



**SENAI – Centro Integrado de Tecnologia e Educação Profissional da  
Cidade Industrial de Curitiba  
CETSAM – CENATEC em Saneamento e Meio Ambiente**

**Rua Nossa Senhora da Cabeça, 1371 / 1441  
Cidade Industrial – Curitiba / PR  
CEP.: 81.310 – 010  
Tel.: ( 41 ) 346-4500 Fax.: ( 41 ) 346-4898  
Tel. Cel.: ( 41 ) 9969-5787  
[www.pr.senai.br](http://www.pr.senai.br)**



**SMAR – Equipamentos Industriais Ltda.**

**Rua Dr. Antônio Furlan Jr. , 1028  
Centro – Sertãozinho / SP  
CEP.: 14.170-480  
Tel.: ( 16 ) 645-3599 Fax.: ( 16 ) 645-6454  
[www.smar.com.br](http://www.smar.com.br)**

# SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>1.1 – HISTÓRICO</b>	<b>3</b>
<b>MALHA DE CONTROLE FECHADA</b>	<b>3</b>
<b>1.2 - DEFINIÇÕES EM CONTROLE</b>	<b>4</b>
1.2.1 - CLASSES DE INSTRUMENTOS	4
1.2.2 - FAIXA DE MEDIDA ( RANGE )	5
1.2.3 - ALCANCE ( SPAN )	5
1.2.4 - ERRO	5
1.2.5 - REPETITIVIDADE	5
1.2.6 - EXATIDÃO	6
1.2.7 – RANGEABILIDADE ( LARGURA DE FAIXA )	6
1.2.8 - TERMINOLOGIA	6
1.2.9 - SÍMBOLOS UTILIZADOS NOS FLUXOGRAMAS DE PROCESSO	7
1.2.10 - SIMBOLOGIA GERAL EM INSTRUMENTAÇÃO	8
1.2.11 - TABELA DE IDENTIFICAÇÃO FUNCIONAL DOS INSTRUMENTOS	9
<b>1.3 - PRINCIPAIS SISTEMAS DE MEDIDA</b>	<b>10</b>
1.3.1 - SISTEMA MÉTRICO DECIMAL	10
1.3.2 - SISTEMA FÍSICO OU CEGESIMAL	11
1.3.3 - SISTEMA INDUSTRIAL FRANCÊS	11
1.3.4 - SISTEMA PRÁTICO OU GRAVITATÓRIO	11
1.3.5 - SISTEMAS INGLESES	11
<b>2 - TELEMETRIA</b>	<b>12</b>
<b>2.1 - TRANSMISSORES</b>	<b>13</b>
2.1.1 - TRANSMISSÃO PNEUMÁTICA	13
2.1.2 - TRANSMISSÃO ELETRÔNICA	13
2.1.2.1 – TRANSMISSOR A 2 FIOS	14
<b>2.2 – REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAIS</b>	<b>15</b>
2.2.1 – INTRODUÇÃO	15
2.2.2 – REDES DE CAMPO	16

2.2.2.1 – REDE AS-I ( ACTUADOR & SENSOR INTERFACE )	17
2.2.2.2 – REDE DEVICENET	18
2.2.2.3 – REDES PROFIBUS	19
2.2.2.3.1 – REDE PROFIBUS - DP ( DESCENTRALIZED PERIPHERIA )	19
2.2.2.3.2 – REDE PROFIBUS - PA ( PROCESS AUTOMATION )	20
2.2.2.4 - PROTOCOLO HART	21
2.2.2.5 – REDE FIELDBUS FOUNDATION	22

**EXERCÍCIOS** **25**

---

**TABELA 1 - SISTEMAS DE UNIDADES GEOMÉTRICAS E MECÂNICAS** **34**

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 – HISTÓRICO

Os processos industriais exigem controle na fabricação de seus produtos. Os processos são muito variados e abrangem muitos tipos de produtos como por exemplo: a fabricação dos derivados do petróleo, produtos alimentícios, à indústria de papel e celulose, etc.

Em todo este processos é absolutamente necessário controlar e manter constantes algumas variáveis, tais como pressão, vazão, temperatura, nível, PH, condutividade, velocidade, umidade, etc. Os instrumentos de medição e controle permitem manter constantes as variáveis do processo com os seguintes objetivos: melhoria em qualidade do produto, aumento em quantidade do produto, segurança e melhoria do meio ambiente.

No princípio da era industrial, o operário atingia os objetivos citados através de controle manual destas variáveis utilizando somente instrumentos simples, manômetro, termômetro e válvulas manuais, etc. e isto era suficiente porque os processos eram simples.

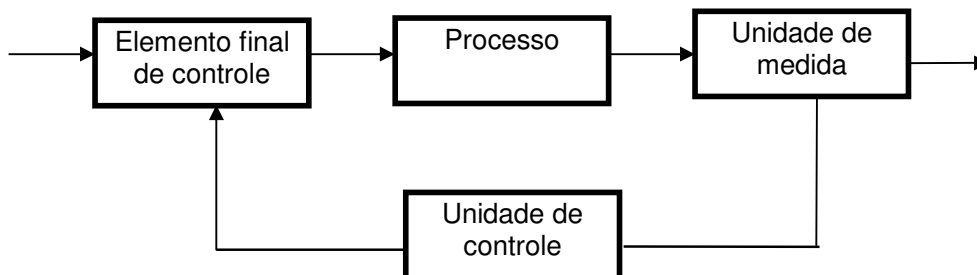
Com o passar do tempo os processos foram se complicando exigindo um aumento da automação nos processos industriais, através dos instrumentos de medição e controle. Enquanto isto os operadores iam se liberando de sua atuação física direta no processo e ao mesmo tempo ia permitindo a centralização das variáveis em uma única sala.

Devido a centralização das variáveis do processo podemos fabricar produtos que seriam impossíveis através do controle manual. Mas para atingir o nível que estamos hoje, os sistemas de controle sofreram grandes transformações tecnológicas como veremos a seguir: controle manual, controle mecânica e hidráulico, controle pneumático, controle elétrico, controle eletrônico e atualmente controle digital.

Os processos industriais podem dividir-se em dois tipos: processos contínuos e processos descontínuos. Em ambos os tipos deve manter-se as variáveis próximo aos valores desejados.

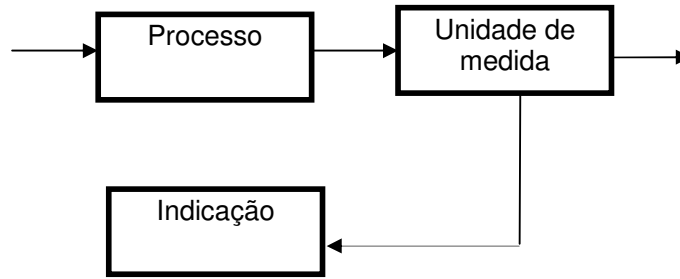
O sistema de controle que permite fazer isto define-se como aquele que compara o valor da variável do processo com o valor desejado e toma uma atitude de correção de acordo com o desvio existente sem que a operação intervenha.

Para que se possa fazer esta comparação e conseqüentemente a correção é necessário que se tenha uma unidade de medida, uma unidade de controle e um elemento final de controle no processo.



**Malha de Controle Fechada**

Este conjunto de unidades forma uma malha de controle. A malha de controle pode ser aberta ou fechada. No exemplo acima vemos uma malha de controle fechada e no exemplo da próxima página vemos uma malha de controle aberta.



**Malha de Controle Aberta**

## 1.2 - DEFINIÇÕES EM CONTROLE

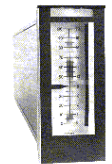
Os instrumentos de controle empregados na indústria de processos tais como, química, siderúrgica, papel, etc. tem sua própria terminologia. Os termos utilizados definem as características próprias de medida e controle dos diversos instrumentos utilizados: indicadores, registradores, controladores, transmissores e válvulas de controle.

A terminologia empregada é unificada entre os fabricantes e os usuários e os organismos que intervêm diretamente ou indiretamente no campo da instrumentação industrial.

### 1.2.1 - Classes de Instrumentos

Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que o mesmo desempenha no processo.

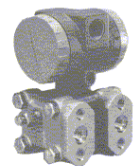
a) Indicador: Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada na qual podemos ler o valor da variável. Existem também indicadores digitais que indicam a variável em forma numérica com dígitos ou barras gráficas.



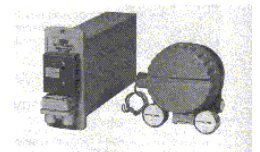
b) Registrador: Instrumento que registra a(s) variável(s) através de um traço contínuo ou pontos em um gráfico.



c) Transmissor: Instrumento que determina o valor de uma variável no processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico) cujo valor varia apenas em função da variável do processo.



d) Transdutor: Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica caso necessário as informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo. O conversor é um tipo de transdutor que trabalha apenas com sinais de entrada e saída padronizados.





### 1.2.6 - Exatidão

Podemos definir como sendo a aptidão de um instrumento de medição para dar respostas próximas a um valor verdadeiro .

A exatidão pode ser descrita de três maneiras :

- ❶ Percentual do Fundo de Escala ( % do F.E. )
- ❷ Percentual do Span ( % do Span )
- ❸ Percentual do Valor Lido ( % do V.L. )

Exemplo : Para um sensor de Temperatura com Range de 50 a 250 °C e valor medido 100 °C determine o intervalo provável do valor real para as seguintes condições :

a ) Exatidão 1% do Fundo de Escala

$$\text{Valor real} = 100 \text{ °C} \pm ( 0,01 \cdot 250 ) = 100 \text{ °C} \pm 2,5 \text{ °C}$$

b ) Exatidão 1% do Span

$$\text{Valor real} = 100 \text{ °C} \pm ( 0,01 \cdot 200 ) = 100 \text{ °C} \pm 2,0 \text{ °C}$$

c ) Exatidão 1% do Valor Lido ( Instantâneo )

$$\text{Valor real} = 100 \text{ °C} \pm ( 0,01 \cdot 100 ) = 100 \text{ °C} \pm 1,0 \text{ °C}$$

### 1.2.7 – Rangeabilidade ( Largura de Faixa )

É a relação entre o valor máximo e o valor mínimo lidos com a mesma exatidão na escala de um instrumento .

Exemplo : Para um sensor de vazão cuja escala é 0 a 300 GPM com exatidão de 1 % do Span e rangeabilidade 10 : 1 significa que a exatidão será respeitada entre 30 e 300 GPM .

### 1.2.8 - Terminologia

As normas de instrumentação estabelecem símbolos, gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas que deverão ser utilizadas nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação.

De acordo com a norma ISA-S5, cada instrumento ou função programada será identificada pôr um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha à qual o instrumento ou função programada pertence.

Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescido um sufixo.

A figura na próxima página mostra um exemplo de instrumento identificado de acordo com a norma pré estabelecida.

<b>P</b>	<b>RC</b>	<b>001</b>	<b>02</b>	<b>A</b>
Variável	Função	Área da Atividade	Nº Seqüencial da Malha	S U F I X O
Identificação Funcional		Identificação da Malha		
Identificação do Instrumento				

Onde:



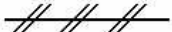
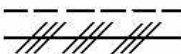


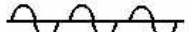

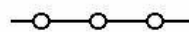
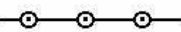

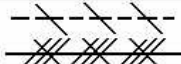
- P - Variável medida - Pressão
- R - Função passiva ou de informação - Registrador
- C - Função ativa ou de saída - Controlador
- 001 - Área de atividade, onde o instrumento atua
- 02 - Número seqüencial da malha
- A - Sufixo

De acordo com a tabela da próxima página pode-se obter combinações possíveis de acordo com o funcionamento dos dispositivos automáticos.

Exemplos:









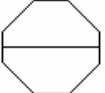

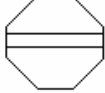
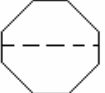
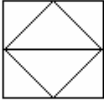
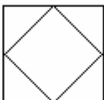
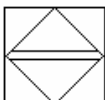
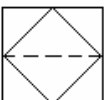
- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| T - Temperatura | F - Vazão        |
| R - Registrador | C - Controladora |
| C - Controlador | V - Válvula      |
| P - Pressão     | L - Nível        |
| I - Indicador   | G - Visor        |

### 1.2.9 - Símbolos Utilizados nos Fluxogramas de Processo

	Suprimento ou impulso		Sinal não definido
	Sinal Pneumático		Sinal Elétrico
	Sinal Hidráulico		Tubo capilar
	Sinal eletromagnético ou sônico guiado		Sinal eletromagnético ou sônico não guiado
	Ligação por software		Ligação mecânica
	Sinal binário pneumático		Sinal binário elétrico



### 1.2.10 - Simbologia Geral em Instrumentação

	<b>Painel Principal acessível ao operador</b>	<b>Montado no Campo</b>	<b>Painel Auxiliar acessível ao operador</b>	<b>Painel Auxiliar não acessível ao operador</b>
<b>Instrumentos Discretos</b>				
<b>Instrumentos Compartilhados</b>				
<b>Computador de Processo</b>				
<b>Controlador Lógico Programável</b>				

### 1.2.11 - Tabela de Identificação Funcional dos Instrumentos

1ª LETRA			LETRAS SUCESSIVAS		
	Variável Medida	Letra de Modificação	Função de Leitura Passiva	Função de Saída	Letra de Modificação
A	Analisador		Alarme		
B	Queimador (Chama)				
C	Condutibilidade Elétrica			Controlador	
D	Densidade ou Peso Específico	Diferencial			
E	Tensão (Fem)		Elemento Primário		
F	Vazão	Relação			
G	Medida Dimensional		Visor		
H	Comando Manual				Alto
I	Corrente Elétrica		Indicação ou Indicador		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo ou Programa			Estação de Controle	
L	Nível		Lâmpada Piloto		Baixo
M	Umidade				Médio ou Intermediário
O			Placa de Orifício		
P	Pressão		Tomada de Impulso		
Q	Quantidade	Integração			
R	Radioatividade		Registrador		
S	Velocidade ou Frequência	Segurança		Chave ou Interruptor	
T	Temperatura			Transmissão Transmissor	
U	Multivariáveis		Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Viscosidade			Válvula	
W	Peso ou Força		Poço		
Y				Relê ou Computador	
Z	Posição			Elemento Final de Controle	

### 1.3 - PRINCIPAIS SISTEMAS DE MEDIDA

Os sistemas podem ser classificados quanto à natureza de suas unidades fundamentais, quanto ao valor dessas unidades e também quanto às relações escolhidas na determinação dos derivados.

- **Quanto à Natureza:** Dois são os sistemas principais: L.M.T. e L.F.T.

a) L.M.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L  
massa = M  
tempo = T

b) L.F.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L  
força = F  
tempo = T

- **Quanto ao Valor Atribuído:** As unidades fundamentais, temos:

a) Tipo L.M.T.

- 1º Físico ou Cegesimal (C.G.S.) : centímetro, grama, segundo.
- 2º Industrial Francês (M.T.S.) : metro, tonelada, segundo.
- 3º Métrico Decimal (M.K.S.) : metro, quilograma, segundo.
- 4º Absoluto Inglês (Ft, Pd, S): pé, libra, segundo.

b) Tipo L.F.T.

- 1º Prático, Terrestre ou Gravitatório (M.Kgf.S.) : metro, quilograma força, segundo.
- 2º Prático Inglês (Ft, Pd, Sec.) : pé, libra-força, segundo.

- **Quanto às Relações:** Se forem escolhidas na derivação, pode haver, às vezes, liberdade de escolha. Citaremos como exemplo, a unidade de volume.

#### 1.3.1 - Sistema Métrico Decimal

Criado oficialmente no ano de 1.795, passou a ser obrigatório na França, a partir de 1.840. No Brasil, foi oficializado a partir de 1.862. Tem como unidades fundamentais o metro, o quilograma e o segundo (M.K.S.).

- **Metro:** Inicialmente foi definido como distância correspondente à décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre.

Atualmente é definido em função do padrão depositado no Gabinete Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, França.

- **Quilograma:** Inicialmente, foi definido como a massa de um decímetro cúbico de água destilada, considerada a 40°C. Hoje, é definido em função do padrão, também em Sèvres, adotado como quilograma - padrão.

- **Segundo:** Fração de tempo correspondente a 1/86.400 o dia solar médio.

### 1.3.2 - Sistema Físico ou Cegesimal

Criado pelo 1º Congresso Internacional de Eletricistas, reunido em Paris, em 1.881, que aprovou proposta de Lord Kelvin. Tem como unidades fundamentais o centímetro, o grama e o segundo (C.G.S.).

- **Centímetro:** Centésima parte do metro - padrão.
- **Grama:** Milionésima parte da massa do quilograma - padrão.
- **Segundo:** Tem a mesma definição citada anteriormente.

### 1.3.3 - Sistema Industrial Francês

Tem como unidades fundamentais o metro, a tonelada e o segundo (M.T.S.), definidas em função do sistema métrico decimal.

### 1.3.4 - Sistema Prático ou Gravitatório

Sancionado em 1.901 pela 3ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, surgiu pelo desvirtuamento do sistema decimal, em consequência da confusão entre peso e massa. A unidade de massa do sistema decimal, definida em função da massa do decímetro cúbico de água, passou a ser considerada como peso do decímetro cúbico de água.

Como sabemos, o peso é uma força que varia de um lugar para outro, em função da gravidade. As derivadas do sistema decimal foram, no entanto, estabelecidas em função do quilograma - peso e não do quilograma - massa, como deveria ser. As verdadeiras derivadas do sistema decimal nunca foram usadas e as definidas em função do quilograma - peso tornaram-se de uso universal. Em 1901, fixou-se então, o valor do quilograma - peso e ficou oficializado o sistema. Suas unidades fundamentais são: o metro, o quilograma - força e o segundo (M.Kgf.S.).

**OBS.:** O quilograma - força é o peso do quilograma - padrão na latitude de 45º ou força que, atuando sobre a massa do quilograma - padrão, imprime-lhe a aceleração de 9,80665 metros pôr segundo, em cada segundo. O metro e o segundo são do sistema decimal.

### 1.3.5 - Sistemas Ingleses

Enquanto as diversas nações foram sucessivamente oficializando o sistema decimal com exclusão de qualquer outro, as nações da língua inglesa, tornaram-no legal apenas, conservando no entanto, o sistema tradicionalmente em uso. Devemos considerar na Inglaterra o sistema absoluto e o prático.

### 1.3.5.1 - Sistema Absoluto

Tem como unidades fundamentais: o pé (foot), a libra (pound) e o segundo (second).

**a) Foot:** Um terço da distância entre os eixos de dois traços paralelos gravados transversalmente numa barra de bronze, reconhecida como a Imperial Standard Yard (Jarda Padrão) e depositada no Board of Trade, em Londres. A medida deve ser efetuada a temperatura de 62°F. Divide-se em 12 polegadas (inches) e equivale a 0,3048 metros.

**b) Pound:** Massa de um cilindro de platina iridiada reconhecida como a Imperial Standard Pound (libra-padrão) e depositada na Board of Trade, em Londres. Divide-se em 16 onças e equivale a 453,592 gramas.

**c) Second:** É a mesma fração de tempo dos outros sistemas.

### 1.3.5.2 - Sistema Prático

Surgiu da mesma confusão entre peso e massa que originou a deturpação do sistema métrico - decimal. É o sistema realmente usado e a libra - peso assim se define:

**a) Pound Force:** É o peso Imperial Standard Pound na latitude de 45° ou é a força que atuando sobre a massa da Imperial Standard Pound lhe imprime a aceleração de 32,174 m/seg.

## 2 - TELEMETRIA

Chamamos de Telemetria à técnica de transportar medições obtidas no processo à distância, em função de um instrumento transmissor.

A transmissão à distância dos valores medidos está tão intimamente relacionada com os processos contínuos, que a necessidade e as vantagens da aplicação da telemetria e do processamento contínuo se entrelaçam.

Um dos fatores que se destacam na utilização da telemetria é a possibilidade de centralizar instrumentos e controles de um determinado processo em painéis de controle ou sala de controle.

Teremos, a partir daqui, inúmeras vantagens, as quais não são difíceis de imaginar:

a) Os instrumentos agrupados podem ser consultados mais facilmente e rapidamente, possibilitando à operação uma visão conjunta do desempenho da unidade.

b) Podemos reduzir o número de operadores com simultâneo aumento da eficiência do trabalho.

c) Cresce consideravelmente a utilidade e a eficiência dos instrumentos face as possibilidades de pronta consulta, manutenção e inspeção, em situação mais acessível, mais protegida e mais confortável.

## **2.1 - TRANSMISSORES**

Os transmissores são instrumentos que medem uma variável do processo e a transmitem, à distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou a uma combinação destas.

Existem vários tipos de sinais de transmissão: pneumáticos, elétricos, hidráulicos e eletrônicos.

### **2.1.1 - Transmissão Pneumática**

Em geral, os transmissores pneumáticos geram um sinal pneumático variável, linear, de 3 a 15 psi (libras força pôr polegada ao quadrado) para uma faixa de medidas de 0 à 100% da variável. Esta faixa de transmissão foi adotada pela SAMA (Scientific Apparatur Makers Association), Associação de Fabricantes de Instrumentos adotada pela maioria dos fabricantes de transmissores e controladores dos Estados Unidos. Podemos, entretanto, encontrar transmissores com outras faixas de sinais de transmissão. Pôr exemplo: de 20 à 100 kPA.

Nos países que utilizam o sistema métrico decimal, utilizam-se as faixas de 0,2 à 1 Kgf/cm<sup>2</sup> que eqüivalem aproximadamente de 3 à 15 psi.

O alcance do sinal no sistema métrico é aproximadamente 5% menor que o sinal de 3 à 15 psi, sendo este um dos motivos pêlos quais adotamos que devemos calibrar os instrumentos de uma malha (transmissor, controlador, elemento final de controle, etc.), todos utilizando uma mesma norma.

Note também que o valor mínimo do sinal pneumático também não é zero, e sim, 3 psi ou 0,2 Kgf/cm<sup>2</sup>; deste modo, conseguimos calibrar corretamente o instrumento, comprovando sua correta calibração e detectando vazamentos de ar nas linhas de transmissão.

Também podemos ver que se tivéssemos um transmissor pneumático de temperatura de range de 0 à 200°C e o mesmo tivesse com o bulbo a 0°C e com um sinal de saída de 1 psi, o mesmo estaria descalibrado.

Se o valor mínimo de saída fosse 0 psi, não seria possível fazermos esta comparação rapidamente e, para que pudéssemos detectá-lo, teríamos de esperar um aumento de temperatura para que tivéssemos um sinal de saída, o qual seria incorreto.

### **2.1.2 - Transmissão Eletrônica**

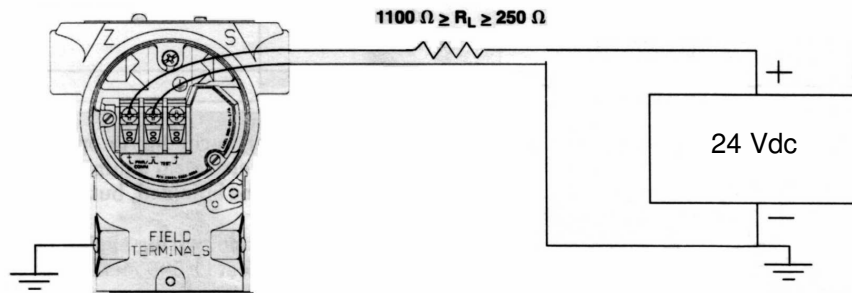
Os transmissores eletrônicos geram vários tipos de sinais: 4 à 20 mA e 10 à 50 mA e 1 a 5 v em painéis, sendo estes os mais utilizados. Temos esta discrepância nos sinais de saída entre diferentes fabricantes devido a estes instrumentos estarem preparados para uma fácil mudança do seu sinal de saída.

A relação de 4 à 20 mA, 1 à 5 V está na mesma relação de um sinal de 3 à 15 PSI de um sinal pneumático.

O “zero vivo” utilizado quando adotamos o valor mínimo de 4 mA, oferece a vantagem também de podermos detectar uma avaria (rompimento dos fios), que provocará a queda do sinal, quando o mesmo estiver em seu valor mínimo.

### 2.1.2.1 – Transmissor a 2 fios

Este tipo de transmissor é utilizado quando o mesmo cabo, com 2 condutores e normalmente uma malha de terra, serve para alimentar o instrumento com 24 Vdc e também para transmitir o sinal de corrente de 4 a 20 mA. A figura a baixo mostra um exemplo de transmissor a 2 fios.



### 2.1.2.2 – Transmissor a 4 fios

Este tipo de transmissor é utilizado quando o transmissor é alimentado com 110 Vac ou 220 Vac, portanto, precisa de um cabo de alimentação independente e um cabo de sinal de corrente de 4 a 20 mA também independente. A figura a seguir mostra um exemplo de transmissor a 4 fios.

Alimentação 110 Vac

Saída digital

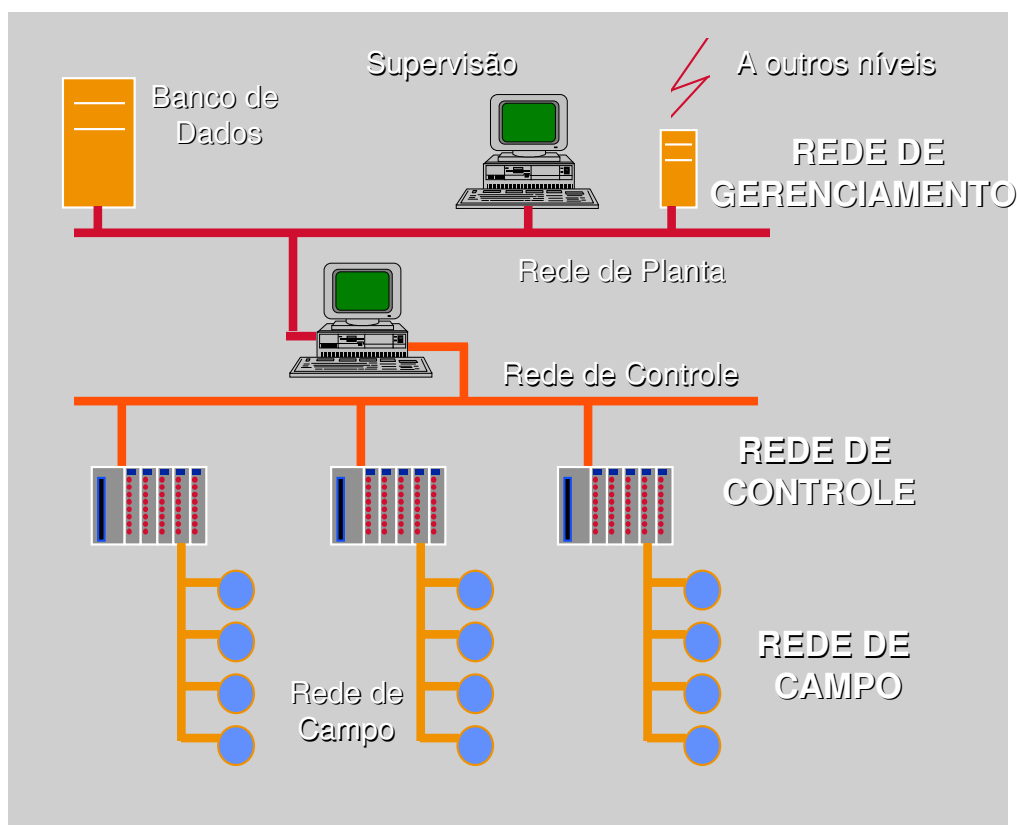
Saída 4 – 20 mA



## 2.2 – REDES DE COMUNICAÇÃO INDUSTRIAIS

### 2.2.1 – Introdução

Nas fábricas atuais, é importante saber o quê se produz, quanto se produz e a disponibilidade dos recursos de produção. A velocidade de trânsito destas informações pode significar um elevado retorno proporcional. A incrível evolução da informática em todas as áreas do conhecimento humano tem permitido a implementação do conceito de inteligência distribuída em ambientes industriais. A utilização de equipamentos inteligentes em máquinas ou processos para controle ou na aquisição pura e simples da informação é o primeiro passo para a automação industrial completa. Interligar estes equipamentos é o passo seguinte; a construção de um sistema de aquisição de informações apto ao acompanhamento em tempo real da produção do maquinário envolvido ou do estado do processo em funcionamento é consequência quase obrigatória.



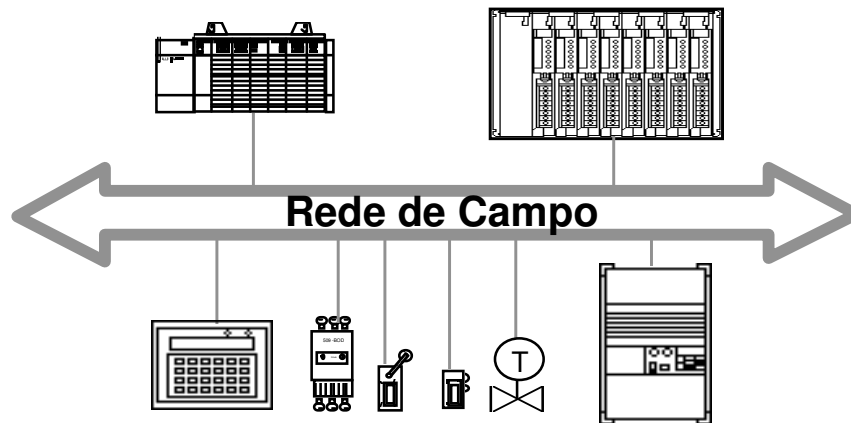
Uma rede de comunicação para sistemas de automação industrial é um conjunto de sistemas independentes, autônomos e interconectados de forma a permitir a troca de informações entre si. Uma rede oferece os meios físicos e lógicos que permitam a integração do sistema através da troca de informações. As redes para sistemas de automação, podem ser classificadas, conforme sua finalidade em: Redes de Campo; de Controle e de Gerenciamento de Fábrica. Neste momento daremos uma ênfase maior nas redes de campo.



## 2.2.2 – Redes de Campo

Estas redes tem como características :

- Redução do custo da fiação e instalação do projeto
- Comunicação bidirecional, permitindo configuração e calibração dos dispositivos
- Distribuição de inteligência
- Integração com diversos fabricantes
- Normalmente possível conexão com até 1 centena de dispositivos.
- Velocidade normalmente na faixa de dezenas de Kbps, podendo atingir até 1 Mbps.
- Integração do controlador ao sistema de atuação do equipamento



Estas redes podem ser sub - classificadas quanto a categoria dos dispositivos conectados, como sendo para: Processo, Manufatura e Sensores

	Processo	Manufatura	Sensores
Tamanho Mensagem	alguns bytes	alguns bytes	alguns bits
Tempo de Resposta	5 a 50 ms	5 a 50 ms	< 5ms
Tipo de Cabo	Instrumentação	Qualquer	Baixo custo
Distância Max	2 Km	2 Km	100m
Áreas Classificadas	Sim	Não	Não

Podemos citar, como exemplo destas redes, os seguintes padrões:

- HART
- ASI - ACTUATOR SENSOR INTERFACE
- DEVICENET
- PROFIBUS DP E PA
- FIELDBUS FOUNDATION

A seguir comentaremos um pouco sobre cada tipo de redes de campo citadas acima.

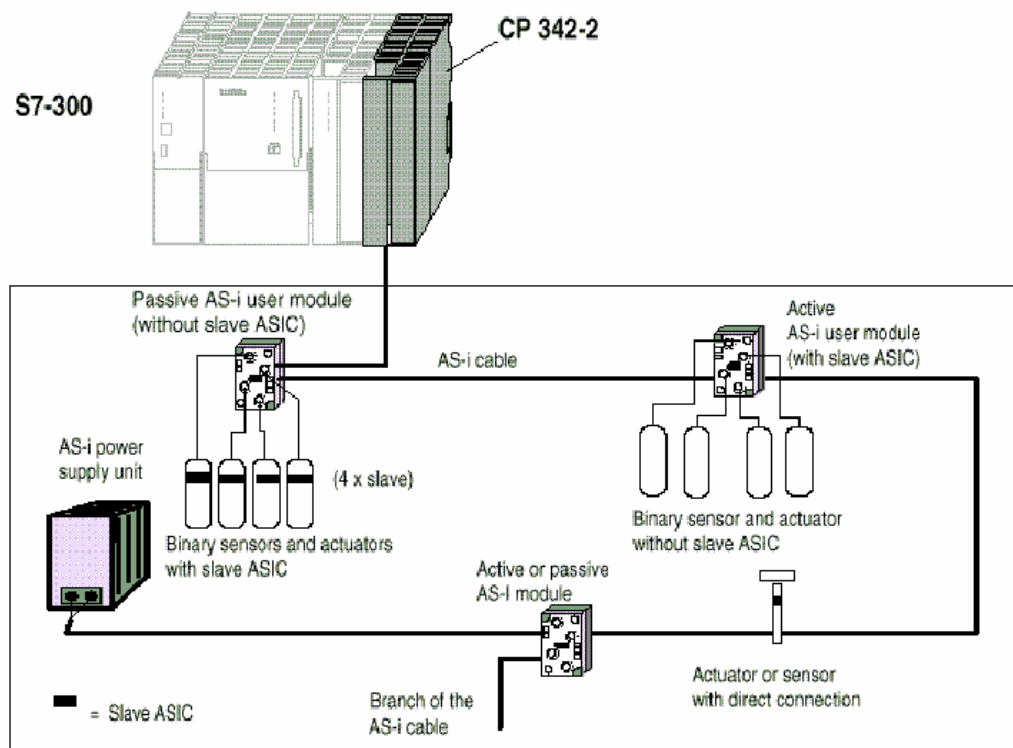
### 2.2.2.1 – Rede AS-i ( Actuador & Sensor Interface )

A rede AS-i ou Interface Atuador / Sensor é uma sub - rede para sistemas de automação do mais baixo, ou seja, automação de chão de fábrica. Os tipos mais simples de sensores e atuadores são conectados nesta rede.

A rede AS-i apresenta as seguintes características:

- Cabo Paralelo com dois condutores
- Até 31 escravos
- Cada escravo: 4 bits de I/O
- Até 100 m ou 300m com repetidores
- Sistema de comunicação mestre - escravo
- Garantido um máximo de 4,7 ms com configuração máxima da rede

A rede AS-i é composta por um módulo master, módulos AS-i, cabo AS-i, unidade de alimentação, sensores com "chip" AS-i integrado, dispositivo de programação AS-i e softwares de monitoração.

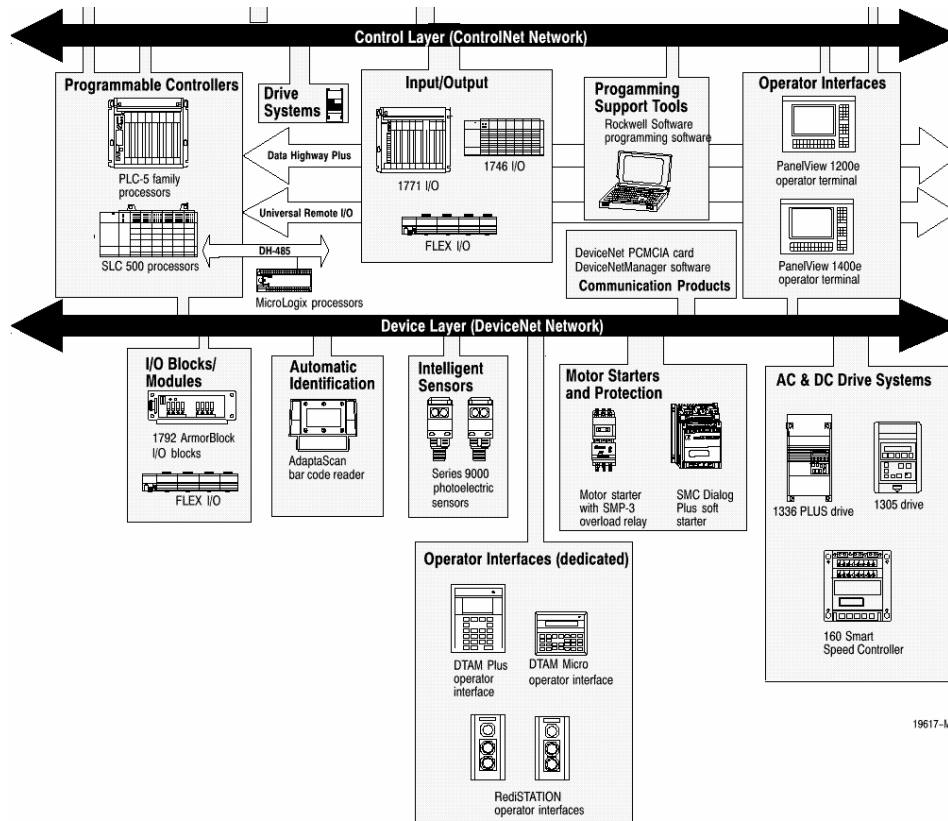


A rede AS-i é composta por:

- Sensores
- Botões
- Módulos de Entrada e Saída
- Monitores de válvula
- Sinalizadores

### 2.2.2.2 – Rede DeviceNet

O DeviceNet é um protocolo de comunicação para ligar dispositivos industriais (tais como fim de curso, sensores fotoelétricos, partidas de motor, sensores de processo, leitores de código de barra, drivers de frequência variável e interfaces de usuário) a uma rede, eliminando vários cabos.



A conectividade direta proporciona comunicação melhorada entre dispositivos assim como diagnósticos importantes a nível de dispositivos não facilmente acessível nem disponível em dispositivos de I/O convencionais.

O DeviceNet é uma rede aberta. A especificação e o protocolo podem ser obtidas na Associação Aberta de Vendedores de DeviceNet, Inc. (ODVA).

DeviceNet é baseado num protocolo de comunicações chamado CAN. O CAN originalmente foi desenvolvido pela BOSCH para o mercado de automóvel europeu para substituir os caros chicotes de cabo por um cabo em rede de baixo custo em automóveis. Como resultado, o CAN tem resposta rápida e confiabilidade alta para aplicações como controle de freios ABS e Air bags.

A rede DeviceNet apresenta as seguintes características:

- Cabo par - trançado com 4 fios e uma blindagem: um par alimentação e outro sinal
- Até 64 dispositivos
- Velocidades ajustáveis em: 125; 250 e 500 Kbits / s
- Até 500m em 125 Kbits / s
- Sistema de comunicação mestre - escravo

A rede DeviceNet é composta por:

- Módulos de I/O com capacidade para vários pontos digitais ou analógicos
- Drivers para motores
- I.H.M.
- Relês - proteção

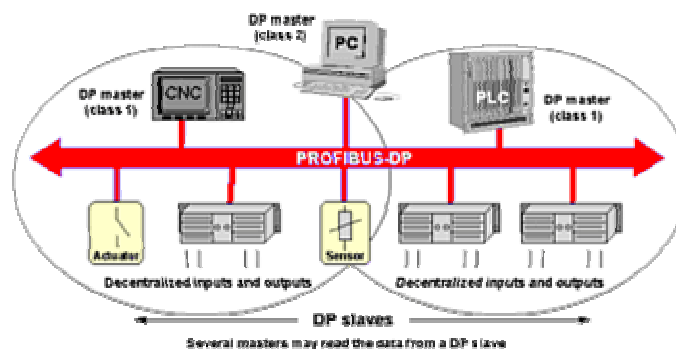
### 2.2.2.3 – Redes Profibus

PROFIBUS é um protocolo aberto líder na Europa (Fonte: Independent Fieldbus Study by Consultic) e goza aceitação mundial. As áreas de aplicação incluem manufatura, processo e automação predial.

Hoje, todos os principais fabricantes da tecnologia de automação oferecem interfaces PROFIBUS para seus dispositivos. A variedade de produtos inclui mais de 1 000 dispositivos diferentes e serviços, mais de 200 são dispositivos certificados, PROFIBUS foi usado com êxito em mais de 100 000 aplicações reais ao redor do mundo. A tecnologia PROFIBUS é desenvolvida e administrada pela PROFIBUS User Organization.

#### 2.2.2.3.1 – Rede Profibus - DP ( Decentralized Periphria )

É um protocolo de comunicação otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo, esta versão de PROFIBUS é projetada especialmente para comunicação entre sistemas de controle de automação e I/O distribuído a nível de dispositivo. . O PROFIBUS-DP pode ser usado para substituir transmissão de sinal em 24 V ou 0 a 20 mA.



A rede Profibus - DP apresenta as seguintes características:

- Cabo Par - trançado com 2 fios e uma blindagem somente para sinal
- Até 128 dispositivos divididos em 4 segmentos com repetidores
- Velocidades ajustáveis de 9600 à 12Mbits/seg
- De 100 a 1200m conforme a velocidade
- Sistema de comunicação mestre - escravo

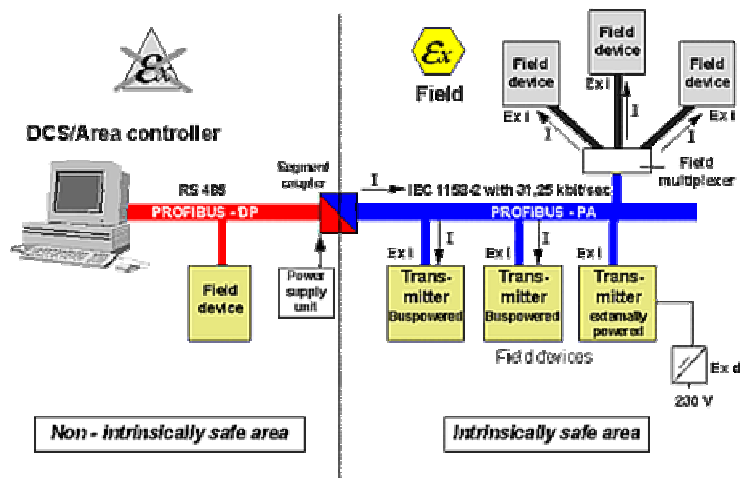
A rede Profibus - DP é composta por:

- Módulos de I/O com capacidade para vários pontos digitais ou analógicos
- Drivers para motores
- I.H.M. ( Interface Homem Máquina )
- Terminais de válvulas

### 2.2.2.3.2 – Rede Profibus - PA ( Process Automation )

PROFIBUS-PA é a solução PROFIBUS para automação de processo. PA conecta sistemas de automação e sistemas de controle de processo com os dispositivos de campo tal como transmissores de pressão, temperatura e nível. PA pode ser usado como um substituto para a tecnologia 4 a 20 mA. PROFIBUS-PA alcança economia de custo de aproximadamente 40% em planejamento, cabeamento, partida e manutenção e oferece um aumento significativo em funcionalidade e segurança.

Uma linha de alimentação separada (uma fonte de alimentação para zonas potencialmente explosivas pode ser necessário) é requerido para cada dispositivo em uma configuração convencional. Em contraste, quando PROFIBUS-PA é usado, somente um par de fios é necessário para transmitir toda informação e alimentação para os dispositivos de campo. Isto não somente poupa custos de ligação mas também diminui o número de módulos de I/O no sistema de controle de processo. Isoladores e barreiras não são mais necessários desde que o bus seja alimentado com fontes intrinsecamente seguras. O PROFIBUS-PA permite medir, controlar e regulamentar via uma linha simples de dois fio. Também permite alimentar dispositivos de campo em áreas intrinsecamente seguras. O PROFIBUS-PA permite manutenção e conexão/desconexão de dispositivos durante operação sem afetar outras estações em áreas potencialmente explosivas.



A rede Profibus - PA apresenta as seguintes características:

- Cabo Par - trançado com 2 fios e uma blindagem, trafegando sinal e alimentação
- Até 32 dispositivos sem alimentação e 12 com alimentação
- Velocidades de 31,25 Kbits / s
- Máxima distância de 1900 m conforme número de dispositivos
- Permite várias topologias

A rede Profibus - PA é composta por:

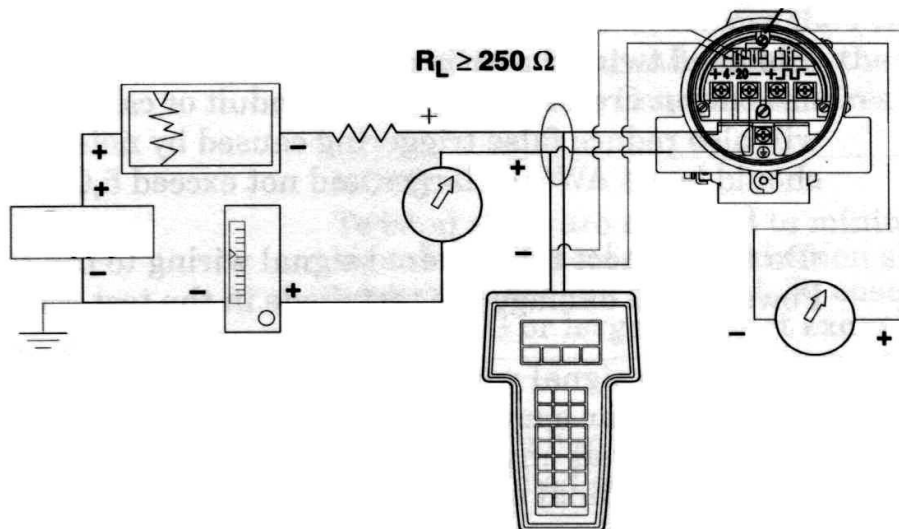
- Transmissores de: Pressão; vazão; temperatura e nível
- Analisadores Industriais

#### 2.2.2.4 - Protocolo HART

O protocolo Hart ( Highway Address Remote Transducer ) , um sistema que combina o padrão 4 à 20 mA com a comunicação digital. É um sistema a dois fios com taxa de comunicação de 1200 bits/s ( BPS ) e modulação FSK ( Frequency Shift Key ). O Hart é baseado no sistema mestre escravo, permitindo a existência de dois mestres na rede simultaneamente.

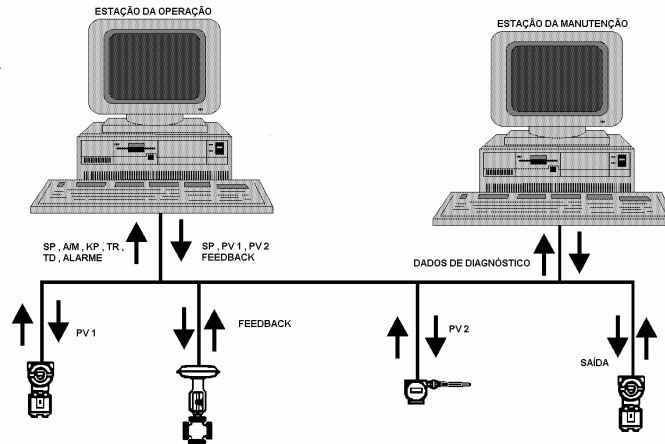
As vantagens do protocolo Hart são as seguintes:

- Usa o mesmo par de cabos para o 4 à 20 mA e para a comunicação digital.
- Usa o mesmo tipo de cabo usado na instrumentação analógica.
- Disponibilidade de equipamentos de vários fabricantes.



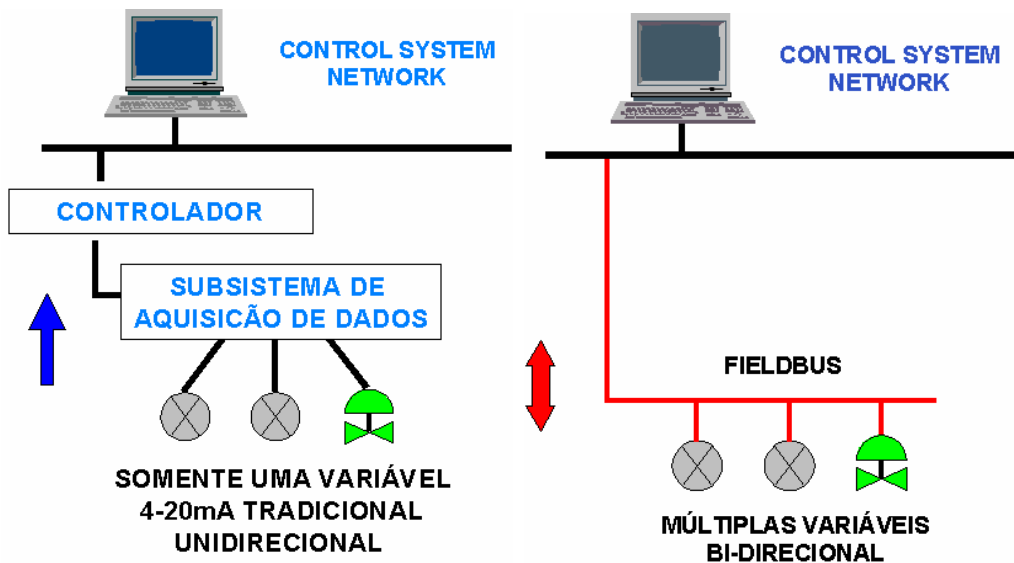
### 2.2.2.5 – Rede Fieldbus Foundation

O Fieldbus é um sistema de comunicação digital bidirecional que interliga equipamentos inteligentes de campo com sistema de controle ou equipamentos localizados na sala de controle, conforme mostra a figura abaixo.



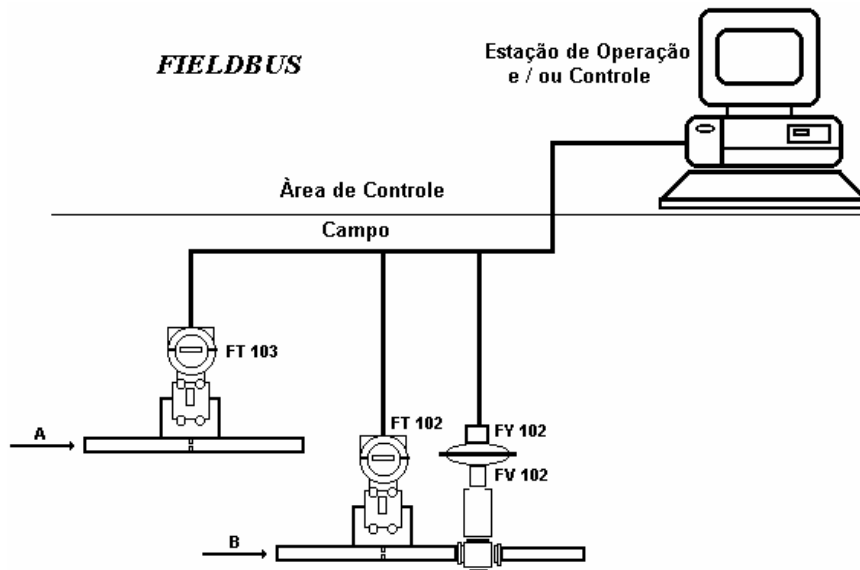
Este padrão permitirá comunicação entre uma variedade de equipamentos, como : transmissores, válvulas, controladores, CLP'S, etc.

A definição mais conhecida do FIELDBUS é a substituição do protocolo de comunicação analógico ( 4 à 20 mA ) por um protocolo digital de comunicação entre os instrumentos do campo e os da sala de controle.



Entretanto, esta parte conceitual é muito mais abrangente. Podemos começar destacando e focalizando as partes boas das diversas tecnologias de controle, desde a pneumática, onde tínhamos o controle realizado no campo, sem que o sinal tivesse que ir até a Sala de Controle e depois retornar para o elemento final de controle de campo.

Da era da eletrônica microprocessada , podemos utilizar os instrumentos inteligentes, sua capacidade de controle e a tecnologia de rede de comunicação digital entre computadores. Na figura abaixo, vamos iniciar destacando uma das vantagens do FIELDBUS ainda não citada até aqui.



Neste exemplo , com o uso da comunicação somente digital e da tecnologia de rede de computadores, só precisamos de um par de fios para interligar os transmissores/controladores FT-103, FT-102, o transdutor de FB / Pressão ( FY -102 ) da Válvula FV-102 e o computador também chamado IHM ( Interface Homem - Máquina ) ou Workstation ou simplesmente PC.

Portanto podemos notar já neste instante a grande economia de custos de fiação , bandejas e mão-de-obra de instalação dos Sistemas de Controle Fieldbus para os sistemas mais antigos ( aqueles que usam protocolo analógico 4 à 20 mA, e um par de fios para cada instrumento ).

Sob o ponto de vista da instrumentação clássica , seríamos levados a pensar que o transmissor/controlador FT-102 está fazendo o controle atuando na válvula FV-102. Agora na era Fieldbus, já não é mais possível pensar somente desta maneira , pois podemos ter outras possibilidades de controle:

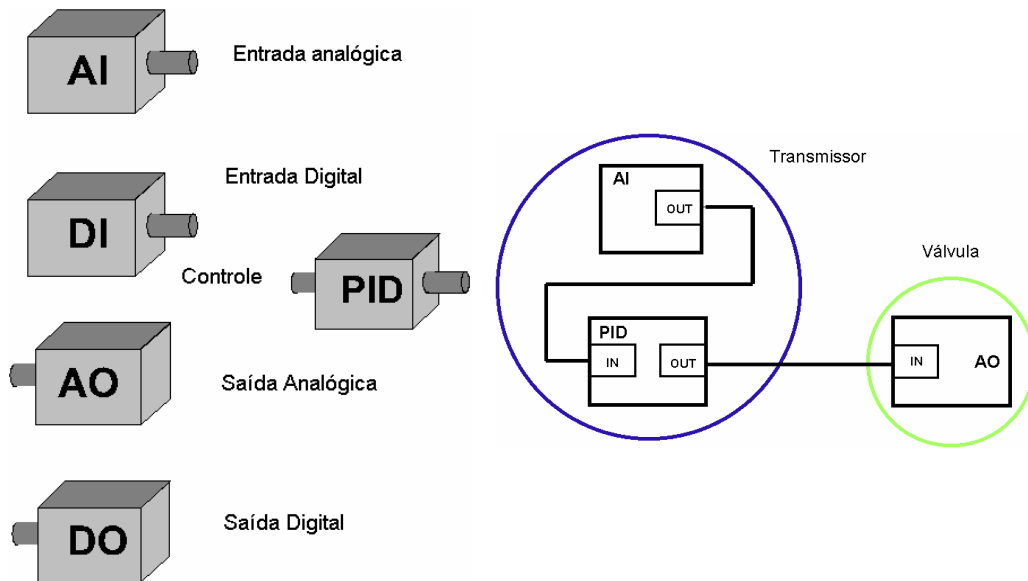
- transmissor/controlador FT-103 fazendo o controle atuando na válvula FV-102;
- transmissor/controlador FT-102 adquirindo a informação de fluxo da tubulação "A" através do transmissor FT-103 e fazendo controle e atuando na válvula;
- transdutor de FB/pressão ( FY-102 ) que pode ter também a capacidade de controle adquirindo as informações de fluxo dos transmissores FT-102 e FT-103 e ele realizando o controle e atuando na válvula.

Estas são algumas das possibilidades, pois ainda poderíamos explorar a capacidade de controle da placa controladora instalada no PC, e neste caso, estar realizando um algoritmo de controle mais complexo ou até , alguma otimização num outro computador num nível mais acima ; ou somente utilizar o PC para visualizarmos o que está acontecendo no processo através de sua tela.



De acordo com a norma FF-94-816 o principal meio físico para dispositivos é o par de fios trançados. Ainda de acordo com a mesma norma a taxa de comunicação , de 31.25 Kb/s e o número máximo de equipamentos no barramento e sem segurança intrínseca , de 1 a 32 equipamentos. Com segurança intrínseca de 2 a 6 equipamentos.

A seguir mostraremos os blocos que estão homologados pelo Fieldbus Foundation.



A rede Fieldbus Foundation apresenta as seguintes características:

- Cabo Par - trançado com 2 fios e uma blindagem, trafegando sinal e alimentação
- Até 32 dispositivos sem alimentação e 12 com alimentação
- Velocidades de 31,25 Kbits / s
- Máxima distância de 1900 m conforme número de dispositivos
- Permite várias topologias

A rede Fieldbus Foundation é composta por:

- Transmissores de: Pressão; vazão; temperatura e nível
- Instrumentação analítica
- Cartões de Interface para CLP's

## EXERCÍCIOS

- 1 - Quais são os objetivos dos instrumentos de medição e controle?
- 2 - Como era o controle do processo no princípio da era industrial?
- 3 - O que foi possível com a centralização das variáveis do processo,?
- 4 - Como são divididos os processos industriais?
- 5 - Defina o sistema de controle.
- 6 - Quais são as 3 partes necessárias para uma malha de controle fechada?
- 7 - Defina o que é range.
- 8 - Defina o que é span.
- 9 - Defina o que é erro.
- 10 - Defina o que é repetitividade.
- 11 - Defina o que é exatidão.

12- Defina o que é rangeabilidade .

13 - Defina o que é indicador.

14 - Defina o que é registrador.

15 - Defina o que é transmissor.

16 - Defina o que é transdutor.

17 - Defina o que é controlador.

18 - Defina o que é elemento final de controle.

19 - O que estabelecem as normas de instrumentação?

20 - Diga qual a função de cada um dos instrumentos, abaixo de acordo com a sua identificação.

a) WT -

b) FIC -

c) TI -

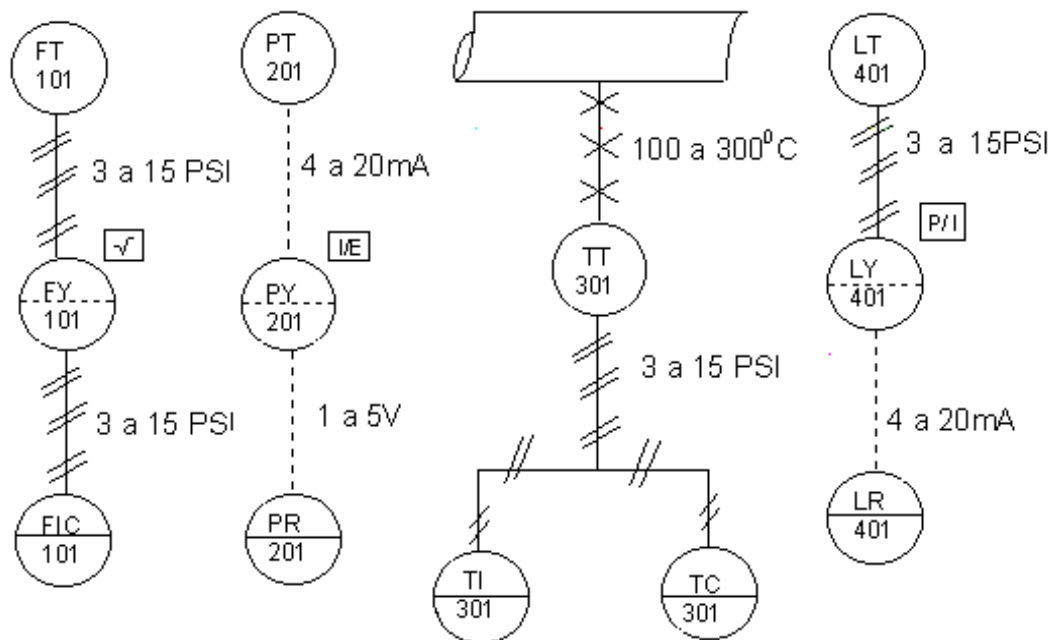
d) PIT -

e) LR -

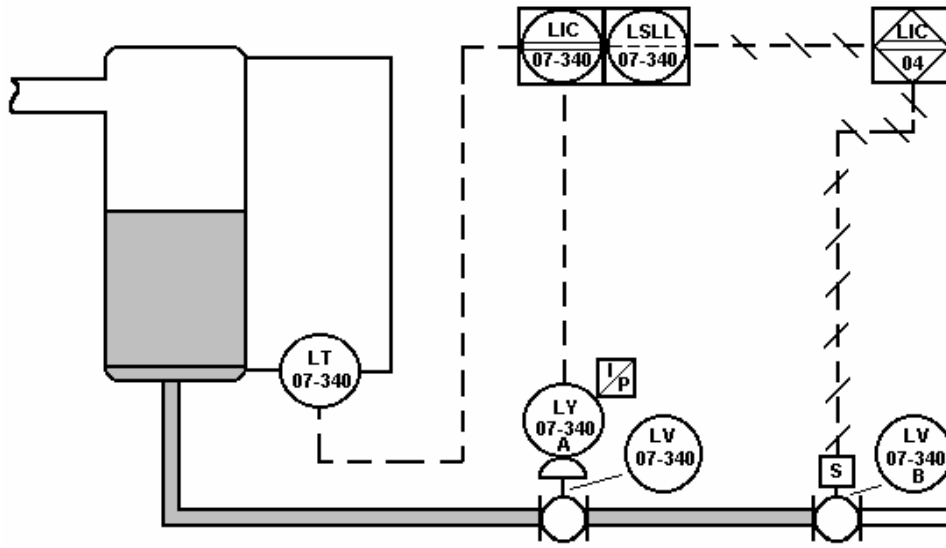
- f) TSL -
- g) PSL -
- h) TJR -
- i) TT -
- j) PIC -
- l) FR -
- m) LT -
- n) FSHH -
- o) LSH -
- p) FY -

21 - Defina a localização dos equipamentos e tipos de sinais de transmissão de cada malha de controle, além da sua função (equipamento).

a)



b)



22 - Quais são os dois principais sistemas de medidas quanto à natureza das unidades?

23 - Quais são as unidades fundamentais do sistema L.M.T.?

24 - Quais são as unidades fundamentais do sistema L.F.T.?

25 - A sigla M.K.S. define que tipo de sistema de medida?

26 - A sigla C.G.S. define que tipo de sistema de medida?

27 - A sigla M.T.S. define que tipo de sistema de medida?

28 - A sigla M.Kgf.S. define que tipo de sistema de medida?

29 - Quais são as unidades fundamentais do sistema inglês absoluto?

30 - Quais são as unidades fundamentais do sistema inglês prático?

31 - Defina o que é telemetria.

32 - Cite 2 vantagens da telemetria.

33 - Cite dois tipos de transmissores .

34 - Cite 2 tipos de sinais de transmissão pneumática.

35 - Cite 2 tipos de sinais de transmissão eletrônica.

36 - O pôr que do “zero vivo” nos sinais de transmissão?

37 - Calcule o valor pedido:

Exemplo: 50% do sinal de 3 à 15 psi

$$\text{Valor Pedido} = \left[ \frac{(\text{Final} - \text{Início}) \text{ ou Span}}{100\%} \right] \times (\%) + \text{zero vivo}$$

$$\begin{array}{l} 15 \\ -3 \\ \hline 12 \end{array} \rightarrow \text{Span} \qquad \frac{12 \times 50}{100} + 3 = 9 \text{ psi}$$

a) 70% de 3 - 15 psi = \_\_\_\_\_

b) 80% de 3 - 15 psi = \_\_\_\_\_

c) 10% de 0,2 - 1 kgf/cm<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_

d) 30% de 0,2 - 1 kgf/cm<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_

e) 45% de 20 - 100 kPa = \_\_\_\_\_

f) 55% de 20 - 100 kPa = \_\_\_\_\_

g) 65% de 4 - 20 mA = \_\_\_\_\_

h) 75% de 4 - 20 mA = \_\_\_\_\_

i) 37% de 1 - 5 V = \_\_\_\_\_

j) 73% de 1 - 5 V = \_\_\_\_\_

38 - Calcule o valor pedido:

Exemplo: 9 psi é quantos % da faixa de 3 à 15 psi

Valor Pedido =  $\frac{(\text{Valor de transmissão} - \text{zero vivo}) \times (100\%)}{(\text{Final} - \text{Início}) = \text{Span}}$

$$\frac{(9 - 3) \times 100}{(15 - 3)} = \frac{6 \times 100}{12} = 50\%$$

a) 12 psi é quantos % da faixa de 3 à 15 psi = \_\_\_\_\_

b) 6 psi é quantos % da faixa de 3 à 15 psi = \_\_\_\_\_

c) 0,4 Kgf/cm<sup>2</sup> é quantos % da faixa de 0,2 à 1 kgf/cm<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_

d) 0,6 Kgf/ cm<sup>2</sup> é quantos % da faixa de 0,2 à 1 kgf/cm<sup>2</sup> = \_\_\_\_\_

e) 90 kPa é quantos % da faixa de 20 à 100 kPa = \_\_\_\_\_

f) 70 kPa é quantos % da faixa de 20 à 100 kPa = \_\_\_\_\_



g) 9 mA é quantos % da faixa de 4 à 20 mA = \_\_\_\_\_

h) 13 mA é quantos % da faixa de 4 à 20 mA = \_\_\_\_\_

i) 1,5 V é quantos % da faixa de 1 à 5 V = \_\_\_\_\_

j) 4,5 V é quantos % da faixa de 1 à 5 V = \_\_\_\_\_

39 - Defina o que é um transmissor a dois fios.

40 – Defina o que é um transmissor a quatro fios.

41 – O que é uma rede de comunicação para sistemas de automação industrial ?

42 – Cite três características das redes de campo

43 – Defina a rede AS-i

44 – Cite três características da rede AS-i

45 – Defina a rede DeviceNet.

46 – Cite três características da rede Devicenet.

47 – Defina a rede Profibus – DP.

48 – Cite três características da rede Profibus - DP

49 – Defina a rede Profibus – PA.

50 – Cite três características da rede Profibus – PA.

51 - Defina o protocolo HART .

52 – Defina a rede Fieldbus Foundation.

53 – Cite três características da rede Fieldbus Foundation.

Grandezas	Definição	Dimensão	Físico (C.G.S.)	Decimal (M.K.S.)	Gravitatório (M.Kgf.S)	Prático Inglês
Comprimento	L	L	centímetro (cm)	metro (m) Mícron ( $\mu$ )= $10^{-6}$ m Angstrom (A)= $10^{-10}$ m	metro (m)	foot (ft) =1/3 Yd = 12in 30,48 cm
Massa	M	M	grama (g)	quilograma (kg)	(9,81 kg)	(32,174 pd)
Tempo	T	T	segundo (seg.)	segundo (seg.)	segundo 9seg)	second (sec)
Superfície	S <sup>2</sup>	S <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	square-foot=929 cm <sup>3</sup> square-inch=6,45 cm <sup>2</sup>
Volume	V <sup>3</sup>	V <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cubic-foot=28317 cm <sup>3</sup> cubic-inch=16,39 cm <sup>3</sup>
Velocidade	$v = \frac{e}{t}$	LT <sup>-1</sup>	em/seg	m/seg	m/seg 1m/seg=197 ft/min	foot per second (ft/sec) ft/min=0,5076 cm/s
Aceleração	$y = \frac{v}{t}$	LT <sup>-2</sup>	cm/seg <sup>2</sup>	m/seg <sup>3</sup>	m/seg <sup>2</sup>	ft/sec <sup>2</sup>
Força	F = m y	M L T <sup>-2</sup>	dina (d) (m=1 g;y=1 cm/ss) Megadina (M) = 10 <sup>9</sup> dinas	GIORGI Newton (n) (m=1kg;y=1m/seg <sup>2</sup> ) =10 <sup>5</sup> d	quilograma - força(kgf) (m=1kg;y=9,81m/ seg <sup>2</sup> ) x 10 <sup>3</sup> x 981 = dinas x 10 <sup>-3</sup> x 9,81 = sth	pound (pd) (m=1pd;y=32,174 ft/sec <sup>2</sup> ) =0,4536kgf=444981d =7000 grains
Trabalho	$\Sigma = F \times e$	M S <sup>2</sup> T <sup>-3</sup>	erg (F=1 d; e = 1cm)	Joule (j) F=1 n; e=1m) =10 <sup>2</sup> ergs	quilogrâmetro (kgm) (F=1kgf; e = 1m) = 9,81 Joules	foot - pound (ft.pd) (f = 1 pd; e = 1 ft) =0,1383kgm=1,3563 j
Potência	$W = \frac{\Sigma}{t}$	M S <sup>2</sup> T <sup>-3</sup>	erg/seg ( $\Sigma$ =1 erg;t=1seg)	Watt (w) ( $\Sigma$ = 1 j; 1= 1seg) = 10 <sup>2</sup> ergs/seg = 44,8 ft. pd/min	kgm/seg Cavalo-vapor (C.V.) = 75 Kgm/seg = 736 watts	foot pound per second Horse Power (H.P.) = 76kgm/seg (75) =33000 ft.pd/min
Pressão	$P = \frac{F}{A}$	M L <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	bária (F=1 d; S <sup>2</sup> =1 cm <sup>2</sup> ) Bar = 10 <sup>9</sup> bárias (F=1M; s <sup>2</sup> =1cm <sup>2</sup> )	Pascal F= 1n; S <sup>2</sup> =1m <sup>2</sup> ) = 10 bárias	kgf/cm <sup>2</sup> =1000 gf/cm <sup>2</sup> kgf/m <sup>2</sup> atm = 1033 gf/cm <sup>2</sup> (em Hg = 76cm)	pd/in <sup>2</sup> =70.308 gf/cm <sup>2</sup> pd/ft <sup>2</sup> atm = 11.692 pd/in <sup>2</sup> (em Hg = 0 n)

**TABELA 1 - SISTEMAS DE UNIDADES GEOMÉTRICAS E MECÂNICAS**