

Capítulo

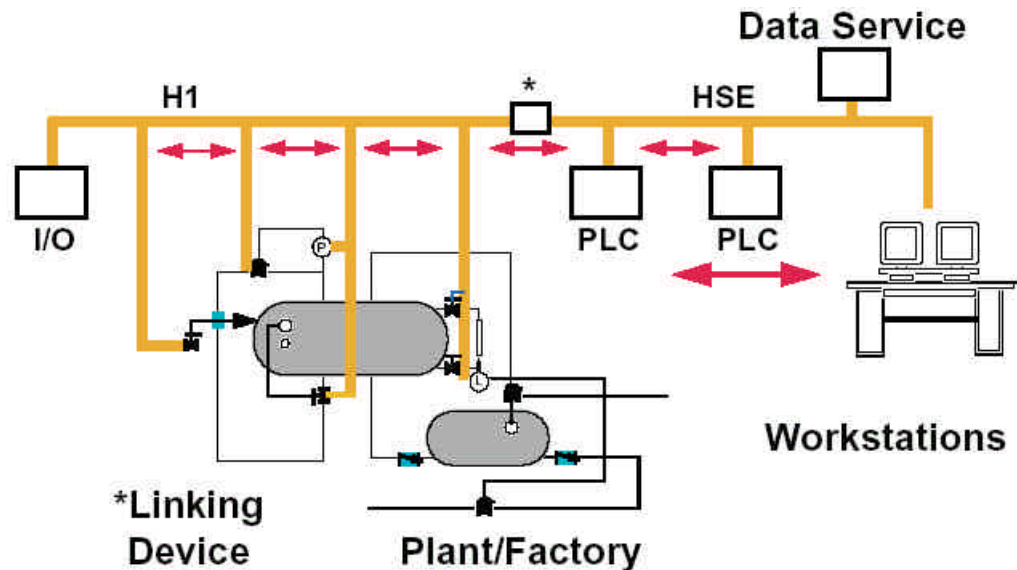
R4

# Foundation Fieldbus

# Foundation Fieldbus

## Introdução:

A rede Foundation Fieldbus (FF) é uma rede digital cuja padronização levou mais de dez anos para ser concluída. Existem duas redes FF, uma de baixa velocidade concebida para interligação de instrumentos (H1 - 31,25 kbps) e outra de alta velocidade utilizada para integração das demais redes e para a ligação de dispositivos de alta velocidade como CLPs (HSE - 100 Mbps).



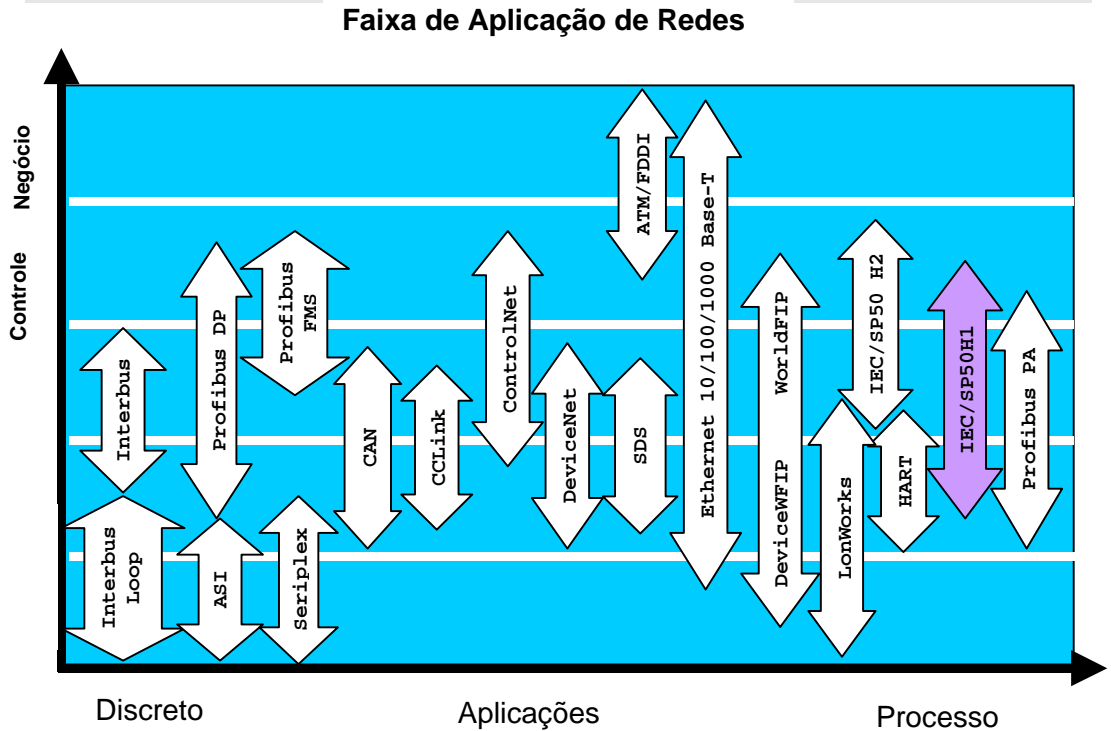
**Figura 1: Redes Fieldbus H1 e HSE**

A rede H1 possui velocidade de 31,25 kbps e proporciona grandes vantagens para substituir a instrumentação convencional de 4..20mA:

- Redução do cabeamento, painéis, borneiras, fontes de alimentação, conversores e espaço na sala de controle.
- Alimentação do instrumento pelo mesmo cabo de sinal
- Opções de segurança intrínseca
- Grande capacidade de diagnóstico dos instrumentos
- Suporte para *asset management*: capacidade de realizar funções de diagnóstico, configuração, calibração via rede permitindo minerar dados de instrumentação em tempo real. Estas funções irão permitir a implementação da manutenção proativa, centrando os recursos onde eles são mais necessários.
- Capacidade de *auto sensing* (auto reconhecimento) do instrumento permitindo fácil instalação e *download* de parâmetros.
- Redução dos custos de engenharia, instalação e manutenção.
- Sinal de alta resolução e livre de distorções asseguram precisão do sinal recebido aumentando a confiabilidade do sistema de automação.

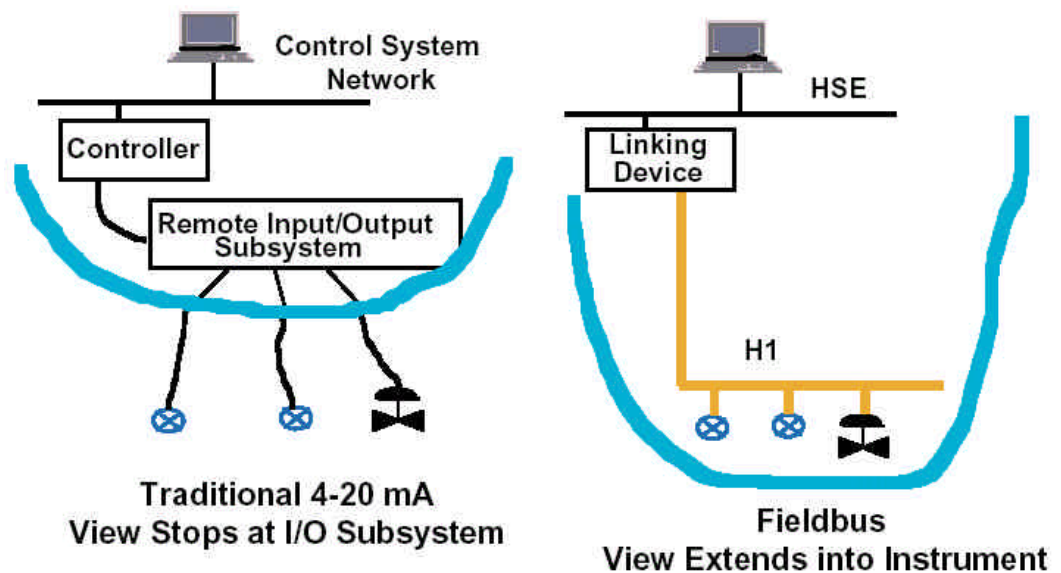
A rede Foundation Fieldbus tem como principais concorrentes as redes Profibus-PA e o protocolo HART.

O estudante deve se esforçar para não confundir o nome rede **Foundation Fieldbus** com o da fundação que a criou e a mantém esta sim denominada **Fieldbus Foundation**.



**Figura 2: : FF e faixa de aplicação das redes de campo [ARC]**

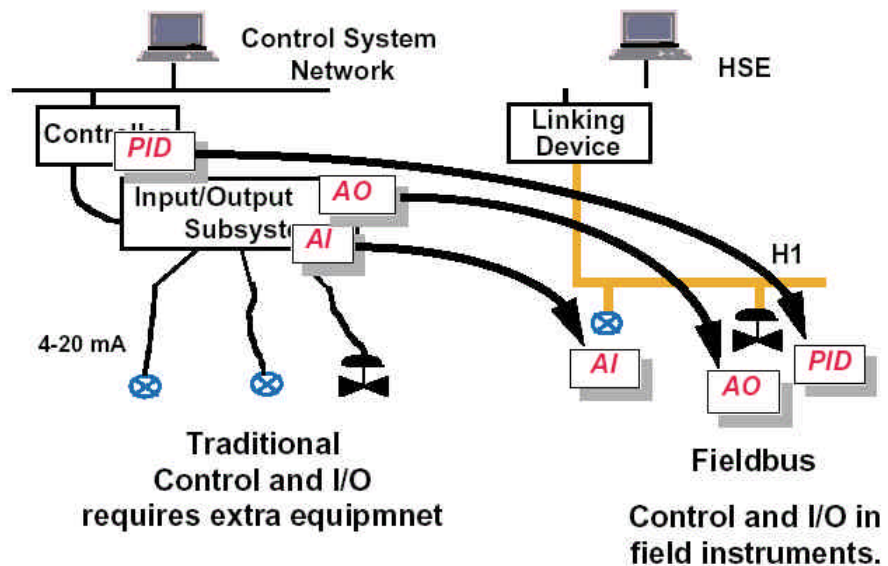
Uma das grandes revoluções da rede FF foi estender a visão da área de processo até o instrumento e não até o último elemento inteligente então existente que era o CLP ou remota do SDCD.



**Figura 3: Aumentando as fronteiras do processo**

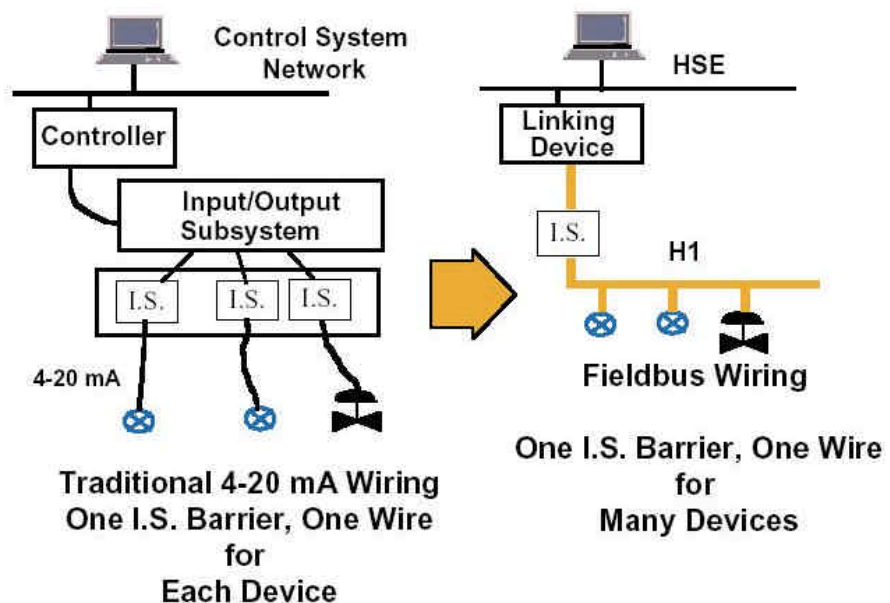
A outra revolução da rede FF foi permitir a migração das estratégias de controle do controlador, antes representado por uma remota ou CLP para o elemento de

campo, representados pelos transmissores de temperatura, pressão, etc. e pelos atuadores em sua maior parte válvulas de controle. Isto irá permitir que dois ou mais instrumentos estabeleçam malhas de controle, que uma vez configuradas remotamente irão operar de forma completamente independente do controlador externo. Estas estratégias de controle constituem os chamados blocos de controle. Os blocos mais conhecidos são os de Analog Input (AI), Analog Output (AO), Controlador PID (PID), Digital Input (DI) e Digital Output (DO).



**Figura 4: Migração das funções de controle para a instrumentação**

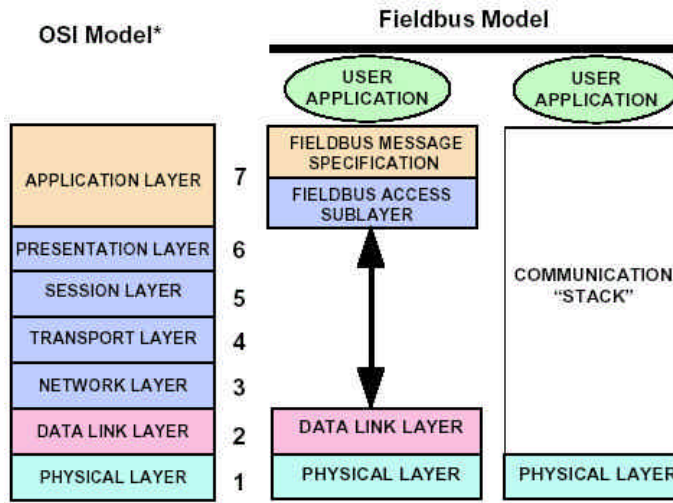
Outra vantagem da rede FF é a redução de equipamentos necessários para instalar os instrumentos em uma área classificada.



**Figura 5: Barreiras de segurança intrínseca numa topologia FF**

# Arquitetura do Sistema

A tecnologia Fieldbus H1 foi baseada no modelo OSI da ISO.

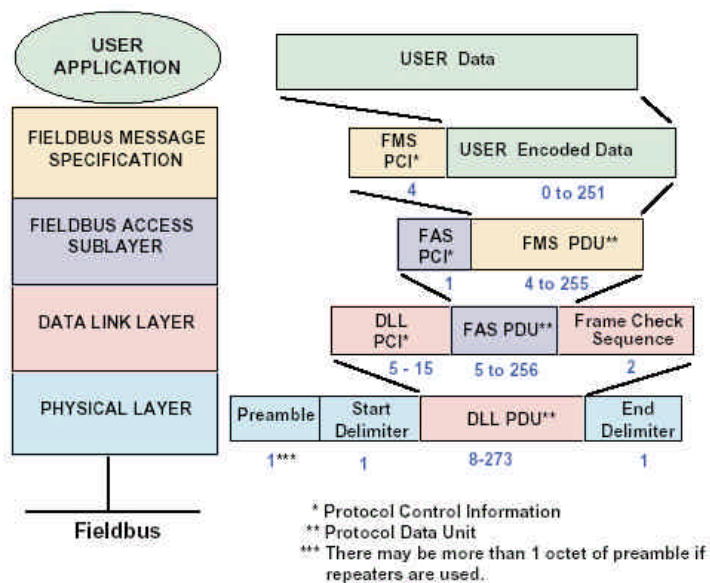


\* The user application is not defined by the OSI Model

**Figura 6: Fieldbus H1 e modelo OSI/ISO**

O sistema H1 é formado de três camadas: a camada física, o stack de comunicação e a camada de usuário. Fazendo a correspondência com o modelo OSI/ISO, a camada física corresponde à camada física do modelo OSI. O stack de comunicação contém a camada de acesso ao meio, a camada de aplicação que é o *Fieldbus Message Specification* (FMS) e o *Fieldbus Access Sublayer* (FAS) que mapeia o FMS nas funções da DLL. A camada de usuário do fieldbus é inexistente no modelo OSI.

A Figura 7 mostra a formação do quadro fieldbus entre as diversas camadas do stack.



\* Protocol Control Information  
 \*\* Protocol Data Unit  
 \*\*\* There may be more than 1 octet of preamble if repeaters are used.

**Figura 7: Formação do quadro de mensagem H1**

## Camada de aplicação e blocos

A camada de aplicação utiliza o conceito de blocos para realizar todas suas funções. Existem três tipos de blocos básicos: blocos de recursos e blocos de transdutores, utilizados para configurar os dispositivos e blocos de função, utilizados para construir a estratégia de controle.

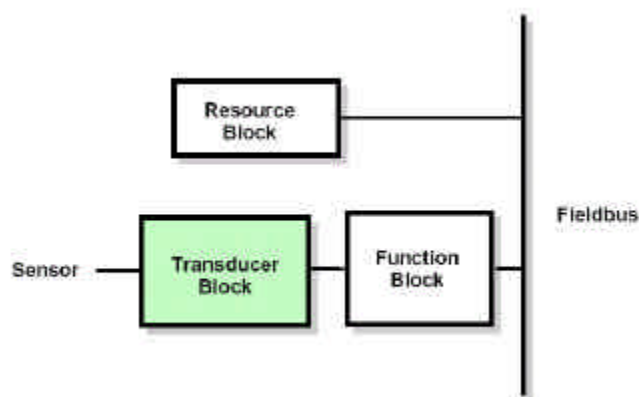


Figura 8: Blocos

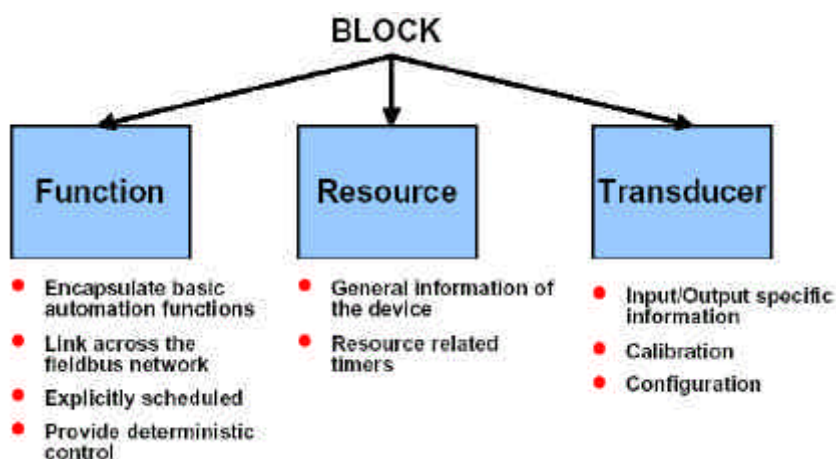


Figura 9: Tipos de blocos

Os blocos de transdutor servem para desacoplar os blocos de função das funções de interface com o sensor de campo. Eles podem executar a uma frequência superior à dos blocos de função. Apesar de visíveis eles não podem ser linkados via ferramenta de configuração. Estes blocos não podem ser escalonados pelo sistema de gerenciamento.

Os blocos de recurso descrevem as características físicas do dispositivo. Eles contem configurações gerais para o FVD. Eles também são visíveis externamente, mas não podem ser interligados nem participar do escalonamento estabelecido pelo LAS. Alguns de seus parâmetros são: ID do fornecedor, versão do dispositivo, características, capacidade de memória, etc.

Os blocos de função determinam o comportamento do sistema. As entradas e saídas dos blocos de função podem ser interligadas para configurar uma estratégia

de controle. A execução de cada bloco de função pode ser precisamente escalonada pelo sistema.

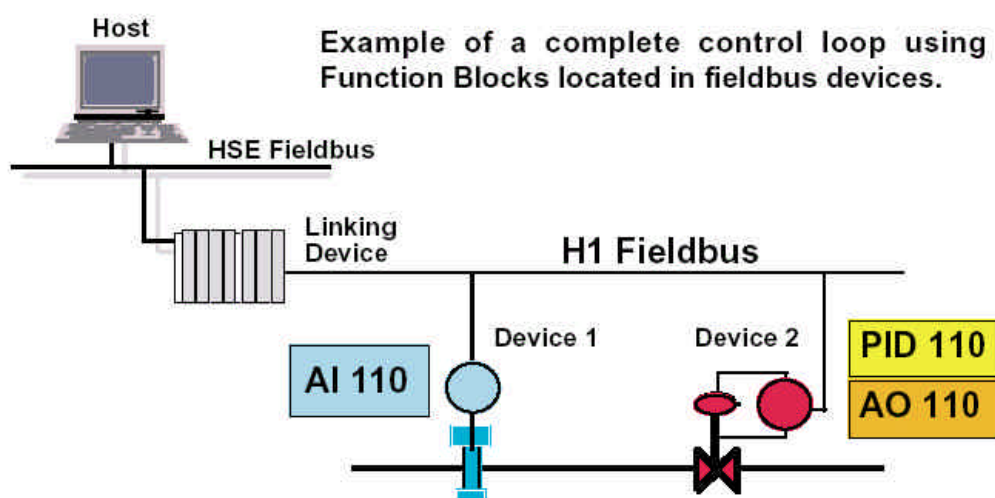
Os dez principais blocos de função são:

| Nome do Bloco de Função          | Símbolo |
|----------------------------------|---------|
| Entrada Analógica (Analog Input) | AI      |
| Saída Analógica (Analog Output)  | AO      |
| Polarização/Ganho (Bias/Gain)    | BG      |
| Control Selector                 | CS      |
| Discrete Input                   | DI      |
| Discrete Output                  | DO      |
| Manual Loader                    | ML      |
| Proportional Derivative          | PD      |
| Proportional/Integral/Derivative | PID     |
| Ratio                            | RA      |

Transmissores simples de temperatura, pressão, etc., possuem um único bloco AI. Uma válvula de controle pode conter um bloco PID além do bloco AO.

Exemplo:

Na figura abaixo, uma malha de controle foi definida usando apenas os blocos de controle contidos em dois dispositivos: um medidor de vazão que fornece o bloco AI e uma válvula que fornece os blocos AO e PID.



**Figura 10: Malha de controle completa entre dois instrumentos.**

## Blocos avançados

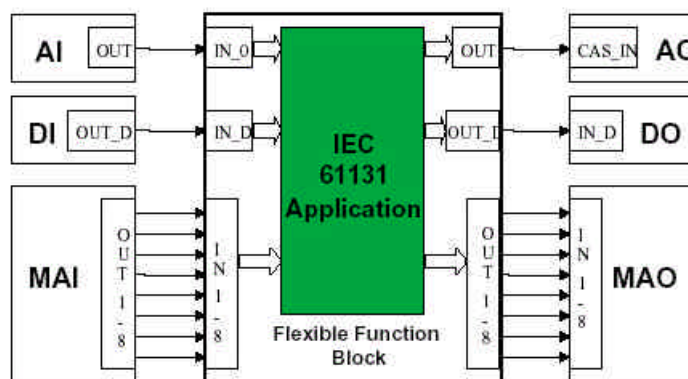
A especificação FF-892 introduz novos blocos de controle:

| Nome do Bloco de Função | Símbolo |
|-------------------------|---------|
| DeviceControl           | DC      |
| Output Splitter         | OS      |
| Signal Characterizer    | SC      |
| Lead Lag                | LL      |
| Dead Time               | DT      |
| Integrator (Totalizer)  | IT      |
| SetPoint Ramp Generator | SPG     |
| Input Selector          | IS      |
| Arithmetic              | AR      |
| Timer                   | TMR     |
| Analog Alarm            | AAL     |

A especificação FF-893 introduziu os blocos múltiplos ou multiple I/O (MIO):

| Nome do Bloco de Função  | Símbolo |
|--------------------------|---------|
| Multiple Analog Input    | MAI     |
| Multiple Analog Output   | MAO     |
| Multiple Discrete Input  | MDI     |
| Multiple Discrete Output | MDO     |

A grande inovação veio a seguir. A especificação FF-894 permite a criação de um bloco de aplicação livre pelo próprio usuário usando a norma IEC 61131-3. Este bloco recebeu o nome de *Flexible Function Block* (FFB).



**Figura 11: Bloco flexível de função (FFB)**

Um bloco mantém controle da comunicação com outros blocos. Se houver perda de comunicação o dado de entrada é considerado velho (*stale*) e o bloco sinaliza o problema.



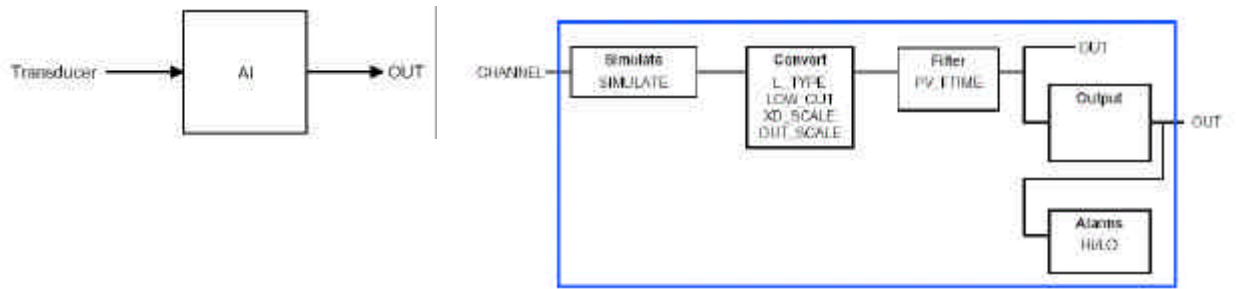


Figura 12: Bloco AI e sua implementação

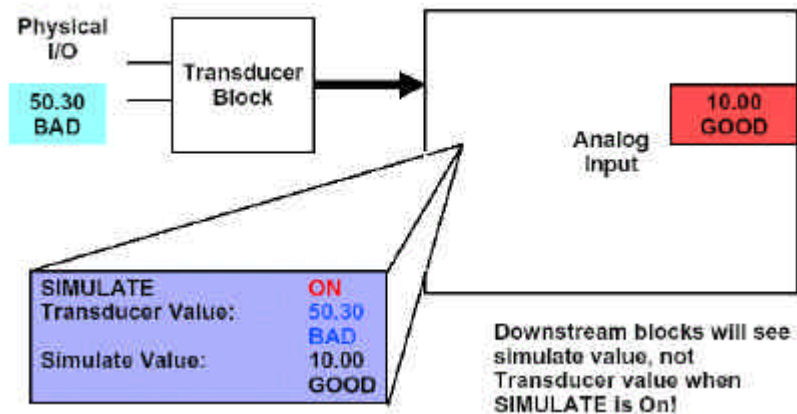


Figura 13: Bloco AI e simulação de valores de entrada

Um bloco AI por exemplo tem várias funcionalidades fora ler um dado do campo e o disponibilizar como um valor digital para outros blocos. O bloco AI é capaz de aplicar um alarme da saída por faixa e até de simular uma entrada analógica que esteja com status ruim baseado em seus valores anteriores (Figura 13).

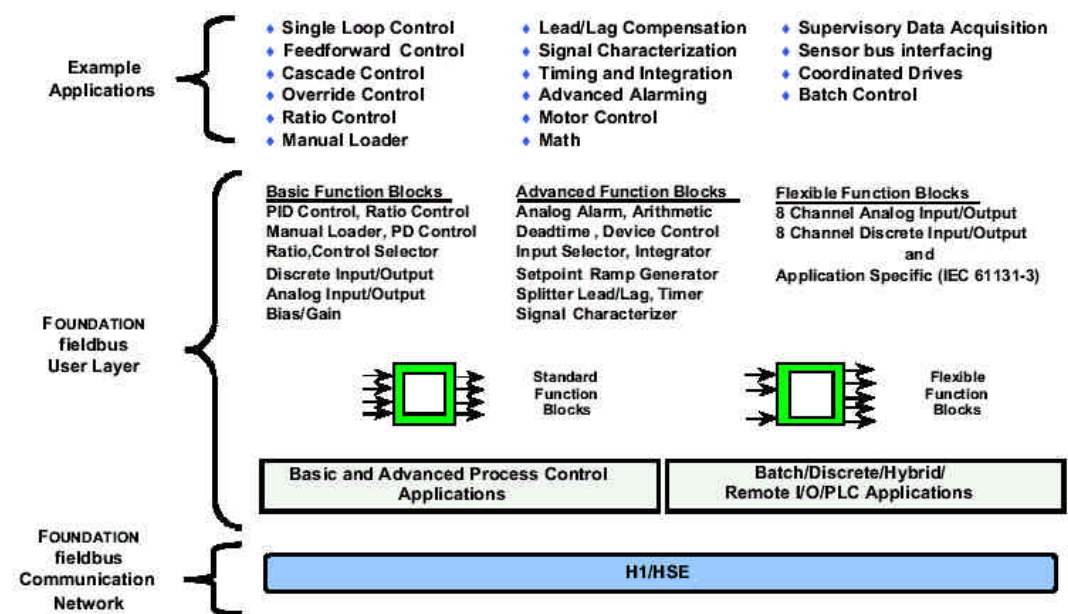
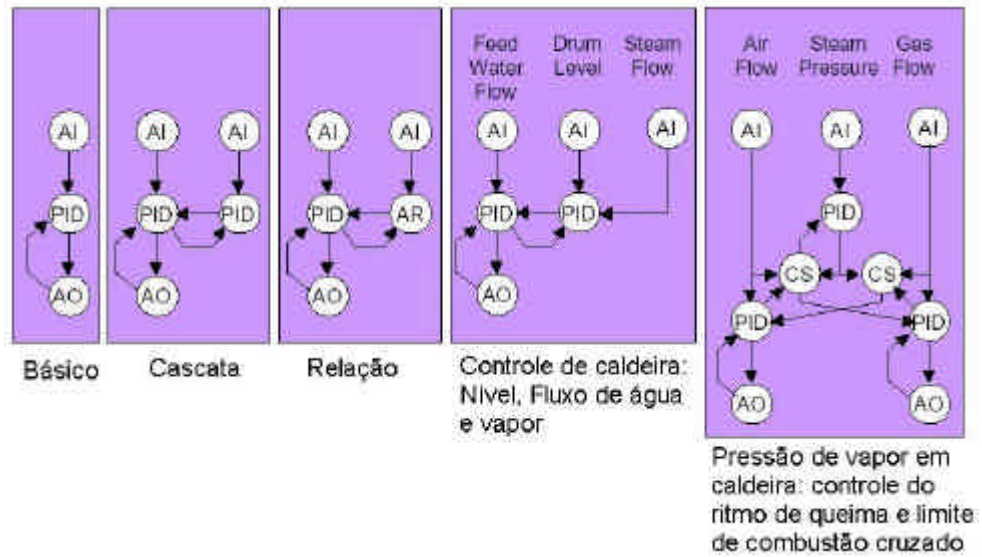


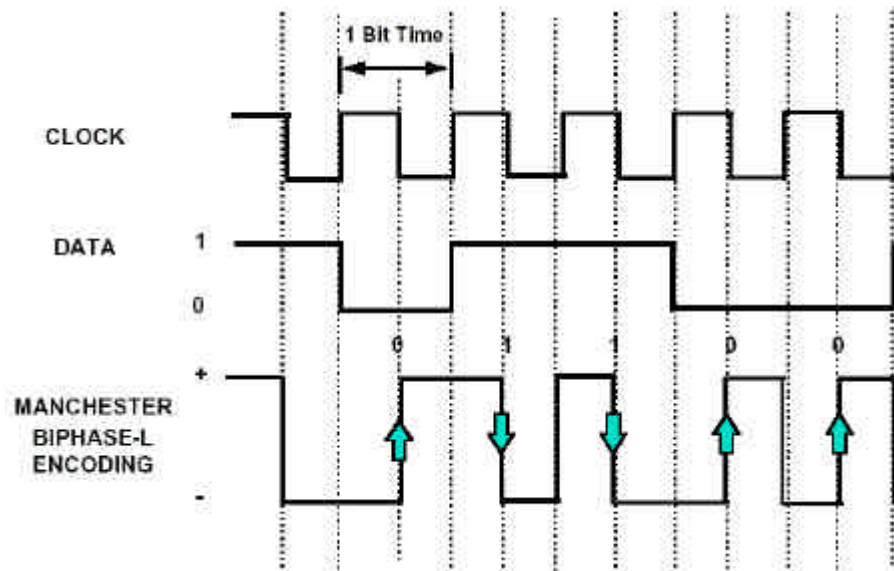
Figura 14: Sumário dos blocos de controle



**Figura 15: Exemplo de configuração de malhas de controle usando blocos FF**

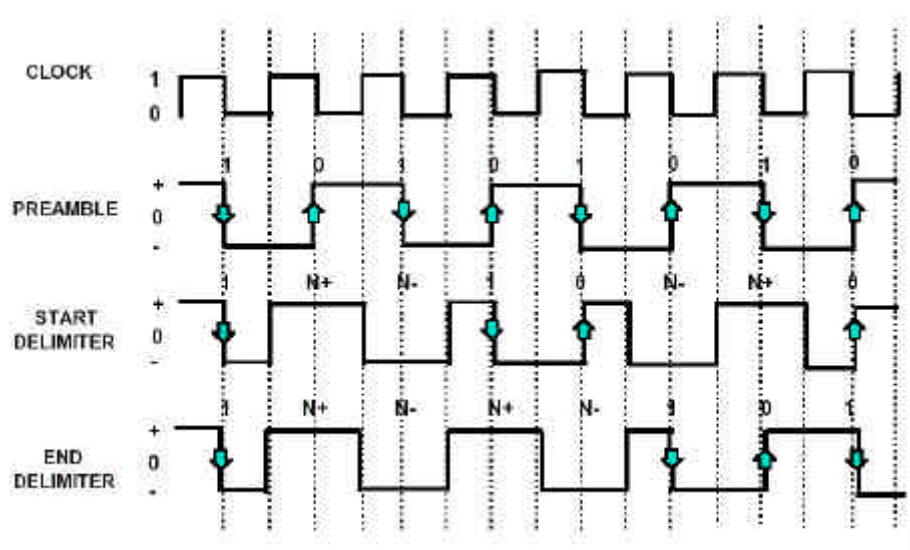
## Camada Física

Tanto a FF-H1 como a rede Profibus-PA têm sua camada física padronizada pela norma IEC 61158-2. Os sinais H1 são codificados utilizando codificação Manchester Bifase-L. Trata-se de uma comunicação síncrona que envia os sinais de dados combinados com o relógio.



**Figura 16: Codificação Manchester Bifase-L**

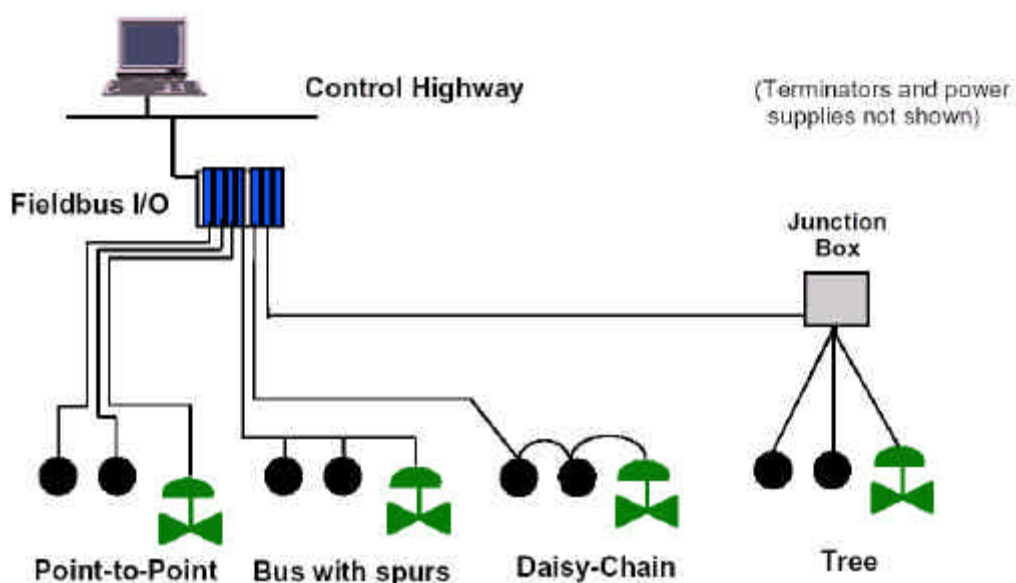
Observe que o sinal resultante corresponde à função XOR negada dos sinais de clock e dados. Uma transição positiva do sinal combinado no meio do período correspondente a um bit, será considerada 0 e uma transição negativa é lida como 1. Para sincronizar o clock do receptor com o do transmissor um preâmbulo formado por uma seqüência de 0s e 1s é inicialmente transmitido. Para delimitar os quadros são utilizados sinais especiais correspondentes a violações dos códigos acima. Os sinais N+ e N- não apresentam uma transição no meio do tempo correspondente a um bit.





| Total de dispositivos por rede | Um disp. por spur (m) | Dois disp. por spur (m) | Três disp. por spur (m) | Quatro disps por spur (m) | Comprimento máximo total m |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1-12                           | 120                   | 90                      | 60                      | 30                        | 439                        |
| 13-14                          | 90                    | 60                      | 30                      | 1                         | 384                        |
| 15-18                          | 60                    | 30                      | 1                       | 1                         | 329                        |
| 19-24                          | 30                    | 1                       | 1                       | 1                         | 220                        |
| 25-32                          | 1                     | 1                       | 1                       | 1                         | 10                         |

**Tabela 1: Comprimento máximo dos spurs**



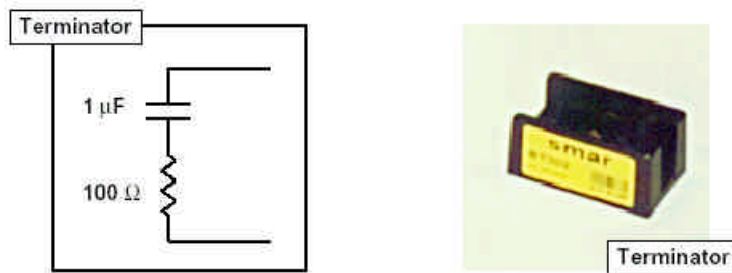
**Figura 19: Topologias da rede Fieldbus**

## Elementos de rede

Os principais elementos na rede fieldbus são:

- A fonte de alimentação
- O módulo condicionador de potência
- O terminador de barramento

A ligação de dispositivos à rede pode se dar através de conectores Ts ou de caixas de junção.

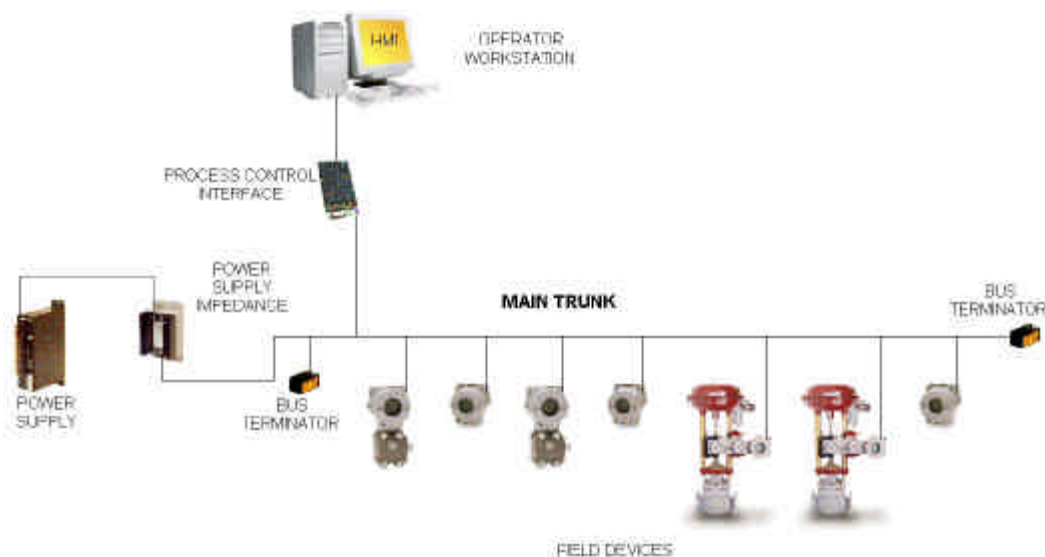


**Figura 20: Terminador da rede FF-H1**

A fonte de alimentação é um equipamento de segurança não-intrínseca com uma entrada AC universal e uma saída de 24Vdc, isolada, com proteção contra sobrecorrente e curto-circuito, ripple e indicação de falha, apropriada para alimentar os elementos do Fieldbus. Exemplo: Fonte DF52 da Smar.

O módulo condicionador de potência é um equipamento de controle de impedância ativo, não-isolado, de acordo com o padrão IEC 1158-2. Este equipamento apresenta uma impedância de saída que, em paralelo com os dois terminadores de barramento (um resistor de 100Ω em série com um capacitor de 1µF) atendendo ao padrão, resulta em uma impedância de linha puramente resistiva para uma ampla faixa de frequência. Exemplos: os módulos DF49 (dois canais) e módulo DF53 (quatro canais) da Smar. Estes módulos não podem ser utilizados em áreas que exigem especificações de segurança intrínseca.

O terminador de barramento é um elemento passivo formado por um de 100Ω em série com um capacitor de 1µF acondicionado em um invólucro vedado.



**Figura 21: Configuração básica de uma rede FF-H1 [Fayad 2003]**

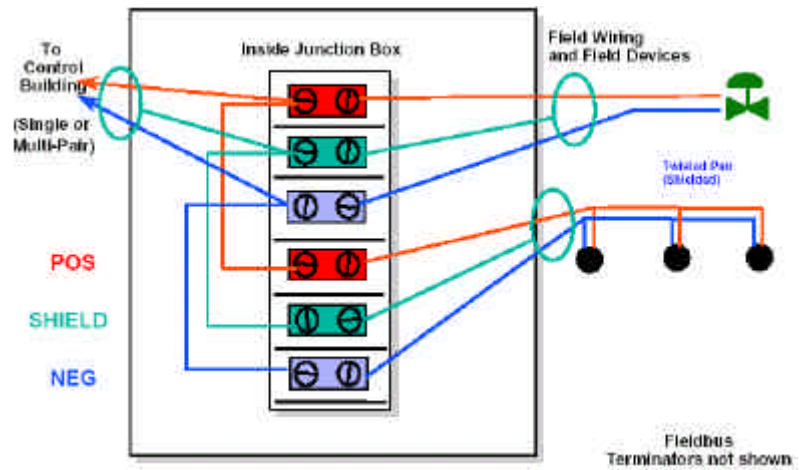


Figura 22: Ligação à Junction Box [Fieldbus Foundation]

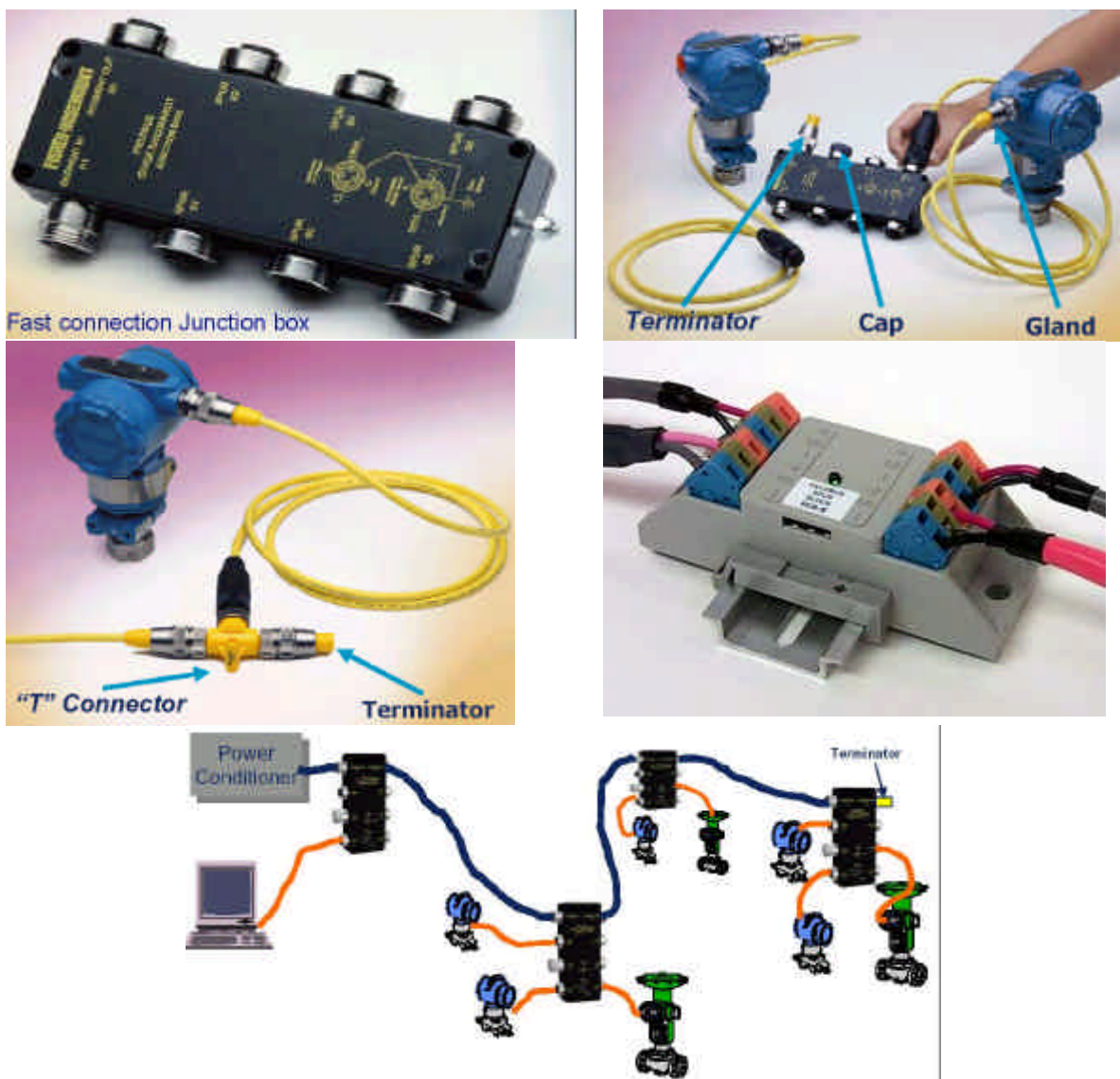
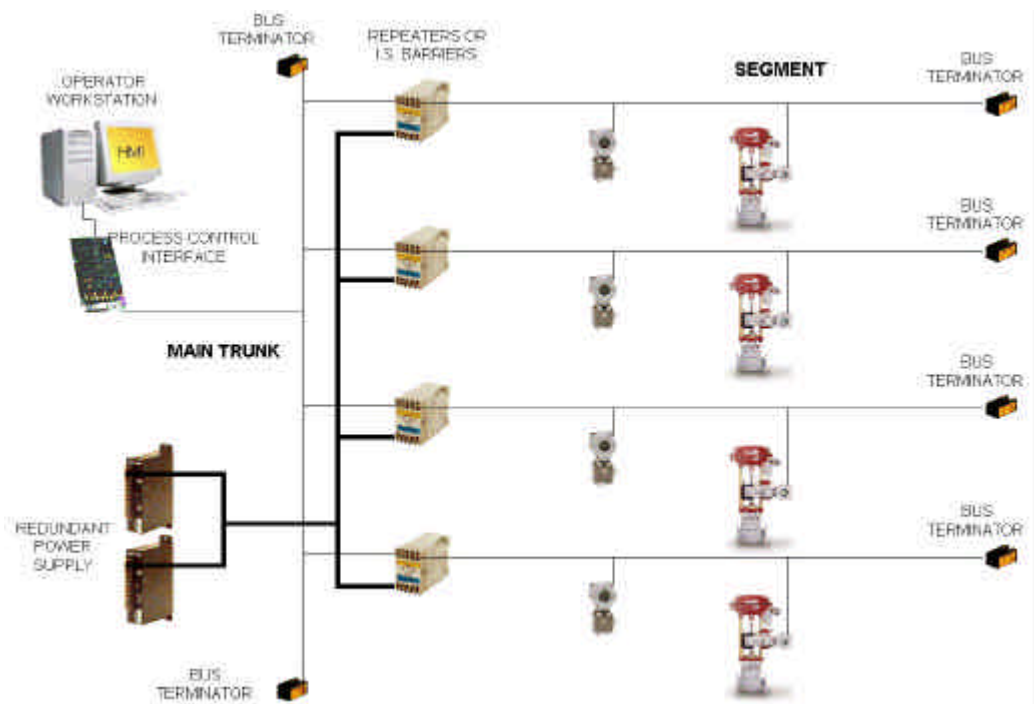


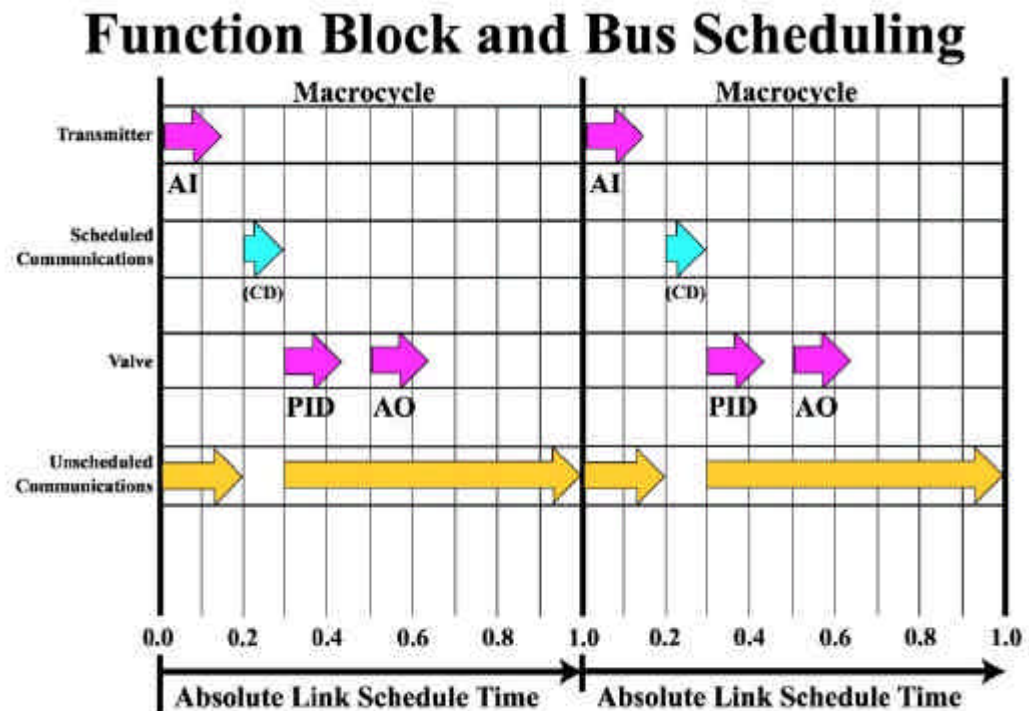
Figura 23: Elementos de rede Fieldbus



**Figura 24: Rede com barreira de segurança intrínseca [Fayad 2003]**



## Ciclo de operação



**Figura 25: Macrocycle e escalonamento do barramento**

O escalonamento é executado periodicamente em um período de tempo denominado *macrocycle*. Cada dispositivo do barramento é sincronizado com precisão de 1ms e obedece a um escalonamento pré determinado. O scheduler determina quando os blocos de função de cada dispositivos são executados e quando comunicações escalonadas e não escalonadas ocorrem no barramento. As atividades de máxima prioridade que devem acontecer ciclicamente são denominadas operações escalonadas. As operações não escalonadas ocorrem quando o primeiro tipo de comunicação não está sendo executado, e outras operações denominadas comunicações não escalonadas poderão executar. Por exemplo, as transferências de dados entre blocos de malhas de controle executam na parte escalonada.

O LAS (*Link Active Scheduler*) é o dispositivo que controla a comunicação no barramento.

Pelo padrão FF existem três tipos de dispositivos:

- O Link Master que é capaz de suportar as funções de LAS.
- Básico que não é capaz de suportar as funções de LAS e
- Linking device que além de ter a capacidade de ser Link Master possui a funcionalidade de conectar segmentos H1.

Apenas um *link master* executando como LAS pode controlar a comunicação no barramento FF-H1. Caso este dispositivo saia do ar outro *link master* irá tentar

assumir o papel de LAS. Deve existir pelo menos um *link master* por segmento capaz de assumir o papel de LAS. Durante a partida o *link master* com menor número de nó assume o papel de LAS.

## Sincronização no tempo

Existem várias sincronizações a serem efetivadas em uma rede FF-H1:

### Sincronização do tempo de data link:

A primeira função é proporcionar a sincronização no tempo de cada dispositivo no barramento. Cada instrumento é um computador e com o tempo os relógios dos diversos instrumentos passam a apresentar um erro de fase (*drift error*). Como a comunicação deve ser determinística com precisão de 1 ms os relógios devem ser sincronizados periodicamente. O LAS é responsável por este serviço de sincronização do tempo de barramento ou *data link time*. Ele envia uma mensagem denominada **TD** (*time distribution*) periodicamente no barramento.

### Sincronismo do *time of day*

Outro sincronismo importante é o do relógio de hora do dia utilizado para aplicar o *time stamp* em cada dado lido e nos eventos e alarmes ocorrido. Esta hora é denominada *application time* e deve ser sincronizada para todos os dispositivos. Este sincronismo é obtido através da *Clock Message* enviada por um dispositivo denominado *Time Master* através de uma mensagem do tipo **DT** (*Data Transfer*) enviada. O Time Master pode ser qualquer dispositivo do barramento incluindo o host que também executa o papel de LAS ou qualquer instrumento. Esta mensagem não é considerada parte do ciclo de manutenção do enlace de dados.

### Identificação dos dispositivos

A manutenção de enlace de dados inclui outras atividades como a identificação de novos instrumentos inseridos na rede. Isto proporciona a importante capacidade de *plug and play* da rede. O LAS mantém uma lista com todos os endereços de dispositivos ativos no barramento. Esta lista é chamada de *Live List* ou lista de dispositivos ativos.

Uma mensagem especial denominada **PN** (*Probe Node*) é utilizada para identificar novos dispositivo. O LAS periodicamente envia mensagens PN para os nodos que não estão na *Live List*. Se um dispositivo está presente no endereço ele responde com a mensagem **PR** (*Probe Response*). O LAS inclui o dispositivo na *Live List* e confirma a ativação do dispositivo através da mensagem *NodeActivation*.

Cada dispositivo é identificado por três valores:

- Device ID: Número de série definido pelo fabricante do instrumento. Por exemplo: 31416ACME93293
- Device Name (TAG): definido pelo usuário. Por exemplo: TT-01
- Device Address: endereço único no segmento. Por exemplo: 33

Todo o endereçamento é configurado por comandos do barramento sem o uso de *jumpers* ou *dip-switches*.

A sequência para se designar um novo endereço para um dispositivo é a seguinte:

- Um novo dispositivo é conectado ao barramento e usa um endereço default randômico entre 248-251.
- Uma ferramenta de configuração rodando no host atribui um nome físico ao dispositivo (PD TAG).
- Uma ferramenta de configuração rodando no host designa um endereço permanente não utilizado ao dispositivo. O dispositivo se lembrará deste endereço mesmo após uma queda de alimentação.

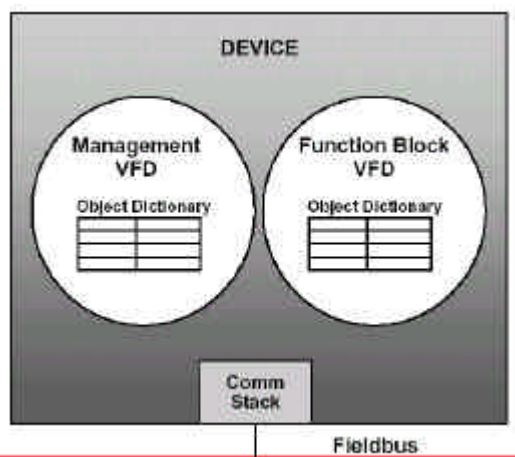
## Dicionário de Objetos

Todo dado dos dispositivos acessível via rede é descrito pelo *Object Dictionary* (OD) que depende do dispositivo.

O *Virtual Field Device* (VFD) contém todos os objetos e descritores de objetos que podem ser utilizados por um usuário de comunicação. Todo dispositivo de campo geralmente tem duas VFDs:

- Uma FFD para blocos de função
- Uma *Management Information Base* (MIB) que retrata aplicações de gerenciamento de rede e do sistema.

Toda aplicação de controle consiste de blocos de função interconectados. Blocos são conectados através de objetos de ligação (*linking objects*) da VFD de blocos de função. Um objeto de ligação irá conectar dois blocos de função no mesmo instrumento ou um bloco de função para uma VCR para produtor ou consumidor.



**Figura 26: Dispositivo de campo virtual e seus dicionários de objetos**

## Comunicação escalonada

A comunicação escalonada é usada para transferir dados cíclicos de malhas de controle entre os blocos de função. O LAS possui uma lista com os tempos para transmissão de todos os blocos de todos os dispositivos que necessitam ser transmitidos ciclicamente.

Quando chega a hora de um dispositivo enviar um buffer o LAS envia uma mensagem do tipo *Compel Data (CD)* para o dispositivo. Ao receber o CD o dispositivo publica ou *broadcasts* o dado para todos os dispositivos no barramento. Todo dispositivo que estiver configurado para receber o dado é chamado de assinante ou consumidor. O LAS reserva um tráfego exclusivo para realizar as comunicações escalonadas.

## Comunicação não escalonada

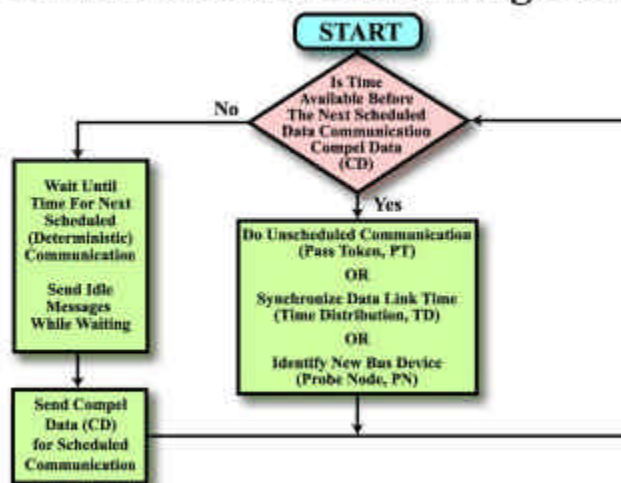
Todos os dispositivos do barramento têm a chance de transmitir informações não escalonadas entre os ciclos de transmissão de mensagens cíclicas.

O LAS garante uma permissão para um dispositivo usar o barramento emitindo uma mensagem do tipo PT (*Pass Token*) para o dispositivo. Quando o dispositivo recebe o token ele tem o direito de usar o barramento até terminar ou até o tempo máximo de manutenção do token ter sido alcançado.

## A operação do LAS

O LAS realiza ciclicamente as seguintes operações:

### Link Active Scheduler Logic Flow



**Figura 27: Ciclo de atividades do LAS [Hightech Multimedia]**

A programação de CD contém uma lista de atividades que estão programadas para serem executadas ciclicamente. Na hora especificada o LAS envia uma mensagem CD (Compel Data) para um buffer de dados em um dispositivo FF. O dispositivo publica a mensagem. Esta atividade tem prioridade máxima. Todas as demais atividades acontecem entre este tipo de transferências. O LAS passa a enviar PTs para todos os nós na *Live List*. O dispositivo que responder corretamente a mensagens PT continua na *Live List*. Se o dispositivo ao receber o token não transmitir uma mensagem ou devolver o token por três vezes consecutivas, será tirado da *Live List*. Depois o LAS deve enviar mensagem PN (*Probe Node*) a pelo menos um nó fora da *Live List*. Toda vez que o LAS altera a *Live List* ele

realiza o broadcast das alterações na *Live List* para que todos os nodos possam ter uma cópia atualizada da *Live List*.

A mensagem TD (*Time Distribution*) é enviada periodicamente a todos os nodos.

## Virtual Communication Relationships (VCR)

A comunicação escalonada e não escalonada é uma função da camada DLL (*Data Link Layer*). A camada FAS (*Fieldbus Access Sub layer*) utiliza estas funções para proporcionar um serviço à camada FMS (*Fieldbus Message Specification*).

Estes serviços são descritos por VCRs (*Virtual Communication Relationship*), relações virtuais de comunicação.

O VCR é como uma abreviatura de acesso, uma pequena estrutura que resume um conjunto maior de dados pré armazenados.

As principais VCRs são:

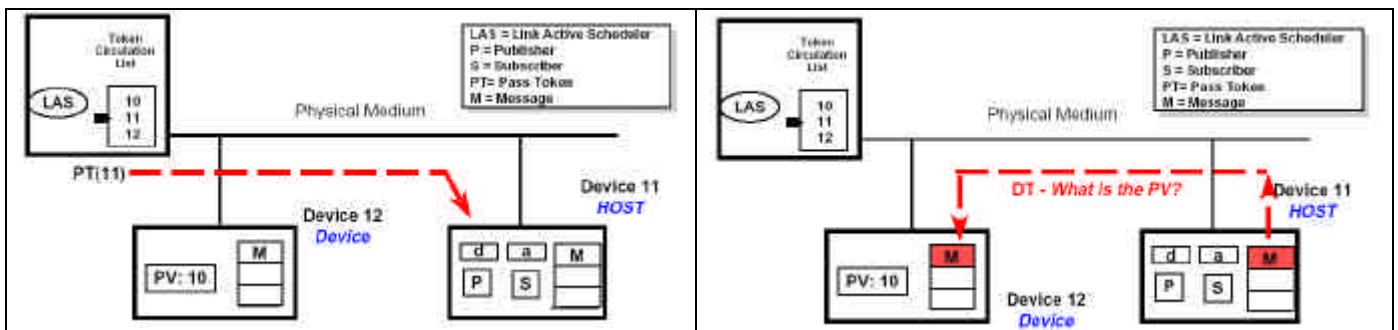
### Comunicação cliente-servidor:

Utilizada para comunicação enfileirada, não escalonada, iniciada pelo usuário, um para um, entre dispositivos no fieldbus.

Enfileirada implica que as mensagens são enviadas na ordem fornecida para transmissão, respeitada suas prioridades, sem sobrescrita das mensagens anteriores. Quando um dispositivo recebe um token ele coloca uma mensagem no barramento. Ele é dito cliente da comunicação e o destino da mensagem é o servidor. Quando o servidor recebe o token do LAS ele responde à pergunta recebida.

Exemplos: Mudança de set point pelo operador, sintonia de malhas e parâmetros, reconhecimento de alarmes e download e upload do dispositivo.

A Figura 28 mostra um exemplo de mecanismo cliente servidor implementado com comunicação não escalonada:



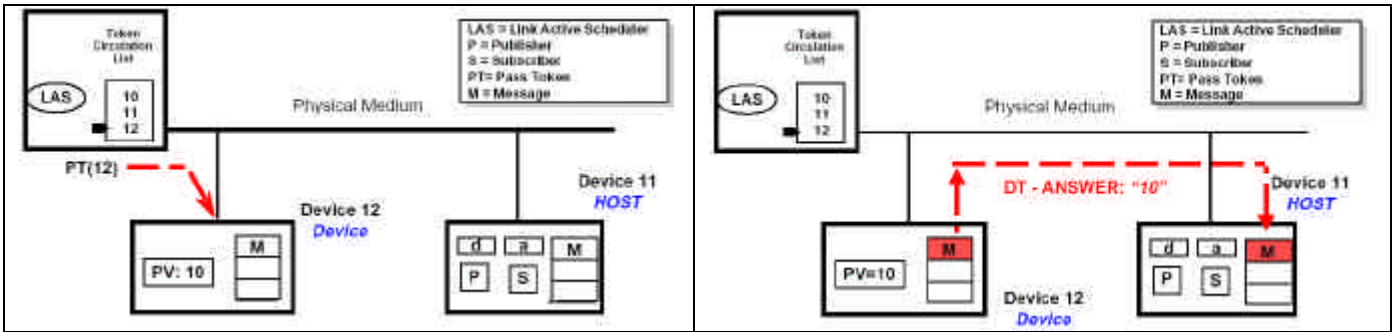


Figura 28: Mecanismo cliente – servidor

O mecanismo pode ser sumarizado como:

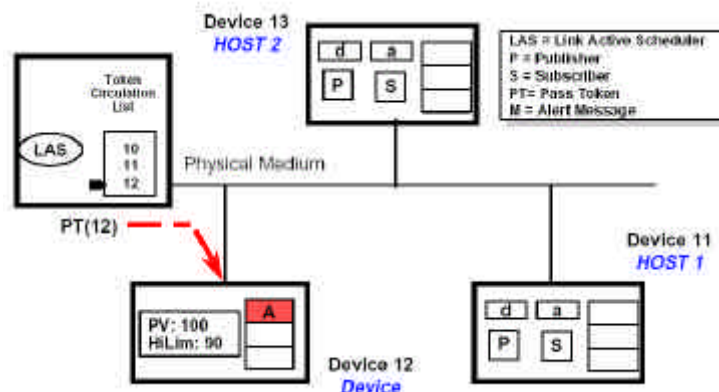
1. O Cliente necessita de dado do servidor
2. O Cliente coloca uma mensagem Data Transfer Request na fila.
3. Cliente recebe o token do LAS.
4. Cliente envia Data Transfer Confirmed Request para o Servidor.
5. O Servidor coloca dado solicitado na fila de mensagem.
6. Servidor recebe token do LAS.
7. Servidor envia Data Transfer Confirmed Response para o Cliente.
8. Cliente recebe e decodifica dado solicitado.
9. LAS continua a cuidar de outras comunicações do barramento.

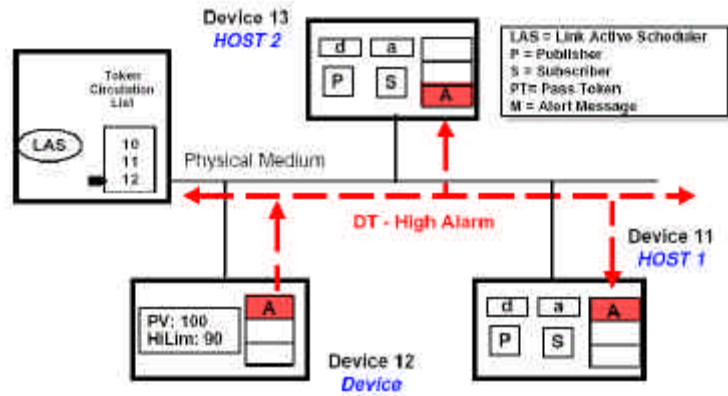
### Distribuição de Relatório (*Report Distribution or Source and Sink*)

Utilizada para comunicação enfileirada, não escalonada, iniciada pelo usuário, um para muitos, entre dispositivos no fieldbus.

Quando um dispositivo com um evento ou relatório de tendência recebe o token do LAS, ele envia a mensagem para um grupo de endereços representado pelo VCR. Dispositivos interessados em receberem a mensagem identificada pelo VCR irão receber o evento ou relatório.

Exemplo: Envio de eventos e alarmes (*non solicited messages*) para estações de supervisão.





**Figura 29: Distribuição de relatório**

### Produtor - Consumidor

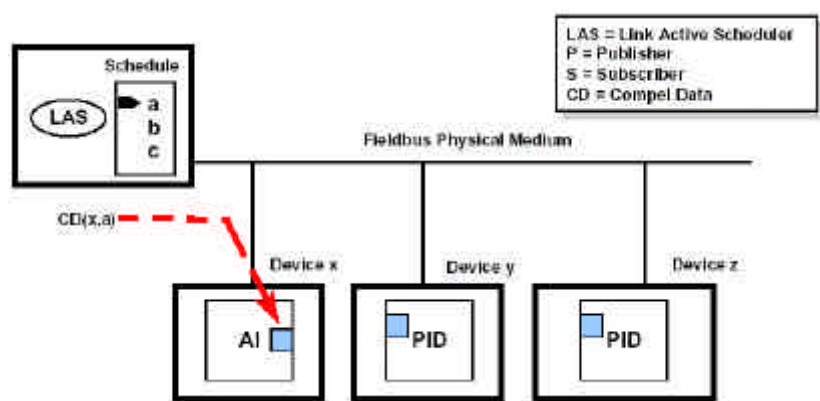
É utilizado para comunicação bufferizada de um para muitos. Bufferizado quer dizer que apenas a última versão da informação é mantida. O dado mais recente sobrescreve o dado anterior.

Quando um dispositivo recebe a mensagem CD do LAS, ele transmite uma mensagem. Este dispositivo é chamado de produtor. Todos os dispositivos interessados no dado irão recebe-lo. Estes dispositivos são os assinantes ou consumidores.

A mensagem Cd pode ser escalonada no LAS ou enviada aos assinantes de forma não escalonada. Um atributo do VCR irá determinar qual dos dois mecanismos serão utilizados.

Exemplo:

É utilizado para publicar de forma escalonada e cíclica os valores das PVs e MVs das malhas de controle para os instrumentos e para as estações de operação.



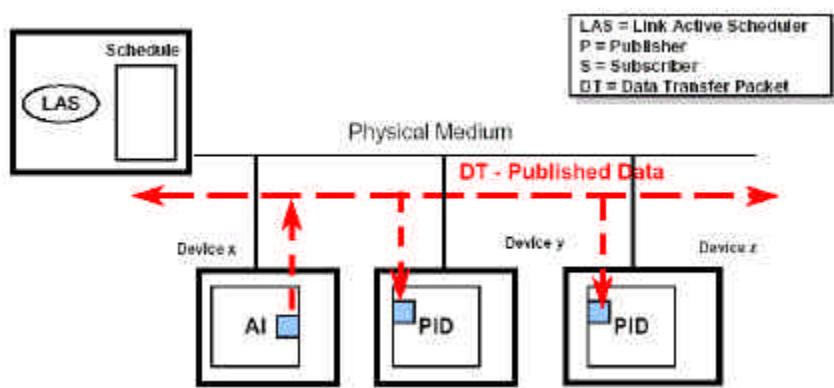
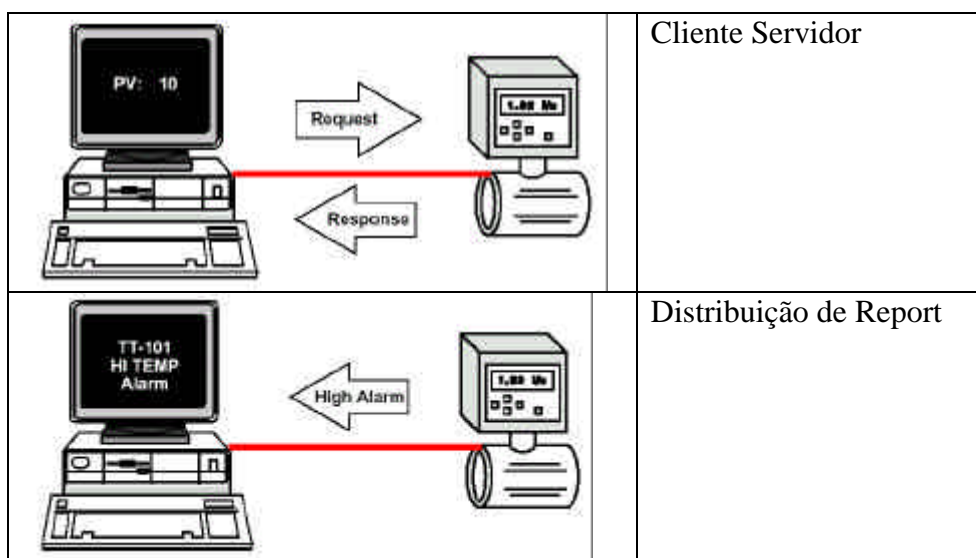


Figura 30: Mecanismo produtor-consumidor

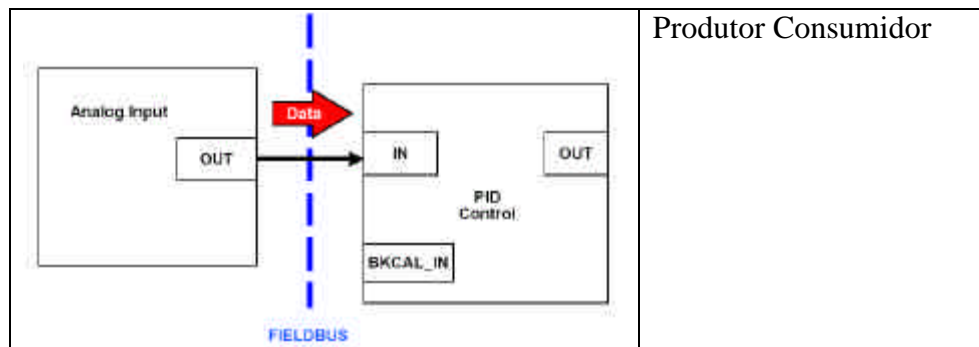
**APPLICATION RELATIONSHIP TYPE SUMMARY**

| FIELDBUS ACCESS SUBLAYER SERVICES   |  |   |
|---|--|---|
| Client/Server   | Report Distribution                      | Publisher/Subscriber  |
| Setpoint changes<br>Mode changes<br>Tuning changes<br>Upload/Download<br>Alarm Management<br>Access display views<br>Remote diagnostics | Send process alarms to operator consoles | Send transmitter PV to PID control block and operator console |
| DATA LINK LAYER SERVICES  |  |   |

Figura 31: Sumário dos serviços da FAS







**Figura 32: Sumário de tipos de comunicação FF**

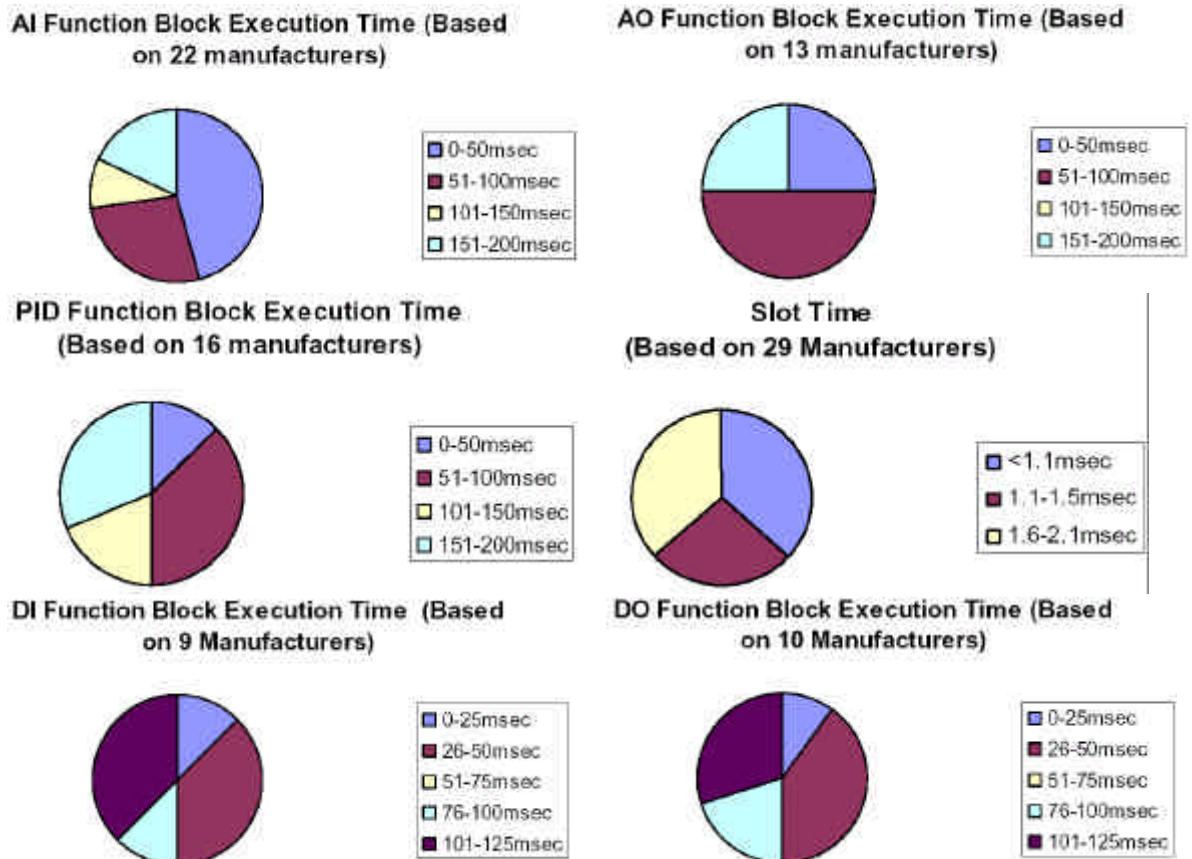
## Vantagens da rede H1 sobre Profibus-PA

São vantagens da rede H1 sobre a rede Profibus-PA:

- A rede FF-H1 possibilita o auto reconhecimento do instrumento instalado a quente possibilitando uma operação plug and play.
- Na rede FF\_H1 o controle é realizado no instrumento mudando a estratégia de controle para FCS (*Field Control System*).
- Na rede FF-H1 o acesso aos dados de E/S é determinístico no tempo.
- A rede FF-H1 permite configurar o dispositivo remotamente sem o uso de *dip-switches*.
- A rede FF-H1 permite o envio de diagnóstico e mensagens de status pelo instrumento.
- A rede FF-H1 implementa o conceito de produtor-consumidor que além de diminuir os requisitos de banda promovem uma total transparência de dados entre as diversas camadas do sistema de controle.
- A rede FF\_H1 permite que o instrumento armazene dados de tendência histórica, que depois são transferidos para o mestre.

## Performance

Peluso em [Peluso 2002] mostrou uma estatística de desempenho dos principais blocos de controle. Não necessariamente as funções de malha PID precisam ser executadas de forma distribuída na instrumentação. Elas podem ser executadas também um nível acima como em um SDCD tradicional.



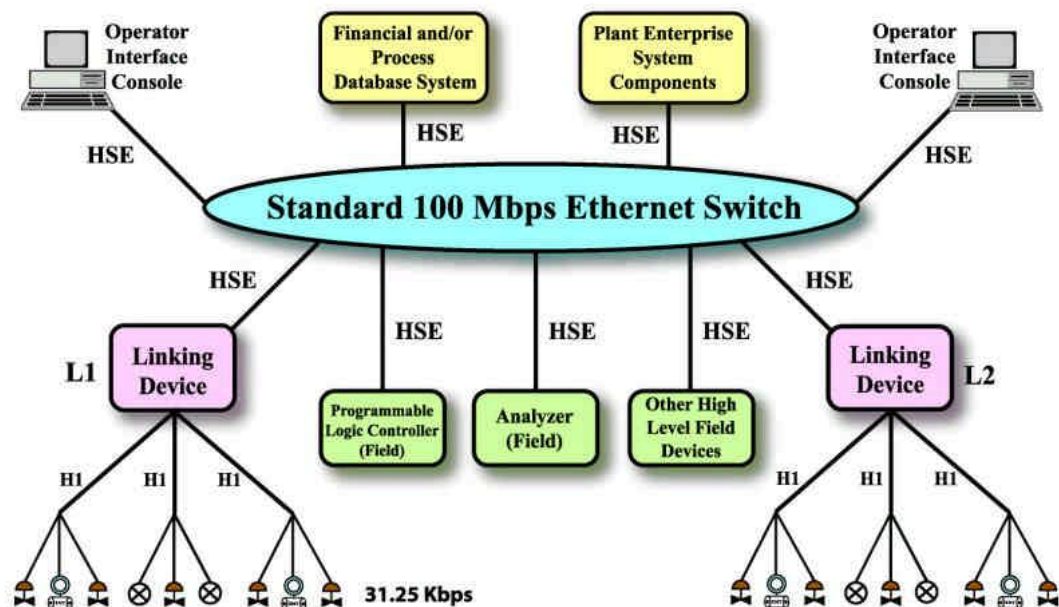
**Figura 33: Tempos de Performance típicos segundo [Peluso 2002]**

## Integração com rede HSE

A rede H1 possui certas limitações. O número de instrumentos na rede não pode crescer muito estando limitado pelos recursos de faixa exigidos por cada instrumento. É normal que apenas 5 ou 7 instrumentos sejam colocados em um mesmo segmento. Para interligar diversos segmentos FF-H1 a solução ideal é o uso da rede HSE operando na velocidade de 100 Mbps.

A rede HSE é compatível com os protocolos da rede H1, permitindo o intertravamento de instrumentos localizados em diferentes segmentos de rede. Além disso permite a interligação de dispositivos que requerem grande capacidade de rede como CLPs e computadores host e instrumentos especializados que necessitam transferir grandes blocos de dados como espectrofotômetros.

A rede HSE evita a existência de diversos níveis de hierarquia reduzindo qualquer configuração a dois níveis apenas.



**Figura 34: Integração entre redes HSE e H1 [Hightech Multimedia]**

Além de servir de *gateway* entre a rede HSE e a rede H1 os *device links* realizam outra função importante: eles podem ter pontos de I/O locais para permitir a interligação de sinais discretos oferecendo uma boa solução para aplicações de natureza híbrida. Outros *device links* possuem interfaces para outros protocolos como o Modbus para facilitar a interligação de inversores de frequência e outros tipos de dispositivos inteligentes orientados a byte.



Figura 35: Linking Device HSE (Smar DFI302) com capacidade de I/O local e com interface Modbus.

Existem blocos de I/O remotos que podem ser ligados na rede H1 para um pequeno número de sinais de entrada e saída como o Smar DC302 I/O Block.

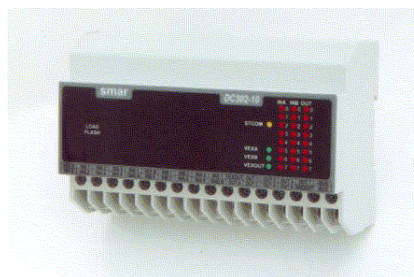


Figura 36: Bloco de I/O Smar DC302

Recentemente foram introduzidos no padrão H1 blocos de função múltiplos capazes de manipular até oito variáveis digitais e analógicas. São os blocos MAI, MAO, MDI, MDO. Todas as oito variáveis podem ser lidas ou escritas nestes blocos em uma transação única. A funcionalidade MVC (*Multi Variable Container*) também introduzida recentemente, permite acessar todas as variáveis de diferentes blocos de um mesmo dispositivo em uma transação única, diminuindo o número de comunicações para ler variáveis de instrumentos complexos.

Existem também gateways para sinais Hart, permitindo a ligação em daisy chain de até quatro gateways totalizando 32 canais Hart. Os instrumentos Hart são visíveis na rede H1 como se fossem instrumentos H1 só que com as limitações impostas pela tecnologia HART. Exemplo de gateway Hart-FF-H1 é o Smar HI302.



Figura 37: Gateway Hart-Fieldbus

Para mapear os instrumentos em uma rede estrangeira para a rede FF-H1 pode-se utilizar os blocos flexíveis FFB. A lógica do FFB é definida pelo usuário. O FFB irá permitir também que uma ferramenta de configuração FF *default* possa ser utilizada para configurar os parâmetros da rede estrangeira.

#### Exemplo - DFI302 - Sistema de I/O Fieldbus

Cada módulo DFI302 permite a conexão de até quatro redes H1 a uma rede HSE. Desta forma este dispositivo funciona como um *linking device*. Ele também opera como uma *bridge* entre diferentes canais H1, permitindo a comunicação entre instrumentos localizados em segmentos diferentes. Ele também opera como um gateway permitindo a conexão de dispositivos estrangeiros através dos protocolos Modbus RTU e Modbus TCP/IP às redes FF-HSE e FF-H1. Cada módulo pode gerenciar uma rede Modbus completa. O DFI302 pode operar como master ou slave da rede. Como mestre de uma rede Modbus o DFI302 permite a conexão de sistemas legado ao sistema 302. Como escravo ele possibilita conectar um sistema fieldbus Smar a um SDCD mais antigo que não suporta o padrão FF.

O DFI302 pode funcionar como LAS para quatro redes H1 diferentes. Ele também pode fazer o papel de uma RTU de SDCD executando 37 blocos de função FF diferentes, com cerca de 100 blocos por módulo, o que é útil quando não se quer realizar as funções de controle no instrumento e mantê-las centralizadas como nos SDCDs antigos.

Este dispositivo também permite o uso de cartões de I/O convencional para a programação de sistemas híbridos onde a função de intertravamento discreto é importante. Tanto entradas analógicas 4..20 mA são disponíveis entradas discretas, e de pulso. Para implementar esta função o DFI302 oferece Blocos de função flexíveis (FFB). Para programar a lógica existe uma linguagem textual e está sendo desenvolvido um módulo em ladder. Desta forma ele desempenha a função de um CLP.

Dois DFI302 podem ser colocados em paralelo para assegurar dois canais redundantes para a sala de controle e LAS redundantes para as redes H1.

## Device Descriptor (DD)

A *Device Description* é uma descrição textual do dispositivo de campo produzida pelo fabricante do instrumento para uso dos sistemas host. A definição é feita para os protocolos HART, Profibus e Foundation Fieldbus, utilizando uma linguagem universal denominada DDL – *Device Descriptor Language*. Esta linguagem é normalizada através da norma IEC 61 804 partes 1 e 2 *Function Block Application and EDDL e CENELEC 50391 – Network Oriented Application Harmonization Electronic Device Description Language*. O texto fonte é denominado DD Source. Este texto pode ser convertido para uma notação mais compacta denominada DD binário por um software denominado tokenizer.

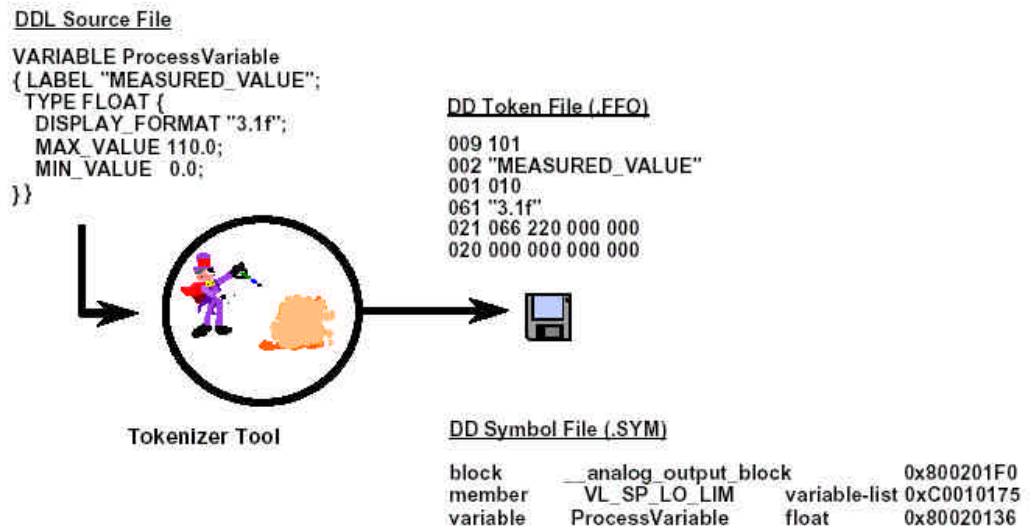


Figura 38: DD source de DD binary

A descrição do equipamento é interpretada por um software no computador host que traduz todas as informações numa linguagem mais amigável. Este software é denominado serviço de descrição de dispositivo ou DDS (*Device Descriptor Services*). O DD independe do sistema operacional utilizado pelo sistema de controle.

Já está sendo desenvolvida uma padronização suplementar com o nome de EDDL (*Electronic Device Description Language*) com o objetivo de tornar a apresentação dos dados do DD mais atraentes e compatível com os padrões da Web.

```
//=====
// File Header
//=====
[File Header]
Description = "Capability File of LD 292"
FileType = "CapabilitiesFile"
FileDate = 1999,10,05 //05,October,1999

//=====
// Device Header
//=====
[Device Header]

[Device VFD 1] //Management VFD
```

```

VendorName = "SMAR"
ModelName = "LD292"
Revision= "1.2"
DeviceName = "Pressure Transmitter"
DeviceClass = BASIC
CommGroup = 3
CommClass = Class31+Class32
CommSubClass = RolePub+RoleSub

[Device VFD 2]                //FB VFD
VendorName = "SMAR"
ModelName = "LD292"
Revision= "1.2"
DeviceName = "Pressure Transmitter"
MANUFAC_ID = 0x000292
DEV_TYPE = 0x0001
DEV_REV = 3
DD_REV = 2
DD_RESOURCE = "                "

//=====
// FM section
//=====
//[FM]
//VersionOd = // Not specifeid , block instatiation will change it

//=====
// NM section
//=====
[NM OD Directory]
DirectoryRevisionNumber = 2
NumberOfDirectoryObjects = 1
TotalNumberOfDirectoryEntries = 9
DirIndexFirstCompositeListReference = 8
NumberOfCompositeListReference = 1
StackMgtOdIndex = 500
NumberOfObjectsInStackManagement = 1

// Smar require this keyword
NumberOfPorts = 1 //Omar

//=====
//Physical Layer
//=====
MediumAndDataRatesSupported = WIRE_MEDIUM+VOLTAGE_MODE+SPEED_31KBS
IecVersion = 0x0001 //31.25 half duplex
PowerMode = BUS_POWERED
InterfaceMode = HALF_DUPLEX
LoopBackMode = LB_DISABLED
PowerRequired = 12 // in milliamps

```

**Figura 39: Estrato do Capability File do instrumento Smar LD 292 (acompanha o DD).**

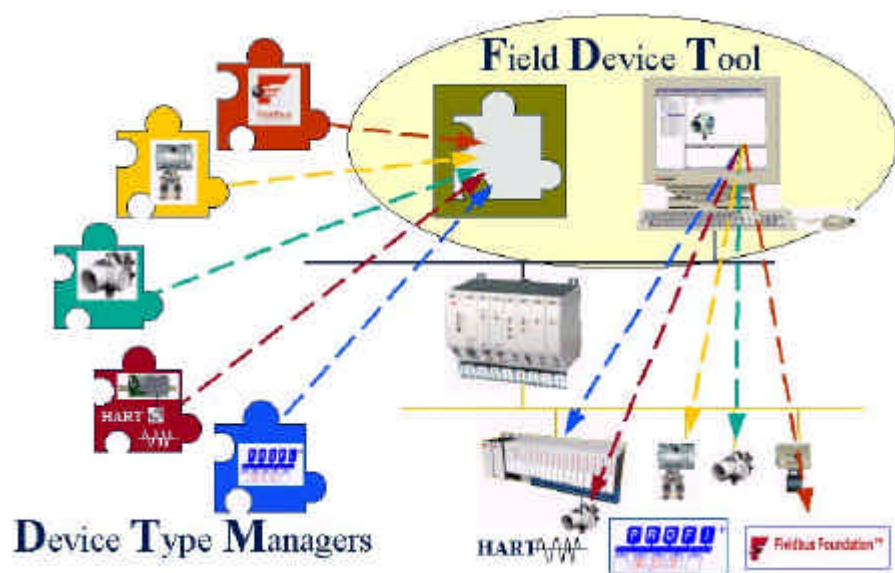


## Field Device Tool - FDT

FDT é uma especificação que permite que qualquer dispositivo, seja ele um instrumento, ou um equipamento de rede intermediário possa ser acessado por um host independente do protocolo utilizado. O que se deseja é acessar toda a informação disponível nos dispositivos de campo inteligentes sejam eles em tecnologia FF, Profibus ou Hart para fins de configuração, engenharia, operação, monitoração, calibração, manutenção e diagnóstico.

Todos estes processos passarão a ser independentes de dispositivo.

Uma parte importante deste esquema são os chamados DTMs (*Device Type Manager*) que são componentes ActiveX (COM/DCOM) cuja finalidade é funcionar como um drive para um determinado modelo de dispositivo.



**Figura 40: Conceito geral FDT/DTM**

DTMs podem ser encarados como fazendo parte dos dispositivos. Eles são criados pelo fornecedor do equipamento encapsulando todas as estruturas de dados e procedimentos necessários para a interação host-dispositivo. DTMs propiciam todos os diálogos num formato *user-friendly* para a interação com o operador. Este conceito foi inicialmente criado pela ABB e abraçado pela Organização Profibus, que é quem oferece hoje a padronização para o mercado. O padrão FDT utiliza XML e cada interface do componente apresenta uma certa funcionalidade como por exemplo configuração ou visualização de valores medidos. O DTM de um equipamento pode ir evoluindo durante todo o tempo da sua vida útil. Se novas funcionalidades são adicionadas, novas interfaces são definidas.

Tanto os instrumentos como os equipamentos de comunicação intermediários possuem DTMs. Todos os equipamentos pertencentes a uma arquitetura necessitam de uma DTM para serem visualizados.



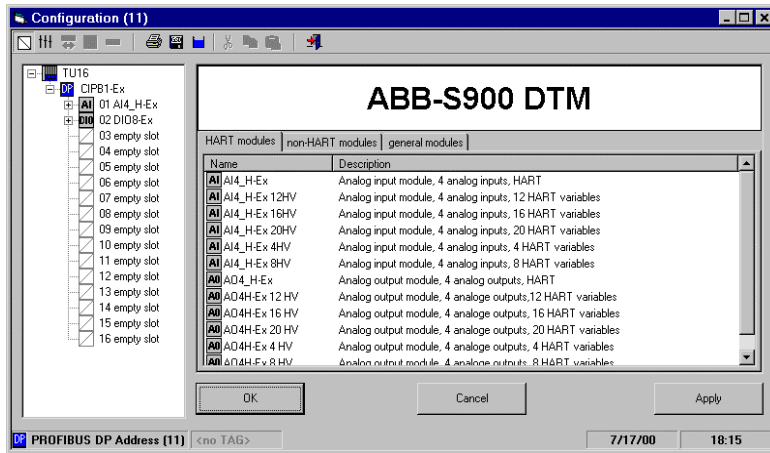


Figura 41: Exemplo de DTM

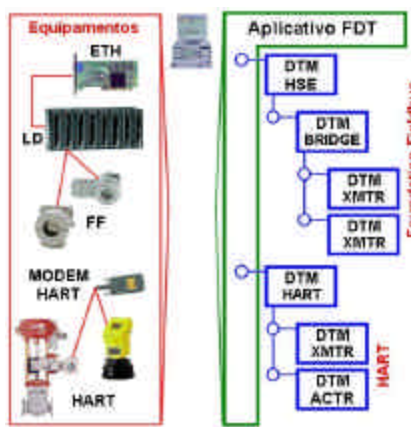


Figura 42: Hierarquização física e lógica possibilitada pela tecnologia DTM [Mata 2003]

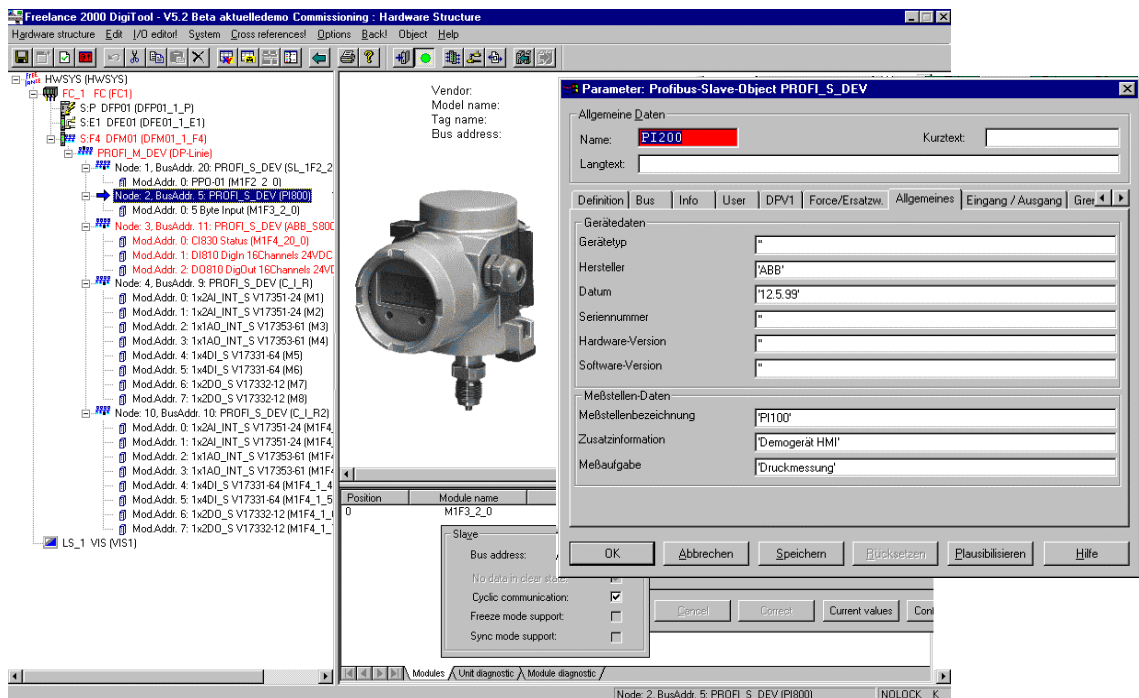


Figura 43: Visualizando e configurando o instrumento na estação de engenharia

## Asset Management

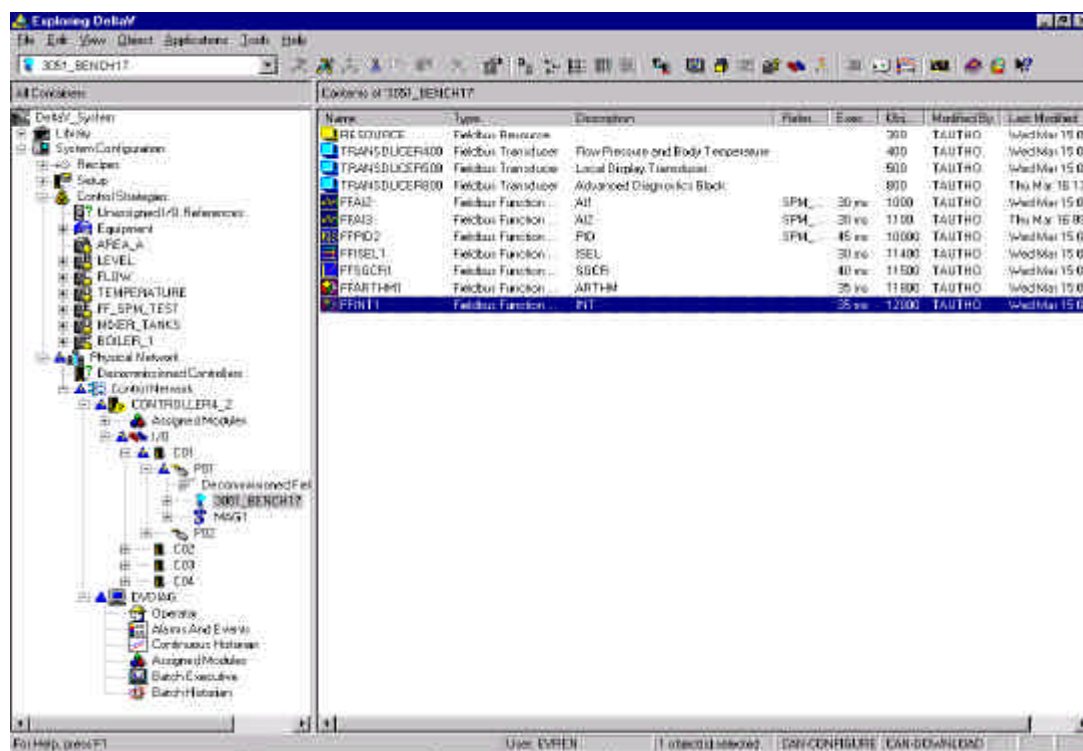
A função de gerenciamento de ativos visa gerenciar os itens patrimoniais (equipamentos de processo) através do monitoramento contínuo proporcionado pela instrumentação inteligente. Os instrumentos hoje possuem uma refinada capacidade de diagnóstico de seu próprio funcionamento e do funcionamento do processo.

O objetivo final é a busca de uma manutenção proativa onde todas as informações referentes à disponibilidade dos equipamentos de processo estejam sendo coletadas e analisadas em busca de uma otimização operacional.

Só esta possibilidade já justificaria a troca da instrumentação convencional pela instrumentação FF.

As principais funções de um SW de gerenciamento de ativos são:

- Identificação, calibração, configuração e diagnóstico dos instrumentos.
- Obtenção de assinaturas dos dispositivos de campo e acompanhamento da variação dos parâmetros com o tempo antecipando o acontecimento de falhas.
- Obtenção de estatísticas sobre o funcionamento dos ativos incluindo número de operações, medidas de performance, disponibilidade, etc.
- Diagnóstico de malhas de controle
- Cálculo da variabilidade de itens de controle
- Detecção de linhas bloqueadas, e outras anomalias.



**Figura 44: Blocos de diagnóstico FF visualizados pelo AMS da Emerson**

Um bom exemplo de determinação de assinaturas é a função gráfico de histerese do Asset View da Smar. Um dos ensaios excursiona a válvula de fechada para aberta e vice versa e registra a posição atual em função do set point. Pela análise

do gráfico pode ser ter uma indicação da existência de banda morta ou de alta fricção. Outro ensaio traça a pressão do atuador necessária para colocar a válvula na posição desejada. Da comparação da operação padrão com a operação corrente pode-se detectar um agarramento ou escape de ar.

Estas funções extrapolam as capacidades de diagnóstico descritas nas DDs (device descriptors) dos instrumentos e só podem ser atingidas com SWs especiais.

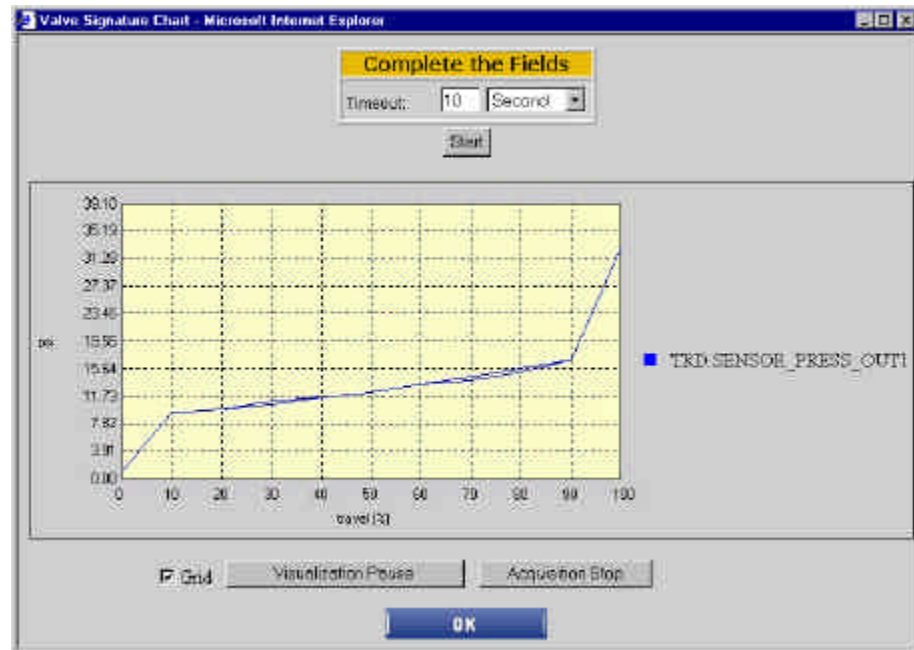


Figura 45: Assinatura de uma válvula de controle (Asset View – Smar)

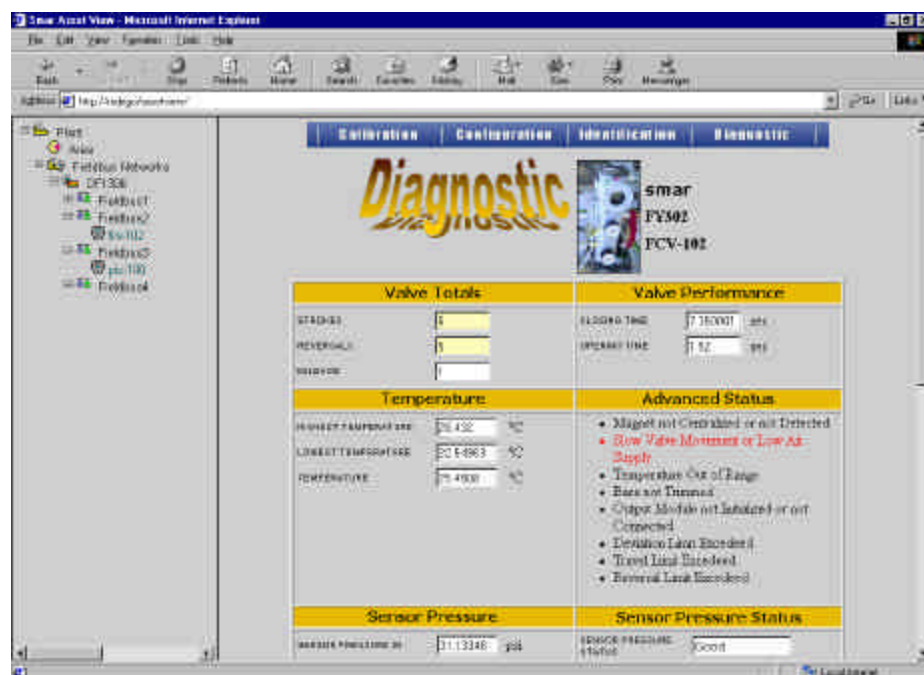


Figura 46: Tela de diagnósticos do Asset View da Smar

Outra função interessante é a determinação da resposta ao degrau. Neste teste o set point é variado em degraus e o valor da posição do atuador é registrado. Analisando este gráfico poderemos determinar o tempo morto, a velocidade da resposta, *overshooting* e *settling time* (amortecimento)



Figura 47: Tela de resumo de utilização de ativos da Emerson

## Exercícios

1) São benefícios da rede FF (marque tudo que se aplica):

- É uma rede aberta, determinística, distribuída no campo, para controle de processo.
- Implica em redução do custo de SW e HW.
- Interoperável entre diversos fornecedores de instrumentos.
- Operação *plug and play*.
- Inteligência distribuída
- Suporte para asset management: auto reconhecimento, alarmes e diagnósticos, calibração e sintonia remota, etc,
- Rede escalável.
- Suporta transmissores de múltiplas entradas.
- Produz medidas mais precisas.
- Troca de instrumentos a quente
- Documentação on-line.

2) Visite o site [www.smar.com](http://www.smar.com).

Complete o quadro abaixo:

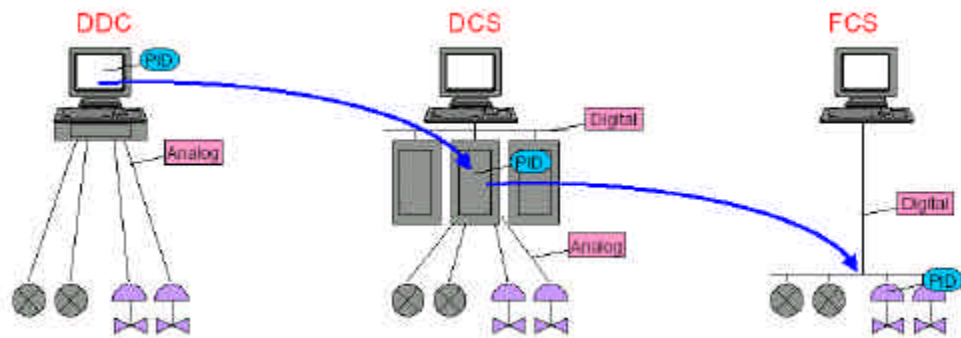
| Dispositivo | Descrição | Function Blocks | Instrumeto ou Equip de rede |
|-------------|-----------|-----------------|-----------------------------|
| BC302       |           |                 |                             |
| BT302       |           |                 |                             |
| DC302       |           |                 |                             |
| DF47        |           |                 |                             |
| DF48        |           |                 |                             |
| DF52        |           |                 |                             |
| DF53        |           |                 |                             |
| DFI302      |           |                 |                             |
| DT302       |           |                 |                             |
| FDI302      |           |                 |                             |
| FI302       |           |                 |                             |
| FP302       |           |                 |                             |

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| FY302 |  |  |  |
| FY402 |  |  |  |
| IF302 |  |  |  |
| JM1   |  |  |  |
| LC700 |  |  |  |
| LD292 |  |  |  |
| LD302 |  |  |  |
| PCI   |  |  |  |
| PH302 |  |  |  |
| SR301 |  |  |  |
| TP302 |  |  |  |
| TT302 |  |  |  |

- 3) Compare as redes Profibus-PA e Foundation Fieldbus
- 4) Mostre as vantagens da rede Foundation Fieldbus sobre o protocolo HART
- 5) Quais são os gateways para a rede HSE hoje existentes no mercado ?
- 6) Marque Verdadeiro ou Falso:
  - ( ) A diminuição da quantidade de hardware proporcionada pelo padrão FF implica em maior confiabilidade destes sistemas.
  - ( ) O cabo FF-H1 pode ser conectado independente de sua polaridade.
  - ( ) A rede física é a mesma tanto no padrão FF-H1 como no Profibus-PA.
  - ( ) Um instrumento FF pode ser configurado via rede enquanto no padrão Profibus-PA a configuração é local via *dip switches*.
  - ( ) Quando um mestre FF (LAS) sai do ar a rede continua a operar, executando as estratégias de controle estabelecidas entre os instrumentos.
  - ( ) Um instrumento FF pode ser inserido a quente.
  - ( ) A comunicação na rede FF-H1 é bidirecional.
  - ( ) Dois instrumentos localizados em segmentos de rede H1 diferentes cujos link devices estejam interligados via uma rede HSE podem formar uma malha.
  - ( ) Dispositivos fieldbus podem ser configurados on-line e off-line.
  - ( ) Todo segmento FF-H1 possui um LAS.

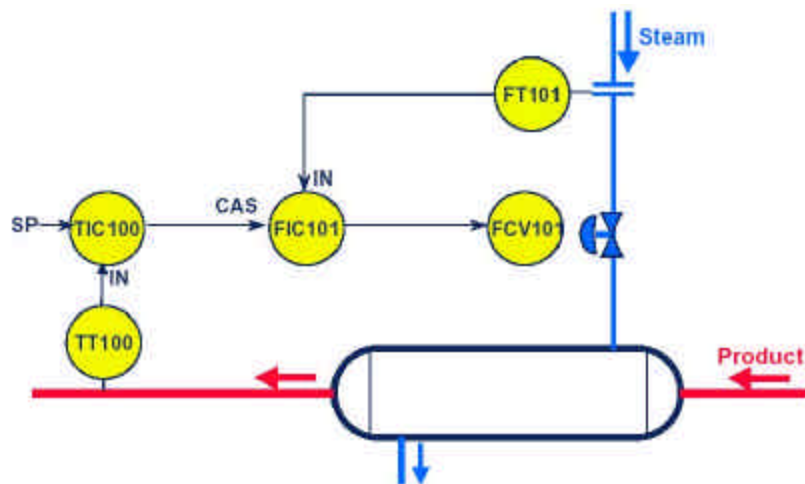
- ( ) Podem existir dois LAS por segmento.
- ( ) FF suporta transmissão cíclica e acíclica de dados.
- ( ) FF suporta serviços com confirmação e sem confirmação.
- ( ) FF suporta serviços baseados em conexão e sem conexão.
- ( ) Uma comunicação produtor consumidor pode ser escalonada ou não escalonada.
- ( ) O DFI 302 opera como uma bridge permitindo a comunicação entre diferentes segmentos H1 conectados.
- ( ) O fornecedor de instrumentação deve fornecer um DD para os principais sistemas operacionais utilizados: Linux, WNT, Windows 2000, etc.
- ( ) DTMs são componentes COM que utilizam mensagens no formato XML.

7) Baseado na figura abaixo explique a evolução da localização das funções de controle desde o controle DDC (*Digital Direct Control*) até o FCS (*Field Control System*) passando pelos DCS (*Digital Control Systems*).



**Figura 48: Evolução das topologias de controle [Berge 2002]**

8) Estude as malhas de controle abaixo e explique: qual é a malha primária e a malha secundária? Quais são os set points, PV e MV de cada malha? Quantos e quais blocos de controle serão necessários para implementar as malhas em cascata?



**Figura 49: Controle em cascata [Peluso 2003]**

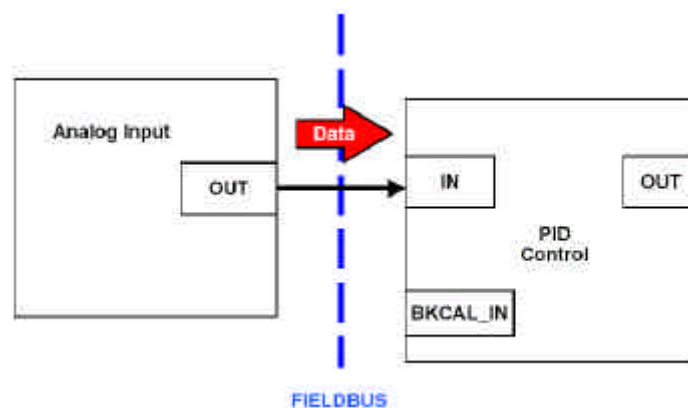
9) São vantagens da rede FF sobre a comunicação 4..20 mA. Marque tudo o que se aplicar:

- FF-H1 permite interligar diversos instrumentos em um único segmento de rede.
- Na rede FF-H1 A comunicação entre o mestre e o instrumento é bidirecional.
- FF-H1 permite alimentar os instrumentos (9-32VDC) diretamente pelo cabo de dados.
- FF-H1 permite a comunicação entre dois instrumentos de campo.
- FF-H1 permite comunicar em um único para de fios mais de um valor de dado por instrumento o que é muito útil em dispositivos de múltiplas entradas e saídas.
- FF-H1 possibilita ler diagnósticos dos instrumentos
- FF-H1 possibilita calibrar o instrumento remotamente
- FF-H1 possibilita setar parâmetros dos instrumentos
- FF-H1 possibilita reconhecer os instrumentos assim que são plugados na rede.

10) Marque as necessidades de cada dispositivo abaixo por uma rede de sensores (S), rede de dispositivos (D), rede FF-H1 (H1) ou rede FF-HSE (HSE):

- PLC
- Válvula solenóide
- Servidor Scada
- Célula fotoelétrica
- Contactor
- Sensor de proximidade
- Inversor de frequência
- Espectrômetro
- Transmissor de nível, temperatura, pressão, etc.
- Relé de proteção
- Push Buttons
- Medidor de energia
- Válvula de controle

11) Sobre a comunicação exemplificada na figura abaixo podemos afirmar:





- ( ) Trata-se de uma comunicação escalonada.
- ( ) Esta comunicação é cíclica.
- ( ) Esta comunicação utiliza o mecanismo produtor consumidor.
- ( ) Esta comunicação é desencadeada quando o LAS envia a mensagem CD para o bloco AI.

## Bibliografia

- [Berge 2002] Jonas Berge, Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance, ISA – The Instrument, Systems and Automation Society, 2002
- [Berge 2002b] Jonas Berge, Using Foundation Fieldbus in Hybrid and Batch Applications, Foundation Fieldbus End User Council Australia Inc., 2002
- [Berge 2003c] Jonas Berge, Addressing the benefits and FAQs of Fieldbus based FCS architecture, ISA 98.
- [Emerson 2002] Fieldbus technical overview,  
[www.emersonprocess.com/home/library/fieldbus/techover/](http://www.emersonprocess.com/home/library/fieldbus/techover/)
- [Fayad 2003] Claudio Aun Fayad, Pedro Anisio Biondo, Reliability with Foundation Fieldbus, InTech Março 2003
- [FF 2002] Foundation Fieldbus – Technical Overview;  
[www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org).
- [Franco 98] Lucia Regina Horta Rodrigues Franco / Victor Marinescu. Buses Actualización. Editorial Control S.R.L, 1998.
- [Mata 2003] Rogério Souza da Mata, Introdução à tecnologia FDT/DTM, InTech Brasil, Março, 2003.
- [Neto 2003] Eugênio da Silva Neto, Peter Berrie, Raimond Sommer, FDT – Field Device Tool, InTech Março 2003
- [Peluso 2002] Marcos Peluso, Advances in Field Devices Diagnostics, Emerson, 2002
- [Peluso 2003] Marcos Peluso, EDDTL ou Como o Sistema sabe o que os instrumentos de campo estão querendo dizer?, InTech Brasil, Março 2003
- [Pereira 2002] Ian Verhappen, Augusto Pereira. Foundation Fieldbus: A Pocket Guide, ISA – The Instrument, Systems and Automation Society, 2002

## Sites a serem visitados

[www.smar.com.br](http://www.smar.com.br)

[www.emersonprocess.com](http://www.emersonprocess.com)

[www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org)

Smar

Emerson

Foundation Fieldbus