para armazenar dados variáveis.</li> <li>2. Qualquer alteração futura implicará na reprogramação das EPROMs.</li> </ol>

RAM/EAROM	Esta configuração de memória do usuário permite que, uma vez definido o programa, este seja copiado automaticamente em EAROM, bastando que se introduza uma única instrução no CP. Uma vez efetuada a cópia, o CP poderá operar tanto em RAM como EAROM. Caso haja necessidade de alguma modificação, esta será feita eletricamente.
-----------	--

#### Comentário

Caso haja falta de energia elétrica, as informações armazenadas em memória RAM serão preservadas devido à existência de baterias de lítio.

A UCP comunica-se com o sistema de memória, através de dois canais (vias de comunicação):

##### *Bus de endereço*

Permite que a UCP se comunique diretamente com qualquer endereço de memória.

##### *Bus de dados*

Uma vez selecionado o endereço através do bus de endereço, a UCP poderá efetuar operações de carregamento ou retirada de dados.

Para um micro processador de oito bits, o bus de endereço terá dezesseis linhas e o bus de dados oito linhas. Durante a leitura de uma instrução do usuário, a UCP efetua a leitura e decodificação de duas posições consecutivas de memória, o que equivale a um dado de dezesseis bits.

## LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

A execução de tarefas ou resolução de problemas com dispositivos microprocessados requerem a utilização de uma linguagem de programação, através da qual o usuário pode se comunicar com a máquina a fim de atingir esses objetivos.

### Classificação

Podemos classificar as diversas linguagens utilizadas na programação de dispositivos microprocessados em dois grupos:

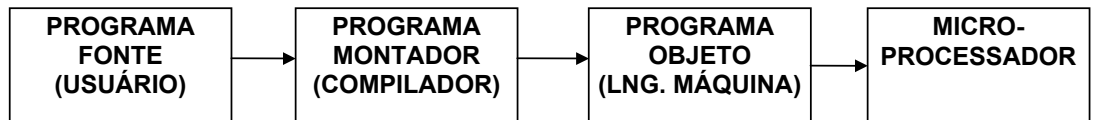
Linguagem de baixo nível

Linguagem de alto nível

### Linguagem de baixo nível

A linguagem de máquina é considerada a de mais baixo nível, pois cada instrução é composta por combinações dos bits 0 e 1.

A linguagem Assembly é considerada de baixo nível, apesar das instruções consistirem em vocábulos simbólicos (mneumônicos). Neste tipo de linguagem, cada instrução do programa fonte corresponde a uma única instrução do programa objeto.



A linguagem de baixo nível apresenta - alguns inconvenientes no momento da sua utilização, pois requer do usuário conhecimento sobre a arquitetura do microprocessador.

### Linguagem de alto nível

Uma linguagem de programação passa a ser de alto nível à medida que esta se aproxima da linguagem corrente utilizada na comunicação entre pessoas.

Apresenta uma estrutura rígida devido às regras utilizadas no momento da elaboração do programa. Uma única instrução em linguagem de alto nível (programa fonte), corresponderá a várias instruções em linguagem de máquina (programa objeto).

Como vantagens, temos:

Não requer do usuário conhecimento sobre a arquitetura do microprocessador.

Reduz o tempo gasto na elaboração de programas.

Como desvantagens, temos:

O número de instruções do programa objeto só será conhecido após a compilação do programa fonte.

Os controladores programáveis utilizam linguagens de alto nível para a sua programação.

À seguir, temos alguns exemplos de utilização das linguagens de programação em função da aplicação.

<i>NOME DA LINGUAGEM</i>	<i>USO</i>
FORTRAN	Aplicações técnico-científicas
COBOL	Aplicações comerciais
PASCAL	Uso geral
BASIC	Uso geral
STEP 5	Programação de CP SIEMENS/MAXITEC
AL3800	Programação de CP ALTUS
AL3830	Programação de CP ALTUS
MASTER TOOL	Programação de CP ALTUS
PGM	Programação de CP SISTEMA
SPW	Programação de CP WEG
IPDS	Programação de CP ALLEN-BRADLEY
SUCOS 3	Programação de CP KCLOCKNER

Linguagens de programação de CLP's

Normalmente podemos programar um controlador programável através de um software que possibilita a sua apresentação ao usuário em três formas diferentes:

Diagrama de contatos;

Diagrama de blocos lógicos;

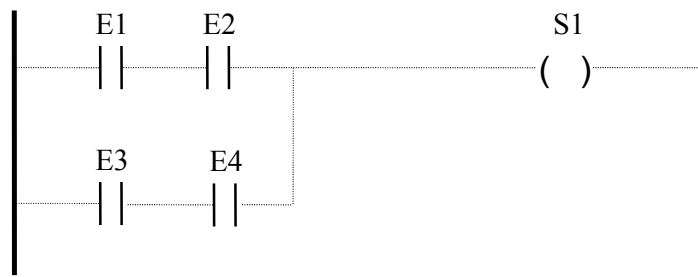
Lista de instruções

Alguns CP's, possibilitam a apresentação do programa do usuário em uma ou mais formas.

### **DIAGRAMA DE CONTATOS**

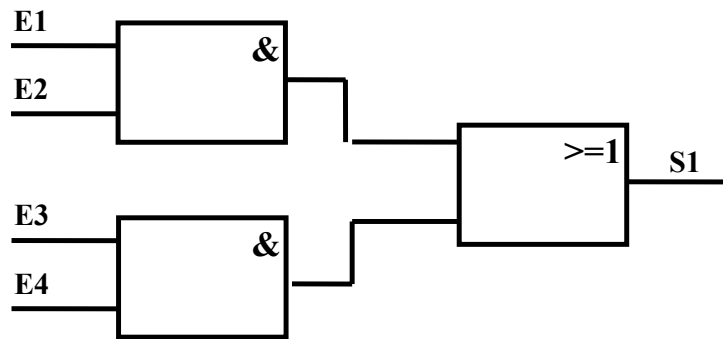
Esta forma de programação, também é conhecida como: Diagrama de relés; diagrama escada ou diagrama "ladder". Esta forma gráfica de apresentação está muito próxima a normalmente usada em diagrama elétricos.





### DIAGRAMA DE BLOCOS LÓGICOS

Mesma linguagem utilizada em lógica digital, onde sua representação gráfica é feita através das chamadas portas lógicas.



### LISTA DE INSTRUÇÃO

Linguagem semelhante à utilizada na elaboração de programas para computadores.

- : A I 1.5
- : A I 1.6
- : O
- : A I 1.4
- : A I 1.3
- : = Q 3.0

### Análise da programação quanto aspectos específicos

Com o objetivo de ajudar na escolha de um sistema que melhor se adapte as necessidades de cada usuário, pode-se analisar as características das linguagens de programação disponíveis de CLP's.

Esta análise se deterá nos seguintes pontos:

- quanto a forma de programação;
- quanto a forma de representação;
- documentação;
- conjunto de instruções.

Quanto a forma de programação

⇒ Programação linear - programa escrito em um único bloco

⇒ Programação estruturada - estrutura de programa que permite:

Organização;

Desenvolvimento de bibliotecas de rotinas para utilização em vários programas;

Facilidade de manutenção;

Simplicidade de documentação e entendimento por outras pessoas além do autor do programa.

Permite dividir o programa segundo critérios funcionais, operacionais ou geográficos.

Quanto a forma de representação

Diagrama de contatos;

Diagrama de blocos;

Lista de Instruções.

Documentação

A documentação é mais um recurso do editor de programa, do que de linguagem de programação. De qualquer forma, uma abordagem neste sentido torna-se cada vez mais importante, tendo em vista que um grande número de profissionais estão envolvidos no projeto de um sistema de automação que se utiliza de CLP's, desde sua concepção até a manutenção.

Quanto mais rica em comentários, melhor a documentação que normalmente se divide em vários níveis.

Conjunto de instruções

É o conjunto de funções que definem o funcionamento e aplicações de um CLP e podem ser sub-divididas em classes:

⇒ Substituição de comandos a relés:

Funções lógicas;

Memorização;

Temporização;

Contagem.

⇒ Manipulação de variáveis analógicas:

Movimentação de dados;

Funções aritméticas.

⇒ Funções complexas:

Saltos (Jumps) controlados;

Indexação de instruções;

Conversão de dados;

Controle PID;

Sequenciamento;

Aritmética de ponto flutuante;

## Normalização

Existe a tendência de utilização de um padrão de linguagem de programação onde será possível a intercambiabilidade de programas entre modelos de CLP's e até de fabricantes diferentes, de acordo com a norma IEC 1131-3. Isto é possível, utilizando-se do conceito de linguagem de alto nível, onde através de um chamado compilador, pode-se adaptar um programa para a linguagem de máquina de qualquer tipo de microprocessador, isto é, um programa padrão, pode servir tanto para o CLP de um certo fabricante "A" como para um outro fabricante "B".

A norma IEC 1131-3, prevê três linguagens de programação e duas formas de representação. As linguagens são:

⇒Ladder Diagram - programação como esquemas de relés.

⇒Boolean Blocks - blocos lógicos representando portas "E" , "OU" , "NEGAÇÃO" , "OU EXCLUSIVO" , etc.

⇒Structured Control Language (SCL) - linguagem que vem substituir todas as linguagens declarativas tais como linguagem de instruções, BASIC estruturado e outras. Esta linguagem é novidade no mercado internacional e é baseada no PASCAL.

As formas de representação são:

⇒Programação convencional;

⇒Sequential Functional Chart (SFC) - evolução do graphcet francês.

A grande vantagem de se ter o software normalizado é que em se conhecendo um conhece-se todos, economizando em treinamento e garantindo que, por mais que um fornecedor deixe o mercado, nunca se ficará sem condições de crescer ou repor equipamentos.

Sistemas de programação

A maioria dos sistemas de programação adotados atualmente, são baseados em microcomputador tipo IBM/PC, podendo ainda hoje ser utilizado alguns programadores dedicados (máquinas desenvolvidas exclusivamente para programação).

Os sistemas baseados em microcomputador utilizam equipamentos convencionais, acrescidos de um software adequado desenvolvido pelo fabricante. Normalmente, estes softwares, permitem: o desenvolvimento de programas em uma ou mais linguagens de programação; comunicação do sistema programador com o CLP e documentação adequada do programa.

Normalmente o usuário, poderá dispor dos seguintes modos de trabalho:

Modo programação

O modo programação permite que o usuário altere a memória do processador da seguinte forma:

acrescentando novos dados e/ou instruções;  
 alterando as informações já gravadas na memória;  
 apagando informações previamente gravadas.

As operações executadas quando o sistema programador se encontra no modo programa, podem ocorrer de duas formas:

#### Off-line

Neste modo de programação, o CP poderá estar ou não em operação, pois o programa que estiver sendo desenvolvido no sistema de programação não será transferido para o CP durante o seu desenvolvimento. Portanto, alterações ou apagamentos de programa não provocarão alterações nos dispositivos de saída.

Este modo de programação é o mais seguro, pois o programa só será transferido para o CP quando o mesmo estiver parado.

#### On-line

O modo de programação on-line permite que se alterem dados e/ou instruções na memória do processador, com o CP em operação. Portanto, qualquer alteração efetuada no programa será executada imediatamente pelo processador.

```

Arquivo: SORVETE.LDR           Data: 16/07/96 11:02  Pagina : 002
Logica
000=====
PARTIDA/PARADA DE BATELADA
| R0000 R0002 R0001                               A0011
+---] [---+---] [---+---]/[---+-----+-----+-----+---(L)--]
| A0013                                           A0011
+---] [---+-----+-----+-----+-----+---(D)--]
| R0001 R0002 R0000                               A0012
+---] [---+---] [---+---]/[---+-----+-----+-----+---(L)--]
| A0013                                           A0012
+---] [---+-----+-----+-----+-----+---(D)--]

A0011 - -
        Logicas: *000 002 003 004 006 007 009 010 018 022
A0012 - -
        Logicas: *000 002 003 004 006 009 011 015 022
A0013 - -
        Logicas: 000 *012 015 018
R0000 -COCO - AÇIONADOR DE BATELADA COCO
        Logicas: 000 008 031
    
```

#### Modo comunicação

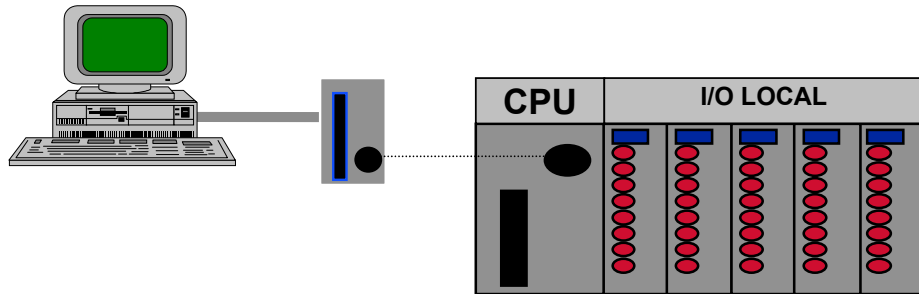
Este modo permite que o usuário monitore qualquer área de memória do processador, com o controlador programável em operação. Permite também que seja efetuado o procedimento de forçamento de algumas variáveis do controlador programável.

### MODELOS DE ARQUITETURA DE CLP's

A arquitetura de um CLP, está ligada a maneira como os módulos de I/O estão ligados a CPU. A arquitetura, também chamada de configuração, representa a disposição como estão conectados os diversos módulos de I/O, podendo ser classificado como:

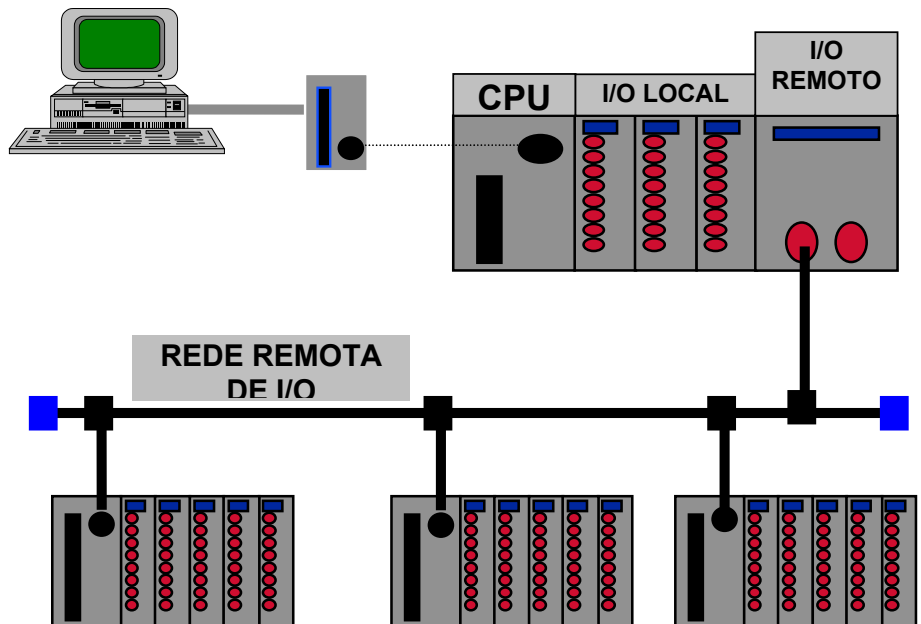
#### Configuração local

Entende-se como configuração local, aquela em que os módulos I/O, estão montados no mesmo rack da CPU ou a no máximo 15 metros de distância do mesmo.



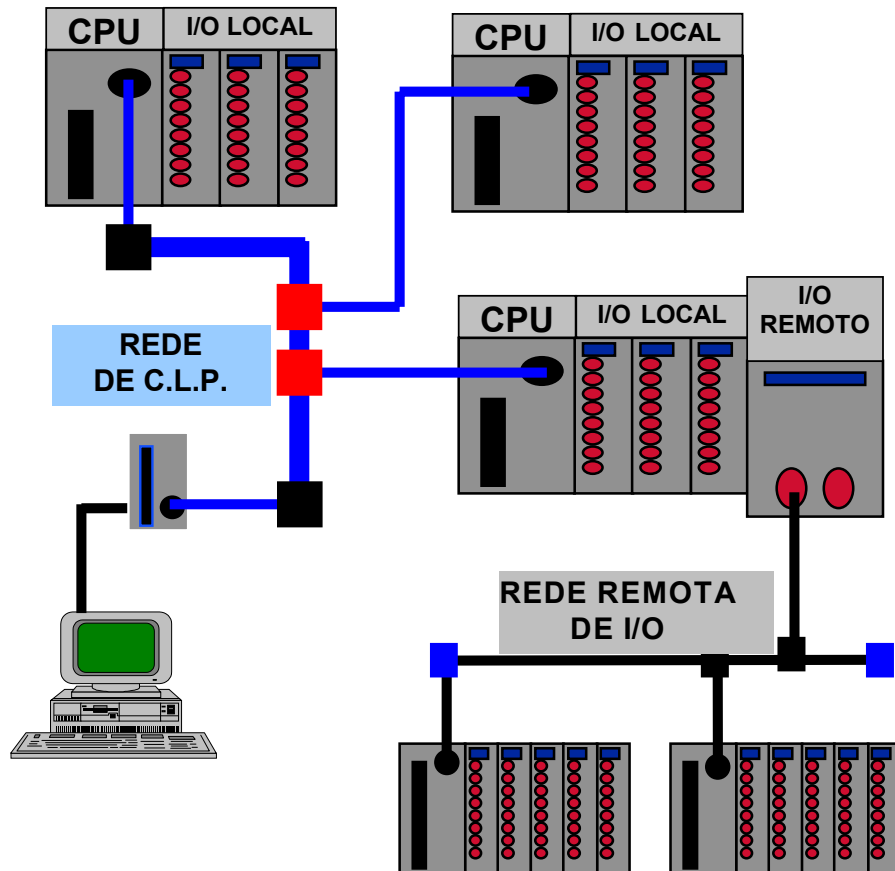
#### Configuração remota

Entende-se como configuração remota, aquela em que os módulos I/O, estão montados fora do rack da CPU em distâncias acima de 15 metros. Para tal finalidade são necessários módulos especiais para interligação de racks remotos. A distância máxima para este tipo de configuração gira em torno de 200 a 3600 metros.



### Redes de CLP's

Entende-se como configuração em rede, aquela em que diversas CPU's os módulos I/O, estão montados fora do rack da CPU em distâncias acima de 15 metros. Para tal finalidade são necessários módulos especiais para interligação de racks remotos. A distância máxima para este tipo de configuração gira em torno de 200 a 3600 metros.



### **Exercício**

1. Qual a diferença entre memória RAM e memória EPROM?
2. Explique o que é memória de status de E/S (imagem)?
3. Explique o que é memória do usuário.
4. Dê a definição de:
  - a. módulo de entrada
  - b. módulo de saída
5. Quais são e qual a função dos seis blocos básicos que compõe um módulo de entrada para CLP?
6. O que significa módulo de entrada com lógica negativa?
7. Qual a função do estágio de potência de um módulo de saída de CLP?
8. Quais as principais formas de programação que são utilizadas em CP's ?
9. Quais são os tipos de conjuntos de instruções que possui um controlador programável?
10. Qual o tipo de sistema de programação normalmente utilizado para programar os controladores programáveis atuais ?
11. Quais os modos de programação que basicamente temos em um CP ?
12. O que é programação *on line* ?
13. Porque a linguagem de diagrama de contatos é a mais utilizada em CP's ?
14. Quais as vantagens da programação estruturada ?
15. O que pretende a norma IEC 1131-3 ?