

Automação de Sistemas - Turma 2024A

3.2 Redes industriais

Introdução

Em um sistema de automação sempre encontramos elementos sensores, controladores e atuadores e, na maioria das vezes, interfaces homem máquina ou mesmo sistemas de supervisão para facilitar a comunicação entre o operador e o sistema.

A comunicação entre esses elementos é essencial para o alcance do objetivo final do processo. Chamamos de redes de comunicação industriais os diversos protocolos que viabilizam essa comunicação.

A divisão da rede industrial em diferentes níveis tem como finalidade organizar a rede de comunicação conforme se associam os elementos principais que a compõem. Essa organização demanda algumas características particulares para cada nível.

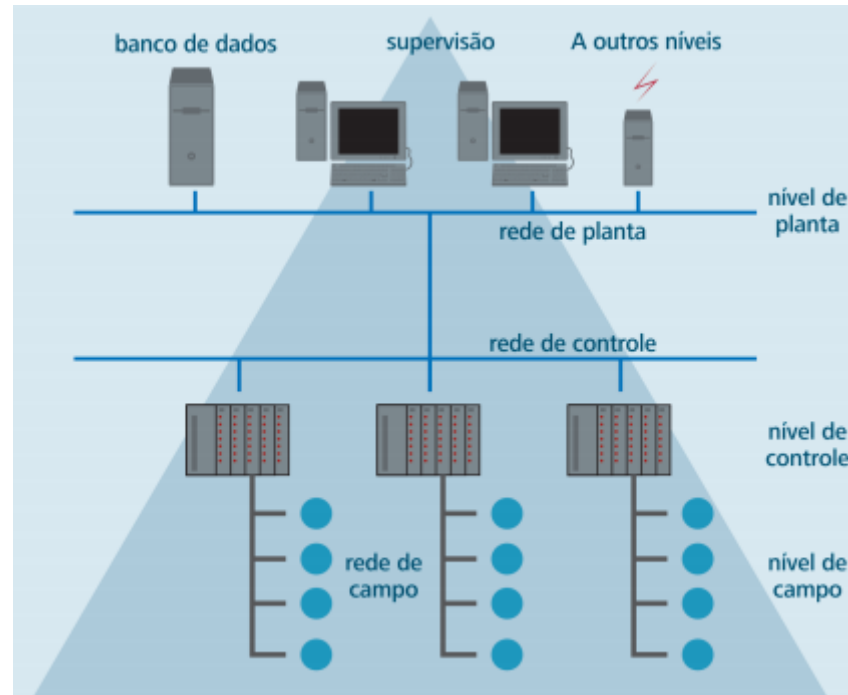


Figura 1 - Pirâmide de automação: rede de comunicação industrial dividida em níveis

Fonte: CTISM

Descrição da imagem: Rede de comunicação industrial dividida em níveis. Na base está o nível de campo, concentrando as redes de campo. Mais a cima está o nível de controle, com as redes de controle. Por fim, há o nível de planta, que concentra a rede de planta, o banco de dados, a supervisão e outros níveis.

No nível de supervisão, análise e otimização os elementos são, na maioria dos casos, computadores instalados em salas de controle, livres de alguns aspectos típicos de ambientes industriais, como poeira, vibração, temperaturas extremas, possibilitando o uso de soluções para redes corporativas, como os protocolos Ethernet/TCP-IP.

As redes de controle interligam elementos como CLPs e interfaces homem-máquina. As soluções para este nível demandam altas taxas de transmissão de dados e alta velocidade de transmissão (muitos sistemas exigem respostas em tempo real). Essas soluções tendem hoje a incorporar os protocolos Ethernet/TCP-IP com modificações devido ao ambiente adverso.

As redes de chão-de-fábrica, cujos elementos são os sensores e atuadores, recebem várias denominações no Brasil e no exterior: barramentos de campo como uma tradução literal de Fieldbus ou ainda redes de barramento de entrada e saída como tradução de I/O bus network.

Redes são usadas para integrar os equipamentos presentes em um determinado subsistema responsável por parte do processo de produção. Cada subsistema adota o tipo de rede mais adequado para si, levando-se em conta o tipo de equipamento que é utilizado e os requisitos da atividade que são executados.

Subsistemas devem estar interligados para que sejam feitas a coordenação das atividades e a supervisão do processo produtivo como um todo. Como resultado, não há um tipo de rede que seja capaz de atender a todos os requisitos dos diversos subsistemas existentes em um ambiente industrial.

Os requisitos do ambiente industrial e seus processos de produção são geralmente diferentes daqueles presentes em redes locais de computadores. Tipos de rede específicos para o ambiente industrial podem ser necessários.

Requisitos de redes industriais

- Boa resistência mecânica;
- Resistência a chama, umidade e corrosão;
- Alta imunidade a ruídos;
- Taxa de erros baixa ou quase nula;
- Tempo de acesso e de propagação limitados;
- Tempo entre falhas baixo e tempo de reparo baixo; e
- Boa modularidade e possibilidade de interconexão.

Características e requisitos básicos das redes industriais;

- Comportamento temporal (tempo-real);
- Confiabilidade;
- Requisitos do meio ambiente;
- Tipo de mensagens e volume de informações; e

- Conectividade/interoperabilidade (padronização).

As iniciativas mais importantes de padronização para redes industriais são:

- Projeto PROWAY;
- Projeto IEEE 802;
- Projeto MAP (MAP/EPA e MINI-MAP);
- Projeto TOP; e
- Projeto FIELDBUS.

Redes de computadores

Podemos dizer que existe uma rede de computadores quando há dois ou mais computadores interconectados e opcionalmente, um ou mais de um deles, conectados a um servidor.

Através da rede, os usuários podem executar tarefas de supervisão, controle e transferência de dados a partir de seus computadores. Os módulos mais importantes de uma rede local são:

- Servidores;
- Estações; e
- Dispositivos de rede.

Classificação das redes

As redes podem se caracterizar quanto à sua dispersão geográfica. Descrevem-se a seguir os quatro tipos principais:

1. **LAN (Local Area Network) Rede Industrial Local** – interconexão de computadores localizados em uma mesma sala ou em um mesmo prédio. Extensão típica: até aproximadamente 200 m. As tecnologias principais que uma LAN pode utilizar são a Ethernet, o Token Ring, o ARCNET e o FDDI.

2. **CAN (Campus Area Network)** – interconexão de computadores situados em prédios diferentes em um mesmo campus ou unidade fabril. Extensão típica: até aproximadamente 5 km.
3. **MAN (Metropolitan Area Network)** – interconexão de computadores em locais diferentes da mesma cidade. Pode usar a rede telefônica pública ou linha dedicada. Extensão típica: até aproximadamente 50 km.
4. **WAN (Wide Area Network); Rede de Longa Distância** – interconexão de computadores localizados em diferentes prédios em cidades distantes em qualquer ponto do mundo. Usa a rede telefônica, antenas parabólicas, satélites, etc. Extensão > 50 km.

Topologias das redes de comunicação

Topologia é a maneira como as estações estão associadas. Basicamente, há dois tipos de topologias: ponto-a-ponto e difusão.

Redes ponto a ponto

Rede composta de diversas linhas de comunicação associadas a um par de estações de cada vez. Por exemplo, a comunicação entre estações não adjacentes é feita por estações intermediárias, política conhecida como store-and-forward ou “comutação de pacotes”. A maior parte das redes de longa distância é do tipo ponto a ponto.

As redes ponto a ponto podem ser concebidas segundo diferentes topologias:

- As redes locais ponto a ponto são caracterizadas normalmente por uma topologia simétrica;
- As redes de longa distância apresentam geralmente topologias assimétricas.

Redes de difusão

Rede composta por uma única linha de comunicação compartilhada por todas as estações.

- As mensagens são difundidas no canal e podem ser lidas por qualquer estação;
- O destinatário é identificado por um endereço codificado na mensagem;
- É possível enviar mensagens para todas as estações (broadcasting) ou a um conjunto delas (multicasting) usando endereços reservados

para estas finalidade;

- As topologias mais comuns são LAN e WAN;
- As redes de difusão requerem mecanismos de arbitragem de acesso para se evitarem congestionamentos na rede (centralizado ou distribuído).



Figura 2 - Redes de difusão: (a) barramento, (b) estrela e (c) anel

Fonte: Stemmer (2001)

Protocolos de comunicação

Estabelece as regras de como o processo de comunicação deve ocorrer para viabilizar de forma organizada a comunicação entre diferentes computadores de uma rede.

Os protocolos definem tipos de cabos de ligação, comprimentos dos cabos, tipos de conectores, métodos de acesso ao meio, tamanho de pacotes de informação, encaminhamento, detecção e correção de erros, retransmissões, compatibilidade entre sistemas, etc. Existem diversos protocolos, cada um deles mais ou menos adequado, dependendo das características da rede de comunicação. Vários protocolos trabalham em conjunto. Esse trabalho de interação entre diferentes tipos de protocolos é conhecido como pilha de protocolos (e.g., TCP/IP e IPX/SPX).

O que ocorre no computador de origem:

- Os dados são divididos em pequenos pedaços chamados pacotes para facilitar a sua manipulação;
- As informações de endereçamento são adicionadas para que o computador de destino possa ser localizado na rede;
- Os dados são preparados para o envio pela placa de rede e finalmente são lançados no meio de transmissão;
- Os pacotes chegam através de um meio físico e são lidos pelo computador através da placa de rede.

- O que ocorre no computador de destino:
- As informações de endereçamento são removidas dos pacotes que são rearranjados e reunidos;
- Os pacotes já reunidos, na forma dos dados originais são enviados para a aplicação que esteja sendo executada neste computador;
- Os protocolos baseiam-se nas camadas do modelo OSI, sendo que a camada na qual o protocolo trabalha descreve sua função.

O modelo OSI

A crescente demanda por interconexão de computadores através de redes de comunicação resultou em uma necessidade que foi se tornando indispensável à medida que os desenvolvimentos neste domínio foram se acentuando: a padronização das redes de comunicação. Assim, iniciou-se uma reunião de esforços na ISO (International Standards Organization) visando à definição de uma proposta de arquitetura normalizada para as redes de comunicação.

Dada a grande diversidade de equipamentos e de soluções existentes, tornou-se necessária a padronização de um modelo (denominado Modelo de Referência) sobre o qual deveriam ser baseadas as arquiteturas de redes de comunicação, de forma a permitir a interconexão de equipamentos heterogêneos, tornando transparente ao usuário a forma como esta interconexão deveria ser implementada. Um sistema fundamentado em tal modelo de referência é dito um sistema aberto, uma vez que este está aberto à comunicação com outros equipamentos de diferentes classes, fabricantes e modelos.

A proposta definida pela ISO foi denominada Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos ou RM-OSI (Reference Model for Open Systems Interconnection).

O modelo OSI é dividido em sete camadas funcionais, conforme descrições a seguir, facilitando assim a compreensão de questões fundamentais sobre a rede. Na sequência, fala-se brevemente sobre cada uma dessas sete camadas.

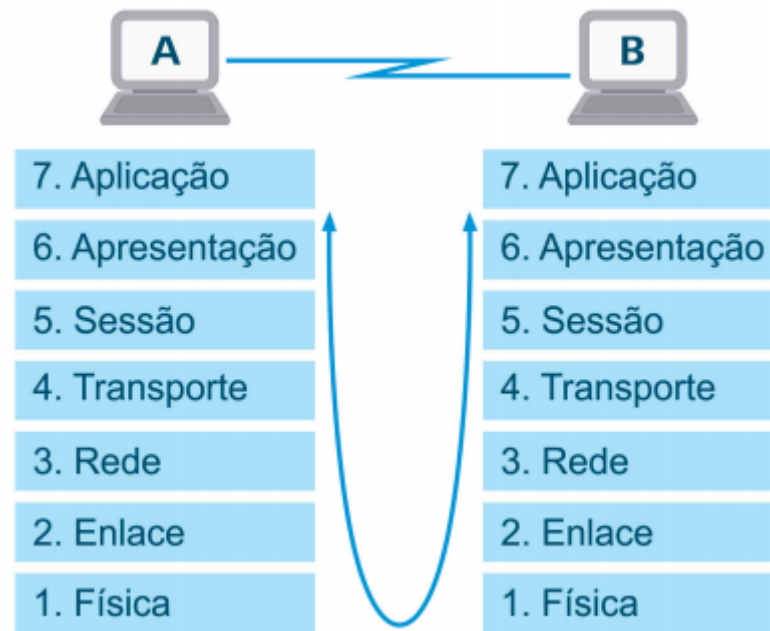


Figura 3 - Diagrama ilustrativo do modelo OSI

Fonte: CTISM

1. **Camada física** – compreende as especificações de hardware (eletrônicos, mecânicos, elétricos, etc.) respeitando as especificações definidas nos padrões internacionais. Nessa camada se estabelece a transmissão de bits, a definição de níveis de tensão, duração de um bit, taxa de transmissão, se a transmissão é mono ou bidirecional (half- and full-duplex), tipos de conectores considerados, etc.
2. **Camada de enlace** – responsável pelo acesso lógico ao ambiente físico, como transmissão e detecção de erros, correção de erros, criação de limites dos quadros, reconhecimento do início e do fim de um quadro (sincronismo).
3. **Camada de rede** – controla o tráfego e roteamento dos dados na rede (evita o congestionamento de dados). Permite conexão de redes heterogêneas: tradução de protocolos, endereçamento, conformação dos tamanhos dos pacotes, etc.
4. **Camada de transporte** – controla a transferência dos dados e transmissões (isso depende do protocolo utilizado). Divide a mensagem em pedaços menores, envia à camada de rede e remonta no destino. Uma conexão de transporte pode gerar várias sessões de rede (para aumentar o throughput).
5. **Camada de sessão** – oferece mecanismos que permitem estruturar os circuitos oferecidos pelo nível de transporte. Gerenciamento de

token: com o intuito de fornecer um serviço de intercâmbio de informações half-duplex em um circuito full-duplex. Ponto de sincronização: permite a retomada da transmissão de dados muito extensos (volta a transmitir do último ponto de sincronização confirmado).

6. **Camada de apresentação** – transfere informações de um software de aplicação para o sistema operacional. Transformações típicas: compressão de dados e criptografia.
7. **Camada de aplicação** – é representada pelo usuário final. Oferece aos processos de aplicação os meios para que eles utilizem os recursos OSI. Definem as funções de gerência e mecanismos de suporte à construção de aplicações distribuídas. Exemplos: terminal virtual, transferência de arquivos, correio eletrônico, etc.

Meios de transmissão

Existem diferentes meios de comunicação que podem ser considerados no projeto de uma rede industrial, a saber:

Cabo coaxial

- Boas características elétricas;
- Resistências terminais;
- Conectores BNC fáceis de abrir.

Par trançado

- Usualmente usado com HUB/Switcher;
- Atualmente, solução mais usada para chão de fábrica;
- UTP (Unshielded Twisted Pair) CAT-5 / STP (Shielded Twisted Pair).

Fibra ótica

- Ótima para evitar perturbações eletromagnéticas;

- Dificuldade de realizar topologia em barramento;
- Mais usada em topologias ponto a ponto: anel, estrela, árvore;
- Emulação de bus com HUB ou Switcher.

Áreas de risco

São áreas que estão sujeitas a incêndio, explosão, presença de líquidos ou gases inflamáveis/explosivos. Nessas áreas de risco, em hipótese alguma, pode haver faiscamento. Por essas razões é recomendável que, em áreas de risco, o condutor utilizado seja a fibra óptica. Afinal, se um cabo de fibra óptica estoura ou rompe, a única coisa que irá sair dele é luz.

Modelo FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept)

Desenvolvido na Alemanha pelo PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) e reconhecido mundialmente como modelo básico para operação de redes em áreas de risco de explosão ou incêndio.

Princípios de transmissão segundo modelo FISCO:

- Cada segmento possui uma única fonte de alimentação;
- Não se alimenta o barramento enquanto uma estação está enviando;
- Cada dispositivo de campo consome uma corrente constante em estado estacionário de pelo menos 10 mA, que alimenta o dispositivo;
- Os dispositivos de campo funcionam como uma carga passiva de corrente;
- Existe uma terminação passiva em ambos os extremos da rede;
- Topologias permitidas: linear, em árvore e em estrela.

Projetos de padronização de redes industriais

Como se sabe, as redes industriais são utilizadas para viabilizar a comunicação entre os equipamentos presentes em um determinado subsistema responsável por parte do processo de produção. Cada subsistema adota o tipo de rede mais adequado para si, levando em conta o tipo de equipamento que utiliza e os requisitos da atividade que executa. Subsistemas devem estar interligados para que seja possível se

realizar o controle, a coordenação das atividades e a supervisão do processo produtivo como um todo.

Infelizmente, não há um único tipo de rede que seja capaz de atender a todos os requisitos dos diversos subsistemas existentes em um ambiente industrial.

Geralmente, as necessidades dos processos industriais são diferentes daqueles presentes em redes de computadores. Portanto, o ambiente industrial exige que a rede tenha características específicas que atendam as necessidades do processo considerado.

Alguns tipos de requisitos normalmente encontrados em redes industriais:

- Resistência mecânica elevada;
- Resistência a chama, umidade e corrosão;
- Alta imunidade a ruídos;
- Taxa de erros baixa (próxima de zero);
- Tempo de propagação/acesso limitado;
- Tempo entre falhas/reparo baixo;
- Viabilidade de modularidade e de interconexão.

Iniciativas importantes de padronização para redes industriais:

- Projeto PROWAY;
- Projeto IEEE 802;
- Projeto MAP (MAP/EPA e MINI-MAP);
- Projeto TOP;
- Projeto FIELDBUS.

Modelo mestre-escravo (Master-Slave)

Os mestres e os escravos possuem funções distintas dentro de uma rede. O mestre tem como função principal controlar a rede de comunicação e concentrar os dados do sistema. O escravo possui a função de receber a informação do mestre e executá-la da melhor forma possível, atuando em tarefas localizadas.

Os escravos não podem dialogar entre si, toda comunicação deve passar por um mestre. O mestre pode requisitar informações de um escravo em particular e esperar sua resposta (modo requisição/resposta), ou, pode enviar mensagem comum a todos os escravos (modo difusão).

Em modo requisição/resposta, o mestre envia uma requisição em particular a um escravo, este responde se a mensagem da requisição estiver formulada corretamente. De maneira geral as trocas de informação são relativas à memória de dados dos escravos.

Como o mestre está ligado, assim como todos os escravos, sobre uma rede bidirecional, é necessário designar um endereço para cada escravo. Geralmente todos os escravos recebem as mensagens do mestre, mas só o escravo endereçado responde ao mestre.

O mestre possui quatro atribuições:

- Assegurar a troca de informação entre as ECL (Estações de Controle Local) ou EDT (Equipamentos Terminais de Dados);
- Assegurar o diálogo com o operador do sistema (Relação Homem-Máquina – IHM);
- Assegurar um diálogo com outros mestres ou com um computador para uma gestão centralizada do conjunto de processos;
- Assegurar a programação ou passagem de parâmetros para os escravos (ECL) a fim de obter a flexibilidade da produção.

Projeto PROWAY

A Proposta PROWAY (Process Data Highway) foi iniciada em 1975 pela IEC (International Electrotechnical Commission) para a normalização de redes de comunicação para controle de processos. A Proway passou pelas fases A, B e C. Proway A e B utilizavam o protocolo HDLC da ISO na camada de enlace, com acesso ao meio tipo mestre/escravos. A Proway C adotou a técnica de token-passing.

A arquitetura PROWAY é composta de quatro camadas do modelo OSI:

- “Line” (camada física).
- “Highway” (camada de enlace).
- “Network” (camada de rede).
- “Application” (camada de aplicação).

Projeto IEEE 802

O IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) iniciou em 1980 o projeto 802, que definiu normas para as camadas física e de enlace do modelo de referência OSI.

A camada de enlace é subdividida em duas subcamadas:

1. **LLC (Logical Link Control)** – montagem dos quadros, controle de erros, controle de fluxo, estabelecimento de conexões, serviços às camadas acima.
2. **MAC (Medium Access Control)** – controle de acesso ao meio. Proposta IEEE virou norma internacional: ISO/IEC 8802. Norma atual composta de 12 partes.

Projeto MAP

O MAP (Manufacturing Automation Protocol) foi iniciativa da GM (1980), com a finalidade de definir uma rede voltada para automação da manufatura (baseada no RM-OSI). O MAP é bem adaptado para comunicação entre equipamentos de chão de fábrica, tais como: Robôs, CNC, CLP, terminais de coleta de dados, computadores, etc.

Para aplicações com tempos críticos foi definida a versão MAP/EPA (Enhanced Performance Architecture). O MAP/EPA apresenta duas pilhas de camadas: arquitetura MAP completa (7 camadas) e uma arquitetura simplificada (camadas 1, 2 e 7). A versão mais simplificada: MINI-MAP considera somente as camadas 1, 2 e 7 do modelo OSI.

Projeto TOP

Technical Office Protocol foi desenvolvido pela BOEING a partir de 1983. Esse projeto foi desenvolvido com a finalidade de atender as redes para automação de áreas técnicas e administrativas. O TOP foi baseado no modelo OSI de 7 camadas.

Os tipos de serviços previstos para esse projeto foram os seguintes: correio eletrônico; processamento de textos, acesso a base de dados distribuída, transferência de arquivos, CAD/CAM distribuído, troca de documentos e transações bancárias. A partir de 1986 o MAP e TOP foram fundidos (projeto MAP/TOP).

Projeto FIELDBUS

O projeto FIELDBUS (Barramento de Campo) foi uma proposta de solução de comunicação para os níveis hierárquicos mais baixos dentro da hierarquia fabril. Esse projeto previa a interconexão de dispositivos primários de automação (sensores, atuadores, chaves, etc.) e os dispositivos de controle de nível imediatamente superior (CLP, CNC, RC, PC, etc.).

Os principais grupos envolvidos nos trabalhos de padronização do projeto FIELDBUS foram:

- IEC, ISA, EUREKA, NEMA como avaliadores do projeto;
- PROFIBUS, FIP, ISA-SP50 como proponentes do projeto.

Principais protocolos de comunicação industriais

Há vários tipos de protocolos de comunicação que são considerados em diferentes tipos de equipamentos industriais. A função dos protocolos é viabilizar a comunicação entre um dispositivo eletroeletrônico e um computador da maneira mais confiável e eficiente possível.

As possíveis configurações são:

- Multi-master;
- Master-slave; e
- Ponto a ponto.

Hierarquia num barramento industrial

1. **Enterprise bus (Ethernet).**
2. **Control bus (HSE – High Speed Ethernet, ControlNet)** – redes intermediárias para facilitar a ligação à internet.
3. **Fieldbus (Foundation Fieldbus, Profibus PA)** – redes especializadas em variáveis analógicas e de controle.
4. **Device bus (DeviceNet, Profibus DP, Interbus-S)** – interligam dispositivos “inteligentes” mais complexos. As mensagens aqui são orientadas ao byte.
5. **Sensor bus (CAN, ASI, Seriplex, LonWorks)** – normalmente utilizadas para interligar sensores e atuadores discretos. Basicamente transmitem estados e bits de comando.

Dos protocolos de comunicação citados anteriormente, iremos concentrar nossa atenção nos protocolos Fieldbus e Profibus.

Fieldbus

Fieldbus (barramento de campo): solução de comunicação para os níveis hierárquicos mais baixos dentro da hierarquia fabril. Interconecta dispositivos primários de automação (sensores, atuadores, chaves, etc.) e os dispositivos de controle de nível imediatamente superior, como por exemplo, um CLP (Controlador Lógico Programável).

Fieldbuses eliminam a necessidade de se utilizar várias interfaces ponto-a-ponto, uma para cada equipamento. Além disso, substituem as interfaces digitais ponto-a-ponto (RS232, RS422, etc.) por um barramento ao qual todos os equipamentos são conectados. Os Fieldbuses são, geralmente, usados na comunicação em ambiente industrial e veicular.

Algumas vantagens em se considerar o Fieldbus:

- Redução do número de interfaces;
- Redução do número de canais de comunicação entre os processos de controle e o equipamento industrial;
- Maior modularidade da rede, facilitando sua expansão, instalação e manutenção.

Três classes distintas de aplicação:

1. **Sistemas “Stand-Alone”** – a comunicação ocorre somente entre dispositivos ligados em um mesmo segmento de rede (ex.: sensores e atuadores ligados a um CNC dentro de uma máquina).
2. **Sistemas em cascata** – os dispositivos conectados a segmentos distintos podem trocar informações por meio de uma “bridge” (ex.: SDCCD – Sistema Distribuído de Controle Digital).
3. **Sistemas hierárquicos** – o Fieldbus está interligado via “gateway” a um nível hierárquico superior da automação fabril (ex.: estrutura CIM).

Profibus

Profibus (PROcess Field BUS) desenvolvido na Alemanha, inicialmente pela Siemens em conjunto com a Bosch e Klockner-Moeller em 1987.

Em 1988 tornou-se um “Trial Use Standard” no contexto da norma DIN (DIN V 19245, parte 1), que define as camadas física e de enlace. Posteriormente, um grupo de 13 empresas e 5 centros de pesquisa propuseram alterações nas camadas física e de enlace e definiram a camada de aplicação (norma DIN V 19245, parte 2). Esta proposta é, atualmente, apoiada por mais de 300 empresas europeias e internacionais (<http://www.profibus.com>).

A camada física do Profibus baseia-se no padrão EIA RS-485 (Electronic Industries Association). Considera a topologia barramento, utilizando como meio um par trançado blindado. Permite a interligação de até 32 elementos (estações ativas, passivas ou repetidoras) por segmento. São permitidos até 4 segmentos, totalizando um máximo de 128 estações.

O Profibus agrupa quadros em duas classes:

1. **Quadros longos** – para transmissão entre estações mais complexas (ativas, mestres);
2. **Quadros curtos** – para dispositivos de campo mais simples (passivas, escravos).

Referência:

STEMMER, Marcelo Ricardo. **Sistemas distribuídos e redes de computadores para controle e automação industrial**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2001

Este material foi baseado em:

BAYER, Fernando Mariano; ECKHARDT, Moacir; MACHADO, Renato. **Automação de Sistemas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Rede e-Tec, 2011.

Última atualização: sexta, 18 ago 2023, 10:38

◀ 3.1 Controle numérico
computadorizado – CNC

Seguir para...

3.3 Supervisórios ▶