

COMO IMPLEMENTAR PROJETOS COM FOUNDATION FIELDBUS

Elaborado pelos

Departamentos de Engenharia de Aplicações
da Área Nacional e Internacional
Departamento de Treinamento

smar Equipamentos Industriais Ltda.

Agosto/98

revisão 2.0

INDICE

Capítulo 1

- 1- Introdução
 - 1.1-Objetivos
 - 1.2-Considerações Iniciais
 - 1.3-Definições
 - 1.4-Níveis de Protocolo
 - 1.4.1-Níveis de Software
 - 1.4.2-Nível Físico
 - 1.5-Benefícios do FIELDBUS
 - 1.6-Comparações com as tecnologias anteriores

Capítulo 2

- 2- Detalhando um projeto FIELDBUS
 - 2.1-Considerações e limitações
 - 2.2-Possibilidades de topologias
 - 2.2.1-Arquitetura de sistemas
 - 2.2.2-Uso de barreiras de proteção
 - 2.3-Componentes de um projeto FIELDBUS e suas características
 - 2.3.1-Cabos
 - 2.3.2-Aterramento, “shield” e polaridade
 - 2.3.3-Comprimento dos barramentos
 - 2.3.4-Conectores
 - 2.3.5-Blocos de terminais
 - 2.3.6- “Host Devices”
 - 2.3.7- Repetidores, “Bridges” e “Gateways”
 - 2.3.8-Tipos de equipamentos
 - 2.3.8.1-Interface FIELDBUS controladora de processos (PCI)
 - 2.3.8.2-Fonte FIELDBUS de alimentação (PS 302)
 - 2.3.8.3-Filtro FIELDBUS para Barramento (PSI 302)
 - 2.3.8.4-Barreiras FIELDBUS de segurança intrínseca (SB 302)
 - 2.3.8.5-Terminador FIELDBUS (BT 302)
 - 2.3.8.6-Transmissor FIELDBUS de pressão (LD 302)
 - 2.3.8.7-Transmissor FIELDBUS de temperatura (TT 302)
 - 2.3.8.8-Convertor de FIELDBUS para corrente (FI 302)
 - 2.3.8.9-Convertor de corrente para FIELDBUS (IF 302)

- 2.3.8.10- Conversor pneumático para FIELDBUS (FP 302)
- 2.3.8.11- Posicionador FIELDBUS (FY 302)
- 2.3.8.12- Controlador Lógico Programável LC 700 com interface FIELDBUS
- 2.3.8.13- Interface FIELDBUS de Campo Distribuída (DFI 302)
- 2.3.9- Exemplo de documentação de um projeto

Capítulo 3

3-Configuração dos instrumentos

- 3.1- Introdução
- 3.2- Estudo dos blocos funcionais
- 3.3- Definições Fieldbus
 - 3.3.1- Parâmetros dos Blocos
 - 3.3.2- Tipos de Parâmetros
 - 3.3.3- Modos de operação dos blocos
 - 3.3.4- Status das variáveis
 - 3.3.5- Parâmetros de Opções
 - 3.3.5.1- STATUS_OPTS
 - 3.3.5.2- IO_OPTS
 - 3.3.5.3- CONTROL_OPTS
- 3.4- Configuração de transmissores e conversores
 - 3.4.1- Escalonamento de blocos de função
 - 3.4.2- Configuração da rede Fieldbus
 - 3.4.3- Exercícios de configuração
- 3.5- Programação do Controlador Lógico Programável
 - 3.5.1- Uso do configurador
 - 3.5.1.1- Definição do hardware
 - 3.5.1.2- Definição de variáveis reais e virtuais
 - 3.5.1.3- Configuração do ladder
 - 3.5.1.4- Configuração de blocos FIELDBUS
 - 3.5.2- Exercício 1 - Acionamento de motor com proteção
 - 3.5.3- Exercício 2 - Link com FIELDBUS; alarme de alta temperatura acionando uma saída do LC700

Capítulo 4

4-IHM-Sistemas Supervisórios

- 4.1- Introdução
- 4.2- Instalação
- 4.3- Funções, características e benefícios de overview
- 4.4- Graphic Builder
- 4.5- Driver FIELDBUS - Configuração da Base de Dados
 - 4.5.1- Iniciando a Configuração do Sistema

- 4.5.2- Mapeamento de comunicação para dispositivos FIELDBUS
- 4.5.3- Configuração das Variáveis FIELDBUS
 - 4.5.3.1- Configuração Single Point
 - 4.5.3.2- Configuração Multi Point
- 4.6- Projeto AIMAX-WIN com instrumentos FIELDBUS

Capítulo 5

- 5- Exemplo de projeto com tecnologia FIELDBUS
 - 5.1 - Resumo
 - 5.2 - Introdução
 - 5.3 - Malha de controle
 - 5.4 - Planta civil com metragens
 - 5.5 - Descrição do processo
 - 5.6 - Configuração da rede FIELDBUS
 - 5.7 - Estratégia de controle em blocos

1. Introdução

1.1. Objetivos

Este curso tem como objetivo a difusão de informações básicas para que o engenheiro/projetista possa detalhar um projeto com a tecnologia FIELDBUS, desde o desenho da arquitetura do sistema de controle até a sua conexão com os softwares de informação de processo.

Por ser um assunto novo e vasto não se pretende esgotar o tema mas iniciar um debate sobre a implementação de projetos com esta tecnologia.

1.2. Considerações Iniciais

A instalação e manutenção de sistemas de controle tradicionais implicam em altos custos principalmente quando se deseja ampliar uma aplicação onde são requeridos além dos custos de projeto e equipamento, custos com cabeamento destes equipamentos à unidade central de controle.

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

- Custos de instalação
- Procedimentos de manutenção
- Opções de *upgrades*
- Informação de controle de qualidade

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

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

Redes industriais são padronizadas sobre 3 níveis de hierarquias cada qual responsável pela conexão de diferentes tipos de equipamentos com suas próprias características de informação (ver Figura 1.1).

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

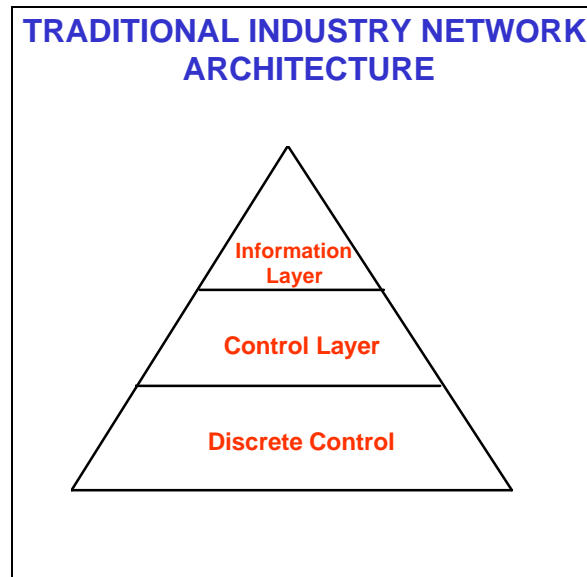


Figura 1.1 - Níveis de redes industriais

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

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

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

Assim, classificam-se as redes quanto ao tipo de rede de equipamento e os dados que ela transporta como (ver Figura 1.2):

- rede sensorbus - dados no formato de bits
- rede devicebus - dados no formato de bytes
- rede fieldbus - dados no formato de pacotes de mensagens

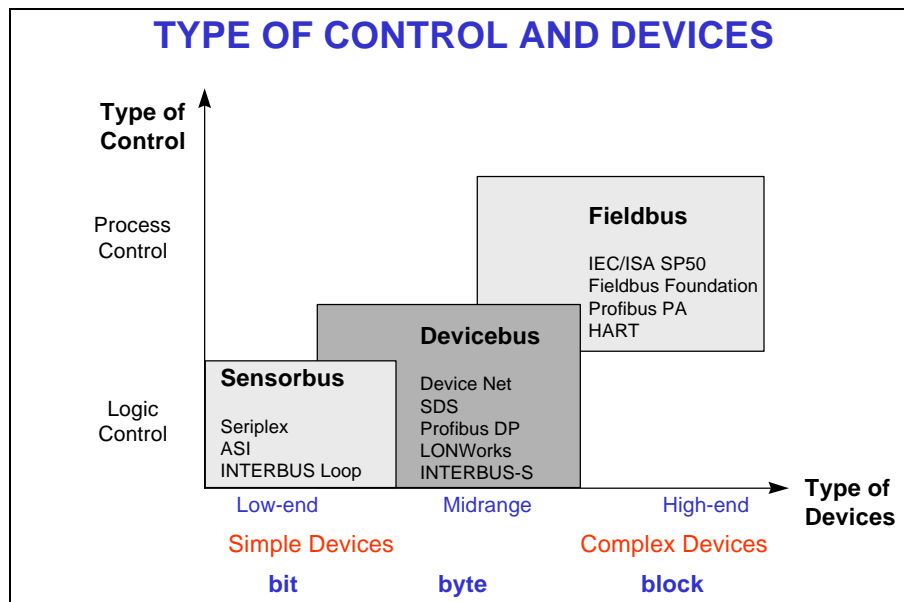


Figura 1.2 - Classificação das redes

A rede sensorbus conecta equipamentos simples e pequenos diretamente à rede. Os equipamentos deste tipo de rede necessitam de comunicação rápida em níveis discretos e são tipicamente sensores e atuadores de baixo custo. Estas redes não almejam cobrir grandes distâncias, sua principal preocupação é manter os custos de conexão tão baixos quanto for possível. Exemplos típicos de rede sensorbus incluem Seriplex, ASI e INTERBUS Loop.

A rede devicebus preenche o espaço entre redes sensorbus e fieldbus e pode cobrir distâncias de até 500 m. Os equipamentos conectados a esta rede terão mais pontos discretos, alguns dados analógicos ou uma mistura de ambos. Além disso, algumas destas redes permitem a transferência de blocos em uma menor prioridade comparado aos dados no formato de bytes. Esta rede tem os mesmos requisitos de transferência rápida de dados da rede de sensorbus, mas consegue gerenciar mais equipamentos e dados. Alguns exemplos de redes deste tipo são DeviceNet, Smart Distributed System (SDS), Profibus DP, LONWorks e INTERBUS-S.

A rede fieldbus interliga os equipamentos de I/O mais inteligentes e pode cobrir distâncias maiores. Os equipamentos acoplados à rede possuem inteligência para desempenhar funções específicas de controle tais como loops PID, controle de fluxo de informações e processos. Os tempos de transferência podem ser longos mas a rede deve ser capaz de comunicar-se por vários tipos de dados (discreto, analógico, parâmetros, programas e informações do usuário). Exemplo de redes fieldbus incluem IEC/ISA SP50, Fieldbus Foundation, Profibus PA e HART.

Os tipos de equipamentos que cada uma destas classes agrupam podem ser vistos na Figura 1.3.

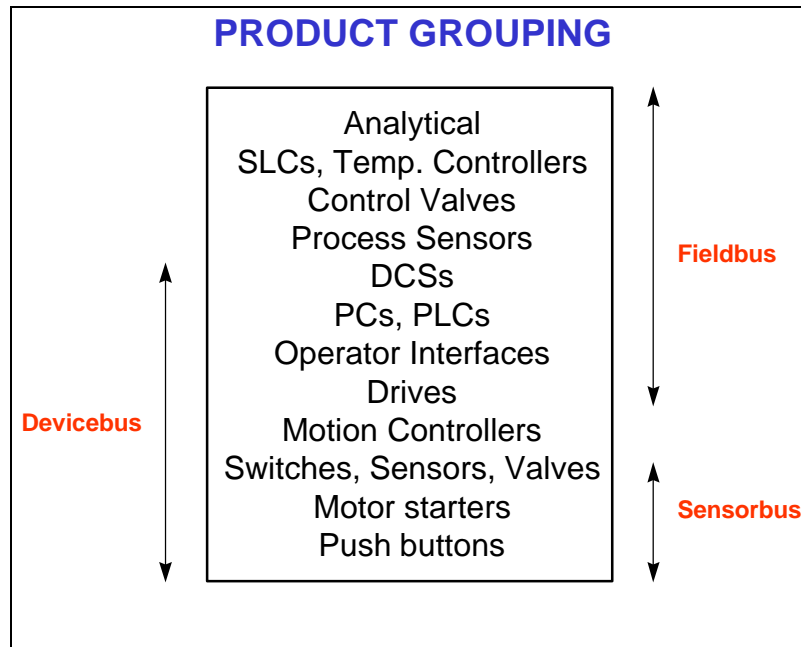


Figura 1.3 - Grupos de produtos por classe de rede

1.3. Definições

FIELDBUS é um sistema de comunicação digital bidirecional (Figura 1.4) que permite a interligação em rede de múltiplos instrumentos diretamente no campo realizando funções de controle e monitoração de processo e estações de operação (IHM) através de softwares supervisórios (Figura 1.5).

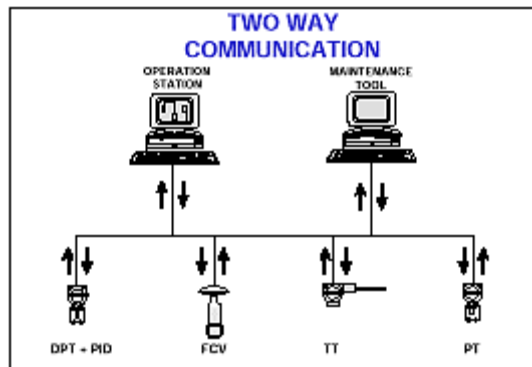


Figura 1.4 - Comunicação digital bidirecional

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

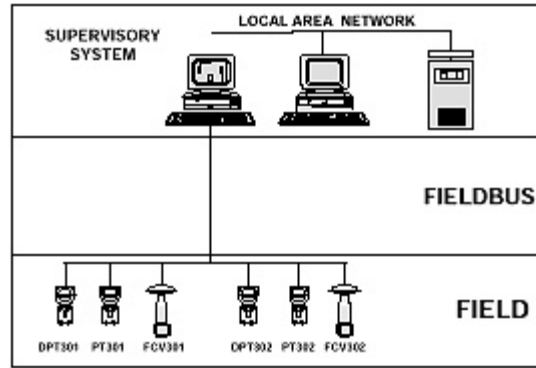


Figura 1.5 - FIELDBUS em operação conjunta à softwares Supervisórios

1.4. Níveis de Protocolo

O protocolo FIELDBUS foi desenvolvido baseado no padrão ISO/OSI embora não contenha todos os seus níveis, podemos em primeira análise dividi-lo em nível físico (“*Physical Layer*” - que trata das técnicas de interligação dos instrumentos) e níveis de software (“*Communication Stack*”) que tratam da comunicação digital entre os equipamentos (Figura 1.6).

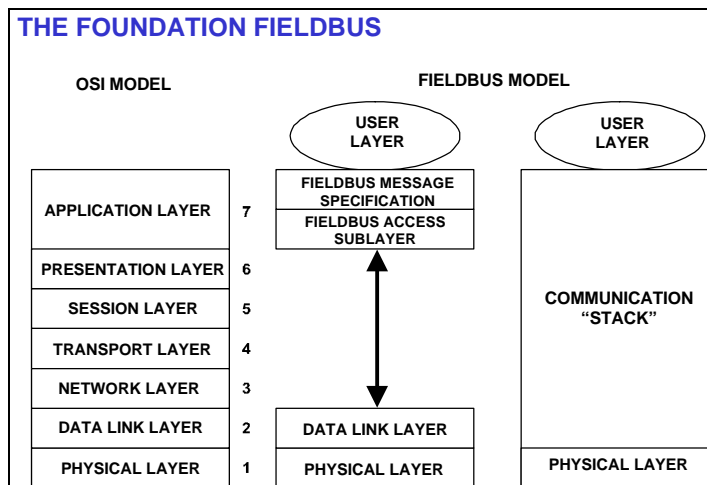


Figura 1.6 - Níveis de Protocolo

1.4.1. Níveis de Software

Embora o objetivo deste curso não seja um estudo aprofundado dos níveis de software, a seguir explicaremos alguns detalhes. Destacamos que para o usuário tudo isto é transparente e é tratado pelo software de configuração ou pelo software supervisor.

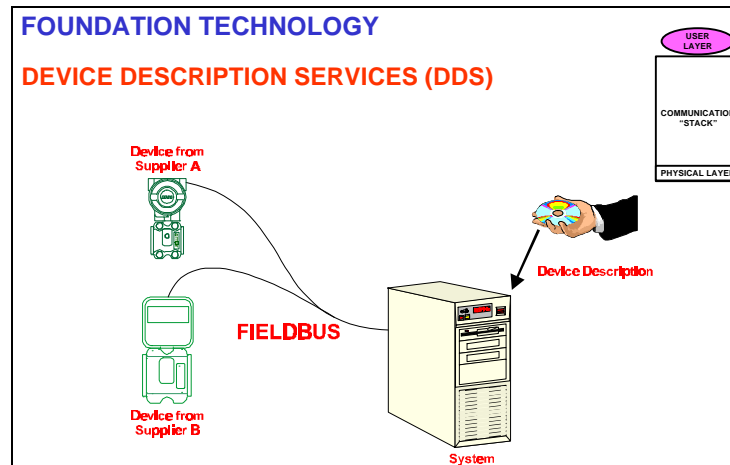


Figura 1.7 - DDL - Garantia de interoperabilidade

NÍVEL DE ENLACE (*Data Link Layer*)

O nível de enlace garante a integridade da mensagem através de dois bytes calculados através de um polinômio aplicado a todos os bytes da mensagem e que é acrescentado no final da mesma. Este nível controla também o acesso ao meio de transmissão, determinando quem pode transmitir e quando. O nível de enlace garante que os dados cheguem ao equipamento correto.

Características Técnicas:

1- Acesso ao meio

Existem três formas para acessar a rede:

- a) *Passagem de Token*: O Token é o modo direto de iniciar uma transição no barramento. Quando termina de enviar as mensagens, o equipamento retorna o "Token" para o LAS (Link Active Scheduler). O LAS transmite o "Token" para o equipamento que requisitou, via préconfiguração ou via escalonamento.
- b) *Resposta Imediata*: o mestre dará uma oportunidade para uma estação responder com uma mensagem.
- c) *Requisição de "Token"*: um equipamento requisita um Token usando um código em alguma das respostas que ele transmitiu para o barramento. O LAS recebe esta requisição e envia um "Token" para o equipamento quando houver tempo disponível nas fases aperiódicas do escalonamento.

2- Modelo Produtor/Consumidor:

Um equipamento pode produzir ou consumir variáveis que são transmitidas através da rede usando o modelo de acesso à rede de resposta imediata. O produtor coloca as

variáveis em Buffers e qualquer estação pode acessar estes dados. Com apenas uma transação, dados podem ser transmitidos para todos os equipamentos que necessitam destes dados. Este modelo é o modo mais eficiente para transferência de dados entre vários usuários. Um controlador consome a variável de processo produzida pelo sensor, e produz a saída consumida pelo atuador.

3- Escalonamento para suportar aplicações de tempo crítico:

O LAS coordenará o tempo necessário para cada transação na rede, garantindo o período de troca de dados.

4- Sincronização do Tempo:

Existe um mecanismo para garantir uma referência de tempo da rede para conseguir sincronização do barramento e atividades de processo.

5- Endereçamento:

Pode ser usado para endereçar um grupo de estações, uma estação ou até uma variável. Este endereçamento permite uma otimização do acesso às mensagens.

6- Passagem do Token num anel lógico:

Este método é usado pelo Profibus e pelo ISP para acessar a rede. Ele pode ser simulado, mas não com a mesma eficiência, pelo uso da atual definição do nível de enlace do SP50.

NÍVEL DE APLICAÇÃO (*Application Layer*)

O nível de aplicação fornece uma interface para o software aplicativo do equipamento. Basicamente este nível define como ler, escrever ou disparar uma tarefa em uma estação remota. A principal tarefa é a definição de uma sintaxe para as mensagens.

Ele também define o modo pelo qual a mensagem deve ser transmitida: ciclicamente, imediatamente, somente uma vez ou quando requisitado pelo consumidor.

O gerenciamento define como inicializar a rede: atribuição do Tag, atribuição do endereço, sincronização do tempo, escalonamento das transações na rede ou conexão dos parâmetros de entrada e saída dos blocos funcionais.

Ele também controla a operação da rede com levantamento estatístico de detecção de falhas e de adição de um novo elemento ou remoção de uma estação. O gerenciamento monitora continuamente o barramento para identificar a adição de novas estações.

NÍVEL DO USUÁRIO (*User Layer*)

Define o modo para acessar a informação dentro de equipamentos *FIELDBUS* e de que forma esta informação pode ser distribuída para outros equipamentos

no mesmo nó ou, eventualmente em outros nós da rede *FIELDBUS*. Este atributo é fundamental para aplicações em controle de processo.

A base para arquitetura de um equipamento *FIELDBUS* são os blocos funcionais, os quais executam às tarefas necessárias as aplicações existentes hoje, tais como: aquisição de dados, controle PID, cálculos e atuação. Todo bloco funcional contém um algoritmo, uma base de dados (entradas e saídas) e um nome definido pelo usuário (o Tag do bloco, deve ser único na planta do usuário). Os parâmetros do bloco funcional são endereçados no *FIELDBUS* via TAG.PARAMETER-NAME.

Um equipamento *FIELDBUS* conterá um número definido de blocos funcionais. A base de dados pode ser acessada via comunicação.

Como complementação de bibliografia, as informações contidas neste curso estão baseadas nos seguintes documentos :

- ISA/SP50-1995-359M - Industrial Automation Systems - Systems Integration and Communication - Fieldbus, Part 3 : Data Link Service Definition - 1995
- ISA/SP50-1995-360M - Industrial Automation Systems - Systems Integration and Communication - Fieldbus, Part 4 : Data Link Protocol Specification-1995
- ISA/SP50-1993-389F - User Layer (Fieldbus) Technical Report-1993
- ISA/SP50-1994-505B - Fieldbus Specification, Part 5 : Application Layer Service Definition (Core Set)-1994
- ISA/SP50-1994-508B - Fieldbus Specification, Part 6: Application Layer Protocol Specification (Core Part)-1994

1.4.2. Nível Físico

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

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

- IEC 1158-2 : 1993, Fieldbus Standard for use in Industrial Control Systems - Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition.
- ISA - S50.02 - 1992, Fieldbus Standard for use in Industrial Control Systems - Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- transmissão de dados somente digital
- self-clocking
- comunicação bi-direcional
- código Manchester

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

No nível de instrumentos ligados aos barramentos de campo, a velocidade normalizada é 31,25 kb/s, as outras velocidades deverão ser utilizadas para a interligação de “bridges” e “gateways” para a conexão em alta velocidade destes dispositivos (Figura 1.8).

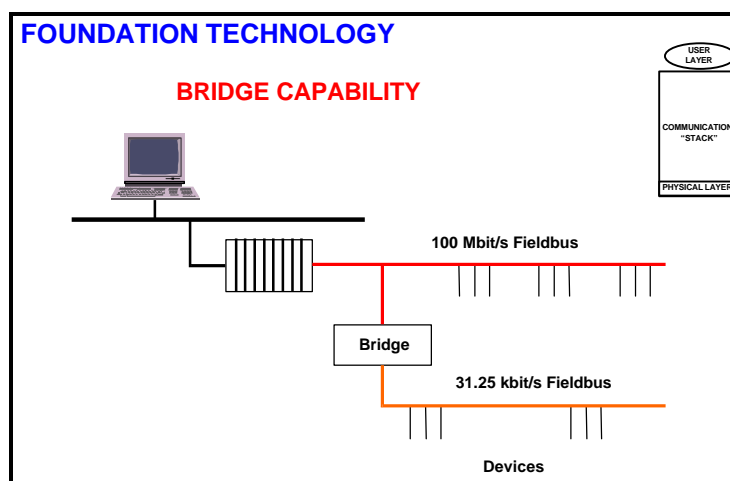


Figura 1.8 - Utilização de "Bridges"

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

- a) um instrumento FIELDBUS deve ser capaz de se comunicar entre os seguintes números de equipamentos:
- entre 2 e 32 instrumentos numa ligação sem segurança intrínseca e alimentação separada da fiação de comunicação;
 - entre 2 a 6 instrumentos alimentados pela mesma fiação de comunicação numa ligação com segurança intrínseca;
 - entre 1 e 12 instrumentos alimentados pela mesma fiação de comunicação numa ligação sem segurança intrínseca.

Obs.: Esta regra não impede a ligação de mais instrumentos do que o especificado, estes números foram alcançados levando-se em consideração o consumo de 9 mA +/- 1 mA, com tensão de alimentação de 24 VDC e barreiras de segurança intrínseca com

11 a 21 VDC de saída e 60 mA máximos de corrente para os instrumentos localizados na área perigosa.

- b) um barramento carregado com o número máximo de instrumentos na velocidade de 31,25 kb/s não deve ter entre quaisquer dois equipamentos o comprimento maior que 1.900 m (incluindo as derivações) (ver Figura 1.9);

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

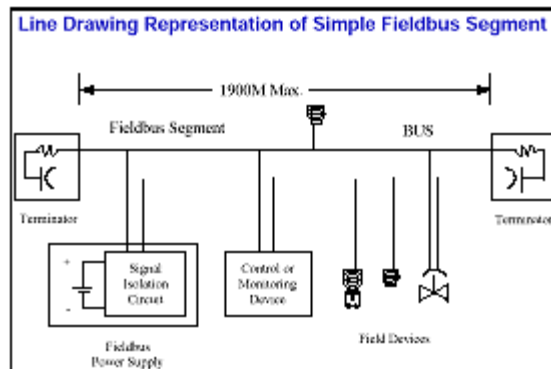


Figura 1.9 - Comprimento máximo de um segmento FIELDBUS

- c) o número máximo de repetidores para a regeneração da forma de onda entre dois instrumentos não pode exceder a 4 (quatro) (ver Figura 1.10);
- d) um sistema FIELDBUS deve ser capaz de continuar operando enquanto um instrumento está sendo conectado ou desconectado;
- e) as falhas de qualquer elemento de comunicação ou derivação (com excessão de curto-circuito ou baixa impedância) não deverá prejudicar a comunicação por mais de 1 ms;
- f) deve ser respeitada a polaridade em sistemas que utilizem pares trançados, seus condutores devem ser identificados e esta polarização deve ser mantida em todos os pontos de conexão;
- g) para sistemas com meio físico redundante:
- cada canal deve atender as regras de configuração de redes;
 - não deve existir um segmento não redundante entre dois segmentos redundantes;
 - os repetidores também deverão ser redundantes;
 - os números dos canais deverão ser mantidos no FIELDBUS, isto é, os canais do FIELDBUS devem ter os mesmos números dos canais físicos.

h) o “shield” dos cabos não deverão ser utilizados como condutores de energia.

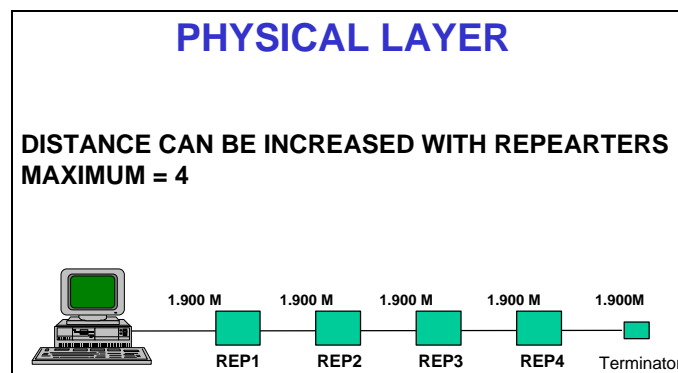


Figura 1.10 - Distâncias máximas entre repetidores

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

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

Na sequência algumas especificações elétricas para sistemas FIELDBUS :

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

CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS ENERGIZADOS EM REDE PARA O MODO DE VOLTAGEM DE 31,25 KBIT/S

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

Tabela 1.1 - Características dos equipamentos energizados em rede

REQUISITOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE REDES PARA O MODO DE VOLTAGEM DE 31,25 KBIT/S

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

Tabela 1.2 - Requisitos para a alimentação de redes

FONTE DE ALIMENTAÇÃO

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

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

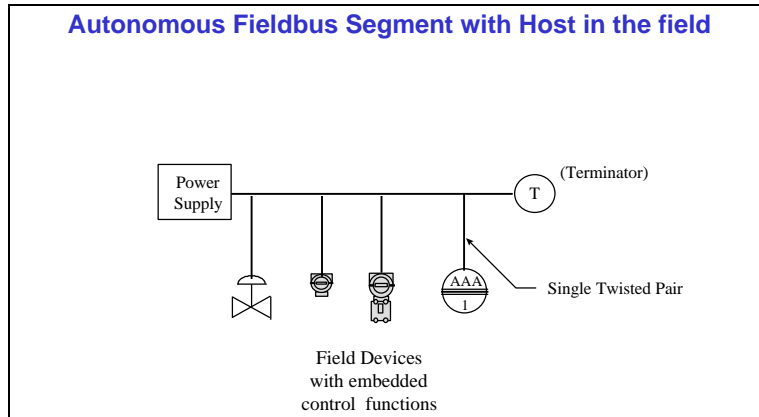


Figura 1.11 - Rede FIELDBUS com mestre no campo

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

- A tensão de saída da fonte de alimentação para redes não intrinsecamente seguras será no máximo de 32 V DC incluindo o ripple;
- A impedância de saída da fonte de alimentação para redes não intrinsecamente seguras será $\geq 3 \text{ K}\Omega$ dentro da faixa de frequência $0,25 f_r$ à $1,25 f_r$ (7,8 KHz à 39 KHz). Este requisito não é aplicado dentro dos 10 ms da conexão nem na remoção de um equipamento do campo;
- A impedância de saída de uma fonte de alimentação intrinsecamente segura será $\geq 400 \text{ K}\Omega$ dentro da faixa de frequência $0,25 f_r$ à $1,25 f_r$ (7,8 KHz à 39 KHz);
- Os requisitos de isolamento do circuito de sinal e do circuito de distribuição de energia em relação ao terra e entre ambos devem estar de acordo com a IEC 1158-2 (1993).

ENERGIZAÇÃO VIA CONDUTORES DE SINAL DE COMUNICAÇÃO

Um equipamento FIELDBUS operando no modo de voltagem de 31,25 Kbit/s é energizado pelos condutores de sinal, deve obedecer os requisitos da norma ISA-S50.02 quando estiver operando com níveis máximos de ripple e ruído da fonte de alimentação como segue:

- 16 mV pico-a-pico dentro da faixa de frequência $0,25 f_r$ à $1,25 f_r$ (7,8 KHz à 39 KHz);

- b) 2,0 V pico-a-pico dentro da faixa de frequência 47 Hz à 63 Hz para aplicações não intrinsecamente seguras;
- c) 0,2 V pico-a-pico dentro da faixa de frequência 47 Hz à 625 Hz para aplicações intrinsecamente seguras;
- d) 1,6 V pico-a-pico em frequências maiores que 125 f_r, até o máximo de 25 MHz.

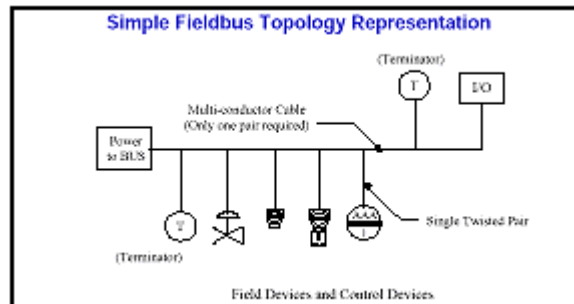


Figura 1.12 - Barramento de comunicação energizado

ISOLAÇÃO ELÉTRICA

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

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

Para cabos blindados, a impedância de isolamento medida entre a blindagem do cabo FIELDBUS e o terra do equipamento FIELDBUS deverá ser maior que 250 KΩ em todas as frequências abaixo de 63 Hz.

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

Os requisitos de isolamento do circuito de sinal de transmissão e do circuito de distribuição de energia em relação ao terra e entre ambos devem estar de acordo com a IEC 1158-2 (1993).

ESPECIFICAÇÃO DO MEIO CONDUTOR

➤ Conectores

Conectores para os cabos, se utilizados, deverão seguir o padrão FIELDBUS IEC (anexo). Terminações no campo, podem ser feitas diretamente nos terminais dos instrumentos ou através de conectores em caixas de terminação.

➤ Cabos

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

- a) Z_0 em f_r (31,25 KHz) = $100 \Omega \pm 20\%$;
- b) Atenuação máxima em $1,25 f_r$ (39 KHz) = 3.0 dB/Km;
- c) Máxima capacitância não balanceada da blindagem = 2 nF/Km;
- d) Resistência DC máxima (por condutor) = 22 Ω /Km;
- e) Atraso máximo de propagação entre $0,25 f_r$ e $1,25 f_r$ = 1.7 μ s/Km;
- f) Área seccional do condutor (bitola) = nominal 0,8 mm² (#18 AWG);
- g) Cobertura mínima da blindagem deverá ser maior ou igual a 90%.

Observações:

- Outros tipos de cabo para conformidade de testes podem ser utilizados. Cabos com especificações melhoradas podem habilitar barramentos com comprimentos maiores e/ou com imunidade superior à interferência. Reciprocamente, cabos com especificações inferiores podem provocar limitações de comprimento para ambos, barramentos (trunk) e derivações (spurs) mais a não conformidade com os requisitos RFI/EMI.
- Para aplicações de segurança intrínseca, a razão indutância/resistência (L/R) deve ser menor que o limite especificado pela agência regulamentadora local.

➤ Acopladores

O acoplador pode prover um ou muitos pontos de conexão para o barramento. Pode ser integrado ao equipamento FIELDBUS caso não haja nenhuma derivação. Caso contrário, deverá ter pelo menos 3 pontos de acesso como visto na Figura 1.13: um para o spur e um para cada lado do trunk.

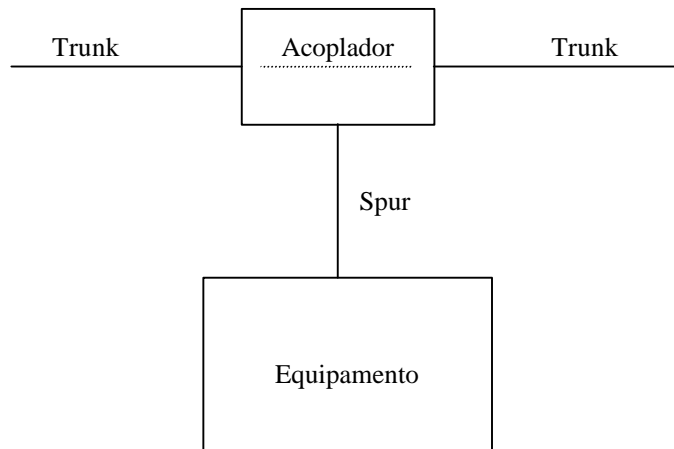


Figura 1.13 - Acoplador FIELDBUS

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

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

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

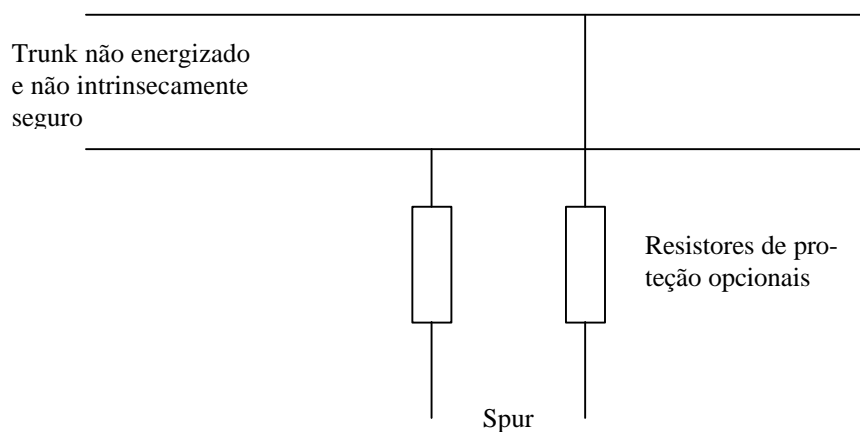


Figura 1.14 - Resistores de proteção

Através das ligações internas dos acopladores (Figura 1.15), pode-se construir várias topologias como visto na seção 2.2.

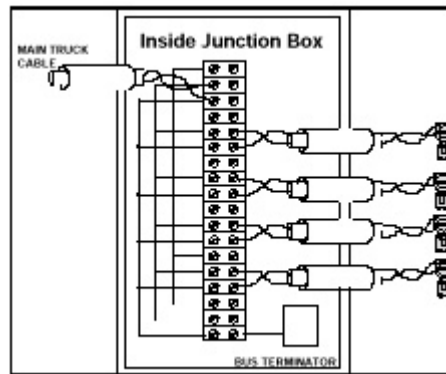


Figura 1.15 - Ligações internas de uma caixa de campo

➤ Splices

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

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

A continuidade de todos os condutores do cabo devem ser mantidas em um splice.

➤ Terminadores

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

Pode-se ter o terminador implementado internamente à uma caixa de campo (*Junction Box*) como sugere a Figura 1.16.

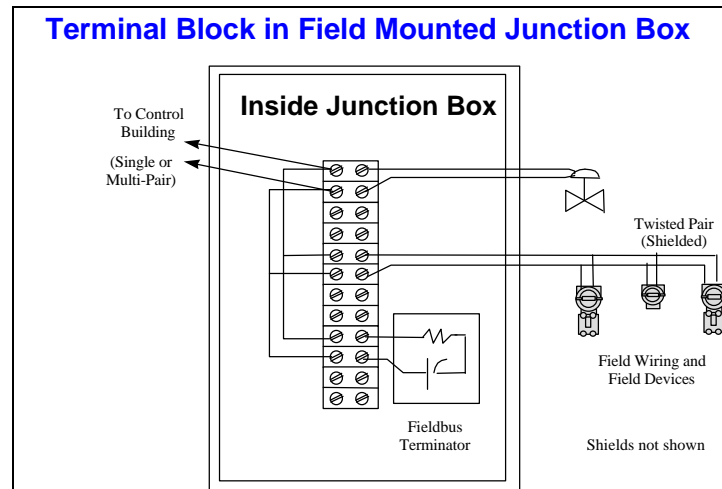


Figura 1.16 - Terminador interno à uma caixa de campo

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

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

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

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

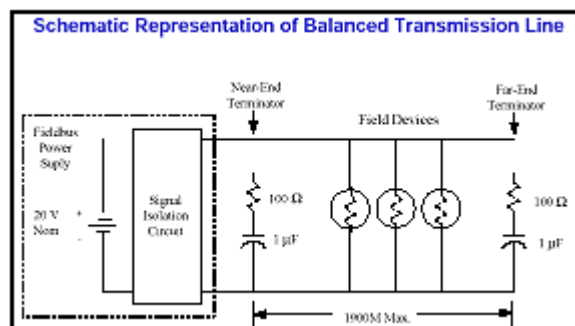


Figura 1.17 - Esquema da linha de transmissão balanceada

➤ Regras de Blindagem

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

- a) A cobertura da blindagem do cabo deverá ser maior do que 90% do comprimento total do cabo;
- b) A blindagem deverá cobrir completamente os circuitos elétricos através também dos conectores, acopladores e splices.

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

➤ Regras de Aterramento

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

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

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

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

➤ Segurança Intrínseca

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

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

Uma barreira de segurança intrínseca não deverá estar separado do terminador por mais de 100 m (Figura 1.18). A barreira pode apresentar uma impedância de 400 Ω na frequência de trabalho e a resistência do terminador deve ser suficientemente baixa para que quando colocada em paralelo com a impedância da barreira, a impedância equivalente deverá ser inteiramente resistiva.

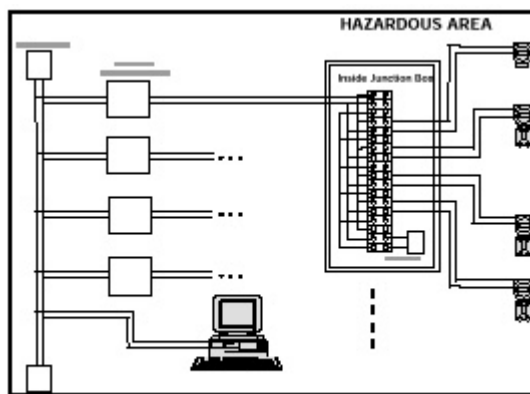


Figura 1.18 - Segurança Intrínseca

➤ Especificações e Descrições dos Cabos

Para novas instalações devemos especificar cabos de par trançado com blindagem do tipo A (Figura 1.19), outros cabos podem ser usados mas respeitando as limitações da tabela abaixo como por exemplo os cabos múltiplos com pares trançados com uma blindagem geral (denominado cabo tipo B).

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

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

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

Parâmetros	Condições	Tipo "A"	Tipo "B"	Tipo "C"	Tipo "D"
Impedância característica, Z_0, Ω	f_r (31,25 KHz)	100 ± 20	100 ± 30	**	**
Resistência DC máxima, Ω/km	por condutor	22	56	132	20

Atenuação máxima, dB/km	1,25 f _r (39 kHz)	3.0	5.0	8.0	8.0
Área seccional nominal do condutor (bitola), mm ²		0.8 (#18 AWG)	0.32 (#22 AWG)	0.13 (#26 AWG)	1.25 (#16 AWG)
Capacitância máx. não balanceada, pF	1 metro de comprimento	2	2	**	**

** não especificado

Tabela 1.3 - Especificações dos tipos de cabos

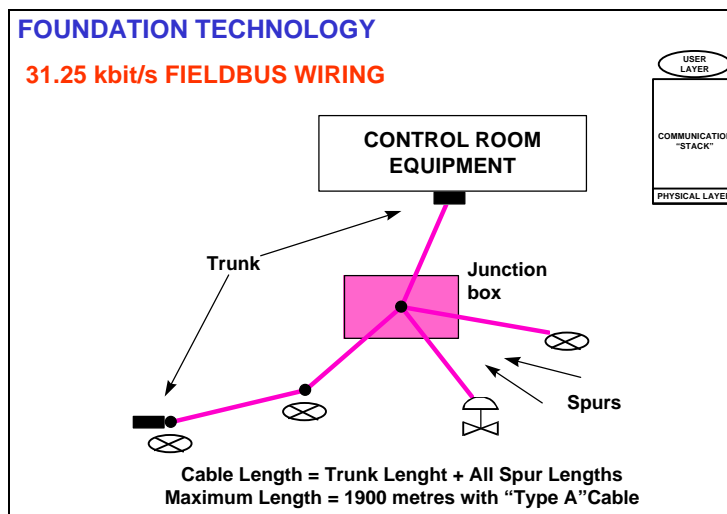


Figura 1.19 - Cabos utilizados no FIELDBUS

Comprimentos típicos de barramento e derivações:

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

Tabela 1.4 - Comprimentos típicos de barramento e derivações

1.5. Benefícios do Fieldbus

Os benefícios da tecnologia FIELDBUS podem ser divididas em melhoria e maior quantidade de informações de controle e não de controle (Figura 1.20) e benefícios econômicos.

1.5.1. Benefícios na obtenção de informação

Nos sistemas de automação tradicionais, o volume de informações disponíveis ao usuário não ia muito além daquele destinado às informações de controle. Nos sistemas FIELDBUS, o volume de informações extra controle é bem maior (ver Figura 1.20) devido às facilidades atribuídas principalmente à comunicação digital entre os equipamentos.

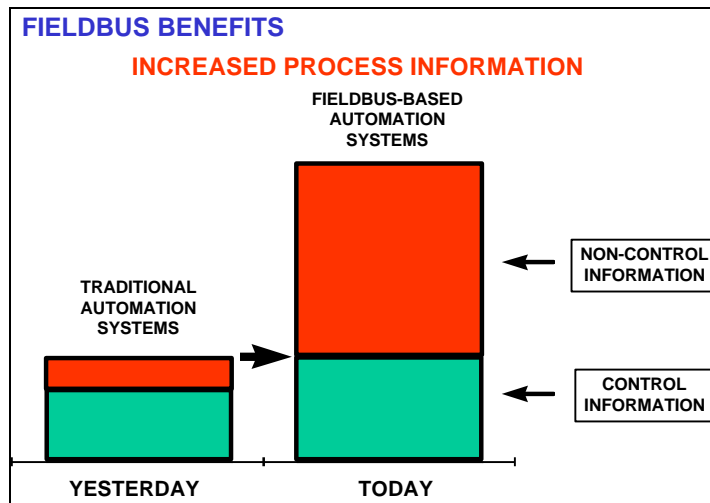


Figura 1.20 - Comparação do volume de informações entre os dois sistemas

1.5.2. Benefícios econômicos

➤ Baixos custos de implantação:

- Engenharia de detalhamento
- Mão de obra/materiais de montagens
- Equipamentos do sistema supervisorio
- Configuração do sistema
- Obras civil
- Ar condicionado

➤ Baixos custos no acréscimo de novas malhas

Instalação apenas de novos instrumentos no campo (Figura 1.21)

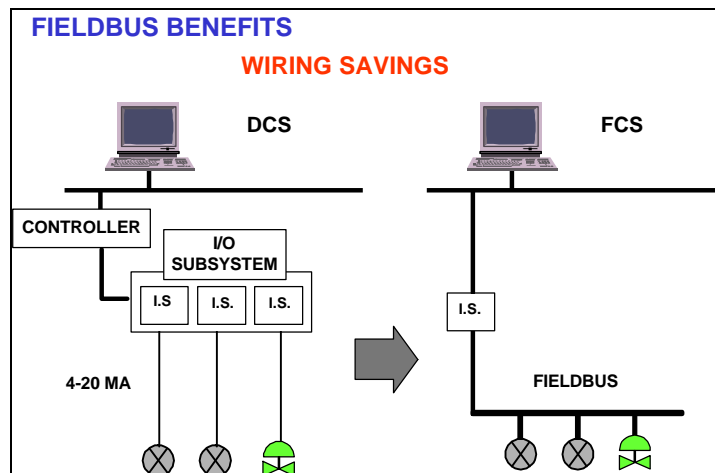


Figura 1.21 - Redução de custos na implementação de novas malhas

➤ Baixos custos de implantação da automação por área

Instalação apenas de placas de interfaces

➤ Ganhos tecnológicos

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

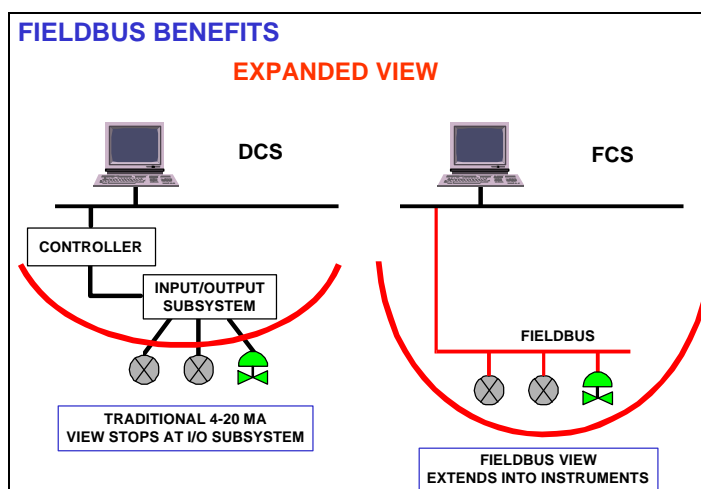


Figura 1.22 - Informações obtidas pelos dois sistemas

1.6. Comparações com as tecnologias anteriores

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

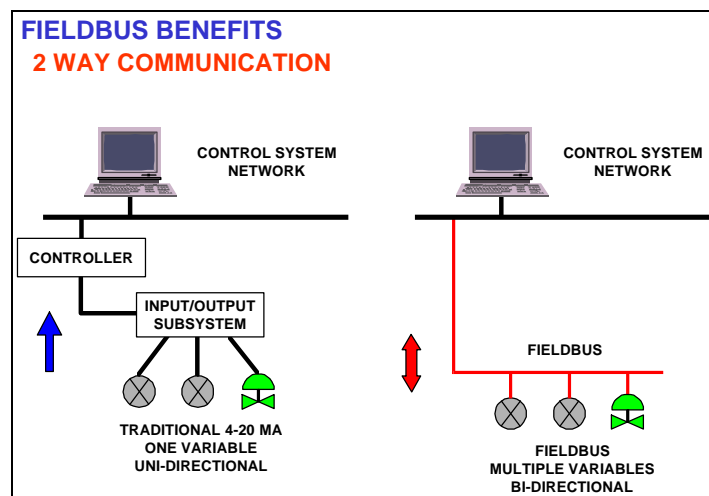


Figura 1.23 - Fluxo das informações nos sistemas tradicional e FIELDBUS

DOCUMENTAÇÃO BÁSICA

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

Podemos observar a seguir uma tabela comparativa:

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

Tabela 1.5 - Comparação entre SDCD e FIELDBUS

ANÁLISE DE CADA DOCUMENTO

a) Revisão de Fluxogramas de engenharia

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

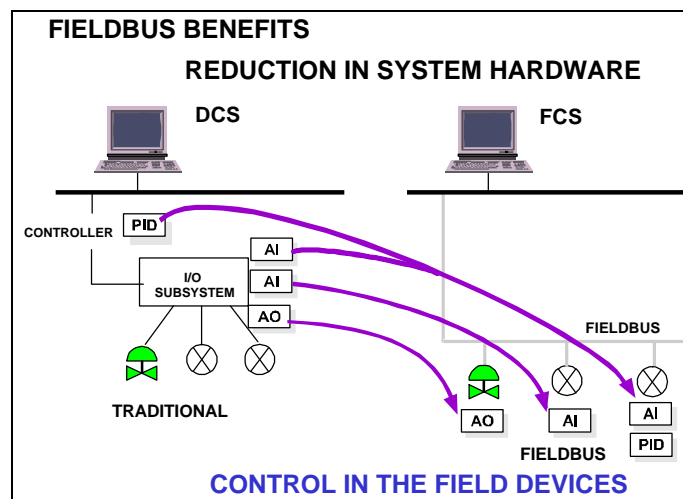


Figura 1.24 - Redução no hardware com a implementação de transmissores "inteligentes"

b) Diagrama de malhas

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

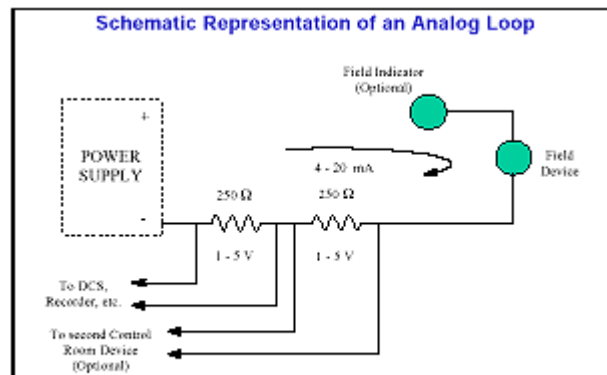


Figura 1.25 - Representação esquemática de um loop analógico para sistemas convencionais

c) Diagrama Funcional

Este documento não sofrerá alterações.

d) Diagrama Lógico

Este documento não sofrerá alterações.

e) Base de Dados de configuração de controle e supervisão

Haverá praticamente o mesmo volume de trabalho.

f) Planta de instrumentação

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

g) Detalhes típicos de instalação

Este documento não sofrerá alterações.

h) Arranjos de painéis

Na tecnologia FIELDBUS não serão gerados estes documentos.

i) Diagrama de interligação de painéis

Na tecnologia FIELDBUS não serão gerados estes documentos.

j) Diagrama de alimentação

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

k) Arranjo de armários

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

l) Lista de Cabos

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

m) Folhas de especificação.

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

n) Lista de Material

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