

Informática Industrial II

Informática Industrial II

Marcelo Barboza Silva

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Alessandra Cristina Santos Akkari

Jeferson Cerqueira Dias

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Marcelo Barboza
S586i Informática industrial II / Marcelo Barboza Silva. –
Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
192 p.

ISBN 978-85-522-0760-3

1. Informática. I. Silva, Marcelo Barboza. II. Título.

CDD 600

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 – Londrina – PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Projeto de sistemas de controle sequencial	7
Seção 1.1 - Projeto de sistemas de controle utilizando redes de Petri	9
Seção 1.2 - Análise de modelos por simulação	24
Seção 1.3 - Projeto de um sistema de controle sequencial	38
Unidade 2 Comunicação de dados	55
Seção 2.1 - Projeto de redes de comunicação de dados	57
Seção 2.2 - Conceitos de instalação de redes de comunicação	71
Seção 2.3 - Integração de redes	86
Unidade 3 Aplicação de redes de comunicação industrial	103
Seção 3.1 - Redes tipo Sensorbus	105
Seção 3.2 - Redes Devicebus e Fieldbus	119
Seção 3.3 - Rede DeviceNet/Ethernet/IP	131
Unidade 4 Redes de Computadores com aplicação industrial	147
Seção 4.1 - Modelo OSI	149
Seção 4.2 - Modelo TCP/IP	163
Seção 4.3 - Segurança em redes	175

Palavras do autor

Caro aluno, você irá iniciar a disciplina Informática industrial II.

Trata-se de uma continuação da disciplina Informática industrial I, e o objetivo consiste em capacitá-lo a desenvolver soluções de problemas de engenharia que estão relacionados a quatro cenários diferentes, que vão desde o projeto de sistemas de controle sequencial, passando pela questão de desenvolvimento de redes de comunicação de dados e suas aplicações, até o estudo de modelos OSI (sigla do inglês Open System Interconnection) e TCP/IP (do inglês Transmission Control Protocol/Internet Protocol) e questões inerentes à segurança em redes de dados.

Para cobrir esse programa, a disciplina foi organizada em quatro unidades.

Na Unidade 1, você irá aprender a respeito de como proceder para projetar sistemas de controle sequencial de maior complexidade, envolvendo a teoria de redes de Petri. Você terá a oportunidade de assimilar uma metodologia para gerar modelos dos sistemas produtivos e analisar esses modelos, além de desenvolver soluções para sistemas produtivos reais.

Na Unidade 2, você será capacitado a projetar redes de comunicação de dados, observar detalhes de instalação e como diferentes redes podem ser integradas para que seja possível estabelecer um fluxo de informações entre os diferentes departamentos de um sistema produtivo, de acordo com as regras de negócio de cada setor do sistema produtivo. Pretende-se que, ao final dessa seção, você seja capaz de fazer uma análise crítica e desenvolver redes industriais em sistemas para integração de diferentes níveis de controle.

Na Unidade 3, você verá a questão de análise detalhada dos principais protocolos de redes industriais considerando quais as aplicações que são adequadas para cada um deles. Espera-se que você consiga analisar diferentes protocolos de redes em sistemas industriais para diferentes aplicações.

Por fim, na Unidade 4, você poderá expandir o seu conhecimento, entendendo como essas redes podem estar associadas ao conceito de redes de computadores e o que vêm a ser os modelos OSI e TCP/IP e uma comparação entre eles.

Como tópico final, será abordada, nesta disciplina, uma questão de fundamental importância: conhecer as tecnologias voltadas para a proteção das redes de dados de tal forma que você possa avaliar a segurança em redes de comunicação. Assim, pretende-se que você consiga analisar criticamente os modelos OSI e TCP/IP e as tecnologias voltadas para a proteção das redes e dados.

Como você obteve êxito na disciplina Informática Industrial I, temos certeza de que o sucesso se repetirá!

A chave de um bom resultado está em ter disciplina ao estudar.

Parabéns por mais uma conquista que se inicia!

Bom trabalho!

Projeto de sistemas de controle sequencial

Convite ao estudo

Esta primeira unidade tem como objetivo capacitar você para projetar sistemas de controle sequencial voltados para sistemas produtivos.

Com a evolução dos recursos computacionais, está cada vez mais acentuada a presença de sistemas que evoluem de estado em função de uma lógica sequencial.

Como o número de elementos desses sistemas vem crescendo exponencialmente, e o cenário está sendo de sistemas produtivos que podem realizar vários processos em paralelo, há uma necessidade de capacitar os engenheiros responsáveis por automação de sistemas para lidarem com técnicas avançadas de modelagem para o projeto de sistemas de controle sequencial a fim de que possam representar o compartilhamento de recursos entre diferentes processos e desenvolver modelos que possam ser utilizados como base para a criação de algoritmos usados em controladores lógicos programáveis (CLP).

Na Seção 1.1, você verá como aplicar redes de Petri para a modelagem de processos em sistemas produtivos. Para isso, serão apresentados os elementos estruturais existentes nessas redes e como pode ser sistematizado um procedimento para a geração de modelos utilizando essa teoria.

Na Seção 1.2, você vai ser capacitado a analisar modelos gerados em redes de Petri, utilizando o conceito de análise por simulação. Um dos pontos importantes que será estudado aqui é a questão de modelagem do sistema de controle e a modelagem do objeto de controle para que possa ser introduzido o conceito de comissionamento virtual. Será apresentada também uma ferramenta

computacional para que você aprenda a desenvolver seus modelos em redes de Petri e seja capaz de realizar as análises necessárias para validar as propriedades dos modelos que forem verificados.

A Seção 1.3 será dedicada à realização de um estudo de caso para que você possa aplicar uma metodologia para a construção de modelos em Redes de Petri, sendo capaz de analisar os modelos utilizando simulação computacional, e possa compreender como obter os algoritmos para a codificação dos controladores programáveis.

Dessa forma, você terá a oportunidade de desenvolver as competências necessárias para projetar sistemas de controle sequencial de grande porte.

Para alcançar esse objetivo, vamos imaginar a seguinte situação: uma empresa que envasa diversos tipos de shampoos solicitou uma melhoria na linha de produção AW37. Essa linha envasa dois tipos de shampoo: um de 100 ml e um de 200 ml. O frasco menor possui largura de 30 mm e o maior, de 50 mm. Para que a troca de produto seja realizada, a linha precisa ser parada e ajustada. Essa operação é chamada de *setup* e é feita uma vez por dia; o processo demora uma hora. A máquina possui dois apoios laterais para manter os frascos na posição correta. Um apoio é fixo e um é móvel, ajustado manualmente durante o *setup*. O maior tempo do *setup* é ajustar a lateral móvel do apoio dos frascos. Se a peça mecânica estiver menor que a largura especificada, ocorre atrito, diminuindo a velocidade da linha; se a largura for maior, o frasco sai da posição de envase.

Você é o engenheiro responsável por criar o modelo comportamental (fazer o software) do sistema na Maetegne Engenharia, empresa especializada em melhorias em linhas de produção, e foi chamado para especificar uma solução.

Qual ferramenta (texto, fluxograma, mapa de Karnaugh, linguagem de programação, redes de Petri) será usada para criar o modelo comportamental?

Como você vai apresentar e validar o modelo com seu cliente?

Como ficará seu modelo?

Seção 1.1

Projeto de sistemas de controle utilizando redes de Petri

Diálogo aberto

Para o projeto de sistemas de controle sequencial, é comum você se deparar com situações que envolvem uma descrição complexa do comportamento que se deseja para um sistema produtivo e que não é facilmente descritível em uma linguagem de programação prevista pela norma IEC 61131-3, conforme visto na disciplina Informática industrial I.

Considere a situação de uma empresa que envasa diversos tipos de shampoo, e que tenha solicitado uma melhoria na linha de produção AW37.

Essa linha envasa dois tipos de shampoo: de 100 ml e de 200 ml. O frasco menor possui largura de 30 mm e o maior, de 50 mm. Para que a troca de produto seja realizada, a linha precisa ser parada e ajustada. Essa operação é chamada de *setup* e é feita uma vez por dia; o processo demora uma hora.

A máquina possui dois apoios laterais para manter os frascos na posição correta. Um apoio é fixo e um é móvel, ajustado manualmente durante o *setup*. O maior tempo do *setup* é ajustar a lateral móvel do apoio dos frascos. Se a peça mecânica estiver menor que a largura especificada, ocorre atrito, diminuindo a velocidade da linha; se a largura for maior, o frasco sai da posição de envase.

Você é o engenheiro responsável por criar o modelo comportamental do sistema na Maetegne Engenharia, empresa especializada em melhorias em linhas de produção, e caberá a você especificar uma solução. Qual ferramenta (texto, fluxograma, mapa de Karnaugh, linguagem de programação, redes de Petri) será usada para criar o modelo comportamental?

Por esse motivo, o ponto de partida exige uma decisão sua a respeito de qual deve ser a ferramenta para gerar um modelo que represente o comportamento desejado e adequado para esse sistema produtivo.

Nesta seção, você conhecerá uma nova ferramenta de modelagem conhecida como redes de Petri interpretadas, seus elementos

estruturais e comportamento, conhecerá suas propriedades e aprenderá uma metodologia para criar o algoritmo de controle de um sistema industrial em Ladder.

Bom trabalho!

Não pode faltar

1.1.1 Informática industrial e a automação industrial

Os primeiros Controladores Lógicos Programáveis (CLP) datam do início da década de 1970 (terceira Revolução Industrial), e os primeiros computadores pessoais são do final da década de 1950, demonstrando que a informática começou a se desenvolver na indústria, com a Revolução Industrial. A automação industrial é a tecnologia usada para aumentar a produtividade, qualidade e segurança da indústria. E o controlador é o cérebro da automação. Na maioria dos casos, o controlador é um CLP, mas também pode ser um Controlador Numérico Computadorizado (CNC), Programmable Automation Controller (PAC, em português Controlador de Automação Programável), SCADA, SDCD etc., como você já viu em Informática Industrial I. Portanto, conhecer uma ferramenta e uma metodologia para programar o controlador é essencial.

1.1.2 Redes de Petri interpretadas para automação industrial

Como você programaria seu controlador? Qual ferramenta você usaria para criar o modelo comportamental (algoritmo de controle) do seu sistema? Como você validaria o algoritmo de controle? A maneira mais usada para discriminar o processo é através de texto. O usuário escreve um texto sobre como a máquina deve trabalhar e o entrega para o programador. Por fim, o programador cria suas lógicas para criar o programa. Dessa maneira, o programador se torna um artista, de forma que não possui um procedimento, e a qualidade do algoritmo de controle é muito dependente do profissional.

Outra maneira também usada é um fluxograma. O fluxograma tem a vantagem de ser visual e facilitar que pessoas de mais alto nível tenham uma abstração do sistema, mas não possui o rigor matemático necessário para validações intermediárias, deixando a validação apenas para a entrega da máquina.

Mapas de Karnaugh ou tabelas-verdade são tabelas com todas as combinações de entradas e como cada saída deve se comportar.

Alguns programadores preferem criar mapas de Karnaugh que possuem rigor matemático, são precisos e possibilitam validações intermediárias. Se você tiver até 5 dispositivos de entrada ou saída, são rápidos e precisos. Mas quantas linhas terá um mapa de Karnaugh com 100 entradas (número de uma máquina intermediária)?

Como vimos em Informática Industrial I, os sistemas industriais são sistemas a eventos discretos e uma ferramenta muito utilizada para modelar e projetar esse tipo de sistema são as Redes de Petri (RdP). Elas foram criadas por Carl Adam Petri, em 1939, para documentar processos químicos e foram apresentadas em seu doutorado, em 1962.

1.1.3 Elementos estruturais e comportamento

As RdP são grafos orientados que possuem quatro elementos estruturais:

- Lugares: normalmente representados por círculos com um certo número inteiro de marcas.
- Transições: habilitam a passagem das marcas de um lugar para outro lugar.
- Arcos orientados: criam os caminhos lugar-transição ou transição-lugar.
- Marcas: indicam o estado do sistema e, se uma transição é disparada, transitam entre lugares.

Ainda existem as marcas que se movimentam pelos lugares indicados pelos arcos orientados quando as transições estão habilitadas e disparadas. Os elementos estruturais podem ser vistos isoladamente na Figura 1.1.

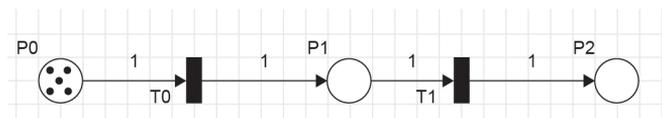
Figura 1.1 | Elementos estruturais das redes de Petri



Para um melhor entendimento, vamos discutir sobre uma RdP simples. Imagine que você precise modelar um processo em que existem peças em um *buffer*, que essas peças são trabalhadas em uma célula de montagem e, por fim, são depositadas em um *buffer* de saída. Como poderíamos modelar esse simples processo em uma RdP?

Na Figura 1.2, podemos dizer que o lugar P0 é o *buffer* de entrada (em que as peças são armazenadas e esperam para serem montadas). O lugar P1 é onde elas ficam enquanto estão sendo montadas, ou seja, a célula de montagem. E P2 é o lugar onde as peças são armazenadas. A transição T0 é o que habilita a matéria-prima sair de P0 e ir para P1. Na prática, pode ser um botão, um sensor, um conjunto de sensores etc. E T1 é a transição que habilita o movimento da marca (ou peça) de P1 para P2. Ainda podemos constatar, pela Figura 1.2, que existem 5 marcas em P0 (que representam 5 matérias-primas) esperando T0 para iniciar a produção.

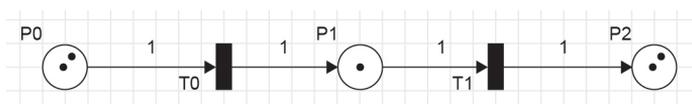
Figura 1.2 | RdP modelando uma célula de trabalho antes do início



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1.3 apresenta uma linha de produção que já iniciou o trabalho. Existem duas peças em P0 esperando a produção, uma em P1 sendo trabalhada e duas em P2, já prontas.

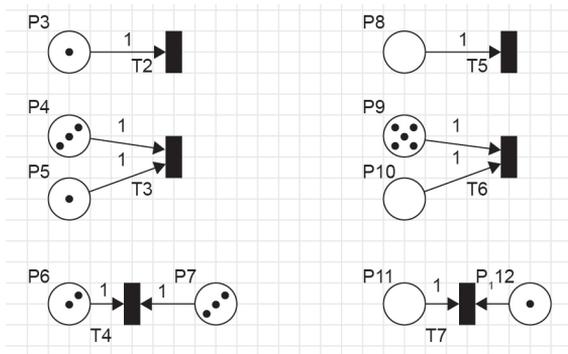
Figura 1.3 | RdP modelando uma célula de trabalho durante a execução



Fonte: elaborada pelo autor.

A transição só pode ser habilitada se houver marcas suficientes em todos os lugares anteriores (conforme os arcos orientados). Veja os exemplos na Figura 1.4. As transições T2, T3 e T4 podem ser disparadas. Já as transições T5, T6, T7 não podem, porque pelo menos um dos lugares posicionados anteriormente está vazio.

Figura 1.4 | Transições habilitadas e desabilitadas



Fonte: elaborada pelo autor.

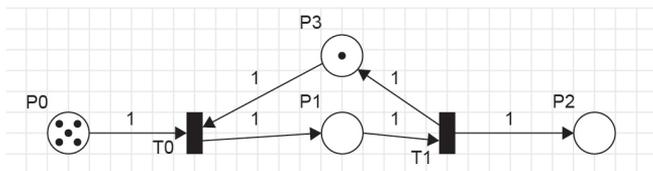


Assimile

Caro aluno, voltando à Figura 1.3, será que é possível trabalhar com duas peças ao mesmo tempo na célula de trabalho? Normalmente não. Mas a transição T0 está habilitada para transferir a marca de P0 para P1 enquanto P1 já possui uma marca. Como evitar esse possível problema na representação? Nós podemos representar a disponibilidade nas redes de Petri.

Veja na Figura 1.5 que P1 está disponível, porque existe marca em P3. T0 está habilitado, porque existe uma marca em P0 e outra em P3.

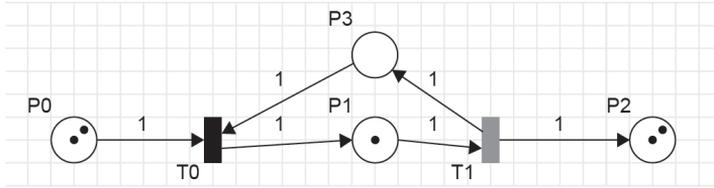
Figura 1.5 | RdP modelando uma célula de trabalho com disponibilidade antes da produção



Fonte: elaborada pelo autor.

Veja na Figura 1.6 que P1 possui uma marca, ou seja, existe uma peça sendo produzida na célula de trabalho. P1 está indisponível para outras marcas, já que não existe marca em P3, e, por isso, T0 está desabilitado.

Figura 1.6 | RdP modelando uma célula de trabalho com disponibilidade durante a produção

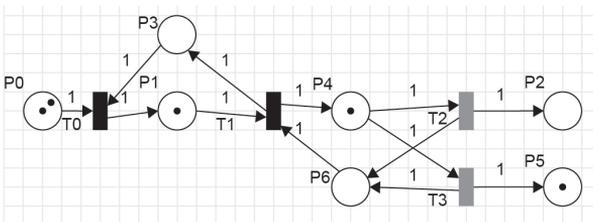


Fonte: elaborada pelo autor.

Alguns processos ainda exigem decisão, por exemplo, em nosso pequeno processo da Figura 1.6, podemos criar um controle de qualidade após a célula de montagem (P1) e antes do *Buffer* de Saída (P2). Vamos chamá-lo de P4, e as peças descartadas irão para Descarte (P5).

A Figura 1.7 possui duas transições concorrentes. Apenas uma das duas pode ser habilitada em um determinado tempo. Se a peça passar no controle de qualidade T2, é habilitada; se não passar, T3 é habilitada e a marca vai para P5. P6 foi adicionado para representar que apenas uma peça pode ser verificada de cada vez.

Figura 1.7 | RdP modelando uma célula de trabalho com controle de qualidade



Fonte: elaborada pelo autor.

1.1.4 Propriedades das redes de Petri

Agora que você já conhece a estrutura das redes de Petri, vamos apresentar as principais propriedades desses grafos orientados tão importantes para os sistemas a eventos discretos (SED). Essas propriedades serão importantes para você validar seu algoritmo de controle, ou seja, verificar se ele vai funcionar. Aplicando as

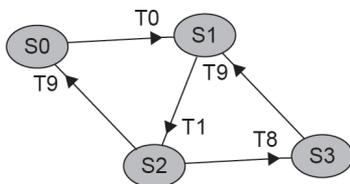
propriedades, será possível encontrar *deadlocks* (pontos em que o algoritmo de controle para de funcionar), saber se sua máquina vai voltar para o estado inicial etc.

Antes de definir as propriedades, é importante definir o que é estado de uma rede de Petri e sua equivalência em um sistema produtivo. Estado de uma RdP é a posição das marcas em lugares. Se as marcas estão nos mesmos lugares (excluímos aqui os lugares *buffers*) em dois momentos diferentes, dizemos que são o mesmo estado em momentos diferentes. Em uma máquina que está fazendo a mesma operação em dois momentos diferentes, dizemos que é o mesmo estado.

Alcançabilidade: uma marcação de uma rede é alcançável quando for possível alcançá-la por meio de uma sequência finita de disparos a partir da marcação inicial. Para que uma rede seja alcançável, todas as suas marcações precisam ser alcançáveis. Extraímos essa informação de um grafo orientado de alcançabilidade da RdP, que indica os estados que uma rede de Petri pode alcançar e como seria a sequência entre eles. Veja na Figura 1.8 o grafo de alcançabilidade da RdP representada na Figura 1.7. Veja que essa é uma rede alcançável. Existem quatro estados:

- Não existe nenhuma peça (S0).
- Existe uma peça sendo produzida (S1).
- Existe uma peça no controle de qualidade (S2).
- Existe uma peça sendo produzida e uma peça no controle de qualidade (S3).

Figura 1.8 | Grafo de alcançabilidade do sistema representado na Figura 1.7

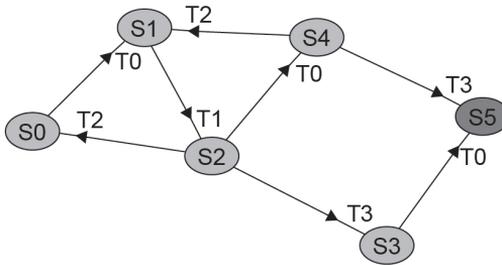


Fonte: elaborada pelo autor.

Reiniciabilidade: uma rede é reiniciável quando for possível voltar a sua marcação inicial, a partir de qualquer marcação alcançável. A alcançabilidade apresentada na Figura 1.8 mostra-nos que a rede de Petri a qual pertence é reiniciável, porque de qualquer estado é possível voltar para S0. Veja na Figura 1.9 um exemplo de alcançabilidade

em que foi tirado o arco entre T6 e P6 (disponibilidade do controle de qualidade). Podemos ver que ela não é reiniciável porque, se sua máquina chegar ao estado S5, não conseguirá voltar ao estado inicial.

Figura 1.9 | Exemplo de alcançabilidade de um sistema não reiniciável



Fonte: elaborada pelo autor.

Segurança: uma rede de Petri é dita segura quando seus lugares (excluindo os *buffers*) não podem possuir mais que uma marca. A RdP representada na Figura 1.7 é segura; se você tirar algum de seus lugares que garantem disponibilidade (P3 ou P6), ela deixa de ser segura.

Vivacidade: em uma rede viva, não existem *deadlocks* (posição em que nenhuma transição pode ser disparada). Uma rede é viva se existe uma marcação inicial para a qual todas as suas transições são vivas. E uma transição é viva se ela puder, a partir de qualquer estado, ser disparada pelo menos uma vez. No exemplo apresentado na Figura 1.9, se estivermos em S5, nenhuma transição pode ser disparada, então esse grafo de alcançabilidade representa uma rede não viva.



Refleta

Uma vez apresentada a questão de uso de redes de Petri para a modelagem de sistemas produtivos, resta a questão de como pode ser sistematizada a construção de modelos. Um grande diferencial que existe na modelagem de sistemas produtivos é que cada caso implica em desenvolver diferentes modelos. Portanto, o desafio não está em utilizar um determinado modelo e, sim, na questão de adotar uma sistemática para se gerar modelos. Simplesmente conhecer os elementos estruturais de uma rede de Petri e entender as regras de disparo de suas transições significa que um projetista já está capacitado a modelar diferentes sistemas produtivos?

1.1.5 Metodologia baseada em redes de Petri

Você já entendeu que pode modelar um sistema industrial através de redes de Petri e já entendeu que, estudando suas propriedades, pode encontrar falhas antes de apresentar para seu cliente e mesmo antes de criar o código em Ladder ou SFC. Mas você deve estar se perguntando: como eu transformo redes de Petri em linguagem de CLP?

SFC é uma linguagem muito parecida com redes de Petri, e você já estudou essa linguagem em Informática industrial I. De acordo com Moraes e Castrucci (2010), uma possível metodologia desenvolvida para transformar RdP em Ladder pode ser baseada nos seguintes passos:

- 1) Representar a ativação de todas as transições (pré-condições e receptividades).
- 2) Representar a atualização da marcação de todos os lugares (usando Reset e Set).
- 3) Representar todas as ações associadas a cada lugar.



Exemplificando

Vamos fazer um exemplo e aplicar as 3 etapas do método. Para isso, vamos usar o sistema industrial descrito na Figura 1.7. Vamos imaginar que T0 é acionado pelo sensor S0, T1 pelo sensor S1, T2 pelo sensor S2 e T3 será disparado se o sensor S3 for acionado. Nos lugares, vamos imaginar que P1 possua uma válvula V1 e que P4 possua um cilindro usado para medir, acionado pela válvula V4. E existe um botão de início BI.

1. Representar a ativação de todas as transições (pré-condições e receptividades).

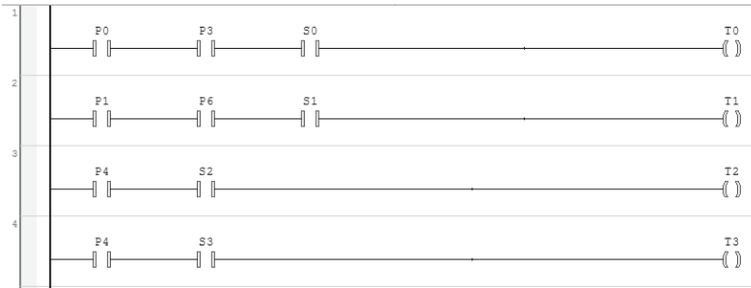
T0 será ativado se P0 e P3 possuírem marcas e se S0 for acionado.

T1 será acionado se P1 e P6 possuírem marcas e se S1 for acionado.

T2 será acionado se P4 possuir marca e se S2 for acionado.

T3 será acionado se P4 possuir marca e se S3 for acionado.

Figura 1.10 | Ladder para as transições



Fonte: elaborada pelo autor.

2. Representar a atualização da marcação de todos os lugares (usando Reset e Set).

P0, P3 e P6 são os estados iniciais do sistema e acontecem quando BI for acionado.

P1 será acionado se T0 for acionado, e desacionado se T1 for acionado.

P3 será acionado se T1 for acionado, e desacionado se T0 for acionado.

P4 será acionado se T1 for acionado, e desacionado se T2 ou T3 for acionado.

P6 será acionado se T2 ou T3 forem acionados, e desacionado se T1 for acionado.

P2 será acionado se T2 for acionado, e desacionado se BI for acionado.

P5 será acionado se T3 for acionado, e desacionado se BI for acionado.

Figura 1.11 | Ladder para os lugares





Fonte: elaborada pelo autor.

3. Representar todas as ações associadas a cada lugar.

P1 aciona V1.

P4 aciona V4.

Figura 1.12 | Ladder para as ações



Fonte: elaborada pelo autor.



Pesquise mais

São inúmeras as aplicações de redes de Petri para a modelagem do controle de processos em sistemas produtivos. Uma aplicação interessante é para a simulação do modelo de controle de um sistema misturador planetário para propelentes sólidos associados à fabricação de motores utilizados nos foguetes desenvolvidos pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE).

Pesquise mais sobre esse assunto no link a seguir (BIZARRIA et al., 2010):

Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/23_Final_SEGeT10_RP.pdf>. Acesso em: 9 out. 2017.

Sem medo de errar

Você trabalha na Maetegne Engenharia, empresa especializada em melhorias de linhas de produção, que foi contratada por um importante fabricante de shampoo. O trabalho consiste em automatizar o *setup* da máquina AW37 que envasa dois tipos de frascos, de 30 mm e 50 mm. A máquina possui dois apoios laterais para manter os frascos na posição correta. Um apoio é fixo e um é móvel, ajustado manualmente durante o *setup*. A Maetegne Engenharia criou um dispositivo mecânico para automatizar o ajuste mecânico dos apoios durante o *setup* e vai utilizar um CLP para controlá-lo. Sua função é criar o algoritmo do sistema de controle em Ladder.

Esse projeto de sistemas de controle sequencial possui uma descrição complexa do comportamento que se deseja para um sistema produtivo e que não é facilmente descritível em uma linguagem de programação prevista pela norma IEC 61131-3, conforme visto na disciplina Informática industrial I.

Por esse motivo, o ponto de partida exige uma decisão sua a respeito de qual deve ser a ferramenta para gerar um modelo que represente o comportamento desejado e adequado para esse sistema produtivo. Será que uma descrição em linguagem textual resolve?

Você consegue avaliar que a linguagem textual não possui a precisão necessária para encontrar falhas no algoritmo e também sabe que não é uma boa ferramenta para apresentar para o cliente durante uma etapa de validação. Portanto, você descarta essa opção e prefere o uso de redes de Petri, que possuem o rigor matemático necessário para validações intermediárias para encontrar erros durante o processo e é uma ferramenta visual, o que facilitará sua apresentação para o cliente.

Dessa maneira, você conseguiu dar mais um passo para desenvolver projetos de sistemas de controle voltados aos sistemas industriais.

Avançando na prática

Modelagem do sistema de controle de um processo e controle de qualidade

Descrição da situação-problema

A Nortew produz células de montagem para a indústria automobilística. A WV é uma grande montadora de carros e acabou de comprar uma nova célula de montagem para o carro sedã que será lançado no próximo ano. Você trabalha na Nortew e recebeu a tarefa de construir o algoritmo do sistema de controle em Ladder para um dispositivo que possui uma célula de montagem e um controle de qualidade. Como você modelaria o sistema?

Resolução da situação-problema

Você recebeu o descritivo em texto do seu cliente. Você tem a opção de modelar o sistema com um fluxograma, mas já aprendeu que o fluxograma não possui o rigor matemático necessário para ser simulado ou criar validações intermediárias antes da execução do projeto. Um colega seu usa o mapa de Karnaugh, segundo ele: "todas as possibilidades são cobertas", mas você sabe que, para aplicações com um pouco mais de entradas/saídas, a quantidade de combinações aumenta expressivamente, tornando um trabalho improdutivo.

Você opta por modelar o sistema a partir de uma rede de Petri, que possui o rigor matemático necessário para encontrar importantes parâmetros de validação intermediária, como erros, deadlocks, falta de reiniciabilidade etc. A modelagem a partir de uma rede de Petri facilita bastante a visualização e melhor entendimento do sistema, ajudando na apresentação para o seu cliente e na conquista da aprovação dele.

Parabéns, você passou por mais essa etapa.

Faça valer a pena

1. Para auxiliar no processo de desenvolvimento de algoritmos de controle utilizando a linguagem Ladder, é possível utilizar modelos em Redes de Petri como base e aplicar um processo de transcrição que se baseia nas seguintes etapas:

- I. Representar a ativação de todas as transições (pré-condições e pós-condições).
- II. Representar a atualização da marcação de todos os lugares (usando Reset e Set).
- III. Representar todas as ações associadas a cada lugar.

Considerando as afirmações de I a III, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I está correta.
- b) Somente as afirmativas II e III estão corretas.
- c) Somente a afirmativa II está correta.
- d) Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- e) Somente a afirmativa III está correta.

2. Considerando as principais propriedades de uma rede de Petri, analise as afirmativas a seguir:

- () Reiniciabilidade: uma rede é reiniciável quando for possível voltar a sua marcação inicial a partir de qualquer marcação alcançável.
- () Alcançabilidade: uma marcação de uma rede é alcançável quando for possível alcançá-la por meio de uma sequência finita de disparos a partir da marcação inicial. Para que uma rede seja alcançável, todas as suas marcações precisam ser alcançáveis.
- () Vivacidade: uma rede é viva se existe uma marcação inicial para a qual todas as suas transições são vivas.

Assinale a alternativa que atribui corretamente V para verdadeiro ou F para falso às afirmativas anteriores.

- a) F-F-F.
- b) F-V-F.
- c) F-V-V.
- d) V-V-V.
- e) V-F-V.

3. Considerando a questão de se poder modelar um sistema industrial através de redes de Petri, você aprendeu que, por meio do estudo de suas propriedades, pode prever falhas antes de apresentar para seu cliente e mesmo antes de criar o código do algoritmo de controle em Ladder ou SFC.

Baseado nesse contexto, assinale a alternativa correta.

- a) O processo de análise pode ser por simulação computacional.

- b) O processo de análise é baseado no conceito de matrizes para modelagem matemática das redes e não depende de ferramentas computacionais.
- c) O fato de utilizar redes de Petri não resolve o problema de validação dos modelos em Ladder.
- d) O fato de utilizar redes de Petri não resolve o problema de validação dos modelos em SFC.
- e) A validação dos algoritmos de controle não é influenciada pelo uso de redes de Petri.

Seção 1.2

Análise de modelos por simulação

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção, vamos direcionar nosso estudo para a simulação de modelos em redes de Petri. Certamente, isso será muito útil profissionalmente, na área de automação.

Retomando o nosso contexto, como gestor de automação, você está responsável pela solicitação de melhoria na linha de produção AW37 de uma empresa que envasa diversos tipos de shampoo. Inicialmente, você precisou decidir a respeito de qual ferramenta utilizaria para a modelagem do problema de automação.

Agora, você deve evoluir para o segundo desafio.

Durante a visita ao cliente, você entendeu a necessidade e desenvolveu o modelo comportamental do sistema. Na próxima visita, você deverá apresentar seu modelo para que o cliente o valide.

Como você vai apresentar e validar o modelo com seu cliente?

Para resolver essa questão, você verá nesta seção a respeito de ferramentas computacionais para modelagem que sejam baseadas em redes de Petri.

Você irá aprender como utilizar a ferramenta PIPE, para edição de modelos, e como verificar as propriedades desses modelos utilizando o recurso de simulação.

Em termos de verificação do modelo, você verá como é possível realizar a verificação das propriedades citadas na seção anterior e como o software gera um mapeamento para que você possa analisar os resultados e inferir como as propriedades são verificadas em cada modelo.

Dessa forma, você terá a oportunidade de utilizar ferramentas computacionais para que as suas soluções sejam avaliadas antes que seja feita a programação do sistema de controle e o *startup* da planta.

Bom trabalho!

1.2.1 Ferramenta computacional para modelagem em redes de Petri

Na seção anterior, vimos uma ferramenta para modelar o algoritmo do sistema de controle, ou o modelo comportamental de um sistema industrial. A rede de Petri possui um grande poder de descrição de sistemas industriais, mesmo comparado com outras técnicas como teoria de filas, álgebra min-max etc. (MIYAGI, 2011).

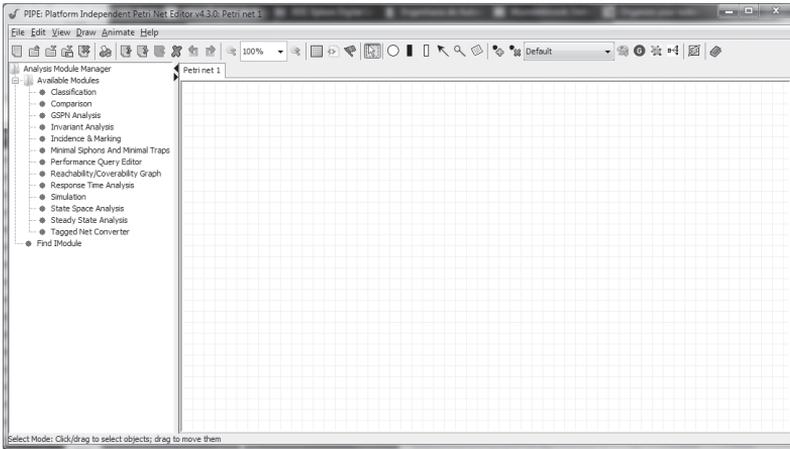
É evidente que, para sistemas com menor quantidade de entradas e saídas, fazer um mapa de Karnaugh, ou mesmo fazer o software em Ladder direto, será mais simples. Mas, para sistemas médios e grandes com mais de 50 pontos de entrada, a explosão combinatória e o próprio comportamento da máquina facilitam erros e exigem validações intermediárias.

Embora criar uma rede de Petri (RdP) seja a melhor ferramenta para modelar sistemas sequenciais, fazê-lo manualmente também não ajuda muito. Por isso, ferramentas computacionais próprias para criar, simular e levantar as propriedades de uma RdP foram desenvolvidas.

Platform Independent Petri net Editor (PIPE) é uma dessas ferramentas. Ela foi criada em 2003 por um grupo de alunos de pós-graduação do Departamento de Computação do Imperial College London. É um software aberto baseado em Java. Para baixá-lo, vá a esta página: <<http://pipe2.sourceforge.net/>> (acesso em: 18 out. 2017). Para você aprender a construir redes de Petri no PIPE, vamos replicar o modelo da Figura 1.7, que já estudamos na seção anterior.

Depois do aplicativo instalado e aberto, você encontrará a tela apresentada na Figura 1.13.

Figura 1.13 | Tela inicial do PIPE



Fonte: elaborada pelo autor.



Assimile

Para criar arquivos do PIPE e trabalhar neles, você encontrará os ícones apresentados na Figura 1.14. O primeiro cria um novo arquivo/modelo, o segundo abre um modelo existente, o terceiro salva e o quarto é equivalente ao *Salvar Como* do Microsoft Office.

Figura 1.14 | Ícones para manipular os arquivos



Fonte: elaborada pelo autor.

Para criar lugares e transições, use os ícones apresentados na Figura 1.15. Para selecionar ou movimentar um lugar, transição ou um arco, você usará o primeiro ícone. Para criar um lugar, o segundo. Para criar uma transição não temporizada, o terceiro. Para criar uma transição temporizada, o quarto ícone. E, para criar um arco orientado, o último ícone.

Figura 1.15 | Ícones para editar lugares e transições



Fonte: elaborada pelo autor.

Para você colocar as marcas iniciais no sistema, ou seja, determinar a marcação inicial da rede, pode utilizar os ícones apresentados na Figura

1.16. Com o primeiro ícone, você adiciona marcas a um lugar e com o segundo você as subtrai.

Figura 1.16 | Ícones para definir marcação inicial

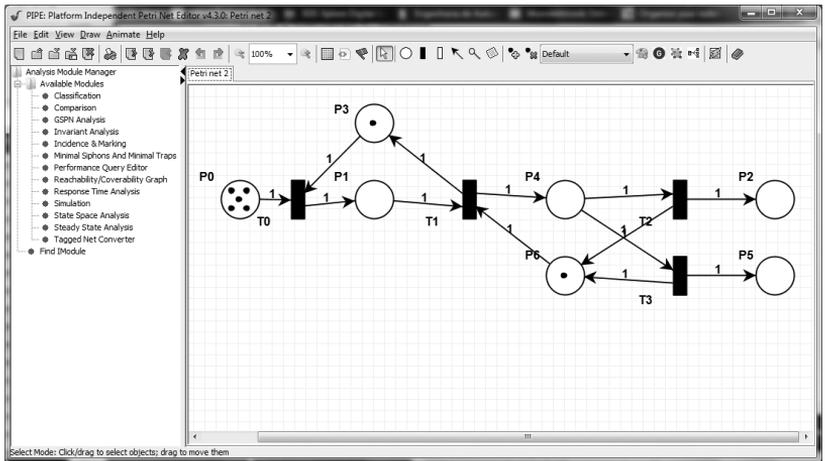


Fonte: elaborada pelo autor.

Com essas informações detalhadas apresentadas no quadro Assimile, você será capaz de criar o modelo que desenvolvemos na última aula e é apresentado na Figura 1.17.

A Figura 1.17 traz uma rede de Petri que representa uma estação de montagem (P1), uma estação para controle de qualidade (P4). P0 é um *buffer* de entrada, P2 um *buffer* de saída das peças aprovadas e P5 um *buffer* das peças rejeitadas. P3 e P6 são usados para limitar o fluxo de marcas, ou seja, para garantir que teremos apenas uma peça por vez para ser processada em P1 ou P4. Esses lugares podem ser interpretados como disponibilidade do recurso (estação, no caso) para realizar o processamento.

Figura 1.17 | RdP modelando uma célula de trabalho com controle de qualidade



Fonte: elaborada pelo autor.

1.2.2 Simulação de modelos

O software PIPE é uma ferramenta que auxilia na construção de modelos, mas não apenas isso. O grande objetivo dessa ferramenta computacional é realizar a análise por simulação das propriedades dos modelos editados. Veja os ícones apresentados na Figura 1.18.

O primeiro ícone coloca em modo de simulação (*Animation Mode*) e retorna ao modo de edição. O ícone em formato de raio (quarto ícone) escolhe uma transição possível qualquer para ser disparada.

O último ícone realiza N disparos, e você escolhe o N. Depois de feita uma simulação, você pode navegar pela simulação com o segundo e terceiro ícones.

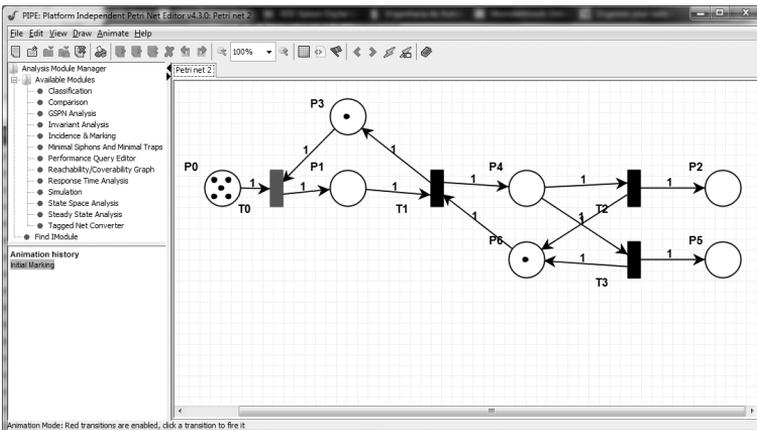
Figura 1.18 | Ícones para simulação dos modelos



Fonte: elaborada pelo autor.

Quando você coloca em modo de simulação, apertando o ícone indicado ou escolhendo o menu *Animate*, *Animate Mode*, vão desaparecer suas ferramentas de criação, e sua barra de ferramentas vai apresentar as ferramentas de simulação. Além disso, suas transições habilitadas ficarão em vermelho, como mostrado na Figura 1.19.

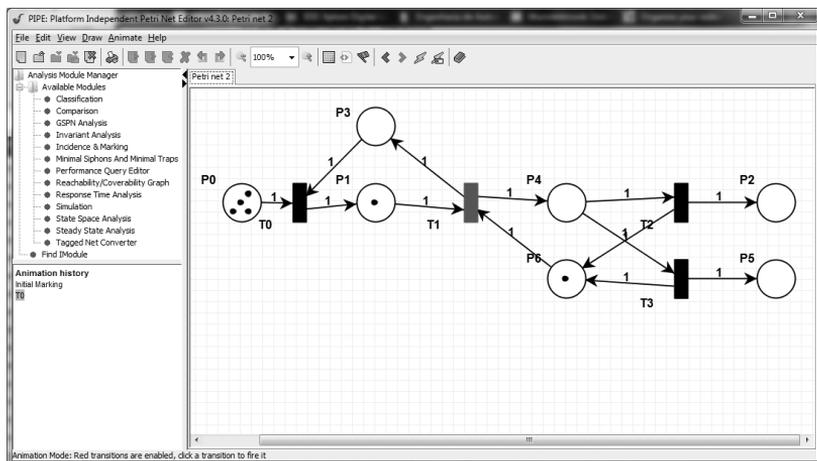
Figura 1.19 | RdP em modo de simulação no PIPE



Fonte: elaborada pelo autor.

No exemplo da Figura 1.19, apenas a Transição T0 está habilitada para ser disparada. Se clicarmos na transição, uma marca será consumida em P0 e outra em P3, e uma será adicionada em P1, e a transição T1 será habilitada, ficando em vermelho, como mostrado na Figura 1.20.

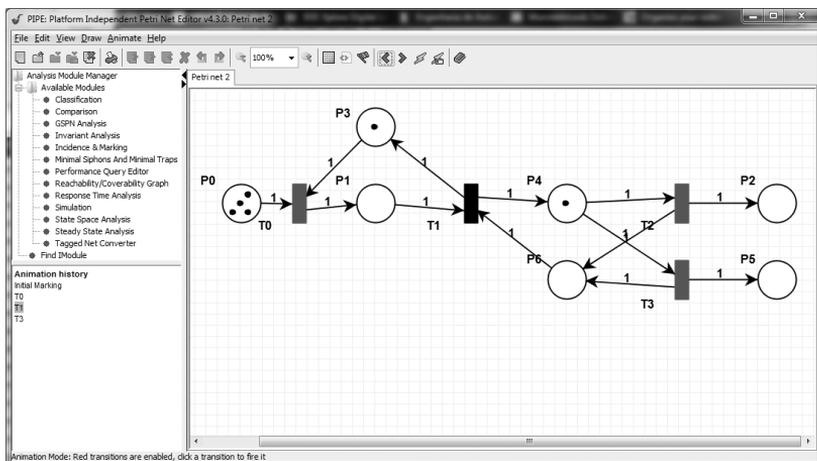
Figura 1.20 | RdP em modo de simulação no PIPE depois de um disparo



Fonte: elaborada pelo autor.

Também pode ocorrer que várias transições estejam habilitadas para disparo ao mesmo tempo. Veja um exemplo disso na Figura 1.21.

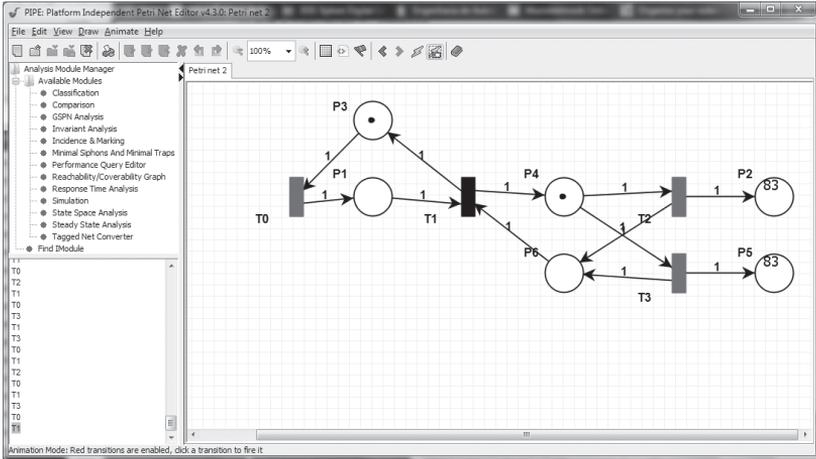
Figura 1.21 | RdP em modo de simulação no PIPE depois de 3 disparos



Fonte: elaborada pelo autor.

Também existe um ícone que simula N disparos de transições aleatoriamente. Algumas vezes, é necessário retirar os *buffers* para que a simulação ocorra livremente. Veja na Figura 1.22 a rede sem o *buffer* e depois de 500 disparos.

Figura 1.22 | RdP em modo de simulação no PIPE depois de 500 disparos



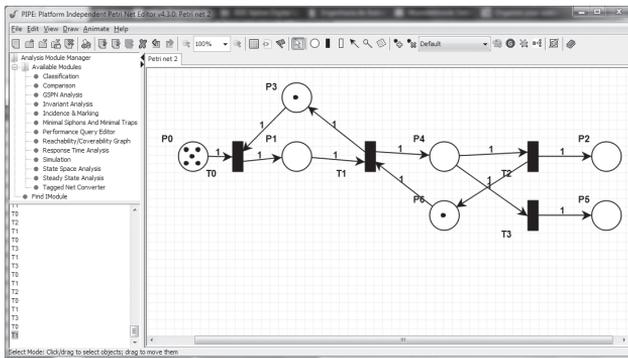
Fonte: elaborada pelo autor.

Exemplificando

Simulação da parte de controle e objeto de controle

Veja a rede de Petri na Figura 1.23. Muito parecida com a anterior, não é? Você consegue identificar a diferença? Não encontrou? Olhe novamente.

Figura 1.23 | RdP modificada

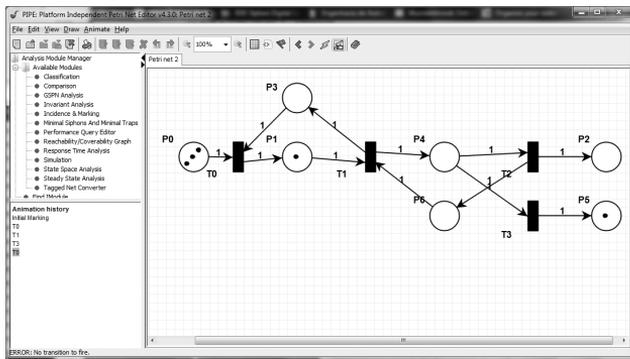


Fonte: elaborada pelo autor.

A RdP da Figura 1.23 não possui o arco orientado entre T3 e P6. Isso significa que não está mais sendo controlada a disponibilidade do uso do recurso. Se você estivesse escrevendo um modelo com 100 entradas e 40 saídas, você acredita que poderia ocorrer isso com você ou com algum colega seu? Você acredita que essa alteração pode ocasionar alguma falha ao seu sistema industrial?

Após uma simulação de 500 disparos, novamente, veja na Figura 1.24 onde a simulação parou.

Figura 1.24 | RdP modificada em simulação



Fonte: elaborada pelo autor.

Depois de apenas 4 disparos, ocorreu um *deadlock*, momento em que nenhuma transição pode ser disparada.

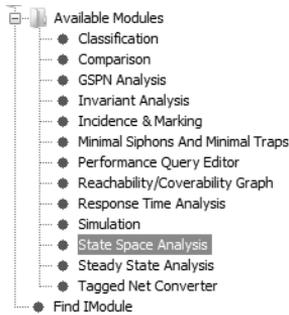
Para isso é que as validações intermediárias são tão úteis. Vamos supor o caso em que um colega seu precisa escrever o algoritmo de controle de uma máquina e diz que conhece muito Ladder e vai programar direto em Ladder. Qual a chance de cometer um pequeno erro que só poderá ser visto durante o comissionamento/*startup* (fase de instalação da máquina no cliente), fase mais cara da montagem da máquina?

1.2.3 Verificação de propriedades por simulação

Bom, já vimos que, com o PIPE, podemos desenhar uma rede de Petri, podemos simulá-la, mas não para por aí. A principal vantagem do PIPE é que podemos analisar as propriedades da RdP através do software.

No PIPE, verificamos as propriedades de uma RdP a partir dos módulos de avaliação do lado esquerdo da tela.

Figura 1.25 | Módulos de avaliação no PIPE



Fonte: elaborada pelo autor.

Verificação da propriedade alcançabilidade: como vimos na última seção, um estado é dito alcançável quando for possível alcançá-lo, por meio de uma sequência finita de disparos a partir do estado inicial. Para criar o grafo de alcançabilidade de uma rede de Petri, escolha *reachability/coberability graph*.



Refleta

Nesta seção, você está vendo que é possível utilizar ferramentas computacionais para auxiliar no processo de modelagem de sistemas produtivos.

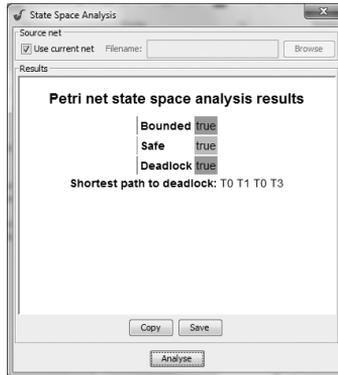
Uma das formas de se interpretar um sistema produtivo é considerando que ele é constituído por duas partes fundamentais: parte de controle e parte operativa.

Considerando que você seja responsável por conduzir a programação de controladores programáveis para a automação de uma planta industrial, em que parte do sistema produtivo você estará utilizando redes de Petri para a modelagem?

Verificação da propriedade reiniciabilidade: através do grafo de alcançabilidade, é possível deduzir se a rede é capaz de voltar ao estado inicial a partir de qualquer estado.

Verificação da propriedade segurança: se você escolher *State Space Analysis*, encontrará três propriedades. Estamos mais interessados em segurança (*safe*) e *deadlock*. É muito bom quando *safe* está *true* (verdadeiro) e *deadlock* *false* (falso). Se *deadlock* estiver *True*, o aplicativo ainda dirá o caminho mais curto para um *deadlock*. Veja na Figura 1.26 a análise realizada por essa ferramenta.

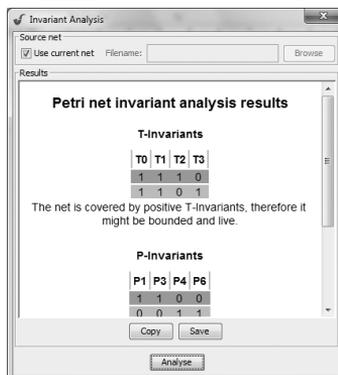
Figura 1.26 | Análise da RdP representada na Figura 1.23



Fonte: elaborada pelo autor.

Vivacidade: segundo Moraes e Castrucci (2010), uma RdP é viva se, e somente se, todas as suas transições são vivas. Para verificar a vivacidade, basta clicar em *Invariant Analysis*. Veja na Figura 1.27 uma análise da vivacidade da RdP representada na Figura 1.17.

Figura 1.27 | Análise da Vivacidade de uma RdP



Fonte: elaborada pelo autor.



Pesquise mais

Um dos grandes motivos que justificam a utilização de redes de Petri é o fato de ser uma técnica de modelagem que permite a transcrição desses modelos para linguagens de programação aceitas pela norma IEC 61131-3.

Acesse o link <<https://sourceforge.net/projects/petrilab/files/>> (acesso em: 23 out. 2017) e baixe o simulador PETRILab. Além de você poder verificar as propriedades de seus modelos, existe o recurso de tradução desses modelos para a linguagem Ladder. Boa pesquisa!

Sem medo de errar

Como gestor de automação, você está responsável pela solicitação de melhoria na linha de produção AW37 de uma empresa que envasa diversos tipos de shampoo. Inicialmente, você precisou decidir a respeito de qual ferramenta utilizaria para a modelagem do problema de automação.

Agora, você deve evoluir para o segundo desafio.

Durante a visita ao cliente, você entendeu a necessidade e desenvolveu o modelo comportamental do sistema. Na próxima visita, você deverá apresentar seu modelo para que o cliente o valide.

Como você vai apresentar e validar o modelo com seu cliente?

Em conjunto com sua equipe, você decide apresentar o algoritmo de controle em uma rede de Petri bem identificada (com todas as entradas e todas as saídas) e com o auxílio de um software de criação, análise e simulação de RdP. Durante a apresentação, você explicou os sensores representados pelas transições e os atuadores, representados em ações dentro dos lugares.

Você mostra a simulação transição a transição e cria uma simulação com mais de 100 disparos automáticos e aleatórios. Você ainda mostra as principais propriedades da rede que você desenvolveu.

Durante sua apresentação, o cliente se mostra bastante interessado e acompanha o processo passo a passo, verificando se existem

deadlocks. Você apresenta os estados alcançáveis e o cliente aprova o sistema de controle desenvolvido por você.

O cliente ainda observa que desta maneira o comissionamento/startup do sistema será mais rápido e assertivo.

Parabéns! Mais uma etapa alcançada.

Vamos para o próximo desafio!

Avançando na prática

Simulação de uma prensa

Descrição da situação-problema

Você é engenheiro na Prensas Reluhcs, empresa que fornece máquinas para as principais empresas de estamperia do mundo (veja um vídeo de uma aplicação em <https://www.youtube.com/watch?v=yga7qOZJO_8>. Acesso em: 23 out. 2017). E, depois de alguns anos, você se tornou o responsável pelo desenvolvimento do algoritmo de controle.

Você está trabalhando em um projeto de *retrofit* (reforma) de uma máquina da década de 1990. Para isso, vai precisar refazer todo o software. Afinal, a automação será toda modernizada. Logo, seu supervisor lhe solicita um cronograma de trabalho e de atividades para execução do processo para otimizar a tarefa e reduzir o tempo em *startup* e comissionamento.

O que você colocaria no seu cronograma de atividades?

Resolução da situação-problema

Você já trabalha há alguns anos com essas prensas e com uma metodologia de criação do software de controle que tem lhe atendido conforme descrito a seguir:

- 1) Visitar o cliente e entender como é o funcionamento da máquina/sistema.

- 2) Modelar o sistema em forma de RdP, utilizando um software de simulação.
- 3) Analisar as principais propriedades da RdP desenvolvida.
- 4) Apresentar para o cliente e colher sua validação.
- 5) Transcrever isomorficamente para Ladder.
- 6) Inserir no software do CLP.
- 7) Fazer o startup/comissionamento da máquina.

Você apresenta as atividades do cronograma para seu supervisor e aponta que as validações das etapas 3 e 4, juntamente com a transcrição isomórfica (em que você muda a linguagem de rede de Petri para Ladder sem mudar o funcionamento) da etapa 5, reduzirão os erros e retrabalhos da etapa 7.

Parabéns! Assim, seu supervisor pode aprovar seu cronograma e você pode iniciar as atividades.

Faça valer a pena

1. Foi observado que _____ é uma ferramenta para modelar o algoritmo do sistema de controle, ou o modelo comportamental de um sistema industrial. É evidente que, para sistemas com menor quantidade de entradas e saídas, fazer um programa em _____ de forma direta será mais simples. Entretanto, para sistemas com mais de 50 entradas, essa tarefa começa a se tornar complexa.

Assinale a alternativa que preencha as lacunas de forma correta.

- a) redes de Petri; portas lógicas
- b) redes de Petri; álgebra Booleana
- c) portas lógicas; Java
- d) redes de Petri; Ladder
- e) CLP; protoboard

2. O software PIPE é uma ferramenta que auxilia na construção dos modelos, mas não apenas isso. O grande objetivo dessa ferramenta computacional

é realizar a análise por simulação das propriedades dos modelos editados nesse ambiente, utilizando a interface gráfica e os recursos de análise disponíveis. Veja os ícones apresentados a seguir.

Figura 1.28 | Ícones para simulação dos modelos



Fonte: elaborada pelo autor.

Baseado nesse contexto, assinale a alternativa correta a respeito dos ícones para simulação dos modelos.

- a) O ícone em formato de raio escolhe uma transição possível qualquer para ser disparada.
- b) Não existe ícone associado ao número de disparos.
- c) O segundo e terceiro ícones dessa área permitem que você navegue antes da simulação.
- d) O primeiro ícone coloca em modo *Animation Mode* e não retorna ao modo de edição.
- e) O ícone em formato de raio dispara uma transição especificada pelo usuário.

3. No software PIPE, é possível verificar as propriedades de uma RdP a partir dos módulos de avaliação, do lado esquerdo da tela. Nesse contexto, você pode afirmar que:

- () Para criar o grafo de alcançabilidade, deve-se escolher *Reachability/Coberability Graph*.
- () Através do grafo de alcançabilidade, é possível deduzir se a rede é capaz de voltar ao estado inicial a partir de qualquer estado.
- () A verificação da propriedade segurança só é realizada em caso de sistemas críticos, como usinas nucleares e plataformas de óleo e gás.

Assinale a alternativa que atribui corretamente verdadeiro ou falso a cada uma das afirmativas.

- a) V-V-V.
- b) V-V-F.
- c) V-F-F.
- d) F-F-F.
- e) F-V-V.

Seção 1.3

Projeto de um sistema de controle sequencial

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção focaremos nosso estudo na aplicação do modelo estrutural em redes de Petri, modelagem comportamental utilizando redes de Petri, aplicação de simulação de modelos de Petri e codificação dos controladores.

Vamos retomar o contexto no qual uma empresa que envasa diversos tipos de shampoo solicitou uma melhoria na linha de produção AW37. Essa linha envasa 2 tipos de shampoo: um de 100 ml e um de 200 ml. O frasco menor possui largura de 30 mm e o maior, 50 mm. Para que a troca de produto seja realizada, a linha precisa ser parada e ajustada uma vez por dia. Essa operação é chamada de *setup* e demora uma hora. A máquina possui dois apoios laterais para manter os frascos na posição correta. Um apoio é fixo e um é móvel, ajustado manualmente durante o *setup*. O maior tempo do *setup* é para ajustar a lateral móvel do apoio dos frascos. Se a peça mecânica estiver menor que a largura especificada, ocorre atrito, diminuindo a velocidade da linha; se a largura for maior, o frasco sai da posição de envase.

Você é o engenheiro responsável pelo desenvolvimento do software do sistema de controle na empresa em que trabalha, Maetegne Engenharia, que vai fornecer uma melhoria para esse grande fabricante de shampoos.

Neste momento, você já decidiu qual ferramenta vai usar para projetar o modelo comportamental e decidiu como apresentá-lo para o cliente.

Agora, precisa projetar, validar e apresentar seu modelo comportamental. Como ficará seu modelo?

Dessa maneira, você estará apto a desenvolver projetos de sistemas de controle voltados aos sistemas industriais. Para conhecer

uma linha de envase, veja este vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=sNilgL_Nmn4> (acesso em: 24 out. 2017).

Tenha um excelente estudo!

Não pode faltar

1.3.1 Projeto de um sistema de controle sequencial

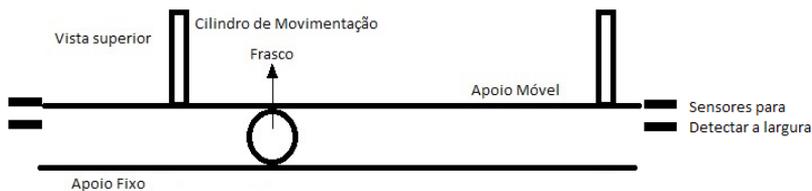
Parabéns! Com base no conceito de sistemas a eventos discretos, sistemas industriais e redes de Petri, você já possui as competências necessárias para criar um projeto de automação industrial. Agora, faz-se necessário agrupar todos os conceitos apresentados e criar o projeto de controle do início ao fim.

Nosso desafio será automatizar o *setup* em uma empresa que envasa shampoos, como visto na situação-problema.

1.3.2 Aplicação do modelo estrutural

Nossa aplicação possui dois atuadores (um em cada extremidade da lateral móvel) e quatro sensores para detectar a posição correta do apoio móvel. Esses atuadores são cilindros pneumáticos que movimentam o apoio móvel. Cada cilindro possui duas válvulas pneumáticas, uma para o avanço e uma para o recuo, que possuem um sinal para cada.

Figura 1.29 | Croqui da aplicação



Fonte: elaborada pelo autor.

O sistema também precisa de uma chave de escolha para decidir qual frasco vai ser envasado, um botão de inicialização, uma lâmpada

com a informação se o apoio está preparado para o frasco de 100 ml, uma lâmpada com a informação se o apoio está preparado para o frasco 200 ml, além do CLP como controlador.

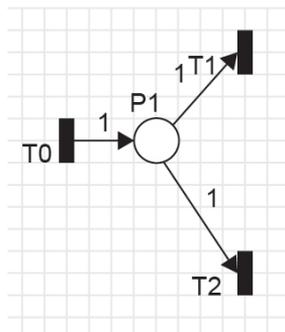
Portanto, nosso modelo estrutural, de acordo com Miyagi (2011), é:

- Elementos de processamento do controle: CLP.
- Elementos de comando: chave de escolha (Ch100, Ch200) e botão de inicialização (B).
- Elementos de monitoração: lâmpada de informação se o apoio está na posição (L100, L200).
- Elementos de atuação: avanço do cilindro da esquerda (AE), recuo do cilindro da esquerda (RE), avanço do cilindro da direita (AD) e recuo do cilindro da direita (RD).
- Elementos de sensoriamento: sensor de posição frasco 100 ml esquerda (SE100), sensor de posição frasco 200 ml esquerda (SE200), sensor de posição frasco 100 ml direita (SD100) e sensor de posição frasco 200 ml direita (SD200).

1.3.3 Modelagem comportamental utilizando redes de Petri

Nosso sistema precisa se movimentar caso alguém acione o botão de início (B), que será representado, então, como uma transição (T0) no início. Depois, precisamos nos preocupar em que posição a chave está, então representaremos com duas transições (T1 e T2) de acordo com a posição da chave (Ch100 e Ch200). Veja na Figura 1.30 essa representação.

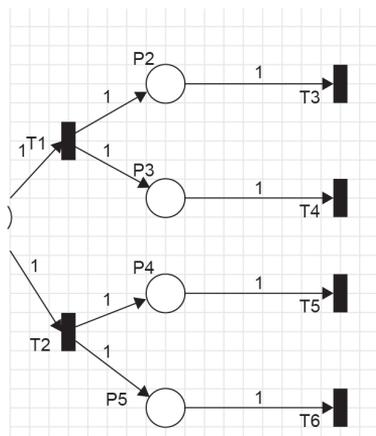
Figura 1.30 | Rede de Petri do botão de início e da chave seletora



Fonte: elaborada pelo autor.

Depois que o botão foi apertado, se o frasco de 200 ml foi escolhido, o cilindro esquerdo e o cilindro direito devem avançar (AE e AD), que são representados respectivamente pelos lugares P4 e P5. Então, conforme Figura 1.31, quando houver uma marca em P4, o cilindro esquerdo (AE) estará avançando. Se o frasco de 100 ml for escolhido, os cilindros devem recuar (RE e RD) e podem ser vistos os lugares P2 e P3. Observe a figura.

Figura 1.31 | Rede de Petri do avanço e recuo dos cilindros



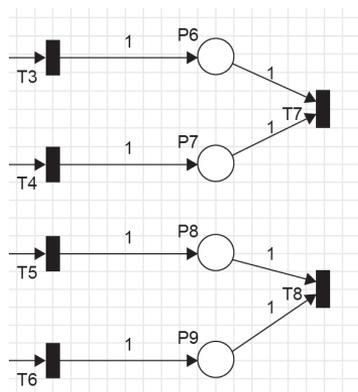
Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1.31 também representa os sensores da esquerda e direita para frascos de 100 ml e 200 ml (SE100, SD100, SE200 e SD200), que são, respectivamente, as transições T3, T4, T5 e T6. Dessa forma, o cilindro esquerdo vai avançar (AE, P4) e, quando ele alcançar T5, vai para outro lugar, e a válvula AD será desligada, parando o cilindro.

Aqui, para efeitos didáticos, assumimos que o apoio não pode avançar mais que o máximo, nem recuar abaixo do mínimo. Mas, se pudessem ocorrer tais eventos, algumas modificações na rede de Petri poderiam resolver os desafios.

Agora, precisamos saber quando o cilindro da direita e o cilindro da esquerda param. Para isso, criamos um lugar para representar cada uma das situações e colocamos uma transição que será acionada automaticamente quando ambos tiverem a marcação, como pode ser visto na Figura 1.32.

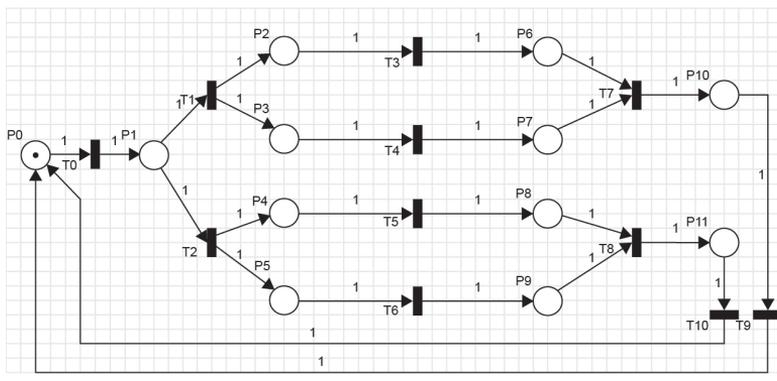
Figura 1.32 | Rede de Petri do sistema completo



Fonte: elaborada pelo autor.

Para finalizar, criamos lugares que representarão as lâmpadas que informam que o apoio está ajustado para os frascos de 100 ml (L100, P9) ou 200 ml (L200, P10). E disponibilizamos para que seja feito um novo início para o próximo *setup* da máquina. Na Figura 1.33 podemos ver o sistema completo.

Figura 1.33 | Rede de Petri do fim do movimento



Fonte: elaborada pelo autor.

Para que as lâmpadas fiquem acesas até que seja apertado novamente o botão inicial (B), L100 será ligado quando a marca estiver em P10 e L200 será ligado quando estiver em P11. Essas lâmpadas só serão desligadas depois que o botão inicial B for apertado, como veremos na codificação para o CLP.



Se você estiver com dificuldade de criar as redes de Petri, conheça a técnica PFS/MFG, pesquisada na POLI/USP, em: <<http://abcm.org.br/anais/conem/2000/AC9284.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017 (GUSTIN, 2000).

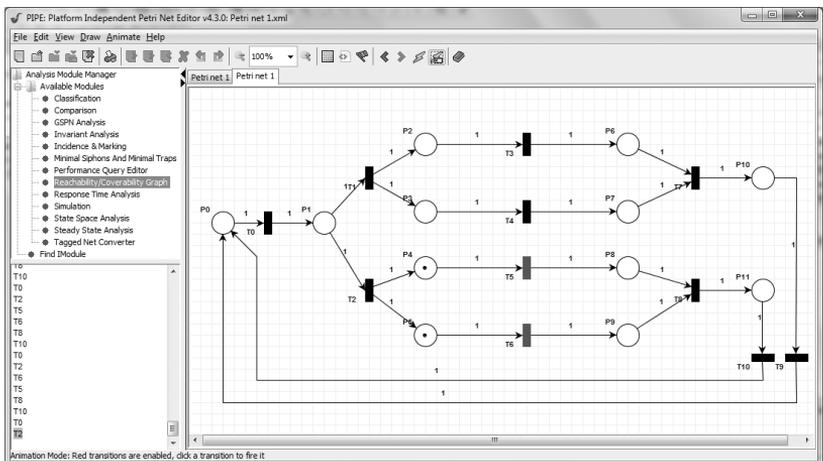
1.3.4 Aplicação de simulação de modelos de Petri

Talvez, a etapa na qual uma pessoa que pensa como um engenheiro mais se destaca é na simulação e nas validações intermediárias. Nós tendemos a fazer as atividades sem um método, mas um engenheiro deve pensar utilizando um método. Isso fará o engenheiro aumentar a confiabilidade e qualidade da atividade e vai fazê-lo ganhar mais tempo.

Simular e analisar as propriedades das RdP desenvolvidas será primordial para você.

A primeira etapa é, sem dúvida, transcrever a rede criada no PIPE e fazer uma simulação. Veja na Figura 1.34 a rede de Petri desenvolvida e simulada depois de 500 disparos de transições.

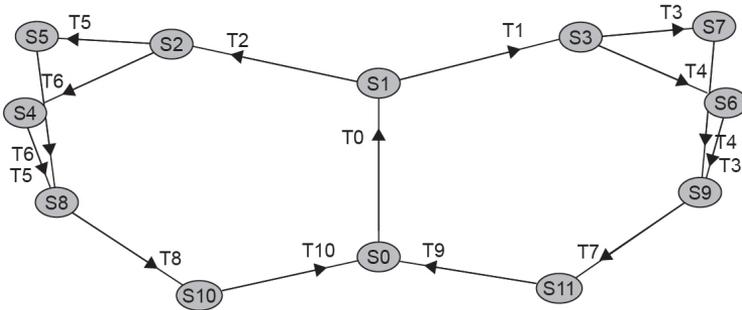
Figura 1.34 | Simulação da rede de Petri criada



Fonte: elaborada pelo autor.

Veja que não ocorreram *deadlocks*, mesmo depois de 500 disparos de transições. Outra grande vantagem do PIPE é poder calcular o grafo de alcançabilidade facilmente, analisando-se todos os estados. Veja o grafo na Figura 1.35.

Figura 1.35 | Grafo da alcançabilidade



Fonte: elaborada pelo autor.

Analisando-se o grafo, podemos concluir se a rede é alcançável. Vimos na Seção 1.1 que uma rede é dita alcançável quando todos seus estados são alcançáveis a partir de qualquer estado. Logo, a rede que desenvolvemos é uma rede alcançável.

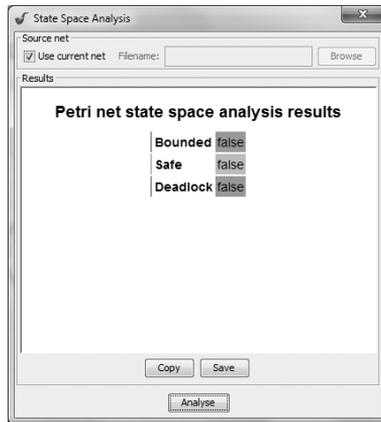


Refleta

Nós também estudamos que uma importante propriedade das RdP é a reiniciabilidade. A rede de Petri criada na Figura 1.33 é reiniciável? Se não, como você pode torná-la reiniciável? Se sim, por quê?

O PIPE também pode informar se a rede é segura também. A rede é dita segura quando todos seus lugares não podem possuir mais que uma marca ao mesmo tempo. Conforme a Figura 1.36, o PIPE analisa a RdP e mostra que a rede é segura. True no campo *safe*, ou seja, verdadeiro no campo *segurança*. Na figura, ainda podemos ver que a RdP não possui *deadlocks*.

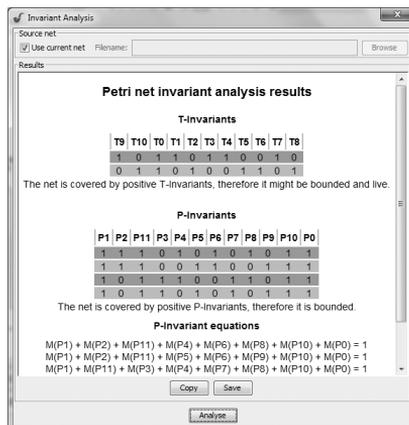
Figura 1.36 | Análise de segurança e *deadlock* pelo PIPE



Fonte: elaborada pelo autor.

O PIPE no módulo *Invariant Analysis* também possibilita conferir a vivacidade da rede. Conforme visto na Seção 1.1, uma rede é viva se existe uma marcação inicial para a qual todas as suas transições são vivas. E uma transição é viva se ela puder, a partir de qualquer estado, ser disparada pelo menos uma vez. Na Figura 1.37, o software analisa cada uma das transições e diz que a rede *might be live*, ou seja, “a rede provavelmente é viva”. Juntando a informação de que a rede não possui *deadlocks*, a nossa rede é viva.

Figura 1.37 | Análise de uma rede de Petri do PIPE



Fonte: elaborada pelo autor.

1.3.5 Codificação dos controladores

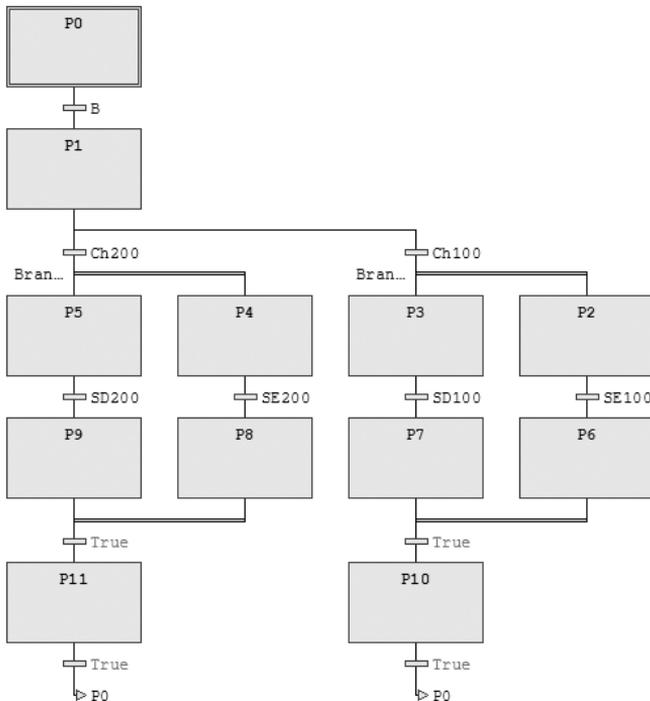
Agora, chegamos na última etapa, em que devemos transcrever o algoritmo de controle da rede de Petri (já validada) para as linguagens de programação aderentes à EN 61131-3. Como já fizemos em Ladder na Seção 1.1, vamos usar outra linguagem estudada em Informática industrial I, o Sequential Function Chart (SFC).



Assimile

Um programa em SFC é formado por *steps*, transições e arcos orientados e ações, com uma estrutura parecida com a rede de Petri e facilitando a transcrição. Na Figura 1.38, foi feita uma transcrição (ainda sem as ações). Para facilitar seu entendimento, os nomes dos *steps* foram trocados para os mesmos nomes dos lugares da RdP representada na Figura 1.33. Veja como a Figura 1.38 e a Figura 1.33 são parecidas.

Figura 1.38 | Transcrição da RdP desenvolvida em SFC

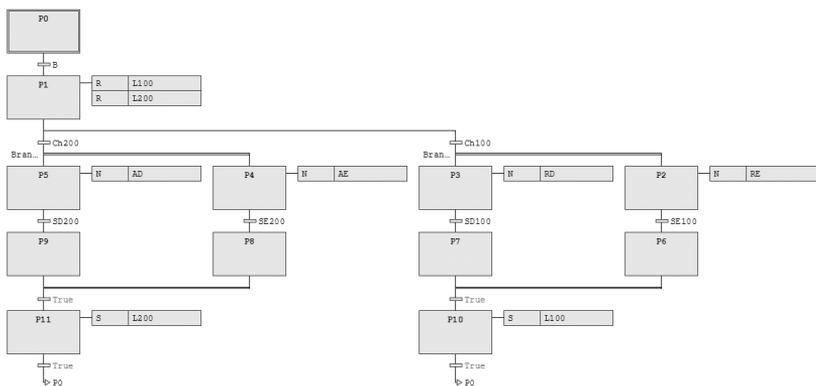


Fonte: elaborada pelo autor.

Na Figura 1.38, as transições já foram modificadas para sensores (botões, chaves, sensores etc.) reais, como B, Ch100 e SD200, ou *True*, para os casos que a marca passará direto pela transição.

Na Figura 1.39, foram acrescentadas as ações. Por exemplo, em P2, como dito anteriormente, deve-se recuar o cilindro esquerdo. Para isso, devemos ligar a válvula RE. O qualificador “N” indica que, enquanto a marca estiver no step (neste caso P2), a saída indicada (nesse caso, RE), deve estar ligada. Ou seja, a partir do momento que a marca estiver em P2 até a transição seguinte (SE100), a válvula RE estará ligada. Quando o apoio alcançar SE100, a transição será acionada, a marca irá para P6 e a válvula RE será desligada, parando o cilindro e o apoio no local indicado pelo sensor SE100. Processos parecidos acontecem em P3, P4 e P5.

Figura 1.39 | SFC com as respectivas ações



Fonte: elaborada pelo autor.



Exemplificando

Em P10 e P11, o qualificador S é usado. Esse qualificador liga uma saída que só é desligada quando o qualificador R for usado na mesma saída. Então, quando a marca estiver em P11, a lâmpada L200 se acenderá e só se apagará quando o botão B for apertado novamente em P1.

Dessa forma, nesta seção, criamos o modelo comportamental do seu sistema industrial do início ao fim. É lógico que, ao verificar as propriedades, você vai encontrar falhas em sua rede de Petri e precisará

corrigi-las, e esse processo (que pode ocorrer várias vezes) não foi representado aqui, mas é para isso que as validações servem: conferir nosso trabalho o quanto antes para economizar as correções.

Sem medo de errar

Você é o engenheiro responsável pelo desenvolvimento do software do sistema de controle na empresa em que trabalha, Maetegne Engenharia, que vai fornecer uma melhoria para um grande fabricante de shampoos. Neste momento, você já decidiu qual ferramenta vai usar para projetar o modelo comportamental e decidiu como apresentá-la ao cliente. Agora, precisa projetar, validar e apresentar seu modelo comportamental.

Nesta seção, você conseguiu projetar o algoritmo do sistema de controle usando redes de Petri, uma ferramenta muito utilizada para o modelo comportamental de sistemas a eventos discretos.

Você também conseguiu validar o funcionamento do seu algoritmo, antes mesmo de colocar o software no programa do CLP. E, por fim, você conseguiu transcrever a RdP criada na linguagem de programação SFC.

Você faz o download no CLP e tudo funciona perfeitamente. Houve economia de tempo na fase final da montagem do dispositivo (fase em que o software é testado na máquina) e no *startup*/posta em marcha (fase em que a máquina é colocada para funcionar no cliente), porque o software já estava pronto quando os trabalhos foram iniciados e porque não houve erros de lógica. Tudo isso foi importante, e você recebeu reconhecimento de seu diretor.

Parabéns! Você está apto a desenvolver projetos de sistemas de controle voltados aos sistemas industriais e conseguiu atender seu cliente.

Algoritmo de solda manual

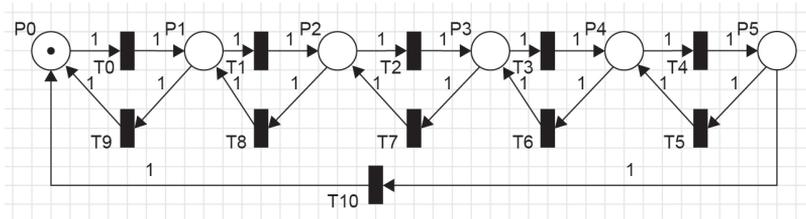
Descrição da situação-problema

Depois de desenvolver o projeto do sistema de controle do apoio móvel em uma envasadora de shampoos, você é designado para desenvolver o projeto do sistema de controle de uma célula de solda em um fabricante de caminhões chamado Relmiad. O dispositivo possui pinças que travam a peça para que um operador solde manualmente conforme o projeto. O operador coloca a peça no local, aperta o botão B1 e a primeira pinça (Ligar P1) fecha, aperta o botão B1 novamente até que todas as cinco pinças estejam fechadas. Se uma pinça estiver errada, o operador pode apertar o B2 para soltar a última pinça fechada. Como ficará o código do CLP em linguagem SFC?

Resolução da situação-problema

Primeiramente, você deve construir uma rede de Petri capaz de atingir o objetivo. Como você já conhece a técnica, faz rapidamente o diagrama da Figura 1.40. O Lugar P0 representa o dispositivo com todas as pinças abertas. P1, apenas a Pinça 1 fechada; P2, as duas primeiras, e assim até P5. As transições T0, T1, T2, T3 e T4 são disparadas pelo botão B e as transições T5, T6, T7, T8 e T9 são disparadas pelo botão B2.

Figura 1.40 | Rede de Petri de uma célula de solda manual



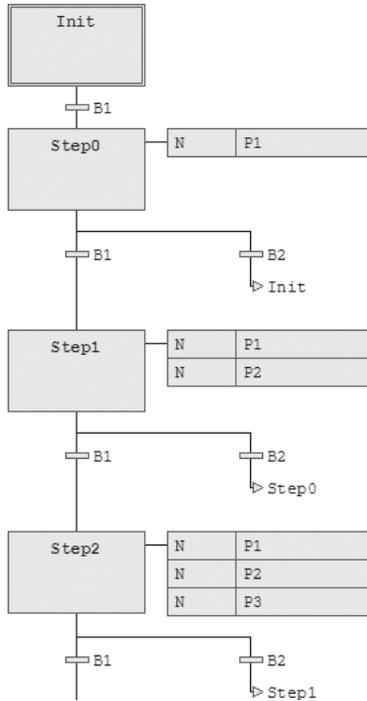
Fonte: elaborada pelo autor.

Você verifica as propriedades e descobre que a rede criada é alcançável, reiniciável, segura e viva.

Por fim, você transcreve a rede de Petri em uma linguagem aprovada pela norma IEC 61131-3, SFC. No início, na Figura 1.41, não foi colocado

o código todo e não foram nomeados os lugares como na rede de Petri porque você já deve ter compreendido o método.

Figura 1.41 | Código para CLP em SFC da rede de Petri desenvolvida



Fonte: elaborada pelo autor.

Agora só falta você fazer o download no CLP e testar a máquina. Parabéns! Você venceu mais este desafio.

Faça valer a pena

1. Para você desenvolver um projeto de sistema de controle, é importante seguir uma determinada sequência/metodologia. Essa sequência vai aumentar a qualidade do seu projeto, diminuir o tempo de montagem e de comissionamento/*startup*. Observe as etapas a seguir:

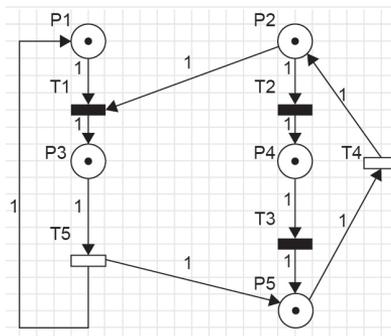
- I. Desenvolver o modelo comportamental em redes de Petri.
- II. Transcrever para o código do CLP.
- III. Desenvolver o modelo estrutural.
- IV. Simular e analisar as propriedades e da RdP.

Assinale a alternativa que contém a ordem correta em que o projeto deve ser executado:

- a) I, II, III, IV.
- b) III, I, IV, II.
- c) I, IV, II, III.
- d) III, I, II, IV.
- e) III, II, I, IV.

2. Simular e analisar as propriedades de uma rede de Petri e criar validações intermediárias são etapas importantes para o processo de desenvolvimento do algoritmo de controle de um sistema industrial. Analise a rede de Petri da Figura 1.42.

Figura 1.42 | Rede de Petri



Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com a figura, podemos dizer que:

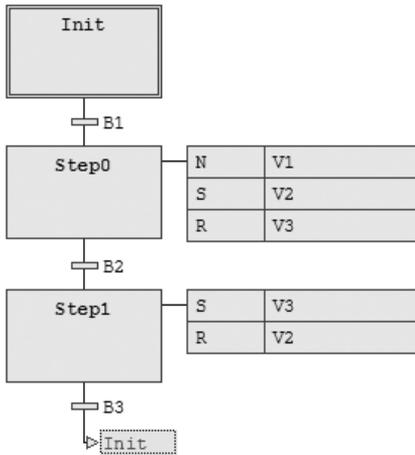
- A rede da figura é alcançável.
- A rede da figura é segura.
- A rede da figura é reiniciável.
- A rede da figura possui *deadlocks*.

Atribua verdadeiro (V) ou falso (F) às afirmações e assinale a alternativa correta.

- a) V-F-V-V.
- b) V-V-V-F.
- c) V-F-V-F.
- d) F-F-V-F.
- e) F-F-F-V.

3. O algoritmo de controle da Figura 1.43 só possui 3 steps e 3 transições. No modelo estrutural, existem pelo menos 3 botões (B1, B2 e B3) e 3 válvulas (V1, V2 e V3).

Figura 1.43 | Código do CLP em SFC



Fonte: elaborada pelo autor.

Assinale a alternativa que contém a ordem correta em que as válvulas vão ligar e desligar.

- a) V1 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3; V2 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3; e V3 vai ligar depois que apertar B2 e desligar depois que apertar B1.
- b) V1 vai ligar depois que apertar B3 e desligar depois que apertar B1; V2 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3; V3 vai ligar depois que apertar B3 e desligar depois que apertar B1.
- c) V1 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B2; V2 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3; V3 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3.
- d) V1 vai ligar depois que apertar B2 e desligar depois que apertar B2; V2 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B3; V3 vai ligar depois que apertar B2 e desligar depois que apertar B1.
- e) V1 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B2; V2 vai ligar depois que apertar B1 e desligar depois que apertar B2; V3 vai ligar depois que apertar B2 e desligar depois que apertar B1.

Referências

BIZARRIA, F. C. P. et al. Simulação por Redes de Petri da Automação do Sistema Misturador Planetário para Propelentes Sólidos. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010. **Anais**. Resende, 2010. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/23_Final_SEGeT10_RP.pdf>. Acesso em: 9 out. 2010.

GUSTIN, G.; MIYAGI, P.; SANTOS, D. Metodologia para a modelagem de sistemas de elevadores em edifícios inteligentes. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA – CONEM, 2000. **Anais**. Natal: UFRN, 2000. Disponível em: <<http://abcm.org.br/anais/conem/2000/AC9284.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

MIYAGI, P. E. **Controle programável**: fundamentos de controle a eventos discretos. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

Comunicação de dados

Convite ao estudo

Esta unidade tem como objetivo capacitar você para analisar redes industriais e poder integrar a comunicação entre os diferentes níveis de controle de um sistema produtivo.

De acordo com os conceitos associados à Pirâmide da Automação que você já teve a oportunidade de aprender, ficou clara a importância de um engenheiro ser capaz de estabelecer um sistema de comunicação que consiga integrar o sistema de planejamento de um sistema produtivo com o sistema de execução e programação dos processos, que, por sua vez, deve estar em constante comunicação com o sistema de supervisão e controle local dos processos produtivos que são realizados em chão de fábrica.

Sem essa verticalização do processo de comunicação entre diferentes instâncias de controle em um sistema produtivo, fica complicado a organização manter competitividade e ser capaz de cumprir prazos de compromissos que são estabelecidos com seus clientes de acordo com o que foi planejado. Portanto, a eficiência de um sistema produtivo depende fortemente de um sistema de comunicação que funcione de forma efetiva!

Na Seção 2.1 você vai aprender a respeito do projeto de redes de comunicação e terá inicialmente uma visão geral do uso de redes industriais de comunicação e dos conceitos fundamentais envolvidos no projeto dessas redes, e vai se aprofundar na questão de redes de campo e os protocolos de comunicação mais utilizados.

Na Seção 2.2 você vai ser capacitado a instalar redes de comunicação, considerando o meio físico, levando em consideração características associadas à configuração de redes, seu funcionamento e condições de aterramento.

Por sua vez, a Seção 2.3 irá considerar a questão de integração de redes de comunicação, de acordo com a Pirâmide da Automação. O ponto de partida será você aprender a entender quais são os requisitos de comunicação presentes em cada um dos níveis de controle. Uma vez entendidos os requisitos, você será capaz de realizar o diagnóstico dessas redes, e serão destacadas características importantes a respeito de diferentes aplicações de redes de comunicação industrial.

Nesse sentido, considere que você trabalha para a ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada em máquinas para movimentação de cereais em portos. Esses grãos chegam ao porto de trem, são descarregados em uma moega e, por meio de correias transportadoras, são armazenados em silos. Quando o navio aporta, os grãos são transportados em outras correias até o carregador de navios e finalmente depositados no navio. Sua empresa foi contratada para construir um novo silo. Você é responsável pela especificação e instalação elétrica dos dispositivos. Isso significa que sua equipe vai montar, testar (no seu galpão), desmontar, transportar, montar no cliente e testar novamente (essas duas últimas etapas são chamadas de Startup ou Comissionamento). Nesse sentido, como responsável pelo projeto, você foi solicitado a explicar: qual protocolo de comunicação você usará? Quais cuidados você tomará para garantir a robustez da rede industrial? Como você integrará a rede de comunicação da sua máquina com a rede de comunicação do cliente?

Dessa forma, você terá a oportunidade de desenvolver as competências necessárias para a criação de redes industriais em sistemas industriais para integração de diferentes níveis de controle, de acordo com a necessidade de cada sistema produtivo.

Bons estudos nesta nova etapa!

Seção 2.1

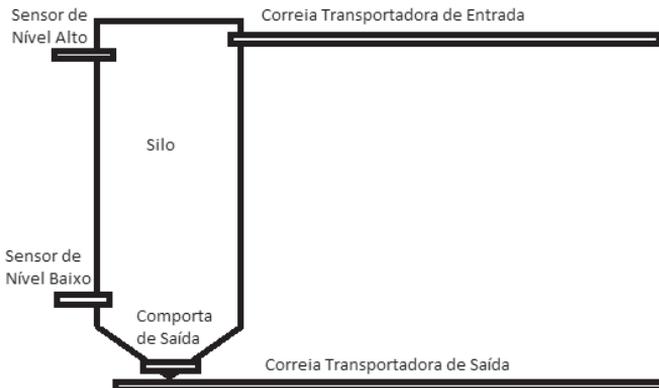
Projeto de redes de comunicação de dados

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção abordaremos um assunto que pode ajudar muito a produtividade na indústria, tanto para a montagem de equipamentos, quanto para a manutenção: redes industriais!

Logo, vamos imaginar que você trabalha para a ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada em máquinas para movimentação de cereais em portos. Esses grãos chegam ao porto de trem, são descarregados em uma moega e, por meio de correias transportadoras, são armazenados em silos. Quando o navio aporta, os grãos são transportados em outras correias até o carregador de navios e finalmente depositados no navio. Sua empresa foi contratada para construir um novo silo (veja o modelo estrutural na Figura 2.1). Você é responsável pela especificação e instalação elétrica dos dispositivos. Isso significa que sua equipe vai montar, testar (no seu galpão), desmontar, transportar, montar no cliente e testar novamente (essas duas últimas etapas são chamadas de *Startup* ou Comissionamento).

Figura 2.1 | Modelo estrutural do silo



Fonte: elaborada pelo autor.

Como responsável pela montagem e pelo comissionamento do silo em um importante porto de grãos, você foi solicitado a explicar: qual protocolo de comunicação você usará?

Bons estudos!

Não pode faltar

2.1.1 Uso de redes industriais para comunicação de dados

Você já conectou uma lâmpada a um interruptor em uma bancada? (LUGLI; SANTOS, 2009).

Considere o seguinte procedimento:

- Conectou 3 fios.
- Apertou 6 parafusos...
- Fácil, não é?

Talvez você não tenha demorado mais que alguns minutos. Agora, imagine-se instalando o mesmo interruptor e lâmpada em uma sala. Aqui existem outros desafios, não é?

Por exemplo:

- Se o conduíte não estiver na parede, é preciso cortar a parede.
- Se os cabos não estão passados, é preciso passá-los.
- Como os cabos estão escondidos, uma identificação dos cabos deixará o processo mais rápido e seguro, e por aí vai.

Essa analogia vale para explicar o maior benefício das redes de comunicação.

Por sua vez, você já instalou um sensor a um CLP na bancada?

Você precisaria de:

- Um cabo.
- Alguns parafusos.

- Conector...
- Fácil, não é?



Refleta

E para instalar vários sensores em uma máquina?

Nesse caso, você deveria dominar uma sistemática para:

- Se não tiver calha, vai ter que construí-la.
- Se não tiver o painel elétrico em que o CLP vai ficar, deverá montá-lo.
- Nesse painel, também haverá bornes (para facilitar a montagem e desmontagem), relés (para proteger as saídas), fonte de alimentação, etc.
- Quanto mais cabos, mais demorada será a montagem.
- Quanto mais cabos, mais complexa precisa ser a identificação, quanto mais cabos, mais chance de problema... e por aí vai.

Será que o procedimento seria fácil?

Essas analogias demonstram a importância de uma rede de comunicação em diferentes situações.

2.1.2 Conceitos envolvidos no projeto de redes

O conceito de instalação está associado a como você vai fazer sua máquina.

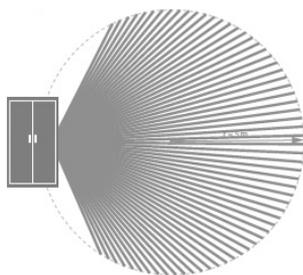
É um rascunho, com os principais componentes: CLP, sensores, atuadores e como estes devem estar ligados.

Com base no conceito de instalação é que o projeto será construído.

2.1.2.1 Instalação ponto a ponto

Neste conceito, todos os sensores estão ligados diretamente no painel. Veja na Figura 2.2 que cada sensor possui um cabo que vai até o painel (MURRELEKTRONIK, [s.d.]).

Figura 2.2 | Conceito de instalação ponto a ponto



Fonte: Murrelektronik (s.d.), p. 5).



Assimile

Instalação ponto a ponto

Dentro do painel presente em instalações desse tipo, deve-se instalar disjuntor de entrada, fonte de alimentação, o próprio CLP, bornes, relés, etc. Isso só falando dos produtos que devem ser instalados para suportar os sensores de campo, ainda sem falar dos acessórios para motores (contatores, inversores, partidas), de segurança (relés de segurança, CLP de segurança, etc.) de interface (botões, IHM, tomadas).

Nesse tipo de instalação, o cabo de sensor precisa ter o comprimento da distância entre o sensor e o painel. Na prática, isso significa mais de 10 m para um centro de usinagem e mais de 300 m para um transportador de minérios. O comprimento do cabo, além de aumentar a montagem e o comissionamento/startup da máquina/planta, atrapalha a manutenção, uma vez que encontrar falhas e corrigi-las em um cabo de 10 m é mais demorado (para montar e trocar) do que um cabo de 1 m.

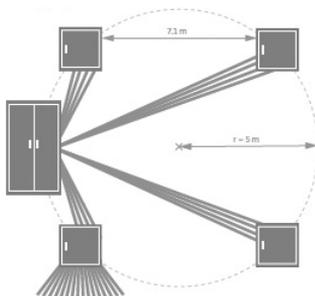
A vantagem desse conceito é a flexibilidade, simplicidade e a grande quantidade de aplicações existentes (LUGLI; SANTOS, 2009).

2.1.2.2 Instalação via caixa de passagem

E se ao invés de levar o cabo do sensor direto para o painel central (onde está o CLP) levássemos até uma caixa intermediária e, a partir dela, levássemos um único cabo de rede (ou cabos multivias) até o painel central?

Esse conceito de instalação é muito usado e é chamado de caixa de passagem. Veja na Figura 2.3 um esquema desse conceito (MURRELEKTRONIK, [s.d.]).

Figura 2.3 | Conceito de instalação caixa de passagem



Fonte: Murrelektronik ([s.d.], p. 5).

O conceito Caixa de Passagem sem rede industrial pode usar mais um cabo entre as caixas intermediárias e o painel elétrico, mas já provoca uma grande facilidade de montagem e de manutenção. A aplicação com módulos de rede industrial dentro das caixas intermediárias diminui drasticamente a quantidade de ligações, elimina muitos bornes e relés, além de diminuir o painel central.

A única dificuldade que esses módulos trazem é a montagem em uma caixa. Essas caixas precisam ser instaladas em locais acessíveis, precisam ser bem protegidas e, por isso, a passagem de cabos e conectores deve ser sempre bem planejada.

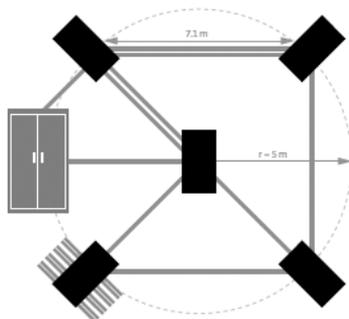
2.1.2.3 Instalação via módulos IP67

Mas e se não precisássemos de caixas? E se esses módulos pudessem ser instalados ao lado dos sensores, válvulas, motores, na própria carcaça da máquina? A montagem seria bem mais fácil, não seria?

Esse conceito de instalação pode ser chamado de “Módulos IP67”.

Os módulos que dão nome a esse conceito são normalmente resinados e possuem grande robustez contra choque, vibração e líquidos refrigerantes. Sua montagem normalmente é feita através de conectores e eles são parafusados na máquina (MURRELEKTRONIK, [s.d.]). Veja um esquema desse conceito na Figura 2.4.

Figura 2.4 | Conceito de instalação Módulos IP67



Fonte: Murrelektronik (l.s.d.), p. 5).



Pesquise mais

O índice de proteção (IP) é muito usado na indústria para classificar onde os produtos podem ser usados e como eles são protegidos. Produtos IP20 são protegidos contra dedos, mas não contra chave de fenda. Produtos IP67 são protegidos contra poeiras, contra jatos d'água e até a uma pequena submersão por um curto espaço de tempo. Veja mais em:

TAG Archives: Grau de Proteção. 2017. Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/tag/grau-de-protecao/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

2.1.3 Redes de campo para comunicação de dados

Assim que os primeiros fabricantes de CLPs viram a necessidade de redes industriais, uma série de redes proprietárias foram projetadas. Visando à interoperabilidade e flexibilidade de operação, normas foram criadas para definir protocolos abertos de redes (LUGLI; SANTOS, 2009).

Para a correta especificação de uma rede de campo, deve-se observar os seguintes pontos:

- Quais áreas envolvidas?
- Quais distâncias entre módulos e CLP?
- Qual será o nível de centralização/distribuição da rede?
- Quais são as condições ambientais? (Existe poeira no ambiente?)

Óleo? Qual a temperatura? Campo magnético? Cabos de alta potência? O ambiente possui alguma classificação de área explosiva? Etc.).

- Os colaboradores estão familiarizados com essa tecnologia?
- Qual a velocidade de comunicação de dados necessária?
- Quais normas devem ser observadas?
- Qual o nível de redundância necessário?
- Quais serão as informações transportadas (sinais digitais, analógicos, segurança, dados de banco de dados, dados de imagens etc.)?
- Qual a topologia?



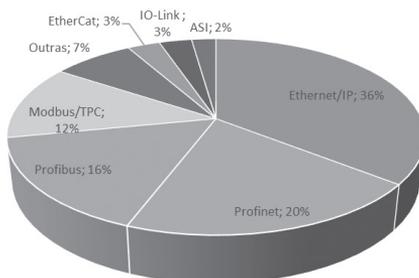
Exemplificando

Qual rede industrial você especificaria para um CLP Compact Logix L32 da Rockwell? Sem ter outras informações, você olharia as redes industriais disponíveis no CLP usado e escolheria a mais moderna. No caso da L32, seria Ethernet/IP.

2.1.4 Protocolos de comunicação de dados mais usados

Veja na Figura 2.5 que as redes mais usadas na indústria brasileira são Ethernet/IP (36%), Profinet (20%), Profibus DP, Modbus/TCP, EtherCat, IO-Link, ASi. Ainda existem outras redes disponíveis no mercado, como DeviceNet, ControlNet, Modbus RTU, CANopen, PowerLink, Varan, Sercos III, Profibus PA, Profibus FMS, entre outras.

Figura 2.5 | Distribuição das redes industriais no Brasil em 2017



Fonte: Murrelektronik ([s.d.], 2017).

A maioria dessas redes são redes abertas, ou seja, qualquer fabricante interessado pode projetar um módulo para comunicar, mas aqui não será possível falar de todas, por isso vamos priorizar as redes de comunicação mais usadas (MURRELEKTRONIK, [2017]).

2.1.4.1 Ethernet/IP

Figura 2.6 | Logo Ethernet/IP



Fonte: <<https://www.odva.org>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Ethernet/IP (Industrial Process) é um protocolo baseado em Ethernet. Foi desenvolvido pela ODVA.org (disponível em: <<https://www.odva.org/>>; acesso em: 18 nov. 2017) e é uma rede muito incentivada pela Rockwell Automation, um dos maiores fabricantes de CLP.

Seus desenvolvedores identificaram no início dos anos 2000 que o protocolo Ethernet seria usado na indústria e, se eles saíssem na frente, mesmo com algumas pendências, poderiam ser os líderes do mercado. Então aplicaram o protocolo CIP (Common Industrial Protocol, também usado em DeviceNet e ControlNet) ao padrão Ethernet e resolveram o problema de determinismo do Ethernet usando switches entres os nós de rede e lançaram rapidamente sua solução.

Hoje o protocolo possui solução para segurança de máquinas e pessoas, para gerenciamento de energia, para movimentos e para segurança da informação.

As dificuldades do DeviceNet também ajudaram na rápida adoção do Ethernet/IP, que possui diversos benefícios em relação a sua antecessora (MURRELEKTRONIK, [s.d.]).

2.1.4.2 Profinet

Figura 2.7 | Logo Profinet



Fonte: <<http://us.profinet.com/technology/profinet/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

O Profinet é o herdeiro do legado do Profibus, e este é o primeiro ano, que o Profinet abre vantagem em relação ao Profibus DP. O Profinet foi desenvolvido e é promovido pela Associação Profibus (disponível em: <<http://www.profibus.org.br/>>; acesso em: 18 nov. 2017), que tem ao lado da alemã Siemens outro grande player no segmento de CLPs, seu maior incentivador.

O Protocolo Profinet pode trabalhar em 3 modos diferentes TCP/IP, RT e IRT. Dados com alta prioridade, como controle de movimento, controle de posição, etc., devem ser transmitidos em Profinet IRT, em que o tempo de ciclo é menor que 1 ms. Dados de IO e diagnósticos são transmitidos pelo Profinet RT em até 10 ms. Já o Profinet TCP/IP possui tempo de ciclo de até 100 ms e são usados para os outros dados com menor prioridade. Os dados em TCP/IP, RT e IRT são transmitidos todos ao mesmo tempo (LUGLI; SANTOS, 2009).

Ethernet/IP e Profinet (além de todos os outros protocolos Ethernet) possuem instalações parecidas. As duas se comunicam em 10/100 Mbps, possuem a mesma topologia, usam o mesmo tipo de cabo, os mesmos conectores, RJ45 para aplicações IP20 e M12, 4 pinos, padrão D (D-Coded) para aplicações IP67. Para aplicações com até 100 m, pode-se usar cobre e, para aplicações acima disso, deve-se usar fibra óptica. Os mesmos switches industriais podem ser usados. Ambas trabalham com redes virtuais.

Observa-se a diferença em alguns serviços. Se você quer usar redundância em uma rede Ethernet/IP, precisa de um *switch* com protocolo DLR (Device Level Ring); se for fazer isso no Profinet, vai precisar de um *switch* com MRP (Media Redundancy Protocol), MRPD (Media Redundancy for Planned Duplication) ou PRP (Parallel Redundancy Protocol). Se você fizer segurança em Profinet, vai precisar de um módulo com Profisafe; se estiver usando Ethernet/IP, precisará de um módulo com CIP Safety (LUGLI; SANTOS, 2009).

2.1.4.3 Profibus DP

Figura 2.8 | Logo Profibus



Fonte: <<https://www.anybus.com/technologies/fieldbus-serial/profibus>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Essa é a última das redes seriais. Ainda existem muitas aplicações com esse tipo de rede, mas, como vimos na pesquisa apresentada na Figura 2.4, aplicações novas já não usam tanto esse tipo de rede.

A velocidade do Profibus DP pode ser configurada entre 9,6Kb e 12Mbps, o comprimento da linha pode chegar até 1.200 m em cobre e até 15 km com fibra óptica – ponto para a rede mais experiente (LUGLI; SANTOS, 2009).

Em relação às redes Ethernet Industrial, o Profibus DP possui a limitação de 32 nós por segmento e o Profibus DP não foi desenvolvido para aplicações com uma grande quantidade de dados (banco de dados, Scada, MÊS, ERP, etc.). Mas, se imaginarmos outras características como diagnósticos disponíveis, montagem dos conectores, robustez contra ruídos eletromagnéticos, suporte a pontos digitais, analógicos e de controle de movimento, o Profibus empata com as redes mais novas (LUGLI; SANTOS, 2009).

2.1.4.4 Modbus TCP

O padrão Modbus TCP pode ser implementado em qualquer porta ethernet sem custo, o que faz dele uma rede muito usada e disponível em muitos equipamentos. Foi criada em 1979 pela Modicon (um dos pioneiros fabricantes de CLP) e hoje é usado por grandes fabricantes de CLP como Schneider, Altus, Omron, Eaton, etc. (LUGLI; SANTOS, 2009).

Sem medo de errar

Você trabalha para a ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada em máquinas para movimentação de cereais em portos. Esses grãos chegam ao porto de trem, são descarregados em

uma moega e, por meio de correias transportadoras, são armazenados em silos. Quando o navio aporta, os grãos são transportados em outras correias até o carregador de navios e finalmente depositados no navio. Sua empresa foi contratada para construir um novo silo. Você é responsável pela especificação e instalação elétrica dos dispositivos. Isso significa que sua equipe vai montar, testar (no seu galpão), desmontar, transportar, montar no cliente e testar novamente.

Você, então, é o gerente industrial responsável pela montagem e pelo comissionamento do silo em um importante porto de grãos. Agora, sua primeira atividade será especificar a rede de campo. Qual protocolo de comunicação você usará?

Você começa analisando os tipos de sinais com que vai trabalhar. Você terá sinais analógicos (nível e temperatura) e sinais digitais (sensores indutivos, válvulas, chaves, etc.) e motores nos transportadores. Verifica que é uma área grande e que as distâncias dos cabos serão próximas de 100 m. Como seu cliente trabalha com grãos (que normalmente são explosivos) você deve optar por colocar seus módulos em caixas apropriadas. Existe muita poeira no local.

Você verifica que a melhor topologia seria a de linhas a partir de um painel central e seu cliente quer fazer acesso ao CLP à distância. Verifica, ainda, que seu cliente utiliza CLP da Siemens e possui em sua planta Profibus e Profinet instalados.

Você decide usar o Profinet porque se trata de uma rede mais moderna, facilmente integrável com o CLP da Siemens e que vai facilitar o acesso à distância ao CLP.

Parabéns, você analisou e especificou a melhor rede industrial para seu cliente e já pode ir para a próxima etapa do projeto.

Avançando na prática

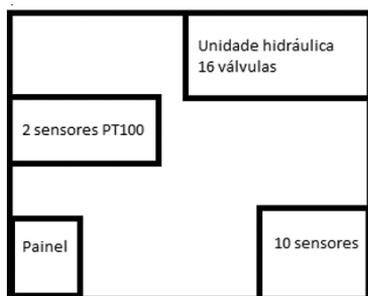
Qual o melhor conceito de instalação para um centro de usinagem?

Descrição da situação-problema

Vamos supor que você trabalhe na Imor Máquinas Ferramentas e precisa criar o conceito inicial para um novo centro de usinagem.

O centro de usinagem possui aproximadamente 10 m por 10 m, conforme a Figura 2.9. Possui 10 sensores indutivos, 2 PT100 e 16 válvulas hidráulicas. Os centros de usinagem são famosos por ter líquido refrigerante e cavaco quente, as unidades hidráulicas possuem óleo. Nessas condições agressivas, qual o conceito de instalação você escolheria?

Figura 2.9 | Início do Conceito de Instalação de um centro de usinagem



Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Você analisa as condições:

- Do ambiente – óleo, líquido refrigerante, cavaco quente.
- Distâncias entre módulos e CLP – 10 m, no pior caso 20 m (se não puder ser direto).
- Por se tratar de uma máquina, precisa atender a NR12 (Norma Regulamentadora nº 12), por isso segurança de máquinas e pessoas é importante.
- Sinais digitais, analógicos, segurança.

Se você usar o conceito de instalação ponto a ponto, vai usar 28 cabos de 8 m, na média.

Se usar o conceito de caixa de passagem com rede, vai usar apenas 3 cabos entre as caixas e o painel central, mas vai precisar construir as caixas e pode ter problemas com óleo e líquido refrigerante.

Então, você se decide por fazer uma topologia em estrela a partir do painel com módulos IP67 (por causa do óleo, líquido refrigerante, etc.), utilizando o conceito com módulos IP67.

Parabéns, você conseguiu mais uma vez aumentar a produtividade da empresa ao optar por uma solução que diminui o tempo de montagem.

Faça valer a pena

1. Para a correta especificação de uma rede de campo, devem ser observadas várias questões. Considere as afirmações a seguir a respeito de pontos que podem ser observados:

- I. As áreas envolvidas.
- II. As distâncias entre os módulos e CLP.
- III. O nível de centralização/distribuição da rede.

Assinale a alternativa correta, considerando as afirmações de I a III.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

2. Sobre os conceitos relacionados ao projeto de redes, mais especificamente sobre o modo de instalação baseado em caixa de passagem, avalie as afirmações a seguir atribuindo V (Verdadeiro) ou F (Falso) a cada uma delas:

- () Pode ser usado sem rede industrial.
- () Quando aplicado com módulos de rede industrial dentro das caixas intermediárias, diminui drasticamente a quantidade de ligações.
- () A montagem das caixas não apresenta dificuldades.

Assinale a alternativa que apresenta a ordem correta.

- a) V-V-V.
- b) V-V-F.
- c) V-F-V.
- d) F-V-V.
- e) F-F-F.

3. Quanto aos protocolos de redes de comunicação mais utilizados, observa-se que a maioria dessas redes são redes abertas, ou seja, qualquer

fabricante interessado pode projetar um módulo para estabelecer a comunicação desejada no ambiente industrial.

Assinale a alternativa correta a respeito dos protocolos mais utilizados atualmente.

- a) Ethernet/IP (Industrial Process) é um protocolo baseado em Ethernet, muito incentivada pela Rockwell Automation, um dos maiores fabricantes de CLP.
- b) O Profinet foi desenvolvido pela ODVA.org.
- c) Em relação às redes Ethernet Industrial, o Profibus DP não possui a limitação de 32 nós por segmento e foi desenvolvido para aplicações com uma grande quantidade de dados.
- d) O padrão Modbus TCP não pode ser implementado em qualquer porta ethernet sem custo, o que limita a sua disponibilidade em muitos equipamentos.
- e) O Protocolo Profinet só pode trabalhar em dois modos diferentes: TCP/IP e RT.

Seção 2.2

Conceitos de instalação de redes de comunicação

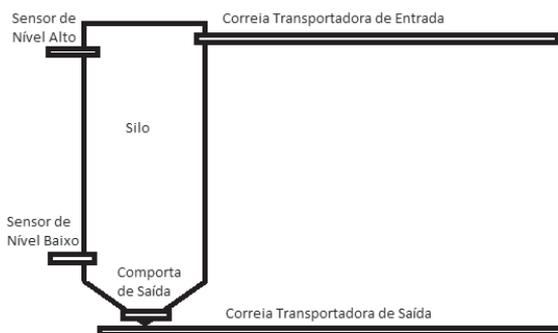
Diálogo aberto

A área industrial pode ser muito agressiva para uma rede de comunicação. A existência de ruído eletromagnético, grandes motores, muitos equipamentos, etc. exigem muito da rede de campo.

Retomando o nosso contexto, lembre-se de que, como gestor de automação, você precisa estar apto a ser responsável pela especificação e instalação elétrica de dispositivos que envolvem a montagem e o teste no fornecedor da tecnologia para posterior montagem e teste no cliente.

Considere uma aplicação prática para responder a essas questões, supondo que você trabalha para a ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada em máquinas para movimentação de cereais em portos. Esses grãos chegam ao porto de trem, onde são descarregados em uma moega e, através de correias transportadoras, são armazenados em silos. Após o navio aportar, os grãos são transportados através de outras correias transportadoras até o carregador de navios e, finalmente, depositados no navio. Sua empresa foi contratada para construir um silo novo (Figura 2.10).

Figura 2.10 | Modelo estrutural do silo



Fonte: elaborada pelo autor.

Como responsável por montar e comissionar um silo que a ASMT vendeu para um importante exportador de cereais brasileiro, você deverá garantir que a rede de comunicação funcione na área. Quais cuidados você tomaria para garantir a robustez da rede industrial?

Para responder a essa questão, serão abordados, nesta seção, procedimentos para você instalar redes de comunicação industriais, desde a definição do protocolo mais adequado para as suas necessidades até a execução de rotinas de configuração e de manutenção para identificação e diagnóstico de problemas nas redes, além de orientação para o devido aterramento para manter a robustez da rede.

Tenha um ótimo estudo e boa sorte!

Não pode faltar

Instalação de redes de comunicação e meio físico

Já vimos, na seção anterior, a necessidade de algumas redes industriais. Agora, vamos focar em como devemos instalar as redes de comunicação, iniciando pelas topologias.

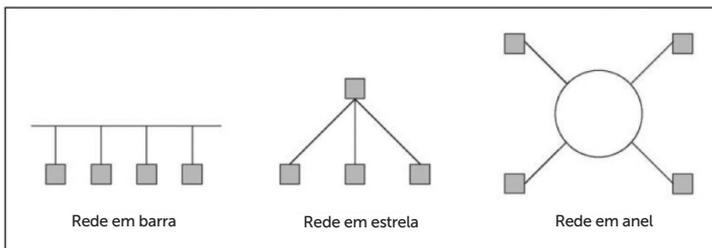
A topologia é a disposição construtiva em que os componentes estão conectados à rede. As topologias mais usadas são (MORAES; CASTRUCCI, 2010):

- Linha – Topologia em que os dispositivos são ligados um após o outro. Neste caso, se um componente for retirado da rede (quebra de cabo, desconexão, etc.), todo o restante do segmento também se desconecta da rede. A rede industrial Profibus DP utiliza essa topologia.
- Barramento – Todos os componentes são conectados a um mesmo barramento. DeviceNet e ASi são exemplos de redes que utilizam essa topologia.
- Anel – Em algumas aplicações, você precisa garantir o funcionamento mesmo com o rompimento de um cabo. Em

alguns casos, você pode utilizar a topologia, a qual, basicamente, é uma ligação em linha em que o último se conecta ao primeiro e os componentes estão preparados para transmitir as informações para o lado oposto, caso ocorra algum problema. Essa topologia é bem comum em redes com fibra ótica e redes com base Ethernet. Os switches ethernet, para poderem se comunicar em anel, precisam ser gerenciáveis e possuírem MRP, DLR ou outro serviço apropriado.

- Estrela – Quando você conecta o CLP em um switch e todos os módulos no mesmo switch estão fazendo uma ligação estrela. Esse tipo de ligação traz maior robustez à rede (afinal, se cair um nó, não interfere nos outros), mas se o switch apresentar alguma falha, é necessário parar todo o sistema para substituição.
- Híbridos – A topologia mais usada é a híbrida. Se você ligar o CLP em linha no switch e ligar os módulos em anel com esse mesmo switch, a topologia será híbrida; se você ligar uma parte do sistema em linha e a outra em estrela, a topologia será híbrida; se você fizer uma linha em cada um dos braços da estrela, será uma topologia híbrida, então, conheça as topologias e use a melhor para cada situação.

Figura 2.11 | Ilustração de diferentes topologias



Fonte: Alves (2017).

Outro ponto importante que se deve conhecer são os meios físicos disponíveis, que podem ser: cabo comum, cabo chato, par trançado e fibra ótica. Eles limitam distância, velocidade, entre outros parâmetros.



Características específicas dos meios físicos

- **Cabo comum** – Para usar cabos sem malha, a rede precisa ser muito robusta (para isso, a rede é lenta, ou usa uma tensão mais alta). Algumas aplicações da rede ASI e o IO-Link utilizam cabos comuns.
- **Cabo chato** – Rede ASI é muito conhecida pelo cabo chato. Esse cabo é usado para evitar erros de montagem e para facilitar a troca de lugar de um módulo, afinal, o cabo é autorregenerativo. A desvantagem fica por conta da proteção, pois esse cabo e esses módulos são IP65, se você precisar de uma proteção IP67, precisará usar cabos comuns.
- **Par trançado** – As redes Ethernet (Profinet, Ethernet/IP, Ethercat, Powerlink, Sercos III, etc.) utilizam cabos com pares trançados. A maioria utiliza o cabo de ethernet industrial com dois pares (10/100M), mas algumas já estão usando cabos Gigabit (4 pares).
- **Fibra ótica** – Em aplicações mais longas ou expostas a maiores índices de ruídos eletromagnéticos, é aconselhado o uso de fibra ótica. A velocidade e a imunidade contra ruído são suas principais vantagens. A demora na substituição (para fusionar o par de fibra ótica) e a falta de mão de obra especializada são os principais problemas. Para resolver o primeiro problema, muitas instalações colocam um par de fibra a mais. Então, se acontece algum problema, apenas substituem dos dois lados para o par reserva e colocam o sistema para funcionar. Existem também alguns cabos, chamados de POF (*Plastic Optic Fiber*), que possuem algumas vias em fibra ótica para a comunicação e algumas vias em cobre para a alimentação.

O componente de instalação que mais pode aumentar o tempo de montagem são os conectores. Dentre os principais conectores utilizados em redes de comunicação, têm-se: DB9; RJ45; 7/8; M12; M8 e conexão Vampiro.



Exemplificando

Caro aluno, em termos de uso de conectores, veja exemplos clássicos de utilização dos principais modelos:

- **DB9** – Muito usado para redes seriais (Profibus DP, Interbus, DeviceNet, CANopen, entre outras). Como sua proteção é IP20, só pode ser aplicado

dentro de painéis. Seu grande tamanho possibilitava colocar resistor de terminação e dip switches para outras configurações dentro dos conectores.

- **RJ45** – Herdado do mundo de TI, reina absoluto nas aplicações Ethernet dentro do painel. Ocorreram algumas tentativas de torná-lo IP67 (com grandes capas), mas sem muito sucesso.

- **7/8** – Conector redondo IP67, usado bastante em DeviceNet, mas que hoje só é usado para alimentação de módulos (não mais para comunicação).

- **M12** – Usado em DeviceNet (A-coded), Profibus, Interbus (B-coded) e Ethernet (D-coded), este conector IP67 redondo, com 12 mm de diâmetro de rosca, é o mais usado fora do painel. Algumas aplicações são com malha, outras sem, com pinagem de 2 a 6 polos, o conector M12 consegue ser flexível e robusto para trabalhar com praticamente todas as redes. As últimas versões (X-coded e Y-coded) já preveem potência no cabo ethernet (tecnologia POE).

- **M8** – O irmão mais novo do M12 é usado em algumas redes com comunicação, mas sua baixa capacidade de corrente limita um pouco as aplicações. Com a miniaturização dos equipamentos e redução do consumo de corrente, é uma grande tendência para os próximos anos.

- **Conexão Vampiro** – Dispositivos ASi são conectados diretamente nos cabos chatos. Mas, mais que isso: hoje, mais de 90% dos conectores de rede industriais, inclusive os mencionados acima, possuem conexão vampiro. Nesse tipo de conexão, você retira a capa principal e, ao contrário da conexão a parafuso, não precisa retirar a capa das vias internas do cabo. Além de aumentar a produtividade na hora da montagem, é mais robusto contra vibração e contra ruído eletromagnético.

Configuração de redes de comunicação

Para configurar uma rede, você pode aplicar o seguinte método:

- 1) Configurar cada um dos módulos.
- 2) Criar e configurar a rede no CLP mestre.
- 3) Adicionar os módulos na rede criada.

Configurar cada um dos módulos depende da rede que estiver sendo usada, do próprio fabricante e ainda do módulo. Por isso,

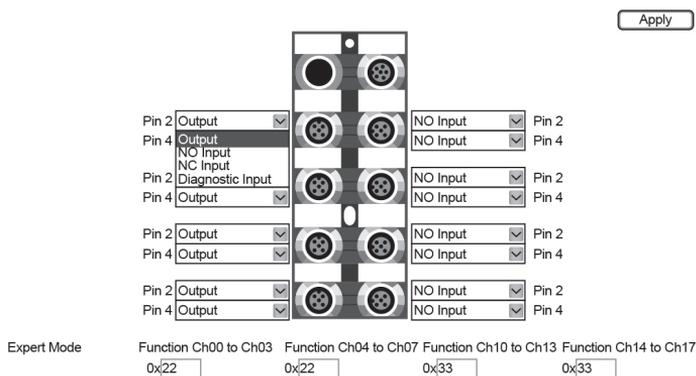
é muito importante olhar o manual da rede e do módulo para não esquecer de nada.

Nesta etapa, você precisa configurar o endereço, as funções de entrada/saída, o diagnóstico, entre outras características.

A configuração de endereço pode ser por dip switches/chaves rotativas (Profibus é um exemplo), por software (EtherNet/IP) ou por um hardware específico (ASi). Também existem os sistemas híbridos, no EtherCat, por exemplo, alguns fabricantes de controladores podem usar módulos em que o endereço é apenas por chaves, e outros fabricantes de controladores aceitam o endereço do módulo por chaves rotativas ou pelo software. No Ethernet/IP, também é comum que o endereço dos módulos, que é um endereço IP com 4 bytes, por exemplo, 192.168.100.6, seja feito através de software, em que os três primeiros bytes e apenas o último usam chaves rotativas.

Em alguns módulos, pode-se configurar as funções de entrada/saída. As opções disponíveis e a maneira como esta configuração é feita variam. A Figura 2.12 apresenta a tela de configuração da função de entrada/saída do webserver de um módulo IP67. Existem ainda módulos em que se pode configurar se a entrada analógica será 0..20mA, 4..20mA, 0..10V, 0..5V, -10..+10V, etc.

Figura 2.12 | Configuração da função de entrada/saída dos módulos



Fonte: Murrelektronik (2017).

A configuração da diagnose de cada um dos módulos também é possível. Mas você pode perguntar: se o diagnóstico ajuda a ganhar produtividade, por que eu preciso configurar? Não deveria apenas

colocar todas as informações e pronto? Bom, alguns recursos em automação são limitados. Algumas vezes, não temos memória suficiente disponível no CLP para armazenarmos todos os diagnósticos. Por isso, às vezes, precisamos desligar algumas diagnoses que não são usadas.

Alguns alarmes e diagnósticos disponíveis são alimentação do módulo, comunicação entre módulo e CLP, curto-circuito, quebra de cabo, acima da faixa (*overflow*), abaixo da faixa (*underflow*), entre outros.

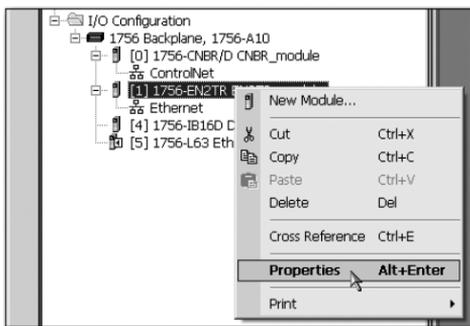
Alguns módulos possuem outras características configuráveis, por exemplo, conversão. Alguns sensores analógicos só informam para o CLP os valores de leitura, para 16 bits 0 a 65535. Já outros você pode configurar uma regra de 3 e o módulo para enviar para o CLP, a grandeza fluxo, temperatura etc.

A configuração das redes normalmente, ocorre no software do CLP mestre daquela rede. Por exemplo, se você precisa configurar uma rede Profinet que está em um CLP da Siemens, você vai usar o Step7 ou o Tia Portal (softwares da própria Siemens) para fazer essa configuração. Se você estiver usando uma rede Ethernet/IP em um CLP da Rockwell provavelmente, vai utilizar o Studio 5000, RSLogix5000, o RSNetworkx e o RSLinx (softwares da própria fabricante do CLP).

Configuração de uma rede Ethernet/IP com CLP da Rockwell no RSLogix, ou no Studio 5000

Para configurar a rede, clique com o botão direito no módulo Ethernet/IP/Propriedades, como mostra a Figura 2.13.

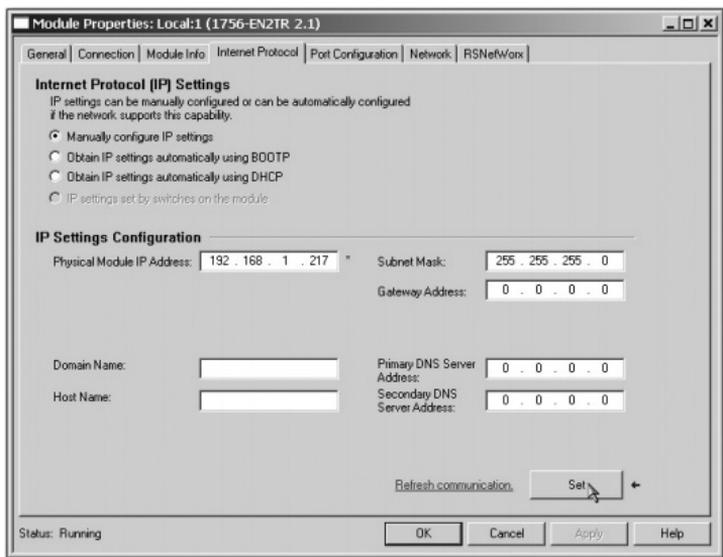
Figura 2.13 | Configuração do módulo Ethernet/IP



Fonte: Rockwell (2015).

Depois, como mostra a Figura 2.14, escolha o Endereço IP do módulo, como também a máscara de rede e o endereço do gateway, caso você queira trabalhar com outras redes.

Figura 2.14 | Configuração do protocolo



Fonte: Rockwell (2015).



Pesquise mais

Quando você usa topologia em anel, ou quando se faz necessário o uso de VPN ou Redes virtuais, deve-se também configurar o switch gerenciável. Veja, no link a seguir, quais switches da Rockwell possuem a função DLR (*Device-Level Ring*) e como configurá-los. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1783-um007_-en-p.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2017.

Funcionamento de redes de campo e a questão de aterramento

Cuidar do funcionamento de redes industriais envolve três tarefas: manutenção, diagnóstico e aterramento.

A manutenção é uma fase importante do ciclo de vida útil de uma máquina. Diversos indicadores de qualidade, como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), procuram melhorar a eficiência nessa fase.

O importante, aqui, é saber como ocorre uma manutenção mecânica e elétrica.

A) Falha mecânica

- 1) Ocorre a falha.
- 2) Operador identifica que a máquina não está operando corretamente.
- 3) Abre chamado da manutenção.
- 4) Quando o manutentor chega à máquina, vê rapidamente o problema (vibração, alguma coisa amassada, barulho etc.).
- 5) Manutentor fica horas corrigindo o problema mecânico.

B) Falha elétrica

- 1) Ocorre a falha.
- 2) Operador identifica que a máquina não está operando corretamente.
- 3) Abre chamado da manutenção.
- 4) Quando o manutentor elétrico chega à máquina, demora horas para encontrar o problema (mau contato, erro de lógica, ruído, etc.).
- 5) Manutentor fica minutos corrigindo a falha elétrica.

A falha elétrica é muito mais fácil de corrigir do que a falha mecânica, mas é muito mais complicada de ser encontrada. Por isso, os recursos de diagnósticos são tão importantes.

Quanto ao diagnóstico, um módulo de IO deve possuir a quantidade máxima de diagnósticos possível. Isso vai fazer o trabalho de manutenção ser mínimo e, por consequência, a produtividade da máquina ser maior. Os diagnósticos mais usados em módulos de redes industriais são:

- 1) Módulo fora da rede – Quando o módulo não é encontrado pelo CLP na rede.
- 2) Erro de configuração – Quando o módulo possui uma configuração no CLP e uma diferente no hardware.
- 3) Falta de alimentação – Quando a tensão de 24 VDC no módulo está desligada.

- 4) Curto-circuito – Quando um dos sensores ou atuadores conectados ao módulo está em curto.
- 5) Cabo rompido – Quando um cabo até os sensores está rompido.
- 6) Fora de faixa – Quando um sensor está apresentando medida fora da faixa especificada. Por exemplo, um sensor de 4 a 20 mA apresentando uma corrente de 2mA.

Diversos módulos possuem apenas diagnóstico de módulo (um dos sensores deste módulo está em curto-circuito). O uso deles deve ser evitado, para aumentar a produtividade do equipamento.

Por fim, a confiabilidade de um sistema produtivo que possui elementos de automação e controle tem como um de seus principais requisitos o aterramento em um único ponto. A norma NBR 5410 é uma norma brasileira que orienta a respeito do dimensionamento de sistemas de aterramento, os quais são responsáveis por efetuar a ligação de um sistema à terra para que se configure um circuito de baixa impedância para a passagem de correntes de descarga que poderiam causar danos aos seres humanos e aos equipamentos em operação. Desta forma, um sistema de aterramento voltado para redes de comunicação industrial deve minimamente: (i) permitir o controle de interferências eletromagnéticas indesejáveis; e (ii) garantir a segurança de operação dos dispositivos energizados. Um aterramento ineficiente pode provocar defeitos na rede de comunicação, erros de medição e até queima de dispositivos (LUGLI; SANTOS, 2009).



Refleta

Aterramentos indevidos são fontes inquestionáveis de mau funcionamento de redes industriais. Neste sentido, recomenda-se que deve existir um circuito terra exclusivo para instrumentação em sistemas de automação e controle.

Considerando o caso das redes DeviceNet, há um tipo de teste que deve ser feito para se verificar se há alguma incoerência no sistema de aterramento.

Que tipo de teste é esse?

Qual incoerência não pode ocorrer?

Você trabalha para a ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada em máquinas para movimentação de cereais em portos. Os grãos chegam ao porto de trem, são descarregados em uma moega e através de correias transportadoras w são armazenados em silos. Quando o navio aporta, através de outras correias transportadoras, os grãos são transportados até o carregador de navios e, finalmente, depositados no navio. Sua empresa foi contratada para construir um silo novo. Você é responsável pela especificação e instalação elétrica dos dispositivos, o que significa que sua equipe vai montar, testar (no seu galpão), desmontar, transportar, montar no cliente e testar novamente (as duas últimas partes são chamadas de Startup, ou Comissionamento). Você já decidiu qual protocolo de comunicação usar, então, agora, precisa colocar em um relatório para sua equipe quais cuidados ela deve tomar para garantir a robustez da rede industrial.

A área industrial é muito agressiva para uma rede de comunicação. A existência de ruído eletromagnético, grandes motores, muitos equipamentos, etc. exige muito da rede de campo. Como responsável por montar e comissionar um silo que a ASMT vendeu para um importante exportador de cereais brasileiro, você deverá garantir que a rede de comunicação funcione na área.

Você cria uma norma interna com a diretriz para especificação e instalação de redes de campo com as seguintes informações:

- 1) A topologia da rede, sempre que possível, deve ser em anel. Dessa maneira, será criada uma robustez na comunicação.
- 2) As redes utilizadas são Ethernet Industriais, com o objetivo de padronizar a instalação.
- 3) Os cabos utilizados serão cobre, para segmentos com menos de 100 m, e fibra ótica, para segmentos maiores.
- 4) Os conectores utilizados no campo serão M12 D-coded, para fora do painel, e RJ45 industrial, para dentro do painel.
- 5) A configuração dos módulos, bem como a configuração da Rede no CLP, devem ser feitas durante o projeto antes da montagem, para evitar distrações.

- 6) A adição dos módulos na rede deve ser feita durante a montagem da máquina, e não no Startup, ou Comissionamento.
- 7) Deve-se usar módulos com diagnóstico completo por canal.
- 8) O aterramento deve ser adequado e aderente às normas.

Parabéns, sua norma interna foi elogiada e ajudou a equipe a fazer um trabalho mais rápido de maior qualidade. dando tempo para todos perseguirem os próximos desafios.

Avançando na prática

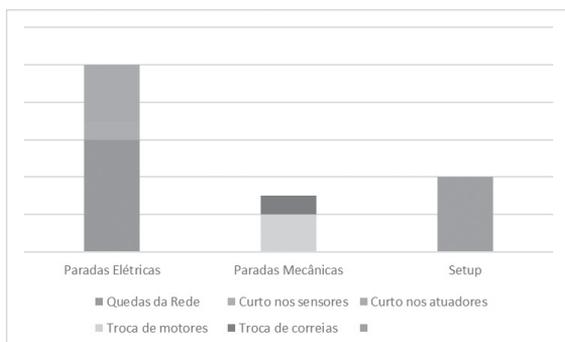
Melhorar o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) de uma máquina

Descrição da situação-problema

Você é responsável pela manutenção de uma máquina que faz chocolate na Eltsen. Seu gerente lhe passou o desafio de aumentar o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da máquina que você é responsável. Sua máquina possui OEE de 78%, divididos em 98% de performance (sua máquina produz praticamente a quantidade nominal), 99% de qualidade (1% dos produtos são reprovados pela qualidade) e 80% de disponibilidade (20% do tempo sua máquina fica parada).

Há alguns meses, você contratou um serviço que lhe permite saber as principais causas de paradas e recebeu os gráficos da Figura 2.15:

Figura 2.15 | Gráficos de indisponibilidade



Fonte: elaborada pelo autor.

Quais problemas você atacaria primeiro?

Resolução da situação-problema

Você analisa os gráficos e conclui que os maiores problemas estão nas quedas de rede e nos curtos-circuitos nos atuadores. Então, você faz um plano de ação com os seguintes pontos:

- 1) Melhorar diagnóstico da rede para saber o problema o mais rápido possível.
- 2) Aumento da robustez da rede (aterramento, outra topologia e estudo dos ruídos eletromagnéticos que podem estar interferindo).
- 3) Módulos que detectam curto-circuito das válvulas.
- 4) Estudo da vida útil das válvulas para possível troca em paradas preventivas, e não em paradas corretivas.

A Eltsen investe nas melhorias que você sugere e aumenta o OEE para 84%. Parabéns, trabalho bem feito!

Agora, você já pode começar o projeto para a próxima melhoria.

Faça valer a pena

1. O componente de instalação que mais pode aumentar o tempo de montagem são os conectores. Neste sentido, observe as afirmativas a seguir:

- I. DB9 – Muito usado para redes seriais.
- II. M12 – Usado em DeviceNet (A-coded), Profibus, Interbus (B-coded) e Ethernet (D-coded).
- III. Conexão Vampiro – Conector redondo IP67, usado bastante em DeviceNet.

Assinale a alternativa que atribui corretamente V (verdadeiro) ou F (falso) às afirmativas acima.

- a) V – V – V.
- b) F – V – V.

- c) F – F – V.
- d) V – V – F.
- e) F – V – F.

2. Para configurar uma rede, você precisará:

- 1) Configurar cada um dos módulos.
- 2) Criar e configurar a rede no CLP mestre.
- 3) Adicionar os módulos na rede criada.

Configurar cada um dos módulos dependendo da rede que estiver sendo usada, do próprio fabricante e ainda do módulo.

A configuração das redes normalmente ocorre no software do CLP mestre daquela rede. Assinale a alternativa que descreva uma aplicação correta.

- a) Para configurar uma rede Profinet em um CLP Siemens, você vai usar o Step7.
- b) Para configurar uma rede Ethernet/IP em um CLP da Rockwell, você vai usar o Step7.
- c) Para configurar uma rede Ethernet/IP em um CLP da Rockwell, você vai usar o Tia Portal.
- d) Para configurar uma rede Profinet em um CLP Siemens, você vai usar o Studio 5000.
- e) Para configurar uma rede Profinet em um CLP Siemens, você vai usar o RSLogix.

3. Um módulo de IO deve possuir a quantidade máxima de diagnósticos possível. Isso vai fazer o trabalho de manutenção ser mínimo e, por consequência, a produtividade da máquina será aprimorada. Avalie as afirmações a seguir a respeito das rotinas de diagnóstico:

- I. Erro de configuração – Quando o módulo possui uma configuração fora de faixa.
- II. Módulo fora da rede – Quando o módulo não é encontrado pelo usuário na rede.
- III. Curto-circuito – Quando um dos sensores ou atuadores conectados ao módulo está em curto.

De acordo com a sua avaliação, assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I está correta.
- b) Somente a afirmativa II está correta.
- c) Somente a afirmativa III está correta.

- d) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- e) Somente as afirmativas II e III estão corretas.

Seção 2.3

Integração de redes

Diálogo aberto

Em um sistema produtivo, é fundamental projetar-se redes de comunicação que possam integrar os diferentes níveis de controle compatíveis com o grau de automação presente na organização.

Como gestor de automação que atua na ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada, capaz de movimentar os grãos de tal forma que, quando o navio aporta, através de correias transportadoras, os grãos são transportados até o carregador de navios e finalmente depositados no navio.

Uma vez que sua empresa foi contratada para construir um novo silo, você já especificou o protocolo a ser usado, já montou a máquina tomando cuidados na instalação e agora, como Gerente Industrial, deverá colocar a máquina no cliente, e isso implica colocá-la se comunicando com outras máquinas do seu cliente.

Como você integraria a rede de comunicação da sua máquina com a rede de comunicação do cliente?

Para responder a essa questão, você aprenderá, nesta seção, a analisar a integração de diferentes redes industriais e quais são os requisitos de comunicação associados aos níveis de controle presentes no sistema.

Além disso, você conhecerá ferramentas disponíveis para que possa analisar o desempenho das redes de comunicação e diagnosticar possíveis problemas que possam ocorrer.

Por fim, você será orientado a respeito de como deve avaliar os casos de uso de redes de comunicação quanto à viabilidade de aplicação de redes industriais para solução de problemas de automação.

Com isso, você será capaz de realizar um projeto de análise de uma rede industrial e integrá-la em diferentes níveis de controle.

Bons estudos!

Integração de diferentes redes industriais

Já vimos anteriormente que existem diversas redes industriais, cada uma com uma vantagem, cada uma com uma característica diferente. Todas elas atendem aos requisitos mínimos e se sobressaem em alguma aplicação específica.

Conhecer todas as redes é impossível, por isso, é fácil imaginar que a maior parte das grandes empresas procura padronizar as suas redes industriais. Por exemplo, o padrão VASS, criado e exigido pela Volkswagen, Audi, Skoda e Seat, preconiza que a rede deve ser Profinet. Então, a Volkswagen em São Bernardo do Campo e em São Carlos só possuem a rede Profinet em suas plantas?

Infelizmente não, as máquinas mais antigas ainda possuem protocolos e padrões de suas épocas e, além disso, alguns equipamentos instalados mais recentemente, por alguma exceção, precisaram usar redes diferentes do padrão.

A pirâmide da automação, estudada em Informática Industrial I, também contribui para uso de diferentes redes (CASSIOLATO, 2017). Redes que transferem grande quantidade de dados (Gigabytes) com velocidade baixa (segundos) eram usadas no topo da pirâmide, e redes com alta velocidade (milissegundos), mas que transferiam poucos dados (bytes), eram usadas na base da pirâmide.

Mas como fazemos a informação fluir verticalmente na pirâmide? Como fazemos para que a informação da abertura de uma válvula em uma rede ASi (4ms/256bits) seja enviada para o ERP da empresa em uma rede Ethernet Gigabit? Ou como fazemos para que uma máquina antiga, com rede Profinet, troque dados com uma moderna máquina com Profinet? Para isso, precisamos integrar as redes!

Esta integração, normalmente, acontece através de gateways. Gateway é um equipamento que transfere dados entre duas redes. Se as duas redes forem mestre-escravo, o gateway será mestre em uma das redes e escravo na outra.



O equipamento apresentado na Figura 2.16 é um gateway que se comporta como mestre ASi 3.0 (SIEMENS, 2009), ou seja, pode possuir até 64 escravos, cada um com 4 entradas e 4 saídas. Esse equipamento também é um componente na rede Ethernet/IP, ou seja, possui IP e pode ser configurado para se comunicar com um CLP CompactLogix L32 da Rockwell.

Figura 2.16 | Gateway ASi / Ethernet/IP da BihlWiedemann



Fonte: <<https://www.bihl-wiedemann.de/fi/products/as-interface-mastergateways/gateways/product-selector-gateways/s/bwu2380.html>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

Outra maneira de integrar diferentes redes é com o uso do OPC (*OLE for Process Control*), cujo protocolo de interconexão industrial é aceito como padrão. Você precisa possuir um driver de cada equipamento que possa se comunicar com o computador que fará a integração, chamado de Servidores OPC. O driver recebe a informação do campo e o transcreve para o padrão OPC. O OPC server possui os drivers dos equipamentos conectados a ele e distribui as informações para outros servidores OPC conectados na rede (RIBEIRO; ANJO, 2017).

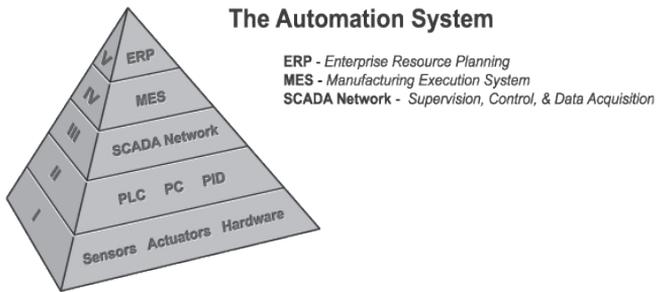
Requisitos de comunicação de acordo com os níveis de controle

A pirâmide da automação industrial nos convida a separar o negócio da empresa do chão de fábrica por camadas. Veja uma proposta de pirâmide da automação na Figura 2.17. Cada camada possui uma função diferente. E para cada função existem requisitos diferentes. Por exemplo, na camada II, onde colocamos os controladores, cuja principal função é realizar a lógica de uma parte do processo, os principais requisitos são:

- Ler as entradas da camada I.

- Executar a lógica pré-programada.
- Escrever as saídas da camada I.
- Informar status do processo para a camada III (SCADA).

Figura 2.17 | Proposta de Pirâmide da Automação



Fonte: <<https://rogeriodrs.wordpress.com/2010/06/23/automacao-industrial/>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

Veja que os requisitos compreendem a comunicação entre camadas. As informações entre camada I e camada II, normalmente, usam poucos bits (até 1000 bits) e devem ser transmitidos com grande velocidade (milissegundos). Já as informações entre a camada IV e V podem envolver grandes quantidades de dados (Megabytes/Gigabytes) e não precisam ser atualizadas em tempo real, pois normalmente são atualizadas uma vez por hora ou até uma vez por dia.

Por isso, durante muitos anos, convencionou-se dividir as redes de campo entre as camadas da pirâmide da automação (CASSIOLATO, 2017).



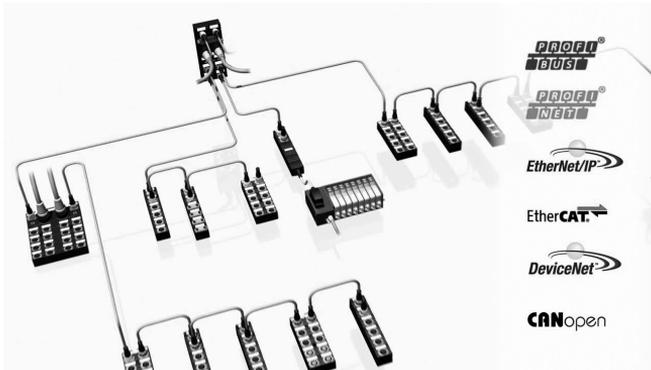
Assimile

Caro aluno, perceba que um ponto muito importante que normalmente não é representado na pirâmide da automação são os módulos de IO ou remotas. Esses equipamentos estão entre a camada 1 e 2, concentram entre 4 e 20 sensores/atuidores e comunicam o CLP com alguma rede.

Nos últimos anos, com as redes Ethernet Industrial, como Profinet, Ethernet/IP e Ethercat, em que estas conseguem tanto transportar dados em tempo real (até microssegundos) e em grandes quantidades (Mega e Gigabytes), separar as redes pela camada da pirâmide da automação pode não fazer tanto sentido. Por outro lado, novos desenvolvimentos

em ASI (SIEMENS, 2009), IO Link e CAN modificados (MURRELEKTRONIK, 2017; LUGLI; SANTOS; FRANCO, 2009) fazem acreditar que ainda existirá algum espaço para a comunicação entre camada 1 e camada 2 com redes menores. Por exemplo, um concentrador de 10 sensores atuadores (ASI, IO-Link ou CAN modificado) para um Gateway (com mais 10 concentradores) que se comunica em Ethernet Industrial até o CLP, como o exemplo da Figura 2.18.

Figura 2.18 | Exemplo de Conversor Profinet ou Ethernet/IP para CAN Modificado



Fonte: <<http://www.profibus.org.br/news/julho2008/associado>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

Diagnóstico em redes de comunicação industriais

As redes de comunicação industrial, tal como as redes de comunicação comercial, devem ser bem instaladas e avaliadas periodicamente. Os cabos mal montados ainda são uma das principais causas dos problemas de montagem de uma rede, e a oxidação de conectores é a principal causa de parada de redes. Por isso, existem alguns produtos no mercado usados para encontrar os principais problemas das redes de comunicação industriais.

Teste em Profibus

ProfibusTester 5 e NetTest II são duas ferramentas usadas para encontrar falhas, para fazer manutenção preventiva e até para certificar redes Profibus. Veja na Figura 2.19 o ProfibusTester 5 em uso.

Esses equipamentos são hardwares portáteis ou em encapsulamento IP20 (podem ser fixados em painel elétrico) que podem:

- Desenhar a topologia e ajudar a encontrar a sequência correta do cabo.
- Medir a impedância e encontrar problemas de cabos, conectores e resistores de terminação.
- Analisar a tensão do sinal e encontrar problemas de módulos, conectores e cabos.
- Trabalhar algumas horas e encontrar o momento exato de instabilidades na rede para encontrar possíveis cargas que foram acionadas no mesmo instante e podem gerar a falha.

Figura 2.19 | ProfibusTester 5 em uso



Fonte: <<http://www.atevatech.com/category/profibus/profibus-dp/>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

Também existem ferramentas que podem ficar permanentemente instaladas no painel, gerando dados para serem analisados na hora de um planejamento de manutenção preventiva.

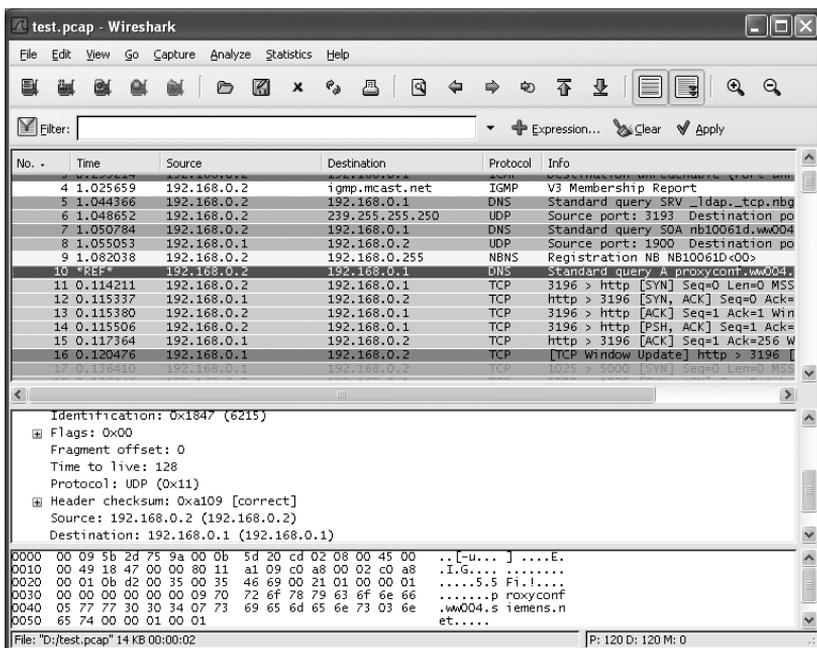
Wireshark

Em tempos de Ethernet Industrial, as ferramentas de análise de falhas são outras. A ferramenta que a indústria mais usa é o Wireshark. Esse software, livre e open source, normalmente, é usado em conjunto com um switch gerenciável (LUGLI; SANTOS; FRANCO, 2009).

Vamos supor que exista um CLP e um módulo se comunicando em qualquer rede Ethernet Industrial e você precise saber qual o endereço IP do módulo:

- Conecte o CLP em uma porta do switch gerenciável – pode ser a porta 1.
 - Coloque o módulo em outra porta do switch gerenciável – pode ser a porta 2.
 - Configure o switch gerenciável para espelhar a porta do módulo (neste exemplo, porta 2) em uma porta que não está sendo usada – pode ser a porta 3.
 - Conecte seu computador com o Wireshark instalado na porta espelhada.
 - Deixe o Wireshark funcionando por algum tempo.
- Veja na Figura 2.20 o funcionamento.

Figura 2.20 | Wireshark software de análise de protocolo



Fonte: <https://www.wireshark.org/docs/wsug_html/>. Acesso em: 8 nov. 2017.

Certificação de rede

A necessidade de garantir o adequado funcionamento das redes industriais criou a necessidade de certificação de rede. Esse serviço é

prestado por muitas empresas e pode ser que você trabalhe em uma delas, ou até que você contrate o serviço de alguma delas.

Esse trabalho, normalmente, é realizado nas seguintes etapas:

- 1) A empresa contratada analisa o projeto da contratante e compara com o manual das boas práticas da rede industrial utilizada.
- 2) É verificado se os componentes utilizados pela contratada possuem homologação da instituição responsável pelo desenvolvimento da rede.
- 3) O técnico da empresa contratada visita a planta da empresa contratante e, utilizando ferramentas de diagnóstico, verifica condições da rede.
- 4) A contratada emite um relatório com todos os dados e sinais colhidos, aprovando a rede ou reprovando com ações para serem executadas, a fim de se melhorar e, posteriormente, certificar a rede.



Refleta

Quando ocorre uma determinada falha de operação em uma indústria de processos químicos, estações de compressão de gás ou refinarias de petróleo, por exemplo, a consequência pode ser catastrófica, sendo possível provocar acidentes que causam risco de morte para os operadores humanos presentes na planta, além de poder causar grandes danos materiais.

Como deveria ser um procedimento para garantir os níveis de segurança e robustez necessários para garantir a confiabilidade desses sistemas de produção?

Observações sobre aplicações de redes de comunicação industriais

As redes industriais são sempre indicadas, mas em alguns casos seus benefícios podem ser menores do que seus custos de instalação e manutenção. Por isso, vamos dedicar esta parte para apresentar um pouco sobre os principais parâmetros que aumentam o custo de um projeto de automação, com foco nas aplicações em que o uso de redes industriais, além de ser melhor, se torna mais barato que o uso de cabeamento paralelo ou caixas de passagem.

1. Aplicações com muitos pontos

Primeiro, na aplicação mais óbvia. O custo da automação de um centro de usinagem com 10 m de largura, 10 m de comprimento e 10 pontos é menor que o custo da automação de um centro de usinagem com as mesmas dimensões, mas com 100 pontos. Uma parcela do custo da automação da máquina é proporcional à quantidade de pontos. Quanto mais pontos, maior será o investimento na automação. E se você estiver usando cabeamento paralelo, precisará de 3 bornes (+24 V, 0 V, sinal), talvez alguns relés para as saídas, maior largura das canaletas, também de 6 conexões (entrada do borne e saída do borne em cada fio) para cada ponto e terá mais custo com a manutenção destes equipamentos. A partir de 30 pontos deve-se estudar um conceito de instalação que use redes industriais.

2. Aplicações com grandes dimensões

Uma parcela do custo de automação de uma máquina/equipamento/planta é proporcional às suas dimensões físicas. Um transportador com 100 pontos e 100 m será mais caro do que um transportador com 100 pontos e 10 m. Isso acontece porque os cabos usados nesses pontos possuem um custo de material (**100 pontos × 100m = 10000m**), ou seja, 10.000 m de cabo e de acessórios (canaletas, mecânica, etc.), de montagem (lançar o cabo, confusão entre os cabos, teste de correta conexão, etc.) e de manutenção, afinal, cabos compridos darão mais problemas.

Portanto, a partir de determinadas dimensões, a rede de campo industrial passa a ser imprescindível. É lógico que varia com outros parâmetros também, mas a partir de 50 m de cabo já vale a pena fazer um estudo.

3. Aplicações com mão de obra cara

Algumas aplicações possuem alto custo de mão de obra. Máquinas seriadas têm custo mais baixo do que máquinas especiais, por exemplo. Nas máquinas seriadas, a engenharia (alto custo de mão de obra e de ferramentas) é feita uma vez e ela é montada inúmeras vezes. O custo da engenharia, dos certificados, dos testes, etc. é rateado em um grande número de máquinas. Já as máquinas especiais devem ser projetadas para uma aplicação específica, uma a uma. Engenharia, testes e certificações são todas alocadas em uma única máquina.

Nestes casos, flexibilizar e modularizar o projeto é essencial. Portanto, máquinas especiais, máquinas produzidas em locais com altos custos (Alemanha, Estado Unidos e, talvez, o Brasil), máquinas em que serão necessárias viagens caras para a instalação, as redes industriais devem ser priorizadas.

4. Aplicações com alto custo de parada

Em uma determinada siderúrgica, uma hora parada representava prejuízo de US\$ 400.000,00 (quatrocentos mil dólares). Neste tipo de aplicação, as redes de campo com todos os diagnósticos são mais que necessários.

5. Aplicações com tempo para montagem reduzido

Algumas aplicações exigem tempo de montagem mínimo. Se você for trabalhar na reforma de um alto-forno (usado em siderurgia para transformar minério em ferro ou aço), terá alguns dias para trocar todos os painéis, e não poderá perder tempo lançando cabos.



Pesquise mais

As redes Ethernet foram estabelecidas como referências de sistemas de comunicação entre computadores desde sua invenção, sendo largamente aplicadas para automação e controle.

Neste contexto, leia o artigo disponível no seguinte site:

<<https://www.automacaoindustrial.info/redes-ethernet-industrial-conceito-e-aplicacao-na-automacao-e-controle-industrial/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Sem medo de errar

Em um sistema produtivo, é fundamental projetar redes de comunicação que possam integrar os diferentes níveis de controle compatíveis com o grau de automação presentes na organização.

Como gestor de automação que atua na ASMT Tecnologia em Movimentação, uma empresa especializada, capaz de movimentar

os grãos de tal forma que, quando o navio aporta, através de correias transportadoras, os grãos são transportados até o carregador de navios e finalmente depositados no navio.

Uma vez que sua empresa foi contratada para construir um novo silo, você já especificou o protocolo a ser usado, já montou a máquina tomando cuidados na instalação e agora, como Gerente Industrial, deverá colocar a máquina no cliente, e isso implica colocá-la se comunicando com outras máquinas do seu cliente.

Como você integraria a rede de comunicação da sua máquina com a rede de comunicação do cliente?

Existem empresas especializadas nesse tipo de integração. As alternativas mais usadas são:

1) Sensores nas interfaces

Desta maneira, as máquinas não estão realmente integradas, mas elas recebem um sinal indicando que devem começar a trabalhar. Essa é a maneira de "integração" mais usada. A vantagem é a simplicidade. A desvantagem é que as máquinas não se comunicam e qualquer novo sinal necessário exige projeto, hardware e instalação.

2) Gateway ou Porta do CLP

A vantagem de usar esta alternativa é deixar uma porta para comunicação de grande quantidade de dados pelo software e tudo resolvido pela automação. A desvantagem é o possível carregamento do CLP com grande quantidade de dados não prioritários para seu processo.

3) Bancos de dados intermediários

Uma das alternativas mais modernas é criar um banco de dados intermediário. Ainda é necessário usar uma porta do CLP; talvez seja necessário usar processamento do CLP também, mas a criação de um banco de dados que um controlador vai escrever e o outro ler é um processo comum em TI e deve começar a ser usado em automação também. A desvantagem é precisar de horas de TI para fazer manutenção e ainda não ser muito usado.

Você e o seu cliente escolhem colocar uma porta do CLP com a rede que o cliente usa em seu software SCADA. Desta maneira, todas

as informações do seu CLP (camada II) irão para o software SCADA (camada III) do cliente, e se outros CLPs precisarem de dados do seu CLP, poderão retirar do software SCADA, obedecendo à pirâmide da automação.

Parabéns! Terminamos mais uma unidade e você agora é capaz de analisar e desenvolver redes de comunicação em sistemas industriais para integração de diferentes níveis de controle.

Avançando na prática

Integrar Profibus-DP em uma rede Ethernet/IP

Descrição da situação-problema

Você trabalha na mineradora Elav e possui um grande parque instalado em redes Ethernet/IP, mas uma das balanças homologadas ainda não possui essa rede de comunicação, só possui Profibus-DP, e ela foi instalada no último tombador de navios comprado pela empresa. Como você fará a integração da sua nova balança no seu atual sistema de controle?

Resolução da situação-problema

Você discute com sua equipe vantagens e desvantagens de três possibilidades de usar a balança:

1) Fora do sistema de controle

Vantagens: facilidade na instalação e manutenção elétrica.

Desvantagens: maior processo manual e menor confiabilidade.

2) Usar cartão no CLP em Profibus apenas para a balança

Vantagens: toda configuração diretamente no CLP.

Desvantagens: manutenção no cabo e rede Profibus que não é homologado na empresa.

3) Instalação de um Gateway Ethernet/IP para Profibus próximo à balança

Vantagens: se considerarmos, o Gateway parte da balança, norma interna obedecida.

Desvantagens: manutenção no Gateway.

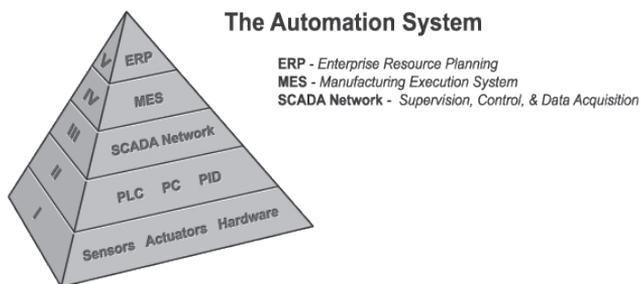
Você analisa todas as alternativas e chega à conclusão de que a última alternativa é a mais próxima do seu padrão.

Parabéns, você resolveu mais um desafio e está preparado para resolver os problemas de integração que surgem em uma planta industrial.

Faça valer a pena

1. A Figura 2.21 a seguir ilustra uma proposta de pirâmide da automação.

Figura 2.21 | Proposta de pirâmide da automação



Fonte: <<https://rogeriodrs.wordpress.com/2010/06/23/automacao-industrial/>>. Acesso em: 8 nov. 2017.

Com relação a esta proposta, você pode afirmar que:

- I. Contribuiu para uso de diferentes redes.
- II. Redes que transferem grande quantidade de dados (Gigabytes) com velocidade elevada (segundos) eram usadas no topo da pirâmide.
- III. Redes com altas velocidades (milissegundos), mas que transferiam poucos dados (bytes) eram usadas na base da pirâmide.

Assinale a alternativa que avalia corretamente as afirmativas de I a III.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.

- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

2. A necessidade de garantir o adequado funcionamento das redes industriais criou a necessidade de certificação de rede. Esse serviço é prestado por muitas empresas e pode ser que você trabalhe em uma delas, ou até que você contrate o serviço de alguma delas.

Assinale a alternativa correta.

- a) A empresa contratada analisa o projeto da contratante, e não é necessário comparar com o manual das boas práticas da rede industrial utilizada.
- b) É facultativo verificar se os componentes utilizados pela contratada possuem homologação da instituição responsável pelo desenvolvimento da rede.
- c) O técnico da empresa contratada visita planta da empresa contratante e, utilizando de ferramentas de diagnóstico, verifica condições da rede.
- d) A contratada não é obrigada a emitir um relatório com todos os dados e sinais colhidos.
- e) A presença da empresa contratada dispensa qualquer verificação de homologação.

3. As redes industriais são sempre indicadas, mas em alguns casos seus benefícios podem ser menores do que seus custos de instalação e manutenção.

Avalie as afirmações a seguir:

I. A partir de 30 pontos, deve-se estudar um conceito de instalação que use redes industriais.

II. Nas máquinas em que serão necessárias viagens caras para a instalação, as redes industriais devem ser priorizadas.

III. A partir de determinadas dimensões, a rede de campo industrial passa a ser imprescindível. A partir de 50 m de cabo já vale a pena fazer um estudo.

Assinale a alternativa que associa V (Verdadeiro) ou F (Falso) às afirmações I, II e III de forma correta.

- a) V-V-V.
- b) F-V-V.
- c) V-F-V.
- d) F-V-F.
- e) V-V-F.

Referências

ALVES, J. L. L. **Instrumentação, controle e automação de processos**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2017.

CASSIOLATO, C. **Redes industriais**. 2017. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

GUARESE, B. M. Arquitetura híbrida de comunicação para ambientes de automação industrial: protocolos IEEE 802.15.4 e Modbus RTU sobre RS485. **Revista da Graduação da PUC Rio Grande do Sul**, 2012. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/12431/0>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

GUOXIN, L.; WANLI, Z.; LIRONG, W. Application of OPC to Realize the Communications between WinCC and Master-Slave PLC in the PROFIBUS Network. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIG DATA AND CLOUD COMPUTING (BDCloud)**, 5., Dalian, China, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7310746/>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

LUGLI, A. B.; SANTOS, M. D. **Sistemas FIELDBUS para Automação Industrial**: DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet. São Paulo: Érica, 2009.

LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D.; FRANCO, L. R. H. Redes Ethernet Industriais: Visão Geral. **Revista C & I: Controle & Instrumentação**, 2009. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjqtM9rXAhUCvZAKHWZrATkQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inatel.br%2Fbiblioteca%2Fartigos-cientificos%2F2009%2F3835-redes-ethernet-industriais-visao-geral%2Ffile&usq=AOwVaw1FCRwnxhuWnbl3pHZBX3t7>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2010.

MURRELEKTRONIK. **Installation Concepts**. [s.d.]. Disponível em: <http://www.murrelektronik.com.br/fileadmin/USERDATA/Countries/Brazil/News/B_InstallationConcepts_EN_11-14.pdf>. Acesso em: 1º nov. 2017.

_____. **Infográfico da Pesquisa Automação Industrial (Mercado Brasileiro)**. [2017].

MURRELEKTRONIK. **Manual Cube67+ BN-E/IP**. 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjVqpesqbrXAhXRnJAKHry1DkAQFggpMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.murrelektronik.com%2Ffileadmin%2FUSERDATA%2FDownloads%2FEnglish%2FManuals%2F56525_hdb_e_15.pdf&usq=AOvVaw3leoz5owJQiEp0t_Hy_Ng>. Acesso em: 1º nov. 2017.

RIBEIRO, D. F.; ANJO, R. **Utilização do Drive OPC na Integração de Sistemas de Automação Industrial**. Disponível em: <http://www.cck.com.br/artigos/palestras/drive_opc.pdf> Acesso em: 15 nov. 2017.

ROCKWELL. **Configuração de rede EtherNet/IP**. Publicação Rockwell Automation ENET-UM001N-PT-P. 2015. Disponível em: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/enet-um001_pt-p.pdf>. Acesso em: 1º nov. 2017.

SIEMENS. **AS-Interface, Answers for industry**. 2009. Disponível em: <<https://www.automation.siemens.com/cd-static/material/info/e20001-a550-p305-v4.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

_____. **Profinet with Step 7 V14**. Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/49948856/profinet_step7_v14_function_manual_en-US_en-US.pdf?download=true>. Acesso em: 1º nov. 2017.

Aplicação de redes de comunicação industrial

Convite ao estudo

Você está avançando progressivamente e já passou pela primeira unidade em que foi capaz de compreender como você deve se posicionar para projetar sistemas de controle sequencial voltados para sistemas produtivos.

Para isto, você inicialmente aprendeu a modelar processos utilizando Redes de Petri e utilizou o conceito de análise de modelos por simulação para validação dos modelos desenvolvidos.

Na segunda unidade você aprendeu a analisar redes industriais para que sejam capazes de atender às necessidades de integrar o sistema de planejamento de um sistema produtivo, com o sistema de execução dos processos. Para isto, você aprendeu fundamentos de projeto de redes de comunicação, a questão de instalação de redes de comunicação, considerando o meio físico e a questão de integração de redes de comunicação, de acordo com a Pirâmide da Automação.

Agora você vai iniciar a terceira unidade. O foco será capacitá-lo a aplicar redes industriais de diferentes naturezas para a solução de problemas de comunicação. Chegou o momento de você praticar os conceitos aprendidos e entender as diferentes configurações de protocolos de comunicação para integrar os elementos de um sistema produtivo.

O alvo é te capacitar com uma visão de aplicação de redes industriais para que você possa ter uma visão tecnológica de como pode ser projetada a integração horizontal e vertical em um sistema produtivo.

Assim, considere que você acabou de ser contratado pela RRUM, um fabricante de componentes para automação industrial. Seu principal produto refere-se aos módulos de IO remotos para as principais redes de campo do mercado. Sua função será treinar clientes, vendedores e representantes nas diversas redes de campo.

Para isto, você precisa ter profundo conhecimento nestas redes, afinal você deve estar preparado para as mais diversas perguntas. Logo, quais são os conceitos básicos e as topologias das redes EtherCat e IO-Link? Quais são as principais diferenças entre as redes Fieldbus e Devicebus? A rede Ethernet/IP é mais robusta que a DeviceNet? Continue se esforçando para aprender um pouco mais sobre informática industrial! Bons estudos!

Seção 3.1

Redes tipo Sensorbus

Diálogo aberto

Estamos começando a Unidade 3 e vamos imaginar que você tenha acabado de ser contratado por um fabricante de componentes para automação industrial. Seu principal produto é o módulo de IO remoto para as principais redes de campo do mercado. Sua função será treinar clientes, vendedores e representantes nas diversas redes de campo. Para isto, você precisa ter profundo conhecimento nestas redes. Inicialmente vamos estudar os conceitos básicos, características e topologias do Sensorbus, rede EtherCat, rede IO Link e rede CAN.

Logo, considere que você foi contratado pela RRUM, empresa europeia, líder em seu segmento no Brasil. Você precisa se qualificar para fazer o treinamento para clientes e vendedores sobre redes industriais. Você mal começou e já marcaram um treinamento. Na próxima semana, você vai precisar apresentar para seus vendedores duas redes ainda pouco usadas no Brasil: EtherCAT e IO-Link. Quais são os conceitos básicos e as topologias destas redes? Quem são os principais fabricantes de equipamentos para essas redes? Quais são suas principais aplicações?

Nesta seção você vai ser capacitado a utilizar as redes que pertencem ao contexto Sensorbus, ou seja, que se comunicam diretamente com os dispositivos.

Para isto você verá as principais características das redes IO-Link, os conceitos básicos de uma rede CANOpen e as vantagens em se utilizar estas redes e fundamentos e topologia do protocolo EtherCAT.

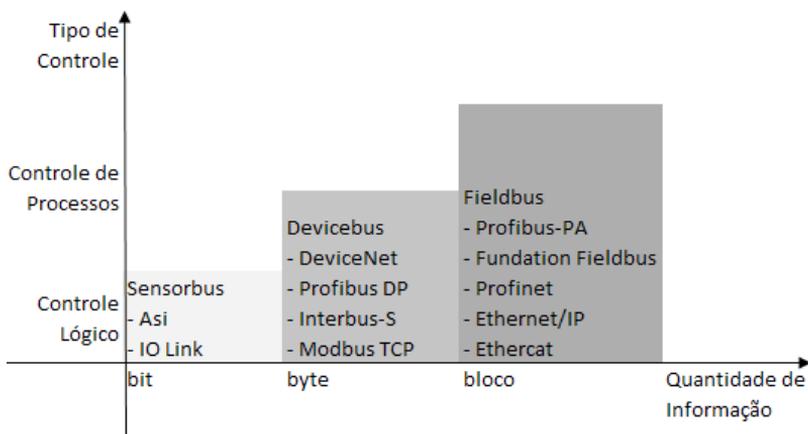
Com isto, você começara a dominar uma visão tecnológica a respeito do uso de redes industriais locais. Bom trabalho!

Não pode faltar

Para facilitar o entendimento, podemos dividir as redes industriais conforme sua aplicação na camada da pirâmide da automação, que

é utilizada no nível 1, onde é necessário adquirir sinais de sensores. Estes, por sua vez, são atuadores que possuem apenas um ou alguns bits, em que é necessário a comunicação em tempo real. Para isso, usa-se um tipo de rede que podemos chamar de redes Sensorbus. Veja na Figura 3.1.

Figura 3.1 | Tipos de Redes



Fonte: adaptada de <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>>. Acesso em 20 nov. 2017.

Sensorbus: características gerais

As redes que pertencem ao conjunto Sensorbus se comunicam diretamente com os dispositivos. Essas redes são mais simples, algumas vezes possuem informações de diagnóstico limitadas.

A rede mais conhecida nessa categoria é o ASi que possui comunicação com apenas 4 bits de dados e 4 bits de endereçamento, e a distância é limitada a 100 m por segmento.

Rede IO-Link: Conceitos Básicos, topologia

IO-Link é uma das redes mais novas. Alguns estudos nem o chamam de rede, afinal ele é um protocolo de comunicação serial ponto a ponto e foi feito para substituir as comunicações seriais usadas na indústria, que se aplica perfeitamente às classificações de Sensorbus.

O IO-Link foi desenvolvido para facilitar a parametrização de sensores, como pressostatos, termostatos, etc., exigindo que a

pressão seja ajustada através de botões (veja um exemplo na Figura 3.2). Esses sensores sempre foram um problema para o startup/posta em marcha, fase em que a máquina é colocada para funcionar, e manutenção, quando é necessário fazer uma substituição.

Figura 3.2 | Pressostato da Sick



Fonte: <<https://goo.gl/y9hZQi>>. Acesso em: 20 nov. 2017.



Exemplificando

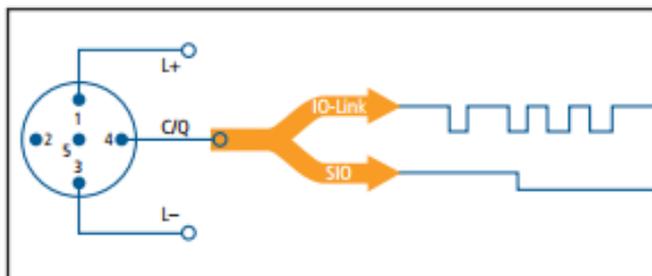
Em um pressostato apenas com botões, quando instala-se o sensor ou quando é necessário substituí-lo, você deve reparametrizá-lo. E se os parâmetros estiverem no software do CLP e o próprio CLP puder descarregar automaticamente a parametrização?

O IO-Link também foi desenvolvido para os sensores analógicos. Os sinais analógicos são muito sensíveis, o sinal de corrente 4 a 20 mA ou 0 a 10 V (também existem outros padrões, mas estes são os mais usados). São sensíveis a ruídos eletromagnéticos, ao ambiente, etc. Dessa forma, o uso de cabos com malha ou até cabos especiais para termopares é fundamental. Mas e se você usasse um sensor com uma comunicação robusta em que um cabo de sensor simples (3 vias 0,34 mm² e sem malha) fosse suficiente? Correto, não é?

O IO-Link funciona em dois modos: modo de comunicação ou modo IO-Link, em que o sensor e o mestre IO-Link se comunicam,

ou modo digital ou SIO, em que apenas um sinal digital é enviado para o mestre, como mostra a Figura 3.3.

Figura 3.3 | Pressostato da Sick



Fonte: <<https://goo.gl/y9hZQi>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Alguns fabricantes ainda pensaram em duas aplicações. Converter um sinal analógico em IO-Link para quem tem um sensor antigo conectar a um módulo IO-Link e poder usar um cabo simples, e quem possui diversos sinais diferentes no mesmo local pode converter todos os sinais em IO-link para usar um módulo de aquisição ao invés de um módulo de 4.20 mA, outro de 0.10 V, Termopar, etc. Veja um exemplar desses conversores na Figura 3.4.

Figura 3.4 | Adaptador de IO-Link para sinal analógico



Fonte: <<https://goo.gl/ymlHgU>>. Acesso em 20 nov. 2017

E outra aplicação feita com o protocolo caçula pode-se criar um módulo de aquisição IO-Link. Como a rede é bem simples, os recursos de diagnósticos são limitados e a corrente é baixa, mas pode atender algumas aplicações. Veja um exemplar na Figura 3.5.

Figura 3.5 | Hub IO-Link



Fonte: <<https://goo.gl/FVJryh>>. Acesso em 20 nov. 2017

No Brasil, O IO-Link é promovido pela Associação Profibus-Profinet (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS, 2017) e no mundo pela Associação IO-Link (IO-LINK, 2017). Resumindo, o que é IO-Link? É uma rede de comunicação industrial de nível 1, normatizada pela IEC 61131-9. Sua principal aplicação é a comunicação ponto a ponto entre componentes como sensores, pressostatos e atuadores (capazes de utilizar o protocolo) e um Master IO-Link (ponto no módulo de I/O remoto).

O que o IO-Link permite? Esta é uma rede que cobre os últimos metros de cabo. Por isso, permite a comunicação entre o dispositivo e o módulo de I/O Remoto de alguns pontos digitais ou de um ponto analógico (como faria um cabo simples), mas também facilita o setup, o diagnóstico e a manutenção. Uma grande vantagem é que mesmo se for um sensor analógico, pode-se usar cabos simples (3 vias, conector M12, sem malha) (MURRELEKTRONIK, 2017).

As principais vantagens do uso do IO-Link são:

- Significativa redução do tempo de setup/posta em marcha em componentes de campo. Afinal, os parâmetros podem ser gravados no software.
- Hoje é necessário armazenar um modelo de cabos com conectores para sinais digitais, um modelo para sinais analógicos de tensão e corrente, outro para PT100, outro para termopar. O uso do IO-Link reduz o número de itens em estoque por usar apenas os modelo de cabos digitais para todos esses diferentes sinais.

- Cabos com malhas usados para sinais analógicos exigem um trabalho maior. Cortar a malha, verificar se conectou-se corretamente com o conector, etc. Isto reduz o tempo e os materiais gerais para instalação de componentes no corpo da máquina, porque padroniza os cabos com conectores.
- Por ser uma rede, existe a possibilidade do sensor enviar mais informações para o módulo de I/O Remoto (e daí para o CLP), como sinais de diagnóstico de falhas elétricas nestes componentes. Estes sinais podem ser tratados e ajudar a manutenção a encontrar falhas mais rapidamente.

Limitações do IO-Link

Nem tudo é perfeito na aplicação do IO-Link. O comprimento máximo do cabo é de 20 m, e não é indicada para distâncias entre mestre e componentes maiores que esta. O tempo de varredura dessa rede é normalmente 20 ms para 16 pontos digitais e pode chegar a 40 ms para 32 pontos. Em comparação com o Profinet IRT, que é de 1 ms, é uma rede lenta, por isso também não recomenda-se IO-Link para aplicações que exijam grandes velocidades.

A configuração do dispositivo IO-Link no CLP ocorre com um arquivo chamado IODD (IO DeviceDescription), que é um arquivo xml com as informações de identidade, parâmetros, dados de processamento, diagnóstico, comunicação, propriedade e desenho do dispositivo IO-Link. Este arquivo possui um funcionamento parecido com o arquivo GSD para o Profibus, GSDML para o Profinet, EDS para DeviceNet, CANopen e Ethernet/IP.

Rede CAN: conceitos básicos, topologia

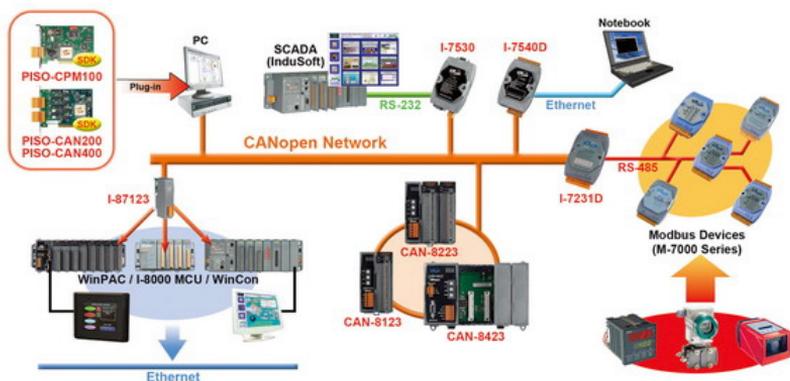
Figura 3.6 | Logo CANopen



Fonte: <<https://goo.gl/FVJryh>>. Acesso em 20 nov. 2017

A rede CAN é uma das redes mais antigas, desenvolvida nos anos 1980 pela Bosch para comunicação de dispositivos embarcados em carros, ônibus e caminhões. Sua versão industrial, CANOpen surgiu nos anos 1990 e pode ser classificada como um Devicebus, afinal sua comunicação já possui alguns bytes e este protocolo já se conecta a alguns dispositivos mais complexos, veja na Figura 3.7.

Figura 3.7 | CANopen como uma Devicebus



Fonte: <<https://goo.gl/oKHbFm>>. Acesso em 20 nov. 2017

O CANopen herdou do CAN suas características básicas de 8 bytes de dados, velocidade de até 1 Mbit/s, priorização de mensagens e recepção multicast com sincronização (LUGLI e SANTOS, 2009). Mas se diferencia do CAN principalmente pela especificação elétrica que é RS485 com conectores IP67 M12 ou conectores IP20 DB9.

Um segmento do CANopen pode possuir até 64 nós de rede e 500 metros de distância. Sua velocidade pode ser ajustada em 125, 250, 500 e 1000 Kbits/s. O CANopen é um protocolo aberto, promovido pela CAN-CiA (CAN-CiA, 2017) e os maiores fornecedores de CLPs que usam esse protocolo são Schneider, Eaton e Omron. Suas principais características são (MURRELEKTRONIK-2, 2017):

- Comunicação por eventos: ao invés de comunicar a cada intervalo de tempo todas as informações de entradas e saídas, uma das configurações de transmissão de dados possível transfere informações somente quando existe um novo evento na rede. Desta maneira, tráfego de dados na rede é reduzido e aumenta a velocidade de transmissão dos dados.

- Todos os agentes possuem os mesmos direitos: o CANopen além de poder ser configurada como uma rede mestre-escravo, também pode ser configurada como uma rede multimestre, ou seja, esta rede de campo pode trabalhar sem um mestre definido, se for configurada de forma que todos os componentes da rede tenham o mesmo direito de transmissão.
- Topologia de Rede em linha ou com derivações.

Vantagens da rede CANopen

CANopen é uma rede preparada para atuar em modo multimestres, além do modelo mestre/escravo que normalmente vemos em redes industriais. Quando o modo multimestres é selecionado, os agentes de rede podem conversar entre si, o que agiliza a transmissão de dados e simplifica o trabalho da rede. Uma grande quantidade de pontos analógicos pode ser gerenciada pelos mestres de rede no CANopen. A interoperabilidade e intercambialidade defendida pelo CANopen, como em qualquer rede aberta, reduz os custos de aplicação do protocolo.



Assimile

Em 2012, a CAN-CiA normatizou internacionalmente a rede seguindo os critérios do IEC, ISO e ITU. A camada de aplicação do CANopen está definida na norma EN 50325-4 e do CANopenSafety na norma EN 50325-5.

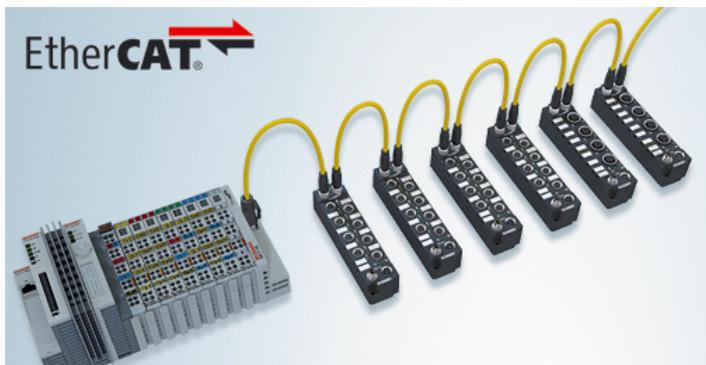
Uma curiosidade sobre o CANopen é que ele é a base para o DeviceNet. Logo, mesmo que o uso do CANopen seja forte apenas na França e poucos outros lugares, sua topologia e a base de seu protocolo são bastante usados na indústria.

Rede EtherCat: conceitos básicos, topologia

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) é um protocolo em Ethernet Industrial em tempo real. Foi originalmente desenvolvido pela Beckhoff Automation, empresa especializada em computadores industriais e lançado em 2003. Hoje o EtherCAT é promovido pela EtherCATTechnologyGroup. Essa rede de campo

foi normalizada na IEC61158 e possui módulos IP20 e IP67, como apresentado na Figura 3.8 (EtherCAT, 2017).

Figura 3.8 | Módulos IP20 e IP67 em EtherCAT



Fonte: <<https://goo.gl/RTWycy>>. Acesso em: 20 nov. 2017.



Refleta

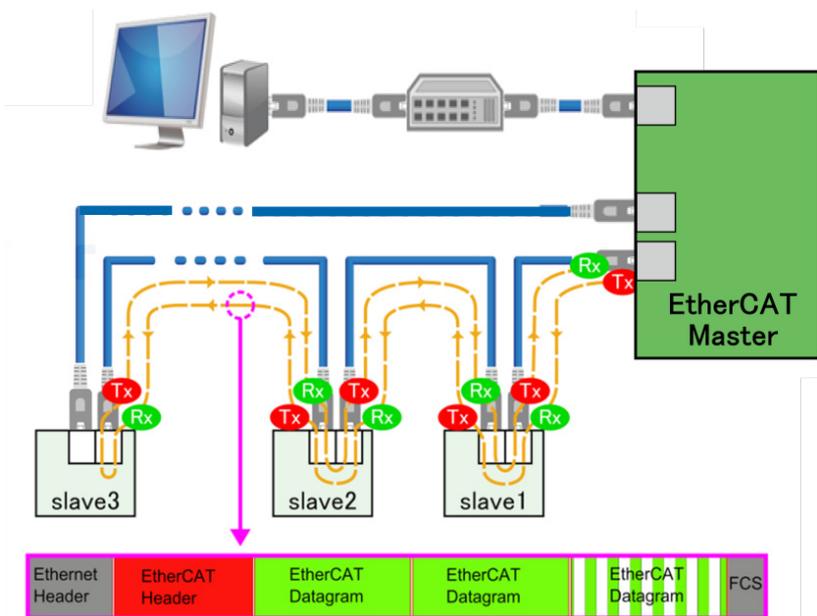
O principal foco durante o desenvolvimento do EtherCAT foi um rápido tempo de ciclo ($\leq 100 \mu\text{s}$), rápida sincronização ($<1 \mu\text{s}$) e baixo custo de hardware. Qual aspecto que você considera fundamental e que está presente nesta rede que justifica uma facilidade de implementação?

Seu baixo custo o colocam com substituto natural do Modbus, que foi a rede usada por mais equipamentos até 2010.

Princípio de funcionamento

Com o Ethercat, o telegrama não é mais recebido, interpretado e copiado em cada módulo. O mestre EtherCAT envia um telegrama que passa em cada nó da rede. Ao passar pelo nó, seus dados de saída são coletados e seus dados de entrada escritos enquanto o telegrama atravessa o módulo. O último nó de rede identifica que não existe nenhum outro a frente e devolve o telegrama para o mestre. Veja o funcionamento na Figura 3.9.

Figura 3.9 | Comunicação EtherCAT



Fonte: <<https://goo.gl/iVTX5i>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

O protocolo EtherCAT é tão rápido que normalmente a resposta retorna para o mestre enquanto ainda está enviando os últimos bytes do telegrama (Jansen e Büttner, 2004).

Topologia

Assim como outras redes Ethernet industriais, o EtherCAT pode ser instalado em linha, ou com o uso de *switches* corretos, estrela, anel e derivação. A quantidade de módulos também é muito maior que Fieldbuses, mais antigos como DeviceNet, Profibus e Modbus. A quantidade teórica é 1024, no entanto, essa quantidade de módulos em uma mesma rede nunca foi instalada para comprovar essa informação. Cobre para distâncias de até 100 m entre nós ou fibra ótica para distâncias maiores ou necessidade de prevenção de ruído eletromagnético podem ser usados para a comunicação.

O uso de redes Ethernet industrial está propiciando uma inovação. Além da padronização de cabos, conectores, *switches*, alguns módulos multiprotocolos estão sendo lançados. Agora, você pode

especificar um módulo que é Profinet, EtherCAT ou Ethernet/IP e, durante a instalação, vai selecionar a rede de comunicação.



Pesquise mais

Há uma crescente preocupação em desenvolver soluções tecnológicas que tem como objetivo multiplicar o desempenho de transmissão de cabos e conexões como, por exemplo, para Ethernet de 40 ou 400 GbE.

Em termos de redes de dados locais, leia o artigo a seguir sobre novas propostas para sistemas de cabeamento estruturado baseado em uma nova geração de rede:

<<http://www.datacenterdynamics.com.br/focus/archive/2017/09/rm-anuncia-ino%C3%A7%C3%B5es-para-pr%C3%B3xima-gera%C3%A7%C3%A3o-de-redes>>. Acesso em: 9 mar. 2018.

Sem medo de errar

Você acabou de ser contratado pela RRUM, um fabricante europeu de componentes para automação industrial, líder mundial em seu segmento. Seus principais produtos são os módulos de IO remoto para as principais redes de campo do mercado. Sua função será treinar clientes, vendedores e representantes nas diversas redes de campo. Para isto, você precisa ter profundo conhecimento nestas redes, afinal você deve estar preparado para as mais diversas perguntas. Quais são os conceitos básicos e as topologias das redes EtherCAT e IO-Link? Quais são as principais diferenças entre as redes Fieldbus e Devicebus? A rede Ethernet/IP é mais robusta que a DeviceNet?

Você precisa se qualificar para fazer o treinamento para clientes e vendedores sobre redes industriais. Você mal começou e já marcaram um treinamento. Na próxima semana, você vai precisar apresentar aos seus vendedores duas redes ainda pouco usadas no Brasil: EtherCAT e IO-Link. Quais são os conceitos básicos e as topologias destas redes? Quem são os principais fabricantes de equipamentos para essas redes? Quais são suas principais aplicações?

Você passa os primeiros dias se capacitando e criando uma apresentação em Power Point para criar um reforço visual na

sua apresentação. Você consegue desenvolver os slides com a seguinte sequência:

- Apresentação pessoal, afinal poucos te conhecem.
- Apresentação da empresa, para quando você for apresentar para os clientes.
- IO-Link: histórico.
- IO-Link: conceitos básicos.
- IO-Link: principais aplicações.
- IO-Link: vantagens.
- IO-Link: produtos da RRUM.
- IO-Link: principais concorrentes.
- EtherCAT: histórico.
- EtherCAT: conceitos básicos.
- EtherCAT: Principais aplicações
- EtherCAT: vantagens.
- EtherCAT: produtos da RRUM.
- EtherCAT: principais concorrentes.

Chegou o dia da apresentação. Você apresenta todos os slides e uma giga que criou com uma solução de cada rede de comunicação na mesa para assistirem seu funcionando. Sua apresentação foi um sucesso e você conseguiu um feedback positivo de toda a equipe. Agora é se preparar para o próximo desafio. Será que já vão te enviar para uma apresentação em cliente? Parabéns!

Avançando na prática

IO-Link como Devicebus?

Descrição da situação-problema

Você precisa fazer uma instalação em uma máquina com um CLP, 64 entradas e 48 saídas digitais. É preciso levar em consideração que seu caderno de encargos (produtos que você pode usar, especificado pelo seu cliente) possui dois fornecedores. Você chama

os fornecedores e os dois apresentam suas soluções uma semana depois. A primeira empresa apresenta uma solução que usa uma rede Ethernet Industrial por toda a máquina. A segunda usa Ethernet Industrial até um ponto da máquina e através de IO-Link se conecta a outros módulos. De base apenas destes dados, qual fornecedor você deveria escolher?

Resolução da situação-problema

Você avalia as duas soluções e percebe que a solução com Ethernet Industrial em toda a máquina é um pouco mais cara que a solução com o IO-Link e procura investigar por que existe esta diferença.

Você descobre que as redes mais simples, como o IO-Link, são mais econômicas. Isto faz alguns fornecedores tentarem criar soluções que as usam para economizar. Mas sua diagnose é limitada e para muitos dados, sua velocidade baixa.

Como a disponibilidade e o diagnóstico é importante escolher a solução da primeira empresa.

Na hora do startup da máquina, você se convence que foi a melhor escolha. Afinal, graças aos recursos de diagnóstico, você encontrou sete erros de montagem rapidamente, que poderiam ter sido um grande problema caso tivesse optado pela opção com menor diagnóstico.

Faça valer a pena

1. As redes que pertencem ao conjunto Sensorbus se comunicam diretamente com os dispositivos.

Neste contexto, você afirmaria que:

- I. Essas redes são mais simples, algumas vezes possuem informações de diagnóstico limitadas.
- II. A rede mais conhecida nessa categoria é o ASi que possui comunicação com apenas 16 bits de dados e 8 bits de endereçamento.
- III. A distância de uma rede ASi é limitada a 10 m por segmento.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente a afirmativa I está correta.
- b) Somente a afirmativa II está correta.

- c) Somente a afirmativa III está correta.
- d) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- e) Somente as afirmativas II e III estão corretas.

2. EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) é um protocolo em Ethernet Industrial em tempo real. O principal foco durante o desenvolvimento do EtherCAT foi um rápido tempo de ciclo ($\leq 100 \mu\text{s}$), rápida sincronização ($<1 \mu\text{s}$) e baixos custos de hardware.

Neste contexto, assinale a alternativa correta.

- a) É promovido pela Associação Profibus-Profinet.
- b) Definida na norma EN 50325-4.
- c) Foi originalmente desenvolvido pela Beckhoff Automation.
- d) Não possui módulo IP20.
- e) Não possui módulo IP67.

3. O CANopen é um protocolo aberto, promovido pela CAN-CiA (CAN-CiA, 2017) e os maiores fornecedores de CLPs que usam esse protocolo são Schneider, Eaton e Omron.

Sobre as principais características, você afirmaria que:

- I. A velocidade de dados é intensificada pelo fato da transmissão de dados depender da ocorrência de novos eventos na rede.
- II. Os agentes da rede não possuem o mesmo direito de transmissão.
- III. Topologia de Rede em linha ou com derivações.

Avalie qual a alternativa que atribui corretamente verdadeiro (V) ou falso (F) a cada uma das afirmativas.

- a) V-V-V.
- b) F-V-V.
- c) F-F-V.
- d) F-F-F.
- e) V-F-V.

Seção 3.2

Redes Devicebus e Fieldbus

Diálogo aberto

Você está se aprimorando como gestor de automação e, para isto, já estudou detalhadamente redes Sensorbus na seção passada. Na presente seção é momento de você praticar o uso de redes Devicebus e Fieldbus, de modo que estudaremos os conceitos básicos, as características, as topologias e as aplicações destas redes.

Para isto, considere a situação em que você acabou de ser contratado pela RRUM, um fabricante de componentes para automação industrial. Seu principal produto está na forma de módulos de IO remotos para as principais redes de campo do mercado. Sua função será treinar clientes, vendedores e representantes nas diversas redes de campo. Para isto, você precisa ter profundo conhecimento nestas redes. Afinal, você deve estar preparado para as mais diversas perguntas.

Você desempenhou um excelente papel em seu primeiro treinamento. Mas a comemoração foi curta, você recebeu um novo desafio. O próximo treinamento será destinado para novos colaboradores e você vai precisar esclarecer diferentes tipos de rede. Quais são as principais diferenças entre as redes Fieldbus e Devicebus?

Para ser capaz de responder a este desafio, você verá conceitos básicos, as principais características e topologias de cada uma das redes e estudar em detalhes aplicações envolvendo cada uma delas. Bom trabalho!

Não pode faltar

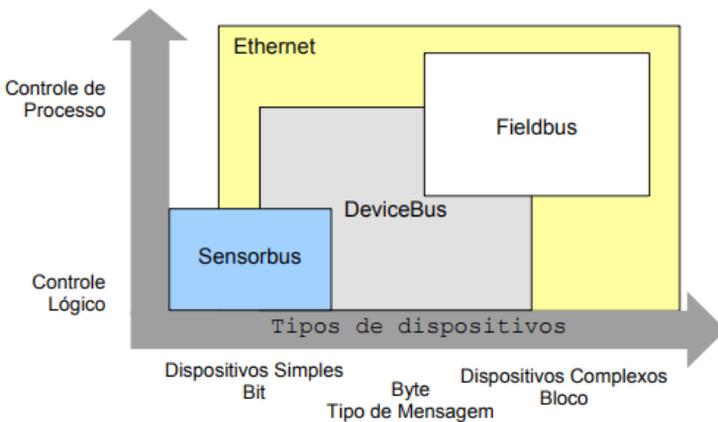
Redes Devicebus e Fieldbus

Caro aluno, como dissemos na última seção, existem diversas redes de campo na indústria. Para estudá-las melhor, podemos separá-las pela camada da pirâmide da automação em que são usadas ou pela aplicação (MORAES e CASTRUCCI, 2010).

Separação de redes

Na Figura 3.10 podemos assimilar mais uma proposta de separação de redes industriais. O mais interessante nesta figura é que existem áreas comuns, em que uma rede pode ser classificada como Sensorbus e Devicebus ao mesmo tempo, ou Devicebus e Fieldbus ao mesmo tempo. Outra característica importante é a apresentação das redes Ethernet industriais que podem ser usadas tanto para controle de processo quanto para controle lógico e que podem ser usadas com uma grande gama de complexidade de dispositivos.

Figura 3.10 | Proposta de separação de redes



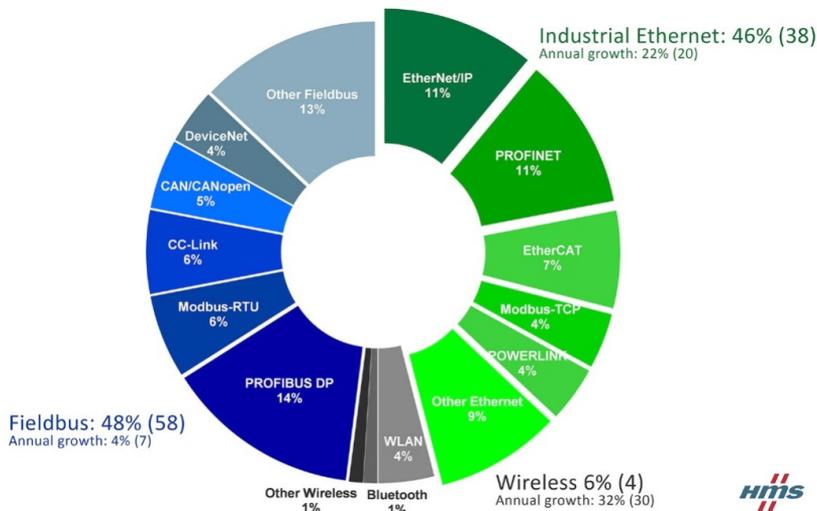
Fonte: <<https://goo.gl/GKnjQU>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Então, nesta divisão, podemos definir que: “Sensorbus ou redes de sensores são redes com velocidade necessária para interligar sensores e atuadores discretos, como cilindros pneumáticos ou sensores de presença” (SEIXAS FILHO, 2002). Seus principais exemplos são ASi, IO-Link e CANopen, explicados na última seção. Devicebus e Fieldbus serão explicadas adiante, nesta seção.

As redes Ethernet Industriais cresceram 22% contra 4% das redes de dispositivos, como mostra a Figura 3.11. Essas redes já não são mais a tendência, mas a atualidade dos dispositivos de campo. Elas podem ser usadas para comunicação entre instrumentos, como as

redes Fieldbus, entre dispositivos, como as redes Devicebus e até se aproximar das redes Sensorbus (SEIXAS FILHO, 2002).

Figura 3.11 | Proporção e crescimento das redes industriais no mundo



Fonte: <<https://goo.gl/uYZemF>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

Devicebus: conceitos básicos, características, topologias

Devicebus ou redes de dispositivos são redes que transportam dados suficientes para fazer a comunicação de dispositivos mais complexos como CLP e inversores de frequência. Seu principal exemplo são Profibus-DP, DeviceNet, CANopen. Repare que CANopen pode transportar 8 bytes por telegrama, logo, pode ser classificado tanto como Devicebus quanto como Sensorbus.

As redes Devicebus transportam alguns bytes, como o CANopen que transporta 8 bytes em um telegrama até muitos bytes, como o Profinet que transporta até 244 bytes por telegrama. Sua velocidade também pode variar. O DeviceNet pode ser configurada em 125, 250 e 250 Kbps e o Profibus entre 9,6 Kbps até 12 Mbps (SEIXAS FILHO, 2002).

Agora, é interessante explicar um pouco sobre as redes Devicebus, mas já falamos um pouco sobre a CANopen na última aula – o DeviceNet será abordado na próxima aula. Nos resta nesta aula falar sobre Profibus.

Segundo a Associação Profibus – a promotora brasileira da rede –, Profibus é o acrônimo de *Process Field Bus*, ou rede de comunicação de processo, em tradução livre. Foi desenvolvido em 1987 e incluída em 1999 na IEC 61158 (SEIXAS FILHO, 2002).



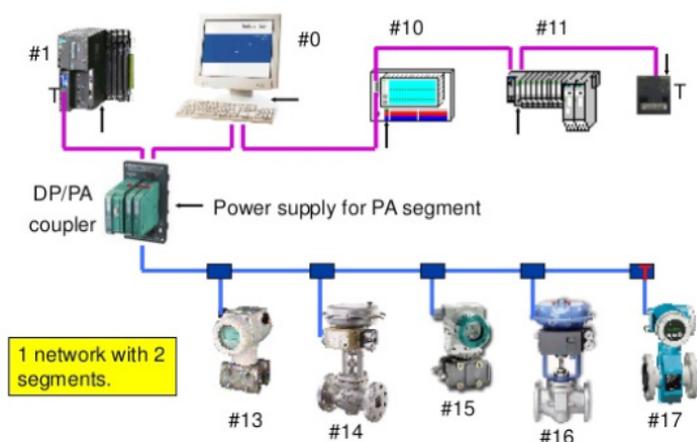
Refleta

A literatura diz que o Profibus possui três versões: Profibus-FMS, Profibus-DP e Profibus-PA, mas apenas os dois últimos foram muito usados. O Profibus-DP é usado em manufatura e o Profibus-PA em indústria de processo, onde existe risco de explosão. O Profibus-PA utiliza os mesmos parâmetros, telegramas, e dados de sua versão DP.

Neste contexto, as duas únicas diferenças é que o PA utiliza um meio físico diferente e sua potência é limitada para evitar que faíscas acidentais causem explosões.

Observando a Figura 3.12, você afirmaria que o Profibus-Pa é dependente de um Profibus-DP?

Figura 3.12 | Arquitetura Profibus DP e Profibus-PA



Fonte: <https://www.slideshare.net/ProfibusUK/practical-stepstoasuccessfulprofibusproject-xiu-ji> Acesso em 20/11/2017.

O Profibus já foi uma das redes mais usadas em automação industrial e, por isso, existem aplicações das mais variadas. Existem aplicações de Profibus DP em centros de usinagem, retíficas e diversas outras máquinas e ferramentas, como injetoras, sopradoras, envasadoras, linhas de embalagem entre outras em indústria de bebidas e alimentos.

Também em *power train* (linha que faz motores e suspensão), bodyshop (carroceria) e pintura em montadoras de veículos. E existe também Profibus em mineradoras, portos, plataformas de petróleo, etc.



Pesquise mais

Caro aluno, para mais informações sobre Profibus, veja uma apresentação da Associação Profibus em: <<http://www.profibus.org.br/images/arquivo/fundamentos-e-tecnologia-do-protocolo-profibus-5445327438e7f.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

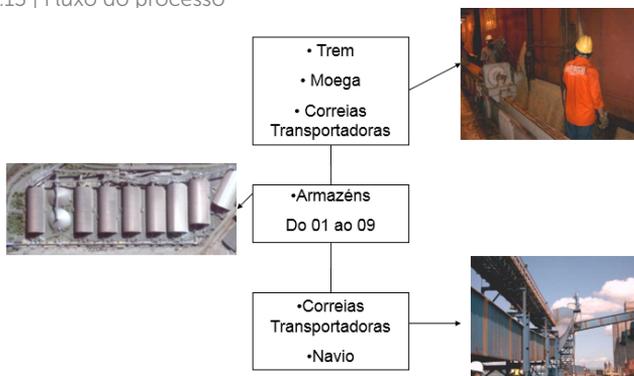
Devicebus: aplicações

Essas redes podem ser usadas para comunicação entre CLPs, entre inversores de frequência e entre IHMs. Mas sua maior aplicação tem longa duração entre Remotas de Campo.

Um dos casos documentados de uma rede DeviceNet é de um porto de cereais, com mais de 40 correias transportadoras (totalizando mais de 10 km), 9 armazéns e mais de 9 mil pontos de entrada ou saída. O objetivo era aumentar a disponibilidade elétrica de 75% para 95%. Foi investido quase R\$60 milhões (referente a 2017) em sua duplicação.

O trem chega na moega carregado de cereais. Em seguida, as comportas dos vagões são abertas, manualmente, o cereal cai em correias transportadoras e é armazenado em silos ou armazéns. Quando o navio aporta, o cereal é novamente transportado até o navio através de correias transportadoras. A Figura 3.13 apresenta o fluxo do processo.

Figura 3.13 | Fluxo do processo

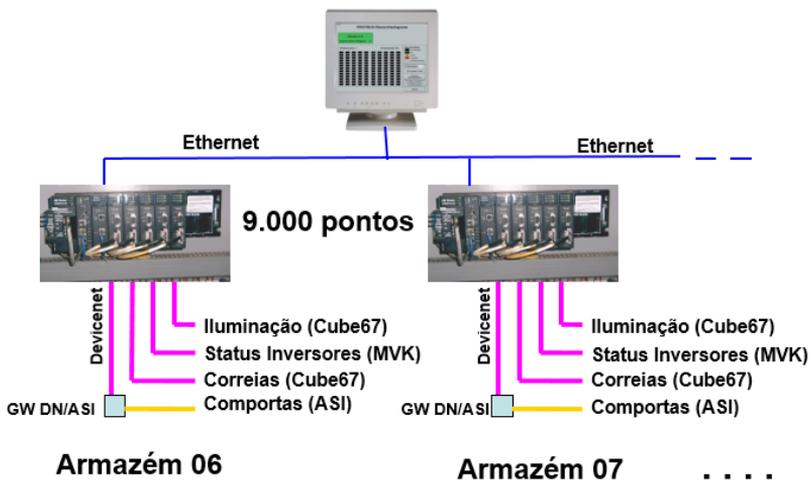


Fonte: Murrelektronik (2017).

Nesta aplicação, foi usado um CLP da GE em cada armazém e CLPs para cada conjunto de 10 correias transportadoras. A Figura 3.14 apresenta a arquitetura de uma parte da aplicação. Veja na figura:

- A comunicação entre CLPs foi feita com Ethernet.
- Foram usadas diversas redes DeviceNet para cada armazém.
- Em uma das redes é instalado um Gateway para ASI.

Figura 3.14 | Arquitetura da aplicação



Fonte: Murrelektronik (2017).

Para deixar a aplicação ainda mais robusta, os 9 mil pontos de entrada e saída ficaram concentrados em caixas com nós de rede espalhadas pela planta, como mostrado na Figura 3.15.

Figura 3.15 | Remotas com nó de rede e módulos de expansão que concentram os pontos



Fonte: Murrelektronik (2017).

Este projeto ajudou a empresa a aumentar a disponibilidade elétrica do porto para 98%, o que significa dizer que a cada 100 horas que o porto estava previsto para funcionar, aconteceu algum problema elétrico em apenas 2 horas.

Fieldbus: conceitos básicos, características, topologias

Fieldbus ou rede de instrumentação são redes que trabalham melhor com sinais analógicos. Cada sinal analógico pode conter até 16 bits e, por isso, os telegramas devem ser maiores. Por outro lado, as variáveis contínua ou analógica (temperatura, vazão, pressão, etc.) demoram mais para alterar. Portanto, as redes Fieldbus podem ser mais lentas, mas devem transmitir mais dados. Suas principais representantes são FoundationFieldbus, Profibus-PA e Hart (SEIXAS FILHO, 2002).

Fieldbus: aplicações

A última aplicação a ser apresentada possui Fieldbus e DeviceBus. Esta empresa é uma mineradora que possui minas, pré-beneficiamento, mineroduto, beneficiamento e porto. A expansão deste processo duplicou sua capacidade e custou R\$ 4 bilhões. É lógico que apenas uma fração deste valor é destinado a automação, aproximadamente 3-4% do investimento total é destinado para automação. O restante é empregado em engenharia e construção civil e engenharia e construção mecânica.

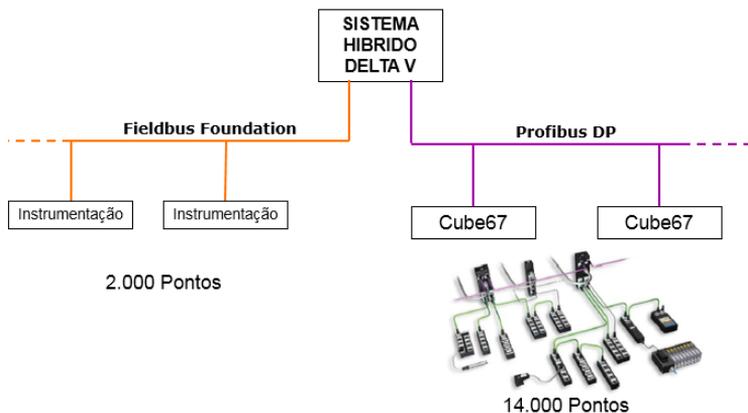


Exemplificando

A aplicação possui 2 mil pontos analógicos de processo, em que foi usado FieldbusFoundation e 14 mil pontos digitais em Profibus, como pode ser vista na arquitetura de rede apresentada na Figura 3.16. Você pode se perguntar o porquê de ser apresentado aqui uma aplicação de Fieldbus em que a aplicação de Devicebus (Profibus) é maior.

Bom, vamos às contas: 1 ponto digital representa 1 bit, logo, 14.000 são 14.000 bits. Já um ponto analógico representa 16 bits, logo 2.000 pontos analógicos são ($16 \times 2.000 = 32.000$) 32.000 bits. Além disso, as malhas em pontos analógicos exigiram, nesta aplicação, um SDCD. O DeltaV da Emerson Process foi o controlador escolhido para a aplicação.

Figura 3.16 | Arquitetura da aplicação



Fonte: Murrelektronik (2017).

Para evitar que o defeito em um equipamento pudesse derrubar toda a rede Fieldbus Foundation, protetores de segmento, como o apresentado na Figura 3.17, foram usados. Um conjunto de dez instrumentos analógico da planta pode ser conectado a um protetor de segmento e este protetor se conecta diretamente com o DeltaV.

Figura 3.17 | Protetores de segmento usados em Fieldbus Foundation



Fonte: <<https://goo.gl/L9vaSN>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

A empresa conseguiu duplicar sua produção, como era o objetivo inicial, melhorou sua manutenção, devido a sua diagnose, e durante muito tempo foi um dos líderes em seu segmento.

Um ponto interessante sobre o quanto essa classificação pode ser interessante para a apresentação didática, mas um pouco dúbia para a

prática é que, depois dessa duplicação, a empresa citada realizou uma nova expansão da planta e optou por não utilizar FoundationFieldbus e deixar toda a informação em Profibus, já que para o controlador as informações seriam as mesmas e a padronização poderia trazer ganhos com estoque e treinamento.

Sem medo de errar

Nesta seção foram apresentadas aplicações de redes Devicebus e Fieldbus. Para você entender como estes conceitos são importantes na sua vida profissional, considere a situação em que você foi contratado há algumas semanas pela RRUM, um fabricante de componentes para automação industrial. Seu principal produto está na forma de módulos de IO remotos para as principais redes de campo do mercado. Sua função será treinar clientes, vendedores e representantes nas diversas redes de campo. Para isto, é preciso ter profundo conhecimento nestas redes, afinal você deve estar preparado para as mais diversas perguntas. Há duas semanas você fez um treinamento sobre IO-Link e sobre Ethercat.

Você desempenhou um excelente papel em seu primeiro treinamento. Mas a comemoração foi curta, você recebeu um novo desafio. O próximo treinamento será destinado para novos colaboradores e você vai precisar esclarecer diferentes tipos de rede. Quais são as principais diferenças entre as redes Fieldbus e Devicebus?

Dois dias antes do treinamento você se reuniu com seu gerente e apresentou uma sugestão de treinamento com o seguinte roteiro:

- Slide 1 – Diagrama com divisão entre os tipos de rede (Sensorbus, Devicebus, Fieldbus e Ethernet).
- Slide 2 – Breve explicação de Sensorbus.
- Slide 3 – Explicação aprofundada de Devicebus.
- Slide 4 – Exemplos de redes Devicebus.
- Slide 5 – Aplicações de redes Devicebus.
- Slide 6 – Explicação aprofundada de Fieldbus.
- Slide 7 – Exemplos de redes Fieldbus.
- Slide 8 – Aplicações de rede Fieldbus.
- Slide 9 – Principais diferenças entre redes Devicebus e Fieldbus.

Seu gerente aprovou sua apresentação de quase uma hora, houve interesse do público e diversas perguntas. No nono slide você repassou os principais pontos e as diferenças entre os dois tipos de rede:

- Devicebus é melhor com pontos digitais/sistemas a eventos discretos, já Fieldbus com pontos analógicos/sistemas contínuos.
- Devicebus possui uma taxa de transmissão mais rápida que Fieldbus.
- Se você tem área com risco de explosão, Fieldbus é mais indicada.
- Se você possui mais instrumentos de processo, Fieldbus deve te atender melhor.

Ao final do treinamento, você aplicou um pequeno teste para verificar o conhecimento do público, bem como uma pesquisa do seu desempenho e seu treinamento foi muito bem avaliado. Parabéns, você cumpriu mais esse desafio. Vamos para o próximo!

Avançando na prática

Que tipo de rede utilizar?

Descrição da situação-problema

Você é responsável por novos projetos na CSB Papel e Celulose. Você está projetando uma expansão na empresa. Você já especificou o controlador, um SDCD da Yokogawa, chamado DC3000, bem como já especificou os instrumentos e os módulos de rede que vai utilizar. Você possui 5.050 pontos digitais entre válvulas e sensores e 986 instrumentos analógicos. Quais redes de campo você escolheria?

Resolução da situação-problema

No projeto existem três prédios com plantas diferentes, então, mesmo se usar um único protocolo, você sabe que não poderá ter o mesmo segmento de rede em toda a planta. Como você usará diversos segmentos, pense na possibilidade de utilizar dois protocolos diferentes. Então você estuda o projeto e percebe que

todos os instrumentos utilizados podem ser especificados com comunicação em Hart, Fieldbus Foundation ou Profibus-PA e que os módulos de rede podem ser DeviceNet, Profibus-DP, Profinet e Ethernet/IP e seu controlador suporta Profibus-DP, Modbus RTU, Profibus-PA, Fieldbus Foundation ou Hart.

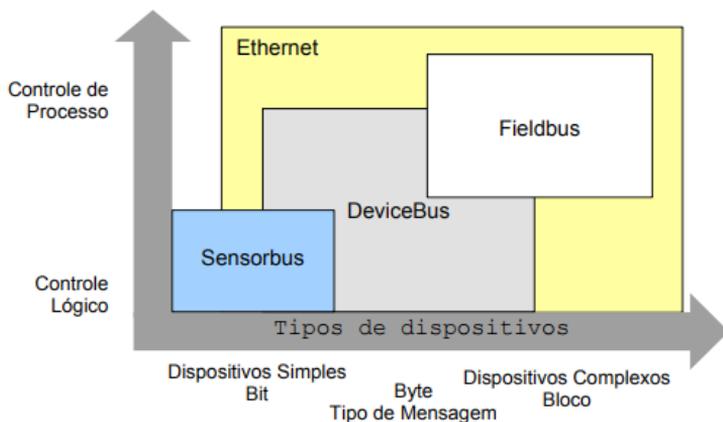
Para criar uma aplicação mais simples, você decide usar módulos de rede Profibus-DP para os pontos digitais e Profibus-PA para os módulos analógicos. Desta maneira você pode ter um único cabo saindo do SDCD e indo até os módulos digitais, próximo aos instrumentos analógicos existe um conversor para Profibus-PA. Desta maneira você conseguiu diminuir o número de segmentos de redes, necessidade de treinamento da equipe e conseguiu aumentar a disponibilidade da planta.

Parabéns! Você conseguiu atender os requisitos e pode finalizar o projeto de engenharia para atender o cronograma.

Faça valer a pena

1. Considere a figura a seguir, bem como as afirmações I, II e III:

Figura 3.10 | Proposta de separação de redes



Fonte: <<https://goo.gl/GKnjQU>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

- I. Existem áreas comuns, em que uma rede pode ser classificada como Sensorbus e Devicebus.
- II. As redes Ethernet não podem ser utilizadas para controle de processos.
- III. As redes DeviceBus não podem ser utilizadas para controle lógico.

Assinale a alternativa que associa corretamente V (Verdadeiro) ou F (Falso) às três afirmativas propostas.

- a) V-V-V.
- b) V-V-F.
- c) V-F-F.
- d) F-F-F.
- e) V-F-V.

2. O Profibus já foi uma das redes mais usadas em automação industrial e, por isso, existem aplicações das mais variadas. Uma classe de exemplos muito conhecida consiste em aplicações de Profibus DP em Centros de usinagem, retíficas e diversas outras máquinas ferramentas.

Neste contexto, assinale a alternativa correta.

- a) DeviceNet pode ser configurada entre 9,6 Kbps até 12 Mbps.
- b) Profibus pode ser configurada em 125, 250 e 500 Kbps.
- c) CANopen pode transportar 8 bytes por telegrama, logo, não pode ser classificado tanto como Devicebus quanto como Sensorbus.
- d) Profibus-DP não é exemplo de Devicebus.
- e) Devicebus permite a comunicação de dispositivos mais complexos como CLP e inversores de frequência.

3. Com relação às redes Fieldbus ou rede de instrumentação, considere as afirmações I, II e III:

- I. São redes que trabalham melhor com sinais analógicos.
- II. Cada sinal analógico pode conter até 32 bits e por isso os telegramas devem ser maiores.
- III. As redes Fieldbus podem ser mais lentas, mas devem transmitir mais dados.

Avalie as afirmações I, II e III e assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III estão corretas.
- b) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- c) Somente as afirmativas II e III estão corretas.
- d) Somente a afirmativa I está correta.
- e) Somente a afirmativa II está correta.

Seção 3.3

Rede DeviceNet/Ethernet/IP

Diálogo aberto

Você está se aprimorando como gestor de automação e, para isto, já estudou detalhadamente redes Sensorbus, Devicebus e Fieldbus. Na presente seção é momento de você praticar o uso de redes DeviceNet e Ethernet/IP, de modo que estudaremos os conceitos básicos, as características, as tipologias e as aplicações destas redes.

Você está em um processo de capacitação para reconhecimento das características fundamentais de diferentes protocolos de redes industriais e quais são as principais vantagens e desvantagens de cada um deles em aplicações reais.

Para isto, você foi contratado pela RRUM, um fabricante de componentes para automação industrial, e deve continuar com sua tarefa de treinamento de diferentes clientes e profissionais que atuam na área de automação.

Sua última apresentação foi muito elogiada. Por isso, você foi enviado para outro Estado para ajudar um cliente a resolver um problema. Atualmente, ele usa DeviceNet e possui problemas de oscilação da rede. O cliente acredita que a rede Ethernet/IP pode resolver seus problemas. A rede Ethernet/IP é mais robusta que a DeviceNet?

Você deve visitá-lo, apresentar a diferença entre as redes e orientá-lo se a rede Ethernet/IP resolverá seus problemas.

Com isto, você será capaz de analisar diferentes protocolos de redes industriais para diferentes aplicações.

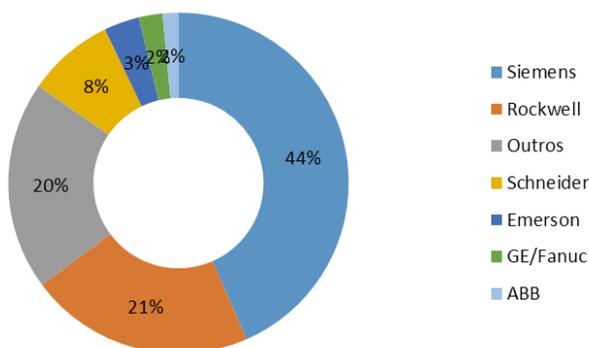
Desta forma, você irá expandir ainda mais sua capacidade de analisar protocolos de redes industriais para diferentes sistemas produtivos levando em consideração a complexidade de seus elementos e as tecnologias oferecidas por diferentes fornecedores reconhecidos na área de soluções para automação.

Bons estudos!

Rede DeviceNet / Ethernet/IP

Chegamos a uma importante seção. Como podemos ver na Figura 3.18, os maiores fabricantes de CLP para a indústria de automação são a Siemens e a Rockwell. A Siemens trabalha com redes Profinet e Profibus. Já a Rockwell com Ethernet/IP e DeviceNet. Nesta seção vamos estudar DeviceNet e como a Ethernet/IP foi a rede Ethernet Industrial de implementação mais rápida no Brasil.

Figura 3.18 | Maiores fabricantes de controladores no Brasil

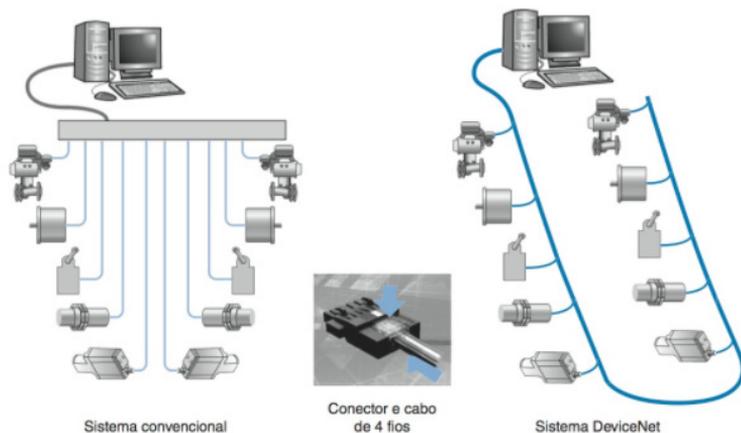


Fonte: <<http://blog.murrelektronik.com.br/fabricantes-de-clps>> Acesso em: 1 dez. 2017.

Rede DeviceNet: conceitos básicos, características, topologias

DeviceNet é uma rede aberta classificada normalmente como Devicebus, como visto na última seção. Essa rede é mais lenta que redes mais modernas como Ethernet, mas como não precisa transmitir muitos dados cumpre bem sua função, que é estabelecer a comunicação entre CLP e módulos de IO Remoto no campo (PETRUZELLA, 2014). Foi uma das primeiras redes industriais largamente utilizadas na manufatura, por isso é muito comparada com o conceito de instalação paralelo, como pode visto na Figura 3.19. O cabo DeviceNet possui 4 vias, duas para alimentação e duas para comunicação. Desta forma, economiza tempo de cabeamento, reduzindo drasticamente outros custos de integração (PETRUZELLA, 2014).

Figura 3.19 | Comparação entre um conceito de instalação paralelo e DeviceNet



Fonte: Petruzella (2014, p. 309).



Assimile

Caro aluno, para usar o protocolo DeviceNet em um CLP Rockwell é necessário colocar um scanner em seu rack, como na Figura 3.20 do scanner da Rockwell para o CLP Compact Logix. O scanner tem a função de (PETRUZELLA, 2014):

- Monitorar o estado dos dispositivos e informar ao controlador.
- Armazenar dados de configuração.
- Ler as entradas dos dispositivos e informar o controlador.
- Escrever as saídas de um dispositivo conforme informação do controlador.

Figura 3.20 | Scanner para CLP Compact Logix



Fonte: <<http://indianaindustrialllc.com/product/allen-bradley-1769-sdn-ser-b-frn-2-1-compact-i-o-devicenet-scanner-micrologix/>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

A rede DeviceNet suporta até 64 nós e o comprimento máximo do cabo varia com o tipo de cabo (grosso ou fino) e com a velocidade de transmissão da rede. Veja o Quadro 3.1:

Quadro 3.1 | Comprimento máximo da rede DeviceNet em função da velocidade de transmissão

Velocidade de transmissão	Distância Máxima (Cabo Grosso)	Distância Máxima (cabo Fino)	Comprimento da derivação	
			Máxima	Acumulada
125Kbps	500m	100m	6m	156m
250Kbps	250m	100m	6m	78m
500Kbps	100m	100m	6m	39m

Fonte: <http://www.kalatec.com.br/clp_devicenet/>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Rede DeviceNet: aplicações

Existem aplicações de rede DeviceNet em máquinas, em robôs, na indústria automobilística, em mineradoras e em diversos outros lugares na indústria. A aplicação apresentada para você é em uma empresa de saneamento básico na Inglaterra, conforme mostrado no item Exemplificando.



Exemplificando

A Severn Trent Water é a segunda maior companhia de tratamento de água no Reino Unido. Ela abastece mais de 3,7 milhões de casas e escritórios. A empresa entrega quase dois bilhões de litros de água tratada por mês através de 46.000 km de tubulações. Aproximadamente 91.000 km de tubos levam o esgoto para mais de 1 mil estações de tratamento (ROCKWELL, 2017).

A empresa precisava mudar os painéis de lugar e aproveitou a oportunidade para repensar a solução anterior. Os desafios mais básicos de uma companhia de saneamento estão ligados às bombas. Essas bombas possuem grandes motores que precisam de CCMs (Centro de Controle de Motores).

Os CCMs são painéis, normalmente divididos em gavetas e muito usados em toda a indústria. Muitas empresas, inclusive, possuem o painel de CCM como um produto de catálogo que pode ser especificado em função da potência do motor.

A empresa decidiu utilizar CLP da Rockwell, Ethernet para os inversores de frequência (usado nos motores que variam a velocidade) e uma remota DeviceNet IP20 para controlar os contatores no painel de CCM (usado nos motores que possuem velocidade fixa).

Figura 3.21 | Painéis usados na Severn Trent Water



Fonte: <<https://goo.gl/iLPtLT>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Com a redução de tamanho, alojamento e demais despesas, o custo total do projeto ficou 23% menor que o projeto anterior. O uso das redes de campo DeviceNet e Ethernet também trouxeram uma redução de custo na instalação do CLP.

O cliente Chris Webb ainda comenta: "As redes utilizadas no CCM são muito úteis e flexíveis. Por que usar uma rede fechada quando existem poderosas redes abertas por aí?".

Rede Ethernet/IP: conceitos básicos, topologia

O padrão TCP/IP surgiu no meio industrial por volta dos anos 2000. Seu início na indústria se deve ao uso em etapas mais altas da pirâmide da automação. Então, a Ethernet (antiga Ethernet TCP/IP) foi usada para interligar o ERP ao MES, depois o MES ao SCADA e depois o SCADA ao CLP. Nesse momento, surgiu a necessidade de criar padrões Ethernet industriais (LUGLI e SANTOS, 2009).

As principais diferenças entre o Ethernet TCP/IP e o Ethernet industrial são:

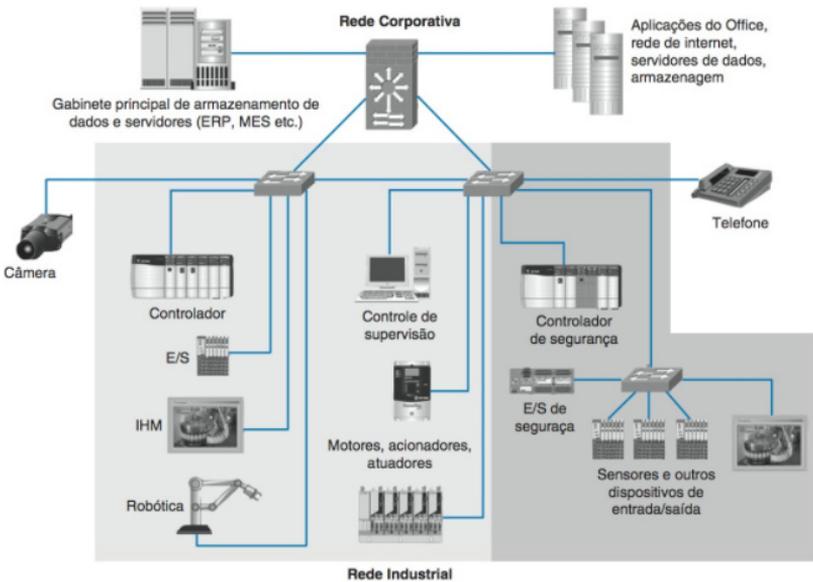
- Ethernet industrial é determinístico e o TCP/IP é probabilístico.
- Ethernet industrial possui cabos com malha e o conector pode ser RJ45 ou M12.

As principais redes Ethernet Industrial são Profinet, Ethernet/IP e Ethercat. A Ethernet/IP foi desenvolvida pela ODVA (2017), e a empresa que mais o divulga é a Rockwell. O termo IP significa Industrial Process; não confunda com o IP do TCP/IP. A Ethernet/IP é um protocolo de rede industrial e se baseia na arquitetura TCP/IP.

Tanto o Ethernet/IP quanto o DeviceNet utilizam um protocolo chamado de CIP. O CIP também é administrado pela ODVA, mas não é usado por outras redes Ethernet Industriais, o que não permite que essas redes (Profinet, Ethercat, etc.) se comuniquem entre si, apesar de usarem o mesmo meio físico.

A topologia do Ethernet/IP pode ser em linha, mas é muito usada a topologia em estrela com os switches fazendo a função de nós, como podemos ver na Figura 3.22.

Figura 3.22 | Arquitetura rede Ethernet/IP



Fonte: Petruzella (2014, p. 312).

A velocidade desta rede é muito maior que da rede DeviceNet, mas o comprimento máximo do segmento entre switches ou dispositivos do meio físico em cobre é menor.



Refleta

Veja no Quadro 3.2 a respeito de redes Ethernet/IP:

Quadro 3.2 | Comprimento total da rede em função do meio físico

TIPO DE CABO	VELOCIDADE DA REDE (MBPS)	DISTÂNCIA MÁXIMA SEM REPETIDOR (METROS)
Par trançado blindado 10BASE-T	10	100
Par trançado blindado 100BASE-T	100	100
Par trançado blindado 1000BASE-T	1000	100
Fibra óptica 10BASE-FL	10	2000
Fibra óptica 100BASE-FL	100	2000

Fonte: Lugli e Santos (2009, p. 142).

Aqui a distância máxima entre dispositivos depende do meio físico usado, para cobre é 100 m e para fibra ótica até 2.000 m.

Você concluiria que estes dados justificariam o uso de fibra ótica em mais aplicações do que ocorria com o DeviceNet?

Rede Ethernet/IP: aplicações

Para aumentar a capacidade do porto de São Luiz, a Vale do Rio Doce investiu R\$ 3,9 bilhões no projeto Capacitação Logística Norte para alcançar 150 milhões de toneladas de capacidade de embarque, ou CLN150, como o projeto foi conhecido (REVISTA FATOR BRASIL, 2017). O projeto compreendeu de dois viradores de vagões (máquina que vira o vagão de cabeça para baixo para retirar o minério de dentro), dois pátios de estocagem de minério de ferro, uma empilhadeira (máquina que cria uma pilha de minério), duas recuperadoras (máquina que recupera o minério da pilha, veja uma dessas na Figura 3.23), carregador de navios (máquina que coloca o minério no navio) e correias transportadoras.

Figura 3.23 | Recuperadora em um pátio de minério



Fonte: <<https://goo.gl/HNXtFk>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Para esta aplicação, a Vale padronizou o uso de CLP da Rockwell Control Logix, redes industriais Ethernet/IP e IO Remoto Cube67 da Murrelektronik.

Figura 3.24a | Solução da Vale para o projeto CLN150



Fonte: <<https://goo.gl/VsoHPG>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Figura 3.24b | Solução da Vale para o projeto CLN150



Fonte: <<https://goo.gl/mWC5AF>>. Acesso em: 1 dez. 2017.



Você pode aprender nesta seção mais detalhes sobre a utilização de diferentes redes industriais para integração de sistemas.

Leia o artigo disponível no link a seguir da Revista Controle & Instrumentação:

<http://www.controleinstrumentacao.com.br/arquivo/ed_203/cv1.html>. Acesso em: 12 mar. 2018.

Sem medo de errar

Apenas recapitulando: você foi contratado há pouco pela RRUM, uma multinacional alemã que fornece produtos de automação industrial. Você já fez dois treinamentos e foi muito elogiado. O primeiro sobre IO-Link e Ethercat e o segundo sobre Devicebus, as redes usadas entre dispositivos.

Agora seu desafio é um pouco maior. Você precisa visitar um cliente em outro Estado e dar seu parecer técnico. Hoje, ele usa DeviceNet e possui problemas de oscilação da rede. O cliente acredita que a rede Ethernet/IP pode resolver seus problemas. Em sua preparação, você cria algumas hipóteses sobre o motivo da oscilação da rede DeviceNet:

- Problema de montagem de conector ou resistor de terminação.
- Alto nível de ruído eletromagnético.
- Erro de especificação da rede.
- Problema com desgaste de cabos e instalação.

Você chega ao cliente e, antes de apresentar ou fazer um treinamento, pede para visitar a planta. Você nota:

- A aplicação é um pouco antiga, mas bem conservada.
- Existem grandes motores.
- Conectores estão bem montados.
- Resistores estão presentes.

Ao voltar para a sala de treinamento, você faz uma apresentação sobre DeviceNet e sobre Ethernet/IP. Você destaca que:

- Ethernet/IP é um protocolo mais moderno e é a grande tendência.
- O meio físico fibra ótica suporta maiores níveis de EMC que os cabos.
- A padronização Ethernet Industrial facilita a atualização da planta.
- Não necessita de resistores.
- Por tudo isso, o Ethernet/IP tem menos falhas que o DeviceNet.

Todos ficaram contentes com o seu treinamento e ficou bem claro para seu cliente que o Ethernet/IP deve ser o padrão para novas aplicações. Mas o que fazer com o DeviceNet já instalado?

Você apresenta ao cliente que em uma planta industrial normalmente existem muitos problemas e para encontrar e resolver todos, é necessário uma metodologia. Você propõe para o cliente realizar visitas mensais e o preenchimento de um relatório, baseado na metodologia científica, com os seguintes pontos:

- 1) Observações.
- 2) Hipóteses.
- 3) Testes Propostos.
- 4) Próximas ações (responsáveis e prazos).

Desta forma, as observações dos problemas e o que aconteceu em cada ação são relatadas no ponto 1). No ponto 2) são criadas hipóteses que podem estar gerando os problemas apresentados no primeiro capítulo. Na terceira parte são sugeridos testes que refutem ou reforcem a hipóteses e por fim na quarta parte os testes ou ações de melhorias para os próximos 30 dias são planejadas.

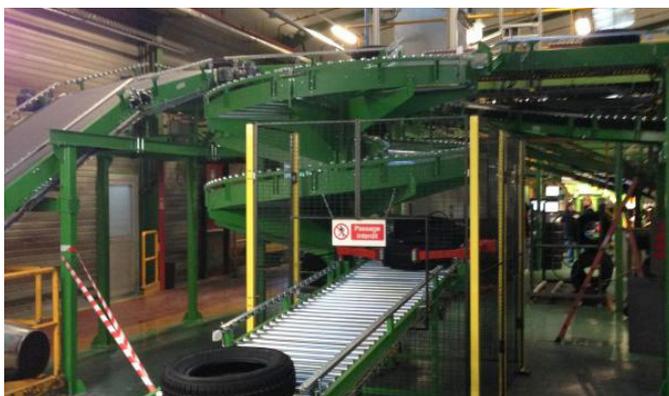
Você propõe que este modelo seja executado por seis meses para que os problemas sejam encontrados e resolvido. Seu cliente concorda e vocês já agendam as visitas dos próximos 6 meses. Parabéns! Mais um grande desafio cumprido em sua carreira!

Qual meio físico especificar na Nilehchim?

Descrição da situação-problema

A Nilehchim é um fabricante de pneus e está reformando a linha de transportadores da Figura 3.25. Serão trocados os painéis elétricos, o controlador e os sensores. O objetivo é aumentar a velocidade da linha em 10%. A rede industrial utilizada é Ethernet/IP. Pode ser usado como meio físico cabo ou fibra ótica. Qual você vai especificar?

Figura 3.25 | Linha de transporte de pneus



Fonte: <<https://goo.gl/rgJ57k>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Resolução da situação-problema

A fibra ótica é mais cara e sua instalação e manutenção são mais trabalhosas. Sua vantagem é o uso em grandes distâncias e a maior robustez em relação ao nível do ruído eletromagnético (EMI).

Você verifica que a aplicação possui sensores e atuadores não muito distantes, e que os motores usados não são muito grandes, e também não existem fornos de indução ou outros equipamentos que gerariam grandes níveis de ruído eletromagnético.

Você especifica cabo de cobre como meio físico e solicita que a equipe de instalação teste o aterramento, para melhorar a compatibilidade eletromagnética da rede. Parabéns por mais uma etapa concluída!

Faça valer a pena

1. _____ foi uma das primeiras redes industriais largamente utilizadas na _____, por isso é muito comparado com o conceito de instalação _____. O cabo _____ possui 4 vias, duas para alimentação e duas para comunicação, desta forma, economiza tempo de cabeamento, reduzindo drasticamente outros custos de integração.

Assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente.

- a) Compact; manufatura; coaxial; Compact.
- b) DeviceNet; indústria de processos; paralelo; DeviceNet.
- c) DeviceNet; manufatura; coaxial; DeviceNet.
- d) DeviceNet; manufatura; paralelo; DeviceNet.
- e) Compact; indústria de processos; paralelo; DeviceNet.

2. A Ethernet/IP foi desenvolvida pela ODVA, a empresa que mais o divulga é a Rockwell. Neste contexto, considere as afirmações I, II e III:

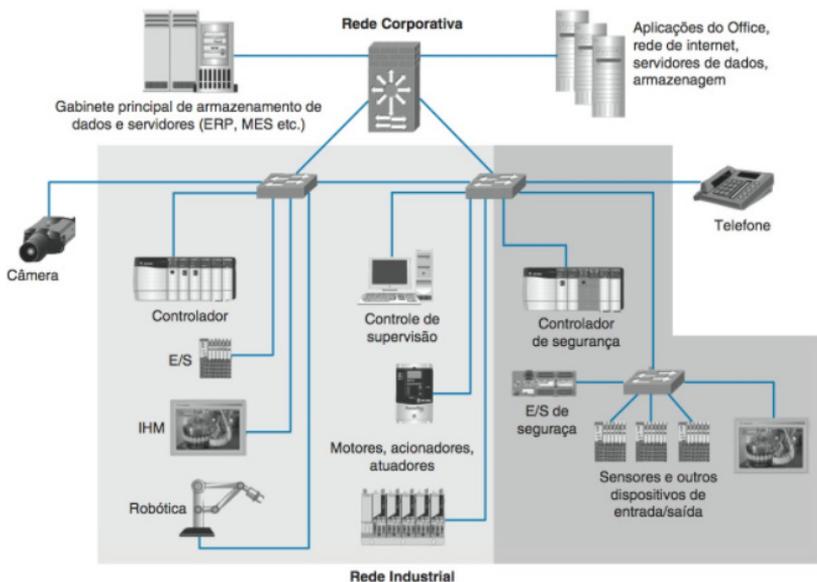
- I. A Ethernet/IP é um protocolo de rede industrial e se baseia na arquitetura TCP/IP.
- II. Tanto o Ethernet/IP quanto o DeviceNet utilizam um protocolo chamado de CIP.
- III. Tanto o Ethernet/IP quanto o DeviceNet não se baseiam na arquitetura TCP/IP.

Analise as afirmações acima e assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) As afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) As afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Somente a afirmativa III é verdadeira.

3. A Figura 3.26 representa a arquitetura de uma rede Ethernet/IP.

Figura 3.26 | Rede Ethernet/IP



Fonte: Petruzella (2014, p. 312).

Considerando este contexto, analise as afirmações I, II e III:

- I. A velocidade desta rede é muito maior que da rede DeviceNet.
- II. O comprimento máximo do segmento entre switches ou dispositivos do meio físico em cobre é maior.
- III. É uma topologia em estrela com os switches fazendo a função de nós.

Assinale a alternativa que atribui corretamente V (Verdadeiro) ou F (Falso).

- a) V-F-V.
- b) F-V-V.
- c) V-F-F.
- d) F-V-F.
- e) F-F-F.

Referências

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS. Disponível em: <<http://www.profibus.org.br/io-link>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

CAN-CiA. **CAN in Automation**. Disponível em: <<https://www.can-cia.org/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

CASSIOLATO, César. Redes Industriais. In: **SMAR**. Disponível em: <<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index150.html>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

EtherCAT. **EtherCAT Technology Group**. Disponível em: <https://www.ethercat.org/en/tech_group.html>. Acesso em: 20 nov. 2017.

IO-LINK CONSORTIUM. **IO-Link**. Disponível em: <<http://www.io-link.com/en/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

JANSEN, D.; BÜTTNER, H. Real-Time Ethernet the EtherCAT solution. In: **IEE Computing & Control Engineering**. 2004.

LUGLI, A. B., SANTOS, M. D. **Sistemas FIELDBUS para automação industrial: DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet**. São Paulo: Érica, 2009.

MORAES, C. C., CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de automação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2010.

MURRELEKTRONIK. **O que é IO-Link?** Que novidade é essa? Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/o-que-e-io-link/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

_____. **Manual Cube67+ BN-E/IP**. Zurich, 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjVqpesqbrXAhXRnJAKHRy1DkAQFggpMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.murrelektronik.com%2Ffileadmin%2FUSERDATA%2FDownloads%2FEnglish%2FManuals%2F56525_hdb_e_15.pdf&usq=AOVaw3leoz5owJQiEpOt-_Hy_Ng>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MURRELEKTRONIK-2. **Protocolos de redes, conheça-os – CANOpen**. Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/protocolos-de-redes-canopen/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ODVA. **Ethernet/IP**. Disponível em <<https://www.odva.org/Technology-Standards/EtherNet-IP/Overview>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

PETRUZZELLA, F. D. **Controladores lógicos programáveis**. 4ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

REVISTA FATOR BRASIL. **Vale realiza primeiro teste com carga no maior navio mineraleiro do mundo em novo píer no Maranhão**. Disponível em: <<http://www.revistafatorbrasil.com.br/imprimir.php?not=245583>>. Acesso em: 5 dez. 2017.

ROCKWELL. **Severn Trent Water Adopts Innovative Approach to Plant Upgrade**. Disponível em <<https://www.rockwellautomation.com/global/news/case-studies/detail.page?pagetitle=Severn-Trent-Water-Adopts-Innovative-Approach-to-Plant-Upgrade-%7C-Case-Study-%7C-Rockwell>>

Automation&content_type=casestudy&docid=d607cadedf613595d9f02533f4bbd5d0>. Acesso em: 5 dez. 2017.

SEIXAS FILHO, Constantino. Arquiteturas de sistemas de automação: uma introdução. Belo Horizonte: UFMG, 2002. Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/PaginalI/Download/DownloadFiles/Arquitetura.PDF>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

Redes de computadores com aplicação industrial

Convite ao estudo

Na unidade anterior, você foi colocado diante de situações em que pôs em prática todo o conhecimento que adquiriu a respeito de redes industriais.

Esse conhecimento que você construiu causou um diferencial em você e agora já é capaz de discernir entre diferentes opções que podem ser projetadas para a solução de problemas em sistemas produtivos.

Você foi evoluindo e este é o momento para você expandir o seu conhecimento sobre redes considerando sistemas computacionais. Para isso, você será convidado a refletir sobre como as redes são organizadas e conhecer em detalhes o modelo OSI (*Open System Interconnection*) que é suporte para uma variedade de redes.

Será capacitado também a respeito do modelo de referência TCP/IP que reúne um conjunto de protocolos que permitem a execução de vários serviços na internet.

Por fim, você será capacitado para atentar ao problema de segurança em redes para que você possa ter consciência de quais são os possíveis ataques que são praticados e as principais políticas de segurança.

Para isso, vamos trabalhar com uma situação hipotética na qual você, projetista da rede de comunicação na Borg Máquinas Ferramentas, um fabricante de máquinas, foi designado para projetar um novo torno. Os fabricantes de máquinas estão sofrendo forte concorrência das máquinas

importadas. A área mecânica te enviou os projetos conceituais mecânicos e você deve definir os conceitos das redes de campo da máquina. O novo torno possui equipamentos que necessitam de 17 entradas digitais (DI) e 9 saídas analógicas (DO) no Painel Central, 13 DI e 12 DO no Cabeçote Móvel, 16 DI e 13 DO no Cabeçote fixo e 43 DI e 9DO no Painel de Operação. A máquina deve ser mais econômica para enfrentar os concorrentes, além disso, ela deve oferecer mais benefícios para os clientes finais, a fim de ganhar mercado.

Quais são os benefícios para os clientes finais se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo OSI?

Quais são os benefícios para seus clientes se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo TCP/IP?

Quais cuidados para a segurança de rede você deve tomar?

Parabéns pela sua perseverança até o momento!

Agora você está na reta final.

Bom estudo.

Seção 4.1

Modelo OSI

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção, vamos estudar as características principais do modelo OSI, as camadas física e de enlace de dados, as camadas de rede e de transporte e as camadas de sessão, apresentação e aplicação.

Assim, você está avançando no sentido de ser capacitado para analisar como deve ser estruturado o modelo de uma rede de comunicação utilizando como padrão o modelo OSI de sete camadas.

Os fabricantes de máquinas estão sofrendo forte concorrência das máquinas importadas. Vamos trabalhar com uma situação hipotética na qual você, projetista da rede de comunicação na Borg Máquinas Ferramentas, um fabricante de máquinas, foi designado para projetar um novo torno. A área mecânica te enviou os projetos conceituais mecânicos e você deve definir os conceitos das redes de campo da máquina. O novo torno possui equipamentos que necessitam de 17 entradas digitais (DI) e 9 saídas analógicas (DO) no Painel Central, 13 DI e 12 DO no Cabeçote Móvel, 16 DI e 13 DO no Cabeçote fixo e 43 DI e 9DO no Painel de Operação. A máquina deve ser mais econômica para enfrentar os concorrentes, além disso, ela deve oferecer mais benefícios para os clientes finais, para ganhar mercado.

Você é projetista em um grande fabricante de máquinas ferramenta e está definindo os conceitos da rede de campo de um novo torno para competir com máquinas importadas. Quais são os benefícios para os clientes finais se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo OSI?

Para que você esteja capacitado a responder a este desafio você vai estudar detalhadamente as sete camadas e investigar a função de cada uma delas e como elas estão inter-relacionadas para efetivar a comunicação entre dois usuários de uma rede de comunicação em que há um transmissor e um receptor que interagem dinamicamente.

Bom estudo!

Não pode faltar

Características principais do modelo OSI

Em um sistema computacional formado por vários elementos capazes de realizarem processamento de dados existe um processo de transmissão de dados que foi dividido em partes.

Para integrar os diversos componentes que são integrados por uma rede foi necessário padronizar cada uma das partes que compõem esse processo.

Nesse contexto, a ISO (*International Standard Organization*) definiu o modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), que estabelece o que deve ser executado em cada etapa do processo de transferência dos dados (SOUSA, 2009).

Com esse processo em execução torna-se possível implementar soluções de hardware e de software para compor a rede.

Ainda que diversas propostas de padronização tenham sido elaboradas, o padrão OSI proposto pela ISO é o modelo que prevalece mundialmente.



Assimile

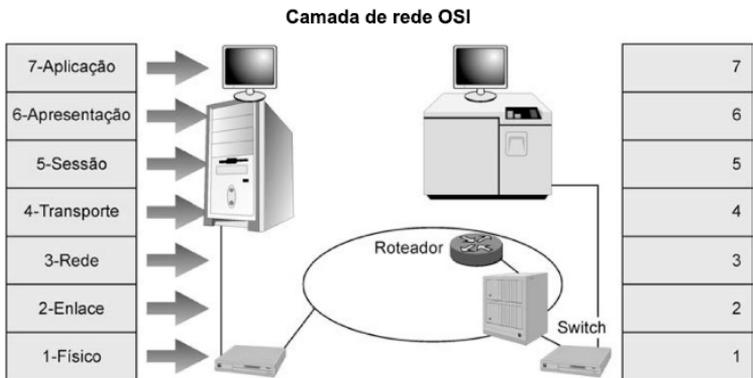
As sete camadas

A Figura 4.1 ilustra os sete níveis propostos no modelo OSI (SOUSA, 2009). São eles:

- Nível 7– Aplicação – responsável por fazer a interface entre o protocolo que você estiver utilizando e o aplicativo que solicitou ou receberá uma determinada informação por meio da rede. Exemplo: para você baixar um e-mail, seu servidor de e-mail é que entrará em contato com o protocolo de rede para efetuar o pedido.
- Nível 6 – Apresentação – vai converter o formato do dado recebido da camada superior de aplicação em um formato comum que pode ser entendido pelo protocolo.
- Nível 5 – Sessão – usada para permitir que duas aplicações em computadores diferentes estabeleçam uma sessão de comunicação.

- Nível 4 – Transporte – controla a transmissão dos pacotes de dados para efetivar a comunicação na sessão.
- Nível 3 – Rede – responsável pelo endereçamento dos pacotes, isto é, converte os endereços lógicos em endereços físicos. Para isso, estabelece uma rota para o tráfego de dados.
- Nível 2 – Enlace de dados - transforma os pacotes de dados, recebidos do nível de rede, em quadros. Por sua vez, o quadro criado por esta camada é enviado para a camada física.
- Nível 1 – Física – esta camada pega os quadros da camada anterior e transforma esses dados em sinais que vão depender da natureza do meio através do qual ocorre o fluxo dos sinais. Exemplos: (i) se este meio pode ser elétrico, os sinais 0 e 1 devem ser convertidos em pulsos elétricos; (ii) se este meio for óptico, então haverá uma conversão dos sinais 0 e 1 em sinais de luz.

Figura 4.1 | As sete camadas do modelo OSI



Fonte: Sousa (2009, p. 48).

O dispositivo que executa esses serviços em um sistema computacional é a placa de rede.

Ainda com relação à Figura 4.1, trata-se de um exemplo de comunicação entre duas máquinas com as seguintes características:

- O nível físico contém o modem.
- O nível 2 contém o switch.

- O nível 3 contém o roteador, fechando o quadro de equipamentos.
- Os níveis 4 a 7 contém a execução por softwares ou protocolos que estão instalados nos computadores.

As camadas física e de enlace de dados

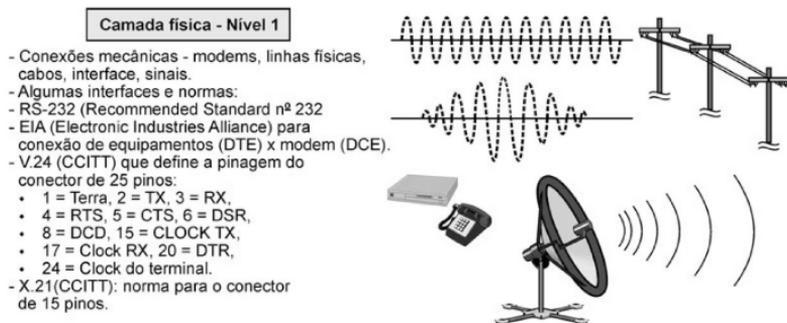
A camada física executa a transmissão e a recepção de bits por um canal de comunicação (SOUSA, 2009).

Para a transmissão deste conjunto de bits, a camada física precisa estabelecer uma codificação de dados com níveis de tensão adequada para representar 1s e 0s.

Além disso, é preciso verificar os requisitos que envolvem cabos, transmissores de sinal sem fio, plugues e conectores, configurações de pinagem, entre outras.

É importante enfatizar que é nessa camada que se considera a questão de transmissão de sinais e como os sinais devem ser modulados e codificados para a transmissão aplicando-se técnicas adequadas de transmissão de sinais para esse fim. Nesse contexto, a camada física também engloba a questão de determinação da transmissão por banda base, que é a digital, ou se é o caso de utilização de banda larga, que é analógica. A Figura 4.2 ilustra um exemplo dessa camada.

Figura 4.2 | Camada física



Fonte: Sousa (2009, p. 48).

Por sua vez, para a transmissão de um conjunto de bits, sem erros, na camada de enlace de dados o objetivo é organizar estes

dados em uma estrutura de quadros (SOUSA, 2009). Dessa forma, você vai observar que nesta camada é necessário:

- Entender o que é a estrutura de um quadro que passa a ser a unidade desta camada.
- Como sinalizar o início e fim desta estrutura padrão denominada quadro.
- Como estabelecer o controle de tráfego destas unidades para permitir um sequenciamento de transmissão/recepção em cada parada, denominado nó, ao longo do caminho que precisa ser percorrido.
- Precisa lidar com a questão de erros de transmissão dos quadros.
- Precisa controle do direito de acesso do quadro ao meio físico.



Pesquise mais

Em virtude da grande variedade e diversidade de equipamentos, fabricantes e configurações de sistemas existentes, foi necessário definir um conjunto de padrões para tornar viável a integração entre os diferentes sistemas de diferentes fornecedores.

Conhecer esses padrões é fundamental para você poder projetar redes de comunicação.

Leia em Sousa, Lindeberg de. **Redes de Computadores** - Guia Total. Érica, 06/2009. Páginas 53 a 56 - Como os padrões internacionais foram estabelecidos para resolver essa questão.

As camadas de rede e de transporte

A camada de rede é responsável pelo endereçamento dos pacotes e isso implica no estabelecimento, manutenção e finalização das conexões de rede para que os pacotes possam chegar adequadamente ao destino correto (WHITE, 2013).

Nesse contexto, é nessa camada que os pacotes de dados são enviados de nó para nó e o caminho pode envolver uma rede ou um conjunto de várias redes. Para isso, o endereçamento de rede é gerado para que o sistema reconheça o próximo ponto.

Para estabelecer um determinado caminho em uma determinada rede, a camada de rede é responsável por informar o roteamento associado a cada pacote ou conjunto de pacotes.

Por sua vez, é a camada de rede que realiza o controle para evitar o congestionamento em um determinado ponto da mesma.

É importante que você saiba que, no caso das redes que se baseiam em um modelo de transmissão por difusão (broadcast), a camada de rede pode ser extremamente simplificada pelo fato da rede local para transmissão dos dados enviar os mesmos para todas as outras estações.

E quanto à camada de transporte?

É nessa camada que a informação é dividida em pacotes.

Esses pacotes é que são repassados para a camada de rede vista anteriormente.

Inicialmente, você tem, ao lado do receptor, a função de receber os pacotes de dados da camada de rede e estes pacotes devem ser remontados para a constituição da informação original.

Nesse contexto, têm-se as seguintes principais funcionalidades:

- Controle de fluxo – para que sejam ordenados os pacotes que foram recebidos.
- Correção de erros – troca de sinais de recebimento (acknowledge) para informar que o pacote foi recebido com sucesso.
- Multiplexação e demultiplexação – de acordo com os caminhos que os dados precisam percorrer.
- Tratamento de retardo – solução de problemas de atraso.

Dessa forma, é possível controlar a integridade dos dados durante a execução do processo de transformação.

É importante que você perceba que:

- A camada de transporte é aquela capaz de separar as camadas de nível de aplicação (as camadas de 5 a 7), das camadas de nível físico (as camadas de 1 a 3).
- Existe uma divisão conceitual que é importante ser destacada:
 - As camadas de 1 a 3 focam a questão de como serão os processos de transmissão e recepção de dados ao longo da rede.
 - As camadas de 5 a 7 manipulam a estrutura de quadros e está voltada para atender as solicitações estabelecidas pela aplicação que estiver em execução.



Aplicando o modelo de camadas

De acordo com Sousa (2009), o encaminhamento de dados na camada de rede pode ser realizado de três formas:

- Estática – o caminho é sempre o mesmo e o tráfego pode ser compartilhado com outras redes fixas.
- Adaptativa – é possível escolher o melhor caminho, sendo necessária uma intensa troca de informações sobre o estado da rede o tempo todo.
- Difusão – nesse caso, o pacote que é disponibilizado na rede só é recebido pelo nó destino.

Observe a Figura 4.3 e verifique um exemplo em que fica claro a seguinte estruturação dos pacotes:

- NÍVEL 1 - estabelece as conexões físicas entre os pontos.
- NÍVEL 2 - estabelece a conexão lógica entre dois pontos por meio de recursos de programação.
- NÍVEL 3 – utilização de roteadores para transmissão de dados na rede.
- NÍVEL 4 – transporte nó a nó entre os pontos A e B.

Figura 4.3 | Transmitindo dados pela rede



Fonte: Sousa (2009, p. 51).

As camadas de sessão, apresentação e aplicação

Agora, vamos ver as três últimas camadas do modelo OSI.

A camada de sessão estabelece a conexão entre dois equipamentos de usuários que estão em computadores diferentes para que estabeleçam uma sessão de comunicação.

É nesse nível que as aplicações vão definir como será efetuada a transmissão de dados, ou seja:

- Coloca marcações para identificar os dados que estiverem sendo transmitidos.
- Para o caso de ocorrência de erros de transmissão, os computadores devem disparar um procedimento de retransmissão dos dados.

Para você visualizar o que está sendo explicado, considere um procedimento de download de arquivos de dados armazenados na nuvem. Se a rede falhar, assim que a mesma voltar ao modo de operação normal, a tarefa continuará sendo executada a partir do ponto em que houve a interrupção.

Uma vez que foi estudada a camada de sessão, vamos entender a funcionalidade associada à camada de apresentação. Nessa camada, têm-se as seguintes funcionalidades fundamentais:

- Faz a conversão do formato dos dados que recebe da última camada que e a camada de aplicação.
- A conversão é realizada de tal maneira que assegura que esse formato seja comum e, portanto, seja adequado para o protocolo que estiver sendo utilizado.
- A formatação dos dados é muito importante, pois pode envolver operações que estejam envolvidas com diferentes contextos como:
 - Compressão de dados - o processo de compressão de dados é equivalente a um compactador que pode ser encontrado em computadores e que está disponível junto ao transmissor, assim que este recebe os dados da camada de aplicação.
 - Descompressão dos referidos dados - na camada de apresentação é necessário existir recursos computacional para descompactar os referidos dados assim que são coletados pelo receptor.
 - Criptografia de dados para manter segurança - no caso de criptografia de dados os dados são codificados no nível de apresentação no transmissor.
 - Descryptografia dos referidos dados - para a realização do processo de descryptografia de dados temos a

necessidade de utilizar recursos de decodificação no receptor que precisam estar disponíveis no nível de apresentação.

Para finalizar o modelo OSI de sete camadas, você vai estudar agora a camada de aplicação correspondente à camada 7.

Basicamente, a camada de aplicação é responsável pela disponibilidade de uma interface para que os usuários possam fazer uso de um conjunto composto por uma série de serviços de aplicação.

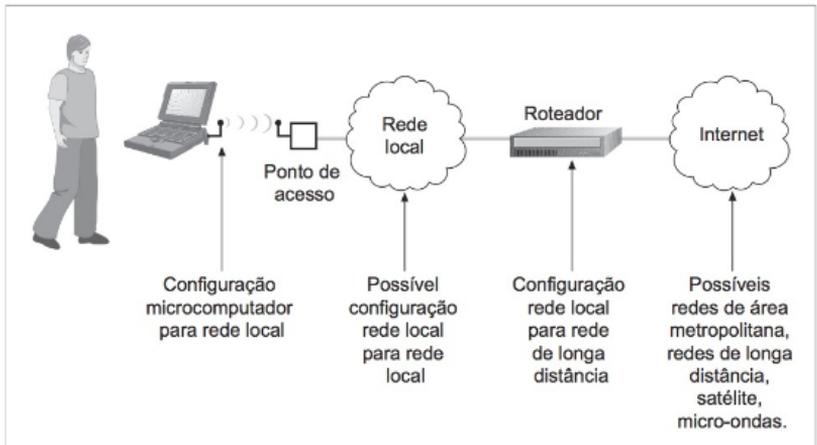
Nesse contexto, é fundamental você saber que:

- Essa camada é responsável por conter uma série de protocolos compatíveis com as necessidades do perfil de usuários que utilizam a rede.
- A partir dos protocolos que são executados, essa camada viabiliza a integração com o aplicativo que solicitou ou então que receberá a informação através da rede de comunicação que foi estabelecida.

Dessa forma, concluímos o estudo das sete camadas do modelo OSI e das funções presentes em cada uma dessas camadas.

Agora você está apto a entender como se efetiva a conexão entre o usuário e uma rede de comunicação para realizar transmissão e recepção de dados, conforme exemplifica a Figura 4.4.

Figura 4.4 | Exemplo de conexões via rede de comunicação



Fonte: White (2013, p. 20).

Vamos fazer um resumo de pontos fundamentais do modelo de camadas do modelo OSI (SOUSA, 2009):

- Você precisa se atentar para o fato de que a cada nível é acrescentado bytes de controle correspondente ao nível em questão, conforme uma informação é recebida ou transmitida, de acordo com o protocolo de controle desse nível.
- Ao concluir o processo associado a um determinado nível, os sinais de controles são retirados para que os dados que compõem a informação propriamente dita possam ser transmitidos para o nível seguinte.
- Para que haja uma transmissão, as camadas de controle do protocolo do nível correspondem a bytes acrescentados e retirados pelo receptor após o bloco ser processado.
- Existem casos em que os dados de controle superam os dados de informação que estiver sendo transmitida.



Refleta

Para a configuração de redes de comunicação, existem várias tarefas que precisam ser executadas.

Entender as diferentes funcionalidades inerentes a um processo de comunicação em uma rede exige um conhecimento detalhado de como esse processo pode ser hierarquizado.

Vamos supor que você está em seu trabalho e deseja fazer o download de um determinado conteúdo da internet.

Quais são as conexões envolvidas para este propósito?

Faça uma reflexão considerando o modelo OSI.

Sem medo de errar

Os fabricantes de máquinas brasileiros estão sofrendo forte concorrência das máquinas importadas. Vamos trabalhar com uma situação hipotética na qual você, projetista da rede de comunicação na Borg Máquinas Ferramentas, um fabricante de máquinas, foi designado para projetar um novo torno. A área mecânica te enviou os projetos conceituais mecânicos e você deve definir os conceitos

das redes de campo da máquina. A máquina possui pontos no Painel Central, no Cabeçote Móvel, no Cabeçote fixo e no Painel de Operação. A máquina deve ser mais econômica para enfrentar os concorrentes, além disso, ela deve oferecer mais benefícios para os clientes finais, para ganhar mercado. Quais são os benefícios para os clientes finais se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo OSI?

Você escolheu uma rede que segue o modelo OSI de 7 camadas, porque você sabe que isso vai trazer os seguintes benefícios para seus clientes:

- O Modelo OSI é padronizado e, por isso, fica fácil para o cliente entender a rede que a Borg está usando.

- Decompor as tarefas de comunicação em camadas, deixa o sistema mais robusto para diversos fabricantes, por isso seu cliente vai poder trocar equipamentos independente dos fabricantes.

- Usar uma rede que segue o modelo OSI facilita que seu cliente use gateways e envie as informações para suas próprias redes, facilitando a troca de informações entre o CLP da sua máquina e o SCADA do cliente.

Parabéns! Mais uma competência adquirida e mais uma etapa alcançada.

Avançando na prática

Como você modelaria o DeviceNet?

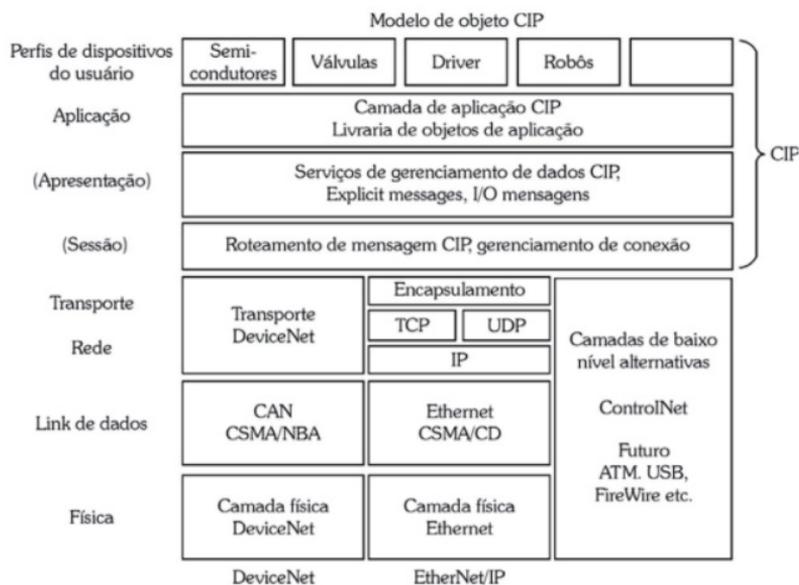
Descrição da situação-problema

O DeviceNet é uma das redes mais utilizadas e você está usando em uma das suas máquinas. Em uma discussão com seu cliente, ele te pergunta sobre a descrição da rede DeviceNet de acordo com o modelo OSI. Como você vai responder o cliente?

Resolução da situação-problema

Dois dias depois você envia um e-mail com as informações, segundo a Figura 4.5.

Figura 4.5 | Descrição do DeviceNet de acordo com o Modelo OSI



Fonte: Lugli e Santos (2009, p. 53).

Como pode ser visto na Figura 4.5, o DeviceNet para as camadas 5, 6 e 7 utiliza o protocolo CIP, que é orientado a objeto. Para as camadas 1, 2, 3 e 4, o DeviceNet, por ser baseada na rede CAN, utiliza os mesmos protocolos do CANopen.

Na camada física, o DeviceNet padroniza um conector borne duplo com 4 polos IP20 e M12 5 polos forma A para IP67. Cabo Tronco com 4 polos e malha e cabo fino também com 4 polos e malha.

A camada de link ou enlace de dados também está definida pela especificação CAN. O próprio CHIP CAN faz essa tarefa. Existem diferentes tipos de frames, como os frames de dados e os frames de erro.

A camada de transporte deve estar conectada com outro dispositivo para que seja feita a transmissão de dados (LUGLI e SANTOS, 2009).

Mais um desafio vencido!

Faça valer a pena

1. Com relação ao modelo OSI, verifique as tabelas 4.1 e 4.2, em relação ao modelo OSI.

Tabela 4.1 | As camadas do modelo OSI

Número	Camada
1	Física
2	Enlace de dados
3	Rede

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 4.2 | Funções das camadas do modelo OSI.

Camada	Funções
1	É responsável pelo endereçamento dos pacotes, isto é, converte os endereços lógicos em endereços físicos.
2	Pega os quadros da camada anterior e transforma estes dados em sinais que vão depender da natureza do meio através do qual ocorre o fluxo dos sinais.
3	Transforma os pacotes de dados em quadros.

Fonte: elaborada pelo autor.

Assinale a alternativa que faz a correspondência correta entre as duas tabelas.

- a) 1C – 2B – 3A.
- b) 1A – 2B – 3C.
- c) 1B – 2A – 3C.
- d) 1B – 2C – 3A.
- e) 1A – 2C – 3B.

2. É na camada de transporte que a informação é dividida em pacotes. Nesse contexto, analise as afirmações a seguir:

- I. Esses pacotes é que são repassados para a camada de rede.
- II. Não é necessário fazer o controle de fluxo porque os pacotes já vêm ordenados quando recebidos.
- III. Há troca de sinais de recebimento (*acknowledge*) para informar que o pacote foi recebido com sucesso.

Assinale a alternativa que atribui corretamente V (Verdadeiro) ou F (Falso) às referidas afirmações.

- a) V-F-V.
- b) F-V-V.
- c) V-V-F.
- d) V-V-V.
- e) F-F-V.

3. A camada de _____ estabelece a conexão entre dois equipamentos de usuários que estão em computadores diferentes para que estabeleçam a comunicação.

É nesse nível que as aplicações vão definir como será efetuada a transmissão de dados, ou seja:

- Colocam _____ para _____ os dados que estiverem sendo transmitidos.
- Para o caso de ocorrência de erros de transmissão, os computadores devem disparar um procedimento de _____ dos dados.

Avalie o texto e assinale a alternativa que preenche as lacunas corretamente.

- a) apresentação – marcações – identificar – retransmissão.
- b) sessão – criptografia – identificar – cancelamento.
- c) sessão – marcações – identificar – retransmissão.
- d) apresentação – compactação – identificar – cancelamento.
- e) sessão – marcações – identificar – retransmissão.

Seção 4.2

Modelo TCP/IP

Diálogo aberto

Agora chegou o momento de você evoluir mais um passo quanto à questão de redes que integram sistemas computacionais. Na seção anterior, você foi capacitado a interpretar modelos OSI, que é muito importante para você entender as redes industriais mais presentes na indústria atualmente. Mas, como dito em outras seções, as redes industriais baseadas em Ethernet Industrial estão sendo amplamente utilizadas e é uma das bases para a Indústria 4.0.

Nesta seção, vamos ver o modelo que originou as redes Ethernet, o modelo TCP/IP, englobando suas principais características, as camadas de rede, interrede, transporte e aplicação e suas diferenças entre o modelo OSI.

Logo, você está sendo colocado para vencer um novo desafio.

Como projetista do novo torno da Borg Máquinas, você tem uma grande responsabilidade sobre os benefícios que a máquina pode trazer para seu cliente. Afinal, se você projetar a automação de forma que aumente 10% da disponibilidade (tempo de funcionamento produtivo da máquina) em relação aos seus concorrentes, você agregará grande competitividade para sua empresa. Quais são os benefícios para seus clientes se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo TCP/IP?

Para que você possa enfrentar esse desafio, será apresentado a você o conceito de modelo TCP/IP em que cada uma das camadas desse modelo será discutida em detalhes.

Você verá como se comporta cada uma das camadas em termos de funcionalidade e seus principais protocolos.

Por fim, você verá detalhes de comparação dos modelos OSI e TCP/IP.

Bom estudo!

Não pode faltar

Características principais do modelo TCP/IP

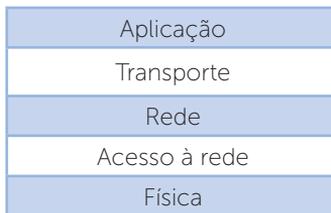
Vimos que o modelo OSI foi construído com sete camadas.

Você verá que muitos produtos se referem ao modelo OSI como uma característica que garante certificação.

De acordo com White (2013), o modelo TCP/IP envolve um conjunto de protocolos que foi estabelecido entre 1960 e 1970 por pesquisadores norte-americanos com o objetivo de criar uma rede de arquitetura aberta para que as demais redes existentes pudessem se comunicar.

Uma observação importante que você deve gravar de imediato é que não existe uma definição rígida quanto ao número de camadas que constituem os protocolos TCP/IP. Em White (2013), é mostrada uma abordagem baseada em cinco camadas, conforme descrito na Figura 4.6.

Figura 4.6 | Modelo TCP/IP de cinco camadas



Fonte: White (2013, p.14).

Adotaremos uma abordagem baseada em quatro camadas, conforme ilustrado na Figura 4.7.

Figura 4.7 | Modelo TCP/IP de quatro camadas



Fonte: elaborado pelo autor.

O conceito fundamental que você deve entender é que o modelo TCP/IP nada mais é que um conjunto de protocolos.

Inicialmente, vamos analisar o significado das siglas:

- TCP: *Transmission Control Protocol*. Traduzindo: Protocolo de Controle da Transmissão.
- IP: *Internet Protocol*

Observando o significado do nome do modelo TCP/IP, você percebe que o próprio nome do modelo cita dois dos principais protocolos que são utilizados.



Assimile

De uma forma geral, podemos dizer que os principais protocolos que atuam em cada camada são:

- Camada de Aplicação. Temos como exemplo:
 - HTTP: HyperText Transfer Protocol.
 - SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
 - FTP: File Transfer Protocol.
 - SNMP: Simple Network Management Protocol.
 - DNS: Domain Name Protocol.
- Camada de Transporte. Temos como exemplo:
 - TCP: *Transmission Control Protocol* (já citado anteriormente).
 - UDP: *User Datagram Protocol*.
- Camada de Rede (Internet). Temos como exemplo:
 - IP: *Internet Protocol*.
 - ICMP: Internet Control Message Protocol.
 - ARP: *Address Resolution Protocol*.
 - RARP: *Reverse Address Resolution Protocol*.
- Camada de Acesso à Rede. Temos como exemplo:
 - Controle do link lógico – IEEE 802.2
 - Físico – IEEE 802.3

As camadas de rede e interrede

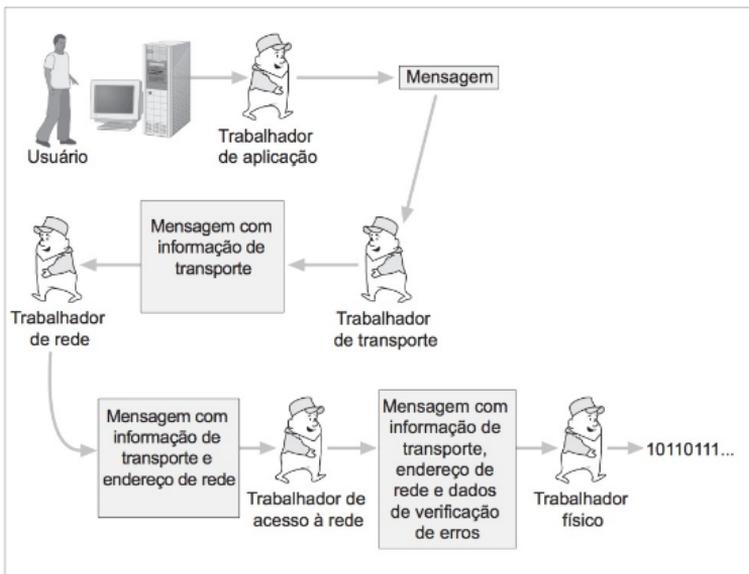
Antes de começarmos a detalhar a funcionalidade de cada camada, observe um exemplo de aplicação do modelo TCP/IP.



Considere um aplicativo de e-mail. Este exemplo foi descrito em White (2013). Quando utilizamos o pacote de protocolos do modelo TCP/IP para enviar um e-mail, as seguintes ações devem ocorrer, conforme a descrição representada na Figura 4.8:

- Inicialmente, o trabalhador de aplicação solicita uma mensagem e destinatário.
- O trabalhador de transporte recebe o pacote de dados e estabelece uma conexão adequada para transportá-lo.
- O trabalhador de rede insere as informações necessárias para que o pacote possa achar o caminho pela rede.
- Finalmente, o trabalhador de acesso a rede acrescenta informações para verificação de erros para preparar o pacote para a transmissão que entrega esse pacote ao trabalhador físico que cuida do meio físico para a referida transmissão.

Figura 4.8 | Exemplo de ações executadas no modelo TCP/IP



Fonte: White (2013, p. 15).

A camada de rede ou internet (pode ser ainda chamada de interrede ou *internetwork*) define como os pacotes serão transportados entre estações remotas. Para realizar esta tarefa o procedimento envolve:

- A aquisição dos endereços lógicos (que são os IPs) associados à origem e ao destino.
- O endereço de rede IP é hierárquico, ou seja, define a rede e a posição do dispositivo na própria rede.
- Seleciona os caminhos que serão utilizados para atingir o destino por meio da rede que estiver disponível para ser acessada.
- Para a escolha do melhor caminho, utiliza-se o protocolo contido no próprio roteador para esse fim. Os roteadores podem fazer o processo de roteamento utilizando uma estrutura de tabelas de rotas que possuem três tipos de informações:
 - ◆ Os endereços das próprias redes.
 - ◆ As interfaces que definem o caminho para que o respectivo destino possa ser alcançado.
 - ◆ Um conjunto de métricas para se quantificar distâncias envolvendo a rede de destino e que podem ser mensuradas por meio de:
 - Contagem do número de dispositivos que o pacote precisa cruzar.
 - O tempo de atraso de propagação entre origem e destino.
 - Indicador da velocidade do link.

A camada de acesso à rede corresponde às camadas 1 e 2 do modelo OSI, visto na Seção 4.1. Esta camada é responsável por enviar o pacote recebido pela camada de rede e enviar na forma de um quadro para ser transmitido por meio da rede.

Portanto, nela, os protocolos necessários para acesso ao meio físico são definidos.

Outra questão importante associada a esta camada é a conversão dos sinais lógicos, que representam os dados, em sinais/pulsos elétricos ou ondas eletromagnéticas/sinais ópticos para que seja possível transmitir os dados por meio de condutores

elétricos ou cabos de fibra óptica apropriados.

As camadas de transporte e aplicação

A camada de aplicação corresponde às três últimas camadas do modelo OSI, ou seja, 5, 6 e 7. É nesta camada que acontece comunicação entre o aplicativo e a camada de transporte.

A comunicação entre a camada de aplicação e a camada de transporte acontece por meio de uma porta. Através desse número é possível obter duas informações cruciais:

- Informará ao protocolo de transporte qual a natureza ou tipo de conteúdo da mensagem (se é um e-mail, por exemplo).
- O receptor saberá para qual protocolo de aplicação deverá entregar o pacote.

A camada de aplicação é quem pode oferecer serviços de criptografia ou compressão de dados, dependendo do caso.

Como exemplos de atuação de protocolos presentes nesta camada temos (WHITE, 2013):

- HTTP - permite que os navegadores e os servidores Web possam enviar e receber páginas WWW (World Wide Web).
- SMTP – cuida da questão de estabelecer uma comunicação via correio eletrônico.
- FTP – cuida da transferência de arquivos entre computadores.
- Telnet – permite o login em computadores remotos.
- SNMP – viabiliza um ponto para a administração de vários elementos em uma rede de computador.

Por sua vez, a comunicação da camada de aplicação ocorre com a camada de transporte. Basicamente o modelo TCP/IP utiliza o protocolo TCP para o transporte, em que:

- Permite uma definição de como será a conexão lógica entre as aplicações de duas máquinas.
- É conhecido como protocolo fim a fim, que permite que a conexão seja confiável graças à verificação contínua de ocorrência de erros de transmissão ou perda de pacotes.
- Durante o recebimento, é responsável por ordenar os pacotes na sequência correta.
- Durante o fluxo de envio e recebimento, cuida do armazenamento por meio de buffers para evitar

congestionamentos na rede.

- Caso haja sobrecarga na memória disponível para o armazenamento temporário, é capaz de emitir sinais de controle de tráfego na rede, enviando comandos do tipo *not ready* para a fonte de transmissão interromper momentaneamente o envio de mais pacotes de dados para o receptor.

Este tipo de transmissão na camada de transporte em que se cuida do controle de fluxo de dados com sinais adicionais de controle é também denominada transmissão orientada à conexão.



Pesquise mais

Uma nova abordagem para tratar o assunto redes de computadores baseia-se no conceito de Redes Definidas por Software (Software Defined Networks), ou seja, SDN.

Trata-se de uma nova forma de tratar o problema considerando a necessidade de atendermos a crescente largura de banda e a natureza dinâmica dos aplicativos atuais.

Nesse cenário, o SDN está se colocando como uma alternativa para viabilizar uma solução mais flexível à dinâmica da realidade dos sistemas de comunicação e que permite novos recursos de gerenciamento.

Leia maiores detalhes no artigo disponível no link a seguir:

Laboratório Móbilis. Disponível em: <<http://www.decom.ufop.br/imobilis/redes-definidas-por-software-software-defined-networks-sdn/>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

Boa leitura!

Diferenças entre os modelos OSI e TCP/IP

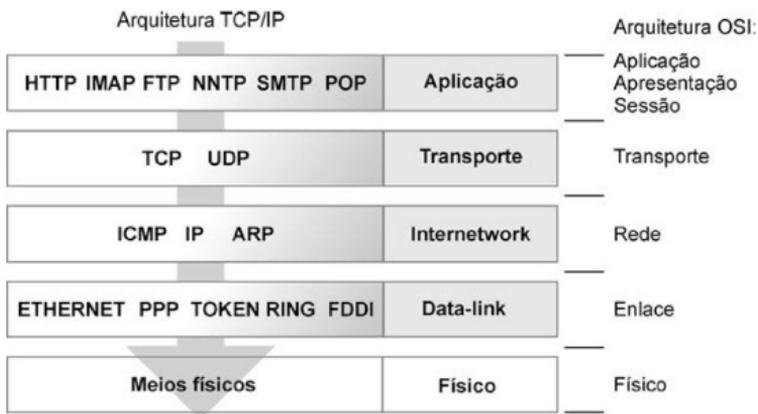
Agora que você aprendeu sobre o modelo TCP/IP é importante destacarmos alguns pontos fundamentais:

- Os protocolos TCP/IP são uma forma de implementar a tecnologia necessária para a interconexão de redes que se destaca por ser transparente a questões que envolvem detalhes específicos de hardware e de enlace de dados.
- Os protocolos TCP/IP são uma interface capaz de integrar diferentes redes que possuem sistemas operacionais e

aplicativos específicos com diferenças entre eles.

- O modelo OSI depende de equipamentos com autonomia adicional para que a camada de rede disponibilize serviços orientados à conexão.
- A função de roteamento presente nos modelos TCP/IP é de baixa complexidade.
- No modelo TCP/IP as aplicações consideram os níveis superiores de forma monolítica.
- No modelo OSI é possível reaproveitar um determinado conjunto de funções para diferentes aplicações.
- O modelo TCP/IP não é aderente ao modelo OSI (ver Figura 4.9). Vejamos alguns detalhes:
 - A camada conhecida por Rede ou Data-link no modelo TCP/IP envolve as camadas Física e de Enlace de dados do modelo OSI.
 - A camada Interrede ou Internetwork corresponde à camada de Rede do modelo OSI.
 - As camadas de Sessão e Apresentação do modelo OSI não possuem equivalência no modelo TCP/IP, ou seja, estão encapsulados na camada de Aplicação do modelo TCP/IP.

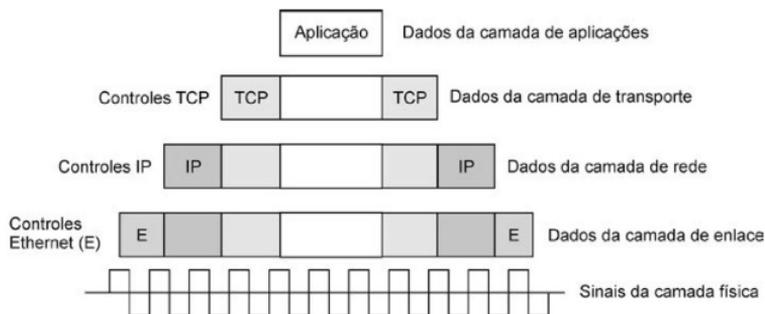
Figura 4.9 | Comparação entre os modelos OSI e TCP/IP



Fonte: Sousa (2009, p. 97).

Por fim, é importante você observar que tanto no modelo TCP/IP quanto no modelo OSI há um protocolo de comunicação estabelecido em que as camadas de nível superior devem enviar dados para as camadas inferiores transportarem, de tal forma que cada camada possua uma funcionalidade específica para que os serviços executados em cada protocolo não entrem em conflito com qualquer outro. A Figura 4.10 representa como os dados são encapsulados de uma camada para outra para que o transporte seja efetuado.

Figura 4.10 | Comparação entre os modelos OSI e TCP/IP



Fonte: Sousa (2009, p. 98).



Refleta

A questão de retirada e inserção de camadas

Uma vez que você estudou os protocolos TCP/IP, é necessário ter discernimento sobre a importância de ter camadas distintas em um modelo.

A questão que está sendo levantada é a seguinte: quando você tem camadas distintas em um determinado modelo de protocolos, este fato permite que você possa retirar a mesma e incluir outra que você entenda possuir equivalência.

Entendido esse contexto, o modelo TCP/IP cuida bem dessa questão de distinção entre camadas?

Sem medo de errar

Como projetista do novo torno da Borg Máquinas, você tem uma grande responsabilidade sobre os benefícios que a máquina pode trazer

para seu cliente. Afinal, se você projetar a automação de forma que aumente 10% da disponibilidade (tempo de funcionamento produtivo da máquina) em relação aos seus concorrentes, você agregará grande competitividade para sua empresa. Quais são os benefícios para seus clientes se você usar uma das redes de comunicação que seguem o modelo TCP/IP?

Nesta seção, você viu as características das redes de comunicação que seguem o modelo TCP/IP e até um comparativo com o modelo OSI. Na indústria, usamos algumas redes que seguem o modelo OSI, como Profibus, ASi, DeviceNet, Fieldbus Foundation, etc. E algumas redes que seguem o modelo TCP/IP como Profinet, Ethernet/IP, Ethercat etc.

As redes que seguem o modelo TCP/IP sofreram grande evolução nos últimos anos impulsionadas pela evolução da Ethernet Comercial. Nos últimos anos surgiram novos protocolos para quase todas as camadas e novos meios físicos que aumentaram a velocidade da rede atingindo giga hertz.

Especificar uma rede que segue o modelo TCP/IP é a garantia de:

- Maior velocidade de transmissão de informações.
- Mais informações de diagnóstico com uso de endereço IP e MAC ID para encontrar exatamente quais equipamentos estão se comunicando.
- Padronização do meio físico para a maioria dos protocolos.
- Facilidade para futuras melhorias, visto que se novos protocolos forem implementados ou novos meios físicos forem desenvolvidos, seu cliente poderá utilizar produtos que usem essas melhorias, sem precisar trocar os equipamentos atuais.

Parabéns, você escolheu uma rede industrial que segue o modelo TCP/IP isso dará, para a Borg Máquinas, vantagem competitiva para que ela cresça ainda mais no Brasil.

Avançando na prática

Que rede industrial utilizar?

Descrição da situação-problema

A empresa que você trabalha como Engenheiro de Manutenção, fabrica parafusos e se chama Resic Parafusos e Porcas. Vocês precisam

comprar uma nova máquina e você foi convidado pelo departamento de novos investimentos a especificar a rede que deve ser utilizada. Em sua planta já existe DeviceNet, ControlNet e Ethernet/IP para se comunicar com os CLPs Compact Logix da Rockwell. Qual rede de campo você vai especificar para este novo investimento?

Resolução da situação-problema

Para evitar o treinamento com outras redes industriais, você opta por utilizar uma das redes que você já trabalha.

Controlnet é uma rede proprietária e pouco utilizada nos dias de hoje. Você não vai fazer grandes investimentos para tirá-la de onde está funcionando, mas não vai colocar em novas aplicações.

DeviceNet é uma rede aberta e a maior parte da sua planta já utiliza. Mas, por se tratar de uma rede que segue o modelo OSI, é um pouco lenta com poucas expectativas de evolução tecnológica.

Ethernet/IP é a rede mais nova, mas segue o modelo TCP/IP, por isso a comunicação com os equipamentos de TI para fazer a comunicação com ERP e até para fazer acesso remoto e manutenção a distância são facilitados. Além disso é a rede mais simples de instalar e encontrar falhas.

Você escolhe usar a rede Ethernet/IP para a nova máquina.

Parabéns, você alcançou mais uma competência e está preparado para especificar redes de comunicação para plantas industriais.

Faça valer a pena

1. O modelo TCP/IP envolve um conjunto de protocolos que foi estabelecido entre 1960 e 1970 por pesquisadores norte-americanos com o objetivo de criar uma rede de arquitetura aberta para que as demais redes existentes pudessem se comunicar.

Neste contexto, você pode afirmar que:

- a) O modelo TCP/IP é muito mais que um conjunto de protocolos.
- b) TCP significa Protocolo de Comunicação da Transmissão.
- c) A camada de Aplicação utiliza o protocolo UDP: *User Datagram Protocol*.
- d) A camada de Aplicação utiliza o protocolo IP: *Internet Protocol*.
- e) Não existe uma definição rígida quanto ao número de camadas que constituem os protocolos TCP/IP.

2. A camada de rede ou internet (pode ser ainda chamada de interrede ou internetwork) define como os pacotes serão transportados entre estações remotas.

Você avalia que para realizar esta tarefa o procedimento envolve:

- I. Seleção dos caminhos que serão utilizados para atingir o destino por meio da rede que estiver disponível para ser acessada.
- II. Para a escolha do melhor caminho, utiliza-se o protocolo contido fora do roteador.
- III. O endereço de rede IP é hierárquico, ou seja, define a rede e a posição do dispositivo na própria rede.

De acordo com a sua análise, assinale a alternativa que atribui V (Verdadeiro) ou F (Falso) corretamente:

- a) V-V-V.
- b) V-F-V.
- c) V-V-F.
- d) V-F-F.
- e) F-F-V.

3. A comunicação entre a camada de aplicação e a camada de transporte acontece por meio de uma porta. Através deste número é possível obter duas informações cruciais:

- Informará ao protocolo de transporte qual _____ da mensagem.
- O receptor saberá para qual protocolo de _____ deverá entregar o pacote.

A camada de aplicação é quem pode oferecer serviços de _____ ou _____, dependendo do caso.

Avalie qual a alternativa que preenche as lacunas corretamente.

- a) o tamanho – transporte – criptografia – compressão de dados.
- b) o tipo de conteúdo – aplicação – correção – protocolo fim a fim.
- c) o tipo de conteúdo – transporte – correção – compressão de dados.
- d) o tipo de conteúdo – aplicação – criptografia – compressão de dados.
- e) o tamanho – aplicação – criptografia – protocolo fim a fim.

Seção 4.3

Segurança em redes

Diálogo aberto

Os fabricantes de máquinas estão sofrendo forte concorrência das máquinas importadas. Vamos trabalhar com uma situação hipotética na qual você, projetista da rede de comunicação na Borg Máquinas Ferramentas, um fabricante de máquinas, foi designado para projetar um novo torno. A área mecânica te enviou os projetos conceituais mecânicos e você deve definir os conceitos das redes de campo da máquina. O novo torno possui equipamentos que necessitam de 17 entradas digitais (DI) e 9 saídas analógicas (DO) no Painel Central, 13 DI e 12 DO no Cabeçote Móvel, 16 DI e 13 DO no Cabeçote fixo e 43 DI e 9DO no Painel de Operação. A máquina deve ser mais econômica para enfrentar os concorrentes, além disso, ela deve oferecer mais benefícios para os clientes finais, afim de ganhar mercado. Você já fez um comparativo entre as redes que seguem o modelo OSI e as redes que seguem o modelo TCP/IP. Agora você precisa implantar a segurança na rede industrial. Quais cuidados para a segurança de rede você deve tomar?

Para isso, o desafio final consiste em você ser capacitado para avaliar critérios de segurança que devem ser contemplados quando for projetada uma rede de comunicação para que não haja risco no controle de acesso à rede que pode colocar os dados em risco.

Vamos apresentar os principais ataques e ameaças aplicado a redes industriais, políticas de segurança aplicado a redes industriais, firewall aplicado a redes industriais e criptografia e autenticação aplicado a redes industriais.

Muito bem!

Concluindo este passo, você será capaz de fazer uma análise crítica de redes de comunicação do modelo OSI e do modelo TCP/IP e as tecnologias voltadas para a proteção das redes e dados.

Não pode faltar

A próxima década aponta para uma intensa conectividade com internet que ainda não temos plena dimensão. O avanço da tecnologia baseada na Internet das Coisas (IoT) está revolucionando os conceitos de como a informação pode ser utilizada para produzir máquinas inteligentes que podem dar suporte à decisão humana.



Pesquise mais

Por que precisamos saber sobre Segurança?

Se você acha que segurança, vírus e firewall devem ser apenas estudados pela equipe de TI e não pela equipe de Automação, recomendo que você pesquise sobre o vírus STUXNET.

Esse vírus usou vulnerabilidades do CLP da Siemens para atacar as centrífugas de urânio e atrasar o programa nuclear iraniano.

Além de haver muita informação no Youtube e na internet, recomendo o documentário Zero Days (2016) de Alex Gibney.

Veja o link para o IMDB:

<http://www.imdb.com/title/tt5446858/>. Acesso em: 11 abr. 2018.

Entretanto, se a internet é um canal poderoso para evolução tecnológica, ao mesmo tempo é uma porta que pode permitir a entrada de ataques e vandalismo para afetar os sistemas computacionais em todo o mundo.

Portanto, é fundamental que você, como projetista de redes de comunicação para o tráfego de dados não perca o foco sobre a questão dos ataques que os sistemas podem sofrer.

De acordo com White (2013) existem alguns ataques padrões a sistemas. Vejamos quais são os principais:

- Ataques ao sistema operacional e vulnerabilidade de aplicativos.
 - Hackers dedicam-se intensamente para descobrir fragilidades em sistemas operacionais e aplicativos.

Assim que as encontra, ele prepara um ataque para atingir o computador hospedeiro e o servidor de rede.

- Os fabricantes de software criam programas dedicados para correção de pontos vulneráveis (patches), mas nem sempre o usuário tem a disciplina de instalar estes recursos.
- O cavalo de Tróia é uma forma bastante conhecida de ataque onde anexos que são enviados por e-mail, por exemplo, podem causar danos assim que são abertos.
- Ataques de negação de serviço.
 - É o caso em que um terminal é bombardeado com tantas solicitações que o terminal fica impossibilitado de executar suas funções.
 - Existem três vertentes de ataque: (i) bombardeamento de e-mails indesejados para alguém; (ii) smurfing que é um programa que envia um pacote para uma vítima que, sem saber, multiplica o envio para centenas e milhares de outras vítimas; (iii) tempestade de ping em que um programa é usado para transmitir inúmeros pacotes para um servidor para que não possa mais operar.
- Ataques por meio de contas válidas de usuário para ações não autorizadas.
 - Faz com que estes usuários sejam usados para realizar tarefas ilícitas, ou seja, para as quais eles não têm autorização para executar.



Assimile

Vírus e Vermes

Vírus são programas que tem como objetivo modificar o comportamento de uma máquina provocando danos que podem estar associados à exclusão de dados e a alteração de componentes do sistema operacional. Os principais tipos de vírus são (WHITE, 2013):

- **Vírus de macro** – é ativado quando a macro é executada, a qual pode estar associada a uma planilha, banco de dados ou processador de texto, por exemplo.

- **Vírus do setor de inicialização** – instala-se em uma mídia removível e quando usada para inicialização, o programa move-se para o host.
- **Vírus polifórmico** – são mutantes a cada infecção, dificultando a sua detecção.
- **Vírus infectante de arquivos** – infectam parte de arquivos .exe ou .com que infectam a máquina assim que são executados.

Existe também o **verme**. É um programa que se autocópia de uma máquina para outra, geralmente por meio de e-mail, sendo transportados como cavalos de Tróia.

É importante observar que muitas vezes o usuário nem precisa abrir um e-mail para ser contaminado, basta estar conectado à internet.

Foram ilustradas as principais formas de ataque. O ponto básico é cuidar da proteção física dos equipamentos. Para isso, você deve planejar um local em que não haja risco de acidentes naturais (enchentes, umidade, frio e calor excessivos), risco de vandalismo e roubo.

Agora vamos ver como agir diante de situações mais complexas que envolvem controle de acesso, segurança de dados e segurança de comunicações (WHITE, 2013).

Controle de Acesso

O controle de acesso, como o próprio nome sugere, é uma forma de se organizar quem pode ter acesso e quando este acesso é liberado para que usuários possam utilizar uma rede de computadores.

Há três formas principais que podem ser utilizadas para se implementar esse tipo de controle (WHITE, 2013):

- Sistemas de senhas e ID
 - Estas técnicas são muito utilizadas e é comum um usuário precisar digitar uma senha ou algum outro tipo de codificação com PIN ou ID para poder ter acesso a um sistema.
 - Há uma constante evolução nessa área e, em especial, o uso de dados biométricos para diminuir a possibilidade de fraudes.

- Direitos de acesso
 - O administrador de rede deve cuidar da questão de direito de acesso a dados que podem ser compartilhados. Isto envolve dois requisitos fundamentais: definir quem são os usuários que podem ter acesso e definir como, ou seja, de que forma estes dados podem ser acessados. Por exemplo, os recursos RWX (Leitura, Escrita, Execução) devem ser especificados para organizar como cada usuário pode ter acesso aos dados.
 - Desta forma, é possível criar grupos de trabalho com determinados direitos de acesso.
- Auditoria
 - É um recurso que permite a geração de registros na forma de log que associa a cada transação os dados pertinentes a quem realizou a mesma, em que data e em que horário.
 - Tendo acesso a esses logs de transações, é possível se fazer diversas auditorias que podem identificar e coibir crimes.

Agora vamos avançar para a questão de aplicação de métodos para garantir a segurança de dados em uma rede de computadores.



Refleta

Uma das grandes polêmicas que se vive na atualidade é a questão da prática de atos ilícitos.

Você que é responsável pelo projeto de segurança de uma rede de computadores, como poderia tratar a questão de implementar procedimentos para evitar a prática de atos desonestos durante transações comerciais em uma organização?

Faça uma reflexão sobre que escopo de segurança você deverá considerar para estabelecer as regras de negócio e garantir maior confiabilidade diante de seus clientes.

Segurança de dados

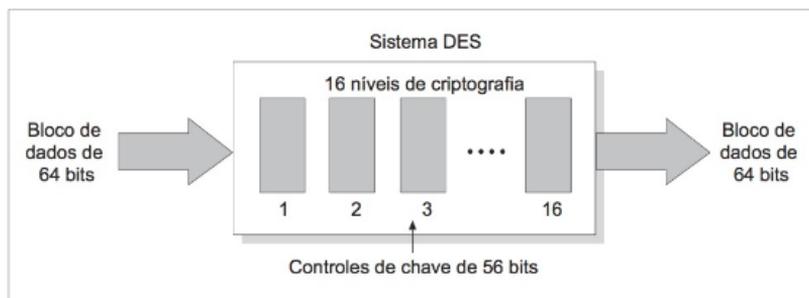
Não adianta existirem sistemas que geram dados confiáveis se, durante a transmissão dos mesmos, é possível ocorrer problemas

que venham a corromper esses dados, ou então, que eles possam ser interceptados por pessoas maliciosas.

Agora vamos estudar a questão de criptografar e decodificar dados para que o processo de transmissão seja mais seguro.

A criptografia é uma tecnologia que permite codificar os dados antes de transmitir e decodificar os dados, quando forem recebidos. Este processo consiste em definir algoritmos que geram cifras que podem fazer processos de substituição ou de transposição de uma letra ou um conjunto de letras em uma mensagem. Este padrão de codificação de dados foi criado em 1977 e pode ser visto na Figura 4.11. O algoritmo DES utiliza blocos de dados de 64 bits, e aplica 16 níveis de codificação a cada bloco. Portanto, é possível realizar uma operação diferente, de acordo com o conteúdo de uma chave de 56 bits, para cada um dos 16 níveis de criptografia.

Figura 4.11 | Criptografia de dados



Fonte: White (2013, p. 321).

Por exemplo, existe a criptografia de chave pública. Nesse caso, utiliza-se uma chave para codificar e outra para decodificar as mensagens. É neste contexto que se tem a camada de soquetes seguros – SSL – que é uma camada adicionada entre as camadas de aplicação e de transporte. Dessa forma, gera-se uma conexão segura entre servidores e navegadores para transmitir dados seguros via web.

O padrão DES sofreu evoluções, mas exigia muito processamento, principalmente no caso de telefonia celular e mídias similares. A solução desenvolvida foi o padrão avançado de criptografia – AES – baseado no algoritmo Rijndael que permite utilizar chaves de 128 ou até 256 bits.

Outro avanço nessa área foi a tecnologia de assinaturas digitais que utilizam criptografia de chave pública e o objetivo é fornecer um meio de certificação para saber se um determinado documento pertence a uma determinada pessoa.

Para concluir essa parte de nosso estudo sobre criptografia de dados é importante você saber que:

- Pretty Good Privacy – PGP - este software foi criado por Philip Zimmermann. É gratuito e pode ser utilizado por usuários comerciais ou usuários como eu e você. Permite a criptografia e descriptografia em um processo de transmissão.
- Kerberos – é um protocolo de autenticação que utiliza um modelo de criptografia simétrica, ou seja, com uma única chave tanto na criptografia quanto na descriptografia. É empregado em aplicativos comerciais para certificar a identidade de um determinado usuário.
- Esteganografia – técnica que se baseia em ocultar os dados em fontes de dados de outra natureza. Por exemplo, envia-se dados de um documento nos pixels de uma imagem.

Segurança de comunicações

Nesta fase dos nossos estudos, vamos ver quais são as tecnologias que podem ser usadas para tornar a comunicação mais segura.

- Proteção contra vírus
 - É necessário você manter softwares apropriados do tipo antivírus para verificar periodicamente seus arquivos e acessos e remover todas as ameaças que forem detectadas.
 - Verificação da integridade é uma técnica que aplica os recursos de análise inteligente de um arquivo (calculando a soma de verificação (checksum)) e análise especializada de vírus.
- Espalhamento Espectral
 - Para que você possa garantir padrões de segurança mais elevados em sistemas de segurança de comunicações, é possível utilizar a tecnologia de espalhamento espectral. Essa tecnologia surgiu na Segunda Guerra

Mundial para dificultar a invasão de inimigos durante o processo de transmissão de informações estratégicas. A ideia está baseada no fato de não se utilizar uma largura de banda fixa para a transmissão de dados.

- Firewalls
 - Um ou mais sistemas que tem como função permitir o controle de acesso entre duas redes: uma interna e outra externa.
 - Em termos de funcionalidade um firewall serve para aliviar a carga de trabalho de um antivírus, porque ele impede a entrada de invasores em uma rede. Nesse contexto, um sistema firewall pode interromper logins remotos, e-mail, transferências de arquivos e acesso/solicitação de páginas da web.
 - Ainda que haja um potencial grande de controle de entrada e saída em uma rede, existem pontos frágeis em um sistema de firewall: um vírus pode entrar livremente via cavalo de Tróia. Existe também a possibilidade de um invasor driblar o firewall e entrar por uma rota alternativa.



Exemplificando

Exemplos de Firewalls

- Filtro de pacotes – baseado nas informações de trajetória que um pacote possui, o sistema avalia e decide se o mesmo deve seguir. A sua implementação é simples e de baixo custo. As desvantagens são: (i) não examina o conteúdo para saber se contém vírus; (ii) complicado para usar quando o IP não é fixo; (iii) um erro bloqueando portas erradas pode ser desastroso para a segurança da rede.
- Filtro de pacotes com Controle de Estado – neste caso, a conexão entre os dois pontos da rede é monitorada continuamente do início ao fim do processo de comunicação. Com relação ao tipo anterior, tem a vantagem de corrigir a possibilidade de erro de portas e as informações sobre as conexões e os pacotes são armazenados, facilitando a análise de ocorrências.
- Servidores Proxy – a proteção ocorre por meio de filtragem que ocorre na camada de aplicação. Cada Proxy age como

intermediário entre clientes e servidores. São bastante seguros, porque cada Proxy possui o seu próprio endereço IP, de maneira que os servidores externos não têm contato direto com a rede local. Por sua vez, esse tipo de conexão pode diminuir o desempenho da rede.

Políticas de segurança

O projeto de políticas de segurança envolve uma reflexão sobre algumas questões. Vamos descrever um roteiro para orientar o seu projeto, conforme proposto por White, 2013:

- **Avalie qual o nível de segurança que a empresa deseja.**

A empresa que está tentando permitir o acesso somente a serviços é considerada essencial para seus negócios? Ou a empresa deseja permitir todos ou a maior parte dos tipos de transações, e assim precisa de seu sistema de firewall apenas para auditar transações e criar uma sequência correta para elas? A permissão de acesso somente a serviços considerados essenciais exige um sistema de firewall mais elaborado e, conseqüentemente, mais trabalho e despesas. A permissão para que a maior parte dos tipos de transação aconteça requer um sistema de firewall mais simples, que execute somente operação de gestão de fila e crie informações de auditoria. Para determinar o nível apropriado de segurança de que ela precisa, uma empresa deve avaliar a natureza de seus dados. Mais precisamente, a empresa deve determinar quanto seus dados devem ser seguros. Também deve decidir se todos os seus dados devem se tornar seguros ou somente partes dele. Esse passo no exame de dados e na configuração de nível de segurança de uma empresa e suas operações geralmente consome tempo e dinheiro. (WHITE, 2013, p. 330-1.)

- **Avalie quanto a empresa está disposta a investir.**

Quanto dinheiro a empresa deseja gastar para investir em um sistema de firewall? Sistemas de firewall adquiridos comercialmente podem ser poderosos, complexos e caros. É possível, entretanto, construir um sistema de firewall internamente que se aproveite da capacidade dos recursos já existentes, como sistemas operacionais de rede e roteadores. Dependendo do nível de detalhes de auditoria exigidos, uma empresa pode adquirir e instalar software

adicional que funcionará em conjunto com o software de sistema operacional de rede para disponibilizar qualquer nível desejado de auditoria.

Como sistemas operacionais de rede, vários roteadores podem ser programados para restringir o acesso a certos tipos de tráfego. Um roteador pode ser programado para aceitar e rejeitar solicitações com endereços IP específicos ou uma faixa de endereços IP. Roteadores podem ser programados para negar acesso a certos endereços de porta ao nível TCP. (WHITE, 2013, p. 331.)

- **Avalie quanto a empresa está comprometida com a segurança.**

A empresa é suficientemente séria quanto à restrição de acesso à rede corporativa de modo que não torna segura somente as entradas à rede relacionadas com a Internet, mas também apoia a segurança de todo e qualquer enlace no ambiente da rede corporativa? Em outras palavras, ao tomar decisões relativas à segurança, a empresa deve também considerar o acesso a modems discados, redes sem fio e outros enlaces de telecomunicações. Fax, independentes ou baseados em computador, e disco removível, são dois exemplos de como os dados podem entrar ou sair de uma corporação. Uma política de segurança deve levar em consideração esses pontos de entrada e de saída, assim como a Internet. (WHITE, 2013, p. 331.)

Se você realizar um bom projeto de política de segurança, isso vai facilitar o entendimento de como os usuários devem interagir com os sistemas e o resultado será um ambiente seguro e confiável. Além disso, com a evolução das tecnologias voltadas para Indústria 4.0 e IoT Industrial, os clientes que utilizam internet como meio de comunicação estarão alertas para se conectarem em redes seguras para poderem realizar seus negócios e processos.



Pesquise mais

Segurança em redes sem fio

É frequente o uso de redes Wi-Fi e você precisa aprofundar seus conhecimentos sobre como garantir padrões mais elevados de segurança nessas redes.

Para que você possa conhecer melhor este assunto, acesse o documento:

MORETTI, C.; BELLEZI, M. A. Segurança em Redes Sem Fio 802.11. T.I.S. **Tecnologias Infraestrutura e Software**, v. 3, p. 24-33, 2014. Disponível em:

<<http://revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/download/73/67>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

Boa pesquisa!

Sem medo de errar

Nesse cenário, você está de parabéns, porque foi designado para projetar o novo torno da empresa que você trabalha, Borg Máquinas. Você já escolheu o conceito de instalação e a rede de campo que deve usar para que sua empresa ganhe competitividade em relação às máquinas importadas. Agora você precisa garantir que as informações dos seus clientes estejam a salvo.

Quais cuidados para a segurança de rede você deve tomar?

Você sabe que, independentemente das medidas que você tomar com o hardware e software na máquina, a segurança é totalmente dependente da política de segurança usada por seus clientes.

Por isso, você opta por uma solução interna e externa. Internamente, você cria medidas que aumentam a segurança da máquina e, externamente, você também sugere medidas para seus clientes.

Internamente você:

- Cria uma Política de Segurança para as máquinas da Borg.
- Cria controle de acesso com usuários e senhas.
- Coíbe o uso de Pendrive, eliminando portas USBs para pessoas não autorizadas.
- Cria uma rede local.

Externamente você:

- Cria um Manual de Segurança da Informação com instruções claras das vulnerabilidades e como mitiga-las.
- Recomenda que um Servidor Proxy seja usado como Firewall.
- Cria uma parte de segurança da informação em seu treinamento.
- Oferece o serviço de Manutenção/Monitoração da máquina

para seu cliente. Dessa forma, você poderá atualizar os softwares, analisar ameaças e deixar seu cliente mais tranquilo em relação as vulnerabilidades.

Parabéns, dessa maneira você finaliza a especificação do novo torno da Borg Máquinas.

Avançando na prática

Segurança na rede entre Scada e MES

Descrição da situação-problema

Você trabalha como Engenheiro de Automação em uma empresa que faz placa de gesso, chamada Ocalp, usa CLPs da Rockwell, WinCC como Scada, um software proprietário como MES e SAP como ERP. Os CLPs e o servidor do WinCC com o historiador estão na planta em que você está trabalhando e estão sob sua responsabilidade, mas o MES e o ERP estão sob responsabilidade de TI e estão em servidores na nuvem. Você deve especificar como vai ser esta conexão para garantir a segurança adequada.

Resolução da situação-problema

Por ser uma empresa bem comprometida com a segurança, a Ocalp possui uma política de segurança bem detalhada feita pelo departamento de TI e você propõe segui-la.

De acordo com a política, deve-se colocar um Firewall (marca e modelo homologados) na conexão do Scada com a internet.

A política ainda informa que essa comunicação deve acontecer através de uma VPN (Rede virtual criptografada).

Você especifica o servidor que possui o WinCC, com duas portas, uma para a conexão externa e uma para os controladores.

Você ainda deixa uma cópia do servidor com WinCC (mesmo hardware, mesmos softwares, mesma configuração, mas sem o histórico), porque se ocorrer algum problema, você troca os conectores e volta a operar, sem o histórico, mas volta a operar.

Parabéns, você conseguiu aumentar a segurança, com isso. Pode evitar problemas ou corrigi-los o mais rápido possível e,

assim, aumentar a produtividade da Ocalp no que diz respeito a redes industriais.

Faça valer a pena

1. Vírus são programas que tem como objetivo modificar o comportamento de uma máquina provocando danos que podem estar associados à exclusão de dados e a alteração de componentes do sistema operacional. Sobre os principais tipos de vírus você pode afirmar que:

- I. O vírus infectante de arquivo é ativado quando a macro é executada, a qual pode estar associada a uma planilha, banco de dados ou processador de texto, por exemplo.
- II. O vírus do setor de inicialização instala-se em uma mídia removível e quando usada para inicialização, o programa move-se para o host.
- III. Vermes são mutantes a cada infecção, dificultando a sua detecção..

Considerando as afirmações acima, assinale a alternativa que atribui V (Verdadeiro) ou F (Falso) corretamente.

- a) V-F-V.
- b) F-V-F.
- c) V-V-F.
- d) V-V-V.
- e) F-V-F.

2. Em termos de funcionalidade, um firewall serve para aliviar a carga de trabalho de um antivírus, porque ele impede a entrada de invasores em sua rede. Nesse contexto, um sistema firewall pode interromper acessos remotos, e-mails maliciosos, transferências de arquivos perigosos e acesso/solicitação de páginas da web não autorizadas.

Dessa forma, assinale a alternativa correta.

- a) Pretty Good Privacy é um bom firewall.
- b) A implementação de filtro de pacotes é simples e de baixo custo.
- c) Nos servidores Proxy a proteção ocorre por meio de filtragem que ocorre na camada de transporte.
- d) Kerberos é um firewall de autenticação que utiliza um modelo de criptografia assimétrica.
- e) Nos filtros de pacotes com controle de estado a conexão entre os dois pontos da rede não são monitorados continuamente.

3. O projeto de políticas de segurança em uma organização envolve uma reflexão sobre algumas questões, ou seja, abrange três pontos específicos conforme segue abaixo.

1. Avalie qual o _____ de segurança que a empresa deseja.
2. Avalie _____ a empresa está disposta a investir.
3. Avalie quanto a empresa está _____ com a segurança.

Se você realizar um bom projeto de política de segurança, isso vai facilitar o entendimento de como os usuários devem _____ os sistemas e o resultado será um ambiente seguro e confiável.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) problema – quanto – comprometida – interagir com.
- b) nível – quanto – comprometida – conhecer.
- c) problema – quanto – deficiente – interagir com.
- d) nível – quanto – comprometida – interagir com.
- e) nível – quanto – deficiente - edificar.

Referências

LUGLI, A. B., SANTOS, M. M. D. **Sistemas Fieldbus para automação industrial**. São Paulo: Érica, 2009.

SOUSA, Lindeberg de. **Redes de Computadores - Guia Total**. São Paulo: Érica, 2009.

WHITE, C. M. **Redes de Computadores - Tradução da 6ª ed. norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning Editores, mar./2013.

