



Descrição Técnica PROFIBUS 2013



NOSSO COMPROMISSO

Nós somos e continuaremos sendo a organização líder mundial em redes digitais para a indústria e automação de processos, servindo nossos clientes, nossos membros e usuários com as melhores soluções, benefícios e informações.

Temos o compromisso de estabelecer, divulgar e proteger os padrões para a comunicação aberta na área de automação e controle de processos.

César Cassiolato - SMAR Equipamentos Ind. Ltda.

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento, Qualidade, Engenharia de Produtos - SMAR

Marco Aurélio Padovan - Sense Eletrônica Ltda

Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Leandro H. B. Torres - SMAR Equipamentos Ind. Ltda.

Vice-Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Robert Gries - Siemens

Vice-Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Adriano Oliveira - ARO Eleven Marketing Digital

Diretoria de Marketing

Márcio Venturelli - DLG Automação

Diretoria de Gerenciamento de Ativos

Erick Maran - Westcon

Diretoria de Instalação de Redes Profibus

Carlos Augusto Ribeiro – DLG Automação

Diretoria de Profibus DP/PA

Daniel Coppini - Siemens

Diretoria de Profinet

ÍNDICE

1.	Fatores motivadores no uso da Comunicação Digital	3
2.	Tecnologia PROFIBUS	6
2.1.	Perfil de Comunicação (Communication Profile)	8
2.2.	Perfil físico (Physical Profile).....	8
2.3.	Perfil de Aplicação (Application Profile)	9
3.	Características Básicas	10
3.1	Arquitetura do protocolo	10
3.2.	Meio de transmissão RS485	11
3.3	Meio de transmissão IEC 61158-2.....	22
3.4	Meio de transmissão com fibra ótica.....	35
3.5	Protocolo de Acesso ao Meio PROFIBUS.....	36
4.	Perfil de Comunicação DP	41
4.1.	Funções básicas	41
4.2	Funções estendidas do PROFIBUS-DP.....	47
5.	Perfil de Comunicação FMS	57
5.1	FMS Services.....	58
5.2	Gerenciamento de rede	61
6.	Perfil de Aplicação (Application Profile).....	62
6.1	Automação de processo (PA).....	62
6.2	Aplicações "Failsafe"	67
6.3	Automação Predial.....	69
6.4	Perfis de Aplicação para tipos de dispositivos especiais	69
7.	Desenvolvimento de Dispositivos	73
7.1	Arquivos "GSD"	73
7.2	Ident Number	74
7.3	Descrição eletrônica do dispositivo (EDD).....	74
7.4	Conceito FDT (Fieldbus Device Tool).....	75
7.5	Gerenciamento de Ativos	76
8.	Opções de Implementação	78
8.1	Implementação de dispositivos simples	79
8.2	Implementação de dispositivos inteligentes	79
8.3	Implementação de mestres complexos	79
8.4	Implementação de interfaces IEC 61158-2.....	79
9.	Certificação de Dispositivos	81
10.	Novos Desenvolvimentos Técnicos.....	90
11.	Profissionais Certificados	91
12.	Centro de Competência e Treinamento PROFIBUS (CPP)	92
13.	Perspectivas	94
14.	Lista de Abreviações	95

1. Fatores motivadores no uso da Comunicação Digital

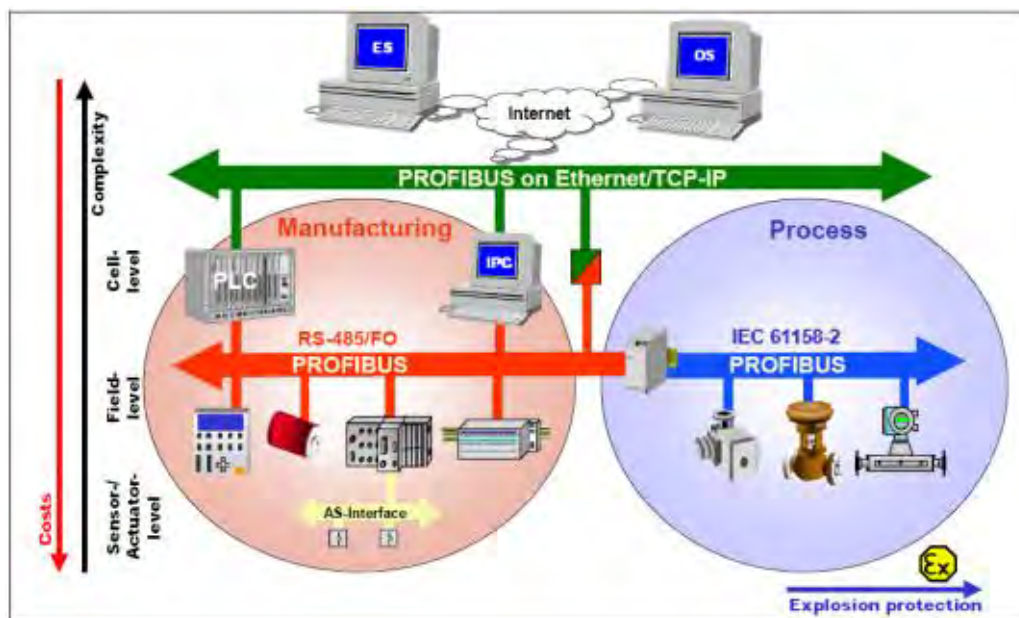


Figura 1: Comunicação Industrial

A necessidade de automação na indústria e nos mais diversos segmentos está associada, entre diversos aspectos, às possibilidades de aumentar a velocidade de processamento das informações, uma vez que as operações estão cada vez mais complexas e variáveis, necessitando de um grande número de controles e mecanismos de regulação para permitir decisões mais ágeis e, portanto, aumentar os níveis de produtividade e eficiência do processo produtivo dentro das premissas da excelência operacional.

A automação permite economias de energia, força de trabalho e matérias-primas, um melhor controle de qualidade do produto, maior utilização da planta, aumenta a produtividade e a segurança operacional. Em essência, a automação nas indústrias permite elevar os níveis de continuidade e de controle global do processo com maior eficiência, aproximar ao máximo a produção real à capacidade nominal da planta, ao reduzir ao mínimo possível as horas paradas, de manutenção corretiva e a falta de matéria-prima.

Além disso, com o advento dos sistemas de automação baseado em redes de campo e tecnologia digital, pode-se ter vários benefícios em termos de manutenção e aumentar a disponibilidade e segurança operacional. E ainda, a automação extrapola os limites de chão de fábrica, ela continua após o produto acabado, atingindo fronteiras mais abrangentes; a automação do negócio. Quanto mais informação, melhor uma planta pode ser operada e sendo assim, mais produtos pode gerar e mais lucrativa pode ser.

A informação digital e os sistemas verdadeiramente abertos permitem que se colete informações dos mais diversos tipos e finalidades de uma planta, como ninguém jamais imaginou e neste sentido, com a tecnologia Profibus pode-se transformar preciosos bits e bytes em um relacionamento lucrativo e obter também um ganho qualitativo do sistema como um todo.

A revolução da comunicação industrial na tecnologia da automação está revelando um enorme potencial na otimização de sistemas de processo e tem feito uma importante contribuição na direção da melhoria no uso de recursos. A seguir veremos o PROFIBUS como um elo de ligação central no fluxo de informações na automação.

A tecnologia da informação tem sido determinante no desenvolvimento da tecnologia da automação alterando hierarquias e estruturas nos mais diversos ambientes industriais assim como setores, desde as

indústrias de processo e manufatura até prédios e sistemas logísticos. A capacidade de comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados, abertos e transparentes são componentes indispensáveis do conceito de automação de hoje. A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos. De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação, tais como Ethernet, PROFIBUS e AS-Interface, oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais.

No nível de atuadores/sensores o AS-Interface (AS-i) é o sistema de comunicação de dados ideal, pois os sinais binários de dados são transmitidos via um barramento extremamente simples e de baixo custo, juntamente com a alimentação (24Vdc) necessária para alimentar estes mesmos sensores e atuadores. Outra característica importante é que os dados são transmitidos ciclicamente, de uma maneira extremamente eficiente e rápida.

No nível de campo, a periferia distribuída, tais como módulos de Entrada/Saída (E/S), transdutores, acionamentos (*drives*), válvulas e painéis de operação, comunicam-se com sistemas de automação via um eficiente sistema de comunicação em tempo real, o PROFIBUS-DP ou PA. A transmissão de dados do processo e diagnósticos é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e também diagnósticos são transmitidos aciclicamente, somente quando necessário.

No nível de célula, os controladores programáveis, tais como CLP's e PC's comunicam-se uns com os outros, o que requer grandes pacotes de dados e um grande número de funções poderosas de comunicação. Além disto, uma integração eficiente aos sistemas de comunicação corporativos existentes, tais como: Intranet, Internet e Ethernet é um requisito absolutamente mandatório, o que o PROFInet pode suprir. A rede PROFInet suporta dispositivos de campo simples e aplicações de tempo crítico, bem como a integração de sistemas de automação distribuídos baseados em componentes.

Nos últimos anos temos acompanhado que os mercados de instrumentação e automação vêm demandando equipamentos de campo (transmissores de pressão e temperatura, conversores, posicionador, atuadores, controladores, etc.) com alta performance, confiabilidade, disponibilidade, recursividade, etc, com a intenção de minimizar consumos, reduzir a variabilidade dos processos, proporcionar a redução de custos operacionais e de manutenção, assim como garantir a otimização e melhoria continua dos processos.

Por outro lado, os microprocessadores/microcontroladores estão se tornando mais poderosos e mais baratos e, os fornecedores na instrumentação vem respondendo às demandas dos usuários por mais e melhores informações em seus processos.

A tecnologia Profibus é rica no fornecimento de informação, não somente pertinente ao processo, mas em especial dos equipamentos de campo. Desta forma, condições de auto-diagnoses podem poupar custos operacionais e de manutenção, principalmente em áreas classificadas (perigosas) ou mesmo em áreas de difícil acesso. Da própria sala de controle pode-se ter uma visão geral do sistema e ainda com ferramentas baseadas em Internet, a qualquer hora e de qualquer lugar. Através de um gerenciamento destas informações vindas do campo, pode-se selecionar convenientemente os dados para se atingir os objetivos de produção, direcionando as informações às pessoas e/ou departamentos corretos e agindo de maneira a melhorar os processos.

Percebe-se aqui que todas estas evoluções tecnológicas e a consolidação do Profibus fazem com que os sistemas de automação e controle, equipamentos de campo, controladores, etc, possam assumir funções antes inimagináveis, como o controle de contínuo e discretas, tempos de varreduras menores, arquiteturas redundantes, gerenciamento e tráfego de informação, disponibilidade de informações para IHMs, Internet, geração de relatórios, gerenciamento de ativos, altos níveis de segurança, etc. Tudo isso, aliado à confiabilidade industrial tanto de hardware quanto de software.

Fatores motivadores na utilização de um sistema Profibus comparado com um sistema convencional

Além da padronização, outro fator importante que acelerou o desenvolvimento industrial, nas últimas décadas, foi a substituição dos tradicionais sistemas *SCDs* (*Sistema de Controle Direto*) pelos sistemas *baseado em redes*. Nos primeiros, as tarefas de controle eram concentradas em apenas uma estação central, e a comunicação com os equipamentos (transmissores, atuadores) da planta era realizada através de uma conexão do tipo *ponto a ponto*, que requeria ao menos um par de fios para cada equipamento. Nem sempre havia a disponibilidade de comunicação.

Com o passar dos anos, os processos industriais foram se tornando cada vez mais complexos, os equipamentos mais inteligentes e a quantidade de equipamentos no processo cada vez maior. Diante deste cenário, os sistemas *SCDs* deixaram de ser satisfatórios para a aplicação, devido ao aumento significativo de cabos e, principalmente, à perda de desempenho no sistema causada pelo processamento de grande quantidade de dados. Alguns fabricantes ainda tentam ajustar seus sistemas com cartões de comunicação com interfaces proprietárias, mas no todo a um comprometimento de performance.

Os sistemas *fieldbus* (onde se tem o *Profibus*) trouxeram para a indústria muitas vantagens em relação aos sistemas *SCDs*, dentre as quais destacam-se:

- Sistemas abertos, padronizados e interoperáveis
- Grande imunidade a ruídos externos.
- Maiores taxas de transmissão.
- Varias topologias físicas de rede.
- Facilidade na instalação, configuração e manutenção do sistema.
- Modularidade e facilidade de expansão
- Redução de custo em cabos e hardware.
- Fácil acesso as informações de campo
- Ferramentas avançadas de software
- Acesso Remoto
- Gerenciamento de Ativos
- Menos susceptibilidade à falhas e gerenciamento de alarmes
- Maior disponibilidade
- Segurança.
- Determinismo
- Redução do custo total em várias etapas: projeto, instalação, operação e manutenção.
- Etc.

Definir uma solução de automação com redes digitais é uma decisão importante. Entre os diversos protocolos existentes para a comunicação em ambiente industrial, o PROFIBUS tem se mostrado excelente, com seu baixo custo, alta confiabilidade, simplicidade e características de tempo real, interoperável e aberto, modular, expansível e com suporte no Brasil.

2. Tecnologia PROFIBUS

Um pouco de história

A história do PROFIBUS começa na aventura de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto desta aventura, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em fieldbus. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bitserial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo. Por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos.

Um primeiro passo foi a especificação do protocolo de comunicações complexas PROFIBUS FMS (Especificação de Mensagens Fieldbus), que foi preparado para exigência de tarefas de comunicação.

Um passo mais adiante em 1993 foi a conclusão da especificação para uma variante mais simples e com comunicação mais rápida, o PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada). Este protocolo está disponível agora em três versões funcionais, o DP-V0, DP-V1 e DP-V2.

Baseado nestes dois protocolos de comunicação, acoplado com o desenvolvimento de numerosos perfis de aplicações orientadas e um número de dispositivos de crescimento rápido, o PROFIBUS começou seu avanço inicialmente na automação manufatura e desde 1995 na automação de processos com a introdução do PROFIBUS-PA. Hoje, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial.

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em sete partes, nomeadas 61158-1 a 61158-6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI. Nessa versão houve a expansão que incluiu o DPV-2. Mundialmente, os usuários podem agora se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade, confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores.

Hoje, estima-se um número próximo de 36 milhões de nós instalados com tecnologia PROFIBUS e mais de 1000 plantas com tecnologia PROFIBUS-PA. São 24 organizações regionais (RPAs) e 35 Centros de Competência em PROFIBUS (PCCs), localizados estrategicamente em diversos países, de modo a oferecer suporte aos seus usuários, inclusive no Brasil, junto a Escola de Engenharia de São Carlos-USP, existe o único PCC da América Latina.

- Mais de 1400 associados ao redor do mundo
- Próximo de 36 milhões de nós instalados com sucesso
- Mais de 3000 produtos e mais de 2000 fornecedores, atendendo às mais diversas necessidades de aplicações.
- Um extensivo catálogo de produtos pode ser obtido no site www.PROFIBUS.com
- Para referência e suporte na América Latina acesse www.PROFIBUS.org.br

Em termos de desenvolvimento, vale a pena lembrar que a tecnologia é estável, porém não é estática. As empresas-membro do PROFIBUS *International* estão sempre reunidas nos chamados *Work Groups* atentas às novas demandas de mercado e garantindo novos benefícios com o advento de novas características.

Documento IEC 61158	Conteúdos	Camada OSI
IEC 61158-1	Introdução	
IEC 61158-2	Especificação da camada física e definição de serviço.	1
IEC 61158-3	Definição do link de dados.	2
IEC 61158-4	Especificação do protocolo do link de dados.	2
IEC 61158-5	Definição de serviço da camada de aplicação..	7
IEC 61158-6	Especificação de protocolo da camada de aplicação.	7

Tabela 1 – IEC 61158-2 e o modelo

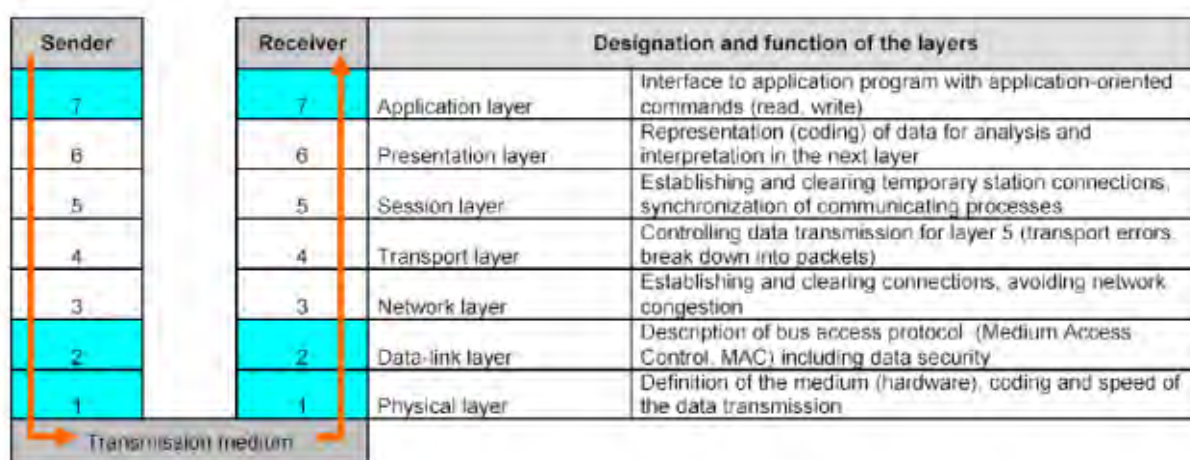


Figura 2: Modelo de referência OSI

O PROFIBUS pode ser usado tanto em aplicações com transmissão de dados em alta velocidade como em tarefas complexas e extensas de comunicação.

Através de seu contínuo esforço de desenvolvimento tecnológico, o PROFIBUS é o sistema de comunicação industrial mais bem preparado para o futuro. A Organização de Usuários PROFIBUS está atualmente trabalhando na implementação de novos conceitos universais.

PROFIBUS oferece diferentes perfis de comunicação (Communication Profile) que, de acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão (Physical Profile) qualquer um dos seguintes padrões: RS485, IEC 61158-2 ou Fibra Ótica.

O Perfil da Aplicação (Application Profile) define as opções do protocolo e da tecnologia de transmissão requerida nas respectivas áreas de aplicação e para os vários tipos de dispositivos. Estes perfis também definem o comportamento do dispositivo.

2.1. Perfil de Comunicação (Communication Profile)

O perfil de comunicação PROFIBUS define como os dados serão transmitidos serialmente através do meio de comunicação.

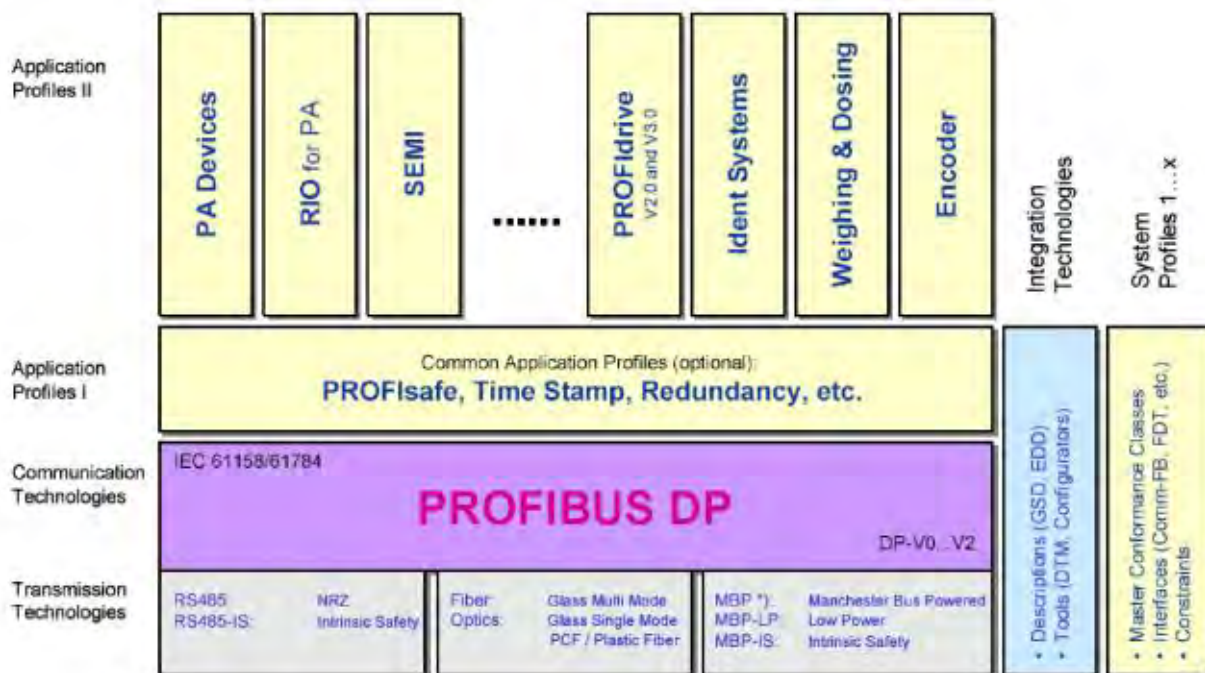


Figura 3: Estrutura da Tecnologia PROFIBUS

PROFIBUS-DP - Periferia Descentralizada (Decentralized Periphery)

O DP é o perfil mais utilizado. Otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo, foi projetado especialmente para a comunicação entre sistemas de controle de automação e seus respectivos I/O's distribuídos em nível de dispositivo. O PROFIBUS-DP pode ser usado para substituir a transmissão de sinal em 24 V em sistemas de automação de manufatura assim como para a transmissão de sinais de 4 a 20 mA ou HART em sistemas de automação de processo.

PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification)

O PROFIBUS-FMS é o perfil de comunicação universal para tarefas de comunicação complexas. FMS oferece muitas funções sofisticadas de comunicação entre dispositivos inteligentes. Atualmente, com o advento do PROFInet, o FMS tem um papel menos significativo.

2.2. Perfil físico (Physical Profile)

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Assim sendo, aos requisitos de uso genérico, tais como alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e alta velocidade de transmissão, soma-se as exigências específicas da área automação de processos tais como operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, etc. Partindo-se do princípio de que não é possível atender a

todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos básicos de meio físicos de comunicação disponíveis no PROFIBUS:

- **RS485** para uso universal, em especial em sistemas de automação da manufatura;
- **IEC 61158-2** para aplicações em sistemas de automação em controle de processo;
- **Fibra Ótica** para aplicações em sistemas que demandam grande imunidade à interferências e grandes distâncias.

Atualmente, estão sendo feitos desenvolvimentos e produtos com tecnologia em infravermelho e wireless já estão disponíveis.

Links e acopladores são disponíveis para acoplamento entre os vários meios de transmissão. Enquanto o termo Acoplador (Couplers) aplica-se à dispositivos que implementam o protocolo somente no que se refere ao meio físico de transmissão, o termo Link se aplica aos dispositivos inteligentes que oferecem maiores opções na operação entre subredes.

2.3. Perfil de Aplicação (Application Profile)

O perfil de Aplicação descreve a interação do protocolo de comunicação com o meio de transmissão que está sendo utilizado, além de definir o comportamento do dispositivo durante a comunicação. O mais importante perfil de aplicação PROFIBUS é, atualmente, o perfil PA, que define os parâmetros e blocos de função para dispositivos de automação de processo, tais como transmissores, válvulas e posicionadores. Existem ainda alguns outros perfis disponíveis, tais como: ProfiSafe, Acionamentos (Drives), Interface Homem Máquina e Encoders, etc. os quais definem a comunicação e o comportamento destes equipamentos de uma maneira independente do fabricante.

Atualmente, 90% das aplicações envolvendo escravos PROFIBUS utilizam-se do PROFIBUS-DP. Essa variante está disponível em três versões: DP-V0 (1993), DP-V1 (1997) e DP-V2 (2002). A origem de cada versão aconteceu de acordo com o avanço tecnológico e a demanda das aplicações exigidas ao longo do tempo.

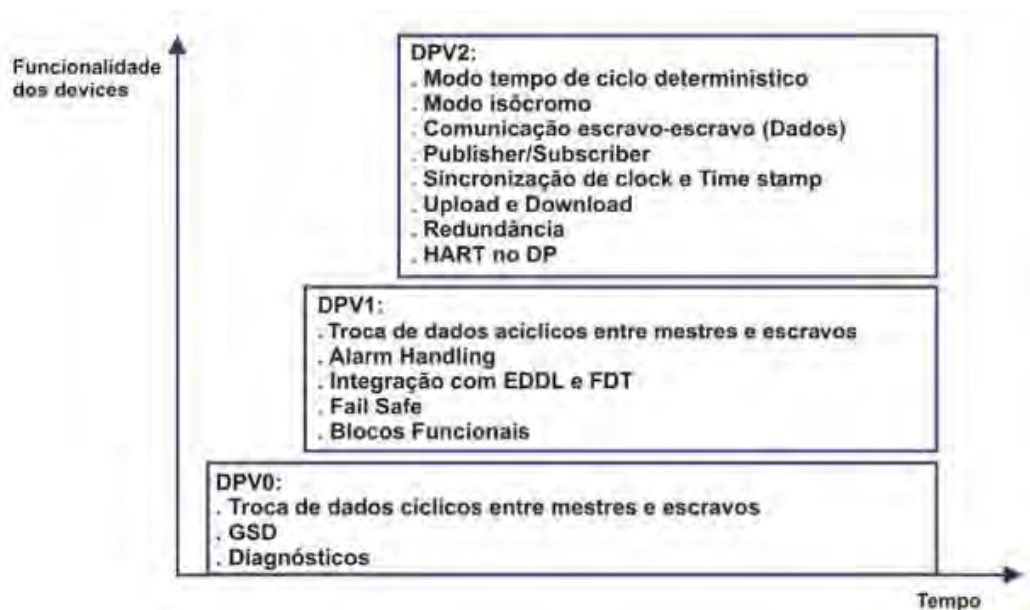


Figura 4 – Versões do PROFIBUS

3. Características Básicas

O PROFIBUS especifica as características técnicas e funcionais de um sistema de comunicação industrial, através do qual dispositivos digitais podem se interconectar, desde do nível de campo até o nível de células. O PROFIBUS é um sistema multi-mestre e permite a operação conjunta de diversos sistemas de automação, engenharia ou visualização, com seus respectivos dispositivos periféricos (por ex. I/O's). O PROFIBUS diferencia seus dispositivos entre mestres e escravos.

Dispositivos **mestres** determinam a comunicação de dados no barramento. Um mestre pode enviar mensagens, sem uma requisição externa, sempre que possuir o direito de acesso ao barramento (o token). Os mestres também são chamados de estações ativas no protocolo PROFIBUS.

Os dispositivos **escravos** são dispositivos remotos (de periferia), tais como módulos de I/O, válvulas, acionamentos de velocidade variável e transdutores ou mesmo os equipamentos em PROFIBUS-PA. Eles não têm direito de acesso ao barramento e só podem enviar mensagens ao mestre ou reconhecer mensagens recebidas quando solicitados. Os escravos também são chamados estações passivas. Já que para executar estas funções de comunicação somente uma pequena parte do protocolo se faz necessária, sua implementação é particularmente econômica.

3.1. Arquitetura do protocolo

O PROFIBUS é baseado em padrões reconhecidos internacionalmente, sendo sua arquitetura de protocolo orientada ao modelo de referência OSI (Open System Interconnection) conforme o padrão internacional ISO 7498. Neste modelo, a camada 1 (nível físico) define as características físicas de transmissão, a camada 2 (data link layer) define o protocolo de acesso ao meio e a camada 7 (application layer) define as funções de aplicação. A arquitetura do protocolo PROFIBUS é mostrado na figura 5.

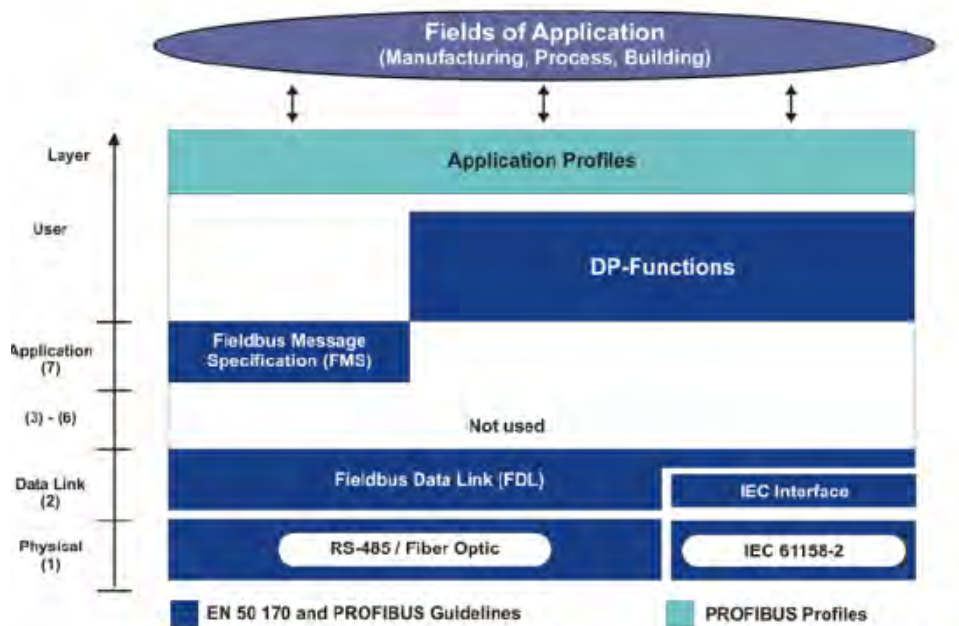


Figura 5: Arquitetura do protocolo

O PROFIBUS-DP usa somente as camadas 1 e 2, bem como a interface do usuário. As camadas 3 a 7 não são utilizadas. Esta arquitetura simplificada assegura uma transmissão de dados eficiente e rápida. O *Direct Data Link Mapper* (DDL) proporciona à interface do usuário acesso fácil à camada 2. As funções de aplicação disponíveis ao usuário, assim como o comportamento dos dispositivos e do sistemas dos vários tipos de dispositivos DP, são especificados na Interface do Usuário.

No PROFIBUS-FMS as camadas 1, 2 e 7 são de especial importância. A camada de aplicação é composta do FMS (Fieldbus Message Specification) e do LLI (Lower Layer Interface). O FMS define uma ampla seleção de serviços de comunicação mestre-mestre ou mestre-escravo. O LLI define a representação destes serviços FMS no protocolo de transmissão de dados.

3.2. Meio de transmissão RS485

O padrão RS 485 é a tecnologia de transmissão mais frequentemente encontrada no PROFIBUS. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão aliada à uma instalação simples e barata são necessárias. Um par trançado de cobre blindado (shieldado) com um único par condutor é o suficiente neste caso.

A tecnologia de transmissão RS 485 é muito fácil de manusear. O uso de par trançado não requer nenhum conhecimento ou habilidade especial. A topologia por sua vez permite a adição e remoção de estações, bem como uma colocação em funcionamento do tipo passo-a-passo, sem afetar outras estações. Expansões futuras, portanto, podem ser implementadas sem afetar as estações já em operação.

Taxas de transmissão entre 9.6 kbit/s e 12 Mbit/s podem ser selecionadas, porém uma única taxa de transmissão é selecionada para todos dispositivos no barramento, quando o sistema é inicializado.

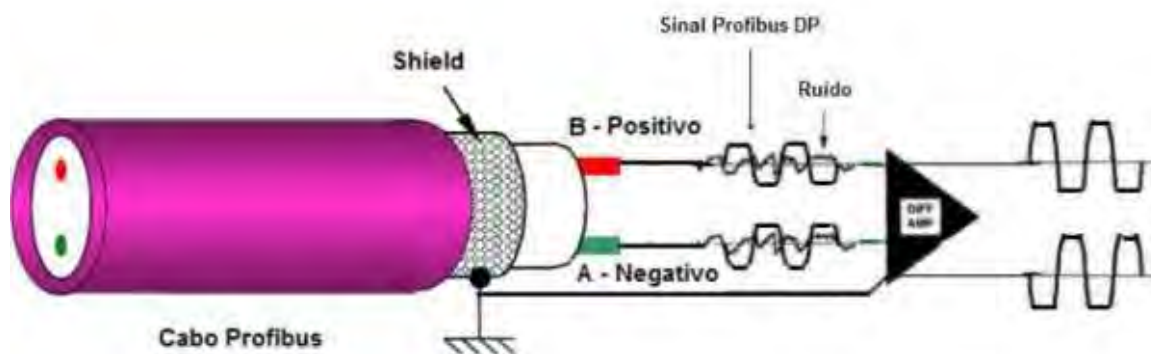


Figura 6 – Segmentação em Instalações PROFIBUS

Instruções de instalação para o RS485

Sempre que possível, consulte a EN50170 e a IEC60079-14 para as regulamentações físicas, assim como para as práticas de segurança em instalações elétricas em atmosferas explosivas.

É necessário agir com segurança nas medições, evitando contatos com terminais e fiação, pois a alta tensão pode estar presente e causar choque elétrico. Lembre-se que cada planta e sistema tem seus detalhes de segurança. Informar-se deles antes de iniciar o trabalho é muito importante.

Para minimizar o risco de problemas potenciais relacionados à segurança, é preciso seguir as normas de segurança e de áreas classificadas locais aplicáveis que regulam a instalação e operação dos equipamentos. Estas normas variam de área para área e estão em constante atualização. É

responsabilidade do usuário determinar quais normas devem ser seguidas em suas aplicações e garantir que a instalação de cada equipamento esteja de acordo com as mesmas.

Uma instalação inadequada ou o uso de um equipamento em aplicações não recomendadas podem prejudicar a performance de um sistema e conseqüentemente a do processo, além de representar uma fonte de perigo e acidentes. Devido a isto, recomenda-se utilizar somente profissionais treinados e qualificados para instalação, operação e manutenção.

Repetidores

Para casos com mais de 32 estações ou para redes densas, devem ser utilizados repetidores. Segundo a EN50170, um máximo de quatro repetidores são permitidos entre duas estações quaisquer. Dependendo do fabricante e das características do repetidor, é permitido instalar até nove repetidores em cascata. Recomenda-se não utilizar uma quantidade maior que a permitida, devido aos atrasos embutidos na rede e ao comprometimento com o *slot time* (tempo máximo que o mestre irá esperar por uma resposta do *slave*). Veja Figuras 7.1 e 7.2.

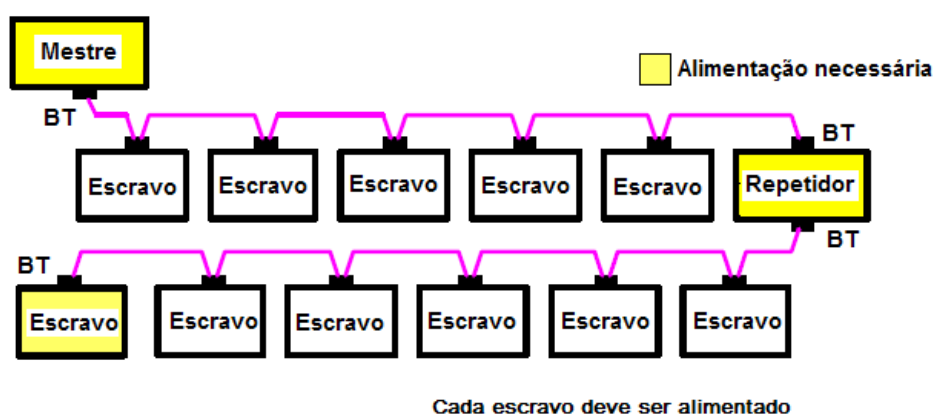


Figura 7.1 – Segmentação em Instalações PROFIBUS

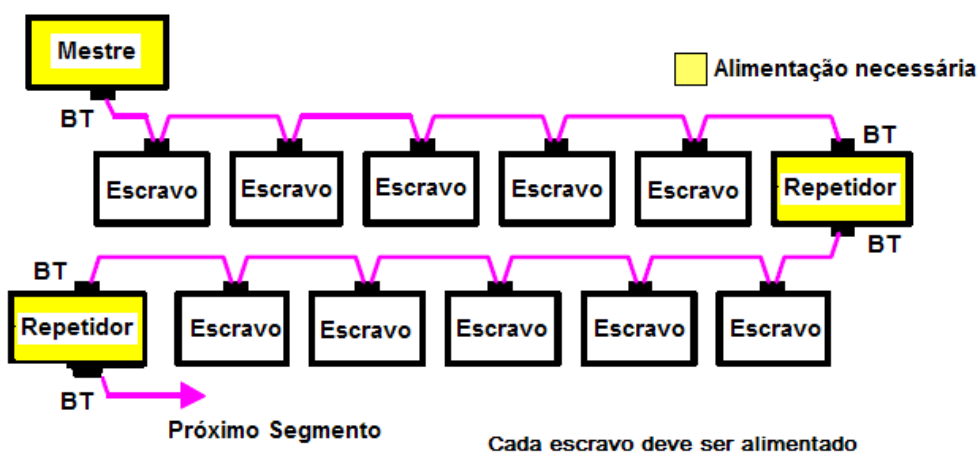


Figura 7.2 – Regra Geral de Segmentação, Repetidor e bus Terminador

O comprimento máximo do cabeamento depende da velocidade de transmissão, conforme a Tabela 2.

O padrão PROFIBUS considera a capacitância máxima para cada taxa de comunicação. A Tabela 2 apresenta os comprimentos máximos dos troncos principais e dos *spurs* em função do *baud rate*. A topologia e a distribuição do cabeamento são fatores que devem ser considerados para a proteção de EMI (Emissão Eletromagnética).

É válido ressaltar que em altas frequências os cabos se comportam como um sistema de transmissão com linhas cruzadas, refletindo energia e espalhando-a de um circuito a outro. Devem-se manter em boas condições as conexões, pois conectores inativos podem desenvolver resistência ou se tornar detectores de RF.

Baud Rate (kbit/s)	Tronco Máximo (m)	Spur Máximo (m)	Máxima Expansão (m)
9.6	500	500	10000
19.2	500	500	10000
93.75	900	100	10000
187,5	967	33	10000
500	380	20	4000
1500	193.4	6.6	2000
3000	100	0	1000
6000	100	0	1000
12000	100	0	1000

Tabela 2 – Comprimentos Máximos dos Troncos Principais e dos Spurs em função do Baud Rate.

A recomendação é acrescentar um repetidor onde há a necessidade em criar braços além do tronco principal. Na prática, pode-se ter uma margem de 5% destes comprimentos máximos, não havendo a necessidade de comprar um repetidor quando se ultrapassa os limites dentro desta proporção. Utiliza-se a seguinte regra para determinar a máxima distância entre duas estações conforme a taxa de comunicação, considerando o número de repetidores:

$$(N_{rep}+1)*seg$$

Onde N_{rep} é o número máximo de repetidores em série e seg é o comprimento máximo de um segmento de acordo com o *baud rate*.

Por exemplo, a uma taxa de 1500kbit/s (de acordo com a Tabela 2, é possível obter a distância máxima de 200m), o fabricante de um determinado repetidor recomenda que se utilizem no máximo nove repetidores em série, é possível obter:

$$(9+1)*200=2000(m)$$

Outro detalhe a ser observado na prática, de acordo com a Figura 7.2, é o uso dos terminadores de barramento, onde preferencialmente o mestre está localizado no início do barramento com um terminador ativo e o último escravo, o mais distante do mestre, também possui terminador ativo. Isto significa que o último escravo deve permanecer alimentado o tempo todo e durante sua manutenção ou reposição, pode haver comunicação intermitente com os outros *devices*.

Devido à arquitetura e/ou topologia, algo como a Figura 7.3 pode acontecer, onde o mestre está localizado no meio do barramento. Os terminadores devem estar localizados no primeiro escravo (o mais à esquerda

do mestre) e no último (o mais distante), mantendo-os sempre energizados. Durante a manutenção ou reposição, pode haver comunicação intermitente com os outros *devices*.

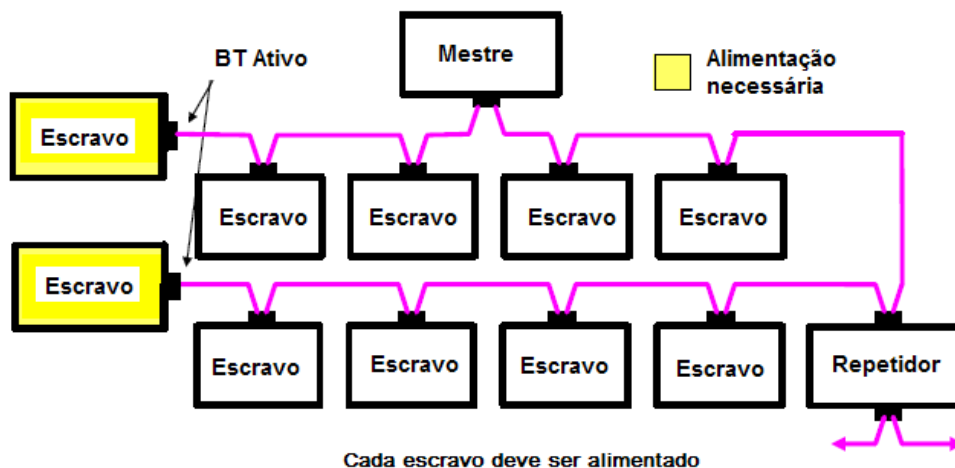


Figura 7.3 – Mestre Localizado no Meio do Barramento.

ATENÇÃO

Alguns repetidores não se programam automaticamente com a taxa de comunicação e nem mesmo possuem indicação luminosa de alimentação ativa. É comum o uso de repetidores onde se tem diferença de potencial de terra, assim como para isolar galvanicamente duas áreas. Alguns fornecedores de CCMs já incluem repetidores em suas soluções. O repetidor pode possuir endereço na rede PROFIBUS.

É aconselhado evitar colocar estações baseadas em PC como último elemento da rede, pois durante o *reset* a linha de +5V no conector 9-in sub D fica desabilitada e pode causar comunicação intermitente. Neste caso, costuma-se utilizar terminação ativa (existem módulos terminadores alimentados e que podem ser conectados independente dos escravos).

As características desejáveis de um cabo PROFIBUS-DP são:

- Área condutora: 0.34 mm² (AWG 22);
- Impedância: 35 a 165 Ω (nominal 150 Ω) nas frequências de 3 a 20 MHz;
- Capacitância: < 30 pF/m;
- Resistência de *Loop*: < 110 Ω/km;
- Para o cabo tipo A, a maior distância é 1200 m.

A resistência de *loop* é determinada da seguinte maneira: através de um curto-circuito entre os conectores em uma das extremidades do cabo, mede-se a resistência entre os dois conectores na outra extremidade com um multímetro e aplicam-se os valores à seguinte fórmula:

$$resistencia\ de\ loop\ (R_s)\ (\Omega / Km) = \frac{valor\ medido\ (\Omega) * 1000\ (m)}{comprimento\ do\ cabo\ tomado\ como\ referencia\ (m)}$$

Onde o valor medido (Ω) = Rm. O valor de Rs deve ser $< 110 \Omega/\text{Km}$.

É necessário lembrar que cabos com capacitâncias maiores podem deformar as bordas e as formas do sinal de comunicação com o baud rate e a comunicação intermitente pode prevalecer. Cabos onde a resistência de *loop* é muito alta e a capacitância for menor que 30pF/m podem ser utilizados, mas a atenção deve estar voltada para a atenuação do sinal.

Os fabricantes de cabos recomendam a temperatura de operação entre -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$. Deve-se verificar os pontos críticos de temperatura por onde o cabeamento passa e se o cabo suporta a mesma. Como exemplo, tem-se que a resistência de *loop* de um cabo tipo A PROFIBUS RS485 é 110Ω a 20°C , podendo haver um aumento de $0,4\%/^{\circ}\text{C}$.

Existem algumas regras que devem ser seguidas em termos do cabeamento e separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Deve-se preferencialmente utilizar bandejamentos ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme Tabela 3. Nunca se deve passar o cabo PROFIBUS ao lado de linhas de alta potência, pois a indução é uma fonte de ruído e pode afetar o sinal de comunicação.

	Cabo de comunicação PROFIBUS-DP	Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e $< 400\text{Vac}$	Cabos com e sem shield $> 400\text{Vac}$	Qualquer cabo sujeito à exposição de raios
Cabo de comunicação PROFIBUS-DP		10 cm	20 cm	50 cm
Cabos com e sem shield	10 cm		10 cm	50 cm
60 Vdc ou 25 Vac e $< 400\text{ Vac}$				
Cabos com e sem shield: $> 400\text{ Vac}$	20 cm	10 cm		50 cm
Qualquer cabo sujeito à exposição de raios	50 cm	50 cm	50 cm	

Tabela 3 – Distâncias de Separação entre Cabeamentos.

Em termos de cabo, não existe nenhuma nomenclatura padrão, mas na prática tem-se adotado:

- Para condutores: verde (A, negativo);
- Para as linhas de dados: vermelho (B, positivo)

É conveniente que se utilize as linhas A e B de forma continuada ao longo de todo barramento, evitando inversões e cruzamentos de cabos. Se não for possível evitar o cruzamento de cabos, aconselha-se realizar cruzamentos perpendiculares.

Shield e Aterramento

O *shield* (a malha, assim como a lâmina de alumínio) deve ser conectado ao terra funcional do sistema em cada estação e em ambas as extremidades do cabo, de tal forma a proporcionar uma ampla área de conexão com a superfície condutiva aterrada.

Em casos onde se tem um diferencial de tensão entre áreas recomenda-se passar junto ao cabeamento uma linha de equalização de potencial (a própria calha metálica pode ser usada ou um cabo AWG 10-12). Veja Figura 5.4. Deve existir uma conexão equipotencial adequada entre prédios e instalações externas, independente dos cabos PROFIBUS. De acordo com a norma IEC 60364-5-54, os condutores devem ter a seguinte área:

- Cobre 6 mm²
- Alumínio ... 16 mm²
- Aço.. 50 mm²

Quando se tem o aterramento nas duas extremidades, a proteção é mais efetiva para uma ampla faixa de frequência, ao contrário do aterramento em uma só extremidade, onde é mais eficaz para as baixas frequências.

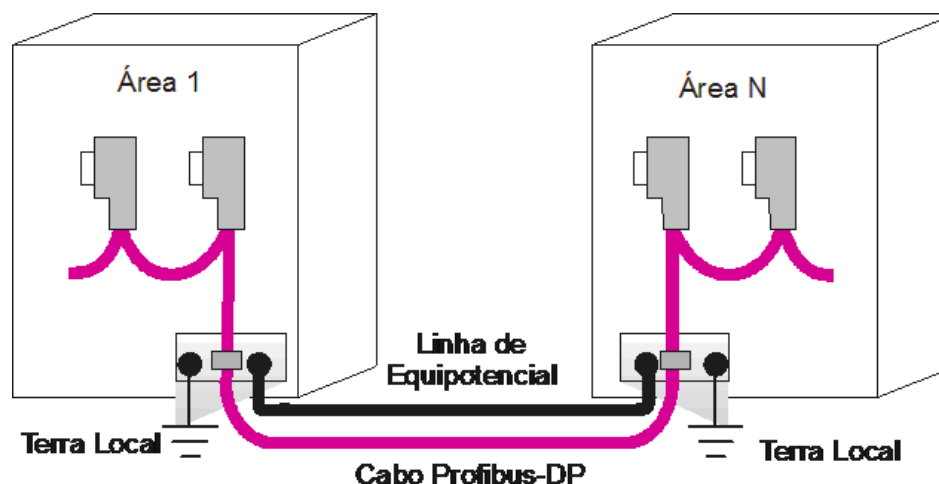


Figura 8.1 – Linha de Equipotencial

Em áreas perigosas deve-se sempre fazer o uso das recomendações dos órgãos certificadores e das técnicas de instalação exigidas pela classificação das áreas. Um sistema intrinsecamente seguro deve possuir componentes que devem ser aterrados e outros que não. O aterramento tem a função de evitar o aparecimento de tensões consideradas inseguras na área classificada. Na área classificada evita-se o aterramento de componentes intrinsecamente seguros, a menos que o mesmo seja necessário para fins funcionais, quando se emprega a isolação galvânica. A normalização estabelece uma isolação mínima de 500 Vac. A resistência entre o terminal de aterramento e o terra do sistema deve ser inferior a 1Ω. No Brasil, a NBR-5418 regulamenta a instalação em atmosferas potencialmente explosivas.

Outro cuidado que deve ser tomado é o excesso de terminação. Alguns dispositivos possuem terminação *on-board*.

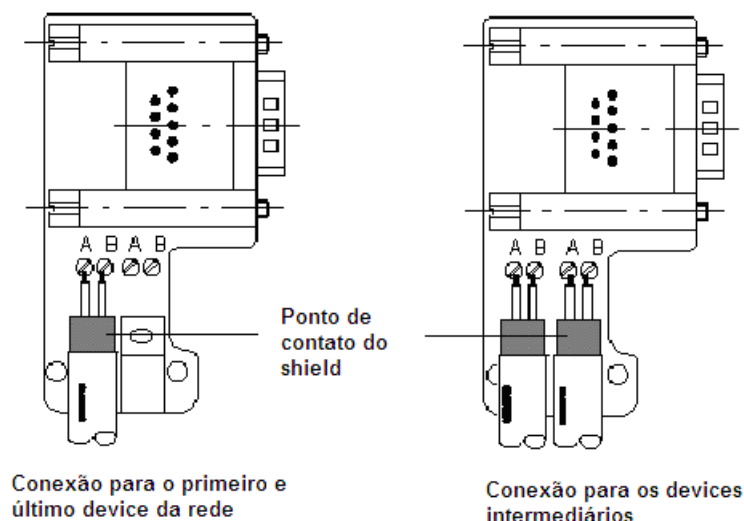


Figura 8.2 – Detalhe do Conector Típico 9-Pin Sub D

A Figura 8.3 apresenta detalhes de cabeamento, *shield* e aterramento quando se tem áreas distintas. Quanto ao aterramento, recomenda-se agrupar circuitos e equipamentos com características semelhantes de ruído em distribuição em série e unir estes pontos em uma referência paralela. Recomenda-se aterrar as calhas e bandejamentos.

Um erro comum é o uso de terra de proteção como terra de sinal. Vale lembrar que este terra é muito ruidoso e pode apresentar alta impedância. É interessante o uso de malhas de aterramento, pois apresentam baixa impedância. Condutores comuns com altas frequências apresentam a desvantagem de terem alta impedância. Os *loops* de correntes devem ser evitados. O sistema de aterramento deve ser visto como um circuito que favorece o fluxo de corrente sob a menor indutância possível.

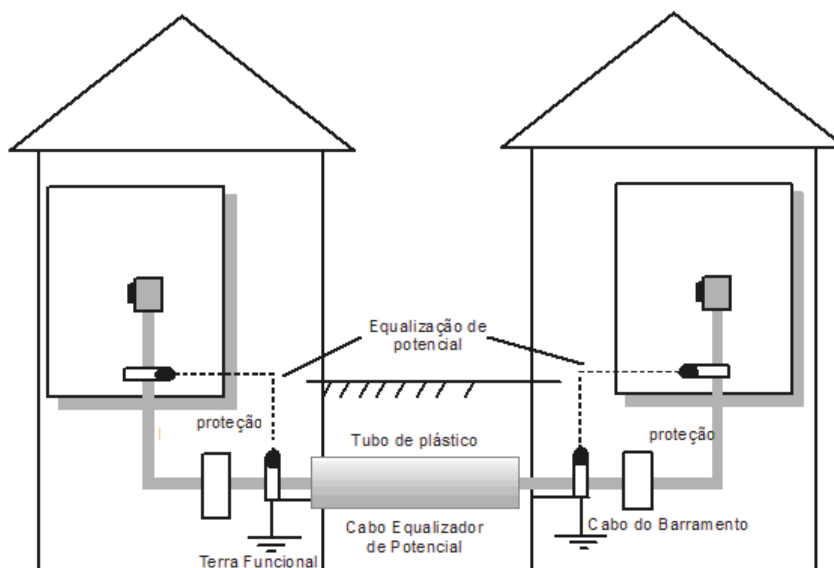


Figura 8.3 – Detalhe de Cabeamento em Áreas Distintas com Potenciais de Terras Equalizados

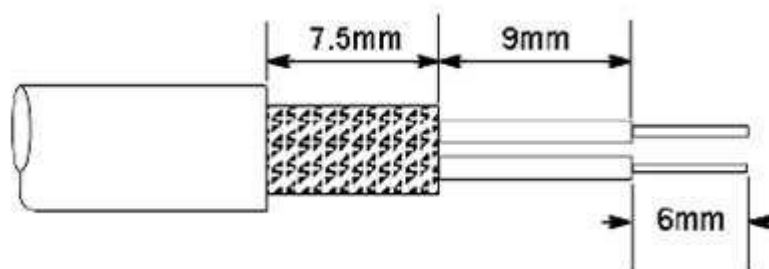


Figura 8.4 – Detalhe da Preparação do Cabo PROFIBUS

Algumas recomendações:

- Deve-se evitar *splice*, ou seja, qualquer parte da rede que tenha comprimento descontínuo de um meio condutor especificado, por exemplo, remoção de blindagem, troca do diâmetro do fio, conexão a terminais nus, etc. Em redes com comprimento total maior que 400 m, a somatória dos comprimentos de todos os *splices* não deve ultrapassar 2 % do comprimento total e ainda, em comprimentos menores que 400m, não deve exceder 8 m.
- Em áreas sujeitas à exposição de raios e picos de alta voltagem, é indicado utilizar os protetores de surtos. Toda vez que houver uma distância efetiva maior que 100m na horizontal ou 10m na vertical entre dois pontos aterrados, recomenda-se o uso de protetores de transientes. Na prática, na horizontal, entre 50 e 100m, recomenda-se o uso dos mesmos;
- Quando a taxa de comunicação for maior ou igual a 1.5 MBit/s, é recomendado ter pelo menos 1m de cabo entre dois equipamentos DP. A capacitância de entrada dos dois equipamentos compensará o cabo, a fim de preservar a impedância comum. Quando se tem uma distância menor, a capacitância de entrada pode causar reflexões. Em taxas inferiores a 1.5 MBit/s este efeito é bem menor. Existem conectores com indutores de 110nF que são adequados quando se tem menos de 1m de cabo entre as estações, fazendo a compensação, preservando a impedância comum.
- O sinal fieldbus deve ser isolado das fontes de ruídos, como cabos de força, motores, inversores de frequência. O ideal é ter o cabo PROFIBUS em guias e calhas separadas;
- Quando utilizar cabos multivias, não se devem misturar sinais de vários protocolos;
- Quando possível, utilizar filtros de linha, ferrites para cabo, supressores de transientes, centelhadores (*spark gaps*), *feedthru* e isoladores óticos para proteção;
- Utilizar canaletas de alumínio onde se tem a blindagem eletromagnética externa e interna. São praticamente imunes as correntes de *Foucault* devido à boa condutibilidade elétrica do alumínio;
- Para a taxa de 12 Mbits/s, recomenda-se colocar conectores com indutores de 110 nH, conforme a Figura 8.5;
- Para cada equipamento, antes de instalá-lo, ler cuidadosamente seu manual e as recomendações do fabricante;
- Em casos onde existem problemas com distâncias ou alta susceptibilidade a ruídos, recomenda-se o uso de fibras óticas, onde é possível estender a mais de 80Km (fibras sintéticas);
- É comum o uso de *link* ótico. Neste caso, recomenda-se estar atento ao uso de repetidores óticos(OLM). Veja Figura 8.6;
- Sempre verificar o endereçamento. No PROFIBUS-DP é comum ser local, através de *dip switches*.

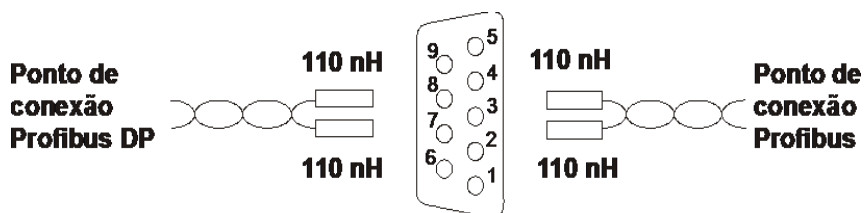


Figura 8.5 – Conexão de Conectores e Indutores na Rede PROFIBUS-DP

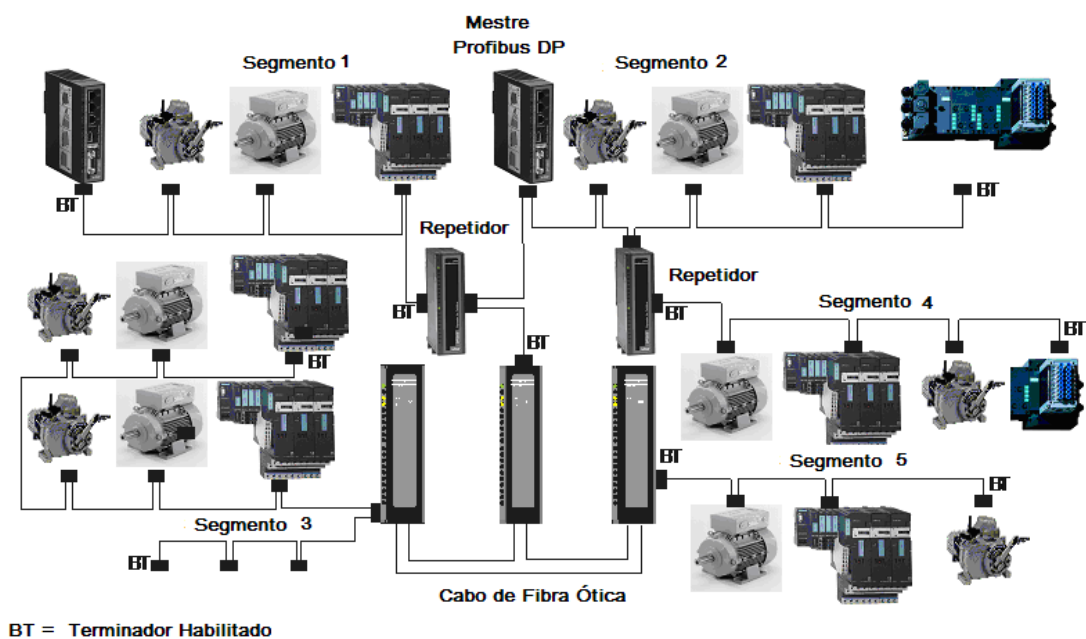


Figura 8.6 – Repetidores, Terminadores e Link Óticos

Para a conexão em locais com grau de proteção IP20, utiliza-se conectores tipo DB9 (9 pinos). A definição da pinagem e esquema de ligação é mostrada na figura 8.7.

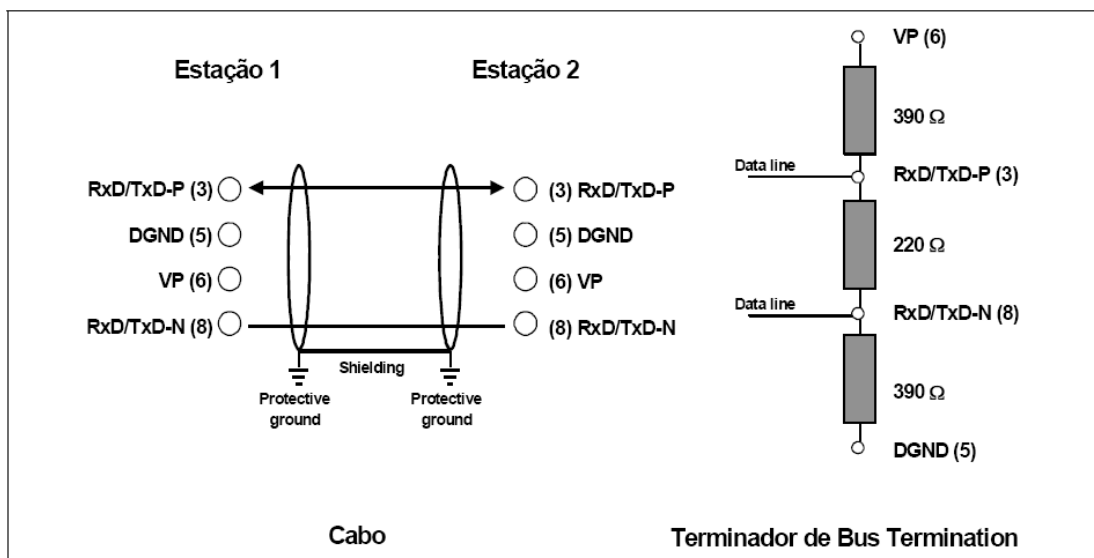


Figura 8.7: Terminador de barramento para o RS485

Já no caso de grau de proteção IP65/76 (figura 8.10), existem 3 alternativas para a conexão:

- Conector circular M12 (IEC 947-5-2)
- Conector HAN-BRID, conforme recomendação DESINA
- Conector híbrido SIEMENS

Cuidados Necessários com Terminadores na Rede PROFIBUS-DP

Devido ao fato dos terminadores serem ativos, um erro muito comum é colocar como escravo DP as estações de trabalho, onde em uma queda de energia ou *reset* do microcomputador as linhas de alimentação oscilam, desbalanceando a rede.

Na Figura 8.8 a terminação ativa na posição incorreta (à esquerda) mostra que tanto o nível quanto a forma de onda são degradados. A ativação incorreta do terminador causa descasamento de impedância e reflexões do sinal, uma vez que além do terminador há um cabo com tal impedância. Na forma de onda à direita, é possível observar a terminação adequada.

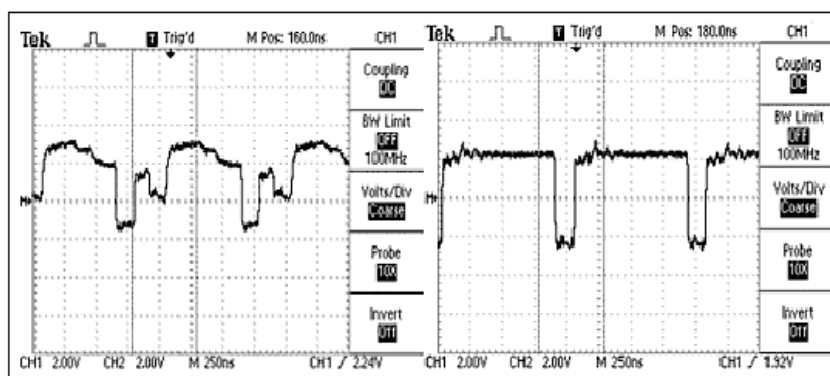


Figura 8.8 – Forma de Onda na RS485 (PROFIBUS-DP)- Terminação inadequada

A falta de terminação, ilustrada na forma de onda à esquerda da Figura 8.9, promove o não casamento de impedância, fazendo com que o cabo Profibus fique susceptível à reflexão de sinal, atuando como uma antena. Na forma de onda à direita, é possível observar a terminação adequada.

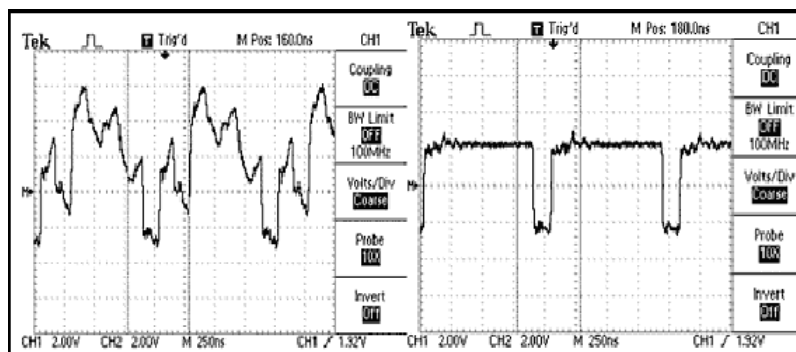


Figura 8.9 – Forma de Onda na RS485 (PROFIBUS-DP) – Falta de terminador

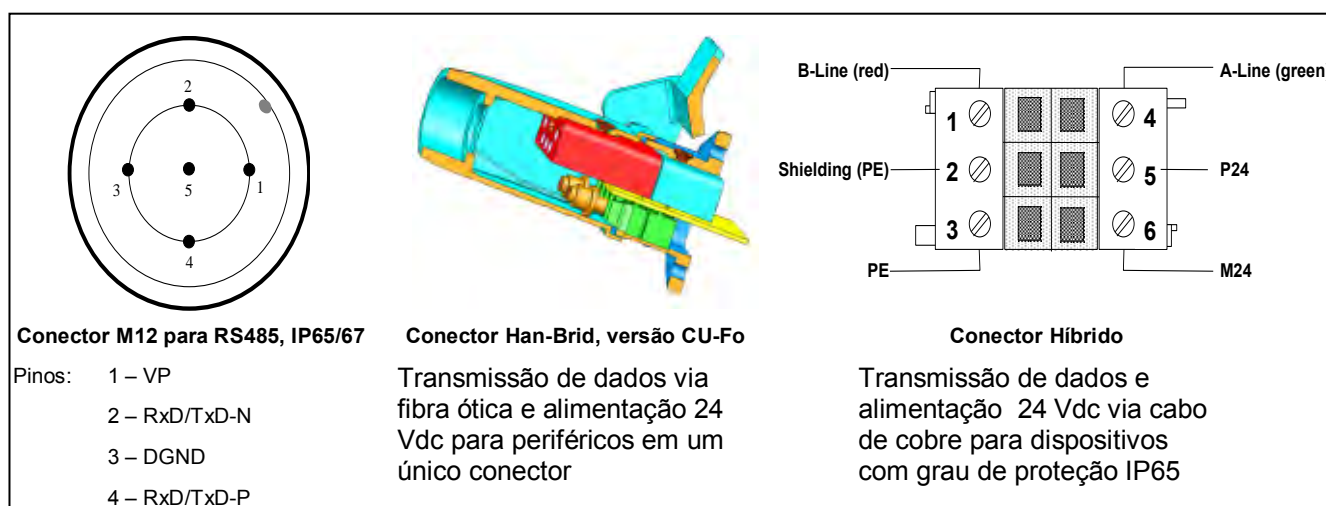


Figura 8.10: Opções para conectores PROFIBUS IP65/67

RS485-IS

Existia grande demanda entre usuários para apoiar o uso do RS485 com suas rápidas taxas de transmissão em áreas intrinsecamente seguras. O PNO encarou esta tarefa e desenvolveu uma diretriz para a configuração de soluções RS485 intrinsecamente seguras com capacidade de troca de dados simples de dispositivos.

A especificação dos detalhes da interface, os níveis para corrente e tensão que precisam ser aderidos para todas as estações devem assegurar um funcionamento seguro durante a operação.

Um circuito elétrico permite correntes máximas em um nível de tensão específico.

Quando conectar fontes ativas, a soma das correntes de todas as estações não pode exceder a corrente máxima permitida. Uma inovação do conceito RS485-IS é que, em contraste ao modelo FISCO que tem somente uma fonte intrinsecamente segura, todas as estações representam agora fontes ativas.

3.3. Meio de transmissão IEC 61158-2

O PROFIBUS-PA é a solução PROFIBUS que atende os requisitos da automação de processos, onde se tem a conexão de sistemas de automação e sistemas de controle de processo com equipamentos de campo, tais como: transmissores de pressão, temperatura, conversores, posicionadores, etc. Pode ser usada em substituição ao padrão 4 a 20 mA.

Existem vantagens potenciais da utilização dessa tecnologia, onde resumidamente destacam-se as vantagens funcionais (transmissão de informações confiáveis, tratamento de status das variáveis, sistema de segurança em caso de falha, equipamentos com capacidades de autodiagnose, rangeabilidade dos equipamentos, alta resolução nas medições, integração com controle discreto em alta velocidade, aplicações em qualquer segmento, etc.). Além dos benefícios econômicos pertinentes às instalações (redução de até 40% em alguns casos em relação aos sistemas convencionais), custos de manutenção (redução de até 25% em alguns casos em relação aos sistemas convencionais), menor tempo de *startup*, oferece um aumento significativo em funcionalidade e segurança.

O PROFIBUS-PA permite a medição e controle por uma linha a dois fios simples. Também permite alimentar os equipamentos de campo em áreas intrinsecamente seguras. O PROFIBUS-PA permite a manutenção e a conexão/desconexão de equipamentos até mesmo durante a operação sem interferir em outras estações em áreas potencialmente explosivas. O PROFIBUS-PA foi desenvolvido em cooperação com os usuários da Indústria de Controle e Processo (NAMUR), satisfazendo as exigências especiais dessa área de aplicação:

- O perfil original da aplicação para a automação do processo e interoperabilidade dos equipamentos de campo dos diferentes fabricantes.
- Adição e remoção de estações de barramentos mesmo em áreas intrinsecamente seguras sem influência para outras estações.
- Uma comunicação transparente através dos acopladores do segmento entre o barramento de automação do processo PROFIBUS-PA e do barramento de automação industrial PROFIBUS-DP.
- Alimentação e transmissão de dados sobre o mesmo par de fios baseado na tecnologia IEC 61158-2.
- Uso em áreas potencialmente explosivas com blindagem explosiva tipo “intrinsecamente segura” ou “sem segurança intrínseca”.

Transmissão síncrona em conformidade à norma IEC 61158-2, com uma taxa de transmissão definida em 31,25 Kbits/s, veio atender aos requisitos das indústrias químicas e petroquímicas. Permite, além de segurança intrínseca, que os dispositivos de campo sejam energizados pelo próprio barramento. Assim, o PROFIBUS pode ser utilizado em áreas classificadas. As opções e limites do PROFIBUS com tecnologia de transmissão IEC 61158-2 para uso em áreas potencialmente explosivas são definidas pelo modelo FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept). O modelo FISCO foi desenvolvido pelo instituto alemão PTB - Physikalisch Technische Bundesanstalt (Instituto Tecnológico de Física) e é hoje internacionalmente reconhecida como o modelo básico para barramentos em áreas classificadas.

A transmissão é baseada nos seguintes princípios, e é freqüentemente referida como H1:

- cada segmento possui somente uma fonte de energia, a fonte de alimentação;
- alimentação não é fornecida ao barramento enquanto uma estação está enviando
- os dispositivos de campo consomem uma corrente básica constante quando em estado de repouso
- os dispositivos de campo agem como consumidores passivos de corrente (sink)
- uma terminação passiva de linha é necessária, em ambos fins da linha principal do barramento
- topologia linear, árvore e estrela são permitidas.

No caso da modulação, supõe-se que uma corrente básica de pelo menos 10 mA consumida por cada dispositivo no barramento. Através da energização do barramento, esta corrente alimenta os dispositivos de

campo. Os sinais de comunicação são então gerados pelo dispositivo que os envia, por modulação de + /- 9 mA, sobre a corrente básica.

Transmissão de Dados	Digital, sincronizado a bit, código Manchester
Taxa de Transmissão	31,25 Kbits/s, modo tensão
Segurança de Dados	Preâmbulo, error-proof start e end limiter
Cabos	Par trançado blindado
Alimentação	Via barramento ou externa(9-32 Vdc)
Classe Proteção à Explosão	Segurança Intrínseca (Eex ia/ib) e envólucro (Eex d/m/p/q)
Topologia	Linha ou árvore, ou combinadas.
Número de Estações	Até 32 estações por segmento, máximo de 126
Distância Máxima sem repetidor	1900 m (Cabo tipo A)
Repetidores	Até 4 repetidores

Tabela 4: Características da IEC 61158-2

Para se operar uma rede PROFIBUS em área classificada é necessário que todos os componentes utilizados na área classificada sejam aprovados e certificados de acordo com o modelo FISCO e IEC 61158-2 por organismos certificadores autorizados tais como PTB, BVS (Alemanha), CEPEL, UL, FM (EUA). Se todos os componentes utilizados forem certificados e se as regras para seleção da fonte de alimentação, comprimento de cabo e terminadores forem observadas, então nenhum tipo de aprovação adicional do sistema será requerida para o comissionamento da rede PROFIBUS.

FISCO

- $R': 15 \dots 150 \text{ Ohm/km}$;
- $L': 0,4 \dots 1 \text{ mH/km}$;
- $C': 80 \dots 200 \text{ nF/km}$.

Cabo tipo A: 0,8 mm² (AWG18)

- Em termos de terminação:
 - $R = 90 \dots 100 \text{ Ohms}$;
 - $C = 0 \dots 2.2 \mu\text{F}$.

O conceito FISCO foi otimizado para que seja permitido um número maior de equipamentos de campo, de acordo com o comprimento do barramento, levando-se em conta a variação das características do cabo (R', L', C') e terminadores, atendendo categorias e grupos de gases com uma simples avaliação da instalação envolvendo segurança intrínseca. Com isto, aumentou-se a capacidade de corrente por segmento e facilitou-se para o usuário a avaliação. Além disso, ao adquirir produtos certificados, o usuário não precisa se preocupar mais com cálculos, mesmo em substituição em operação.

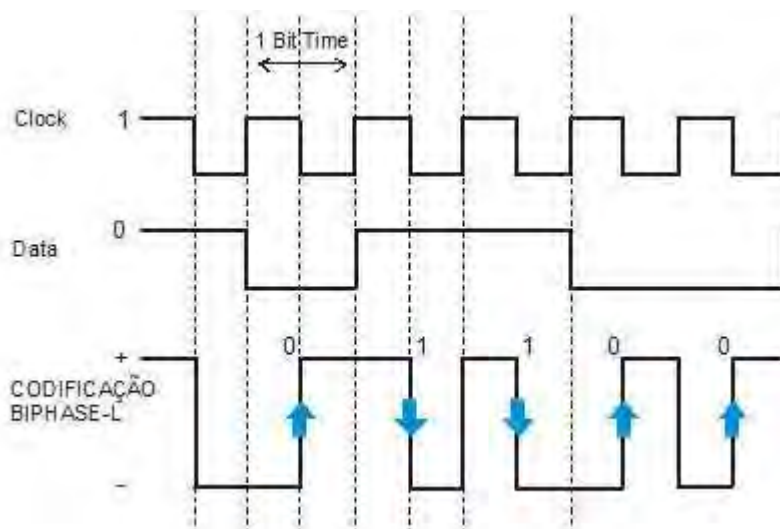


Figura 9 – Exemplo de sinal PROFIBUS-PA em modo tensão

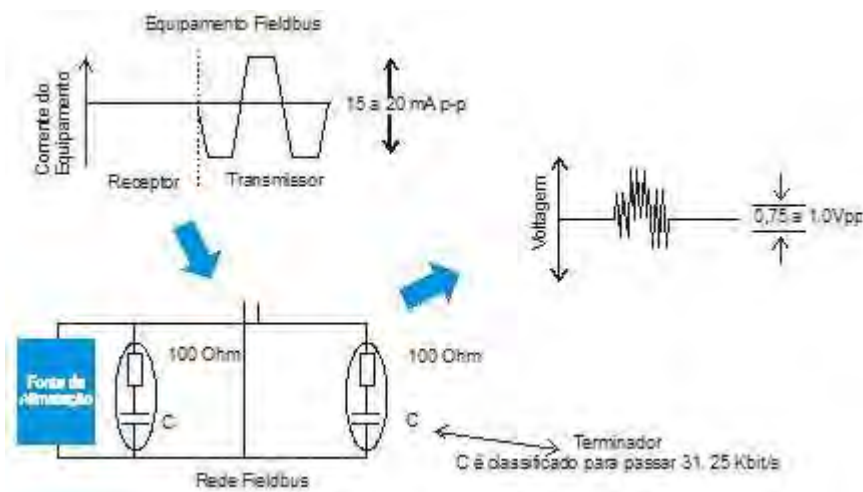


Figura 10 – Exemplo de codificação Manchester

A transmissão de um equipamento tipicamente fornece 10 mA a 31,25 kbit/s em uma carga equivalente de 50 Ω , criando um sinal de tensão modulado de 750 mV a 1,0 V pico a pico. A fonte de alimentação pode fornecer de 9 a 32 Vdc, porém em aplicações seguras (IS) deve-se atender os requisitos das barreiras de segurança intrínseca.



Figura 11 – Modo Tensão 31.25 kbit/s

O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* (barramento principal) e todos os *spurs* (derivações maiores que 1m), sendo que com o cabo tipo A é de no máximo 1900 m em áreas não seguras. Em áreas seguras é de no máximo 1000 m com o cabo tipo A e os *spurs* não devem exceder 30 m.

Instruções de instalação para o IEC 61158

Na sala de controle normalmente estão localizados os sistemas de controle de processo, bem como dispositivos de monitoração e operação interconectados através do padrão RS485. No campo, acopladores (couplers) ou links adaptam os sinais do segmento RS485 aos sinais do segmento IEC 61158-2. Eles também fornecem a corrente para alimentação remota dos dispositivos de campo. A fonte de alimentação limita a corrente e tensão no segmento IEC 61158-2.

Os acopladores de segmento, os **Couplers**, são conversores de sinal que adaptam os sinais RS485 ao nível do sinal IEC 61158-2. Do ponto de vista do protocolo os acopladores são transparentes. Se acopladores de segmento são utilizados, a velocidade do segmento RS485 ficará limitada em no máximo a 45,45 Kbit/s ou 93,75 Kbit/s, ou ainda até 12 Mbit/s com couplers de alta velocidade.

Os Links, por sua vez, possuem sua própria inteligência intrínseca. Eles tornam todos os dispositivos conectados ao segmento IEC 61158-2 em um único dispositivo escravo no segmento RS485. Neste caso não existe limitação de velocidade no segmento RS485 o que significa que é possível implementar redes rápidas, por exemplo, para funções de controle, incluindo dispositivos de campo conectados em IEC 61158-2. Além disso, aumentam a capacidade de endereçamento.

Na rede PROFIBUS-PA são possíveis estruturas tanto de árvore como linha, ou uma combinação dos dois. Veja Figura 12. A combinação geralmente otimiza o comprimento do bus e permite a adaptação de um sistema eventualmente existente.

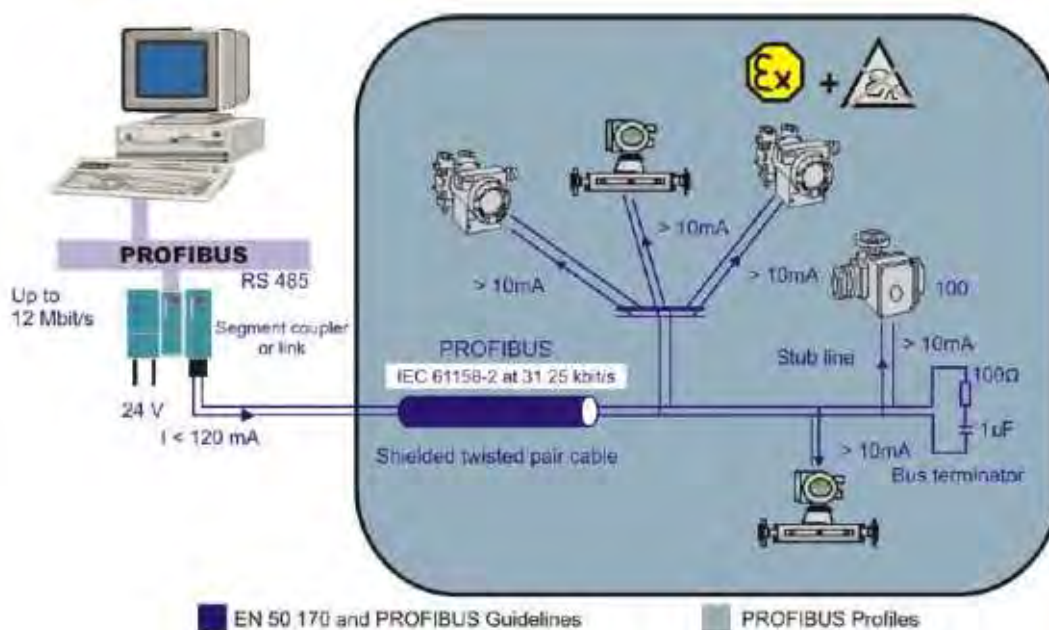


Figura 12: Sistema com alimentação de dispositivos em uma rede PROFIBUS e IEC 61158-2

Cabo	Par trançado blindado
Área do Condutor	0,8 mm ² (AWG 18)
Resistência de Loop	44 Ohms/Km
Impedância a 31,25 KHz	100 Ohms +/-20%
Atenuação a39 KHz	3 dB/Km
Capacitância Assimétrica	2 nF/Km

Tabela 5: Especificação do cabo para IEC 61158-2

Em uma estrutura linear, as estações são conectadas ao cabo principal através de conectores do tipo T ou as chamadas caixas de junções. A estrutura em árvore pode ser comparada à técnica clássica de instalação em campo. O cabo multivias pode ser substituído pelo par trançado do barramento. O painel de distribuição continua a ser utilizado para a conexão dos dispositivos de campo e para a instalação dos terminadores de barramento. Quando uma estrutura em árvore é utilizada, todos os dispositivos de campo conectados ao segmento de rede são interligados em paralelo ao distribuidor.

Independente da topologia utilizada, o comprimento da derivação da ligação deverá ser considerado no cálculo do comprimento total do segmento. Uma derivação não deve ultrapassar 30m em aplicações intrinsecamente seguras.

Um par de fios blindados é utilizado como meio de transmissão (veja figura 12). Ambas terminações do cabo devem ser equipados com um terminador passivo de linha que consiste em um elemento RC(um resistor em série de 100 Ohms e um capacitor de 1 µF). Tanto os couplers quanto os links possuem o terminador de barramento integrados. O número de estações que pode ser conectada à um segmento é limitado a 32. Este número pode ser ainda mais reduzido em função do tipo de classe de proteção à explosão. Em redes intrinsecamente seguras, tanto a tensão máxima quanto a corrente máxima de alimentação são especificadas dentro de limites claramente definidos. Observe que mesmo nos casos que a segurança intrínseca não é utilizada, a potência da fonte de alimentação é limitada.

Tipo	Área de Aplicação	Alimentação	Corrente Máxima	Potência Máxima	No. Típico de Estações
I	EEX ia/ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	8
II	EEx ib IIC	13,5 V	110 mA	1,8 W	8
III	Eex ib IIB	13,5 V	250 mA	4,2 W	22
IV	Não Intrinsecamente seguro	24 V	500 mA	12 W	32

Importante: Esta especificação é baseada com uma corrente de consumo de 10 mA por dispositivo.

Tabela 6: Alimentação padrão

De modo geral, para determinar o comprimento máximo do barramento, calcula-se a corrente consumida pelos dispositivos de campo, seleciona-se uma unidade de alimentação, conforme tabela 6, e determina-se o comprimento para o tipo de cabo selecionado conforme tabela 7. A corrente necessária é obtida da soma das correntes básicas dos dispositivos de campo do segmento selecionado, somada à uma reserva de corrente de 9 mA por segmento, destinado para a operação do FDE (Corrente consumida pelo equipamento quando em falha). O FDE evita que dispositivos defeituosos bloqueiem o barramento permanentemente.

		Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo IV	Tipo IV
Tensão	V	13,5	13,5	13,5	24	24	24
Soma das correntes necessárias	mA	≤110	≤110	≤250	≤110	≤250	≤500
Comprimento da linha para 0.8 mm²	m	≤900	≤900	≤400	≤1900	≤1300	≤650
Comprimento da linha para 1.5 mm²	m	≤1000	≤1500	≤500	≤1900	≤1900	≤1900

Tabela 7: Comprimentos de Linha para IEC 61158-2

A conexão em um barramento intrinsecamente seguro de dispositivos auto-alimentados pelo barramento e dispositivos alimentados externamente é possível, se os dispositivos alimentados externamente forem equipados com isolamento apropriado de acordo com EN 50020. Deve ser considerada entretanto, no cálculo da corrente total, a corrente que o dispositivo com alimentação externa consome do barramento.

Tipos de Cabo Recomendados para o PROFIBUS-PA

A IEC 61158-2 determina que o meio físico do PROFIBUS-PA deve ser um par de fios trançados. As propriedades de um barramento de campo são determinadas pelas condições elétricas do cabo utilizado. Embora a IEC 61158-2 não especifica tecnicamente o cabo, o cabo tipo A é altamente recomendado a fim de garantir as melhores condições de comunicação e distâncias envolvidas.

A Tabela 8 apresenta em detalhes as especificações dos diversos cabos à 25 °C. Vale lembrar que a maioria dos fabricantes de cabos recomendam a temperatura de operação entre -40 °C a +60 °C. É necessário verificar os pontos críticos de temperatura por onde é passado o cabeamento e se o cabo

suporta a mesma. A resistência do cabo tipo A de 22 Ω /Km é válida a 25 °C. Por exemplo, a resistência do cabo tipo A a 50 °C é 24.58 Ω /Km. Isso deve ser levado em conta em países quentes como o Brasil.

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Descrição do Cabo	Par trançado com <i>Shield</i>	Um ou mais pares trançados total com <i>Shield</i>	Diversos pares trançados sem <i>Shield</i>	Diversos pares não-trançados, sem <i>Shield</i>
Área de Seção do Condutor Nominal	0,8 mm ² (AWG 18)	0,32 mm ² (AWG 22)	0,13 mm ² (AWG 26)	0,25 mm ² (AWG 16)
Máxima Resistência DC (<i>loop</i>)	44 Ω /Km	112 Ω /Km	264 Ω /Km	40 Ω /Km
Impedância Característica a 31.25 KHz	100 Ω \pm 20%	100 Ω \pm 30%	**	**
Máxima Atenuação a 39 KHz	3 dB/Km	5 dB/Km	8 dB/Km	8 dB/Km
Máxima Capacitância Desbalanceada	2 nF/Km	2 nF/Km	**	**
Distorção de Atraso de Grupo (7.9 a 39 KHz)	1,7 μ seg/Km	**	**	**
Superfície Coberta pelo <i>Shield</i>	90%	**	-	-
Recomendação para Extensão de Rede (incluindo <i>spurs</i>)	1900 m	1200 m	400 m	200 m

Tabela 8 – Características dos Diversos Cabos Utilizados em PROFIBUS-PA.

Comprimento Total do Cabo e Regras de Distribuição e Instalação

O comprimento total do cabo PROFIBUS-PA deve ser totalizado desde a saída do ponto de conversão DP/PA até o ponto mais distante do segmento, considerando as derivações. Vale lembrar que braços menores que 1 m não entram neste total.

O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* (barramento principal) mais todos os *spurs* (derivações maiores que 1 m), sendo que com cabo do tipo A, é de no máximo 1900 m em áreas não seguras. Em áreas seguras com cabo tipo A, é de no máximo 1000 m, considerando que os *spurs* não podem exceder 30 m.

Em termos de instalação e distribuição, é recomendado evitar *splice*, ou seja, qualquer parte da rede que tenha um meio condutor especificado e um comprimento descontínuo menor que 1 m, como por exemplo: remoção de blindagem, troca do diâmetro do fio, conexão a terminais nus, etc. Em redes com comprimento total maior que 400 m, a somatória dos comprimentos de todos os *splices* não deve ultrapassar 2% do comprimento total e ainda, em comprimentos menores do que 400 m, não deve exceder 8 m.

O comprimento máximo de um segmento PA quando se utiliza cabo de tipos diferentes fica limitado de acordo com a seguinte fórmula:

$$\left(\frac{LA}{LA \max}\right) + \left(\frac{LB}{LB \max}\right) + \left(\frac{LC}{LC \max}\right) + \left(\frac{LD}{LD \max}\right) \leq 1$$

Onde:

- **LA:** Comprimento do cabo A;
- **LB:** Comprimento do cabo B;
- **LC:** Comprimento do cabo C;
- **LD:** Comprimento do cabo D;
- **LA max:** Comprimento máximo permitido com o cabo **A** (1900 m);
- **LB max:** Comprimento máximo permitido com o cabo **B** (1200 m);
- **LC max:** Comprimento máximo permitido com o cabo **C** (400 m);
- **LD max:** Comprimento máximo permitido com o cabo **D** (200 m).

Com relação aos braços (*spurs*), é necessário estar atento aos comprimentos dos mesmos. A quantidade de equipamentos PA (deve ser considerado os repetidores quando houver) deve estar de acordo com a Tabela 9. Em áreas classificadas o *spur* máximo é de 30 m.

Total de Equipamentos PA por Segmento <i>coupler</i> DP/PA	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 01 Equipamento	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 02 Equipamento	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 03 Equipamento	Comprimento do <i>Spur</i> (m) com 04 Equipamento	Comprimento Considerando a Quantidade Máxima de <i>Spurs</i> (m)
1-12	120	90	60	30	12 x 120 = 1440
13-14	90	60	30	1	14 x 90 = 1260
15-18	60	30	1	1	18 x 60 = 1080
19-24	30	1	1	1	24 x 30 = 720
25-32	1	1	1	1	1 x 32 = 32

Tabela 9 - *Spur* x Número de Equipamentos PA.

Observação: O limite de capacitância do cabo deve ser considerado desde que o efeito no sinal de um *spur* seja menor que 300m e se assemelha a um capacitor. Na ausência de dados do fabricante do cabo, um valor de 0.15 nF/m pode ser usado para cabos PROFIBUS.

$$Ct = (Ls * Cs) + Cd$$

Onde:

- **CT:** Capacitância total em nF;
- **LS:** Comprimento do *spur* em m;
- **Cs:** Capacitância do fio por segmento em nF (padrão: 0,15);
- **Cd:** Capacitância do equipamento PA.

A atenuação associada a esta capacitância é 0,035 dB/nF. Sendo assim, a atenuação total vale:

$$A = Ct * Ls * 0.035 \text{ dB} / nF < 14 \text{ dB}$$

Sendo que 14 dB é o que permitirá o mínimo de sinal necessário para haver condições de detectá-lo com integridade.

Existem algumas regras que devem ser seguidas em termos do cabeamento e separação entre outros cabos, quer sejam de sinais ou de potência. Deve-se preferencialmente utilizar bandejamentos ou calhas metálicas, observando as distâncias conforme Tabela 10. Nunca se deve passar o cabo PROFIBUS-PA ao lado de linhas de alta potência, pois a indução é uma fonte de ruído e pode afetar o sinal de comunicação. Além disso, o sinal fieldbus deve ser isolado de fontes de ruídos, como cabos de força, motores e inversores de frequência. Recomenda-se colocar o cabo PROFIBUS em guias e calhas separadas. O ideal é utilizar canaletas de alumínio, onde se tem a blindagem eletromagnética externa e interna. As correntes de *Foucault* são praticamente imunes, devido à boa condutibilidade elétrica do alumínio. Convém lembrar que o cruzamento entre os cabos deve ser feito em ângulo de 90°.

	Cabo de comunicação PROFIBUS-PA	Cabos com e sem shield: 60Vdc ou 25Vac e < 400Vac	Cabos com e sem shield > 400Vac	Qualquer cabo sujeito à exposição de raios
Cabo de comunicação PROFIBUS-PA		10 cm	20 cm	50 cm
Cabos com e sem shield	10 cm		10 cm	50 cm
60 Vdc ou 25 Vac e < 400 Vac				
Cabos com e sem shield: > 400 Vac	20 cm	10 cm		50 cm
Qualquer cabo sujeito à exposição de raios	50 cm	50 cm	50 cm	

Tabela 10 – Distâncias Mínimas de Separação entre Cabeamentos

Terminadores da Rede PROFIBUS-PA

Dois terminadores de barramento devem estar conectados na rede PROFIBUS-PA, sendo um na saída do *coupler* DP/PA e o outro no último equipamento (normalmente o mais distante do *coupler*), dependendo da topologia adotada.

Se na distribuição do cabeamento houver uma caixa de junção no final do tronco principal com vários braços (*spurs*), o terminador de campo deve ser colocado neste ponto, o que facilitará na manutenção quando for necessário remover equipamentos.

É preciso se certificar da correta conexão do terminador, lembrando que a falta de terminadores proporcionam a intermitência da comunicação, uma vez que não há casamento de impedância e há aumento da reflexão de sinal.

A falta de um terminador ou sua conexão em ponto incorreto também degrada o sinal, uma vez que também ficará parte do cabeamento como uma antena. Esta ausência pode aumentar em mais de 70% o sinal e um terminador a mais pode atenuar o sinal em até 30%. A atenuação e intermitência podem gerar falhas de comunicação.

O terminador da rede PA é composto de um resistor de $100\Omega \pm 2\%$ e um capacitor de $1\mu F \pm 20\%$ em série.

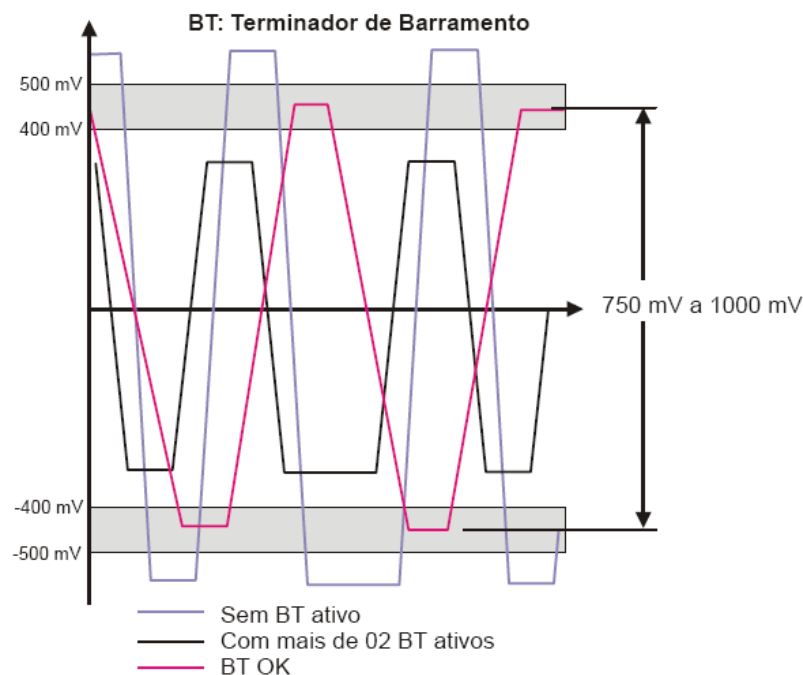


Figura 13 – Formas de Ondas Típicas do H1 de Acordo com a Terminação

Supressor de Transientes

Toda vez que se tiver uma distância efetiva maior que 100 m na horizontal ou 10 m na vertical entre dois pontos aterrados, recomenda-se o uso de protetores de transientes, no ponto inicial e final da distância. Na prática, na horizontal, entre 50 e 100 m recomenda-se o seu uso.

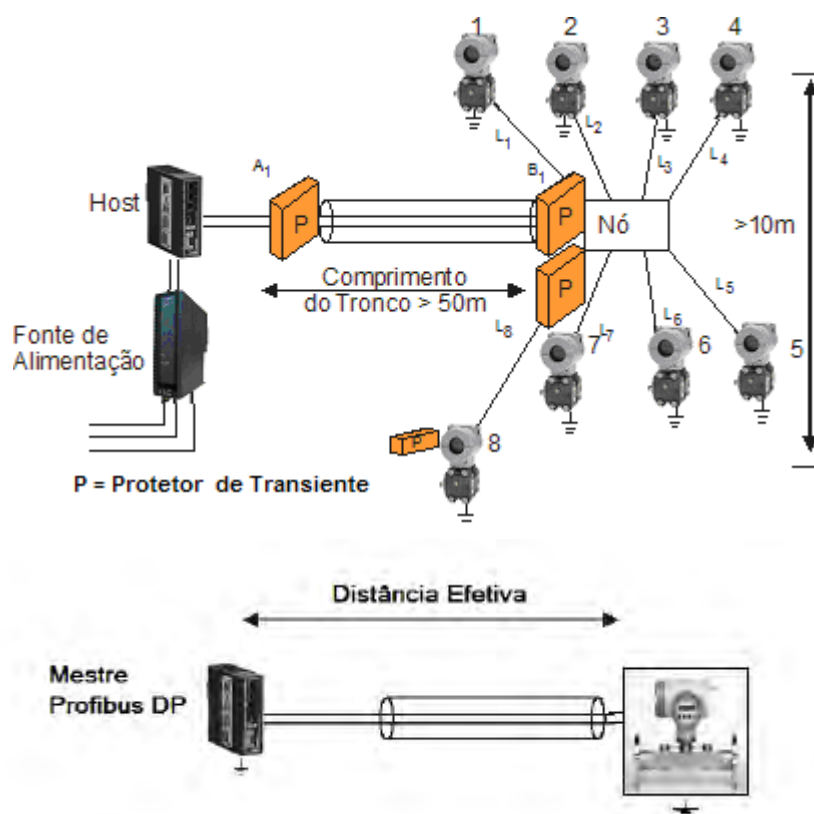


Figura 14– Distância Efetiva em uma Distribuição de Cabo

É indicado instalar o protetor de transiente imediatamente após o *coupler* DP/PA, antes de cada equipamento e mesmo na caixa de junção. Em áreas classificadas, recomenda-se o uso de protetores certificados.

Fonte de Alimentação e Sinal de Comunicação PROFIBUS-PA

O consumo de energia varia de um equipamento para outro, assim como de fabricante para fabricante. É importante que a resistência do cabeamento não seja muito alta, a fim de não gerar uma queda de tensão ao longo do cabeamento. Para manter a resistência baixa é necessária boas conexões e junções.

Em termos de sinal de alimentação, consideram-se como valores aceitáveis:

- 12 a 32 Vdc na saída do coupler DP/PA (dependendo do fabricante do coupler)
- Ripple, r (mV):
 - < 25: excelente
 - 25<r<50: ok
 - 50<r<100: marginal
 - >100: não aceitável

Em termos de sinal de comunicação, consideram-se como valores aceitáveis:

- 750 a 1000 mVpp – ok

- 1000 mVpp – Muito alto, pode ser que tem um terminador a menos.
- Algumas barreiras e protetores de segmento (spur guard ou segment protector) possuem uma alta impedância em série e podem resultar em sinais até 2000 mV e mesmo assim podem permitir a operação adequada.
- < 250 mVpp – Muito baixo, verificar se tem mais de 02 terminadores ativos, fonte de alimentação, coupler DP/PA, etc

Alguns equipamentos têm polaridade, outros não, por isso é muito importante assegurar a correta conexão do barramento H1 nos equipamentos.

Shield e Aterramento

Ao considerar a questão de *shield* e aterramento em barramentos de campo, deve-se levar em conta:

- A compatibilidade eletromagnética (EMC);
- Proteção contra explosão;
- Proteção de pessoas.

De acordo com a IEC61158-2, aterrar significa estar permanentemente conectado ao terra através de uma impedância suficientemente baixa e com capacidade de condução suficiente para prevenir qualquer tensão que possa resultar em danos de equipamentos ou pessoas. Linhas de tensão com 0 Volts devem ser conectadas ao terra e serem galvanicamente isoladas do barramento fieldbus. O propósito de se aterrar o *shield* é evitar ruídos de alta frequência.

Preferencialmente, o *shield* deve ser aterrado em dois pontos, no início e final de barramento, desde que não haja diferença de potencial entre estes pontos, permitindo a existência e caminhos a corrente de *loop*. Na prática, quando esta diferença existe, recomenda-se aterrar o *shield* somente em um ponto, ou seja, na fonte de alimentação ou na barreira de segurança intrínseca. Deve-se assegurar a continuidade da blindagem do cabo em mais do que 90% do comprimento total do cabo.

O *shield* deve cobrir completamente os circuitos elétricos através dos conectores, acopladores, *splices* e caixas de distribuição e junção.

Nunca se deve utilizar o *shield* como condutor de sinal. É preciso verificar a continuidade do *shield* até o último equipamento PA do segmento, analisando a conexão e acabamento.

Em áreas classificadas, quando uma equalização de potencial entre a área segura e área perigosa não for possível, o *shield* deve ser conectado diretamente ao terra (*Equipotencial Bonding System*) somente no lado da área perigosa. Na área segura, o *shield* deve ser conectado através de um acoplamento capacitivo (capacitor preferencialmente cerâmico (dielétrico sólido), $C \leq 10\text{nF}$, tensão de isolamento $\geq 1,5\text{kV}$).

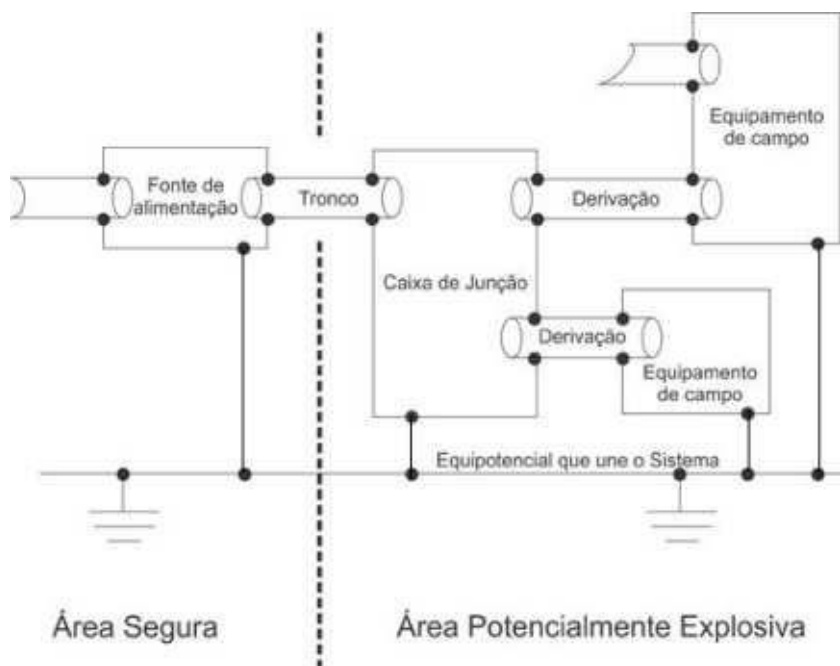


Figura 15.1 – Combinação Ideal de Shield e Aterramento

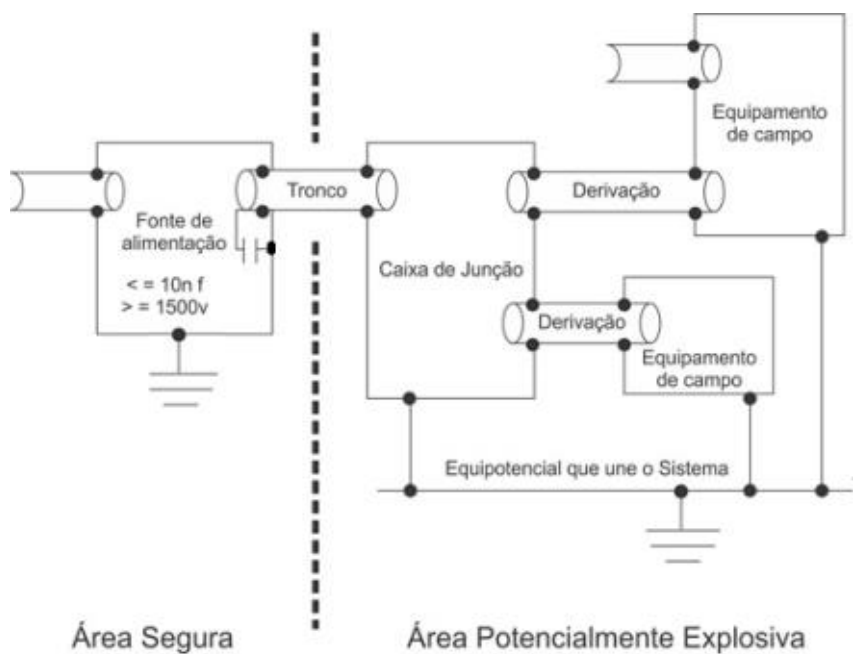


Figura 15.2 – Aterramento Capacitivo

A IEC 61158-2 recomenda que se tenha a isolação completa. Este método é usado principalmente nos Estados Unidos e na Inglaterra. Neste caso, o *shield* é isolado de todos os terras, a não ser o ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro. O *shield* tem continuidade desde a saída do *coupler* DP/PA, passa pelas caixas de junções e distribuições e chega até os equipamentos. As carcaças dos equipamentos são aterradas individualmente do lado não seguro. Este método tem a desvantagem de não proteger os sinais totalmente dos sinais de alta frequência e, dependendo da topologia e comprimento dos cabos, pode gerar em alguns casos a intermitência de comunicação. Recomenda-se nestes casos o uso de canaletas metálicas.

Uma outra forma complementar à primeira, seria ainda aterrar as caixas de junções e as carcaças dos equipamentos em uma linha de equipotencial de terra, do lado não seguro. Os terras do lado não seguro com o lado seguro são separados.

A condição de aterramento múltiplo também é comum, onde se tem uma proteção mais efetiva às condições de alta frequência e ruídos eletromagnéticos. Este método é preferencialmente adotado na Alemanha e em alguns países da Europa. Neste método, o *shield* é aterrado no ponto de terra do negativo da fonte ou da barreira de segurança intrínseca do lado seguro e, além disso, no terra das caixas de junções e nas carcaças dos equipamentos, sendo estas também aterradas pontualmente, no lado não seguro. Outra condição seria complementar a esta, porém os terras seriam aterrados em conjunto em uma linha equipotencial de terra, unindo o lado não seguro ao lado seguro.

Para mais detalhes, sempre consultar as normas de segurança do local. Recomenda-se utilizar a IEC 60079-14 como referência em aplicações em áreas classificadas.

3.4. Meio de transmissão com fibra ótica

Fibra ótica pode ser utilizada pelo PROFIBUS para aplicações em ambientes com alta interferência electromagnética ou mesmo com o objetivo de aumentar o comprimento máximo com taxas de transmissão elevadas. Vários tipos de fibra estão disponíveis, com diferentes características, tais como, distância máxima, preço e aplicação. Para uma rápida descrição, consulte tabela 11.

Os segmentos PROFIBUS que utilizam fibra normalmente são em estrela ou em anel. Alguns fabricantes de componentes para fibra ótica permitem o uso de links redundantes com meios físico alternativo, cuja transferência é automática quando ocorre uma falha.

Tipo de Fibra	Propriedades
Fibra de vidro "multimode"	Média distância, 2 a 3 Km
Fibra de vidro "monomode"	Longa distância, >15 Km
Fibra sintética	Longa distância, > 80 Km
Fibra PCS/HCS	Curta distância, > 500m

Tabela 11: Propriedades das fibras ótica

Diversos fabricantes oferecem conectores especiais com conversor integrado de sinais RS485 para fibra ótica e vice-versa. Isto proporciona um método muito simples de troca entre transmissão RS 485 e fibra ótica dentro de um sistema.

3.5. Protocolo de Acesso ao Meio PROFIBUS

Os perfis de comunicação PROFIBUS (Communication Profiles) usam um protocolo uniforme de acesso ao meio. Este protocolo é implementado pela camada 2 do modelo de referência da OSI. Isto inclui também a segurança de dados e a manipulação dos protocolos de transmissão e mensagens.

No PROFIBUS a camada 2 é chamada Fieldbus Data Link (FDL). O Controle de Acesso ao meio (MAC) especifica o procedimento quando uma estação tem a permissão para transmitir dados. O MAC deve assegurar que uma única estação tem direito de transmitir dados em um determinado momento. O protocolo do PROFIBUS foi projetado para atender os dois requisitos básicos do Controle de Acesso ao Meio:

- Durante a comunicação entre sistemas complexos de automação (mestres), deve ser assegurado que cada uma destas estações detém tempo suficiente para executar suas tarefas de comunicação dentro de um intervalo definido e preciso de tempo.
- Por outro lado, a transmissão cíclica de dados em tempo real deverá ser implementada tão rápida e simples quanto possível para a comunicação entre um controlador programável complexo e seus próprios dispositivos de I/O's (escravos).
- Portanto, o protocolo PROFIBUS de acesso ao barramento (Figura 16) inclui o procedimento de passagem do Token, que é utilizado pelas estações ativas da rede (mestres) para comunicar-se uns com os outros, e o procedimento de mestre-escravo que é usado por estações ativas para se comunicarem com as estações passivas (escravos).

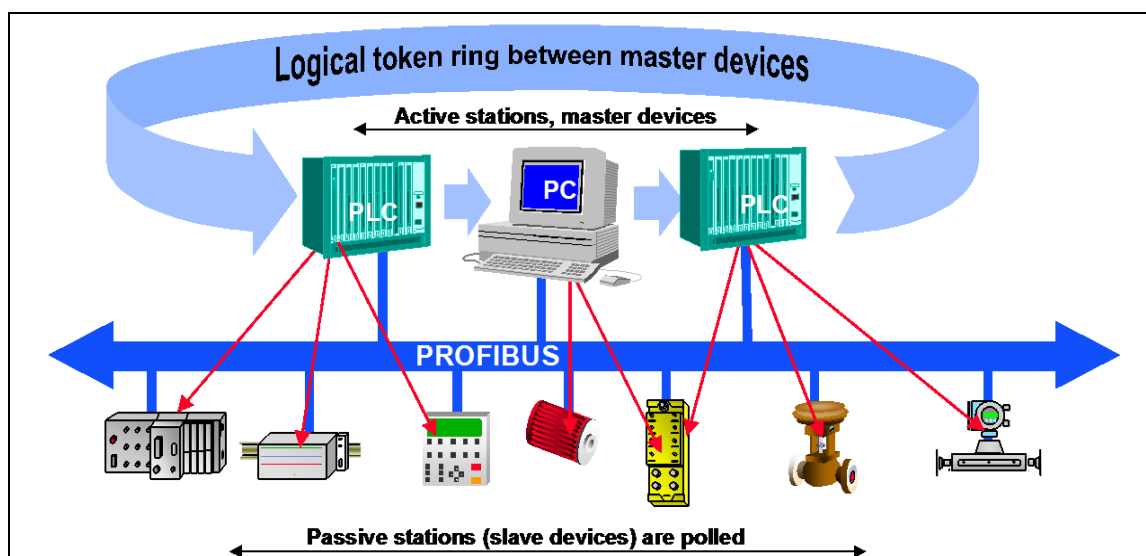


Figura 16: Configuração PROFIBUS com 3 estações ativas (mestres) e 7 estações passivas (escravos).
Os 3 mestres formam um anel lógico de token

O procedimento de passagem do Token garante que o direito de acesso ao barramento (o token) é designado a cada mestre dentro de um intervalo preciso de tempo. A mensagem de Token, um telegrama especial para passar direitos de acesso de um mestre ao próximo mestre, deve ser distribuída no anel lógico de Token pelo menos uma vez a todos mestres dentro de um intervalo de tempo máximo denominado tempo de rotação do Token. No PROFIBUS o procedimento de passagem de Token somente é utilizado na comunicação entre estações ativas (mestres).

O procedimento mestre-escravo permite ao mestre que no momento possui o Token acessar seus próprios escravos. O mestre pode enviar mensagens aos escravos ou ler mensagens dos escravos. Este método de acesso permite as seguintes configurações de sistema:

- sistema puro mestre-escravo
- sistema puro mestre-mestre (com passagem de token)
- uma combinação dos dois

A figura 16 mostra uma configuração PROFIBUS com três estações ativas (mestres) e sete estações passivas (escravos). Os três mestres formam um anel lógico de *Token*. No momento que uma estação ativa recebe o telegrama de Token passa a executar seu papel de mestre durante um determinado período de tempo. Durante este tempo, pode comunicar-se com todas estações escravas num relacionamento de comunicação de mestre-escravo e com todas estações mestres num relacionamento mestre-mestre de comunicação.

Um anel de Token é a corrente organizacional de estações ativas que forma um anel lógico baseado em seus endereços de estação. Neste anel, o Token (direito de acesso a rede) é passado de um mestre ao próximo numa ordem especificada (endereços crescentes).

Na fase de inicialização do sistema, a tarefa do controle de acesso (MAC) das estações ativas é captar esta designação lógica e estabelecer o anel de Token. Na fase operacional, estações ativas defeituosas ou fora de operação são removidas do anel e novas estações ativas podem ser adicionadas ao anel. Além disto, o controle de acesso assegura que o Token seja passado de um mestre ao próximo em ordem crescente de endereços. O tempo de retenção do Token por um mestre depende do tempo de rotação de Token configurado. A detecção de defeitos no meio de transmissão ou no receptor, assim como detecção de erros de endereçamento (por ex.: endereços duplicados) ou na passagem do token (por ex.: múltiplos ou tokens ou perda do token) são funções do Controle de Acesso ao Meio (MAC) do PROFIBUS.

Outra tarefa importante de camada 2 é a segurança de dados. A camada 2 do PROFIBUS formata frames que asseguram a alta integridade de dados. Todos os telegramas têm Hamming Distance HD=4, alcançada através do uso de telegramas especiais delimitadores de início/fim, bit de paridade e byte de check, conforme norma IEC 870-5-1.

A camada 2 do PROFIBUS opera num modo denominado “sem conexão”. Além de transmissão de dados ponto-a-ponto, proporciona também comunicações do tipo multi-ponto (Broadcast e Multicast).

Comunicação **Broadcast** significa que uma estação ativa envia uma mensagem sem confirmação a todas outras estações (mestres e escravos).

Comunicação Multicast significa que uma estação ativa envia uma mensagem sem confirmação a um grupo de estações pré-determinadas (mestres e escravos).

Serviço	Função	DP	FMS	PA
SDA	Send Data with Acknowledge Envia dados com reconhecimento		•	
SRD	Send and Request Data with replay Envia e requisita dados com resposta	•	•	•
SDN	Send Data with No acknowledge Envia dados sem reconhecimento	•	•	•
CSRD	Cyclic Send and Request Data with replay Envia e requisita dados ciclicamente com resposta		•	

Tabela 12: Serviços da camada de segurança de dados (Data Link Layer)

Cada perfil de comunicação PROFIBUS utiliza um subset específico dos serviços da camada 2 (veja tabela 12). Os serviços são acionados por camadas mais elevadas via pontos de acesso de serviço (SAP's). No PROFIBUS-FMS estes pontos de acesso de serviço são utilizados para endereçar os relacionamentos lógicos de comunicação. No PROFIBUS-DP a cada função definida é associado um ponto de acesso de serviço. Vários pontos de acesso de serviço podem ser usados simultaneamente por todas estações passivas e ativas. Uma distinção é feita entre fonte (SSAP – Source) e destino dos pontos de acesso de serviço (DSAP - Destiny).

Um comando de Read/Write no Profibus-DPV1 utiliza o telegrama Profibus do tipo SD2:

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU	FC S	ED
68H	x	X	68H	xx	xx	x	xx	xx	x...	xx	16H

Figura 17 – Telegrama Profibus SD2

Onde:

1 byte	Start Delimiter (usado para diferenciar os formatos dos telegramas), neste caso da SAP = 68H
1 byte	Net Data Length (DU) + DA + SA + FC + DSAP + SSAP.
1 byte	byte de comprimento repetido
1 byte	Destination Address– Para onde a mensagem vai.
1 byte	Source Address – De onde a mensagem veio.
1 byte	Function Code (FC=Tipo/Prioridade da mensagem)
1 byte	Destination Service Access Point (COM port do receiver). A estação de destino utilize este campo para determinar qual service a executar.
1 byte	Source Service Access Point (COM port do sender).
1 a 32 bytes (ou 1-244 bytes)	Data Units/ de 1 a 244 bytes.
1 byte	Byte de checagem (<i>Frame Check Sequence</i>)
1 byte	End Delimiter (sempre 16H).

Tabela 13 - Campos do Frame Profibus

Toda troca de dados (data exchanges) entre mestre e escravo Profibus é feita utilizando as SAPs de 54 a 62, mais a SAP padrão (SAP = 0, Data Exchange).

A inclusão de um DSAP ou SSAP em um pedido ou resposta é feita setando o bit mais significativo no campo DA ou SA e com isto, nesta condição, somente os 7 bits menos significativos que conterão realmente o endereço (de 0x00 até 0x7F, onde 127 é reservado para broadcast e o endereço 126 é reservado para endereço default).

Para serviços acíclicos outras SAPs estão disponíveis de acordo com a figura 18, são conhecidos como serviços estendidos.

Alguns tipos de SAPs:

SAP (Decimal)	SERVICE
Default 0	Cyclical Data Exchange (Write_Read_Data)
54	Master-to-Master SAP (M-M Communication)
55	Change Station Address (Set_Slave_Add)
56	Read Inputs (Rd_Inp)
57	Read Outputs (Rd_Outp)
58	Control Commands to a DP Slave (Global_Control)
59	Read Configuration Data (Get_Cfg)
60	Read Diagnostic Data (Slave_Diagnosis)
61	Send Parameterization Data (Set_Prm)
62	Check Configuration Data (Chk_Cfg)

Tabela 14 - Tipos de SAPs

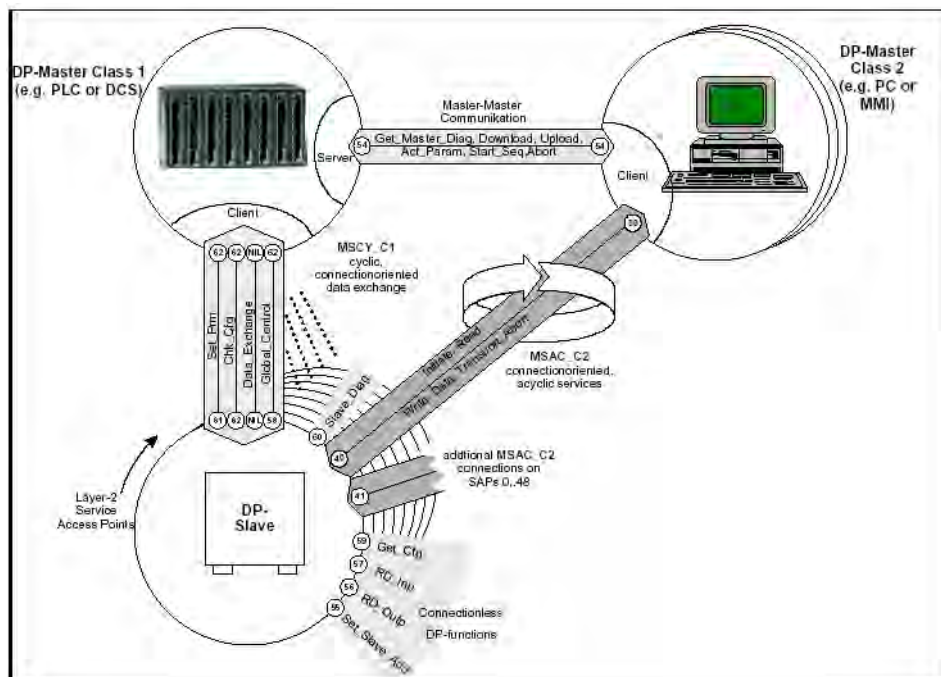


Figura 18 – Serviços Profibus

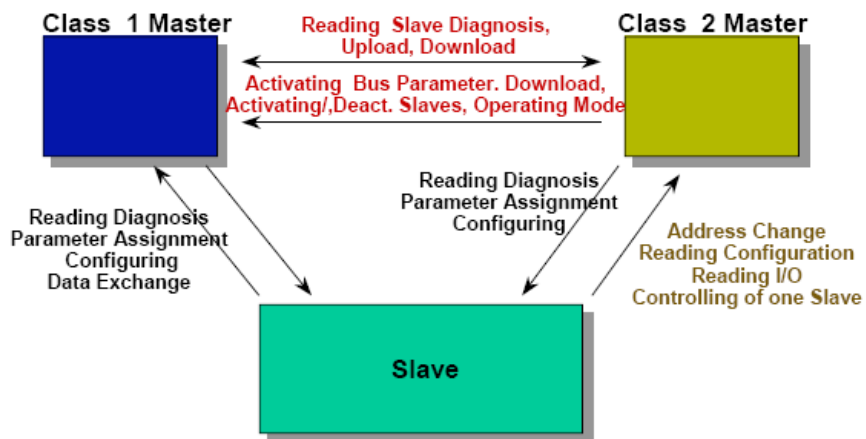


Figura 19 – Detalhes os serviços Profibus

4. Perfil de Comunicação DP

O PROFIBUS-DP foi projetado para comunicação de dados em alta velocidade no nível de dispositivo. Os controladores centrais (por exemplo, PLCs/PCs) comunicam com seus dispositivos de campo distribuídos: (I/O's), acionamentos (*drivers*), válvulas, etc., via um link serial de alta velocidade.

A maior parte desta comunicação de dados com os dispositivos distribuídos é feita de uma maneira cíclica. As funções necessárias para estas comunicações são especificadas pelas funções básicas do PROFIBUS-DP, conforme EN 50 170. Além da execução destas funções cíclicas, funções de comunicação não cíclicas estão disponíveis especialmente para dispositivos de campo inteligentes, permitindo assim configuração, diagnóstico e manipulação de alarmes. Estas novas funções não cíclicas são definidas na diretriz PROFIBUS No. 2.042 e são descritos no capítulo Funções DP Estendidas.

4.1. Funções básicas

O controlador central (mestre) lê ciclicamente a informação de entrada dos escravos e escreve também ciclicamente a informação de saída nos escravos. O tempo de ciclo do barramento é geralmente mais curto que o tempo de ciclo do programa do PLC, que em muitas aplicações é em torno de 10 ms. Além da transmissão cíclica de dados de usuário, o PROFIBUS-DP proporciona funções poderosas de diagnósticos e configuração. A comunicação de dados é controlada por funções de monitoração tanto no mestre, como no escravo. A tabela 15 proporciona um resumo das funções básicas do PROFIBUS-DP.

Tecnologia de transmissão
RS485 (par trançado) ou Fibra Ótica
Baud rate: 9,6 kbits/s a 12 Mbits/s
Acesso ao Barramento
Procedimento de passagem de token entre mestres e procedimento de mestre-escravo para escravos
Possível sistemas mono-mestre ou multi-mestre
Dispositivos mestre e escravo, máximo de 126 estações em um barramento de comunicação
Comunicação
<i>Peer-to-peer</i> (transmissão de dados de usuário) ou <i>Multicast</i> (comandos de controle)
Transmissão de dados do usuário mestre-escravo cíclica e transmissão de dados acíclica mestre-mestre
Modos de Operação
<i>Operate</i> : Transmissão cíclica de entrada e saída de dados
<i>Clear</i> : Entradas são lidas e saídas são mantidas em estado seguro.

Stop: Transmissão de dados só é possível entre mestre-mestre
Sincronização
Comandos de controle permitem sincronização de entradas e saídas
<i>Sync mode</i> : Saídas são sincronizadas
<i>Freeze mode</i> (modo de congelamento): Entradas são sincronizadas.

Funcionalidade
Transmissão de dados cíclica entre mestre DP e escravo(s) DP
Ativação ou desativação dinâmica de escravos individualmente
Verificação da configuração do escravo DP
Poderosas funções de diagnósticos, 3 níveis hierárquicos de mensagens de diagnósticos
Sincronização de entradas e/ou saídas
Designação de endereços para escravos DP via o barramento
Configuração de mestre DP (DPM1) sobre o barramento
Máximo de 246 bytes de entrada e saída por escravo DP
Funções de segurança e proteção
Todas mensagens são transmitidas com <i>Hamming distance HD=4</i>
<i>Watchdog timer</i> no escravo DP
Proteção de acesso para I/O dos escravos DP
Monitoração da transmissão de dados com temporizador configurável pelo Mestre
Tipos de dispositivos
Class-2 DP master (DPM2) : programação/configuração/DP diagnóstico de dispositivos
Class-1 DP master (DPM1) : controlador programável central tais como PLCs, PCs, etc.
DP <i>slave</i> : dispositivo com I/O binário ou analógico, <i>drivers</i> , válvulas, etc.

Tabela 15: Funções básicas do PROFIBUS-DP

4.1.1. Características básicas

Somente uma alta velocidade de transferência de dados não é um critério suficiente para o sucesso de um sistema de comunicação de dados. Instalação e manutenção simples, uma boa capacidade de diagnóstico e uma de transmissão de dados segura e livre de erros são também importantes para o usuário. O PROFIBUS-DP representa a combinação adequada destas características.

Velocidade

O PROFIBUS-DP requer aproximadamente 1 ms a 12 Mbits/s para a transmissão de 512 bits de dados de entrada e 512 bits de dados de saída distribuídos em 32 estações. A figura 20 mostra o tempo típico de transmissão do PROFIBUS-DP em função do número de estações e da velocidade de transmissão. O significativo aumento da velocidade em comparação com o PROFIBUS-FMS deve-se principalmente ao uso do serviço SRD (Envia e Recebe Dados) da camada 2 para transmissão de entrada/saída de dados num único ciclo de mensagem. A figura 20 mostra o tempo típico de transmissão do PROFIBUS-DP, em função do número de estações e velocidade de transmissão, onde cada escravo possui 2 bytes de entrada e 2 bytes de saída e o "Minimal Slave Interval Time" é 200 µs.

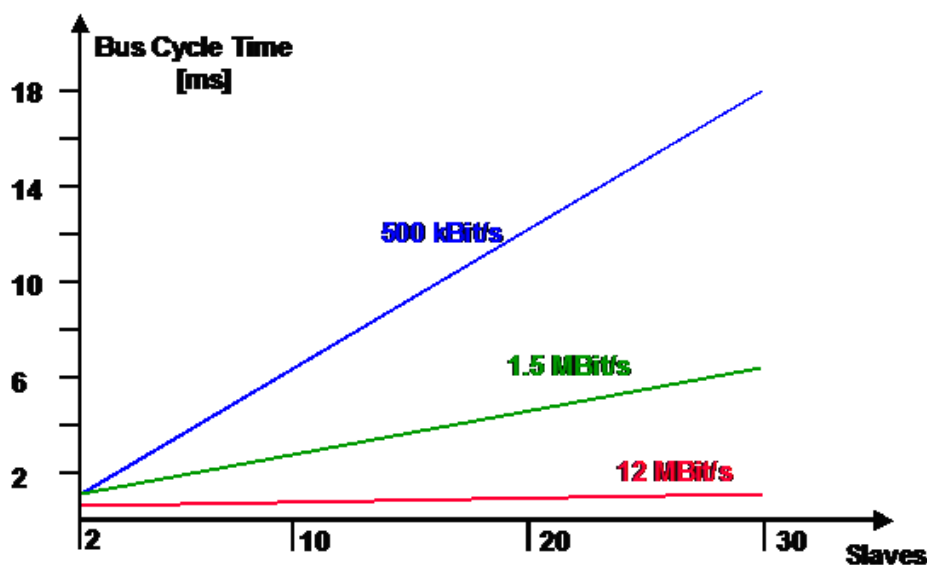


Figura 20: Tempo de ciclo de um sistema PROFIBUS-DP mono-master

Funções de diagnóstico

As várias funções de diagnósticos do PROFIBUS-DP permitem a rápida localização de falhas. As mensagens de diagnósticos são transmitidas ao barramento e coletadas no mestre. Estas mensagens são divididas em três níveis:

- **Diagnósticos de Estação:** estas mensagens ocupam-se com o estado operacional geral da estação (por exemplo: alta temperatura ou baixa tensão).
- **Diagnósticos de Módulo:** estas mensagens indicam que existe uma falha em um I/O específico (por ex.: o bit 7 do módulo de saída) de uma estação.

- **Diagnósticos de Canal:** estas mensagens indicam um erro em um bit de I/O (por ex.: curto-circuito na saída 7).

4.1.2. Configuração do sistema e tipos de dispositivos

O PROFIBUS-DP permite sistemas mono e multi-mestre oferecendo um alto grau de flexibilidade na configuração do sistema. Até 126 dispositivos (mestres ou escravos) podem ser ligados a um barramento. Sua configuração consiste na definição do número de estações, dos endereços das estações e de seus I/O's, do formato dos dados de I/O, do formato das mensagens de diagnóstico e os parâmetros de barramento. Cada sistema de PROFIBUS-DP pode conter três tipos de dispositivos diferentes:

MESTRE Classe-1 DP é um controlador central que troca informação com as estações descentralizadas (por ex.: DP slaves) dentro de um ciclo de mensagem especificado. Dispositivos mestres típicos incluem controladores programáveis (PLCs) e PC ou sistemas VME.

MESTRE Classe-2 DP são terminais de engenharia, programadores, dispositivos de configurações ou painéis de operação. São utilizados durante o comissionamento para configuração do sistema DP e também para a manutenção e diagnóstico do barramento e/ou de seus dispositivos.

Um **ESCRAVO DP** é um dispositivo periférico (dispositivos de I/O, drivers, IHM, válvulas, etc.) que coleta informações de entrada e enviam informações de saída ao controlador. Pode haver dispositivos que possuem somente informações de entrada e outros com somente informações de saída

A quantidade de informação de I/O depende do tipo de dispositivo. Um máximo de 246 bytes de entrada e 246 bytes de saída são permitidos.

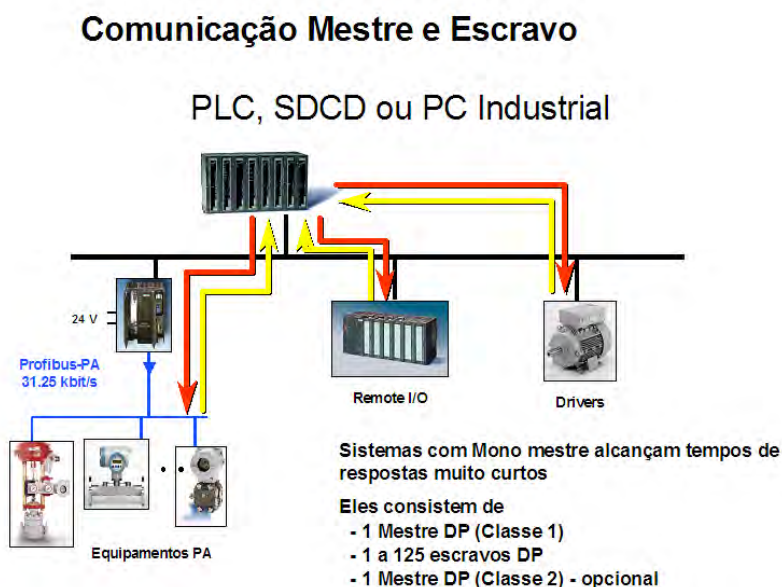


Figura 21.1 Sistema Mono-mestre PROFIBUS-DP

Em **sistemas mono-mestre** somente um mestre é ativo no barramento durante a fase de operação da rede. A figura 21.1 mostra a configuração de um sistema mono-master. O PLC é o controlador central, sendo os DP-escravos distribuídos conectados à ele via o barramento. Sistemas Mono-master possuem tempo de ciclo curtíssimo.

Em **configurações multi- mestre** (figura 21.2) vários mestres são ligados a um único barramento. Estes mestres são subsistemas independentes, cada um consistindo em um mestre DPM1 e seus respectivos escravos DP, opcionalmente com dispositivos de configuração e diagnóstico adicionais. A imagem de

entrada e saída dos escravos de DP podem ser lidas por todo os mestres DP. Entretanto, somente um único mestre DP (por ex. o DPM1 designado durante configuração) poderá escrever em uma saída. Naturalmente sistemas Multi-mestres possuem um tempo de ciclo mais longo que sistemas Mono-Mestre.

Comunicação Multi-mestre

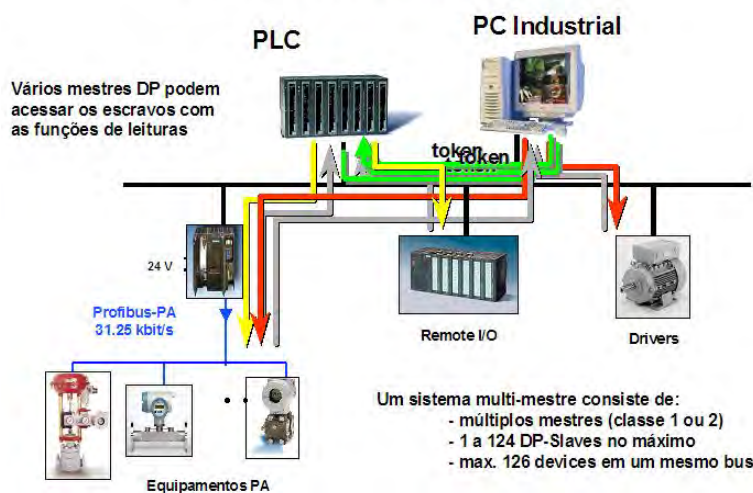


Figura 21.2: Sistema Multi-mestre PROFIBUS-DP

4.1.3. Comportamento do sistema

A especificação do PROFIBUS-DP inclui uma detalhada descrição do comportamento do sistema para garantir a intercambiabilidade dos dispositivos. O comportamento de sistema é determinado principalmente pelo estado de operação do DPM1.

DPM1 pode ser controlado localmente ou via o bus pelo dispositivo de configuração. Há três estados principais:

- **STOP:** neste estado, nenhuma transmissão de dado entre o DPM1 e os escravos DP ocorre.
- **CLEAR:** neste estado, o DPM1 lê a informação de entrada dos escravos DP e retém as saídas no estado de segurança.
- **OPERATE:** neste estado, o DPM1 está na fase de transferência de dados. Numa comunicação cíclica de dados, as entradas dos escravos DP são lidas, e as saídas são escritas nos escravos DP.

O DPM1 envia ciclicamente, em um intervalo de tempo determinado e configurável, seu estado atual à todos os escravos DP associados através do comando denominado Multicast

Já a reação do sistema à um erro durante a fase de transferência de dados para o DPM1 (por ex.: falha de um escravo DP) é determinado pelo parâmetro de configuração auto-clear. Se este parâmetro está ativo (=1), o DPM1 altera todas as saídas do escravo DP defeituoso para um estado seguro, assim que tenha detectado que este escravo não está respondendo suas requisições. O DPM1 muda então para o estado CLEAR. No outro caso, isto é, se este parâmetro não está ativo (=0), o DPM1 permanece no estado OPERATE mesmo quando uma falha ocorre, e o usuário então deve programar a reação do sistema, por exemplo, através do software aplicativo.

4.1.4. Transmissão Cíclica de Dados entre o DPM1 e os Escravos DP

A transmissão de dados entre o DPM1 e os escravos DP associados a ele é executado automaticamente pelo DPM1 em uma ordem definida, que se repete. Quando configurando o sistema, o usuário especifica a associação de um escravo DP ao DPM1 e quais escravos DP serão incluídos ou excluídos da transmissão cíclica de dados do usuário.

A transmissão de dados entre o DPM1 e os escravos DP é dividida em três fases: parametrização, configuração e transferência de dados. Durante as fases de configuração e parametrização de um Escravo-DP, sua configuração real é comparada com a configuração projetada no DPM1. Somente se corresponderem é que o Escravo-DP passará para a fase de transmissão de dados. Assim, todos os parâmetros de configuração, tais como tipo de dispositivo, formato e comprimento de dados, número de entradas e saídas, etc. devem corresponder à configuração real. Estes testes proporcionam ao usuário uma proteção confiável contra erros de parametrização. Além da transmissão de dados, que é executada automaticamente pelo DPM1, uma nova parametrização pode ser enviada a um Escravo-DP sempre que necessário.

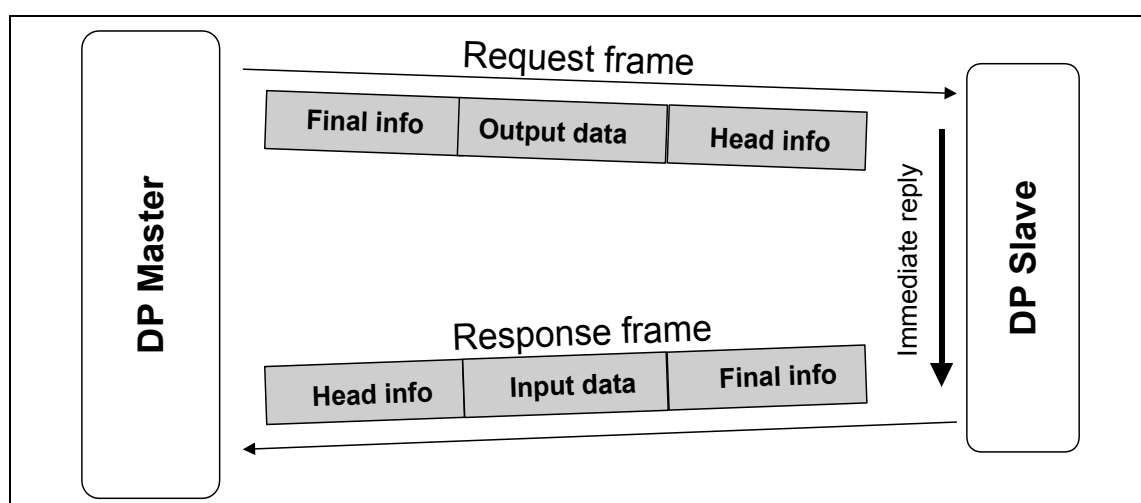


Figura 22: Transmissão cíclica de dados do usuário no PROFIBUS-DP

4.1.5. Modo Sync e Freeze

Além da transferência de dados com as estações associadas, executada automaticamente pelo DPM1, o mestre pode enviar também comandos de controle a um único escravo, para um grupo de escravos ou todos os escravos simultaneamente. Estes comandos são transmitidos como comandos Multicast. Eles possibilitam o uso dos modos **sync** e **freeze** para a sincronização de eventos nos escravos de DP.

Os escravos iniciam o modo sincronizado (sync) quando recebem um comando sync de seu mestre. Assim, as saídas de todos os escravos endereçados são congeladas em seus estados atuais. Durante as transmissões de dados subsequentes os dados de saída são armazenados nos escravos, mas os estados de saída (física) do escravo permanecem inalterados. Os dados armazenados de saída não são enviados às saídas até que o próximo comando de sync seja recebido. O modo de Sync é concluído com o comando de unsync.

De modo semelhante, o comando de controle de congelamento (freeze) força os escravos endereçados a assumirem o modo freeze. Neste modo de operação os estados das entradas são congelados com o valor atual. Os dados de entrada não são atualizados novamente até que o mestre envie o próximo comando de freeze. O modo freeze é concluído com o comando de unfreeze.

4.1.6. Mecanismos de Proteção

A segurança e confiabilidade se fazem necessários para proporcionar ao PROFIBUS-DP funções eficientes de proteção contra erros de parametrização ou erros do equipamento de transmissão. Para se obter isto, um mecanismo de monitoração de tempo está implementado tanto no mestre DP quanto nos escravos DP. O intervalo de tempo é especificado durante configuração.

No Mestre-DP:

O DPM1 monitora a transmissão de dados dos escravos com o Data_Control_Timer. Um temporizador de controle independente para cada escravo. Este temporizador expira quando a correta transmissão de dados não ocorre dentro do intervalo de monitoração. O usuário é informado quando isto acontece. Se a reação automática de erro (Auto_Clear = True) estiver habilitada, o DPM1 sai do estado OPERATE, altera as saídas de todos escravos endereçado para o estado de segurança (fail-safe) e muda o seu estado para CLEAR.

No Escravo-DP:

O escravo usa o controle de watchdog para detectar falhas do mestre ou na linha de transmissão. Se nenhuma comunicação com o mestre ocorre dentro do intervalo de controle de watchdog, o escravo automaticamente muda suas saídas para o estado de segurança (fail-safe).

Adicionalmente, proteção de acesso é requerida para as entradas e saídas dos escravos DP que operam em sistemas multi-mestres. Isto assegura que o direito de acesso só pode ser executado pelo mestre autorizado. Para todos outros mestres, os escravos oferecem uma imagem de suas entradas e saídas que podem ser lidas de qualquer mestre, sem direito de acesso.

4.2. Funções estendidas do PROFIBUS-DP

As funções estendidas do PROFIBUS-DP torna-o possível transmitir funções acíclicas de leitura e escrita, bem como alarmes entre mestre e escravos, independente da comunicação cíclica de dados. Isto permite, por exemplo, a utilização de um Terminal de Engenharia (DPM2) para a otimização dos parâmetros de um dispositivo (escravo) ou para se obter o valor do *status* de um dispositivo, sem perturbar a operação do sistema. Com estas funções estendidas, o PROFIBUS-DP atende os requisitos de dispositivos complexos que freqüentemente têm que ser parametrizados durante a operação da rede. Hoje em dia, as funções estendidas do PROFIBUS-DP são principalmente utilizadas na operação online dos dispositivos de campo em PROFIBUS-PA através de Terminais de Engenharia. A transmissão dos dados acíclicos é executada com uma baixa prioridade, paralelamente a transferência cíclica de dados. O mestre requer algum tempo adicional para executar os serviços de comunicação acíclicos. Para permitir isto, a ferramenta de parametrização normalmente aumenta o tempo de circulação do *token* o suficiente para dar ao mestre a chance de executar não somente as comunicações cíclica de dados mas também tarefas acíclicas.

Estas funções são opcionais, porém compatíveis com as funções básicas do PROFIBUS-DP. Dispositivos existentes que não necessitam ou não queiram utilizar estas novas funções continuam a ser utilizados, já que estas funções são complementares às funções básicas existentes. As extensões do PROFIBUS-DP são especificadas na diretriz técnica de PROFIBUS No. 2.082.

4.2.1. Endereçamento com slot e index

Ao se endereçar os dados no PROFIBUS supõe-se que os escravos estejam montados como um bloco físico, ou que possam ser estruturados internamente em unidades de função lógicas, chamados de módulos. Este modelo também é usado nas funções básicas do PROFIBUS-DP para transmissão cíclica de dados, onde cada módulo tem um número constante de bytes de entrada e/ou saída que são transmitidos, sempre em uma mesma posição no telegrama de dados do usuário. O procedimento de endereçamento é baseado em identificadores que caracterizam o tipo do módulo, tal como entrada, saída ou uma combinação de ambos. Todo identificadores juntos resultam na configuração do escravo, que também é verificada pelo DPM1 quando o sistema inicializa.

Os serviços acíclicos também são baseados neste modelo. Todos blocos de dados habilitados para acessos de leitura e escrita também são considerados pertencentes aos módulos. Estes blocos podem ser endereçados por um número de *slot* (ranhura) e *index* (índice). O número de *slot* endereça o módulo, e o *index* endereça o bloco de dados pertencente à um módulo. Cada bloco de dados pode ter um tamanho de até 244 bytes, ver Figura 23. Com dispositivos modulares, o número de *slot* é designado aos módulos. Iniciando com 1, os módulos são numerados consecutivamente em ordem crescente. O *slot* número 0 é atribuído ao próprio dispositivo. Dispositivos compactos são tratados como uma unidade de módulo virtual.

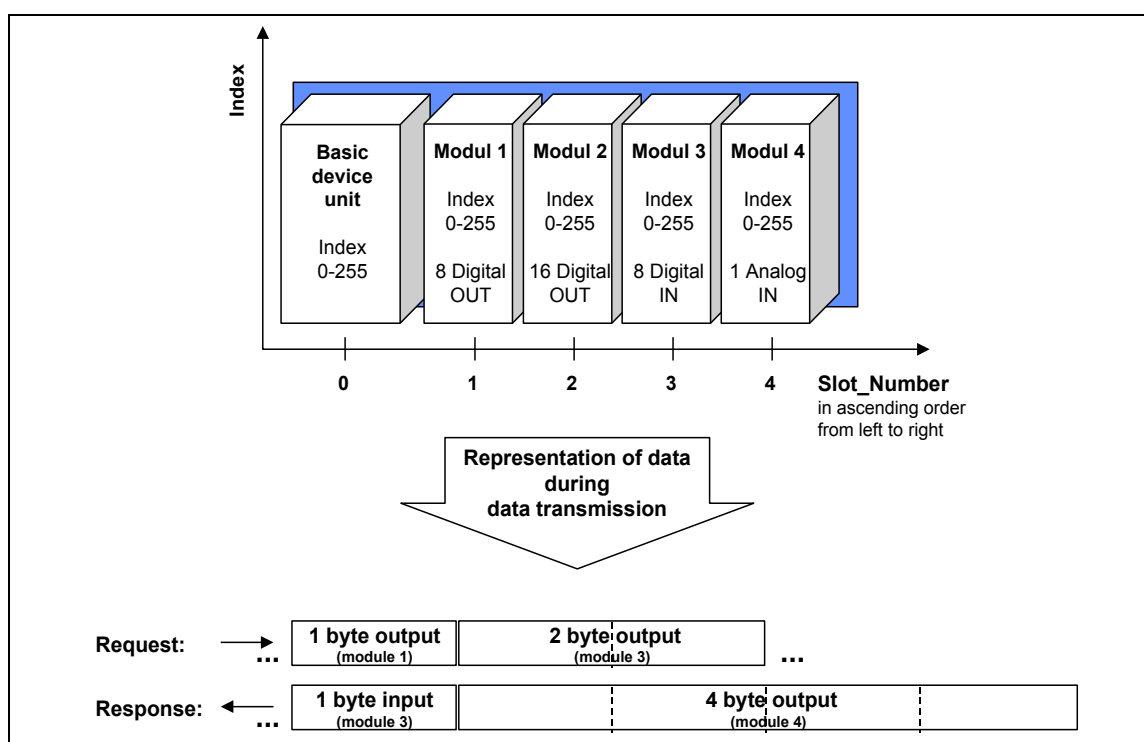


Figura 23: Endereçamento nos serviços acíclicos de leitura e escrita dos serviços do PROFIBUS-DP

Usando a especificação de comprimento na requisição de leitura e escrita, é também possível ler ou escrever partes de um bloco de dados. Se acesso aos blocos de dados for bem sucedido, o escravo responde a leitura ou escrita positivamente. Se o acesso não for bem sucedido, o escravo dá uma resposta negativa com a qual é possível identificar o erro ou problema.

4.2.2. Transmissão acíclica de dados entre um DPM1 e os escravos

As seguintes funções são disponíveis para comunicação acíclica de dados entre um mestre (DPM1) e os escravos.

- **MSAC1_Read**: o mestre lê um bloco de dados de um escravo.
- **MSAC1_Write**: o mestre escreve um bloco de dados de um escravo.
- **MSAC1_Alarm**: transmissão de um alarme do escravo para o mestre. A confirmação de um alarme é explicitamente reconhecida pelo mestre. Somente após o reconhecimento ter sido recebido, é que o escravo é capaz de enviar uma nova mensagem de alarme. Isto significa, que um alarme nunca pode ser sobrescrito.
- **MSAC1_Alarm_Acknowledge**: o mestre envia um mensagem de reconhecimento para o escravo que enviou um alarme.
- **MSAC1_Status**: transmissão de uma mensagem de estado do escravo para o mestre. Não haverá mensagem de reconhecimento do envio. As mensagens de estado, portanto, podem ser sobrescritas. Os dados são transferidos através de uma conexão. Esta conexão é estabelecida pelo DPM1. Esta função só pode ser usada por um mestre que tem também parametrizado e configurado o escravo em questão.

4.2.3. Transmissão acíclica de dados entre um DPM2 e escravos

As seguintes funções são disponíveis para comunicação acíclica de dados entre um Terminal de Engenharia (DPM2) e escravos.

- **MSAC2_Initiate** e **MSAC_Abort**: estabelece e encerra uma conexão para comunicação de dados acíclicos entre um DPM2 e um escravo.
- **MSAC2_Read**: o mestre lê um bloco de dados de um escravo.
- **MSAC2_Write**: o mestre escreve um bloco de dados de um escravo.
- **MSAC2_Data_Transport**: com este serviço, o mestre pode escrever dados acíclicamente em um escravo e se necessário, também ler dados de um escravo no mesmo ciclo de serviço. O significado dos dados é específico da aplicação e definido nos perfis.

A conexão é denominada MSAC_2 e é estabelecida antes do início da comunicação de dados acíclica pelo DPM2 através do serviço *MSAC2_Initiate*. Após isto, a conexão está liberada para os serviços: *MSAC2_Write*, *MSAC2_Read* e *MSAC2_Data_Transport*. Quando uma conexão não é mais necessária, ela é desconectada pelo mestre através do serviço *MSAC2_Abort*. É possível para um mestre manter várias conexões ativas ao mesmo tempo. O número de conexões que pode ser mantida ativa ao mesmo tempo é limitada pelos recursos disponíveis nos escravos e varia em função do tipo de dispositivo.

A transmissão de dados acíclica é efetuada numa seqüência predefinida, que será descrita à seguir, com a ajuda do serviço *MSAC2_Read*.

Primeiro o mestre envia uma requisição *MSAC2_Read* para o escravo; nesta requisição os dados necessários são endereçados usando número de *slot* e *index*. Após esta requisição ser recebida, o escravo tem a oportunidade de produzir os dados solicitados. O mestre então envia telegramas regulares para coletar os dados solicitados dos escravos. O escravo responde aos telegramas do mestre com um breve reconhecimento sem dados, até ele ter processado os dados. A próxima requisição do mestre é então respondida com uma resposta *MSAC2_Read*, com a qual os dados são transmitidos ao mestre. A transmissão de dados é monitorada por tempo.

O intervalo de monitoração é especificado com o serviço *DDL_M_Initiate* quando a conexão é estabelecida. Se o monitor de conexão detecta uma falha, automaticamente a conexão é desfeita tanto no mestre quanto no escravo. A conexão poderá ser estabelecida novamente ou utilizada por um outro parceiro. São reservados para as conexões MSAC2_C2 os pontos de acesso 40 a 48 nos escravos e 50 no DPM2.

4.2.4. TEMPO DE RESPOSTA NO PROFIBUS-DP E O TELEGRAMA PROFIBUS

O tempo de resposta em um sistema PROFIBUS-DP é essencialmente dependente dos seguintes fatores:

- MaxTSDR (tempo de resposta após o qual uma estação pode responder).
- A taxa de comunicação selecionada.
- *Min_Slave_Intervall* (tempo entre dois ciclos de *polling*, no qual um escravo pode trocar dados com um escravo. Depende do ASIC utilizado, porém no mercado encontra-se tempos de 100 µs).

Para efeitos práticos, à 12 Mbits/s pode-se assumir que o tempo de ciclo de mensagem (T_{mc}), que envolve o *promptingtelegram* + TSDR + a resposta do escravo, onde N é o número de entradas e saídas do escravo, é:

$$T_{mc} = 27\mu s + N \times 1,5 \mu s$$

Por exemplo: um mestre com 5 escravos e cada escravo com 10 bytes de entrada e 20 de saída, à 12 Mbits/s teria um Tmc aproximado de 72 µs/slave. O tempo de ciclo de barramento é obtido somando-se todos os ciclos de mensagem:

$$T_{bc} = 5 \times 72 \mu s = 360 \mu s$$

Uma explicação mais detalhada sobre tempos do sistema pode ser consultada no padrão IEC 61158.

PROFIBUS: TELEGRAMA

O FDL é que define os telegramas, sendo que se pode ter:

- Telegramas sem campos de dados (6 bytes de controle).
- Telegramas com um campo de dado de comprimento fixo (8 bytes de dados e 6 de controle).
- Telegramas com campo de dados variável (de 0 a 244 bytes de dados e de 9 a 11 de controle).
- Reconhecimento rápido (1 byte).
- Telegrama de *token* para acesso ao barramento (3 bytes).

A integridade e a segurança das informações são mantidas em todas as transações, pois se incluem a paridade e a checagem do *frame*, alcançando-se dessa forma “*Hamming Distance*” de HD=4.

A figura 24 ilustra o princípio de transferência dos dados de usuários. Somente lembrando que, no lado DP, os dados são transmitidos de modo assíncrono sob a 485 e, no lado PA, de forma bit-síncrona, no H1.

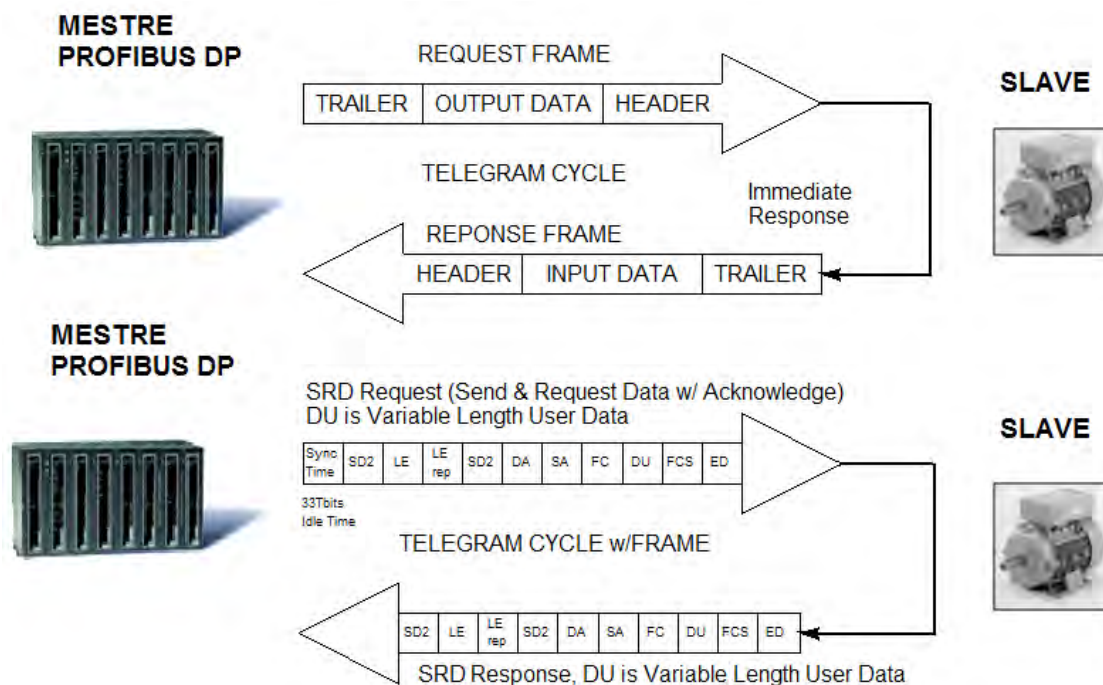


Figura 24 – Princípio de transferência dos dados de usuários utilizado pelo FDL.

Procedimentos de transmissão no Profibus

A troca de mensagens no Profibus acontece em ciclos e cada pacote de dados é conhecido como mensagem ou frame.

Cada frame de requisição de dados ou de envio de dados a uma estação mestre Profibus está associado a um frame de confirmação ou resposta de uma estação mestre ou escrava.

Os dados podem ser transmitidos em frames de envio ou resposta, sendo que o frame de confirmação não contém dados, isto é, somente apresentará em seus campos códigos de reconhecimento do frame pela estação. Isto avisa a estação mestre que o escravo irá processar e responder ao mestre em breve.

O ciclo de mensagens é somente interrompido quando se tem a transmissão do frame de token (o token é passado entre as estações mestres em uma ordem numérica ascendente de endereços por meio do frame de token e com isto o mestre que recebe o token, dominará a comunicação por um determinado tempo) e pela transmissão de dados sem confirmação, necessária para mensagens broadcast. Em ambos casos não há confirmação. Todas as estações, exceto a que detém o token, monitoram todas as requisições, e confirmam ou respondem somente quando são endereçadas e a confirmação ou resposta retornará em um tempo predefinido, o slot time (máximo tempo que o mestre irá esperar por uma resposta do *slave*), caso contrário, a requisição é repetida. A estação que não confirmar ou responder depois de um certo número de tentativas (retries) será listada como “não operacional” pela estação mestre.

Se um escravo detecta um erro de transmissão ao receber um pedido do mestre, ele simplesmente não responde e depois de esperar um slot time, o mestre enviará novamente o pedido (retry). Da mesma forma se o mestre detectar uma falha na resposta do escravo, também enviará novamente o pedido. O número de vezes que o mestre tentará sucesso na comunicação com o escravo dependerá da taxa de comunicação, sendo:

- 9.6kbits/s a 1.5Mbits/s – retry = 1
- 3.0 Mbits/s – retry = 2
- 6.0 Mbits/s – retry = 3
- 12.0 Mbits/s – retry = 4

Após esgotar todos os retries, o mestre marca o escravo, indicando um problema e faz o log out com dele. Nos ciclos subsequentes, se o mestre consegue sucesso, ele realiza a seqüência do startup novamente (4 ciclos para trocar dados novamente).

Estrutura dos frames Profibus

Inicialmente veremos como é formado um caracter UART no Profibus.

Cada frame consiste de um número de caracteres, os chamdos caracteres UART. O caracter

UART (UC) é um caracter *start-stop* para transmissão assíncrona, consistindo de 11 bits: um *start* bit, que é sempre “0”, 8 bits de informação, que pode ser “0” ou “1”, um bit de paridade, que pode ser “0” ou “1” e um *stop* bit, que é sempre “1”, conforme a Figura 25.

Start Bit	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Paridade	Stop Bit
“0”	0	1	2	3	4	5	6	7	even	“1”
←	LSB	←	←	←	←	←	←	MSB	←	←

Figura 25 – Caracter UART Profibus

A estrutura dos frames

A especificação do Fieldbus Data Link profibus apresenta 4 tipos diferentes de frames, onde:

- SD1, SD2, SD3 e SD4: bytes de início (*Start Delimiter*), podendo ter os valores: 10H, 68H, A2H e DCH. Veja os frames a seguir.
- DA: byte de endereço de destino (*Destination Address*)
- SA: byte de endereço fonte (*Source Address*)
- FC: byte de controle (*Frame Control*). O campo FC dos frames SD1, SD2, SD3, além de outras informações de controle, identifica a função do frame. De acordo com a configuração de seus bits, pode-se identificar o tipo de estação que enviou o frame, se o frame é de pedido, resposta ou confirmação e a natureza das informações que contém.
- FCS: byte de checagem (*Frame Check Sequence*)
- LE: byte de comprimento (*Octet Length*), podendo assumir valores entre 4 e 249
- LER: byte de comprimento repetido
- DATA_UNIT(DU): campo de dados que pode ser fixo (8) ou variável, podendo variar de 1 a 246 bytes
- ED: byte finalizador (*End Delimiter*), sendo seu valor sempre 16H
- SC: frame de resposta curta (*Short Acknowledgement*), tendo como valor E5H.

Nos tipos de frames a seguir cada coluna representa 1 byte ("1 octet"), exceto o campo DATA_UNIT (DU) que é variável.

SD	1 byte	Start Delimiter (usado para diferenciar os formatos dos telegramas)
LE	1 byte	Net Data Length (DU) + DA + SA + FC + DSAP + SSAP.
LEr	1 byte	byte de comprimento repetido
DA	1 byte	Destination Address – Para onde a mensagem vai.
SA	1 byte	Source Address – De onde a mensagem veio.
FC	1 byte	Function Code (FC=Tipo/Prioridade da mensagem) Usado para informações de controle, identifica a função do frame. FC=13: signals diagnostic data.
DSAP	1 byte	Destination Service Access Point (COM port do receiver). A estação de destino utilize este campo para determinar qual service a executar.
SSAP	1 byte	Source Service Access Point (COM port do sender).
DU	1 a 32 bytes (ou 1-244 bytes)	Data Units/ de 1 a 244 bytes.
FCS	1 byte	Byte de checagem (<i>Frame Check Sequence</i>)
ED	1 byte	End Delimiter (sempre 16H).

Tabela 16 - Significado dos campos de um frame Profibus

Frames de tamanho fixo sem campo de dados

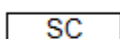
Request Frame



Acknowledgement Frame



Short Acknowledgement Frame



Frames de tamanho fixo com campo de dados

Send/Request Frame

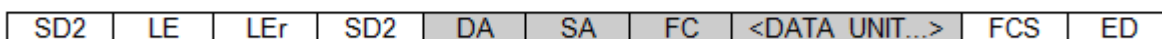


Response Frame

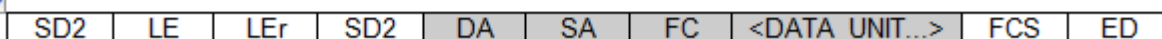


Frames de tamanho do campo de dados variável

Send/Request Frame



Response Frame



Token Frame

Send/Request Frame

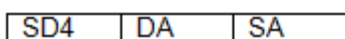


Figura 26 – Frames Profibus

Confiabilidade dos dados da transmissão no Profibus

Para garantir a confiabilidade dos dados da transmissão, o Profibus dispõe de um mecanismo de segurança conhecido como distância Hamming 4 (Hd = 4, o que significa que até três bits errados simultaneamente podem ser detectados). A introdução de um bit de paridade nos caracteres UART incrementa em um bit a distância Hamming. Consegue-se Hd = 4 enviando um FCS com cada frame, assim como a inclusão de delimitadores de início e fim dos frames. O Profibus não utiliza a correção de erros: quando é detectado um erro em um frame, descarta-se e repete-se a transmissão.

PROFIBUS: DIAGNÓSTICOS

Os perfis de comunicação PROFIBUS (Communication Profiles) usam um protocolo uniforme de acesso ao meio. Este protocolo é implementado pela camada 2 do modelo de referência da OSI. Isto inclui também a segurança de dados e a manipulação do protocolos de transmissão e mensagens. Esta camada 2 é chamada Fieldbus Data Link (FDL). O Controle de Acesso ao meio (MAC) especifica o procedimento quando uma estação tem a permissão para transmitir dados. O MAC deve assegurar que uma única estação tem direito de transmitir dados em um determinado momento. O protocolo do PROFIBUS foi projetado para atender os dois requisitos básicos do Controle de Acesso ao Meio:

- Durante a comunicação entre sistemas complexos de automação (mestres), deve ser assegurado que cada uma destas estações detém tempo suficiente para executar suas tarefas de comunicação dentro de um intervalo definido e preciso de tempo.
- Por outro lado, a transmissão cíclica de dados em tempo real deverá ser implementada tão rápida e simples quanto possível para a comunicação entre um controlador programável complexo e seus próprios dispositivos de I/O's (escravos).

Portanto, o protocolo PROFIBUS de acesso ao barramento inclui o procedimento de passagem do Token, que é utilizado pelas estações ativas da rede (mestres) para comunicar-se uns com os outros, e o procedimento de mestre-escravo que é usado por estações ativas para se comunicarem com as estações passivas (escravos).

A comunicação entre mestre e escravos é feita usando-se um conjunto de telegramas: Configuração, Parametrização, Troca de Dados e Diagnósticos (veja a figura 27.1). Durante uma troca de dados (Data Exchange), se um escravo tem dado de diagnóstico ele responderá com o código de função FC igual a 0x0A.

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU..	FCS	ED
68H	x	x	x	8x	8x	x	62/3E	60/3C	x..	x	

SD: Start Delimiter
 LE: User Data Length + DA, SA, FC, DSAP, SSAP
 DA: Destination Address
 SA: Source Address
 FC: Function Code (FC=0A Signals Diagnostic Data)
 DU: Data Unit
 DSAP: Destination Service Access Point
 SSAP: Source Service Access Point
 FCS: Frame Checking Sequence
 ED: End Delimiter

Figura 27.1 - Request/Response Frame PROFIBUS-DP

No próximo telegrama o mestre requisita um pedido de diagnósticos ao escravo e este responde conforme a figura 20.2. Cada escravo responde com pelo menos 6 bytes mandatórios de diagnósticos e ainda pode estender esta quantidade até 244 bytes.

DP	14	NIL	6	NIL	Response	Data Exchange	10 20 30 40
DP	6	NIL	7	NIL	Request	Data Exchange	00 00
DP	7	NIL	6	NIL	Response	Data Exchange	00 00
DP	6	NIL	14	NIL	Request	Data Exchange	00 00 00 00
DP	14	NIL	6	NIL	Response	Data Exchange	10 20 30 40
DP	6	NIL	7	NIL	Request	Data Exchange	00 00
FDL	7	NIL	6	NIL	Response	DH	00 00
DP	6	62	7	60	Request	Slave Diagnoses	
DP	7	60	6	62	Response	Slave Diagnoses	08 0C 00 06 80 2F 42 02 14 01 02 01 01 08 04
DP	6	NIL	14	NIL	Request	Data Exchange	00 00 00 00
DP	14	NIL	6	NIL	Response	Data Exchange	10 20 30 40
DP	6	NIL	7	NIL	Request	Data Exchange	00 00
DP	7	NIL	6	NIL	Response	Data Exchange	00 00

Figura 27.2 – O escravo seta Data High no byte FC para indicar que tem diagnóstico

Funções de diagnóstico

As várias funções de diagnósticos do PROFIBUS-DP permitem a rápida localização de falhas. As

mensagens de diagnósticos são transmitidas ao barramento e coletadas no mestre. Estas mensagens são divididas em três níveis:

Diagnósticos de Estação: estas mensagens ocupam-se com o estado operacional geral da estação (por exemplo: alta temperatura ou baixa tensão).

Diagnósticos de Módulo: estas mensagens indicam que existe uma falha em um I/O específico (por ex.: o bit 7 do módulo de saída) de uma estação.

Diagnósticos de Canal: estas mensagens indicam um erro em um bit de I/O (por ex.: curto-circuito na saída 7).

Na figura 27.3 pode-se verificar os significados dos bytes de diagnósticos:

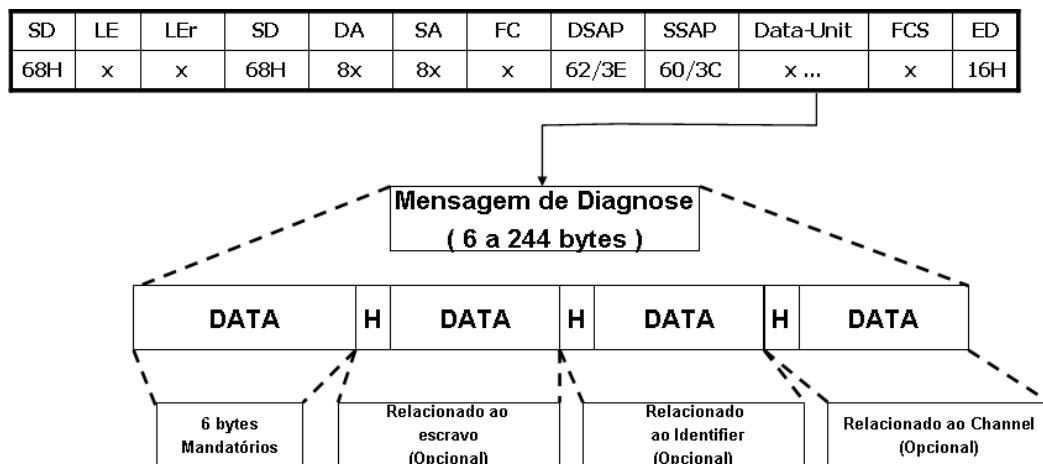


Figura 27.3 – Telegrama de Diagnóstico

5. Perfil de Comunicação FMS

O perfil de comunicação FMS foi projetado para a comunicação no nível de células. Neste nível, controladores programáveis (CLP's ou PC's) comunicam-se uns com outros. Nesta área de aplicação, mais importante que um sistema com tempos de reação rápida é um sistema com uma diversidade grande de funções disponíveis. Hoje em dia algumas plantas ainda utilizam este perfil e novas aplicações já adotam o PROFInet.

A camada de aplicação (7) do FMS é composta das seguintes partes:

- FMS: **F**ieldbus **M**essage **S**pecification e
- LLI: **L**ower **L**ayer **I**nterface

O modelo de comunicação PROFIBUS FMS possibilita que aplicações distribuídas sejam unificadas em um processo comum através do uso de relacionamentos de comunicação. A parte da aplicação situada no dispositivo de campo que pode ser acessada via comunicação é denominada de dispositivo virtual de campo (VFD – virtual field device). A figura 28 mostra a relação entre um dispositivo real e virtual. Neste exemplo somente determinadas variáveis (isto é, número de unidades, taxa de falhas e paradas) são parte do dispositivo de campo virtual e podem ser acessadas via uma relação de comunicação. As variáveis “valor desejado” (setpoint) e “receita” (recipe) não estão disponíveis neste caso.

Todos os **objetos de comunicação** de um dispositivo FMS são registrado em um dicionário de objetos (OD). O dicionário contém descrição, estrutura e tipo de dados, assim como a associação entre os endereços internos do dispositivo do objeto de comunicação e sua denominação no barramento (índice/nome).

Objetos de comunicação estática são registrados no dicionário de objetos estáticos. São configurados um única vez e não podem ser modificados durante a operação. FMS reconhece cinco tipos de objetos de comunicação.

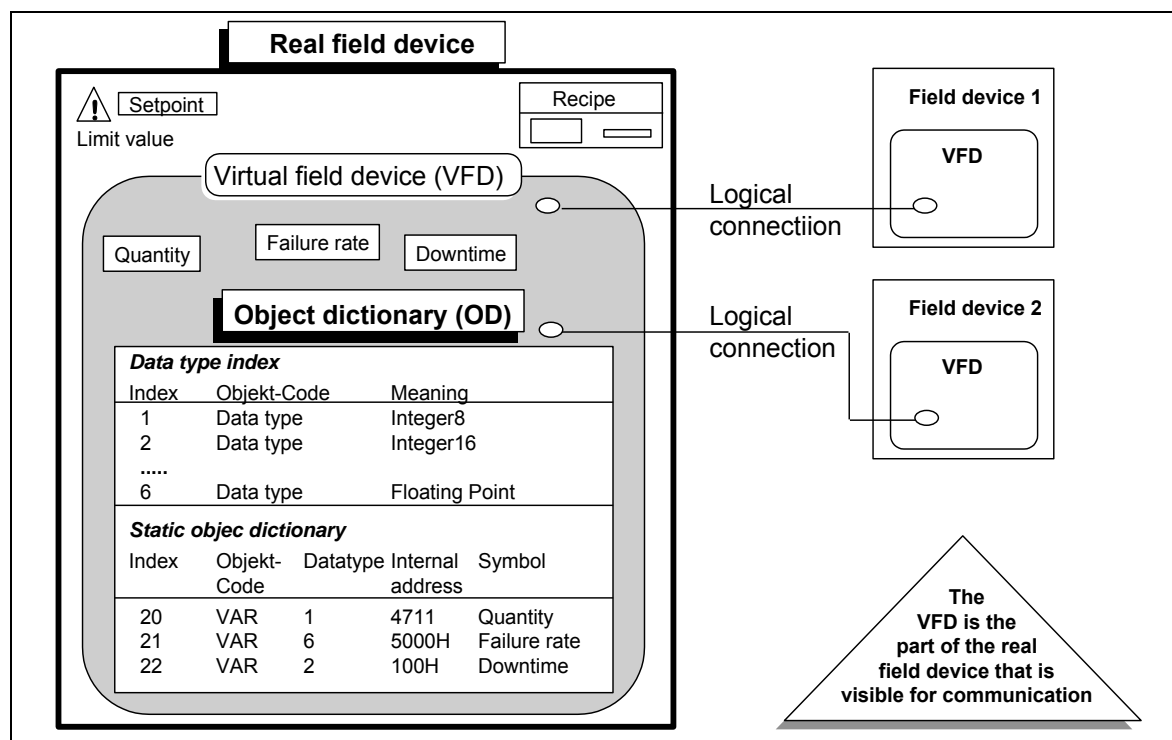


Figura 28: Virtual field device (VFD) with object dictionary (OD)

- variáveis simples
- matriz (array): série de simples variáveis do mesmo tipo
- registro (record): série de variáveis simples de diferentes tipos
- domínio (domain)
- evento (event message)

Objetos de comunicação dinâmica são registrados na seção dinâmica do dicionário de objetos. Estes podem ser modificados durante a operação.

Endereçamento lógico é o método preferido de endereçamento de objetos. O acesso é realizado com um endereço curto (índice) que é um número inteiro sem sinal. Cada objeto possui um único índice. Opcionalmente pode-se endereçar os objetos pelo nome.

Objetos de comunicação podem também ser protegidos do acesso não autorizado através da **proteção de acesso**, ou os serviços de acesso é que podem ser restringidos (por ex. somente leitura)

5.1. FMS Services

Os serviços FMS são um subset dos serviços MMS ((MMS = Manufacturing Message Specification, ISO 9506), que foram otimizados para aplicações de barramentos e que foram então estendidos por funções para a administração dos objetos de comunicação e gerenciamento de redes. A figura 28 provê uma visão geral dos serviços PROFIBUS disponíveis.

Serviços confirmados podem somente ser utilizadas para relação de comunicação orientada à conexão. A execução do serviço é mostrada na figura 29.

Serviços não confirmados podem também ser utilizados em relações de comunicação sem conexão (broadcasts e multicast). Podem ser transmitidos em alta ou baixa prioridade.

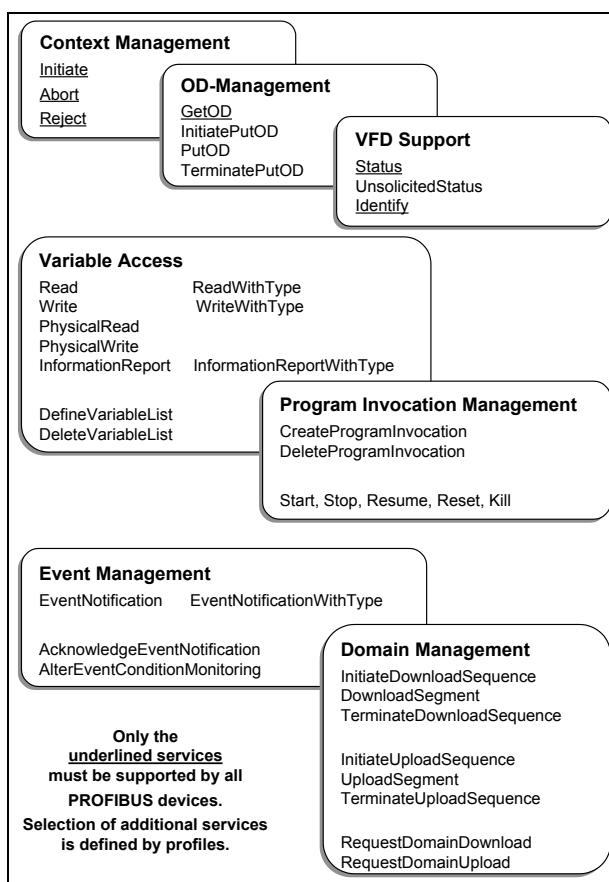


Figura 29: Serviços FMS

Os serviços FMS estão divididos nos seguintes grupos:

- Serviços **gerenciamento do contexto** para estabelecer ou encerrar conexões lógicas
- Serviços de **acesso à variáveis** utilizados para acessar variáveis, registros, matrizes ou lista de variáveis.
- Serviços de **gerenciamento do domínio** utilizados para transmitir grandes quantidades de memória. Os dados devem ser divididos em segmentos pelo usuário.
- Serviços **gerenciamento de chamada de programas** utilizados para controle de programas.
- Serviços de **gerenciamento de eventos** utilizados para transmitir mensagens de alarme. Estas mensagens são enviadas como transmissões multicast ou broadcast.
- Serviços **VFD Support** utilizados para identificação e status. Podem ser enviados espontaneamente quando requisitado por um dispositivo como transmissão multicast ou broadcast.
- Serviços de **gerenciamento OD** utilizados para acessos de leitura e escrita ao dicionário de objetos. Lower Layer Interface (LLI).

O mapeamento das camadas 7 a 2 é gerenciada pela LLI. Tarefas incluem controle de fluxo e monitoração da conexão. O usuário comunica-se com outros processos através de canal lógico denominado de **associação de comunicação**. O LLI provê vários tipos de associação de comunicação para a execução do

FMS e serviços de gerenciamento. As associações de comunicação tem diferentes capacidades de conexão (isto é, monitoração, transmissão e demandas dos parceiros de comunicação)

Associações de comunicação orientada à conexão representam uma conexão lógica ponto-a-ponto entre dois processos de aplicação. A conexão deve primeiro ser estabelecida com um serviço Initiate antes que possa ser utilizado para transmissão de dados. Após tenha sido estabelecida com sucesso, a conexão é protegida contra acesso não autorizado e fica disponível para a transmissão de dados. Quando a conexão não é mais necessária, ela pode ser desconectada através do serviço Abort. O LLI possibilita a monitoração controlada por tempo para associações de comunicação orientadas à conexão.

Os atributos da conexão “aberta” e “definida” são outra importante característica de uma associação de comunicação orientada à conexão.

Nas **conexões definidas** o parceiro da comunicação é especificado durante a configuração. Em **conexões abertas** o parceiro da comunicação não especificado até a fase de estabelecimento da conexão.

Associações de comunicação sem conexão possibilitam a um dispositivo se comunicar simultaneamente com diversas estações utilizando serviços não confirmados. Em associações de comunicação **broadcast**, um serviço FMS não confirmado é simultaneamente enviado para todas as outras estações. Em relacionamentos de comunicação **multicast**, um serviço FMS não confirmado é simultaneamente enviados para um predefinido grupo de estações.

Todas as associações de um dispositivo FMS são registrados no CRL. EM dispositivos simples, a lista é definida pelo fabricante. No caso de dispositivos complexos, o CRL é configurável pelo usuário. Cada associação de comunicação é endereçado por uma designação abreviada, a **referência de comunicação** (CREF). Do ponto de vista do barramento, uma CREF é definida pelo endereço da estação, ponto de acesso do serviço da camada 2 e LLI. O CRL contém a associação entre o CREF e a camada 2 bem como o endereço LLI. Adicionalmente, o CRL também especifica quais serviços DMS serão suportados, o tamanho dos telegramas, etc. para cada CREF

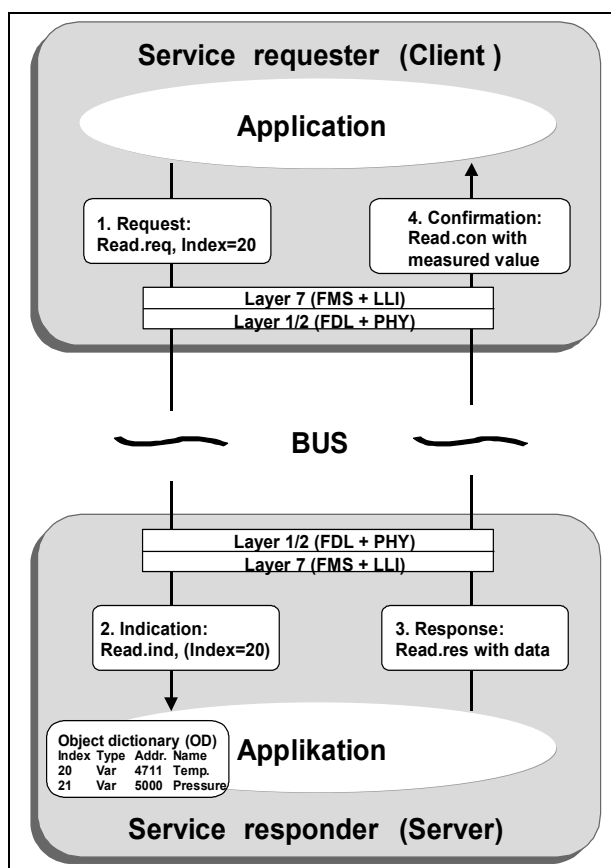


Figura 30: Sequencia de um serviço FMS

5.2. Gerenciamento de rede

Além dos serviços FMS, funções de gerenciamento de rede (**Fieldbus Management Layer 7 = FMA7**) estão disponíveis. As funções FMA7 são opcionais e permitem uma configuração central. Podem ser iniciadas remota ou localmente.

Gerenciamento de Contexto pode ser utilizado para estabelecer e desconectar um conexão FMA7.

Gerenciamento da Configuração pode ser usada para acessar CRL's, variáveis, contadores estáticos e parâmetros das camadas 1 /2. Pode também ser usada para identificação e registro das estações do barramento.

Gerenciamento de Falha pode ser usada para indica falhas/eventos e para reiniciar os dispositivos.

Um acesso uniforme para os dispositivos de configuração é obtido através da especificação da conexão de gerenciamento padrão. Uma conexão de gerenciamento padrão deve ser registrada com CREF=1 no CRL para cada dispositivo que suporte serviços FMA7 como um responder

6. Perfil de Aplicação (Application Profile)

Os perfis de aplicação PROFIBUS descrevem o uso dos perfis físico e de comunicação para uma determinada aplicação (automação de processo, automação predial) ou para um certo tipo de dispositivo (*encoders, drivers*).

6.1. Automação de processo (PA)

O uso do PROFIBUS em dispositivos e aplicações típicas de automação e controle de processos é definido por perfil PA. O perfil pode ser obtido no documento número 3.042 da Associação PROFIBUS. Ele é baseado no perfil de comunicação DP e dependendo do campo de aplicação, os meios de comunicação: IEC 61158-2, RS485 ou fibra ótica podem ser usadas. O perfil PA define os parâmetros dos dispositivos e o comportamento de dispositivos típicos, tais como: transmissores de variáveis, posicionadores, etc. independente do fabricante, facilitando assim, a intercambiabilidade do dispositivo e a total independência do fabricante. A descrição das funções e o comportamento dos dispositivos estão baseados no internacionalmente reconhecido modelo de Blocos Funcionais (*Function Block Model*). As definições e opções do perfil de aplicação PA, tornam o PROFIBUS um conveniente substituto para transmissão analógica com 4 a 20 mA ou HART.

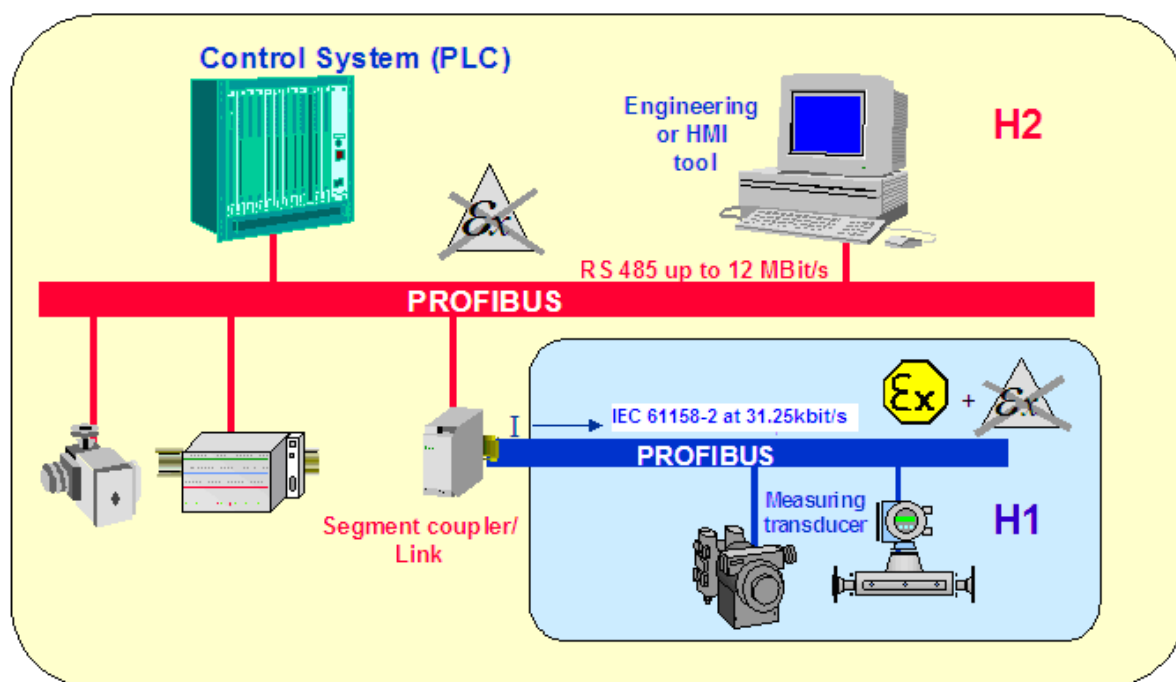


Figura 31: Configuração típica de um sistema em automação de processo

O PROFIBUS também permite medir e controlar em malha fechada processos industriais através de um único par de cabos, além de efetuar manutenção e conexão/desconexão de dispositivos durante a operação, até mesmo em áreas perigosas. O perfil PROFIBUS-PA foi desenvolvido em cooperação conjunta com os usuários da indústria de processos (*NAMUR*) e possui os seguintes requisitos especiais para trabalho nestas áreas de aplicação:

- Perfil de aplicação padronizado para automação e controle de processo e intercambiabilidade de dispositivos de campo entre diferentes fabricantes
- Inserção e remoção de estações (dispositivos), mesmo em áreas intrinsecamente seguras, sem

influenciar outras estações

- Alimentação dos dispositivos tipo transmissores, executada via o próprio barramento, conforme o padrão IEC 61158-2.
- Possibilidade de uso em áreas potencialmente explosivas com proteções do tipo intrínseca (Eex ia/ib) ou encapsulada (Eex d)

O perfil PROFIBUS-PA é baseado no conceito de blocos funcionais que são padronizados de tal forma a garantir a interoperabilidade entre os equipamentos de campo.

Os valores e o status da medição, assim como os valores de *setpoint* recebido pelos equipamentos de campo no PROFIBUS-PA, são transmitidos ciclicamente com mais alta prioridade via mestre classe 1 (DPM1). Já os parâmetros para visualização, operação, manutenção e diagnose são transmitidos por ferramentas de engenharia (mestre classe 2, DPM2) com baixa prioridade através dos serviços acíclicos pelo DP via conexão C2. Ciclicamente também se transmite uma seqüência de bytes de diagnósticos. A descrição dos bits desses bytes está no arquivo GSD do equipamento e dependem do fabricante.

O tempo de ciclo (Tc) aproximado pode ser calculado como:

$T_c \geq 10 \text{ ms} \times \text{número de equipamento} + 10\text{ms (serviços acíclicos mestre classe 2)} + 1,3 \text{ ms (para cada conjunto de 5 bytes de valores cíclicos)}$.

Imagine a situação onde se tem 5 malhas de controle com 5 transmissores de pressão e 5 posicionadores de válvula. Teria-se um tempo de ciclo de aproximadamente 110 ms.

6.1.1. Aspectos da comunicação

O uso do PROFIBUS em automação e controle de processo pode alcançar uma economia de até 40% em planejamento, cablagem, comissionamento e manutenção, além de oferecer um aumento significativo na funcionalidade e segurança do sistema. A figura 32, mostra as diferenças entre as ligações de um sistema convencional (4 a 20 mA) e um sistema baseado em PROFIBUS.

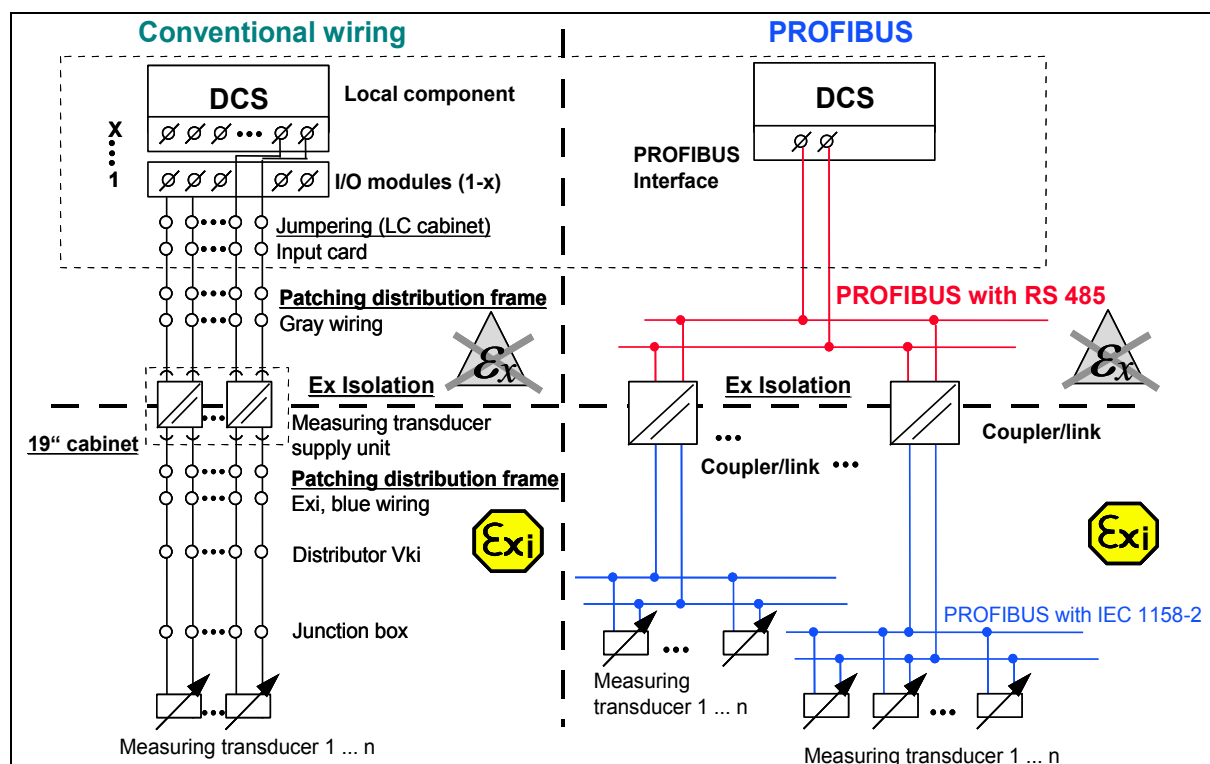


Figura 32: Comparação entre ligações convencionais e PROFIBUS

Os dispositivos de campo em áreas classificadas são conectados via PROFIBUS utilizando a tecnologia IEC 61158-2, permitindo a transmissão de dados em conjunto com a alimentação do dispositivo, através de um único par de fios. A interface da área não-classificada, onde o PROFIBUS utiliza RS485, é realizada por um acoplador ou um link. Diferente da fiação convencional, onde um fio individual é usado para cada sinal a ser ligado do ponto de medição ao módulo de E/S do sistema digital de controle (DCS), com o PROFIBUS os dados de vários dispositivos são transmitidos através de um único cabo. Enquanto uma alimentação separada (em caso de instalação à prova de explosão) para cada sinal na ligação convencional é necessária, o acoplador ou link de segmento realiza esta função em comum para muitos dispositivos em uma rede PROFIBUS. Dependendo dos requisitos da área classificada e do consumo de energia dos dispositivos, de 9 (Ex ia/ib) até 32 (não Ex) transmissores podem ser conectados em um acoplador/link de segmento. Isto economiza não somente na ligação, mas também nos módulos de E/S do DCS. Baseado no fato de que vários dispositivos podem ser alimentados em conjunto de uma única fonte de alimentação, ao utilizar PROFIBUS todos os isoladores e barreiras podem ser eliminados.

Os valores e o estado dos dispositivos de campo PA são transmitidos ciclicamente com alta prioridade entre um DCS (DPM1) e os transmissores usando as rápidas funções básicas do DP. Isto assegura que um valor de medição e seu estado estão sempre atualizados e disponibilizados no sistema de controle (DPM1). Por outro lado, os parâmetros do dispositivo para visualização, operação, manutenção e diagnóstico são transmitidos pelos Terminais de Engenharia (DPM2) com as funções DP acíclicas de baixa prioridade via conexão C2.

6.1.2. Aspectos da aplicação

Além de definições relevantes sobre comunicação, o perfil PA também contém definições sobre a aplicação, tais como: tipo de dados e unidades de medida do valor transmitido, assim como o significado da palavra de status que acompanha o valor medido. As especificações para a unidade de medida e o significado dos parâmetros do dispositivo, tais como limites baixos e altos do range de medição são independentes do fabricante.

Para auxiliar no comissionamento é possível ainda a simulação de valores no próprio transmissor. Através da simulação pode-se definir um valor de trabalho usando uma ferramenta de engenharia, que é então

transmitido do transmissor para o sistema de controle, ao invés do valor real da medição, facilitando a simulação de estados críticos de uma planta industrial e auxiliando o pessoal de comissionamento em um processo passo-a-passo.

O comportamento do dispositivo é descrito por variáveis padronizadas com as quais as propriedades dos transmissores são descritas em detalhes. A figura 33 mostra o princípio de um transmissor, descrito no bloco de função Saída Analógica (Analog Input).

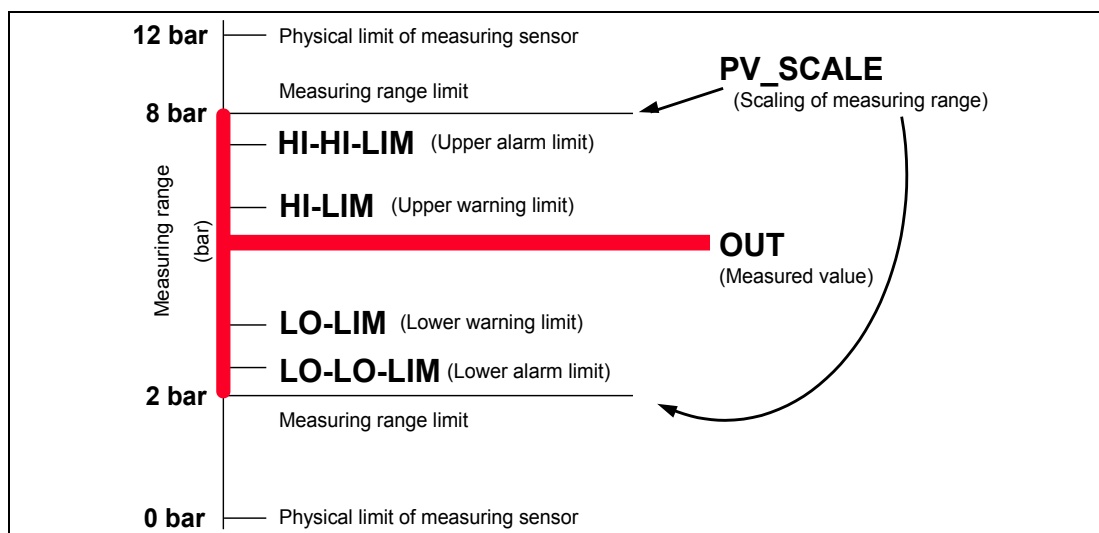


Figura 33: Ilustração dos parâmetros no perfil do PROFIBUS-PA

O perfil PA consiste de uma folha de dados genérica contendo as definições aplicáveis para todos tipos de dispositivos e uma folha de dados do dispositivo contendo informações específicas para o determinado dispositivo. O perfil é adequado tanto para a descrição de dispositivos com somente uma variável de medida (*single variable*) quanto para dispositivos multifuncionais com várias variáveis de medida (*multi-variable*). O atual perfil do PROFIBUS-PA (versão 3.02), define a folha de dados do dispositivo para os tipos mais comuns de transmissores:

- Pressão e Pressão diferencial
- Nível, Temperatura e vazão
- Válvulas e posicionadores
- Analisadores

6.1.3. Blocos de função (*Function Blocks*) PA

O perfil PA suporta a intercambiabilidade e a interoperabilidade de dispositivos de campo PA de diferentes fabricantes, usando o internacionalmente reconhecido modelo de blocos funcionais que descrevem parâmetros e funções do dispositivo. Os blocos de função representam diferentes funções do usuário, tais como entrada analógica ou saída analógica. Além dos blocos de função de aplicação específica, dois blocos de função são disponíveis para características específicas do dispositivo (*Physical Block* e *Transducer Block*). Os parâmetros de entrada e saída dos blocos de função podem ser conectados via barramento e ligado as aplicações de controle de processo.

Bloco Físico (Physical Block): contém informações gerais do dispositivo, tais como: nome, fabricante, versão e número de série do dispositivo.

Bloco Transdutor (Transducer Block): contém dados específicos do dispositivo, tipo parâmetros de correção.

Bloco de Entrada Analógica (“Analog Input Block”) – AI: fornece o valor medido pelo sensor, com estado (“status”) e escala (“scaling”).

Bloco de Saída Analógica (“Analog Output Block”) – AO: fornece o valor de saída analógica especificada pelo sistema de controle.

Bloco de Entrada Digital (“Digital Input Block”) – DI: fornece ao sistema de controle o valor da entrada digital.

Bloco de Saída Digital (“Digital Output Block”) – DO: fornece a saída digital com o valor especificado pelo sistema de controle.

Uma aplicação é composta de vários blocos de função. Os blocos de função são integrados nos dispositivos de campo pelo fabricante do dispositivo e podem ser acessados via comunicação, assim como pelo Terminal de Engenharia.

Parâmetro	Leitura	Escrita	Função
OUT	•		Valor medido atual da variável de processo
PV_SCALE	•	•	Escala da faixa de medição da variável de processo, códigos para unidades e números de dígitos após o ponto decimal
PV_FTIME	•	•	Tempo de resposta da saída do bloco funcional em segundos
ALARM_HYS	•	•	Histerese do alarme, funciona como % do range de medição
HI_HI_LIMIT	•	•	Limite altp-alto de alarme: Se ultrapassado, bit de alarme e status são ativados
HI_LIMIT	•	•	Limite alto de alarme: Se ultrapassado, bit de warning e status são ativados
LO_LIMIT	•	•	Limite baixo de alarme: Se ultrapassado, bit de warning e status são setados
LO_LO_LIMIT	•	•	Limite baixo-baixo de alarme: Se ultrapassado para baixo, bit de interrupt e status são acionados
HI_HI_ALARM	•		Estado do limite alto-alto de alarme
HI_ALARM	•		Estado do limite alto de alarme
LO_ALARM	•		Estado do limite baixo de alarme
LO_LO_ALARM	•		Estado do limite baixo-baixo de alarme

Tabela 17: Parâmetros do bloco de função Saída Analógica (AI)

6.2. Aplicações “Failsafe”

A demanda por mais recursos no setor de automação e controle de processos, através do advento da tecnologia digital e com a rápida expansão do *Fieldbus*, favoreceu o desenvolvimento da tecnologia dedicada ao diagnóstico e tratamento de falhas seguras. Principalmente, voltada à proteção de pessoas, de equipamentos/máquinas e do ambiente, visando sempre o sistema seguro ideal.

Esse sistema seguro requer, em outras palavras, que os dados e informações possam ser validados em relação aos seus valores e ao domínio do tempo, o que deve ser aplicável no sistema como um todo. Isto implica em garantir que o dado recebido foi enviado corretamente e que quem o enviou também é o transmissor correto. Além disso, que essa seja a informação esperada, em determinado instante e que a informação que foi recebida esteja seqüencialmente correta, etc.

Atualmente, o exemplo mais típico de padrão de segurança internacional e que envolve a maior parte dos desenvolvedores e implementadores de sistemas com segurança é o chamado IEC 61508. Esse padrão mostra as atividades envolvidas em todo ciclo de vida de sistemas eletrônicos programáveis em relação à segurança. Portanto, trata tanto de requisitos de hardware quanto de software.

O perigo de acidentes em processos industriais é vasto e a probabilidade de acontecer um acidente é dependente das probabilidades de falhas do sistema. A implicação de falhas depende do tipo e requisitos de segurança da aplicação.

O perfil de aplicação PROFIBUS “PROFIsafe” - Perfil para Tecnologia Segura descreve mecanismos de comunicação segura entre periféricos sujeitos à falha-segura (*Fail-Safe*) e controladores seguros. É baseado nos requisitos dos padrões e diretivas para aplicações com segurança orientada, como a IEC 61508 e EN954-1, bem como na experiência dos fabricantes de equipamentos com *Fail-Safe* e na comunidade de fabricantes de CLPs.

São apresentados a seguir, de forma resumida, seus principais conceitos.

Este perfil suporta aplicações seguras em uma extensa área de aplicações em campo. E, ao invés de utilizar barramentos especiais para as funções de segurança, permite a implementação da automação segura através de uma solução aberta e no padrão PROFIBUS, garantindo os custos efetivos de cabeamento, consistência do sistema em relação à parametrização e funções remotas de diagnóstico. Garante a segurança em sistemas de controle descentralizados através da comunicação *Fail-Safe* e dos mecanismos de segurança dos dispositivos e equipamentos.

Veja a seguir alguns exemplos de áreas de aplicação deste perfil de segurança:

- Indústria de Manufatura.
- Proteção rápida de pessoas, máquinas e ambiente.
- Funções de paradas de emergência.
- Barreiras de luz.
- Controle de entrada.
- *Scanners*.
- *Drivers* com segurança integrada.
- Controle de processos em geral.

- Áreas químicas e petroquímicas.
- Transporte público.
- Outras.

A tecnologia aberta PROFIBUS atende a uma série de requisitos, das mais variadas aplicações em termos de segurança de acordo com o PROFIsafe:

- Independência entre comunicação relevantemente segura e a comunicação segura.
- Aplicável a níveis SIL3 (IEC61508), AK6 (DIN V 19250) e categoria de controle 4 (KAT4) (EN 954-1).
- A redundância é usada somente para aumentar a confiabilidade.
- Qualquer *master* ou *link* DP pode ser usado.
- Na implementação, *masters* DP, ASICs, *links* e *couplers* não devem sofrer modificações, desde que as funções de segurança sejam implementadas acima da camada OSI *layer 7* (isto é, nenhuma mudança ou acomodações no protocolo DP).
- A implementação das funções de transmissão segura devem ser restritas à comunicação entre os equipamentos e não deve restringir o número dos mesmos.
- É sempre uma relação de comunicação 1:1 entre os dispositivos F.
- Os tempos de transmissões devem ser monitorados.

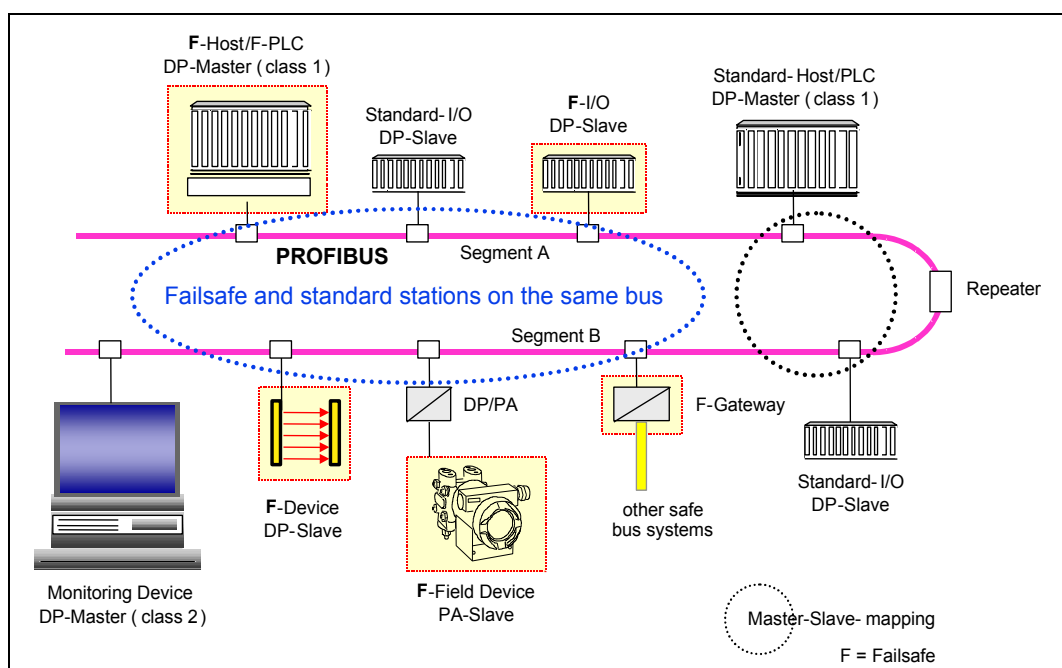


Figura 34: No perfil ProfiSafe, dispositivos failsafe podem comunicar-se via PROFIBUS

Na prática, aplicações seguras e padrões compartilharão os sistemas de comunicação PROFIBUS-DP simultaneamente. As funções de transmissões seguras incluem todas as medidas que podem estar deterministicamente descobertas, em possíveis falhas perigosas. Estas podem ser adicionadas ao sistema de transmissão padrão, com a intenção de minimizar seus efeitos. Incluem-se, por exemplo, as funções de mal funcionamento randômico, efeitos de EMI, falhas sistemáticas de hardware ou software, etc.

Por exemplo, é possível que durante uma comunicação se perca parte de um *frame*, ou que parte do mesmo apareça repetida, ou ainda, que apareça em ordem errada ou mesmo em atraso.

No PROFISafe toma-se algumas medidas preventivas, com o intuito de cercar as possíveis causas de falhas e, quando as mesmas ocorrerem, que aconteçam com segurança:

- Numeração consecutiva de todas as mensagens seguras: aqui se pretende minimizar a perda de comunicação, inserção de bytes no *frame* e seqüência incorreta.
- Sistema de *watchdog* timer para as mensagens e seus reconhecimentos: controlando os atrasos.
- Uma senha (*password*) entre emissor e receptor: evitando *linking* entre as mensagens padrão e segura.
- Proteção adicional do telegrama com a inclusão de 2 a 4 bytes de CRC: evitando a corrupção dos dados de usuário e *linking* entre as mensagens padrão e segura.

Estas medidas devem ser analisadas e tomadas em uma unidade de dado *Fail-Safe*.

O PROFISafe é uma solução em software, com canal único, que é implementada como uma camada adicional acima do *layer 7* nos dispositivos. Um *layer* seguro define métodos para aumentar a probabilidade de se detectar erros que possam ocorrer entre dois equipamentos/dispositivos que se comunicam em um *fieldbus*.

A grande vantagem é que pode ser implementada sem mudanças, proporcionando proteção aos investimentos dos usuários.

Utilizam-se os mecanismos da comunicação cíclica nos meio físicos 485 ou H1 (31,25kbts/s). A comunicação acíclica é utilizada para níveis irrelevantes de segurança de dados. Garante tempos muito curtos de respostas, ideal em manufaturas e operação intrínseca segura, de acordo com as exigências da área de controle de processos .

Por meio de uma inteligente seleção e combinação das medidas disponíveis, tal como numeração consecutiva, monitoração de tempo com reconhecimento, identificação fonte-alvo e controle CRC, assim como o patenteado *SIL Monitor*, foi possível alcançar a desejada classe de probabilidade de falhas até SIL3 ou AK6, ou categoria 4. Para os fabricantes de dispositivos Failsafe, há um software especial que implementa todas definições do perfil PROFISafe. Um fator relevante são os relatórios positivos que o perfil PROFISafe recebeu dos institutos TÜV e BIA.

6.3. Automação Predial

Este perfil (No. de Ordem 3.011) é dedicado a um ramo específico e serve como base para muitas solicitações públicas em automação predial. Baseado no Perfil de Comunicação FMS, ele define como controlar, monitorar, regular, operação, manipular alarme e arquivamento de sistemas de automação predial.

6.4. Perfis de Aplicação para tipos de dispositivos especiais

Baseado no perfil de comunicação DP, alguns outros perfis são definidos para os seguintes tipos de dispositivos:

Controladores NC/RC (3.052):

Este perfil descreve como robôs de manipulação e montagem são controlados. Cartas de fluxo mostram o movimento e controle de programa dos robôs do ponto de vista do sistema de mais alto nível da automação.

Encoders (3.062):

Este perfil descreve a conexão do DP de encoders de rotação, angulares e lineares com volta única e resolução multi-volta. Duas classes de dispositivos definem funções básicas e adicionais tais como escalonamento, manipulação de alarme e diagnósticos.

Acionamentos de Velocidade Variável (Drives) (3.072):

Este perfil especifica como os acionamentos são parametrizados e como setpoints e valores instantâneos são transmitidos. Isto habilita a intercambiabilidade de acionamentos de diferentes fabricantes. O perfil contém especificações para controle de velocidade e modos de posicionamento, além de especificar as funções básicas do acionamento, deixando liberdade para aplicações específicas e futuros desenvolvimentos.

Interface Homem Máquina (3.082):

Este perfil para Interfaces Homem Máquina (IHM) especifica a conexão destes dispositivos via DP com os componentes de um nível superior no sistema de automação. O perfil usa as funções estendidas DP para comunicação.

HART no PROFIBUS-DP(3.102):

Em vista de um grande número de dispositivos HART instalados no campo, a integração destes dispositivos em existência ou novos sistemas PROFIBUS é de importância chave para a maioria dos usuários.

A especificação PROFIBUS "HART" oferece uma solução aberta para este problema. Isto inclui os benefícios dos mecanismos de comunicação PROFIBUS sem nenhuma mudança necessária para o protocolo PROFIBUS e serviços, os PROFIBUS **PDU**s (Protocolo de Unidade de Dados) ou as máquinas de estado e características funcionais.

Esta especificação define um perfil do PROFIBUS que é implementado no mestre e escravo sobre a camada 7, habilitando assim o mapeamento do modelo servidor–cliente–mestre HART no PROFIBUS. A cooperação da Fundação HART no trabalho de especificação assegura uma completa conformidade com as especificações HART. A aplicação de cliente HART é integrada em um mestre PROFIBUS e o mestre HART em um escravo PROFIBUS, por meio de que o posterior serve como um multiplexador e manipula a comunicação para os dispositivos HART.

Para a transmissão de mensagens HART, foi definido um canal de comunicação que opera de forma independente das conexões MS1 e MS2. Um **HMD** (Dispositivo Mestre HART) pode suportar alguns clientes. O número de clientes depende da implementação. Dispositivos HART podem ser conectados com o HMD para PROFIBUS sobre diferentes componentes (PROFIBUS Guideline "PROFIBUS Perfil para HART" Ordem No. 3.102).

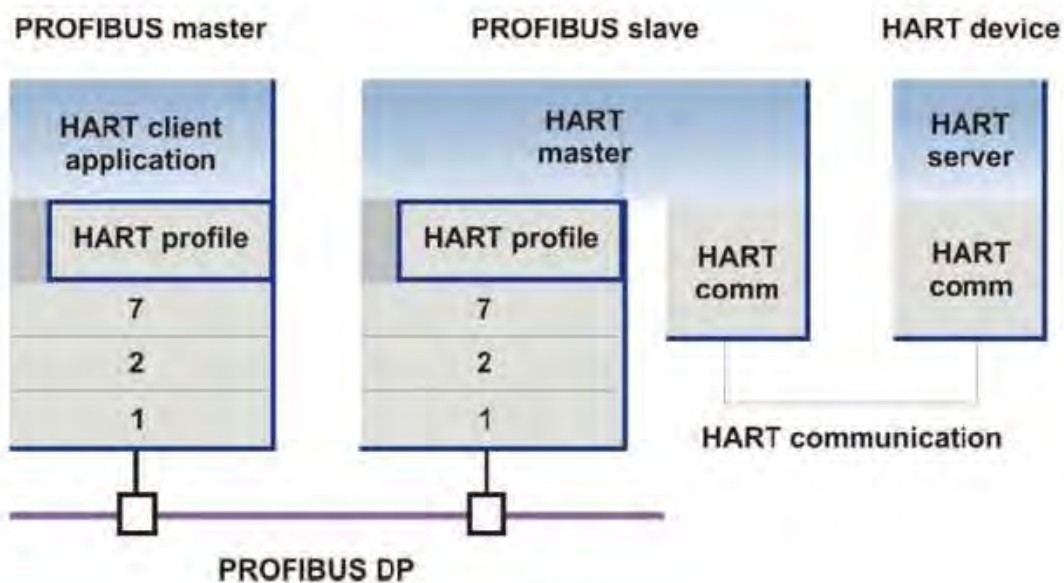


Figura 35 - Integração de dispositivos HART em PROFIBUS-DP

Time Stamp (2.192):

Ao gravar funções de tempo em redes, particularmente estes como localização de diagnóstico ou falha, é útil ser capaz de prover certos eventos e ações com um time stamp, que habilita tarefas precisas no tempo.

Para este propósito, o PROFIBUS oferece o perfil time stamp. A pré-condição é o controle de clock nos escravos através do clock mestre sobre os serviços MS3. Um evento pode ser um dado preciso de sistema de time stamp e uma leitura de forma adequada. Um conceito de mensagens classificadas é usado. Os tipos de mensagens são resumidos sob os termos “Alertas” e são divididos em “alarmes” de alta prioridade (estes transmitem uma mensagem de diagnóstico) e “eventos” de baixa prioridade. Em ambos os casos, o mestre lê de forma acíclica (usando os serviços MS1) os valores de processo de time stamp e mensagens de alarme e o buffer de eventos do dispositivo de campo. (ver Figura 35). Por favor refira-se ao documento correspondente, a Diretriz PROFIBUS “Time Stamp”, Ordem No. 2.192.

Conteúdo geral dos Perfis de Aplicação atuais para o PROFIBUS



Figura 36 - Mensagens de alarme e time stamp

DESIGNAÇÃO	CONTEÚDO DO PERFIL	SITUAÇÃO ATUAL DA DIRETRIZ PNO
Dispositivos Laboratoriais	<p>O propósito dessa especificação é suportar as definições de processos de aplicação de dispositivos laboratoriais. O escopo dessa especificação é definir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Um conjunto de parâmetros de dispositivos para operação, comissionamento, manutenção e diagnose. - Um mecanismo para alcançar a conectividade de parâmetros definidos por grupos de usuários e fabricantes de equipamentos. <p>O PROFIBUS, padronizado nas normas IEC 61158 e IEC 61784 cobre inúmeras aplicações potenciais para o controle industrial, supervisão e o uso em campo também.</p> <p>Para coordenar funções de aplicação em um laboratório químico baseado em dispositivos como por exemplo, termostatos, balanças, a definição de variáveis e síntese de parâmetros deve ser definida. Essa é o principal tópico desse perfil.</p>	V1.01
Perfil para Dispositivos de Controle de Processos (Dispositivos PA)	<p>O escopo dessa especificação é definir um conjunto base de parâmetros para operação, comissionamento, manutenção, diagnose e um mecanismo para alcançar a conectividade de parâmetros definidos por um grupo de usuários e fabricantes de equipamentos.</p> <p>O documento consiste do "Perfil de dispositivos para controle de processos V3.02 e um anexo "Emenda 1, PROFIsafe para dispositivos PA".</p>	V3.02
Perfil para Encoders PROFIBUS DP-V2 Encoders (Draft V4.0)	<p>Esse perfil define a funcionalidade para encoders operando nas comunicações PROFIBUS DP-V1 e DP-V2.</p> <p>Ele coexiste com a versão anterior 1.1 para dispositivos DP-V0.</p>	V.3.2
Perfil para Robôs e Controles Numéricos	<p>Ele descreve o comportamento de sistemas de controle numérico, controle de robôs e de posicionamento em vista da comunicação PROFIBUS DP.</p>	V1.0
Sistemas de pesagem e dosagem. (Parte a, Parte b, Parte c)	<p>Esse perfil define os mecanismos padrões para integração de sistemas de pesagem (Dispositivos de pesagem simples, avançados, de dosagem e sistemas de batelada) nas redes PROFIBUS DP. Consequentemente, funções, parâmetros, interfaces e serviços tem que ser definidos. O conjunto de serviços usados é definido na IEC 61158 [1], [2] PROFIBUS DP.</p> <p>Pretende-se também, definir a padronização da interface para programação para uso em diferentes controladores. O estado da arte para o modelo e linguagens de programação na área de controladores programáveis é o padrão IEC 61131 3 [3]. Ele define um conjunto de elementos de linguagem e mecanismos (por ex. tipo de dados, blocos de função), que são comumente aplicados em um conjunto bem definido de linguagens de programação (e.g. Diagrama Ladder, Texto Estruturado).</p> <p>A parte A dessa especificação apresenta regras gerais aplicadas a todos os dispositivos alvo desse perfil.</p> <p>A parte B foca as definições específicas para dispositivos de pesagem simples (SWD) e dispositivos de pesagem avançados (AWD).</p>	a V1.02; b V1.02; c d0.95
Diretrizes de perfil Parte1: Identificação & Funções de Manutenção	<p>O principal propósito das funções de I&M definidas é dar suporte aos usuários finais em vários cenários do ciclo de vida de um dispositivo, seja sua configuração, comissionamento, parametrização, diagnose, reparo, atualização de firmware, gerenciamento de ativos, rastreamento de auditoria e afins. Parâmetros uniformes bem definido e regras habilitarão fabricantes a fornecer dispositivos que se comportem de maneira uniforme e que habilitem usuários finais a agirem de forma rápida e direta. Essas diretrizes de perfil levam em consideração os requisitos da NAMUR, FDA (Food & Drug Administration) e outros.</p>	V1.1.1
Diretrizes de perfil Parte 2: Tipos de dados, Linguagem e Plataformas de Programação	<p>Essas diretrizes lidam com a definição de tipos de dados de parâmetros e variáveis de perfis, linguagens de programação de dispositivos de campo e controladores, assim como aspectos de plataforma para dispositivos de campo. O que uniformiza e torna rápido e direto o acesso e fluxo de dados dos dispositivos de campo para os níveis hierárquicos superiores de automação.</p>	V1.0
Diretrizes de perfil Parte 3: Diagnoses, Alarmes + Estampa de tempo	<p>O comitê técnico 3 dentro da organização PROFIBUS decidiu publicar um série e diretrizes para perfis que lidam com os mais importantes características comuns dos escravos PROFIBUS. Essa parte 3 está lidando com diversos aspectos de diagnose, os vários meios e níveis disponibilizados pelo padrão PROFIBUS, alguns recursos adicionais úteis como indicadores de LED e melhores práticas recomendadas em design de modelos para dispositivos de campo. O benefício esperado é a melhoria da qualidade para o usuário no caso de falhas, uma manipulação de sistema mais uniforme a fim de reduzir os custos de engenharia e otimizar a performance do sistema. Essas diretrizes gerais estão reduzindo os esforços por perfis individuais de aplicação de dispositivos para famílias de dispositivos e representa um acordo entre parceiros de comunicação no PROFIBUS DP: controladores (dispositivos mestre classe 1), dispositivos de campo (escravos), e dispositivos de engenharia e monitoração (mestre classe 2).</p>	V1.0
Comutadores de baixa tensão (LVSG).	<p>O perfil descreve a troca de dados para engrenagens de comutação de baixa tensão (comutadores-desconectores, motor starters, etc) no PROFIBUS DP.</p> <p>É aplicável comutadores e engrenagens de controle conectados em circuitos com tensões não maiores que 1000 V a.c. or 1500 V d.c.</p> <p>Além do PROFIBUS o mapeamento para o PROFINET IO e IO-Link é descrito nesse perfil.</p>	d1.21

Figura 37 - Os perfis de aplicação específicos PROFIBUS.

7. Desenvolvimento de Dispositivos

Dispositivos PROFIBUS possuem diferentes características de funcionalidade (p. ex.: número de I/O's, funções de diagnósticos) ou de parametrização da comunicação, tais como taxa de transmissão e tempo de monitoração. Estes parâmetros variam individualmente para cada tipo de dispositivo e de fabricante e são normalmente documentados nos manuais técnicos. Apesar disto, a fim de tornar o PROFIBUS um sistema configurável facilmente, tipo Plug and Play, definiu-se um Arquivo de Dados Eletrônicos do Dispositivo (Arquivo GSD), onde estas informações são armazenadas.

Existem as mais diversas ferramentas de configuração para a rede PROFIBUS, contudo, baseado nestes arquivos GSD, é possível configurar mesmo uma rede PROFIBUS complexa, com os mais diversos dispositivos de diferentes fabricantes, de uma maneira simples, rápida e intuitiva.

7.1. Arquivos “GSD”

As características de comunicação de um dispositivo PROFIBUS são definidas na forma de uma folha de dados eletrônica do dispositivo (“GSD”). Os arquivos GSDs são fornecidos pelos fabricantes dos dispositivos.

Os arquivos GSDs ampliam a característica de rede aberta, podendo ser carregado durante a configuração, utilizando qualquer ferramenta de configuração, tornando a integração de dispositivos de diversos fabricantes em um sistema PROFIBUS simples e amigável.

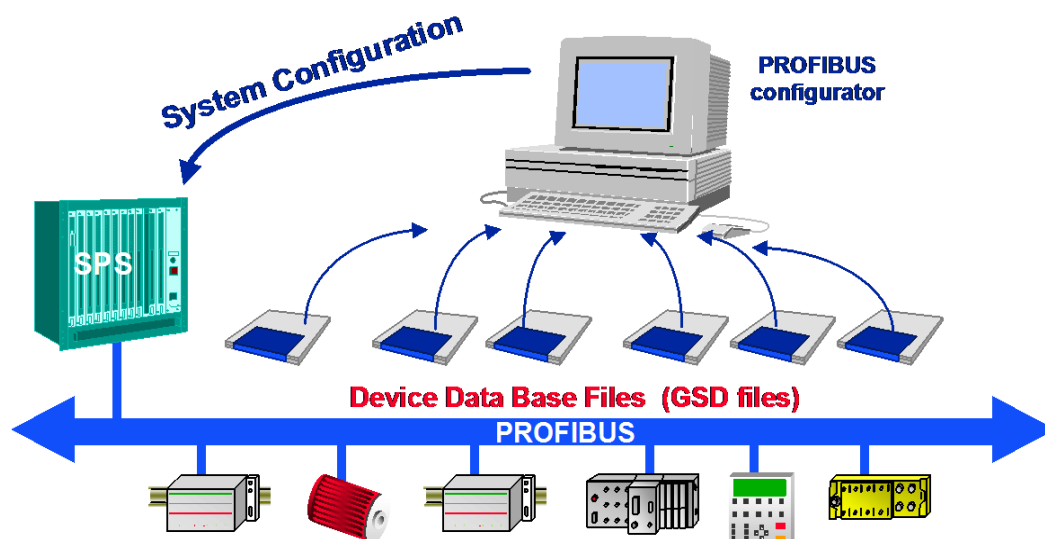


Figura 38 - Arquivos GSD permitem configuração aberta

Os arquivos GSDs fornecem uma descrição clara e precisa das características de um dispositivo em um formato padronizado. Estes são preparados pelo fabricante para cada tipo de dispositivo e oferecidos ao usuário na forma de um arquivo. Seu formato padronizado torna possível a utilização automática das suas informações no momento da configuração do sistema.

O arquivo GSD é dividido em três seções:

Especificações gerais

Esta seção contém informações sobre o fabricante e nome do dispositivo, revisão atual de hardware e software, taxas de transmissão suportadas e possibilidades para a definição do intervalo de tempo para monitoração

Especificações relacionadas ao Mestre

Esta seção contém todos os parâmetros relacionados ao mestre, tais como: o número de máximo de escravos que podem ser conectados, ou opções de *upload* e *download*. Esta seção não existe para dispositivos escravos.

Especificações relacionadas ao Escravo

Esta seção contém toda especificação relacionada ao escravo, tais como: número e tipo de canais de I/O, especificação de informações e textos de diagnósticos nos módulos disponíveis.

Nas seções individuais, os parâmetros são separados por palavras chave. Uma distinção é feita entre parâmetros obrigatórios (por ex.: *Vendor_Name*) e parâmetros opcionais (por ex.: *Sync_Mode_supported*). A definição dos grupos de parâmetros permite a seleção de opções. Além disso, arquivos do tipo *bitmap* com o símbolo dos dispositivos podem ser integrados. O formato dos arquivos GSD contém listas (tal como velocidade de comunicação suportada pelo dispositivo) assim como espaços para descrever os tipos de módulos disponíveis em um dispositivo modular.

Na homepage do PROFIBUS INTERNATIONAL (www.PROFIBUS.com) está disponível para download um Editor de GSD, a fim de auxiliar fabricantes que estejam desenvolvendo dispositivos PROFIBUS. A especificação dos arquivos GSD e seu formato podem ser encontrados também neste site.

A PROFIBUS INTERNATIONAL mantém uma biblioteca abrangente de arquivos GSD da maioria dos dispositivos PROFIBUS disponíveis no mercado, acessíveis sem custo: <http://www.PROFIBUS.com>

7.2. Ident Number

Todos os escravos e mestres classe tipo 1 devem possuir um número de identificação (ID). O mestre compara o número de identificação dos dispositivos conectados com o número de identificação especificado e gravado pela ferramenta de configuração do sistema. A transferência de dados do usuário não é inicializada até que os corretos tipos de dispositivos com as corretas estações tenham sido conectados no barramento. Isto oferece um alto grau de segurança contra erros de configuração.

Fabricantes de dispositivos devem solicitar a Organização de Usuários PROFIBUS um número de identificação para cada tipo de dispositivo. A organização se responsabiliza também pela administração dos números de identificação (ID).

Uma faixa especial de números de identificação foi reservada para dispositivos PROFIBUS-PA: 9700(h) – 977F(h), que pode ser usada por todos os dispositivos que atendam exatamente as definições do perfil PA versão 3.0 ou superior. A definição destes ID's gerais aumenta a intercambiabilidade dos dispositivos PA. A seleção do número de identificação a ser usado pelo dispositivo deve ser feita de acordo com o tipo e número de blocos de função disponível. O número de identificação 9760(h) é reservado para dispositivos de campo PA com vários e diferentes tipos de blocos de função (dispositivos multivariáveis).

7.3. Descrição eletrônica do dispositivo (EDD)

A EDDL (Ligagem de descrição eletrônica do dispositivo) é uma linguagem baseada em texto, muito parecida com a linguagem C em termos de estruturação, que descreve as características de comunicação digital dos parâmetros dos equipamentos e dispositivos de campo. É utilizada para facilitar a informação e condições de status, diagnósticos e configuração. Sua base é a DDL (Device Description Language utilizada pela HART desde 1992) onde foram acrescentados comandos visuais, principalmente relativos a parte gráfica e imagens e que visam uma melhor interface aos usuários em termos de configuração, calibração e

manutenção. Alguns equipamentos, como por exemplo, os posicionadores possuem várias informações que podem ser gráficas, tais como curvas de tendências, assinaturas de válvulas, etc, que agora poderão ser desenvolvidas com mais facilidade e com mais recursividades.

Além disso, a EDD permite que os fabricantes de Sistemas possam criar um ambiente único e integrado, suportando qualquer equipamento, de qualquer fornecedor e de diferentes protocolos, sem a necessidade de drivers ou arquivos customizados e, aqui está a grande vantagem para o usuário que poderá trabalhar em um ambiente simples, sem a necessidade de treinamentos específicos para cada tipo de protocolo ou ferramenta.

A descrição eletrônica do dispositivo (EDD) descreve as propriedades de um dispositivo PROFIBUS. A linguagem pode ser usada universalmente e permite descrições independentes do fabricante tanto para dispositivos simples (sensores e atuadores) quanto para sistemas complexos. A descrição eletrônica do dispositivo (EDD) é fornecida pelo fabricante do dispositivo em formato eletrônico para cada dispositivo. Os arquivos EDD são lidos pelas ferramentas de configuração simplificando assim o comissionamento e a manutenção do sistema PROFIBUS. Por um lado, os arquivos EDD descrevem as variáveis e a função de um dispositivo e por outro contém elementos para operação e visualização. Para uma completa especificação dos arquivos EDD, veja o documento No. 2152 do PROFIBUS.

7.4. Conceito FDT (Fieldbus Device Tool)

As Ferramentas de Dispositivos de Campo (FDT) operam baseadas na tecnologia Microsoft COM/DCOM, oferecendo uma base independente para acessar todas características de comunicação e aplicação de um dispositivo na configuração, operação e diagnóstico de um grande sistema. Neste conceito, todos os parâmetros e opções de um dispositivo de campo são fornecidos pelo fabricante do dispositivo na forma de um DTM (*Device Type Manager*). A tecnologia FDT é um padrão de software aberto que define interfaces e componentes e permite a integração de drivers de diferentes equipamentos em um sistema de engenharia unificado, não importa o fabricante ou protocolo de comunicação. Além da interoperabilidade, essa tecnologia tem a vantagem de permitir que as interfaces com o usuário sejam ricas em elementos gráficos e implementem funções complexas. Através da definição de interfaces para integração entre os componentes de software do sistema, é possível atingir um nível de integração análogo à tecnologia plug'in'play para aplicativos de escritório. A idéia básica é encapsular as funções específicas de cada equipamento em componentes de software (DLL, ActiveX, OCX, EXE) que se comunicam entre si através de interfaces padronizadas e abertas e são gerenciados através de um ambiente de software único chamado aplicativo FDT.

Vale lembrar que tanto a EDD quanto o FDT/DTM são interfaces que facilitam ferramentas de gerenciamento de ativos. O autodiagnóstico, confiável e seguro, proporcionado pelos dispositivos PROFIBUS, possibilitam a integração de programas de manutenção preditiva e proativa. Estatísticas operacionais proporcionam informações úteis para a previsão de falhas e uso da manutenção preditiva. Diagnósticos rápidos e estatísticas operacionais permitem a antecipação de falhas antes que elas possam causar danos. Mecanismos on-line de notificação de falhas informam imediatamente ao responsável se um determinado dispositivo poderá falhar. Isto permite a tomada de providências antes que a produção seja afetada, contribuindo para a diminuição das paradas inesperadas e de situações de risco. Informações mais precisas, como por exemplo, qual dispositivo, que tipo de falha, entre outras, podem ajudar na escolha adequada de sobressalentes e de ferramentas, antes do envio da equipe de manutenção ao campo. A utilização de programadores portáteis pode ser eliminada. É possível acessar os dispositivos da rede PROFIBUS via ferramentas poderosas em um microcomputador contribuindo para uma grande diminuição dos custos operacionais da planta.

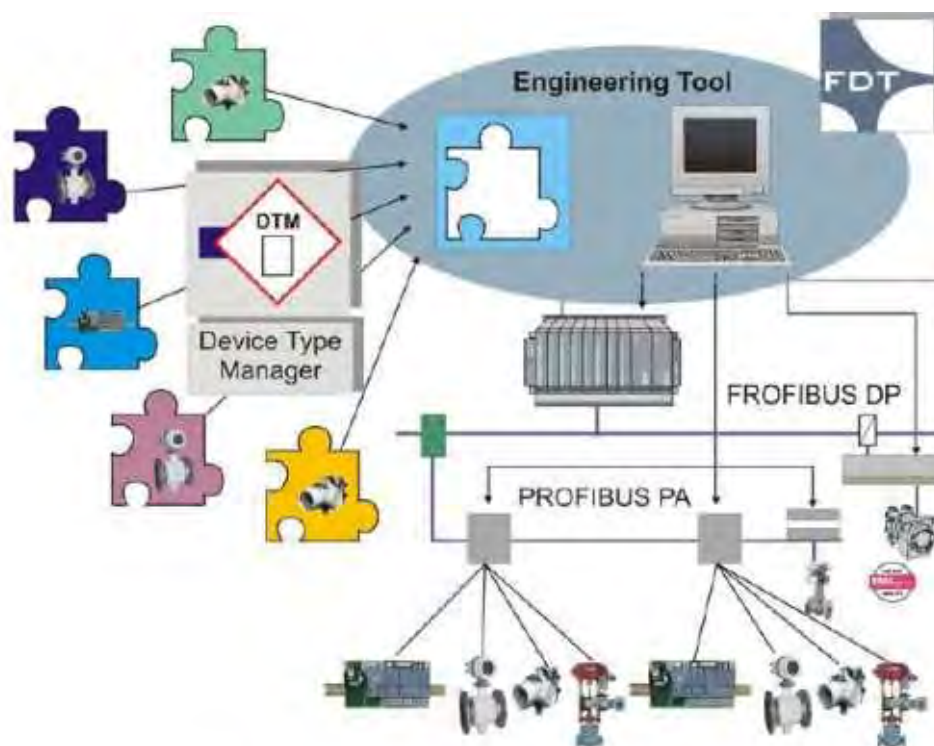


Figura 39 – Conceito de FDT/DTM

7.5. Gerenciamento de Ativos

O autodiagnóstico, confiável e seguro, proporcionado pelos dispositivos Profibus, possibilita a integração de programas de manutenção preditiva e proativa. Estatísticas operacionais, como o deslocamento acumulado da haste de uma válvula, proporcionam informações úteis para a previsão de falhas e uso da manutenção preditiva. Diagnósticos rápidos e estatísticas operacionais permitem a antecipação de falhas antes que elas possam causar danos.

Mecanismos on-line de notificação de falhas informam imediatamente ao responsável se um determinado dispositivo poderá falhar. Isto permite a tomada de providências antes que a produção seja afetada, contribuindo para a diminuição das paradas inesperadas e de situações de risco. Informações mais precisas, como por exemplo, qual dispositivo, que tipo de falha, entre outras, podem ajudar na escolha adequada de sobressalentes e de ferramentas, antes do envio da equipe de manutenção ao campo. A utilização de programadores portáteis pode ser eliminada. É possível acessar os dispositivos da rede Profibus via ferramentas poderosas em um microcomputador através de ferramentas de gerenciamento de ativos e manutenção preditiva e proativa, contribuindo para uma grande diminuição dos custos operacionais da planta.

A tecnologia baseada em padrões abertos prevê uma menor dependência dos caros contratos de manutenção.

Uma grande parte do *Total Cost of Ownership* (TCO - Custo Total de Propriedade) do sistema pode ser reduzida devido à facilidade da manutenção.

Hoje não resta dúvida que no mundo da automação industrial as empresas buscam possibilidades de se tornarem competitivas. Entre estas possibilidades podemos citar a otimização de processos e também o gerenciamento de ativos.

A otimização garante melhoria de performance, redução de custos com matéria-prima, melhor qualidade,

etc. Quanto mais informação, melhor uma planta pode ser operada e sendo assim, mais produtos pode gerar e mais lucrativa pode ser. A informação digital permite que uma sistema colete informações dos mais diversos tipos e finalidades de uma planta, como ninguém jamais imaginou e neste sentido, com a tecnologia digital, pode-se transformar preciosos bits e bytes em um relacionamento lucrativo e obter também um ganho qualitativo do sistema como um todo. E isto é garantido somente se o processo estiver rodando com excelência, uma consequência direta do gerenciamento de ativos e de práticas que reduzem o *downtime*, aumentando a disponibilidade da planta e cortando custos de manutenção.

Um sistema de gerenciamento e manutenção deve ter recursos que permitam ao usuário identificar ou prognosticar fácil e rapidamente qualquer mau funcionamento de sua planta. Neste sentido, deve ter facilidades técnicas em gerações de dados estatísticos, levantamento de históricos, gerações de relatórios, permitir fácil acesso de qualquer lugar, mesmo fora da planta e evitar paradas não programadas e otimizar as paradas programadas das empresas, utilizando as manutenções preditivas e proativas (o chamado conceito TPM – *Total Productive Maintenance*). Além disso, deve tirar vantagens dos modernos recursos de rede e arquitetura de software, como interface OPC, multiprotocolos e acesso via WEB, onde estas ferramentas oferecem ao usuário ampla visibilidade da planta, a qualquer hora, em qualquer lugar.

Em termos gerais, as empresas hoje querem informação que podem gerar benefícios, facilitando as tomadas de decisões. Vejamos algumas facilidades e benefícios do gerenciamento de ativos:

- Facilidade de acesso às informações em toda a planta (desde chão-de-fábrica até níveis gerenciais);
- Garante uniformização das informações nos diversos níveis hierárquicos, com confiabilidade. Rico em informação, facilita a tomada de decisões;
- Permite infra-estrutura e tecnologia para que se monitore on-line, configure, calibre e gerencie equipamentos de campo com o objetivo de se ter os melhores resultados em termos de desempenho e redução de custos;
- Permite as melhores práticas de manutenção (principalmente a proativa), através do gerenciamento de diagnósticos, programação de manutenções;
- *Audit Trial*;
- Minimização de *spare parts*;
- Aumento da disponibilidade e segurança operacional da planta e redução do *downtime*;
- Diminuição do tempo perdido em manutenção em equipamentos que realmente não a necessita (Manutenção Preventiva);
- Ganhos e redução de custos operacionais contribuindo para a redução de custos gerais.

8. Opções de Implementação

Uma grande quantidade de componentes padronizados (tecnologia básica) está disponível para implementação do protocolo PROFIBUS, reduzindo assim gastos e tempo de desenvolvimento do fabricante dos dispositivos.

A tabela 15, mostra os componentes disponíveis, sendo que a decisão em favor de um determinado componente, depende primariamente da complexidade do dispositivo de campo, da performance e funcionalidade necessária.

Vendor	Chip	Type	Characteristics	FMS	DP	PA	add. micro-controller	Additional Protocol SW	Max. Baudrate
AGE	Agent-PB	Master/Slave	FPGA-based, universal protocol chip	●	●	—	●	●	12 MBit/s
IAM	PBM	Master	Peripheral protocol chip	●	●	—	●	●	3 MBit/s
M2C	IX1	Master/Slave	Single chip or peripheral protocol chip	●	●	—	— / ●	— / ●	3 MBit/s
Siemens	SPC4	Slave	Peripheral protocol chip	●	●	—	●	●	12 MBit/s
Siemens	SPC3	Slave	Peripheral protocol chip	—	●	—	●	●	12 MBit/s
Siemens	DPC31	Slave	Protocol chip with integrated microcontroller	—	●	—	— / ●	●	12 MBit/s
Siemens	ASPC2	Master	Peripheral protocol chip	●	●	—	●	●	12 MBit/s
Siemens	SPM2	Slave	Single Chip, 64 I/O bits directly connectable to chip	—	●	—	—	—	12 MBit/s
Siemens	LSPM2	Slave	Low Cost, Single Chip, 32 I/O bits directly connectable to chip	—	●	—	—	—	12 MBit/s
PROFICHIP	VPC3+	Slave	Peripheral protocol chip	—	●	—	●	●	12 MBit/s
PROFICHIP	VPC LS	Slave	Low Cost, Single Chip, 32 I/O bits directly connectable to chip	—	●	—	—	—	12 MBit/s
smar	FB3050	Slave	Peripheral protocol chip - IEC 61158-2	—	—	●	—	—	31.25 kbit/s
smar	FB4050	Slave	Peripheral protocol chip - IEC 61158-2	—	—	●	—	—	31.25 kbit/s

Tabela 18: Componentes disponíveis para protocolo PROFIBUS

8.1. Implementação de dispositivos simples

Para dispositivos de I/O simples, uma solução prática é a implementação com componentes do tipo *ASIC single-chip*. Todas as funções do protocolo já estão integradas neste componente, não sendo necessário nenhum microprocessador ou software, somente a interface de barramento, o cristal de quartzo e a eletrônica de potência como componentes externos. Como exemplo, existe o SPM2 da SIEMENS e o IX1 da MC2 e o VPCLS da PROFICHIP.

8.2. Implementação de dispositivos inteligentes

Nesta forma de implementação, as partes críticas do protocolo PROFIBUS são implementadas em um *chip* de protocolo e as outras partes do protocolo são realizadas por software em um microcontrolador.

O DPC31 da SIEMENS representa uma combinação do microcontrolador e do *chip* de protocolo. Como chip de protocolo puro, existe o SPC3 (SIEMENS), VPC3+ (PROFICHIP) e IX1 (MC2) atualmente disponíveis.

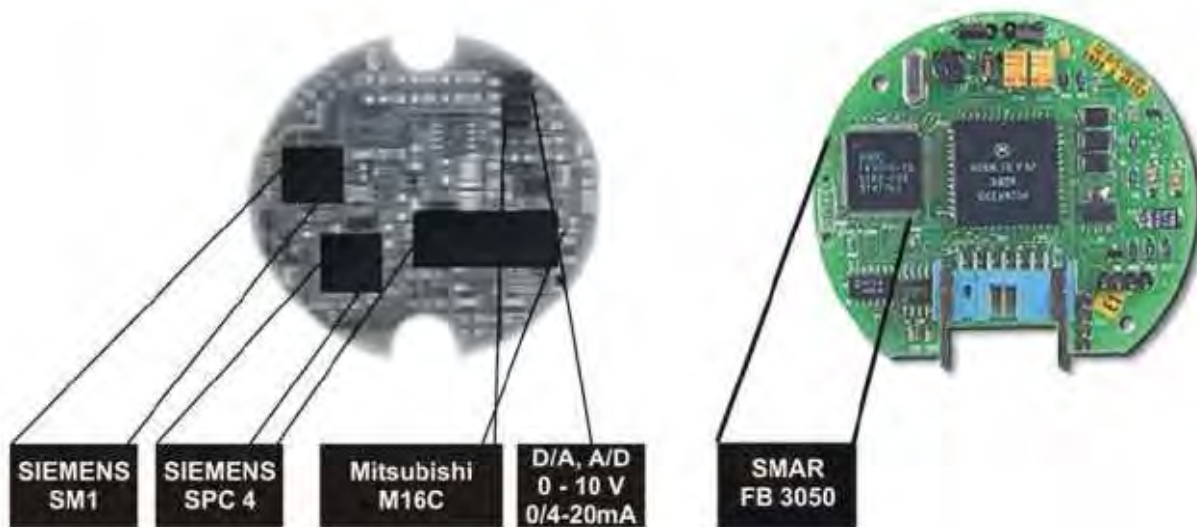
8.3. Implementação de mestres complexos

Neste caso, assim como para os dispositivos inteligentes, as partes críticas do protocolo PROFIBUS são implementadas em um *chip* e as outras partes do protocolo são realizadas por software em um microcontrolador. O ASPC2 (SIEMENS), IX1 (MC2) e PBM (IAM), estão atualmente disponíveis. Eles podem operar em conjunto com vários microprocessadores atuais.

8.4. Implementação de interfaces IEC 61158-2

Na implementação de dispositivos de campo, alimentado pelo barramento com a interface 61158-2, particular atenção deve ser dedicada em relação ao baixo consumo de potência. Como regra, a alimentação destes dispositivos será de 10 mA. Esta alimentação servirá para o dispositivo inteiro, incluindo a interface de barramento e a eletrônica de medição.

Para atender estes requisitos, chips especiais da SIEMENS e da SMAR (FB3050, FB4050) estão disponíveis. O SIM1 da SIEMENS é freqüentemente utilizado com o chip de protocolo SPC4. A figura 40a, mostra uma configuração típica com uma placa padronizada. A figura 40b mostra o FB3050 da SMAR em uma placa para produtos em Soluton Provider.



a) SIM1 e SPC4 – Siemens

b) FB3050 - SMAR

Figura 40: Exemplo de implementação de escravo PROFIBUS com interface IEC 61158-2

Para maiores detalhes da implementação de dispositivos PROFIBUS com interface IEC 61158-2, veja o documento No. 2.092 do PROFIBUS.

9. Certificação de Dispositivos

O padrão PROFIBUS EN50170 é a garantia de que os dispositivos irão se comunicar entre si. Para garantir que dispositivos PROFIBUS de diferentes fabricantes possam comunicar-se facilmente uns com os outros, a Organização de Usuários PROFIBUS estabeleceu um procedimento assegurado, no qual certificados são fornecidos para os dispositivos testados em laboratórios de teste credenciados.

O objetivo desta certificação é oferecer aos usuários a segurança necessária para uma operação tranqüila com dispositivos de diferentes fabricantes. Para se obter esta certificação é necessário submeter os vários dispositivos à um teste abrangente em laboratórios especializados. Assim, eventuais erros devido a uma interpretação equivocada do padrão por parte dos engenheiros de desenvolvimento são detectados e corrigidos antes mesmo do dispositivo ser efetivamente utilizado em aplicações reais. A interoperabilidade com outros dispositivos certificados também é testada. É importante notar que os testes são executados por especialistas independentes. Após a aprovação, um certificado é emitido pela Organização de Usuários PROFIBUS.

A certificação é baseada na Norma EN 45000. Como especificado nesta norma, a Organização de Usuários PROFIBUS autoriza laboratórios de teste independente de fabricantes para a execução dos mesmos. Os procedimentos de teste e certificação são definidos nos seguintes documentos:

- No. 2032: Especificação de teste para escravos
- No. 2061: Especificação de teste para dispositivos de campo PA
- No. 2071: Especificação de teste para mestres DP

Antes do teste o fabricante deve solicitar um *Ident_Number* da Organização de Usuários PROFIBUS e preparar um arquivo GSD para o dispositivo. Todos os laboratórios de teste utilizam um procedimento de teste padronizado. O teste é documentado em detalhes e os registros são disponibilizados ao fabricante e à Organização de Usuários PROFIBUS. O relatório do teste é a base da garantia do certificado.

O **teste de hardware** examina a eletrônica da interface, que é checada de acordo com as especificações RS485. As características elétricas (por exemplo: resistores de terminação, interface ao barramento e nível da linha) são testadas. Além disso, a documentação técnica e registros no arquivo GSD são checados em relação aos parâmetros do dispositivo.

O **teste de função** examina o acesso ao barramento e o protocolo de transmissão, assim como a funcionalidade do dispositivo. O arquivo GSD é usado para parametrizar e adaptar o sistema de teste. Este procedimento não requer nenhum conhecimento da estrutura de implementação. As reações geradas pelo dispositivo em teste podem ser monitoradas no barramento e registradas via um monitor de barramento. Se necessário, as saídas do dispositivo também são monitoradas e registradas. Durante as seqüências de teste, as quais são dedicadas aos relacionamentos de tempo no barramento, são analisados os dados registrados com um monitor de barramento e comparado-os com os valores padrão.

O **teste de conformidade** é a principal parte do teste. A implementação do protocolo é checada para conformidade com o padrão PROFIBUS. O comportamento desejado é combinado para formar uma seqüência de teste a qual pode ser adaptada para um dispositivo em teste. O comportamento real é analisado e comparado com o comportamento desejado, e os resultados são registrados em um arquivo de protocolo.

Comportamento em caso de falha: Falha de barramento (por ex.: interrupção de barramento, curto-circuito e falha de tensão de alimentação) são simuladas.

Endereçabilidade: O dispositivo é endereçado dentre qualquer três endereços dentro de uma faixa de endereços e testado para funcionamento correto.

Dados de diagnóstico: Os dados de diagnósticos devem corresponder aos registros no arquivo GSD e ao padrão da norma.

Operação mista: Combinação de escravos é checada para operação com um Mestre FMS e DP

Durante os **testes de interoperabilidade** e carregamento com vários dispositivos PROFIBUS de outros fabricantes, o dispositivo é testado em um ambiente multi-fabricante.

Um cheque é feito para determinar se a funcionalidade de um sistema inteiro continua preservada quando o dispositivo em teste é adicionado.

Após a aprovação do dispositivo em todos os procedimentos de teste, o fabricante pode solicitar um certificado da Organização de Usuários PROFIBUS. Todo dispositivo certificado recebe um número de certificação como referencia. O certificado é válido por 3 anos, mas pode ser prolongado mediante um teste adicional. Para encontrar um laboratório de teste PROFIBUS, consulte o site: <http://www.PROFIBUS.org>.

PROFINET

O PROFINet é uma rede padronizada pelo PROFIBUS International de acordo com a IEC 61158-5 e a IEC 61158-6. É uma das quatorze redes de Ethernet industrial. Basicamente, há dois tipos de redes PROFINet: PROFINet IO e PROFINet CBA. O PROFINet IO é utilizado em aplicações em tempo real (rápidas) e o PROFINet CBA é utilizado em aplicações onde o tempo não é crítico, por exemplo, na conversão para rede PROFIBUS-DP.

O PROFINet é um conceito de automação compreensível que emergiu como resultado da tendência na tecnologia de automação para máquinas reusáveis e modulares em plantas com inteligência distribuída.

Suas particularidades atendem pontos-chaves das demandas da tecnologia de automação:

- comunicação consistente entre os diversos níveis de gerenciamento desde o campo até os níveis corporativos usando Ethernet.
- uma grande quantidade de fabricantes em um protocolo e sistema aberto;
- utiliza padrões IT;
- integração em sistemas PROFIBUS sem mudanças dos mesmos.

O PROFINet foi definido de acordo com o Physical Layer ISO/IEC8802-3 e seu DataLink Layer de acordo com TCP/UDP/IP/Ethernet da ISO/IEC8802-3.

Seu principal enfoque, e aí se deixa claro as diferenças ente o mercado comum de redes Ethernet, é a aplicação do conceito de objetos já em usos e testados em softwares de tecnologias de automação.

Seguindo esta idéia, máquinas e plantas podem ser divididas em módulos tecnológicos, cada um deles com suas características e compromissos mecânicos, elétricos/eletrônicos e softwares de aplicação. Cada módulo é então encapsulado de acordo com componentes PROFINet e podem ser acessados via interfaces universais, e ainda podem ser interconectados em várias aplicações. Entenda o conceito de componentes como a idéia de reutilização de unidades de software. Neste sentido o PROFINet utiliza-se de componentes COM (Component Object Model) e sua expansão o DCOM (Distributed Component Object Model) para sistemas distribuídos. Sendo assim, todos os objetos são idênticos e possuem as mesmas aparências.

Este tipo de sistema de automação distribuído habilita projetos modulares de máquinas e plantas com suporte a reutilização de partes de máquinas e plantas. Isto garante a interoperabilidade e a redução de problemas. A integração de segmentos PROFIBUS em PROFINet é feita utilizando implementações proxies o que garante que o espectro todo de produtos PROFIBUS podem ser implementados sem mudanças, garantindo ao usuário a proteção máxima aos seus investimentos. Além disso a tecnologia Proxy permite a integração com outros fieldbuses.

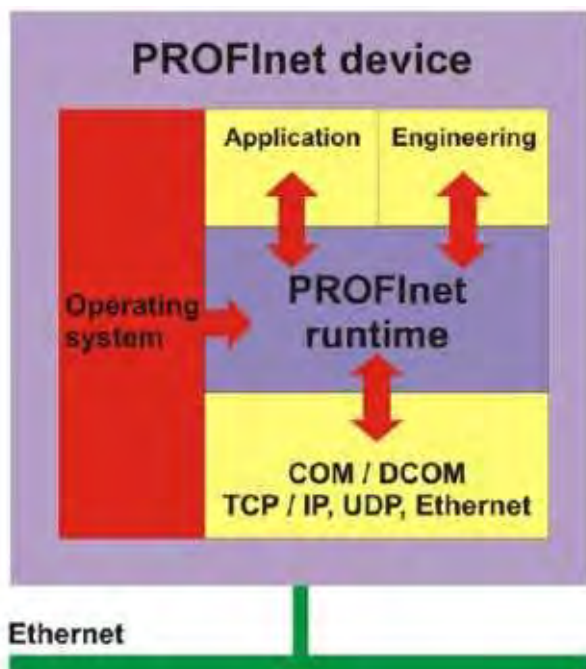


Figura 41- Criação e interconexão de componentes.

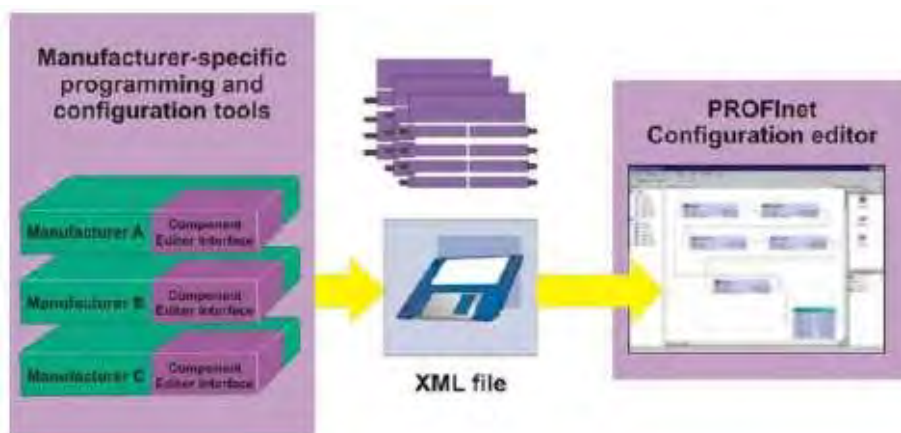


Figura 42 - Estrutura de dispositivo PROFINET

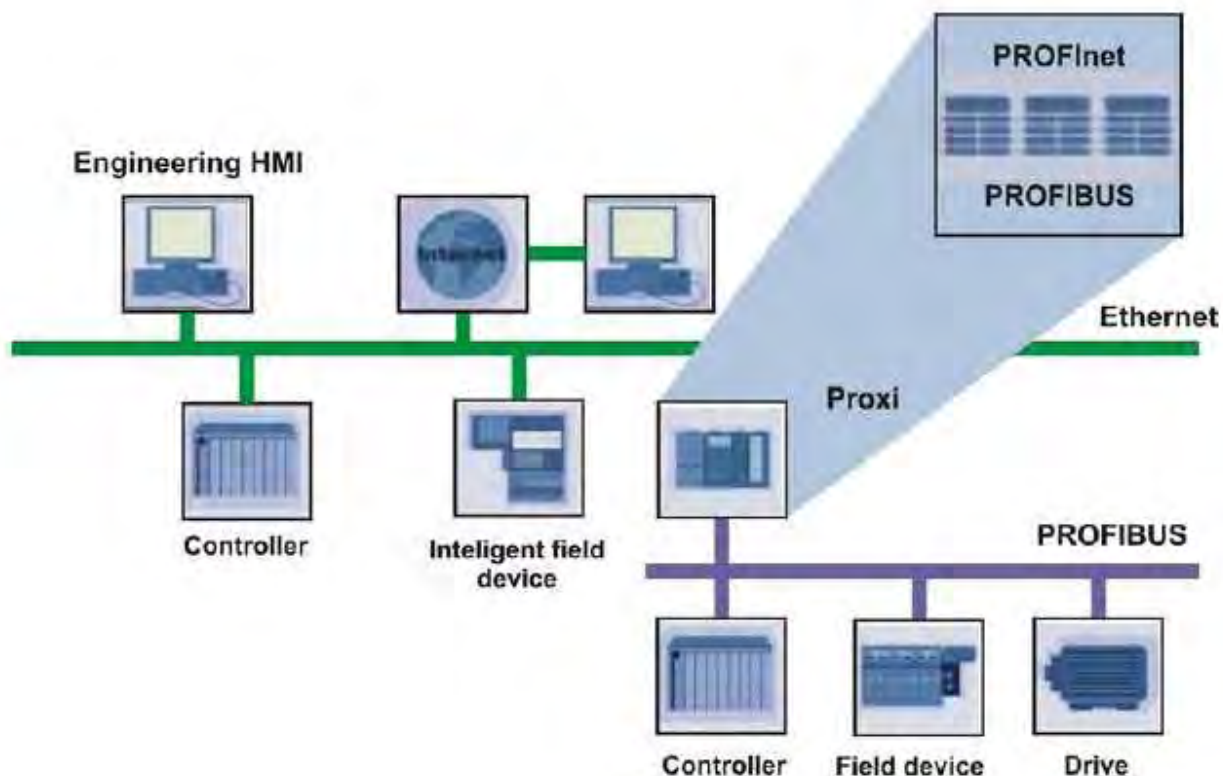


Figura 43 - Modelo de migração PROFINet

O PROFINet tem três modelos distintos de operação, sendo dois deles para tempo real. Veja figura 44.

O primeiro modelo é baseado na arquitetura TCP/IP pura, utilizando Ethernet na camada 1 e 2, o IP na camada 3 e o TCP ou UDP na camada 4. Essa arquitetura é chamada de *Non-real time (Non-RT)*, pois seu tempo de processamento se aproxima dos 100 ms. A grande aplicação nesse tipo de comunicação é de configuração da rede ou na comunicação com os Proxis, utilizando o PROFINet CBA. Os Proxis são conversores de protocolos (por exemplo, de PROFINet para PROFIBUS-DP ou de PROFINet para HART, FF, etc), conforme mostrado na figura 45.

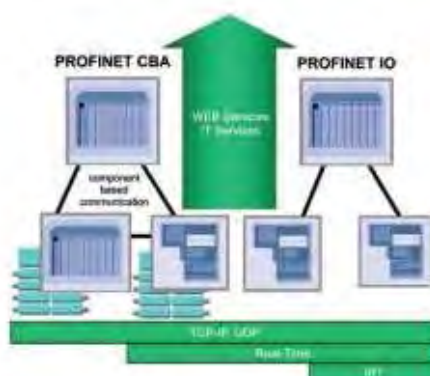


Figura 44 – PROFINet tem três modelos distintos de operação

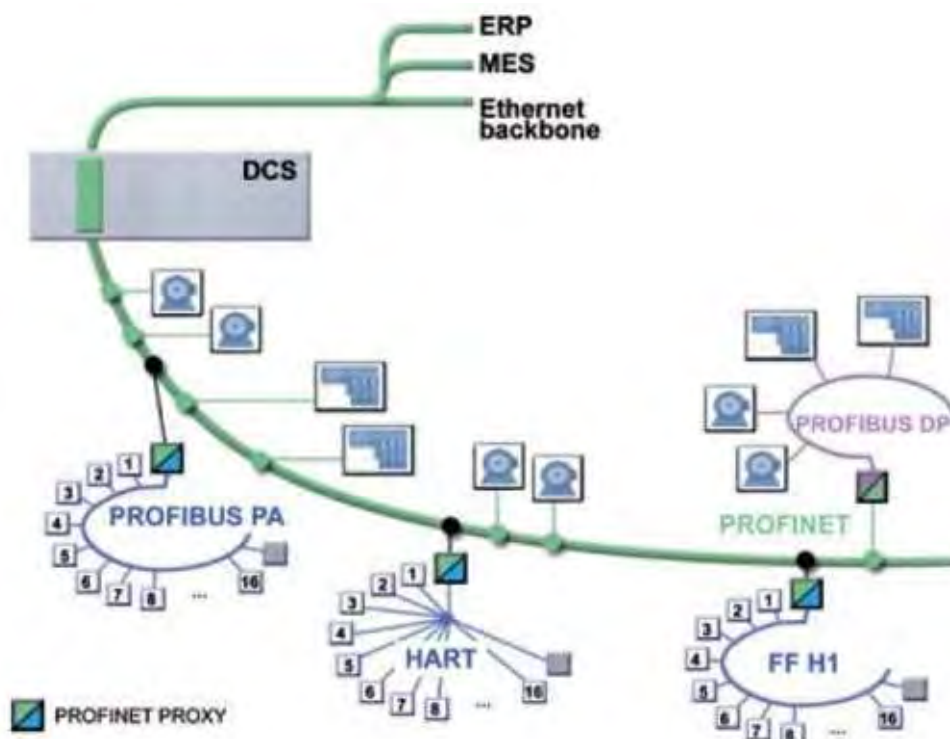


Figura 45 – Proxy PROFINet/PROFIBUS-DP e PROFINet/HART, PROFINet/FF

O segundo modelo baseia-se no chamado *Soft Real Time (SRT)* e caracteriza-se por ser um canal direto entre a camada da Ethernet e a aplicação. Com a eliminação de vários níveis de protocolo, há uma redução no comprimento dos telegramas transmitidos, requerendo menos tempo de transmissão de dados na rede. Neste caso, pode-se utilizar os dois tipos de PROFINet IO e CBA.

O terceiro modelo baseia-se no conceito de *Isochronous Real Time (IRT)*, para aplicações em que o tempo de resposta é crítico e deve ser menor do que 1ms. Um exemplo típico de aplicação neste caso é o controle de movimento de robôs, onde o tempo de atualização de dados deve ser curto. Utiliza-se apenas o PROFINet IO para esse caso.

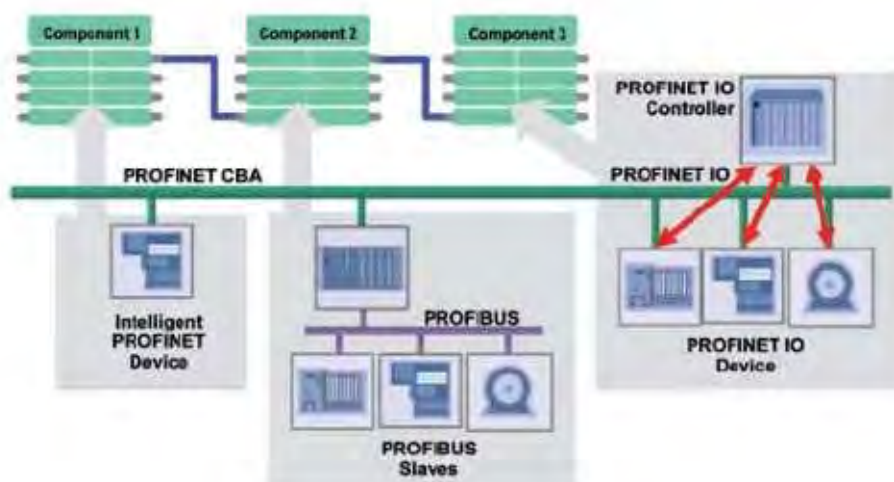


Figura 46 – PROFINet CBA e IO provendo máxima flexibilidade às aplicações

O PROFINet foi desenvolvido em seu modelamento de forma a proporcionar o acesso às informações de dados via serviços padrões de WEB.



Figura 47 – O acesso às informações de dados do PROFINet é possível via serviços padrões de WEB.

Além disso, a tecnologia do PROFINet permite fácil integração com sistema MES (Manufacturing Execution Systems).

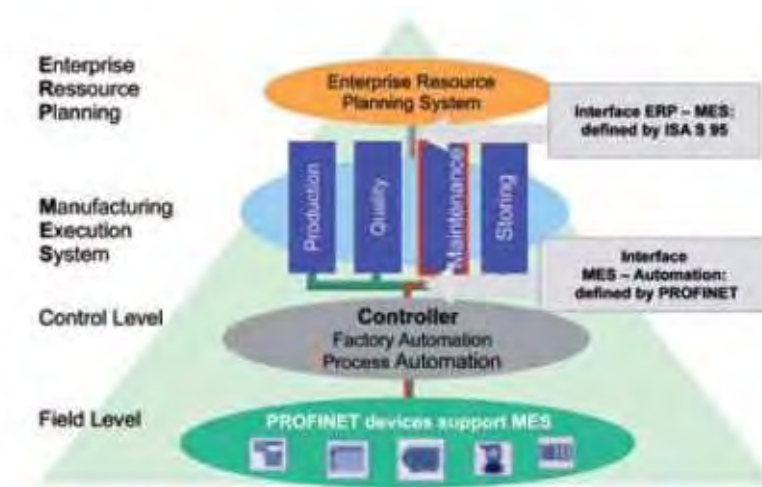


Figura 48 - PROFINet e o MES

PROFIenergy

PROFIenergy é um perfil de comunicação PROFINET e que permite o gerenciamento inteligente do consumo de energia de equipamentos de automação na indústria (como células de montagem de robôs, centros de motores, sub-sistemas, etc). Oferece um meio aberto e padronizado de controlar o consumo de energia durante as paradas planejadas ou não na produção.

Produção energeticamente eficiente é mais do que apenas o uso de acionamentos de motores de forma eficiente e com baixo consumo de energia. A questão daqui para frente é como seletivamente colocar linhas de produção completas ou partes delas em um modo de economia de energia durante os tempos improdutivos.

Esta é exatamente a abordagem do conceito PROFIenergy, em que os comandos de controle padronizados são usados para colocar os dispositivos e máquinas em modo de economia de energia através do PROFINET. PROFIenergy é o perfil de comunicação para as plantas operando com eficiência energética de produção.



Figura 49 – PROFIenergy

PROFIenergy permite o uso do gerenciamento de energia em infra-estruturas de rede existentes na produção. No entanto, a economia real de energia que pode ser alcançada depende principalmente de como os fabricantes de equipamentos e operadores implementam as oportunidades oferecidas pela tecnologia em seus equipamentos e conceitos operacionais. Isso requer conhecimento das vantagens e desvantagens técnicas e econômicas entre o consumo de energia e modos de operação de equipamentos.

PROFIenergy utiliza como sustentação basicamente três elementos da produção trabalhando em conjunto: o dispositivo de controle em uma rede de automação (geralmente um PLC, mas poderia ser um sistema de supervisão ou controlador de gerenciamento de energia dedicada na mesma rede), a rede de comunicação (PROFINET), e o consumo de energia (que poderia ser um único dispositivo ou item de um equipamento,

uma célula ou até mesmo um sistema maior).

Os mecanismos de comutação PROFenergy residem no interior dos consumidores de energia. Nenhum cabeamento extra é necessário. O dispositivo de controle transmite os sinais através do PROFINET e informa quando a produção irá parar e cada unidade decide, então, como essa informação deve ser tratada.

Fornecedores de equipamentos são responsáveis pela melhor estratégia de gestão de energia em seus equipamentos. Esta implementação deve conter comandos PROFenergy.

O PROFenergy também pode transmitir informações sobre a demanda de energia ao controlador de energia para proporcionar economias mais sofisticadas, incluindo a gestão da carga de pico.

O PROFenergy utiliza os slots acíclicos da comunicação PROFINET e não interfere nos processos co-existent de automação. Alguns comandos:

- Pausas Breves (até uma hora) - Em geral, são feitas pausas que estão previstas, como por exemplo, no horário de almoço, permitindo que os dispositivos sejam rotineiramente desligados. Funções de segurança são protegidas. Na reinicialização, o sistema valida a inicialização dos equipamentos sem causar impacto na linha de produção.

- Pausas mais longas (geralmente horas ou dias) - Estes comandos são semelhantes ao anterior, mas dispositivos adicionais podem ser colocados em modo de espera ou completamente desligado, ou em standby.

- Pausas inesperadas (geralmente por falhas) - Estes também são semelhantes, mas o usuário não sabe quando vai acontecer ou mesmo sua duração. Inicialmente, os dispositivos são colocados em uma condição de 'stop' para reduzir o consumo de energia. Dependendo da duração, o equipamento pode ser ligado, se necessário.

- Medição e visualização da carga - Os dados são coletados a partir do equipamento, seja diretamente (instrumentação) ou implicitamente (por conhecer os parâmetros elétricos). Sabendo-se quando, onde e quanta energia é necessária pode levar a estratégias energéticas mais eficazes. O consumo de energia de uma máquina também pode ser visualizado e arquivados em uma IHM.

Há uma separação entre a lógica de controle do processo e do sistema de gestão de energia. Um controlador de gestão separada de energia pode ser utilizado, caso se deseje. Essa separação significa que ambas as partes do programa de aplicação podem ser testadas e comissionadas de forma independente.

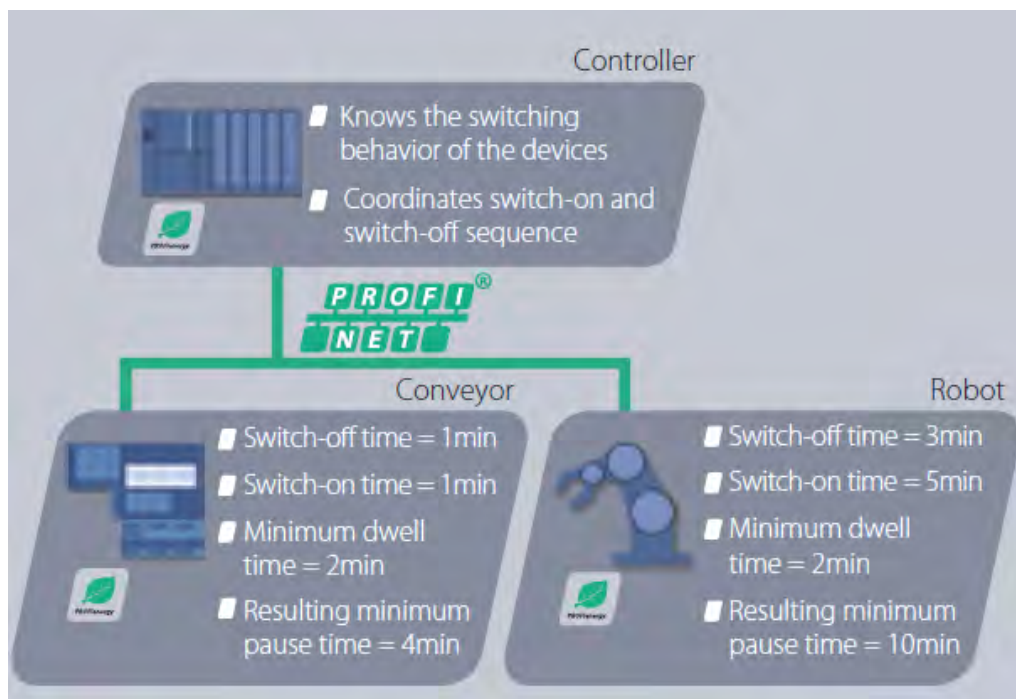


Figura 50 – Cenário PROFInergy

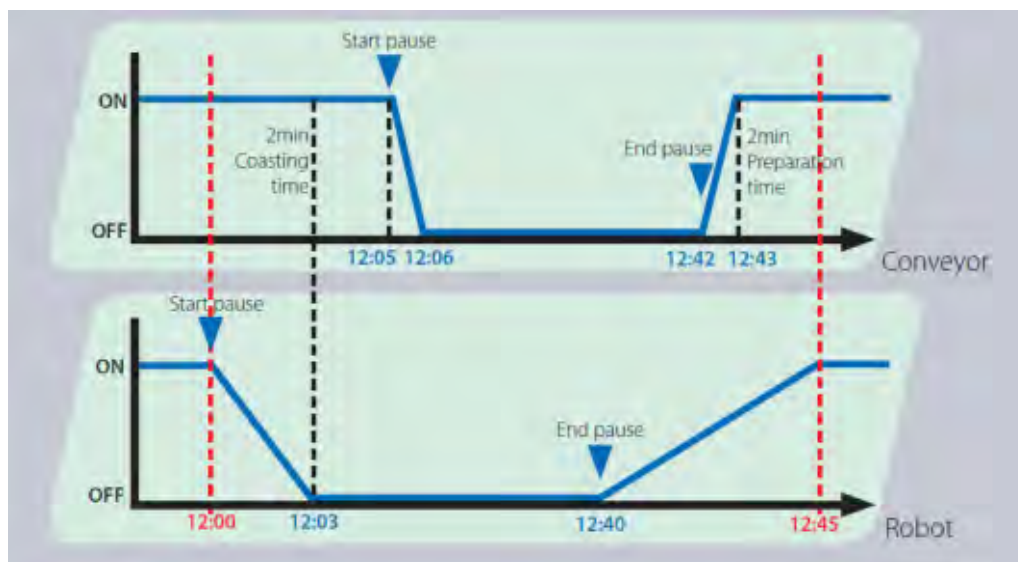


Figura 51 – Cenário de liga/desliga PROFInergy

PROFINET é a primeira rede industrial em nível mundial preparada para enfrentar ativamente a gestão de energia de uma forma abrangente e integrada. Importantes requisitos dos usuários foram considerados e implementados de forma consistente para os resultados almejados. Desta forma, o PROFIBUS ressaltou mais uma vez sua posição como líder na área de comunicação industrial.

10. Novos Desenvolvimentos Técnicos

A Organização de Usuários PROFIBUS está sempre trabalhando em vários desenvolvimentos técnicos. O objetivo principal é oferecer o PROFIBUS com novas funcionalidades, além de abrir espaço em outros campos de aplicação, a fim de tornar o PROFIBUS um padrão de rede de campo para praticamente todas as aplicações industriais.

WIRELESS

Embora fieldbuses como PROFIBUS e as redes Ethernet industriais tais como o PROFINet reduzem a fiação há ainda uma busca pela eliminação por completo de cabos e fiação. Existem várias aplicações onde a dificuldade de acesso ao campo, a segurança de profissionais e mesmo a confiabilidade das informações, exigem a tecnologia wireless. E neste sentido o PROFIBUS International (PI), através de Grupos de Trabalhos, está desenvolvendo este padrão incorporado a rede digital PROFIBUS em conjunto com outras organizações. A idéia é ter o padrão disponível para automação de manufatura e automação de processos. Além desta iniciativa, o PI já especifica o padrão WLAN (IEEE802.11.1,b e g) porque já é amplamente utilizado com PROFINet. O PI vem trabalhando para suportar o WirelessHART(IEEE 802.15.4) em uma força tarefa com a HART Foundation e Fieldbus Foundation. Em uma atitude similar com a IO-LINK vem definindo a IEEE802.15 (Bluetooth) como wireless link para conexões com equipamentos IO-LINK.

IO-LINK

Sempre com a intenção de manter parcerias com outras organizações em favor do desenvolvimento de padrões abertos, o PI mais uma vez inova. Agora é a vez da IO-LINK que é uma solução de interface para sensores e atuadores para uso com PROFIBUS e PROFINet. É uma solução de interface ponto a ponto com conexão de baixo custo no nível de automação. São dispositivos on/off mas que proporcionam alta performance e que dão flexibilidade às operações.

O PI atualmente comporta a Organização IO-LINK provendo-a com serviços de administração, especificações, testes, padronizações, etc. Com a IO-LINK, o PI vem definindo a IEEE802.15 (Bluetooth) como wireless link para conexões com equipamentos IO-LINK em aplicações em automação de manufatura.

FDI (Future Device Integration)

A FDI é uma iniciativa de desenvolver uma solução comum abrangendo o FDT e a EDDL, usando uma interface simples. A idéia é ser independente de protocolo, independente de plataforma de software e sistema de automação. Utilizará características avançadas de UA (Unified Architecture) da OPC Foundation.

11. Profissionais Certificados

Embora o PROFIBUS seja uma tecnologia consolidada em milhares de aplicações ao redor do mundo, é essencial que em projetos de sistemas de automação utilizando alta tecnologia se tenha profissionais tecnicamente capacitados e reconhecidos para garantir o sucesso do empreendimento.

Desta forma, os projetos serão executados de acordo com os padrões e especificações definidas pela PROFIBUS International, resultando na excelência operacional, em prazos e custos menores e com uma garantia de sucesso facilitada. São adotadas as melhores técnicas e práticas de engenharia, onde testes, comissionamento e startups são realizados com muito mais eficiência quando se tem profissionais qualificados e com experiência. Além disso, quando um projeto e instalação é certificado por um profissional certificado pela PROFIBUS, resulta na maximização operacional e, conseqüentemente, na minimização dos investimentos e tempos de parada da planta, proporcionando um aumento de desempenho e confiabilidade da rede.

A Associação PROFIBUS Brasil América Latina através do Centro de Competência e Treinamento em PROFIBUS, localizado na Escola de Engenharia de São Carlos-USP certifica profissionais na tecnologia, assim como em instalações PROFIBUS.

12. Centro de Competência e Treinamento PROFIBUS (CPP)

Instalado no Brasil no final de 2007 no Laboratório de Automação Industrial - Escola de Engenharia de São Carlos -EESC - USP - São Carlos-SP, através de um convênio com a FIPAI - Fundação para o Incremento da Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial, cujo objetivo é ser o braço tecnológico da Associação PROFIBUS Brasil - América Latina.

Os fabricantes, usuários, integradores terão suporte, serviços especializados no desenvolvimento de produtos, treinamento, certificação de produtos, redes e profissionais. O CCP tem estrutura básica que compreende sistemas de PROFIBUS-DP e PROFIBUS-PA com kits de demonstração de empresas membros da Associação.

Há linhas montadas com mestres classe 1 e 2, dispositivos do tipo coupler DP/PA e link device, dispositivos escravos, conectores, cabos, computadores e ferramentas de análise.

O Centro de Competência em PROFIBUS é representado pelos especialistas César Cassiolato, Diretor da Smar e pelo Prof. Dr. Dennis Brandão da EESC-USP. Durante os dias 05 e 06 de fevereiro de 2009, um dos maiores especialistas em nível mundial da tecnologia PROFIBUS, Andy Verwer, auditou os especialistas brasileiros com a aprovação para que o Centro de Competência da EESC possa oficialmente atuar como Centro de Competência (CPP) e também como Centro de Treinamento PROFIBUS(CTP). Estes são os primeiros Centros da Tecnologia PROFIBUS da América Latina.



Figura 52 - Acreditação dos Centros de Competência e Treinamento da USP-São Carlos

Hoje, são mais de 35 CPPs em todo mundo. Os CPPs são centros técnicos que trabalham juntamente com as chamadas Associações Regionais PROFIBUS, onde o Know-How dos mesmos são garantidos pelo acordo chamado de “Quality Services” e pelos relatórios que devem ser emitidos pelos CPPs ao PROFIBUS International.

Dentre os mais diversos objetivos do CCP e do CTP, podemos destacar:

- Divulgar a tecnologia PROFIBUS;
- Formar mão-de-obra especializada e certificada;

- Manter em operação um sistema PROFIBUS completo compreendendo os equipamentos de todos os associados, com finalidade de demonstrações e testes;
- Prestar serviços técnicos de validação, certificação e afins;
- Manter um acervo de documentação atualizada da área;
- Atuar de forma colaborativa e complementar com a Associação PROFIBUS América Latina (RPA);
- Desenvolver projetos de pesquisa na área;
- Prestar serviços de assessoria técnica;
- Promover a disseminação da tecnologia PROFIBUS para a comunidade latino americana além de apoiar ações de ensino e pesquisa no âmbito acadêmico dentro da EESC-USP;
- Ser um Show room da tecnologia, mantendo em demonstração produtos PROFIBUS de diferentes empresas.

13. Perspectivas

De um total de mais de 3000 produtos e serviços disponíveis, os usuários podem, a qualquer momento, escolher o melhor produto e com a melhor relação custo-benefício para sua automação. O PROFIBUS tem assim comprovado em milhares de aplicações, seja na automação da produção, predial ou na de processos, sucessivamente uma alta economia de custos, um aumento na flexibilidade associado à uma maior disponibilidade dos sistemas. Estas são com certeza as principais razões que tem levado mais e mais usuários de todo o mundo a decidir em favor do PROFIBUS.

Através de um contínuo desenvolvimento tecnológico, PROFIBUS está disponibilizando novas funções, que anteriormente podiam ser implementadas somente em barramentos especiais. Para os usuários, isto traz a vantagem para que eles possam usar o PROFIBUS em praticamente todas tarefas de comunicação industrial e sempre tirando vantagem do parque instalado.

14. Lista de Abreviações

ASIC		Circuito Integrado de Aplicação Específica (<i>Application Specific Integrated Circuit</i>)
CPP	Centro de Competência em Profibus	Centro Especializado na tecnologia PROFIBUS
CR	Communication Reference	Referência de Comunicação (<i>Communication reference</i>) Local short designation for a communication relationship
CRL	Communication Reference List	Lista de referência de Comunicação (<i>Communication reference list</i>) O CRL contém uma lista com todos os relacionamentos de uma estação
CTP	Centro de Treinamento em Profibus	Centro Especializado em Treinamento PROFIBUS
DP	Decentralized Periphery	Periferia descentralizada (<i>Decentralized Periphery</i>)
DPM1	DP Master Class 1	Mestre DP – Classe 1: O DPM1 é o controlador programável central para o DP.
DPM2	DP Master Class 2	Mestre DP – Classe 2: O DPM2 é um dispositivo de configuração do DP.
DTM	Device Type Manager	Gerenciado de Tipos de Dispositivos
EDD	Electronic Device Description	Descrição Eletrônica do Dispositivo
EDDL	Electronic Device Description Language	Linguagem de Descrição Eletrônica do Dispositivo
FDI	Future Device Integration	Integração de Equipamentos Futura
FDL	Fieldbus Data Link	Link de Dados Fieldbus
FDT	Fieldbus Device Type	Tipo de Dispositivo Fieldbus: Método independente do fabricante para descrições de um dispositivo
GSD	GerätSammlungDatei	Arquivo de Base de Dados do Dispositivo Folha de dados eletrônica do dispositivo
HMI	Human Machine Interface	Interface Homem Máquina: Dispositivos de monitoração e operação

MAC	Medium Access Control	Controle de Acesso ao Meio: O MAC decide quando um dispositivo tem o direito de enviar dados.
MES	Manufacturing Execution Systems	Sistema responsável pelo gerenciamento do processo de produção. Gestão de negócios.
OPC	OLE for Process Control	Elo entre o supervísório e os drivers de comunicação
PA	Process Automation	Automação de Processo: Perfil PROFIBUS para automação de processo
PI	Profibus International	Organização Mundial Profibus
RPA	Regional Profibus Association	Associação Regional Profibus

PROFIBUS - Descrição Técnica

César Cassiolato - SMAR Equipamentos Ind. Ltda.

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento, Qualidade, Engenharia de Produtos - SMAR

Marco Aurélio Padovan - Sense Eletrônica Ltda

Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Leandro H. B. Torres - SMAR Equipamentos Ind. Ltda.

Vice-Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Robert Gries - Siemens

Vice-Presidente da Associação PROFIBUS Brasil América Latina

Márcio Venturelli - DLG Automação

Diretoria de Gerenciamento de Ativos

Adriano Oliveira - ARO Eleven Marketing Digital

Diretoria de Marketing

Erick Maran - Westcon

Diretoria de Instalação de Redes Profibus

Carlos Augusto Ribeiro – DLG Automação

Diretoria de Profibus DP/PA

Daniel Coppini - Siemens

Diretoria de Profinet

Publicada pela

Associação PROFIBUS Brasil

Av. Rebouças, 1.278 - conj. 1004 | Pinheiros - São Paulo – SP

profibus@profibus.org.br | www.profibus.org.br

Sob licença da:

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.

Haid-und-Neu-Str.7

D-76313 Karlsruhe

Phone: ++721 / 96 58 590

Fax: ++721 / 96 58 599

Email: profibus@profibus.com

Exclusão de Responsabilidades

O conteúdo deste documento foi elaborado cuidadosamente. Entretanto, erros não podem ser excluídos e assim não podemos assegurar uma completa compatibilidade e nenhuma responsabilidade poderá ser atribuída ao PNO/PTO, Associação Profibus Brasil América Latina, autores, revisores, etc. Este documento é revisado periodicamente e as correções necessárias serão consideradas nas próximas versões. Ficamos gratos por qualquer tipo de sugestão que venha contribuir para a melhoria deste documento. Este documento não substitui os padrões IEC 61158 e IEC 61784 e nem os perfis e guias técnicos do PROFIBUS. Em caso de discrepância ou dúvida, os padrões IEC 61158 e IEC 61784, perfis e guias técnicos prevalecem.

Alguns termos e logos usados neste documento são marcas registradas e comerciais de algumas organizações e empresas e seus usos sem autorização podem violar direitos de seus proprietários

© Copyright by Associação Profibus Brasil América Latina V. 2012 All rights reserved.

ASSOCIADOS PROFIBUS - PROFINET BRASIL AMÉRICA LATINA