

Redes Industriais e Sistemas Supervisórios

Topologias, Meios Físicos e Memória CLP/Modbus

Prof^o José W. R. Pereira

jose.pereira@ifsp.edu.br

josewrpereira.github.io/docs



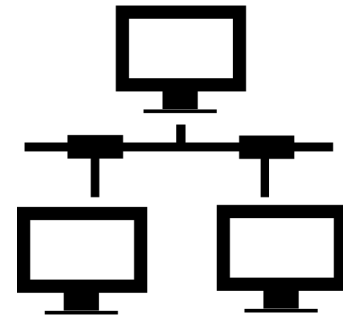
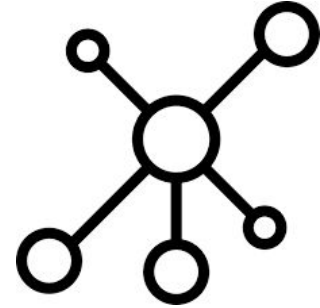
Índice

- 1. Topologias, Meios Físicos e o Universo do CLP
- 2. Meios físicos de transmissão (Par trançado, Fibra óptica, Coaxial);
- 3. Arquitetura interna do CLP e conceitos de memória interna (coils, registers, inputs).
- Referências

1. Topologias, Meios Físicos e o Universo do CLP

A **topologia de rede** refere-se ao layout físico ou lógico da interconexão de dispositivos, determinando como os dados são roteados e como a rede se comporta diante de falhas.

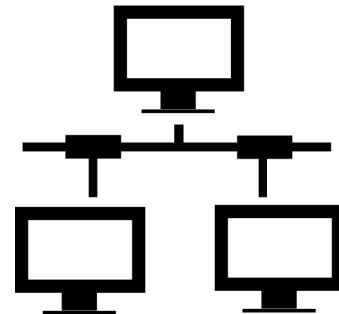
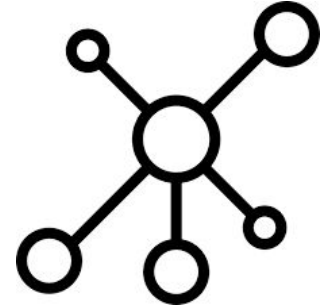
Enquanto redes comerciais (TI) priorizam a largura de banda e a flexibilidade, as redes industriais (TA) são projetadas com foco no **determinismo temporal** e na **robustez extrema**, exigindo topologias que garantam a continuidade da operação mesmo em ambientes hostis.



1. Topologias, Meios Físicos e o Universo do CLP

As redes são classificadas globalmente por sua escala, variando de redes pessoais (PAN) e locais (LAN) até metropolitanas (MAN) e de longa distância (WAN).

No ambiente industrial, o foco reside majoritariamente nas **LANs de chão de fábrica**, onde a **topologia dita a eficiência do controle de processos em tempo real**.



Topologia em Barramento (Bus)

- Historicamente a mais difundida no campo industrial.
- Conecta **todos os nós a um único meio** de transmissão compartilhado,
 - Trunkline ou cabo tronco.
- Aplicações Industriais:
 - É a base de protocolos clássicos como:
 - Modbus RTU;
 - PROFIBUS DP/PA;
 - DeviceNet.



Topologia em Barramento (Bus)

- Vantagens e Soluções:
 - Apresenta **baixo custo** de cabeamento e **facilidade de instalação** em sistemas de grande extensão geográfica, como esteiras de produção.
- Problemas e Características Críticas:
 - O barramento **exige** obrigatoriamente o **uso de terminadores de rede** (resistores) em ambas as extremidades para evitar a reflexão de sinais, que causaria corrupção de dados.
 - Além disso, uma falha física no cabo central pode paralisar toda a rede;
 - O desempenho degrada conforme mais nós são adicionados devido à disputa pelo meio (collisions).

Topologia em Estrela (Star)

- Dominante nas redes comerciais modernas;
- Em franca expansão na indústria via **Ethernet Industrial**;
- Utiliza um nó central concentrador, geralmente um **switch**;
- **Uso Global:** É a arquitetura padrão para infraestruturas que conectam CLPs a sistemas supervisórios e bancos de dados.



Topologia em Estrela (Star)

- **Vantagens:**

- O isolamento de falhas é seu ponto forte;
- Permite o uso de enlaces **full-duplex**, eliminando colisões de pacotes.

- **Problemas:**

- O **ponto único de falha** desloca-se para o switch central.
- Na indústria, exige switches de grau industrial que suportem vibrações e temperaturas extremas, diferentemente dos modelos de escritório.

Topologia em Anel (Ring)

- Cada nó possui exatamente dois vizinhos, formando um caminho fechado para a informação.
- **Redundância Industrial:**
 - É a topologia preferida para sistemas de alta disponibilidade.
 - Protocolos como **DLR** (*Device Level Ring*) e **HSR** (*High-availability Seamless Redundancy*) utilizam anéis para fornecer **redundância de caminho**, onde, em caso de rompimento do cabo, a informação é redirecionada automaticamente pelo sentido oposto.



Topologia em Anel (Ring)

- **Mecanismo de Token:**

- Comum em redes como o **IBM Token Ring** e variantes industriais do **PROFIBUS**, utiliza um "bastão" lógico (*Token*) que circula no anel, garantindo que apenas o detentor do token possa transmitir, o que assegura o determinismo.

- **Aspecto Técnico Relevante:**

- Em anéis puramente digitais, cada nó atua como um repetidor, introduzindo um retardo de alguns bits.
- Uma questão importante é o **tempo físico de 1 bit**: em um anel de 1 Mbps com 1000 metros, a circunferência da rede conterà apenas cerca de 5 bits trafegando simultaneamente.

Topologias Complementares e Aspectos Lógicos

● **Árvore e Malha:**

- A topologia em árvore (hierárquica) é frequentemente usada para interconectar múltiplos switches em diferentes níveis da planta.
- As malhas (**Mesh**) são típicas de redes de sensores sem fio (**WirelessHART** ou **Zigbee**), oferecendo múltiplos caminhos dinâmicos e alta resiliência.

● **Físico vs. Lógico:**

- Uma rede pode ser fisicamente uma estrela (cabos saindo de um switch), mas logicamente um anel ou barramento. Por exemplo, o **Token Bus (IEEE 802.4)** possui fiação em árvore ou linear, mas as estações são organizadas logicamente em um anel de passagem de permissões.



Padrões de Redes e Modelos de Referência

- **Ethernet:** Regida pelo padrão **IEEE 802.3** do *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.
- **Token Ring:** Definido pela norma **IEEE 802.5**.
- **Modbus:** Introduzido originalmente pela Modicon (Schneider Electric), é gerido pela organização **Modbus-IDA**. O **Modbus RTU** utiliza comumente os padrões físicos **RS-232 (EIA-232)** ou **RS-485 (EIA-485)**.
- **Segurança Wireless (WPA2/WPA3):** O WPA2 baseia-se no padrão **IEEE 802.11i**. O WPA3 é a evolução citada no planejamento para proteção de redes IIoT.
- **ISA-101:** Norma da *International Society of Automation* que rege as diretrizes de design para Interfaces Homem-Máquina (IHM) em sistemas supervisórios.

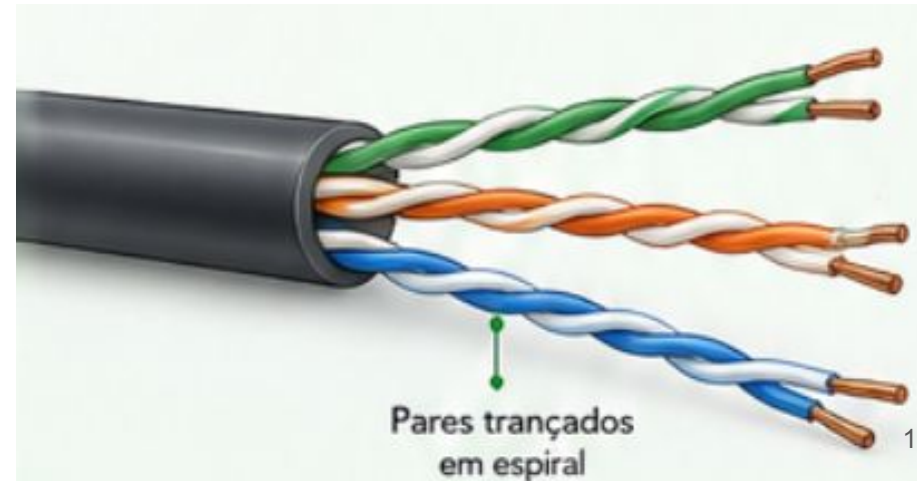
Meios físicos de transmissão: Par trançado, Fibra óptica, Coaxial

Meios físicos de transmissão (Par trançado, Fibra óptica, Coaxial)

- Os meios físicos de transmissão:
 - Constituem a **Camada 1 (Física)** do modelo ISO/OSI;
 - Representam o alicerce sobre o qual toda a rede é construída;
 - A escolha do meio depende do equilíbrio entre largura de banda, distância, custo e, primordialmente no ambiente industrial, a **robustez e imunidade a ruídos**.

Par Trançado (Twisted Pair)

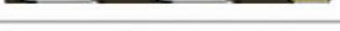
- Consiste em pares de fios de cobre isolados e enrolados em forma helicoidal para cancelar interferências eletromagnéticas e reduzir a diafonia (*crosstalk*).
- **Tipos e Categorias:**
 - **UTP (Unshielded):** Sem blindagem, comum em escritórios (redes comerciais).
 - **STP/FTP (Shielded/Foiled):** Possuem blindagem de malha ou fita metálica, essenciais para o chão de fábrica.
 - **Categorias:** Variam de **Cat 3** (telefonia) a **Cat 7** (blindagem individual por par e global), suportando de 10 Mbps a 10 Gbps.

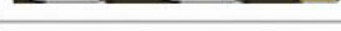


Par Trançado (Twisted Pair)

- **Vantagens:** Baixo custo, facilidade de instalação, manutenção simples e flexibilidade.
- **Desvantagens:** Suscetibilidade a ruídos externos (se não blindado) e limitação de distância (tipicamente 100m para Ethernet).
- **Uso Industrial:** É o meio padrão para **RS-485 (Modbus RTU, PROFIBUS DP)** e **Ethernet Industrial**. Na indústria, a blindagem e o aterramento correto da malha são críticos para evitar a corrupção de dados por motores de grande porte.

Par Trançado (Twisted Pair)

TIA 568A		
Pin #	Wire Color Legend	Signal
1	 White/Green	TX+
2	 Green	TX-
3	 White/Orange	RX+
4	 Blue	TRD2+
5	 White/Blue	TRD2-
6	 Orange	RX-
7	 White/Brown	TRS3+
8	 Brown	TRD3-

TIA 568B		
Pin #	Wire Color Legend	Signal
1	 White/Orange	TX+
2	 Orange	TX-
3	 White/Green	RX+
4	 Blue	TRD2+
5	 White/Blue	TRD2-
6	 Green	RX-
7	 White/Brown	TRS3+
8	 Brown	TRD3-

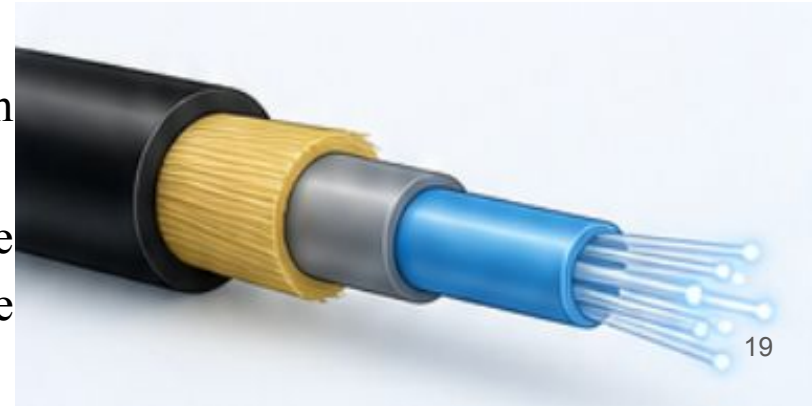


Teste de Flamabilidade



Fibra Óptica

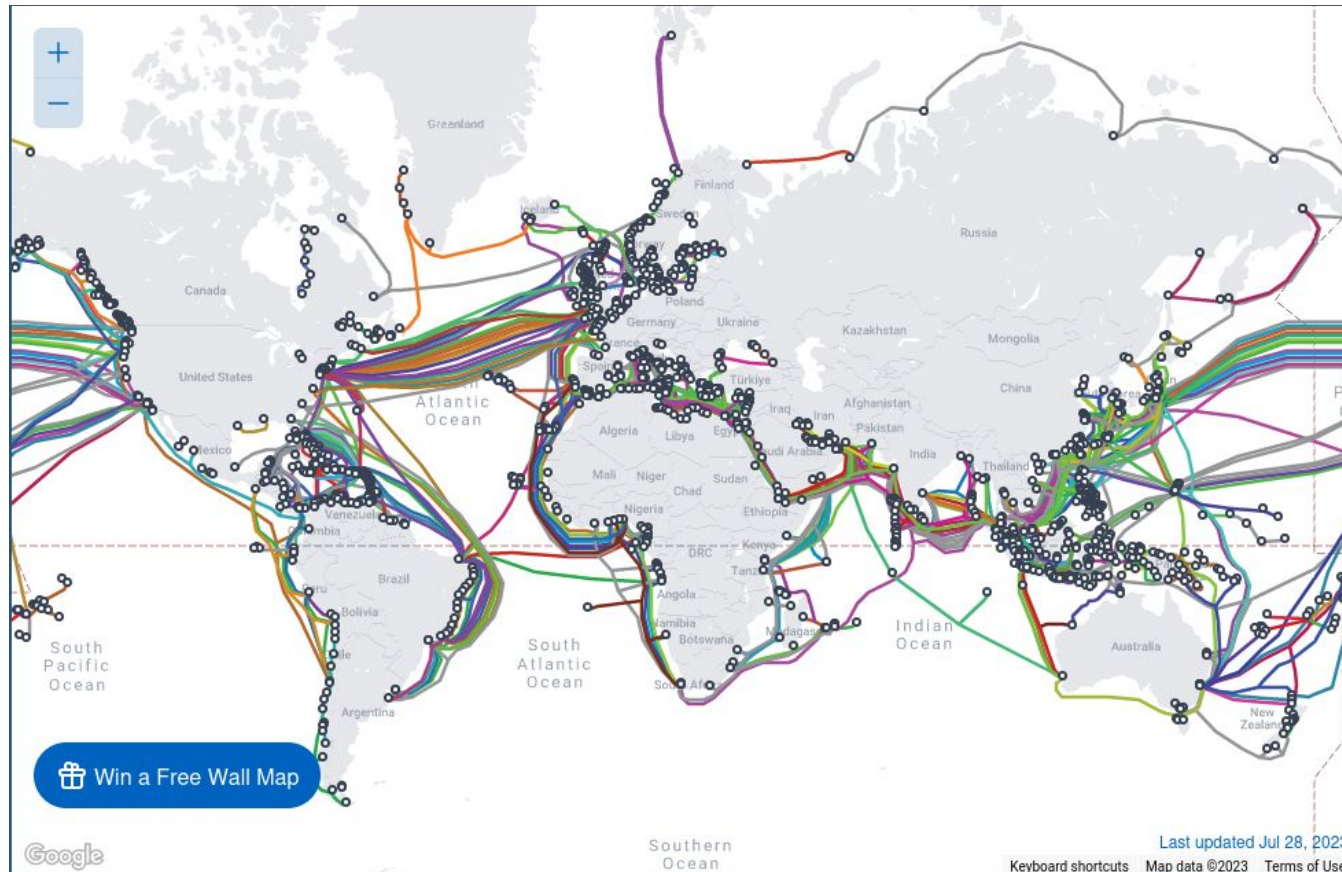
- Utiliza pulsos de luz transmitidos através de fios de vidro ultrafinos, baseando-se no princípio da reflexão interna total.
- Tipos:
 - Multimodo:
 - Núcleo maior (50 ou 62,5 μm);
 - Permite múltiplos caminhos de luz;
 - Usada para curtas e médias distâncias (até 2 km).
 - Monomodo:
 - Núcleo muito fino, a luz viaja em linha reta;
 - Ideal para longas distâncias (acima de 15 km) sem necessidade de repetidores.



Fibra Óptica

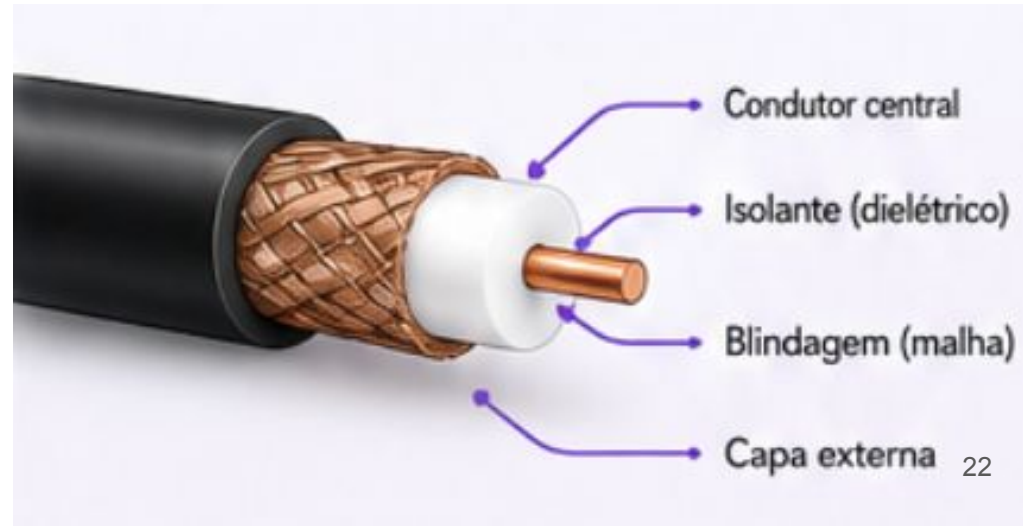
- Vantagens:
 - Imunidade total a interferências eletromagnéticas (EMI/RFI);
 - Isolamento elétrico entre sistemas;
 - Altíssima largura de banda;
 - Segurança contra interceptações.
- Desvantagens:
 - Custo elevado de componentes e instalação;
 - exige mão de obra especializada;
 - fragilidade física a dobras acentuadas.
- Uso Industrial:
 - Essencial em ambientes com ruído elétrico extremo;
 - Conexões entre prédios (backbones);
 - áreas classificadas (risco de explosão).

Submarine Cable Map



Cabo Coaxial

- Composto por um condutor central de cobre, isolante, uma malha condutora externa (blindagem) e capa protetora.
- Tipos:
 - Cabo de 50 ohms (transmissões digitais);
 - Cabo de 75 ohms (analógicos/TV a cabo).

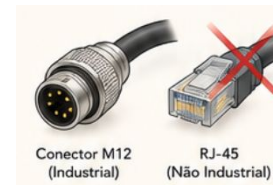


Cabo Coaxial

- Vantagens:
 - Blindagem superior ao par trançado comum, permitindo maiores distâncias e velocidades sem repetidores.
- Desvantagens:
 - Difícil de manusear (mais rígido) e está sendo amplamente substituído pela fibra óptica em rotas de longa distância.
- Uso Industrial:
 - Embora menos comum em novas instalações de automação, ainda é encontrado em sistemas legados e redes de monitoramento por vídeo (CFTV).

Aspectos Relevantes no Uso Industrial

- Diferente do ambiente comercial, a indústria impõe desafios severos que exigem adaptações nos meios físicos:
 - Imunidade a EMI: Motores, inversores de frequência e compressores geram campos eletromagnéticos que podem alterar os bits no cabo. O uso de cabos blindados (STP) e a continuidade da blindagem através de conectores é obrigatória.
 - Robustez Mecânica: Cabos industriais utilizam coberturas resistentes a óleos, gases, luz solar e agentes químicos. Conectores robustos, como o padrão circular M12 (selado), substituem o frágil RJ-45 de escritório para suportar vibrações e umidade.



Aspectos Relevantes no Uso Industrial

- Diferente do ambiente comercial, a indústria impõe desafios severos que exigem adaptações nos meios físicos:
 - Segurança Intrínseca: Em indústrias químicas, os cabos de par trançado (como no HART ou Fieldbus Foundation) podem transportar sinal e alimentação simultaneamente em níveis de energia limitados para evitar faíscas.
 - Aterramento: A prática padrão exige que a blindagem do cabo seja aterrada em um único ponto para evitar loops de terra que degradariam o sinal.

Referências

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de; ALEXANDRIA, Alzuir Ripardo de. **Redes industriais**: aplicações em sistemas digitais de controle distribuído. 2. ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2009.

ALTUS. **Protocolos de comunicação**: o que são e quais os principais padrões utilizados na indústria. [S. l.]: Altus. E-book.

COELHO, Marcelo Saraiva. **Redes de comunicação industrial**: padrões industriais. [S. l.: s. n.], 2009. Apostila.

LAGES, Walter Fetter; PEREIRA, Carlos Eduardo. **Redes industriais**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Apresentação em slides.

STALLINGS, William. **Criptografia e segurança de redes**: princípios e práticas. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David J. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

Este material foi produzido com auxílio de
ferramentas de Inteligência Artificial:



Redes Industriais e Sistemas Supervisórios - RISS

Profº José W. R. Pereira

jose.pereira@ifsp.edu.br

josewrpereira.github.io/docs

