

Instrumentação pneumática - Manutenção - Eletrodo de pH

MECATRÔNICA ^{Atual}

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE PROCESSOS E MANUFATURA

Ano 2 - nº11 - Agosto-Setembro/2003 - Brasil: R\$ 10,90 - Europa: € 4,30



Controle e monitoração remotos

de máquinas industriais utilizando internet embutida

Sistemas de atuadores lineares

Conheça os principais tipos e especificações



Redes industriais

Características de transmissão - Critérios para seleção

ISSN 1676-0972



Analísadores por absorção de radiação infravermelha

Seção do Leitor 4

Notícias 6

Problemas e Soluções 16

Reportagem 20

Instrumentação pneumática

A telemetria é a técnica de transportar medições obtidas no processo a distância, em função de um instrumento transmissor. Veja neste artigo, como a telemetria pneumática está revolucionando a instrumentação e a automação.

21

Mesa giratória

Este artigo aborda a automação de uma mesa giratória, desde seus cuidados na especificação e instalação até um exemplo de módulo aplicativo específico para esta aplicação.

24

Sistema de atuadores lineares

Neste artigo são abordados os atuadores lineares acionados por motores elétricos ou ditos eletromecânicos, um dos mais confiáveis dispositivos usados na indústria atualmente.

26

Controle de posição e movimento com CLP

No passado, os CLPs tinham apenas a função de executar a lógica de intertravamento. Com a evolução tecnológica dos processadores usados, já é possível contar com mais recursos e com equipamentos mais compactos.

30

Características das transmissões em redes industriais

Em uma planta industrial os dispositivos estão distantes uns dos outros e, é necessário sincronizar o transmissor e o receptor para garantir que este último "saiba" quando começa cada bit de uma sequência. Isso só é possível conhecendo-se as características dessas transmissões.

34

Controle e monitoração remotos de máquinas industriais utilizando internet embutida

Conheça as vantagens da utilização de um microcontrolador com internet embutida na automação e integração de máquinas e equipamentos industriais com sistemas de supervisão e controle de processos e produção.

38

Manutenção em eletrodo de pH

A medição de pH é utilizada em diversos controles de processos na indústria de processos. Entenda o funcionamento de um eletrodo de pH e veja algumas técnicas para efetuar uma boa manutenção.

42

Critérios para seleção de redes para automação industrial

Veja como classificar os tipos de equipamentos inteligentes interligados numa rede industrial quanto ao tamanho do dado da informação e à necessidade da velocidade desse dado chegar até seu destino.

46

Arquiteturas de sistemas de automação industrial utilizando CLPs - 2ª parte

Este artigo analisa, numa arquitetura de sistemas, o nível de sistemas de supervisão e controle (nível 2) e o nível de sistemas corporativos (nível 3), ressaltando as vantagens e desvantagens de vários tipos de comunicação.

48

Manutenção Preditiva - Ultra-som

Os vazamentos são os grandes responsáveis pelo desperdício de energia encontrado nas instalações de ar comprimido. Conheça uma técnica de inspeção empregada atualmente para localizar esses vazamentos.

52

Emissões de interferência eletromagnética

Este artigo trata da questão da emissão não intencional de radiofrequência por equipamentos, tais como computadores e outros sistemas microprocessados, descrevendo diversas técnicas para controlar essas emissões.

54

Analísadores por absorção de radiação infravermelha

A análise por absorção de radiação infravermelha permite determinar, de forma contínua, a concentração de um ou mais componentes em uma mistura. Entenda como funcionam os dispositivos que fazem essa análise.

58

Editora Saber Ltda.
Diretores
Hélio Fittipaldi
Thereza M. Ciampi Fittipaldi

Mecatônica

www.mecatronicaatual.com.br

Mecatrônica Atual
Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Editor Assistente
Paulo Gomes dos Santos

Publicidade
Carla de Castro Assis
Melissa Rigo Peixoto
Ricardo Nunes Souza

Conselho Editorial
Alexandre Capelli
Juliano Matias
Newton C. Braga

Reportagem
Sérgio Vieira

Colaboradores
Alaor Mousa Saccomano
Alexandre Comitti
Augusto Ottoboni
Carlos Henrique C. Ralze
F. Javier Ramirez-Fernandez
Gilberto Abrão Jana Filho
Gilberto Branco
Marco Antônio Coghi
Osmar Brune
Paulo Cesar de Carvalho
Reginaldo de Mattos Onofre
Ricardo Peres
Richard Dmytrak
Rodrigo O. Fernandez
Samir Kassouf
Vitor Sabadin

ASSINATURAS

www.mecatronicaatual.com.br
Fone/Fax: (11) 6195-5335
Atendimento das 8:30 às 17:30 h

Impressão
Bandeirantes Gráfica

Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Midesa

MECATRÔNICA ATUAL
(ISSN - 1676-0972) é uma publicação
da Editora Saber Ltda.
Redação, administração,
edições anteriores, publicidade e
correspondência:
R. Jacinto José de Araújo, 315
CEP: 03087-020 - São Paulo
SP - Brasil
Tel.: (11) 6195-5333

Empresa proprietária dos direitos de
reprodução:
EDITORA SABER LTDA.

Associado à:
ANER - Associação Nacional dos
Editores de Revistas

ANER

ANATEC - Associação Nacional das
Editoras de Publicações Técnicas,
Dirigidas e Especializadas.

ANATEC
www.anatec.org.br

Editorial

Os passos do Profibus

No dia 24 de junho, a Associação Profibus realizou em São Paulo seu evento anual que promove a troca de informações entre usuários e fornecedores. Além das perguntas técnicas durante as palestras, um dos itens levantados por um dos participantes foi sobre o projeto de se montar no Brasil um "Centro de Competência Profibus" como forma de estimular o desenvolvimento desse protocolo. Segundo um fabricante, através do Centro seriam pesquisadas novas aplicações do Profibus, assim como o melhoramento das existentes.

A idéia, por enquanto, só existe no papel mas é interessante notar como, aos poucos, a entidade procura fortalecer a tecnologia através de várias ações junto ao público de indústria, fornecedor e acadêmico. Recentemente, além dos novos membros conquistados (Hullen, Metso, Phoenix, Poliron, Turck, Weg e Wika) a entidade também ganhou seu primeiro membro usuário de tecnologia Profibus: a Bayer.

Essas ações da entidade possuem um só objetivo que é o de fortalecer o protocolo Profibus junto à comunidade técnica e, principalmente, junto ao usuário final dessa tecnologia. De acordo com membros da entidade, essas ações estão surtindo efeito, com os fabricantes, e principalmente, junto ao usuário final.

Nesta edição, apresentamos o artigo "Instrumentação Pneumática", de Reginaldo Onofre, técnico em manutenção da Petrobras. São apresentados também um artigo sobre manutenção em eletrodo de pH e outro sobre analisadores por absorção de radiação infravermelha, firmando a nossa proposta de trazer artigos focados na indústria de processos, além daqueles que contemplam a indústria de manufatura, procurando trazer, a cada novo número, o que há de melhor no mercado de automação.

Tudo isso visa transformar a Revista Mecatrônica Atual num referencial no que diz respeito à Automação Industrial contando sempre com a participação dos leitores que, como pode ser constatado na Seção do Leitor desta edição, são na maioria profissionais da área, que levantam temas para discussão que serão aproveitados para a elaboração dos futuros artigos.

Atendimento ao leitor: a.leitor.mecatronicaatual@editorasaber.com.br

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, sob pena de sanções legais. São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista. Caso haja enganos em texto ou desenho, será publicada errata na primeira oportunidade. Preços e dados publicados em anúncios são por nós aceitos de boa fé, como corretos na data do fechamento da edição. Não assumimos a responsabilidade por alterações nos preços e na disponibilidade dos produtos ocorridas após o fechamento.

Seção do Leitor

Novos paradigmas do setor elétrico

Parabenizamos pela forma objetiva e simples de apresentar o artigo "Arquitetura de Sistemas de Automação Industrial utilizando CLPs" na Revista Mecatrônica n° 10. Nós, do setor elétrico, estamos buscando utilizar outro paradigma para remota e CLP, ou seja, a idéia é empregar os diversos CLPs (nível 1) controlando os variados processos de forma distribuída nas usinas ou subestações próximas ao equipamento nível 0), e através de uma rede de comunicação em anel, conectar a uma remota que fará a transmissão das supervisões e comando (seletivo) para o centro de operação local (nível 2) e transmissão para o centro de operação regional (nível 3).

A vantagem deste modelo é que: cada especialista em sua área, projeta seu próprio sistema de controle e supervisão (nível 1), o que o torna não apenas mais seguro/confiável, mas também leva o projeto a ser orientado a manutenção do processo controlado.

Entendemos que, sendo o CLP dotado de uma linguagem de programação padronizada a nível globalizado, bem como bastante documentado, facilitaria o intercâmbio de experiência entre os profissionais de outras empresas, além disso, teríamos melhor integração e motivação entre os profissionais dos diversos processos da usina e/ou subestação.

Antônio Carlos Carneiro Castro
Setor de Controle e Regulação da Tensão
Primária
Chesf - Companhia Hidroelétrica
do São Francisco

É uma grande satisfação receber retorno dos colegas que lêem a Mecatrônica Atual. Concordo que este modelo de automação com inteligência distribuída é melhor e facilita o desenvolvimento da equipe, além de agregar melhor performance ao sistema controlado. O intercâmbio de experiências entre os diversos participantes dos níveis de automação contribuirá ainda para motivar a equipe. Essa é uma das maiores vantagens de distribuir a automação e níveis e repartir também a inteligência entre os diversos equipamentos que devem ser interconectados com uma rede bastante confiável como a configuração de anel, por exemplo.

Paulo César de Carvalho

Varistores

Referente ao artigo "Protetores de linha" (Mecatrônica Atual n°9), o modelo demonstrado utiliza varistores de 180 V e diodos Zener de 180 V. Se a tensão nominal da rede for de 220 V, como posso usar varistores com essa tensão de trabalho? Também não entendi como os diodos Zener irão proporcionar uma proteção final para o equipamento a ser empregado.

Wellington Carlos Soares Júnior
Cia. de Energia Elétrica do
Estado do Tocantins
Dpt° de Automação e
Telecomunicações

R: Conforme observamos no circuito (figura 11, pág. 32), os varistores estão colocados entre cada fase e o neutro. Entre as fases, a tensão é de 220 V, mas entre cada fase e o neutro, a tensão é de 110 V (metade), o que resulta em picos de 155,1V ($110 \times 1,41$). É justamente esta tensão que aparece sobre cada um dos varistores, em condições normais. Assim, para cada fase, varistores de 180 V são perfeitamente adequados ao projeto.

Newton Braga



Enviar suas cartas para
Editora Saber Ltda.
Rua Jacinto José de Araújo, 315 - CEP 03087-020 -
São Paulo - SP, ou e-mails para:
a.leitor.mecatronicaatual@editorasaber.com.br

As mensagens devem ter nome completo, ocupação, cidade e estado. Por motivo de espaço, os textos poderão ser editados por nossa equipe.

Retrofitting

Na edição de n° 8 (pág. 52) gostaria de saber o significado do termo "spline", assim como melhores explicações. O CNC é um componente de recursos incríveis sobre o qual precisamos ter algum conhecimento mais profundo.

Sidney Nogueira
Vendas - Hydrex

A melhor tradução que encontrei foi a de uma ripa chata de madeira. *Splines*, usadas em desenhos de engenharia, são réguas flexíveis, de madeira ou plástico, que podem ser curvadas de forma a passar por um dado conjunto de pontos (x_i, f_i) chamados nós. Apesar de ser usada desde o século passado, só no final da década de 60 foi desenvolvida a formulação matemática deste problema. Tal formalização possibilitou o aperfeiçoamento de vários sistemas computadorizados que utilizam aproximações gráficas de funções como o CAD/CAM.

A curva polinomial em referência, na verdade, é uma superfície tridimensional. Sendo assim, por ser tridimensional, a curva possui infinitas derivadas direcionais. Polinômio é uma curva contínua que até pode ser segmentada, porém, o *Spline* é um polinômio contínuo, nunca por segmentos de reta. Ora, se não existem segmentos de reta, então a curva é derivável em todos os pontos. Dessa forma, sempre existirá uma derivada direcional cujos coeficientes serão escritos em função das coordenadas deste ponto, portanto, uma raiz da derivada.

Se existirem pontos que não puderem pertencer a nenhuma das derivadas, então eles não pertencem à curva *spline* geradora. Mas onde está a aplicação disso? Quando um software de CAD gera um ponto fora da curva, não queremos que a ferramenta passe por ele. Pois bem, o algoritmo do CNC, na medida em que vai processando a superfície, testa a pertinência dos pontos à curva. Quanto mais testamos, mais tempo gastamos. A qualidade do teste está no peso W dado por Bezier para a aderência da curva ao ponto. Um peso baixo despreza muitos pontos e um peso alto, que classifica mais pontos, já faz a ferramenta seguir mais de perto o perfil desejado, porém torna a velocidade mais baixa.

Paulo Pansiera

Mercado de trabalho

Após três anos e meio, estou terminando o curso de tecnólogo em Mecatrônica no CEFET-CE. Gostaria de saber como está a expectativa do mercado para tecnólogo. Quais os caminhos que devo seguir para me tornar um grande profissional.

Victor Albuquerque
Fortaleza - CE

Victor, o sucesso profissional no mercado de automação depende muito do quanto você está atualizado com as novas tecnologias de chão-de-fábrica. Assim como a informática, novas tecnologias surgem a cada início de ano e, por esse motivo, é preciso estar atento aos lançamentos, tanto em termos de hardware como software. Também é preciso estar sempre vigilante para onde o usuário de automação está caminhando, porque é ele quem determina as novas soluções que aparecem no mercado.

Sistemas supervisórios

Estou fazendo um curso de especialização em Mecatrônica Industrial, e meu trabalho final será sobre supervisórios. Gostaria de saber quais publicações existem a respeito, ou em quais sites de internet poderei buscar algum material pertinente.

Ileana Vasconcellos
Engenheira Eletricista
Curitiba - PR

Ainda neste ano pretendemos publicar alguns artigos técnicos e reportagens sobre sistemas supervisórios. Mas, caso queira saber antecipadamente sobre sistemas supervisórios verifique o site das empresas Intyalliance, SoftBrasil e Indusoft.

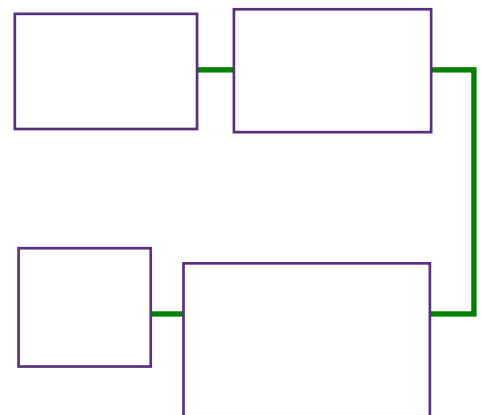
Placas de motores

Onde consigo uma placa para controle de motor de corrente contínua? Quais são os fabricantes?

Robson de Godoy, por e-mail

Gostaria de saber se existe um circuito ou algo relacionado a figura abaixo para controlar um motor de passo?

Julio Henrique
Limeira SP



Vocês podem encontrar circuitos integrados de controle nos sites das empresas Motorola, Texas Instruments e Micrel. Procurem por *Data Sheets* ou *Aplication Notes*.

Alexandre Capelli

Mecatrônica Notícias

Sérgio Vieira

/Feimafe **alavanca** vendas de **máquinas-ferramenta**

Presentes na base da cadeia produtiva, as máquinas-ferramenta devem apresentar crescimento de 7% em 2003 superando os US\$ 313 milhões alcançados no ano passado. Boa parte das máquinas-ferramenta responsáveis por esse desempenho podem ser conferidas na **Feimafe - Feira Internacional de Máquinas-Ferramenta e Sistemas Integrados de Manufatura**. São quase 1.300 empresas expostas durante uma semana de evento no Parque de Exposições do Anhembi. Os negócios gerados na Feimafe são responsáveis por três meses de faturamento do setor.

A expansão do mercado interno de máquinas-ferramenta é acompanhada por uma drástica redução das importações (-41% no primeiro trimestre de 2003). Já as exportações permanecem em patamares estáveis, com estimativa de fechar o ano com elevação de 3% sobre os US\$ 99,7 milhões de 2002.

A Alemanha é hoje o principal produtor e consumidor mundial de máquinas-ferramenta movimentando mais de US\$ 6 bilhões, seguida pela China com US\$ 300 milhões a menos. O Brasil, com o faturamento de US\$ 313 milhões, aparece na 13ª posição. A Europa é o principal comprador brasileiro com 45,8% das exportações. Atualmente, apenas 32% do que é produzido aqui é consumido pelo parque industrial brasileiro. Desde o final da Segunda Guerra Mundial os Estados Unidos eram os principais produtores e consumidores de máquina-ferramenta. Hoje, eles figuram na quarta posição mundial.

Pela avaliação de Delben Leite,

a reforma tributária é uma peça importante para que a indústria brasileira de máquina-ferramenta ganhe mais competitividade no mercado externo. Para citar um exemplo da problemática, Delben disse que não são poucos os casos de empresas brasileiras que ganham contratos no exterior mas não ganham no Brasil, devido à quantidade de impostos em cascata que

incidem no produto nacional.

Dentro da **Abimaq - Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos**, o setor de máquinas-ferramenta é o terceiro setor que mais cresce em lucratividade. Respectivamente, o primeiro e segundo lugar são ocupados pelos equipamentos para a área agrícola e as máquinas para indústria de base.



Participação **italiana**

Contando com 51 empresas italianas em uma área de 804 metros quadrados, o Pavilhão Oficial Italiano, organizado pelo **ICE - Instituto Italiano para o Comércio Exterior** e pela **UCIMU - Associação dos Fabricantes Italianos de Máquinas Operatrizes**, participou da Feimafe divulgando o sistema "Flying Desk" - Centro de Consultoria gratuita - montado para dar suporte de informações

sobre os incentivos comerciais, financeiros e as garantias oferecidos pelo Governo Italiano e seus parceiros. O interessado pode conhecer o conjunto de atividades dos diversos órgãos voltados à promoção da internacionalização das empresas italianas. Também é possível obter informações sobre a formação de um consórcio para exportação de máquinas e equipamentos.

Siemens apresenta Simodrive

Um novo *drive* acoplado ao CNC Sinumerik 802D (analógico) para comando de servomotores foi apresentado pela Siemens, durante a Feimafe. Batizado de Simodrive Baseline, o *drive* reúne fonte de alimentação, regulação e potência em um único gabinete. “O Simodrive Baseline é a solução de baixo custo para aplicações de máquinas-ferramentas”,

acredita Fan Yang Kuo, engenheiro de produto da Siemens. O Simodrive está disponível em três versões: uma dedicada às máquinas de um eixo (11 Nm) e duas dedicadas às máquinas de dois eixos (6 Nm/ 3 Nm) e (8 Nm/ 6 Nm).

A multinacional alemã apresentou ainda na Feimafe a aplicação do conceito “*Solutions for Powertrain Transline 2000*”. Trata-se de uma

solução que reúne softwares dedicados ao maquinário da indústria automobilística, como o HMI-Pro que padroniza, por exemplo, os movimentos manuais de uma máquina, a seleção de produtos e o *status* de falhas. O HMI-Pro é aplicado em linhas de usinagem e montagem com automatizadas com CNCs, ou controladores lógicos programáveis (CLPs).

Kalatec apresenta Hub de controle

O “Hub para controle de um a oito eixos” foi o principal produto apresentado pela Kalatec Automação durante a Feimafe. Fabricado pela empresa “Applied Motion”, ele utiliza a mesma linguagem de programação (*Si Programmer Software*). Para completar o escopo de produtos, recentemente, a Kalatec adquiriu a empresa Automatec, que fabrica os eixos de deslocamento com fusos e guias de precisão. Para baratear o custo do projeto, ela mistura servomotores

e motores de passo em qualquer proporção.

Cada servo ou motor de passo que é agregado ao Hub acrescenta oito entradas e três saídas digitais ao sistema, podendo chegar a 64 entradas e 24 saídas digitais e programáveis ao conjunto. A programação pelo software *Si Programmer* (que se encontra no CD da Revista Saber Eletrônica Especial nº9) é um dos mais simples do mercado, dispensando manual e conhecimentos prévios de programação. Ele pode habilitar qual-

quer operador dos equipamentos para alterar o programa ou parâmetros como velocidade, deslocamento e repetições.

O programa desenvolvido pelo operador pode ter até 200 linhas (o que corresponde a 1000 linhas de um programa normal), e este programa ficará armazenado no Hub, dispensando o monitoramento do computador. O Hub habilita também a confecção de programas nas mais variadas linguagens para controle dos eixos.

Phoenix apresenta Diagnet e InLine Block

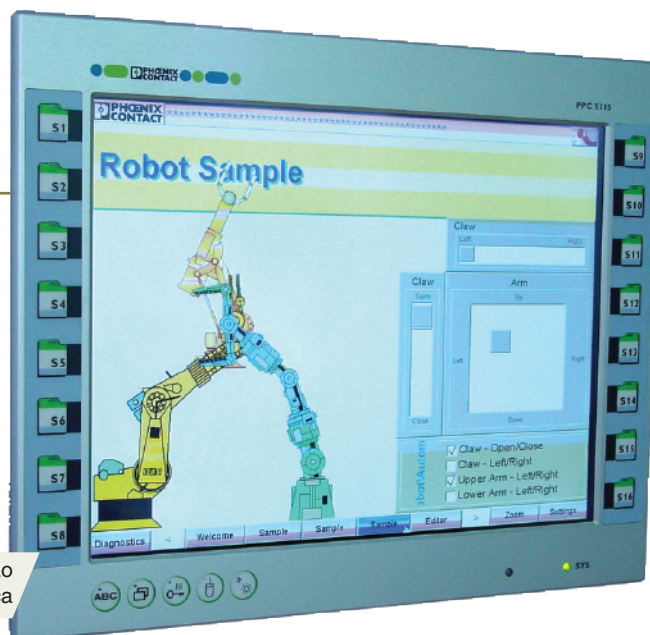
Através de uma IHM, a “Phoenix Contact” apresentou na Feimafe uma ferramenta de diagnóstico de automação que permite total visão do parque instalado. Com o nome de Diagnet, a ferramenta dá o ponto exato da falha em uma rede Interbus, além de trazer detalhes como foto do painel de controle e do dispositivo afetado. É possível chegar até ao ponto de apresentação de página do diagrama do circuito.

Outro destaque apresentado pela Phoenix foi o InLine Block IO, com módulos de 16 e 32 canais de entradas e saídas digitais. Devido ao *design* do bloco, é possível conseguir montagens em pequenas caixas de distribuição, mesas de comando ou portas de painéis de controle. O novo InLine “Block

IO” está disponível para as principais redes do mercado. De acordo com informativo da empresa, a principal

novidade é que o acoplador de rede já está integrado no próprio módulo de I/O.

Ferramenta permite visão total da fábrica



Tecnologia a vácuo da Festo

Com o objetivo de facilitar o manuseio de elementos modulares para manipulação, a “Festo Automação” lançou uma nova linha de equipamentos com tecnologia a vácuo. Foram desenvolvidas novas ventosas com os mais variados materiais, tamanhos e formas (para todos os tipos de aplicações), compensador angular, filtro e adaptador.

Segundo Octaviano Themudo Silva, gestor de produtos da “Festo Automação”, dependendo da superfície do material que será movi-

mentado em uma indústria (caixas, embalagens, vidros ou placas), as ventosas a vácuo são mais adequadas do que as garras. Com a diversidade de ventosas, sempre haverá um conjunto que atenda às necessidades do mercado. Além disso, destaca, o adaptador do conjunto de vácuo se interliga facilmente a um manipulador.

A nova linha a vácuo é composta por um sistema modular com todos os elementos de interligação disponíveis, tornando desnecessária a usinagem de peças para o acopla-

mento. Sua flexibilidade permite alterações rápidas da configuração inicial, sem perda do que já foi adquirido. A Festo também disponibiliza manipuladores *standard* com deslocamento em dois ou três eixos - X (horizontal), Y (transversal) e Z (vertical) - montados, e também o painel de comando conforme a necessidade de aplicação. Este ano, a “Festo Automação” está comemorando 35 anos de atividades no Brasil concentrando no país a maior fábrica do grupo fora da Alemanha.

SEW divulga área de Service

Apresentando produtos consagrados no mercado tais como a linha de moto-redutores e a linha eletrônica, a SEW deu destaque na Feimafe às atividades de Service que, recentemente, ganhou uma área especial em Guarulhos, onde fica a sede da empresa.

Quem passou pelo estande da empresa também teve a oportunidade de conhecer o lançamento do came eletrônico que pretende substituir os atuais comes mecânicos em indústrias de manufatura. Comunicando-se através da rede proprietária Sbus, a novidade vai facilitar a vida de operadores que precisam trocar o came a cada nova programação de uma máquina.

Ainda neste ano, a SEW apresentará outras novidades no mercado de automação: “Uma nova série do MovieDrive B permitirá trocar seis curvas diferentes no came eletrônico”, adiantou Davi

Corrêa, engenheiro de aplicação da SEW.



Corrêa - nova série do MovieDrive B.

Diadur expõe software para controle estatístico

Atuante no mercado de medição e precisão para máquinas-ferramenta, a “Diadur Indústria e Comércio” apresentou como novidade o Software para Controle Estatístico de Processo (CEP), indicado para indústrias de processo ou manufatura. Batizado de *Applied Stats*, o software registra e

analisa dados em tempo real. O sistema oferece cartas de controle, histograma, pareto, instruções para operador, diário de bordo, CPK, PPK, normalidade, R&R, MAS, etc.

Também foram apresentados os dispositivos para medição simultânea de diâmetros externos e os apalpado-

res lineares da marca Heidenhain. A Diadur apresentou ainda os indicadores digitais IDN que atuam juntamente com transdutores lineares. Eles podem ser empregados nos centros de usinagem de peças como Centragem Automática de Peças e Círculo de Furação.

100% com foco no CLP

Em boa parte das empresas de automação é comum ouvir palavras como: solução integrada, solução completa ou produtos integrados. Para que essas palavras façam sentido, já não é de hoje que muitos fabricantes estão procurando lançamentos de novos produtos, compras de empresas e tudo mais que for possível para atender aos seus clientes. Em consequência disso, o usuário de automação tem nas mãos uma arquitetura que vai dos níveis de dispositivos às sofisticadas ferramentas de controle.

Mas essa cartilha do setor parece que não é seguida pela empresa gaúcha Altus, que optou por focar apenas o CLP sem se importar com as centenas de dispositivos e softwares que podem ser agregados a esse equipamento. “Para sobrevivermos apenas com o CLP tivemos que investir na flexibilidade de produtos”, aponta Ricardo Felizzola, presidente da empresa.

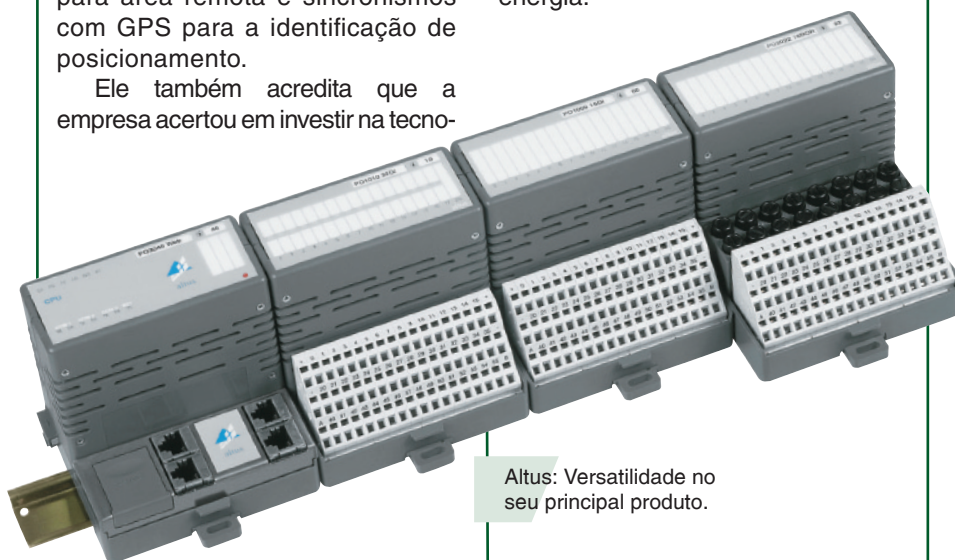
Dentro da Altus, investir em flexibilidade significa apresentar os mesmos produtos para clientes diferentes. E foi o que a empresa fez nos últimos quatro anos para sobreviver ao “sobe e desce” do mercado de automação. Felizzola cita como exemplo de novos mercados, o uso dos CLPs da Altus para área remota e sincronismos com GPS para a identificação de posicionamento.

Ele também acredita que a empresa acertou em investir na tecnolo-

gia de “mensagens não solicitadas” para microCLPs, que se comunica na rede proprietária Alnet 2. Na prática, o usuário tem um produto diferenciado dos CLPs mais robustos que ficam enviando e recebendo mensagens a cada segundo. “Nós concorremos com flexibilidade de produtos”. Felizzola não vê possibilidades da Altus investir pesadamente na área de softwares (como já fez no passado).

Outro ponto da cartilha seguida por fabricantes, e contrariada pela Altus, é o investimento na área de Serviços. A filosofia da empresa é ter tecnologia embarcada e, por esse motivo, não deve tomar medidas para transformar sua área de serviços numa nova receita. “Mantemos serviços apenas em clientes estratégicos como Petrobras, Infrero, Grupo Ipiranga e Usiminas”. O presidente da empresa diz que a parte de Serviços já chegou a um estágio de “saturação”. Segundo ele, a parte de equipamentos se difere dessa realidade.

Como diz o título desta matéria e, se depender do presidente da empresa, a Altus irá permanecer com 100% do seu foco voltado para o CLP. Dentro de algumas semanas, a Altus estará anunciando ao mercado seu mais novo contrato fechado com um OEM da área de energia.



Altus: Versatilidade no seu principal produto.

CLP para Manutenção

A Rockwell Automation está divulgando no mercado seu novo módulo XM para agregar a função de manutenção ao CLP. A série Entek XM utiliza a infra-estrutura de rede já existente na instalação e permite a expansão do sistema. Montados em trilho Din, os módulos XM também podem ser adicionados

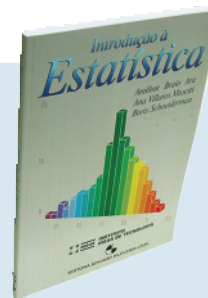


aos painéis de controle ou instalados próximos à máquina. Segundo informativo da Rockwell, não é necessário nenhum gabinete especial

nem requisitos específicos de alimentação ou refrigeração.

Literatura

O Instituto Mauá de Tecnologia, em convênio com a editora Edgard Blücher, acaba de lançar o livro “Introdução à Estatística”, escrito pelos professores Amilton Braio Ara, Ana Villares Musetti e Boris Schneiderman. Dirigido a estudantes do ensino superior e a profissionais que utilizam a estatística como ferramenta para a coleta e análise de dados, a edição mostra os fundamentos e aplicações da matéria num formato simples e direto.



Toshiba de cara nova

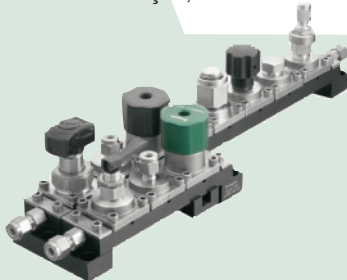
Atendendo a uma diretiva internacional, a Toshiba do Brasil está passando por um profundo processo de reestruturação. Segundo informações, o objetivo é tornar o grupo mais competitivo, ágil e altamente lucrativo apoiado em quatro estratégias: formação de *joint-ventures*, criação de centros de excelência com a unificação de fábricas, reestruturação administrativa e otimização dos níveis de estoque. Na área de inversores de frequência, por exemplo, a idéia é saltar da quarta para a segunda colocação em vendas.

Advantech inaugura laboratório

A Advantech Brasil inaugurou seu "Centro de Excelência para América Latina" dedicado a treinamentos sobre a linha de equipamentos da área de IAG (Automação Industrial) com foco nas soluções ADAM e nos sistemas para aquisição de dados, Modbus, TCP, entre outros. O Centro, que custou US\$ 50 mil, é equipado com infra-estrutura e tecnologia de última geração e visa oferecer a clientes e parceiros diferentes treinamentos "hands one" sobre a aplicação prática das mais recentes soluções e equipamentos para automação industrial.

Coleta em processos analíticos

Destinados ao mercado de analisadores de processo, os componentes da nova plataforma modular Swagelok, em conjunto com o novo software configurador, prometem facilitar a vida de instrumentistas. O produto é compatível com a norma ANSI/ISA 76.00.02 e a proposta do produto é reduzir o tamanho, peso e volume em passagem de produto nas análises de processo e sistemas de amostragem. Os componentes da nova família são formados por: válvulas de bloqueio, de agulha, de medição, reversão e de retenção, além de filtros.



Controlador com teste on-line

Através da tecnologia Ethernet, a Schneider Electric instalou um CLP no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da POLI (USP) que interage com todas as configurações e diagnósticos. O sistema pode ser visualizado através do www.schneider-electric.com.br e está sendo usado como tese de doutorado do professor Antônio Gomes de Araújo. O equipamento controla um motor de corrente contínua e um sistema de controle de deformação de um corpo instrumentado por dois extensômetros (*strain gages*).

Datastream aguarda "bola da vez"

Apesar de serem bem conhecidos no meio industrial, os softwares de manutenção aguardam o momento de viverem o seu "boom" no mercado brasileiro. Todos os indícios revelam que o engenheiro brasileiro é um interessado e um entusiasta na informatização dessa área da indústria, mas por enquanto, a onda ainda é dos softwares de ERP - *Enterprise Resource Plainning*. Apesar de serem ferramentas distintas, recentemente, os softwares de ERP incorporaram alguns conceitos de manutenção, o que deve empurrar mais para a frente a proliferação das autênticas ferramentas de manutenção.

"O potencial da manutenção ainda vai ser explorado no Brasil", diz Daniel Figueiredo, diretor geral da Datastream no Brasil. Pela sua avaliação, os softwares de manutenção ainda precisam aguardar a sua vez, tanto no Brasil quanto no mundo. Figueiredo acredita que, somando-se os softwares de ERP aos concorrentes específicos de ferramentas de manutenção, a Datastream concorre em um mercado de 60 fabricantes.

Para a empresa diferenciar-se das demais, várias ações estão sendo tomadas no sentido de estreitar relacionamento com a

principal pessoa desse negócio: o engenheiro de manutenção. Em evento realizado em São Paulo estiveram presentes vários gerentes de plantas petroquímicas, empresas de transporte, indústrias automobilísticas, etc. "Nosso trabalho de *marketing*, agora, será muito forte em empresas governamentais", disse Figueiredo lembrando que sua empresa já forneceu mais de 200 sistemas no Brasil, grande parte para empresas de pequeno e médio porte. Outro diferencial foi o lançamento do módulo analítico que traça comparativos entre a manutenção corretiva, preditiva e a preventiva; e a versão móvel do produto 7i (baseado em Windows CE e indicado para aplicações remotas).

Na visão de Lourival Augusto Tavares, presidente do Comitê Panamericano de Engenheiros de Manutenção, hoje, no mundo, há tanto empresas que investem nesse tipo de ferramenta como aquelas que não possuem conceito formado sobre o assunto. Para ele, o importante é que as empresas estão dando a devida atenção para as suas áreas de manutenção. "Essa área está sendo considerada inclusive na avaliação do valor residual da venda de uma empresa", concluiu.



Figueiredo: potencial está para acontecer.

Recap dá partida à nova unidade via SDCD

A Refinaria de Capuava da Petrobras - Recap - deu partida à sua Unidade de Propeno totalmente automatizada. O SDCD do Centro de Controle Integrado da Recap é responsável pelo controle "on-site" e "off-site". O primeiro é um processo de destilação de "Propint", carga produzida nas Refinarias de Cubatão e Recap, corrente rica em propano/propeno. O sistema de separação é realizado em duas colunas de destilação. Usa um compressor de aproximadamente 4,0 MW como "bomba de calor", ou seja, os gases de topo da coluna são comprimidos e condensados diretamente em "reboilers" do fundo da torre e servem também como pré-aquecimento de carga, economizando energia. O projeto básico foi realizado pelo Cenpes. Ele dispõe de analisadores em linha - cromatógrafo de gases, sistemas "anti-surge" de compressor e contém perto de 70 malhas de controle.

Já o sistema "off-site" é formado pelos sub-sistemas de utilidades e armazenamento de produtos. Para utilidades, a principal área modificada para atender a nova unidade foi a área elétrica, com modificações em subestações para a implantação do motor do compressor e operar todo o sistema elétrico via SDCD. Além disso, foi instalada uma nova torre de refrigeração, também operada via SDCD. Na área de Transferência e Estocagem foram introduzidas quatro novas esferas dispostas de telemetria (nível, pressão e temperatura), sistema de telecomando de válvulas motorizadas - STVM em torno de 45 válvulas operadas via SDCD/CCI; nova Estação de Medição - Emed - para medição de vazão e faturamento junto à Polibrasil. Na linha de expedição entre Recap - Polibrasil foi instalado um sistema de detecção de vazamento, também monitorado via SDCD.

Honeywell ressuscita com novos relés

Depois de quase pertencer ao Grupo GE, a Honeywell apareceu no mercado com o lançamento de novos relés em sua linha de eletromecânicos. As séries SZR e SZR-MY podem ser empregadas em controles lógico e de energia para máquinas e painéis. Os relés SZR-MY estão disponíveis em duas configurações: contatos duplos (DPDT) com carga de 5A e contatos quádruplos (4PDT) com carga de 3A. Os relés da série SZR foram desenvolvidos na Honeywell Coréia há 15 anos e, só agora, estão sendo lançados na América do Norte, América do Sul e Europa. Ainda um pouco desaparecida, pelo menos nos eventos do Brasil, a Honeywell tem participado das cotações da Petrobras para compra de SDCD's.

Novos vãos da Coester

Depois de ter se preparado tecnologicamente no mercado de petróleo, a empresa gaúcha Coester Automação prepara-se para dar novos vãos nesta área. A empresa esteve participando da Offshore Technology Conference - OTC, em Houston (EUA), e prevê galgar uma fatia dos US\$ 500 bilhões que esse setor irá investir nos próximos 10 anos ao redor do mundo. "O principal objetivo a ser alcançado é o de, em três anos, estar com 30% de nossas vendas destinadas ao mercado internacional", revela o diretor de Marketing da empresa, Marcus Coester. A indústria faturou no ano passado em torno de R\$ 4 milhões e pretendia este ano ficar em R\$ 6 milhões, mas novos negócios permitem prever quase dobrar este valor.



Atuadores da Coester foram apresentados na OTC.

Siemens adquire divisão da Danfoss

A divisão Siemens Automation and Drives (A&D), fornecedora de soluções industriais, adquiriu a divisão de instrumentação de vazão da Danfoss, de Nordborg, Dinamarca. Segundo Anton Huber, diretor mundial da divisão A&D da Siemens, a automação de processos industriais é um dos segmentos com maior potencial de crescimento na companhia. Para Raul de Melo Freitas, diretor geral da divisão no país, com esta nova aquisição a Siemens vai ampliar o leque de soluções em automação industrial, fortalecendo sua presença no mercado brasileiro.

Segundo informativo da Siemens, os equipamentos da Danfoss que medem a vazão de líquidos e gases durante o processo de produção industrial completam o pacote de soluções que a empresa já oferece para os setores de instrumentação de processo e analítica. Desde 1999, a Siemens vem

adquirindo empresas do setor, com destaque para a AXIVA no final de 2000, na qual a A&D reforçou a experiência nos setores das indústrias de processo químico e farmacêutico. No início de 2001, foi a vez da sueca AltOpnronic, fornecedora de produtos de "espectrometria a laser", entrar para família Siemens.

O acordo com a Danfoss, prevê-se o desenvolvimento e a produção dos equipamentos de medição de fluxo na unidade da Dinamarca para todas as 190 filiais da Siemens no mundo. A Danfoss é líder na fabricação de dispositivos eletrônicos para medição de fluxo de líquidos e gases. No ano passado obteve 60 milhões de euros em entrada de pedidos. Uma das grandes vantagens da empresa é a sua organização mundial de vendas. Também possui duas unidades fabris, uma na Dinamarca e outra no Reino Unido.

Sabesp é a nova fornecedora de soluções de automação

Nem só de venda de água vive a Sabesp. Reconhecidamente como a maior empresa de saneamento do país, a “Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo” está vislumbrando novos horizontes na área de automação graças à insistência de um de seus funcionários.

Oto Elias Pinto, que ocupava a gerência de manutenção na Unidade de Negócios do Vale do Ribeira e que já possuía bons conhecimentos em automação e otimização, observava como era rotineiro e arcaico o serviço de coleta e análise nas Estações de Tratamento de Água (ETA) e Efluentes (ETE). Foi então que começou a pensar em um sistema que pudesse facilitar a vida de analísadores e engenheiros, além de reduzir o tempo entre a análise da água e a adição de produtos químicos para correção de pH.

Batizado de Aqualog, o sistema começou a tomar corpo a partir de março de 1995 quando Oto, hoje superintendente na Unidade de Negócios do Vale do Ribeira, procurou a Jundilab para o fornecimento de instrumentos da “Hach Company” dos Estados Unidos. Também foram emprestados os controladores lógicos da gaúcha BCM para a aplicação do software.

Em junho de 1996, o sistema começou a ser testado na Estação de Tratamento do município de Tapiraí, Região do Vale do Ribeira do Estado. “Ficamos na expectativa quanto a aprovação dos engenheiros



Oto: testes correram conforme o planejado.

químicos. Queríamos saber se o que estava sendo lido pelo sistema correspondia exatamente à condição física do campo”, relembra Oto. Tudo ocorreu conforme o previsto. Nascia então a primeira estação inteligente de água do Brasil. Hoje, a estação de Tapiraí trata 25 litros de água por segundo ou 2,1 milhões de litros/dia.

O Aqualog é um sistema que atua no controle e supervisão de todas as fases da produção de água ou tratamento de efluentes. O sistema aciona, monitora e controla válvulas, dosadoras de produtos químicos, níveis de reservatórios e outros equipamentos, automaticamente, além de disponibilizar tabelas e gráficos como ferramentas essenciais de gerenciamento.

Em setembro de 2001, o Aqualog foi lançado oficialmente no mercado nacional, e a partir daí, a Sabesp começou a colecionar uma carteira de clientes no seu novo negócio. O interesse pelo sistema fez com que a empresa criasse uma equipe específica para coordenar o projeto. São clientes da Sabesp empresas municipais das cidades de Jaraguá do Sul e Blumenau (SC), Aparecida (SP), Itapetinga (BA), além da indústria farmacêutica Teuto que implantou o Aqualog na ETA e ETE de Anápolis (GO).

Atualmente, todas as 19 estações de tratamento de água do Vale do Ribeira encontram-se automatizadas com o Aqualog, que também está em fase de implantação em mais 18 ETAs

da Sabesp na região metropolitana de São Paulo (juntas elas totalizam 130 estações automatizadas).

De acordo com o superintendente, o sistema permite reduzir a análise de líquidos de uma hora para dois minutos. O que também chama a atenção são as reduções com insumos no processo. “Foi constatada a economia de até 27,3% com sulfato de alumínio (coagulante), e de até 24,3% em energia elétrica (kWh/m³)”. Oto revela que para que todas as inovações fossem possíveis, dois fatores foram fundamentais: “A quebra de paradigmas e a descentralização dos recursos foram primordiais no desenvolvimento do projeto”, conclui.



Controladores doados pela BCM.



Oto demonstra funcionamento do sistema.

○ controle através das rede neurais

Do nível de controle de um processo automatizado, passando pelas áreas de biomédica, meteorologia, automotiva e bancária, as redes neurais já fazem parte do dia-a-dia dos profissionais que precisam estimar situações ou simular ações de rotina. O funcionamento de uma rede neural baseia-se em um sinal de entrada conectado a várias conexões, o que resulta em vários sinais de saída. Como se vê, é uma metodologia de funcionamento muito parecida, para não dizer igual, àquela vivida por engenheiros de automação e controle.

É por esse motivo que as redes neurais ganharam grande simpatia no nível de controle avançado, otimização e diagnóstico de plantas industriais. Elas já são aplicadas, por exemplo, na indústria de petróleo, com destaque é claro, para as refinarias da Petrobras. Em parceria com a Unicamp, a Petroquímica União (PQU) pre-

tende implantar uma rede neural na sua Estação de Tratamento de Efluentes. No momento, a empresa está fazendo um levantamento para saber qual será o modelo ideal de rede, além de complementar os dados para o sistema. Dentro de seis meses, a PQU pretende dar o *start-up* do projeto. Outra empresa que possui sistema de redes neurais instalado é a Refinaria de Paulínia da Petrobras. O sistema é usado para cálculo *on-line* de propriedades químicas na produção dos derivados do petróleo.

As universidades também acompanham bem de perto a simulação e predição de ações através de redes neurais. Em São Paulo, o Centro Universitário da FEI - Fundação Educacional Inaciana - sediou o 6º Congresso Brasileiro de Redes Neurais (com apresentação de artigos sobre redes neurais no mercado financeiro e em sistemas elétricos) e a VII Escola de Redes Neurais (que realizou dois cursos sobre o

papel das redes artificiais e inteligência computacional).

Devido à diversidade de aplicações e combinações das redes neurais, cada um de seus tópicos foram nomeados para melhor compreensão: conexões entre camadas, camadas intermediárias, quantidade de neurônios, função de transferência e algoritmo de aprendizado.

História - As redes neurais apareceram para o mundo na década de 40 do século passado. O neurofisiologista Warren McCulloch, do MIT, e o matemático Walter Pitts, da Universidade de Illinois, dentro do espírito cibernético, começaram a apresentar as primeiras semelhanças entre as células nervosas vivas e os circuitos eletrônicos. A partir daí vários experimentos começaram ser realizados, tanto para aperfeiçoar modelos internos da rede como para aproximá-la dos modelos biológicos.

Semana da Mecatrônica na Unicamp

Foi realizada em Campinas, na Unicamp, a quinta edição da Semana de Engenharia Mecatrônica. Voltado para estudantes, o evento teve palestras de profissionais da área de automação e visitas às empresas Volkswagen, LMLS e Coca-Cola. "O principal do evento é proporcionar o enriquecimento dos alunos", disse Carlos Marn Costa, do departamento de *marketing* da Mecatron, empresa júnior organizadora da semana.

Durante os quatro dias do evento, os futuros engenheiros ficaram conhecendo um pouco mais sobre as tecnologias que rondam o chão-de-fábrica do parque industrial brasileiro. A aproximação com o ambiente real das indústrias foi possível através de palestras como: Automação e controle de processos na indústria química, de Marcos Coghi, diretor da CBTA; Tecnologia da Internet

aplicada à automação, da empresa SoftBrasil; Tecnologia Digital em automação de processos industriais, de William Ferraz, engenheiro da Smar; e Controladores lógicos programáveis com tecnologia TMR - *Triple Modular Redundant*, da

empresa Technics. De acordo com Carlos Marn, a participação de empresas da área de automação auxilia os estudantes a enxergarem a automação, cada vez mais, como recolocação da mão-de-obra.



Carlos e Robert, organizadores do evento

Eventos

Profibus

Dia 21 de agosto será a vez de Porto Alegre sediar o evento "Cases" da Associação Profibus, onde será mostrado algumas implementações desse protocolo em indústrias de processo. Também será apresentado alguns estudos da tecnologia Profibus aplicada a comunicação redundante, controle do movimento e ao protocolo ASI. A Associação Profibus irá realizar ainda esse ano alguns Workshop's com integradores para discutir os rumos dessa tecnologia. Acompanhe as datas: 18 de setembro em Joinville / 9 de outubro em Belo Horizonte / 6 de novembro em Curitiba. Outras informações contate: Silas Henrique Almeida Anchieta através do telefone (11) 3082-3451 ou e-mail: profibus@profibus.com.br

Enershow 2003

Nos dias 03, 04 e 05 de setembro, o Frei Caneca Shopping & Convention Center irá abrigar a sexta versão do Enershow. Organizado pela Aranda Eventos, o Enershow é um congresso dedicado a diferentes temas, com o objetivo de abranger por completo o tema "energia elétrica". Haverá a apresentação de trabalhos, análises de novas tecnologias e soluções, além de uma feira que traz o que há de mais avançado em geração, transformação, distribuição, conversão, armazenamento e utilização de energia. O evento busca atingir os interesses dos consumidores e das empresas de energia elétrica, mantendo assim, sua importante função integradora dentro do setor. Outras informações: ft@arandanet.com.br ou através dos telefones (11) 3824 5300.

ElectronicAméricas

De 6 a 10 de outubro acontece a segunda edição da ElectronicAmericas, evento desmembrado da antiga FIEE e que possui foco na área de componentes e subsistemas eletrônicos. O evento aborda ainda a parte de montagens eletrônicas e instrumentação. A ElectronicAméricas será realizada no Centro de Exposições do Anhembi em São Paulo. A cerimônia de abertura da feira é antecedida pelo Fórum AbineeTec, que discute temas atuais referentes ao mercado. Mais informações: (11) 3829-9111 ou pelo e-mail: info@electronic-americas.com.br

Nada muda na Scan Automação

De acordo com o gerente de vendas Eduardo Lima, de cada dez perguntas sobre a chegada da Wonderware no Brasil, nove referem-se à atuação da "Scan Automação" no mercado. "Em time que está ganhando não se mexe" é a resposta de Lima para a maioria das perguntas, reforçando que a Scan continuará a ser responsável pela distribuição exclusiva no Brasil de produtos Wonderware, assim como todo o suporte técnico. Para a Wonderware vai sobrar a parte de *marketing*, acordos corporativos, suporte de canais, alianças e adaptação de políticas corporativas.

A Wonderware chega ao Brasil junto com o lançamento da arquitetura Archestra que é apresentada em três módulos: *Application Model Architecture*, *Unified Framework Services* e *Extensibility*. Segundo Lima, o Archestra é capaz de capturar engenharia em módulos reutilizáveis, possuindo habilidade de reutilizar e distribuir engenharia, além de apresentar ambiente de desenvolvimento seguro.

No objetivo principal do Archestra está a promessa de integrar todas as ilhas de automação de uma empresa em uma única solução. "A proposta é que o cliente tenha retorno de investimento gastando-se menos tempo e recursos", comentou Lima.

A multinacional também estará fazendo um serviço estratégico em dois outros produtos: *Industrial Application Server* - ferramenta que coleta todas as informações do FactorySuite 2000 e faz a interface entre os CLPs e as estações de trabalho; e o *FactorySuite A2* que atuará na área de MES - *Manufacturing Execution Systems*.



Lima: manutenção da parceria com a Scan Automação.

Market Share das empresas no mundo

Wonderware	20,5%
Siemens	14,8%
Intellution	13,2%
Rockwell Automation	13%
GE Fanuc	8,5%**
Citect	6,3%
Outros	23,7%

*fonte ARC Advisory Group
** Pesquisa antes da compra da Intellution

Projetos

SUPERVISÃO

TBG

Até o final do ano, a TBG - Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil estará atualizando suas versões do sistema supervisório InTouch. A previsão é que, brevemente, a TBG migre para uma arquitetura única de automação. Ao longo do gasoduto são 56 estações de controle que reúnem 75 PLC's e 45 computadores de vazão.



RPBC - Refinaria Presidente Bernardes

Está previsto para entrar em operação nesse segundo semestre na refinaria a ferramenta Sigma-fine - Sistema de Reconciliação de Dados. De acordo com a engenharia de otimização, o objetivo da ferramenta é automatizar o balanço diário de massa detectando perdas na produção.

AUTOMAÇÃO

Refap - Refinaria Alberto Pasqualini

Em outubro de 2004, a refinaria deverá dar partida à planta de mistura automática de gasolina e diesel. Serão duas unidades independentes que farão a separação simultânea dos dois produtos. Até o final desse ano, a refinaria estará customizando o otimizador que está instalado na planta de FCC.

Em breve, a unidade gaúcha de produção da Petrobras estará inaugurando algo inédito. Será otimizado todo o recebimento e envio para a produção de petróleo na unidade. O interessante é que todo o trabalho é com a equipe própria da estatal e inédito no Brasil. A ferramenta de otimização é tese de doutorado de um engenheiro da planta que está cursando no Imperial College. A ferramenta é do tipo Scheduling - Programação Matemática Inteira Mista.

Refinaria de Manguinhos

A empresa carioca está dando andamento à troca de seus primeiros SDCD's - Sistema Digital de Controle Distribuído. Previsto para terminar em 2004, os sistemas de controle estarão supervisionando cinco estações de campo. No momento, os engenheiros da planta estão realizando a troca de controle na área de tratamento de efluentes. A Refinaria Manguinhos, durante 17 dias, fez a troca à quente, isto é, sem paralisação, do sistema de digitalização do painel de controle da unidade combinada de destilação. A empresa também concluiu a automação das baias de carregamento de caminhões. Um controlador lógico foi conectado ao SDCD via padrão OPC. Em breve, o carregamento de caminhões poderá ser visualizado da sala de controle. Também em fase de estudo encontra-se a automação do sistema de energia e elétrico da refinaria.



Sabesp

Após firmar convênio com a empresa Signet Scientific Company, a Sabesp já começa a colher os frutos da parceria. A estatal acaba de ganhar um contrato para automatizar duas estações de tratamento de água e esgoto em Blumenau (SC). Batizado de Aqualog, o sistema está empregado em 19 estações da Sabesp. Ele também será implantado em outras 18 estações da Região Metropolitana.

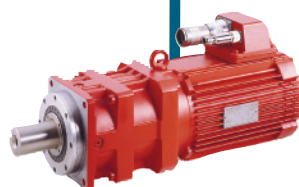
Replan - Refinaria de Paulínia

Até 2005, a Refinaria de Paulínia estará trocando todos os seus SDCD's - Sistemas Digitais de Controle Distribuído - das unidades de processo. Até o momento foi concluído apenas a instalação da unidade de destilação. A empresa também está finalizando a instalação do sistema Scheduler - Sistema de Auxílio à programação de produção e de operações.

INSTRUMENTAÇÃO

PQU

A PQU pretende adquirir novos transmissores de pH e medidores de vazão para dar suporte ao seu projeto pioneiro de implementação de rede neural em Estação de Tratamento de Efluentes. Também está sendo modernizado o seu sistema digital para atender ao novo método de controle.



Recap - Refinaria de Capuava

A Refinaria do Grande ABC Paulista está ampliando o seu setor de expedição e tancagem. Está previsto a inclusão de mais válvulas, além de melhorias no acompanhamento de expedição e recebimento de produtos junto à Transpetro. Esse sistema serve de detecção de vazamento e é monitorado, via satélite, pelo centro de controle da Transpetro no Rio de Janeiro. Também na Recap está previsto a implantação de controle avançado na Unidade de Craqueamento Catalítico. O trabalho está sendo desenvolvido junto com o Cenpes - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento - e a sede da Petrobras.



Ruídos gerados por contadores e relés

Paulo César de Carvalho

Recentemente, atendi a um chamado de suporte técnico onde ocorria problema em um módulo de saída digital microprocessado aleatoriamente quando o mesmo acionava ou desacionava contadoras. Ao verificar o defeito, constatei que as contadoras haviam sido montadas junto com o módulo microprocessado dentro de um caixa metálica e que não possuíam filtros nas bobinas. A unidade microprocessada tinha relés que acionavam diretamente as contadoras com bobina em 110 Vac. O cliente possuía os dados da contadora, que eram os seguintes :

Tensão da bobina : 110 Vac

Corrente de acionamento da bobina: 600 mA

Corrente de regime da bobina : 142 mA

Colocamos em paralelo com todas as bobinas filtros RC (resistor em série com capacitor) com os valores : $R=100$ ohms/1 watt e $C=150$ nanofarads / 250 Vac. O problema não ocorreu mais e o interessante é que, após colocar o filtro, até o barulho das contadoras atracando ficou mais suave.

Conclusão

É fundamental colocar filtros em equipamentos sujeitos a chaveamento

de cargas indutivas para evitar o mau funcionamento de circuitos microprocessados e o desgaste precoce dos contatos dos relés que acionam estas bobinas. Tal prática, com certeza, evitará muitos problemas de ruídos e interferências em circuitos microprocessados e diminuirá bastante os custos de manutenção destes componentes fundamentais na automação industrial. A seguir, na próxima página, informo algumas regras práticas para filtros. Verificar também junto ao fabricante das contadoras qual o filtro ideal para cada produto. Muitos fabricantes já vendem este opcional, que é instalado diretamente na contadora ou relé. ■

Sistema de mesa XY que se deteriorava muito rápido

Samir Kassouf

Em uma fabrica de lentes para óculos, todas as peças devem sofrer uma usinagem em suas laterais. Havia uma mesa XY acionada por um servomotor e deslocada por um fuso de esferas, com garras pneumáticas que pegavam a lente em uma esteira de entrada, e a posicionavam em um cabeçote de usinagem (para a operação propriamente dita). A mesma mesa XY coletava a lente (agora acabada) endereçando-a para uma esteira de lavagem.

Todo esse sistema da mesa se deteriorava com muita facilidade em menos de cinco meses de trabalho contínuo, e a mesa era enviada para reparo.

Observou-se que uma folga

padrão de 0,13 mm passava para 0,20 mm muito rapidamente, comprometendo a usinagem das lentes. As esferas chegavam a se desmanchar piorando a situação do fuso, com o entupimento dos tubos de retornos e com o "encruamento" das partículas por sobre as pistas de rolagem do fuso.

Observaram-se vários aspectos da máquina, que normalmente nos passavam despercebidos. A lubrificação do sistema era feita de forma consistente e confiável. A principio suspeitou-se que o pó proveniente do desbaste (de alta resistência e baixa densidade) contaminava a mesa (apesar da existência de uma coifa com pressão negativa). A primeira medida foi sanfonar com uma proteção ambos os lados da mesa, assim como acrescentar selos

em ambos os lados dos fusos. Tão rapidamente como das vezes anteriores, o fuso retornou para reparos, apresentando as mesmas características das falhas anteriores.

Observou-se que a dinâmica dos movimentos era muito alta e foi levantada a hipótese de que, a reversão do movimento da mesa com uma alta aceleração fornecida pelo servo, poderia "jogar" as esferas aceleradas contra o flanco da crista do fuso. Para terminar com esse "açóite" de esferas, optou-se por pré-carregar a castanha da mesa, tirando com isso todo o jogo da castanha. Tal mudança surtiu o efeito desejado e o cliente agora faz uma manutenção na mesa a cada 18 meses. ■

Ruídos gerados por contatores e relés

CIRCUITOS DE PROTEÇÃO

Circuitos de proteção dos contatos são recomendados para prolongar a expectativa de vida do relé, especialmente quando trabalhando com cargas indutivas. Essa proteção tem a vantagem adicional de suprimir ruídos, bem como prevenir a carbonização da superfície do contato quando o relé é aberto.

Os circuitos de proteção devem ser montados próximos da carga, e como regra, não convém que fiquem afastados mais que 0,5 metros. Os circuitos típicos de proteção dos contatos são descritos a seguir.

Circuito RC

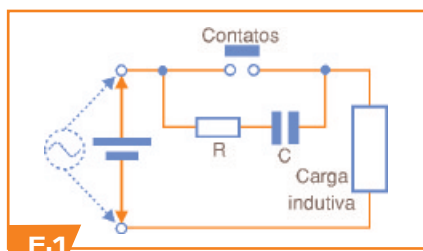
O circuito de proteção RC pode ser montado em paralelo com o contato ou em paralelo com a carga. A montagem em paralelo com os contatos é recomendada somente para cargas alimentadas em tensão contínua. A montagem em paralelo com a carga pode ser usada tanto para cargas alimentadas com tensões contínuas quanto alternadas. Os circuitos RC são mais eficazes quando utilizados em tensões acima de 100 V.

Para selecionar os valores de R e C, recomenda-se que o resistor tenha de 0,5 a 1 W para cada 1 V de tensão, e o capacitor tenha 0,5 a 1 μF para cada 1 A de corrente. Por exemplo, em uma carga de 220 V/1 A pode-se empregar um resistor de 220 Ω e um capacitor de 1 μF (o modelo do capacitor deve estar adequado ao tipo e valor da tensão da carga). Ver **figuras 1 e 2**.

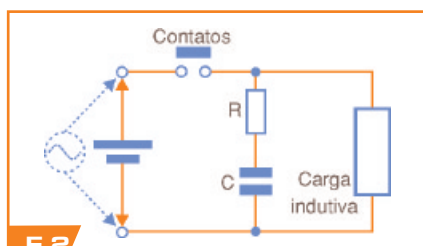
Circuito com Diodo

Esta é a forma mais eficiente para a eliminação do arco que se forma nos contatos do relé no momento do desarme. Entretanto ela pode trazer problemas no tempo de desarme, caso a carga seja, por exemplo, uma contatora ou solenóide.

O diodo é recomendado somente para tensões contínuas, sua tensão reversa deve ser 10 vezes maior que a da carga e a corrente, no mínimo, igual a da carga.

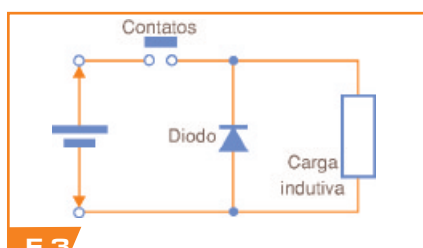


F.1

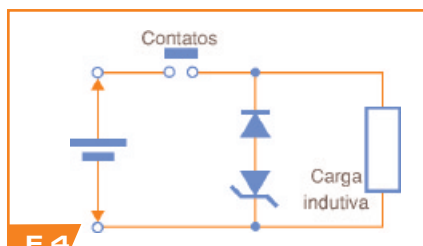


F.2

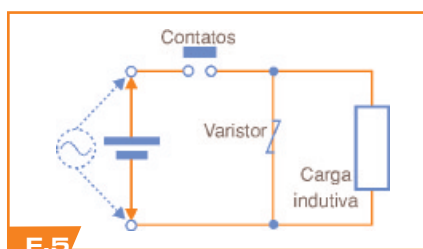
ATENÇÃO: Para tensões contínuas de 110/125 Vdc, deve ser usado o circuito de proteção RC em paralelo com a carga, sob pena de desgaste acentuado dos contatos. Sugere-se os seguintes valores de R e C: 33 Ω e 470 μF , respectivamente.



F.3



F.4



F.5

Circuito com Diodo e Zener

O circuito com diodo e zener é adequado quando o tempo de desarme do circuito com diodo é excessivo. Assim como o circuito de proteção com diodo, ele só deve ser utilizado em tensões contínuas. A tensão do zener deve ser um pouco superior à tensão de pico da carga. Observe as **figuras 3 e 4**.

Circuito com Varistor

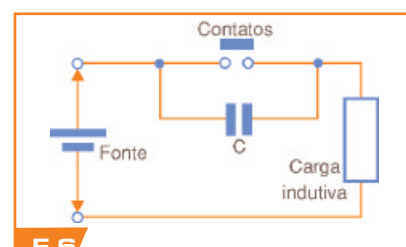
Deve ser utilizado conforme tensão, energia armazenada na carga e vida útil desejada. Atente para a **figura 5**.

Circuito com Capacitor

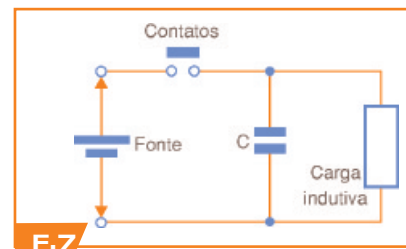
O circuito com capacitor é altamente eficaz para suprimir arcos gerados durante a abertura dos contatos, mas pode causar desgaste do contato em função da corrente para carga e descarga do capacitor. Para a seleção do capacitor usar a mesma regra do circuito RC.

Este circuito é desaconselhado na maioria das aplicações. Somente deve ser escolhido quando os circuitos anteriores se mostrarem inadequados.

Acompanhe **figuras 6 e 7**. ■



F.6



F.7

O que utilizar para proteger um motor elétrico?

Alaor Mousa Saccomano

Uma das muitas questões que são levantadas quanto a proteção de motores elétricos é qual a melhor política de proteção para o mesmo: relé térmico?... disjuntor termomagnético?... fusíveis?... relés especiais?....

Com certeza, cada um tem sua classe de aplicação e desempenho otimizado, especialmente quando bem dimensionados quanto aos valores hostis que enfrentarão em termos de proteção e tempo mínimo para atuarem. A primeira pergunta a ser respondida é quanto ao que se espera de um sistema de proteção. Em um sistema de proteção clássico baseado em relé térmico e fusível retardado (gL-gG), tem-se, quando bem dimensionado, uma perfeita proteção contra sobrecargas, que é realizada pelo relé térmico e contra curto-circuito e sobrecargas de longa duração pelo fusível. Logicamente, o dimensionamento é o que importa. Assim, quando na concepção de um projeto em termos de proteção com fusível para um motor de indução (o "parrudo" motor trifásico), deve-se inicialmente se considerar a carga que o mesmo está acionando em termos de valor de torque resistente e característica de aceleração. Todo motor tem como característica principal seu valor de tempo máximo de rotor bloqueado, que é o tempo que é permissível

ao motor ficar com a alta corrente de rotor travado, gerando internamente aquecimento do bobinado até seu valor máximo anterior à degeneração do isolamento do motor. De posse desse valor e calculado o tempo que a carga levará para ser acionada até a velocidade nominal, pode-se estimar em cima das curvas de tempo vs. corrente de fusão do fusível, que deve ser adotado. Valores abaixo do calculado não permitirão a partida completa do motor (mesmo para partidas com tensão reduzida como no caso da Estrela-Triângulo), "queimando" o fusível antes do motor alcançar a velocidade e corrente nominal. Lembre-se: na partida, um motor pode alcançar valores de pico de corrente de 6 a 12 vezes a nominal, e o fusível retardado quando bem dimensionado suporta estes picos sem problemas e sem deixar de realizar a efetiva proteção. Valores de fusível mais acima (só para deixar ele terminar a partida...) não executarão uma perfeita proteção, principalmente quando da necessidade de proteção em sobrecargas de longa duração ou mesmo na falta de fase, levando à queima do motor.

Quanto a atuação do relé térmico, a pergunta mais comum é: em que valor devemos regular um relé térmico para efetiva proteção do motor? Propostas como o valor da placa (nominal) vezes 1,1 ou o valor da placa vezes o fator de serviço do motor, entre tantas

outras, são um tremendo erro. Não deve ser esquecido que fatores de atuação térmica podem ser desprezados, pois todos os relés térmicos são compensados para temperatura ambiente. Quanto ao fator de serviço, nada mais é que uma possível disponibilidade do motor para pequenas sobrecargas, não devendo entrar nos cálculos do ajuste da efetiva proteção. Assim sendo, em um primeiro momento, o correto seria adotar o valor de placa do motor, que é o valor nominal ao qual o mesmo foi projetado. O excelente é ajustar o relé térmico para o valor de trabalho - que é sempre inferior ao de placa - isto é, o valor medido sobre trabalho em regime. Neste caso, além da proteção do motor, se obtém a efetiva proteção do sistema mecânico que o mesmo está acionando: se houver sobrecarga ou início de travamento, com o súbito aumento da corrente das fases no motor, ocasionará a imediata atuação do relé térmico que desenergizará o comando, protegendo o motor e a carga acionada. Deixaremos para um futuro artigo mais completo, o comentário e procedimento para o cálculo dos valores de proteção, além das atuações dos outros protetores (disjuntores termo-magnéticos, relés PTC, etc). ■

Por que um inversor "sensorless" não permite que o motor atinja velocidades acima da nominal?

Alaor Mousa Saccomano

Esta questão me foi feita por um grupo de alunos da UNIP-Alphaville, e no mínimo a resposta é inusitada: simplesmente por erro de parametrização. Quando um inversor é colocado para funcionar no modo vetorial, após seu levantamento de parâmetros - *self tuning* - o mesmo equaciona o motor AC como se fosse um DC, atuando na decomposição da corrente de entrada do mesmo para os eixos D e Q. No modo *sensorless* - sem rea-

limentação de velocidade - tem-se o agravante de que a malha de corrente deve ser "melhor supervisionada" para garantir perfeita proteção do inversor e motor. Assim para valores mais altos de velocidade e também na partida do motor, funções de proteção extras podem ser acionadas. Como o tratamento do inversor ao motor é semelhante a um motor DC, deverá haver algum parâmetro conhecido por **ENFRAQUECIMENTO DE CAMPO**

ou com denominação similar, que informa em que velocidade se deve iniciar este processo - enfraquecer o campo para que os valores de velocidade sejam ultrapassados. Portanto, como solução imediata, basta reduzir o valor deste parâmetro. Outros parâmetros semelhantes que podem ser tratados são todos aqueles relacionados ao fluxo do motor: regulação de fluxo, ganho do regulador de fluxo, valores máximos, etc. ■

Sistema supervisorio: único e absoluto

Sérgio Vieira

Já faz um bom tempo, os fornecedores de equipamentos de automação sonham em fornecer uma solução única e integrada ao seu cliente. Tudo que o usuário necessite estaria ali, naquele conjunto de hardware e software. Entretanto, desde a primeira vez que se falou na palavra software no ambiente de automação industrial, um produto tem sido soberano: o sistema supervisorio.

Apesar de se tratar apenas de um software, esse sistema possui tamanha complexidade que permite às empresas que atuam nesse nicho de mercado manterem-se com o fornecimento de várias soluções. Essa complexidade não é encontrada nas empresas que trabalham apenas com hardware, basta ver, por exemplo, como estão estruturadas as arquiteturas de automação do Brasil. É uma verdadeira “colcha de retalhos”.

Outros que tentam invadir a área do supervisorio são as empresas que trabalham com os sistemas ERP - *Enterprise Resource Planning*, ou softwares de gerenciamento. O setor que realmente eles atuam (controle de estoques, fornecedores de insumos, contabilidade, etc) já entrou no ponto de saturação nas grandes e médias empresas, o que faz com que haja um despertar natural para novas áreas. Os softwares de ERP estão incorporando novos módulos para invadir também a área de manutenção.

Mas, o que há de tão impressionante nesse sistema para manter o seu público fiel de usuários. Um dos motivos está no *know how* das empresas que fornecem essas soluções. Elas começaram a trabalhar nessa área há pelo menos 20 anos, enquanto que as empresas de hardware começaram a desenvolver suas soluções em softwares há menos de cinco anos.

Uma das tendências dos sistemas supervisorios é integrar todos os dados de produção no ambiente de chão-de-fábrica. As diversas ilhas dentro de uma planta industrial esta-

riam recebendo e enviando dados através de um único sistema. Algumas empresas também começaram a distribuir esses dados na produção via Web. Outra tendência desses sistemas é trilhar o caminho inverso das soluções ERP, ou seja, integrar dados da produção com os sistemas corporativos. “Esses sistemas estão subindo na hierarquia, assim como os de ERP procuram baixar para o chão-de-fábrica”, sinaliza Marcelo Barbosa, gerente de produto da Elipse Software, empresa que trabalha com essas ferramentas. Uma discussão que toma corpo para quem trabalha com sistema supervisorio é o desenvolvimento de interfaces gráficas em Active X e Java.

Boa parte dos sistemas supervisorios rodam em Windows NT e 2000. Nesse ponto, poucas empresas aventuraram-se em desenvolver soluções baseadas em Linux, mesmo sendo um sistema gratuito. “As aplicações em Windows CE ficaram restritas a soluções leves e que podem ser acessíveis com um Palm”, informou André Marino, gerente comer-

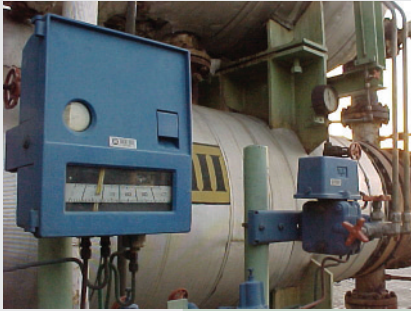
cial da SoftBrasil.

Segundo ele, os sistemas supervisorios, a cada nova versão, estão trazendo melhores interfaces com o operador, além de reduzir significativamente o tempo de implantação. “Hoje leva-se metade do tempo que demorava há dois anos”, avalia ele.

Na área de sistemas, uma das tecnologias que facilitou a vida de operadores foi a criação do padrão OPC - *Ole Process Control*. Com ela, os desenvolvedores de supervisorios capturam no sistema um único *driver* para configurar, por exemplo, um controlador lógico em uma rede. Antigamente, era preciso criar vários *drivers* de comunicação. De acordo com alguns técnicos, o padrão OPC precisa agora melhorar a eficiência da tecnologia. Os *drivers* proprietários ainda são mais eficientes e consomem menos do processador. “Sem dúvida, o OPC resolve vários problemas mas não todos”, observa Barbosa. Ele cita como exemplo as aplicações em energia onde se usa os sistemas de telemetria e coleta de memória de massa.

F.1 OPC resolveu vários problemas mas não todos.





Instrumentação Pneumática

Reginaldo de Mattos Onofre *

Os primeiros automóveis eram lentos, sem conforto e nada práticos, porém, foram uma grande evolução nos meios de transporte, que até então, utilizavam animais como tração. Na indústria de telemetria ocorreu a mesma coisa (guardadas as devidas proporções), pois, a telemetria pneumática revolucionou a instrumentação e a automação.

TELEMETRIA

Chamamos de Telemetria à técnica de transportar medições obtidas no processo a distância, em função de um instrumento transmissor. A transmissão dos valores medidos está tão intimamente relacionada com os processos contínuos, que a necessidade e as vantagens da aplicação da telemetria e do processamento contínuo se entrelaçam. Um dos fatores que se destacam na utilização da telemetria é a possibilidade de centralizar instrumentos e controles de um determinado processo em painéis de controle. Além disso, outras vantagens podem ser citadas:

- Os instrumentos agrupados podem ser consultados mais facilmente e, rapidamente, possibilitando a operação e uma visão conjunta do desempenho da planta industrial;
- Redução do número de operadores com aumento simultâneo da eficiência do trabalho;
- Aumento da eficiência dos instrumentos devido às possibilidades de pronta consulta, manutenção e inspeção, em situação mais acessível, mais abrigada e mais confortável.

TRANSMISSÃO EM INSTRUMENTAÇÃO

Em geral, os transmissores pneumáticos geram um sinal pneumático variável, linear, de 3 a 15 psi para uma

faixa de medida de 0 a 100% da variável. Esta faixa de transmissão foi adotada pela SAMA (*Scientific Apparatus Makers Association*), sendo adotada pela maioria dos fabricantes de transmissores e controladores nos Estados Unidos. Na época, ainda se encontravam transmissores com outras faixas de sinais de transmissão, por exemplo: 3 a 27 psi; 0 a 30 psi.

Nos países que utilizam o sistema métrico decimal usam-se faixas de 0,2 a 1,0 kgf/cm², que equivalem aproximadamente, de 3 a 15 psi (3 psi = 0,21 kgf/cm² e 15 psi = 1,05 kgf/cm²). O alcance do sinal no sistema métrico é aproximadamente 5% menor que o sinal de 3 a 15 psi, sendo este um dos motivos pelos quais devemos calibrar os instrumentos de uma malha numa mesma norma.

TRANSMISSORES PNEUMÁTICOS

A transmissão pneumática predominava em quase todas as variáveis, exceto na medição de temperatura, onde se utilizavam os sensores termoeletrônicos e os termômetros de resistência. Os dois métodos de transmissão utilizados eram:

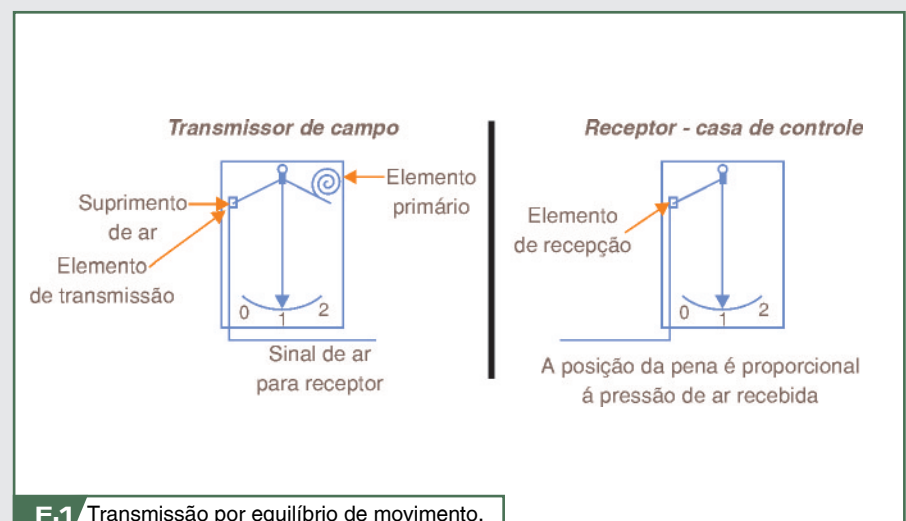
- Por equilíbrio de movimento
- Por equilíbrio de força.

O princípio de funcionamento da transmissão por equilíbrio de movimento pode ser visto na **figura 1**.

Etapas do funcionamento

1 - O transmissor mede a variável no campo através do elemento primário e promove um deslocamento do ponteiro proporcional ao valor medido.

2 - O elemento de transmissão aproveita este deslocamento para permitir a passagem do ar comprimido de alimentação pelas linhas de transmissão, com pressão proporcional ao deslocamento citado.



3 - O ponteiro do receptor aproveita este deslocamento do ponteiro de recepção para indicar na escala o mesmo valor indicado no campo.

Analisemos com maior detalhe a maneira de obter uma modulação de pressão de ar proporcional ao deslocamento verificado no elemento de transmissão (**figura 2**).

O ar de suprimento, depois de passar pela restrição, pode escapar com maior ou menor facilidade pelo bocal, tudo dependendo da posição da palheta (mais próxima ou não do bocal) - quando se aproxima escapa menos, logo, quando se afasta escapa mais. Este escape maior ou menor, regula a pressão de ar de transmissão que vai para o receptor. A pressão será máxima quando não houver escape e será mínima quando o escape for total.

Problemas com este sistema

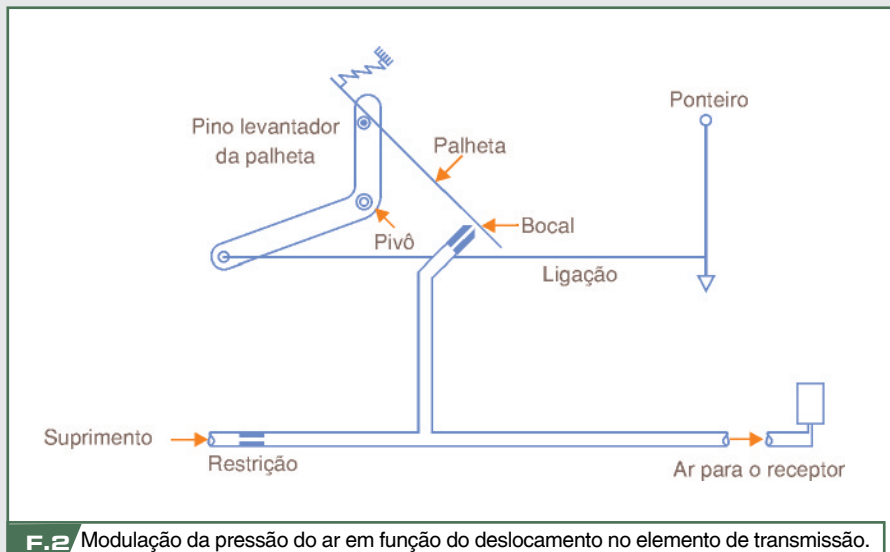
- a pressão de suprimento de ar deve ser constante, sem nenhuma oscilação. Qualquer mudança na pressão causa mudança na pressão transmitida;
- não pode haver nenhum jogo mecânico, atrito ou resistência na palheta e link;
- nenhuma vibração afetando o sistema;
- nem "tempo morto" muito grande na transmissão.

Solucionando o problema

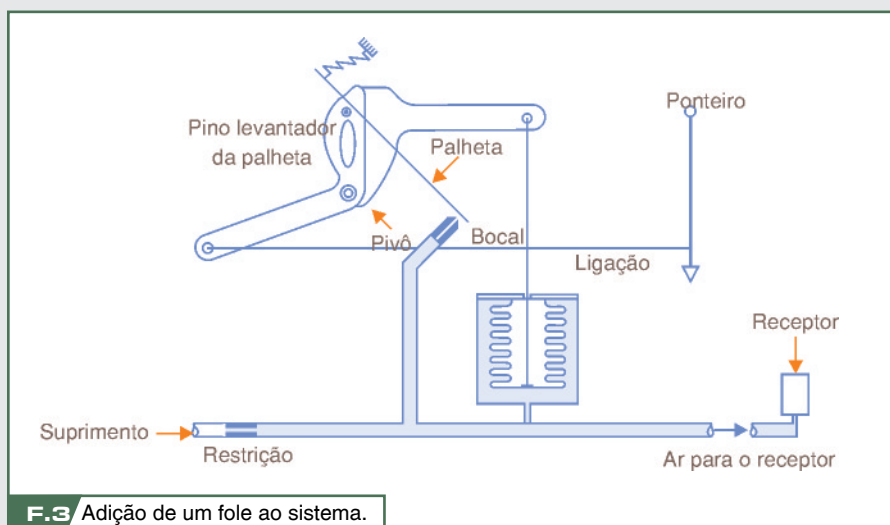
Um novo dispositivo deve ser adicionado ao esquema anterior, o que pode eliminar inconvenientes. Veja a **figura 3**.

Quando aumenta a pressão transmitida, o fole aciona a haste para cima, e quando diminui a pressão transmitida, o fole aciona a haste para baixo. O movimento da haste aciona a palheta fazendo girar o pivô, que altera a posição do pino levantador da palheta.

Podemos perceber que qualquer variação na pressão transmitida "retorna" à palheta, ou em outras palavras, é possível agora ao sistema de transmissão "saber" o que está chegando ao receptor, e mais, se a "mensagem" corresponde exatamente ao valor medido.



F.2 Modulação da pressão do ar em função do deslocamento no elemento de transmissão.



F.3 Adição de um fole ao sistema.

Outros dispositivos foram acrescentados aos transmissores com a finalidade de aprimorar mais a transmissão do valor da variável medida no menor

tempo possível. Esse assunto é extenso, pois existem muitas variações devido à evolução da tecnologia, as quais, melhoraram em muito a performance dos instrumentos.



F.4 "Zero Vivo" corresponde a nível mínimo de 3 psi.



F.5 A distância média entre transmissores e painel é de 150 m.

Zero Vivo

O “Zero Vivo”, utilizado quando adotamos o nível mínimo de 3 psi, oferece a vantagem de podermos detectar uma avaria (rompimento de um dos tubos de vinil ou cobre que provocarão a queda do sinal abaixo de 0%), veja **figura 4**. Desse modo, conseguimos calibrar corretamente o instrumento “tirando a prova dos nove”. Caso tenhamos um transmissor pneumático de temperatura de range 0 a 150 C, onde o sensor esteja com 0 C e o sinal de saída em 1 psi, será possível detectar, visivelmente, sua descalibração. Se o nível mínimo fosse 0 psi, não seria possível fazermos essa comprovação rapidamente. Em válvulas de controle, podemos empregar sinais pneumáticos de 0,6 a 1,4 kgf/cm² ou 0,8 a 2,4 kgf/cm².

Nota

É imperativo o emprego da transmissão pneumática e seus instrumentos em algumas situações:

- Condições explosivas de algumas áreas (áreas de segurança intrínseca);
- Impossibilidade de obter energia elétrica.

Só para citar um exemplo, cerca de 95% dos instrumentos da Refinaria de Manguinhos, situada na cidade de mesmo nome (RJ), comunicam-se dentro da tecnologia pneumática. A sala de controle envia o sinal pneumático para o campo, este por sua vez, retorna à sala em sistema digital. Uma combinação interessante entre dois sistemas distintos. Por outro lado há casos de substituição. No campo de exploração e produção da Petrobras, em Candeias (BA), toda a instrumentação pneumática da Unidade de Processamento de Gás Natural foi substituída pelo sistema digital.

LINHAS DE TRANSMISSÃO

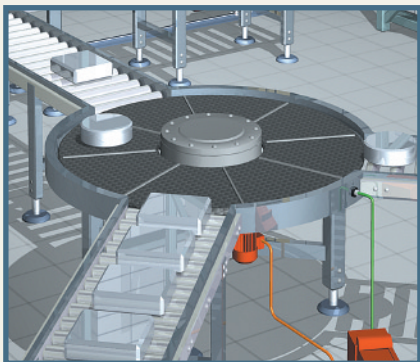
Quando um sinal é enviado do transmissor para um controlador ou para um registrador no painel, ele segue através de uma linha de transmissão. As linhas de transmissão pneumática são constituídas de tubos de cobre ou tubos de vinil de 1/4” (diâmetro externo), veja **figura 5**. Em casos especiais (atmosfera oxidantes) usam-se tubos de aço inox. A distância média entre o instrumento e o painel é de aproximadamente 150 m. Para distâncias superiores, é recomendável intercalar relés pneumáticos (amplificadores) a cada 100 m para atenuar os retardos de transmissão. Considera-se viável, a transmissão pneumática até à distância de 500 m.

Após a telemetria pneumática, surgiu a eletrônica e, posteriormente, a digital, com a velocidade de transmissão de dados alcançando números surpreendentes. Assim, as malhas de controles ficam cada dia mais flexíveis podendo executar tarefas complexas que antigamente eram impossíveis devido às limitações da Pneumática. ■

Bibliografia

- Apostila de Instrumentação da Escola SENAI de Santos.
- Apostila de Instrumentação da Petrobras.

*Reginaldo de Mattos
Onofre é técnico de
Manutenção da Petrobras
e diretor da Standher &
Associados.



Mesa Giratória

Augusto Ottoboni*

A automação industrial cada vez mais presente em todos os processos industriais de todos os segmentos de mercado, torna a produção, logística e venda em processos completamente automáticos, precisos e velozes. Isso tudo graças ao excelente desempenho dos equipamentos disponíveis no mercado para a automação de sistemas industriais. Nesta edição abordaremos a automação da mesa giratória, desde seus cuidados na especificação e instalação até um exemplo de módulo aplicativo específico para esta aplicação.

Um dos dispositivos muito utilizados na automação de processos industriais é a mesa giratória (figura 1). Seu principal objetivo nas linhas de montagem, fabricação e logística é a possibilidade da intercessão dessas linhas sem a necessidade de manobras manuais através de artifícios mecânicos. Basicamente, seu funcionamento consiste no reconhecimento da chegada de um determinado produto identificando simultaneamente seu ponto (esteira) de origem e seu ponto (esteira) de destino, posicionando o produto com precisão e dinâmica.

Para o perfeito atendimento desse nível de exigência (precisão de posi-

cionamento, “repetibilidade” e dinâmica) são requeridos equipamentos que atendam a requisitos técnicos mínimos de funcionamento e procedimentos de instalação que privilegiem a segurança e proteção dos equipamentos.

Composta por uma base fixa e outra móvel, a mesa giratória terá maior precisão de posicionamento quanto maior for a precisão de sua construção mecânica e dos acionamentos associados a ela.

De construção bem simples, a precisão da mesa giratória depende do número e da confecção dos dentes da cremalheira, da confecção e folga angular do acionamento (moto-reductor - figura 2a) utilizado, da precisão do transdutor de posição (número de pulsos por volta) acoplado diretamente ao segundo eixo do motor elétrico do moto-reductor (figura 2b) e também, é claro, do controlador eletrônico de posição empregado (neste caso, um conversor de frequência com possibilidade de programação sequencial “similar às funções de um CLP”). Portanto, para uma maior garantia da precisão da mesa giratória, é fundamental que tanto a construção mecânica da mesa quanto os equipamentos mecânicos (moto-reductores) utilizados possuam a melhor

precisão (ou menor folga angular) quanto possível e os equipamentos eletrônicos (conversor de frequência e transdutores de posição) estejam bem aterrados em ambos os lados (lado do conversor e lado do motor).

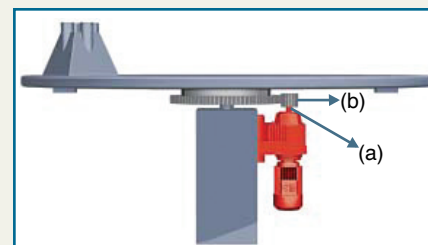
O QUE É FOLGA ?

A folga de um redutor mecânico de velocidade é a diferença angular entre os eixos de entrada e saída, medida em graus e minutos.

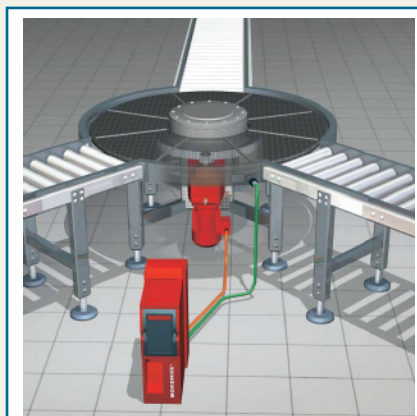
Quando travamos um dos eixos (entrada ou saída), o ideal seria que não houvesse movimento algum no eixo oposto. Porém, por menor que seja, algum movimento ocorre (da ordem de minutos angulares) devido à construção física dos engrenamentos dispostos internamente no redutor mecânico. A esse movimento que surge nessa situação chamamos de folga.

Outro fator que pode ser fundamental na precisão da mesa giratória, são as conexões elétricas efetuadas entre os sensores de posição e referenciamento, com o conversor de frequência (figura 3).

A utilização de cabeamento apropriado, tanto em cabos de potência quanto em cabos de sinais, e também



F.2 Moto-reductor de engrenagens helicoidais ligado diretamente à mesa giratória (a) e sensor indutivo para referência de ponto “zero graus” da mesa giratória (b).



F.1 Mesa giratória automatizada.

o correto aterramento dos mesmos, contribui para um melhor funcionamento de todo o sistema, evitando falhas de medição provenientes de interferências eletromagnéticas geradas pelo chaveamento PWM dos conversores de frequência.

O comprimento máximo dos cabos depende do:

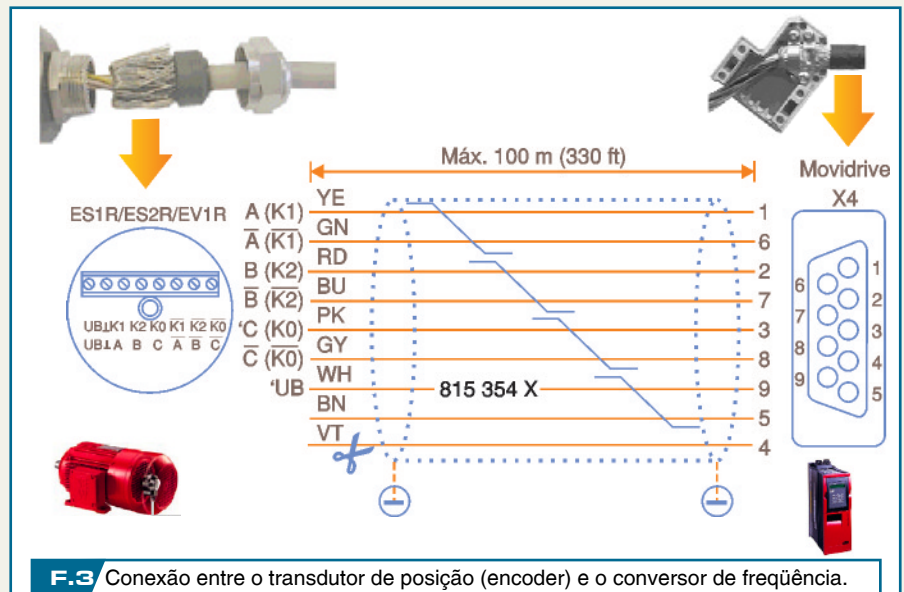
- Tipo do cabo;
- Queda de tensão no cabo;
- Frequência PWM ajustada;
- Uso de um filtro de saída HF;
- Com *encoder/resolver*: comprimento máximo do cabo para a conexão de "encoder/resolver" - 100 metros com uma capacitância por unidade de comprimento < 120 nF/km.

Os filtros de saída HF são usados para a proteção da isolação do enrolamento de motores não adequados para emprego em conversores de frequência com saída PWM, contra picos de sobretensão em longos cabos de motores (> 100 metros).

Além dos cuidados na instalação, é fundamental a perfeita programação e parametrização do equipamento. Há no mercado uma infinidade de opções de sistemas de posicionamento, desde sistemas eletropneumáticos até automações com CNC (Comando Numérico Computadorizado). Todos os sistemas são funcionais, logo, a decisão de utilização de um sistema ou de outro fica por conta do consumidor final.

CUIDADOS NA AQUISIÇÃO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO

A aquisição de qualquer um desses sistemas de posicionamento disponíveis no mercado deve levar em consideração não apenas seu grau de necessidade e custos de implantação da automação, mas também a disponibilidade de assistência técnica e atendimento da empresa fornecedora, pois, quando surgir a necessidade de substituição de partes e peças, manutenção ou atendimento técnico, é fundamental que esses serviços especializados estejam disponíveis o mais breve possível. A melhor opção é a utilização de um sistema amigável ao consumidor e que possibilite,



caso necessário, um suporte técnico confiável e ágil.

Um desses sistemas amigáveis baseia-se na correção das folgas mecânicas tanto da estrutura quanto dos equipamentos a ela associados (moto-redutor), permitindo a fácil determinação das posições e da sequência em que elas devem ser executadas (**figura 4**).

Com simples ajustes na própria tela é possível determinar a posição angular da posição destino, a rampa de aceleração que o moto-redutor deve executar (para ajustar a dinâmica do sistema a cargas sensíveis) e a que velocidade ele deve executar a ação (para adequar a velocidade da mesa posicionadora às necessidades de produção). Tudo graças a leitura da posição angular fornecida pelo transdutor de posição (*encoder*) acoplado à segunda ponta de eixo do motor.

Este software já tem predefinido internamente um programa em linguagem C (*Compiler*) para a determinação do posicionamento. Tal programação permite a introdução do deslocamento desejado numa variável do próprio programa e, sendo assim, os dados ali inseridos são atualizados *on-line* e a posição corrigida instantaneamente.

CONCLUSÃO

O mercado está repleto de opções para o gerenciamento de sistemas de posicionamento de mesas giratórias. A decisão de aquisição de qualquer

um desses sistemas de posicionamento disponíveis no mercado deve levar em conta seu grau de necessidade, disponibilidade de assistência técnica e atendimento da empresa fornecedora, e não só os custos de implantação da automação. Sistemas altamente complexos que não são amigáveis, ou seja, quando qualquer alteração requer a presença de um técnico especializado, podem gerar custos adicionais não previstos que podem deixar os investimentos na automação não tão atraentes assim.

Outro ponto a avaliar é que quando surgir a necessidade de substituição de partes e peças, manutenção ou atendimento técnico, é fundamental que esses serviços especializados estejam disponíveis no tempo mais breve possível.



*Augusto Ottoboni é Consultor Técnico pleno da SEW Eurodrive.

Sistemas de Atuadores Lineares

Samir Kassouf*



Base de lançamento do ônibus espacial, onde o ângulo de partida é gerado por macacos mecânicos.



Telescópio para captar comunicação externa, instalado no deserto dos EUA, acionado por atuador linear.

Os sistemas de atuadores lineares podem ser entendidos como a composição de vários equipamentos mecânicos visando obter um conjunto que nos habilite fazer um deslocamento (linear ou não) de uma carga, de uma base ou de um sistema completo.

Um dos sistemas mais simples e utilizados como atuador linear, compõe-se do fuso de esferas e cilindro pneumático que, em sua construção básica e sem periféricos agregados, já nos permite obter o translado de uma carga em linha, apenas com o giro de um motor ou a introdução de pressão em um cilindro.

Neste artigo vamos nos restringir aos atuadores lineares acionados por motores elétricos ou ditos eletromecânicos, por serem dos mais confiáveis dispositivos usados na indústria atualmente. Como exemplo de fabricantes encontrados no mercado brasileiro, podemos citar: Duff Norton, Nook Industries, Warner Electric, Jaeger, etc.

Há basicamente dois tipos desses atuadores eletromecânicos empregados em automatismos industriais, e sua distinção é feita pela carga de trabalho e pelo aspecto exterior. O primeiro tipo de atuador linear é composto pelos sistemas mais leves e compactos que geralmente trabalham com cargas de 20 a 5000 kgf (estes se assemelham aos sistemas usados para a abertura de portões em residências e edifícios, porém mais seguros e de vida mais longa), e neles, o acionamento (motor DC ou AC) pode vir incorporado à estrutura do equipamento. O segundo tipo são os atuadores para cargas pesadas, comumente chamados de macacos

mecânicos (**figuras 1 e 2**), que variam de cargas de 500 até 300.000 kgf, e onde o acionamento/acoplamento elástico é externo ao sistema e de responsabilidade do projetista.



F.1 Atuadores Lineares para cargas de até 5 ton.



F.2 Macacos Mecânicos para cargas de até 300 ton.

O controle de movimento envolve o uso de uma vasta gama de dispositivos e periféricos, muitos dos quais são utilizados para gerar movimento ou controle. Dessa forma, existem as caixas de mudanças de sentido de movimento, as caixas redutoras de velocidade (normalmente empregadas nesse produto para o aumento do torque disponível), sistemas de freios que controlam a parada dos dispositivos, sistemas de embreagens que controlam o torque transmitido evitando assim torques danosos ao sistema, potenciômetros, fins-de-curso, etc. Há também os *drives* (figuras 3 e 4) que são as interfaces eletrônicas de controle fino que fazem a interface entre os sistemas de controle e os motores.

Nas aplicações práticas os *drives* são disponíveis para alimentação de motores de corrente contínua, motores de corrente alternada, motores de passo e servos. Para os motores também há diversas opções que dependem da potência, velocidade e precisão desejadas. Nesse caso, temos os motores de corrente contínua com ou sem escovas, servos, motores de passo e motores de corrente alternada.

Os motores de passo e servos concedem programabilidade ao atuador para abrir um *dampers*, controlar determinado movimento ou até integrar de diferentes maneiras em um sistema, de acordo com diretrizes de programas internos ou de sinais vindo de um PLC.

Observamos que existem projetos onde há a necessidade do trabalho sincronizado de vários atuadores sem a possibilidade do uso de eixos de ligação. Podemos citar um exemplo desta aplicação na montagem na vertical de um tanque de aço inoxidável de grandes dimensões (8 metros de diâmetro) para o ramo da cervejaria. O projeto dado à Kalatec Automação (Campinas – SP) foi resolvido utilizando-se 8 macacos (trabalhando em tração) de 1 tonelada cada, presos em uma plataforma móvel. Cada macaco deveria suspender com precisão e confiabilidade os setores do tanque já calandrados e posicioná-los para a posterior solda (automatizada). Observamos que, devido a geometria do tanque, eixos mecânicos de conexão não podiam ser aplicados. Com a solução proposta, o tanque poderia ser



F.3 Drives para servos da Applied Motion.



F.4 Drives para motores de passo da Applied Motion.

construído já no local de trabalho (sem haver a necessidade de se quebrar paredes para sua entrada) em tempo reduzido e com precisão cirúrgica.

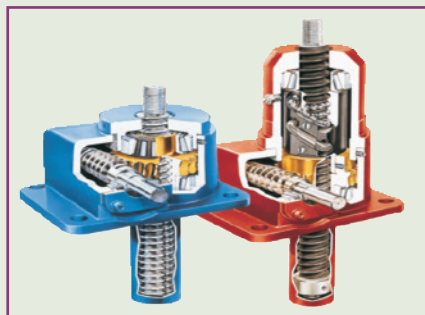
Optou-se pelo emprego de servo-motores (devido ao elevado torque requerido) interligados pelos sinais de um *encoder* que deveriam acompanhar o atuador mestre. Os macacos escolhidos eram de rosca ACME do tipo *inverted* (rosca sai pela base do atuador) e da firma Duff Norton (USA). Por serem submetidos a baixa ciclagem e pela característica de auto-retenção desse fuso, dispensamos freios de segurança para garantia de posicionamento.

COMPONENTES DO SISTEMA DE ATUADORES MECÂNICOS OU MACACOS

A grande diferença entre os dois modelos de atuadores é a preocupação com a transmissão do elevado torque que, nos ditos macacos mecânicos, é maior e fica por conta de uma rosca sem-fim de alto contato angular (figura 5) que gira uma engrenagem de liga especial de bronze e alumínio, solidária a uma castanha (figura 6). Com o giro dessa castanha movimenta-se o fuso e, conseqüentemente, sua carga. Todos esses componentes estão envolvidos em uma carcaça de ferro fundido. Vale chamar



F.5 Macaco desmontado para observação de suas partes.



F.6 Macaco com rosca ACME e de esferas.

a atenção de que, seja qual for o tipo do atuador, é possível obter folga zero no fuso, característica que o habilita para várias aplicações de precisão.

Basicamente os atuadores eletromecânicos de baixa carga não têm a rosca sem-fim e nem a engrenagem de bronze, sendo que o fuso de esferas é acionado por um moto-redutor de tamanho reduzido.

O PRINCIPAL COMPONENTE : FUSO DE ESFERAS E FUSO ACME

O fuso tem por finalidade transformar o movimento de rotação das engrenagens (sem-fim e coroa) num movimento de extensão ou retração.

Como já foi comentado anteriormente, o fuso de esferas (**figura 7**) é o componente de precisão do sistema. Trata-se de um dispositivo mecânico de deslocamento linear, onde um fuso movimentado-se tanto para frente como para trás apoiado em esferas de metal. Uma castanha externa serve de guia para o movimento do conjunto.

Outro tipo de fuso, já comentado e encontrado nos atuadores, é o ACME ou rosca trapezoidal (**figura 8**), que é popular por ser mais fácil de usar

e por sua menor quantidade de componentes (um bom exemplo dessas roscas em nossos dias, são os elevadores de carros) que são encontrados em vários modelos. A vantagem do fuso de esferas é a de poder deslocar cargas muito grandes com baixas potências, com rendimento três vezes maior do que os fusos convencionais e por serem indicados para movimentos repetitivos.



F.7 Fuso de esferas.



F.8 Rosca ACME.

Na **figura 7** temos um exemplo de fuso de esferas. A pista onde o fuso se apoia é endurecida e possivelmente retificada (a dureza de um fuso de esferas TBI chega a 62RC). Nela rodam esferas de aço que, por seu movimento contínuo, são responsáveis pelo deslocamento da carga. A castanha externa tem por função agrupar e recircular as esferas.

Existem diversas aplicações para este tipo de fuso. Dentre elas, destacamos as máquinas operatrizes, mesas XYZ, mesas pantográficas, elevadores de uso industrial, máquinas de raios X, equipamentos cirúrgicos, plataformas de embarque para aviões, *flaps* de aviões e automatismos diversos.

As aplicações para esses fusos estão centralizadas aos casos em que se exige “repetibilidade”, eficiência, precisão e uma operação limpa e silenciosa. Além disso, eles possuem

grande durabilidade e uma importante qualidade do controle de folga, que pode ser executada com as chamadas “porcas de pré-carga”. Em tese, em qualquer fuso do mercado é possível eliminar a folga da castanha com estes dispositivos. Na maioria das aplicações práticas o movimento circular das esferas é convertido num movimento linear e, conseqüentemente, em um deslocamento da carga.

As principais vantagens que se destacam com o uso deste tipo de fuso de esferas são:

- Menor desgaste;
- 90 a 95% de eficiência nos fusos de esfera, (e de 20 a 40% nos ACME);
- Baixo torque de partida com partidas suaves;
- Folgas muito baixas ou nulas;
- Vida previsível, não necessitando de ajustes com o tempo. *Retrofit* disponível no mercado, porém requerendo desmontagem do sistema;
- Possibilidade de recuperação dos fusos, em vários níveis (**figura 9**).
- Precisão para a série R: <0,4 mm/300 mm (cumulativa);
- Precisão para a série RM: < 0,2 mm/ 300 mm (cumulativa);
- Precisão para série G: < 0,005 até 0,05/ 300 mm.

Os fusos de esferas possuem duas especificações principais. A primeira é o passo, que indica o deslocamento linear da castanha a cada volta (360 graus) no fuso. Quanto menor for o passo, mais lento será o deslocamento da castanha para uma determinada rpm. Assim, se for necessário um deslocamento rápido, devem ser usados fusos com passos maiores. Os mais usados são os de 5 mm, 10 mm e 25 mm (podendo haver em polegadas).

A segunda especificação é a precisão do passo (**tabela 1**), que indica a precisão no deslocamento da carga e a partir dela pode ser determinado o erro total para um curso do fuso.

Assim, os fusos de esferas são usados normalmente para sistemas de alta velocidade ou que possuam um ciclo ativo maior, mas precisam de um freio motor devido ao seu elevado rendimento (superior a 95%). Por outro lado, os atuadores lineares com rosca ACME podem ser altoblocantes, com eficiência de 18 a 40%. A menor efi-



F.9 Recuperação dos fusos.

T.1 Precisão do fuso de esferas.

Classe ISO	Erro (polegadas por pé)
1	0,0002
3	0,0005
5	0,001
7	0,002
9	0,006

ciência exige maior torque para sua utilização e, portanto, maiores motores para seu acionamento. Seu projeto requer ao redor de cinco vezes mais

manutenção se comparado com o de esferas, sem contar que a lubrificação regular é muito mais crítica nesse tipo.

Um cuidado especial deve ser levado em conta no projeto desses atuadores, uma vez que eles não suportam cargas laterais (caso elas existam), guias lineares (circulares ou prismáticas) deverão ser consideradas no projeto para não comprometer o fuso.

Há vários modelos de atuadores mecânicos como o *upright screw*, *rotating screw* e o *inverted*, e cada um se adequa melhor a um tipo de aplica-

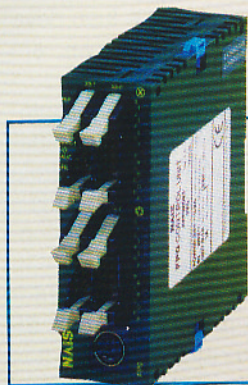
ção, lembrando-se que um fuso deve trabalhar, sempre que possível, em tração.

Na **figura 10** mostramos uma automação (feita pela Kalatec Automação) onde um atuador linear controla a abertura de vários vidros industriais (ligados por um varão, e que se encontram em pontos muito altos e de difícil acesso). Observe que um operador no piso térreo tem as condições de modular a abertura/fechamento dos vidros por meio de um botão . ■



F.10 Exemplo de automação utilizando atuador linear.

*Samir Kassouf é Engenheiro Mecânico da Kalatec Automação.



Controle de posição e movimento com CLP

Gilberto Abrão Jana Filho*

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) vêm sendo cada vez mais utilizados para o controle de movimento e posição na automação industrial. No passado, os CLPs tinham função apenas de executar a lógica de intertravamento, porém, com a evolução tecnológica dos processadores usados atualmente, podemos contar com muito mais recursos e também com equipamentos muito mais compactos.

Atualmente, é possível encontrar em equipamentos de pequenos porte recursos que eram disponíveis apenas em CLPs de grande porte. O usuário consegue desenvolver máquinas com recursos sofisticados a baixo custo. Os recursos encontrados, hoje em dia, em CLPs de pequeno porte são:

Contadores de alta velocidade: este é um recurso muito comum que permite ao CLP interpretar sinais de *encoders* incrementais ou de sinais de alta velocidade. Pode-se observar facilmente produtos que têm entradas para contador de alta velocidade que podem interpretar sinais até 10 kHz. Porém, há no mercado equipamentos com entradas para até 50 kHz incorporadas à CPU. Já os CLPs modulares de maior porte possuem cartões específicos de contagem de alta velocidade que podem chegar até a uma velocidade de 4 MHz.

Entradas de interrupção: este recurso é extremamente útil em processos de altíssima velocidade, pois, mediante o acionamento deste tipo de entrada pode-se executar um programa específico de interrupção que fará com que o CLP faça uma tarefa independentemente do seu tempo normal de processamento (*scan*).

Funções aritméticas e trigonométricas com ponto flutuante: este

tipo de recurso, comum em CLPs de grande porte, possibilita ao usuário a elaboração de lógicas de alta complexidade.

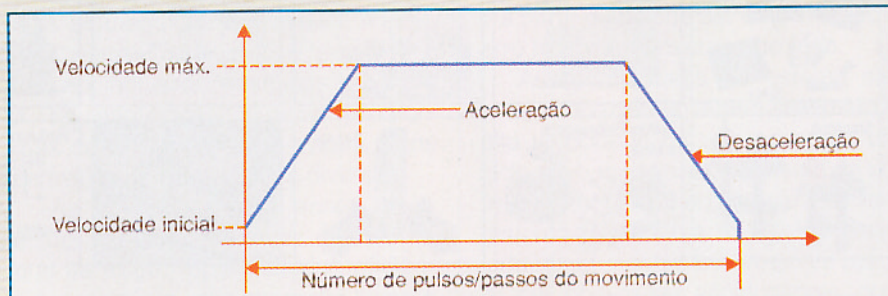
Funções PID e IPD: as funções de controle Proporcional Integral Derivativo (PID) e as de controle Integral Proporcional Derivativo (IPD) são muito úteis, não apenas no controle de temperatura, mas também no controle de posição e movimento. Atualmente, os CLPs contam com algoritmos que executam malhas de controle de alta velocidade com tempos de até 10 ms. Isto possibilita que o CLP efetue todo o controle de um movimento que tenha malha fechada sem a necessidade de controladores específicos adicionais.

Saídas de alta velocidade: é um dos recursos mais modernos disponíveis em alguns CLPs de pequeno e grande porte. Este tipo de saída é extremamente útil no controle de

posição e movimento, principalmente, quando forem utilizados os motores de passo ou os servomotores. Estas saídas fornecem pulsos de alta frequência que podem chegar a 120 kHz em equipamentos de pequeno porte e 4 MHz em equipamentos de médio/grande porte. Este sinal contém as informações de velocidade inicial dos pulsos, velocidade máxima dos pulsos, tempo de aceleração e desaceleração e número de pulsos (**figura 1**). Com isto, o *drive* de potência de um motor de passo ou servomotor pode executar o movimento desejado.

As saídas de alta velocidade são aplicadas, por exemplo, no controle de movimento de um eixo das máquinas de embalagem onde o motor faz a puxada do papel no comprimento exato necessário.

Atualmente, já existem CLPs que podem controlar dois eixos de movimento simultaneamente com interpolação linear ou circular. Assim, é possível executar movimentos em forma de reta ou círculo com lógicas simples. Os CLPs modulares (**figura 2**) podem ter vários módulos de controle de dois eixos, permitindo o controle de diversos eixos ao mesmo tempo.



F.1 Curva típica de movimento de motores de passo ou servomotores.

OS CONTROLES DE POSIÇÃO E MOVIMENTO MAIS COMUNS

Na automação industrial, principalmente na fabricação de máquinas para processos contínuos e de alta velocidade, utiliza-se o CLP para o controle de movimento em conjunto com *encoders*, motores de corrente alternada munidos de inversores de frequência, motores de passo e servomotores. A escolha de um desses equipamentos depende da velocidade e precisão desejada no movimento, bem como o custo/benefício esperado.

O controle de movimento mais simples e barato utilizando CLP é o que substitui o controle de motor, sendo ligado ou desligado por meio de sensores ou chaves: o motor é ligado e, quando o sensor de fim-de-curso é acionado, o motor é desligado. Este é um controle bem básico que permite baixa velocidade e péssima precisão de parada.

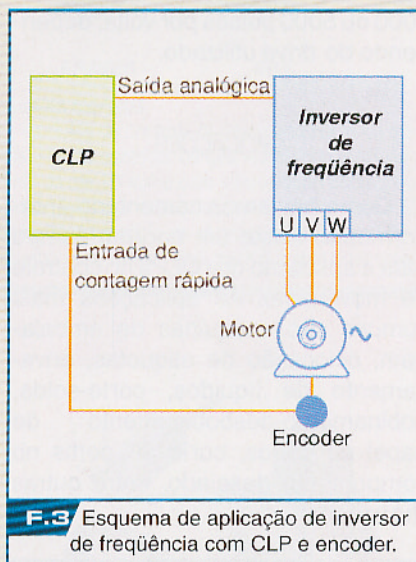
O mesmo tipo de movimento pode ser comandado com a utilização de um inversor de frequência para controlar a velocidade do motor, e ligando a entrada de contagem rápida do CLP a um *encoder* para fechar a malha de controle, informando a posição atual do movimento (**figura 3**). Com este tipo de controle pode-se acelerar o motor e, quando o movimento estiver chegando próximo ao ponto de parada, o CLP envia comando ao inversor de frequência para que este vá reduzindo a velocidade e quando chegar no ponto de parada o motor pare. Este tipo de controle permite que se reduza a inércia do movimento na parada e, assim, faz com que o movimento seja mais preciso.

Um ponto importante a ressaltar neste caso é que os motores CA não são construídos para movimentos repetitivos de acionamento e parada: isso faz com que eles se aqueçam em demasia. A solução é o uso de motores especiais com ventilação forçada ou até a avaliação do uso de um servomotor.

Para melhorar a precisão de parada e permitir que se execute ciclos repetitivos de acionamento e parada, é recomendada a aplicação de motores de passo ou servomotores de corrente alternada (**figura 4**). O uso deste tipo de acionamento fica extremamente facilitado quando aplicados em conjunto com CLPs que possuam



F.2 CLP modular FP2 da Matsushita, que possui módulos de controle de posição de um, dois ou quatro eixos, podendo controlar até 128 eixos.



F.3 Esquema de aplicação de inversor de frequência com CLP e encoder.

saída de pulsos rápidos. Isto ocorre pois toda a lógica do movimento fica no programa do CLP, enquanto que o *drive* de potência dos motores cuida apenas da parte de potência. Além disso, a solução fica bem mais econômica por não ser necessário o uso de saídas analógicas do CLP para o controle do sistema.

Agora fica a dúvida sobre qual tipo de motor usarmos, visto que a forma com que o CLP lida com ambos é praticamente a mesma. O motor de passo tem custo inferior ao de um servo motor, porém o primeiro atinge velocidades bem mais baixas e seu torque cai bastante quando a velocidade aumenta (**figura 5**). Na prática, a velocidade máxima que podemos atingir com um motor de passo gira em torno de 1000 a 1500 RPM, dependendo do motor. Já os servomotores podem atingir mais de 6000 RPM sem perda de torque (**figura 5**), sendo



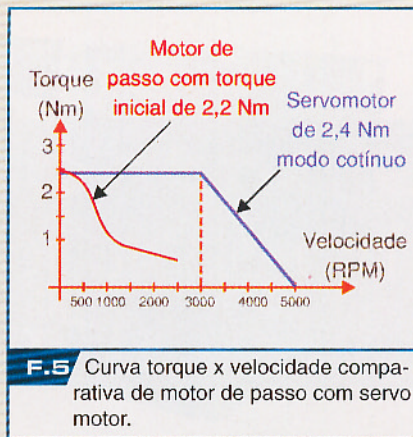
F.4 Servocontrolador e servomotor em corrente alternada.

estes mais adequados à aplicação em sistemas de alta velocidade.

Ademais, outra diferença importante entre os dois acionamentos é que o motor de passo é um sistema de *loop* aberto (**figura 6**), sendo o fechamento da malha de controle uma decisão de projeto com o acoplamento de um *encoder* ao motor. Posteriormente, deve-se ligá-lo à entrada de contagem rápida do CLP, sendo que este, fica responsável não apenas pelo envio dos pulsos para o motor efetuar o movimento, mas também pela verificação de que o movimento atingiu o objetivo desejado. Na prática, a maioria das aplicações com motor de passo não utilizam *loop* de controle fechado.

Já o servomotor possui um *encoder* ou *resolver* acoplado ao motor e este é ligado ao seu *drive* controlador, fechando assim o *loop* de controle (**figura 7**). O *drive* é responsável por verificar se os pulsos enviados pelo CLP foram devidamente acompanhados pelo servomotor.

Outra vantagem do servomotor em relação ao motor de passo é de que o *drive* do primeiro permite que se escolha a resolução do movimento, isto é, o número de pulsos que o CLP precisa enviar para que o motor dê uma volta. Com isso, você pode escolher qualquer número entre 10 e 10 mil para essa resolução. Já no motor de



passo a resolução também é selecionável, porém, em opções fixas, por exemplo, é possível ter 200, 400, 1000 ou 5000 pulsos por volta, dependendo do *drive* utilizado.

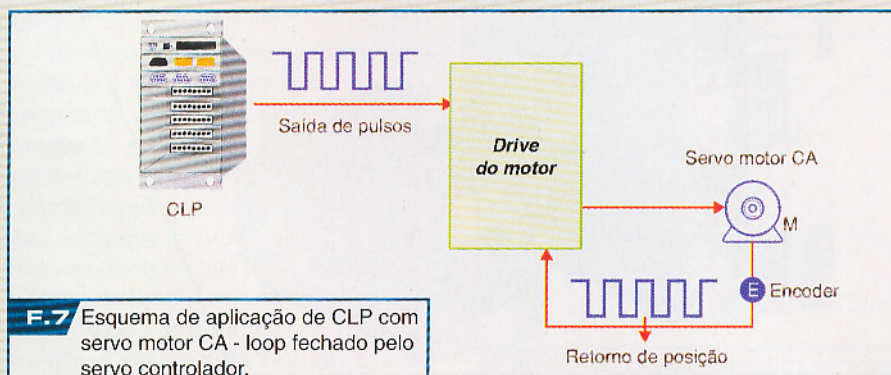
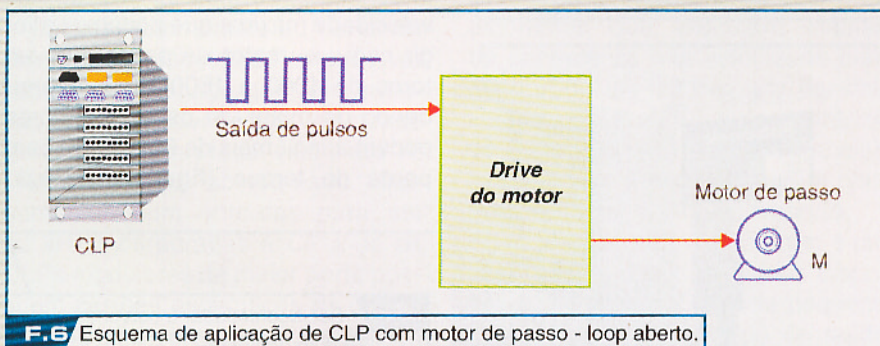
APLICAÇÕES

Como havíamos comentado anteriormente, existe um enorme campo para a aplicação dos CLPs no controle de movimento. As aplicações mais comuns são: máquinas de embalagem, colocação de etiquetas, envasamento de líquidos, corte-solda, bobinamento-desbobinamento de papel ou cabos, corte de perfis no comprimento desejado, entre outras (**figura 8**).

CONCLUSÃO

Com os recursos atualmente disponíveis nos CLPs aliados ao baixo custo dos modelos de pequeno porte, além da facilidade de integração desses equipamentos com os inversores de frequência, servomotores e motores de passo, fica economicamente viável a implementação de modernos controles de posição e movimento até em máquinas de pequeno porte, com a mesma precisão e velocidade que antes só eram possíveis com o uso de equipamentos de alto custo.

* Gilberto Abrão Jana Filho é gerente de Engenharia da Metaltext.



F.8 Exemplo de máquina de embalagem com CLP.

Características das transmissões em redes industriais

Carlos Henrique C. Ralize*



Para garantir que ocorra troca de informações entre os dispositivos interligados a uma rede, é necessário obedecer a diversos critérios técnicos tais como o sincronismo, formatação de dados, detecção de erros e controle de acesso ao meio físico. Neste artigo veremos como estas características influenciam no funcionamento e no desempenho das redes industriais.

SINCRONISMO E FRAMING

Quando utilizamos um meio de comunicação serial, seja ele um canal RS-485, uma fibra óptica, modem ou rádio, os sinais são transmitidos em série. Isso significa que cada byte de informação é transmitido bit a bit, um após o outro, do bit menos significativo ao mais significativo. A **figura 1** ilustra a sequência de transmissão do byte “10111001”. Cada bit é representado por um nível lógico no barramento que dura um certo tempo, dependendo da taxa de transmissão (*baud rate*), como mostra a **tabela 1**.

Como os dispositivos estão distantes uns dos outros, é preciso, de alguma forma, sincronizar o transmis-

sor e o receptor para garantir que este consiga saber quando começa cada bit de uma sequência. Além disso, uma rede não transmite dados durante todo o tempo. Um pacote de informações é transmitido seguido de um intervalo sem duração definida. Consequentemente, torna-se necessário definir o início e o fim de cada segmento de informação. Para isso, há duas formas distintas: a primeira é a utilização de um sinal de sincronismo que pode ser transmitido por um canal alternativo (outro par de fios, outra fibra óptica, etc.). Este sinal pulsante é empregado pelo receptor para reconstruir a sequência original.

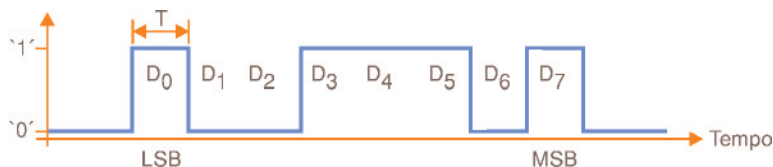
Alguns meios físicos permitem misturar o sinal de sincronismo ao sinal

A segunda maneira de definir os limites dos segmentos e a duração dos bits é a comunicação assíncrona. Quando usamos este método, não há um pulso de sincronização.

Cada dispositivo possui seu próprio circuito oscilador que gera um pulso de *clock* independente. Para fazer o sincronismo, o transmissor inicia qualquer comunicação por uma sequência pré-definida. Uma vez que a taxa de transmissão tenha sido configurada, tanto o transmissor quanto o receptor devem utilizar os mesmos tempos de duração de cada bit. Desde que o sincronismo tenha sido feito, os dados são enviados e o receptor consegue separar todos os bits pela duração do sinal. Os osciladores do transmissor e do receptor precisam ser bastante precisos para garantir que pequenas variações não impeçam a sincronização.

Quando usamos a porta serial do computador, um circuito de interface localizado na placa de comunicação realiza a conexão com o *modem* ou outro dispositivo. Esse circuito, conhecido como UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) implementa um protocolo serial assíncrono que inicia qualquer comunicação com um bit de início - *Start Bit*. Quando a linha está desocupada, o nível lógico “1” está sempre presente. O *Start Bit* é sempre de nível lógico “0”. Quando esse bit chega ao receptor, ele dispara o *clock* e a partir daí o sincronismo é mantido até o final da comunicação, como é apresentado na **figura 2**.

Este mecanismo é muito simples e não resolve todos os problemas que podem acontecer em uma rede mais complexa como, por exemplo, a perda de sincronismo após uma comunicação muito longa. Para isso, é



F.1 Sequência de bits serials.

Baud Rate (bps)	Tempo por bit
9600 bps	104 µs
19200 bps	52 µs
500 kbps	2 µs
1 Mbps	1 µs

T.1 Duração do nível lógico.

de dados através de codificação ou modulação. Os meios mais comuns são a transmissão sem retorno ao zero (NRZ) e o código *Manchester* diferencial (DMC). Nesses códigos, mesmo quando há uma sequência de “zeros” e “uns” repetidos, como no nosso exemplo, o sinal transmitido sofre alterações de polaridade. Algumas redes de automação industrial, como a *Foundation Fieldbus* usam a modulação DMC.

VERIFICAÇÃO DE ERRO

O meio mais simples de verificação de erro, utilizado na UART, é o bit de paridade. Pode-se escolher a paridade par, ímpar ou nenhum bit de paridade. Quando se usa paridade par, a quantidade de “1” no *byte* transmitido mais o bit de paridade deve ser par. Por exemplo:

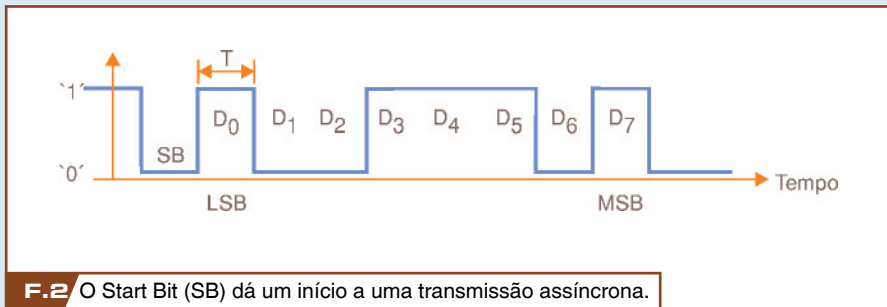
Dados	Bit de paridade
10011100	0
10111001	1

Se for escolhida paridade ímpar, ocorrerá o inverso, como mostrado na **figura 3**. O método da paridade não é 100% seguro, uma vez que, se um número par de bits sofrer alteração devido a interferências, a paridade ainda será correta. No entanto, estatisticamente é muito mais freqüente que um único bit seja alterado. Quando isso acontece, o *frame* é descartado e, através de algum mecanismo de nível superior, é solicitada sua retransmissão.

A paridade é usada no *frame* de 10 ou 11 bits do protocolo da UART, mas quando se utiliza um *frame* maior, com a transmissão de vários *bytes* de dados, este método não seria suficiente. Nestes casos emprega-se normalmente o *checksum* ou a verificação cíclica redundante (*Cyclic Redundant Check - CRC*). Estes métodos acrescentam ao final do *frame* um ou mais *bytes* de verificação. No *checksum* de oito bits, os *bytes* individuais dos dados são somados uns aos outros e ao *checksum*. Se a transmissão foi correta, os últimos oito bits do resultado serão “00000000”, como no exemplo abaixo:

Dados
10011100
10111001
+ 11011011
1000110000 Soma
+
11010000 Checksum
1100000000 Soma = 0 (último byte)

É possível que múltiplas alterações na recepção dos dados viabilizem ainda uma soma zero, mas estatisticamente esta possibilidade é muito pequena.



F.2 O Start Bit (SB) dá um início a uma transmissão assíncrona.

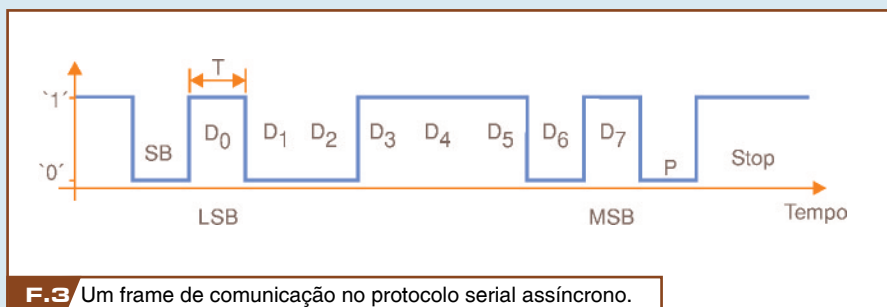
necessário manter curto o pacote de comunicação e restabelecer o sincronismo após transmitir cada *byte*. Por essa razão, algumas redes utilizam outros métodos de sincronismo tais como uma série de bits alternados ou uma seqüência que não pode ocorrer (ou cuja ocorrência é muito rara) em um *byte* de dados. Este método de estabelecimento de sincronismo é chamado normalmente de preâmbulo.

Após o preâmbulo, são transmitidos os dados propriamente ditos (D0 a D7 em nosso exemplo). Para garantir que os dados recebidos não estejam corrompidos (o que pode acontecer por interferências eletromagnéticas, por exemplo) é necessário algum mecanismo de verificação de erro. Examinaremos esse aspecto com mais detalhes adiante. Por enquanto, consideremos que nossa comunicação possui um bit de paridade ímpar indicado na **figura 3** como “P”. Por fim, precisamos de um terminador de comunicação. Aqui também é possível utilizar vários métodos, mas no protocolo serial assíncrono mais comum esse terminador é feito através de um ou dois *Stop Bits*. A **figura 3** exhibe nosso pacote de comunicação completo.

Essa seqüência que ocorre mais ou menos da mesma forma em qualquer protocolo é chamada *frame*. Em inglês, *frame* significa quadro ou moldura, e é isso que foi feito: os bits de

dados foram enquadrados entre um cabeçalho (que neste caso é somente o preâmbulo ou *start bit* (SB)), uma checagem de erro e um terminador. Esse processo é chamado *framing* e a análise de qualquer protocolo se inicia geralmente pela análise de seu *frame*. Cada um desses elementos pode ser muito mais complexo do que o mostrado aqui, mas uma grande quantidade de redes empregadas em automação industrial baseadas no meio físico RS-485 e na utilização de uma UART usam exatamente este tipo de *frame* para apresentação de seus dados. Isso quer dizer que cada *byte* ou caractere de dados é transmitido ou “apresentado” em um *frame* com esse formato, para sincronização e transmissão elétrica no meio físico. Outros tipos de *frame* podem estar presentes na mesma comunicação devido ao empilhamento de protocolos.

No protocolo da UART o tamanho da seqüência de dados pode ser de 7 bits, quando se utiliza o código ASCII ou de oito bits para comunicação de dados binários *byte a byte*. Mas várias redes baseadas em outros circuitos, possuem pacotes de dados de vários *bytes* (o *frame* Ethernet 802.3, por exemplo, possui 1500 *bytes* de dados). Normalmente, em redes com sincronismo mais simples, o *frame* físico é mantido curto para evitar perda de sincronismo durante a comunicação.



F.3 Um frame de comunicação no protocolo serial assíncrono.

A verificação por CRC é semelhante, mas ao invés de somar os dados, uma série de divisões e rotações de bits são feitas. Este método diminui muito as chances de um erro não detectado. Tanto o *Checksum* quanto o CRC podem ter mais de um byte. Quanto maior a palavra de verificação, menor a possibilidade de um erro não ser detectado. A rede Ethernet por exemplo emprega CRC de 32 bits.

EFICIÊNCIA DO MEIO

A taxa de transferência de uma rede ou *baud rate* é definida como o número máximo de transições ou comutações por unidade de tempo. Um *baud* é igual a uma transição por segundo. O *baud rate* é limitado pelas características do meio físico, tais como distância, impedância do cabo, interferência eletromagnética, etc. Na comunicação assíncrona de nosso exemplo, ocorre no máximo uma transição por bit. Neste caso, a taxa de transferência e a taxa de bits são idênticas. Se uma rede deste tipo opera a 9600 baud, terá uma taxa de bits de 9600 bits por segundo (bps). Redes síncronas baseadas em codificação *Non Return to Zero* ou *Manchester* necessitam de duas transições por bit. Neste caso, um *baud rate* de 9600 baud transferiria efetivamente 4800 bps.

Devemos ainda considerar que nem todo o tempo de operação da rede é utilizado para transmitir informações úteis. Os intervalos entre *frames*, preâmbulos, sinalizações de sincronismo, verificações de erro e terminações somente são úteis durante a comunicação e são descartados pelo receptor. A relação entre os bits de dados e o total de bits transferidos define a eficiência da rede. Vejamos nosso exemplo: além dos oito bits de dados temos um *start bit*, um bit de paridade e um *stop bit*, totalizando 11 bits transferidos. A eficiência desta rede seria de $8/11 = 0,72$, ou seja, 72% do tempo da rede é utilizado para transferir informações úteis e 28% é usado para sincronização. A 9600 bps, esta rede teria transferido em 1s, 6981 bits de dados.

Na verdade, se considerarmos que entre um *frame* e o próximo pode

ocorrer um intervalo durante o qual nada é transmitido, a eficiência seria ainda menor. Além disso, nem todos os dados transmitidos são realmente úteis. Até agora estamos analisando apenas a transmissão física, mas logo veremos que muitas das informações que trafegam nos bits de dados servem apenas para endereçamento, identificação dos dados ou comandos.

Todos estes sinais que são transmitidos pela rede sem acrescentar informação são conhecidos como *overhead*. Para aumentar a eficiência de uma rede devemos reduzir ao mínimo estas informações ou diminuir a sua proporção em relação aos dados úteis. Uma das formas de fazer isso é aumentar a quantidade de bits de dados por *frame*. Mas como *frames* longos podem facilitar a perda de sincronismo, é necessário melhorar a verificação de erro usando *checksum* ou CRC ao invés de paridade.

Mas é lógico que isso também aumenta o *overhead*. Por outro lado, um *frame* muito longo também pode não ser a opção ideal. Supondo que seja preciso transmitir dois bytes de informação, mas o *frame* exija oito bytes de dados, será preciso enviar seis bytes em branco e isso irá, na verdade, diminuir a eficiência da rede. Esta é uma das razões da existência de tantas redes diferentes no mercado de automação. Uma rede de dispositivos trabalha normalmente com *frame* curto e pequeno *overhead*, favorecendo uma grande eficiência para pequenas quantidades de dados digitais, mas praticamente impossibilitando a transmissão de dados maiores como variáveis analógicas.

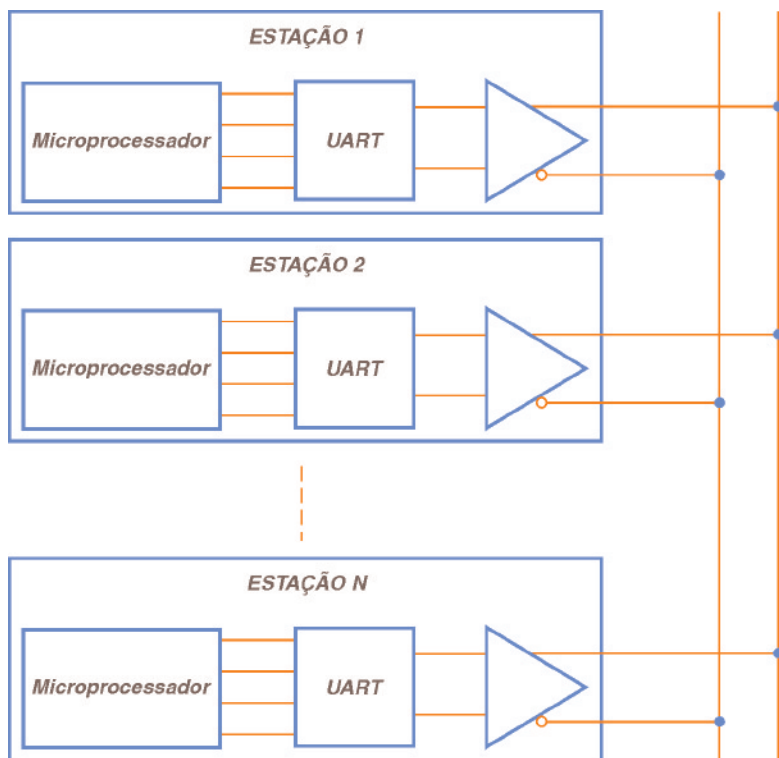
Outras redes de chão-de-fábrica permitem enviar com eficiência grandes quantidades de dados analógicos e digitais de forma cíclica, mas não são muito boas para o envio de arquivos ou comandos aleatórios. Outras redes, como a Ethernet, possuem *frames* muito longos que permitem a transferência de arquivos, som e imagem com grande eficiência, mas não são adequados para pequenas quantidades de dados, pois para estes dados em particular, estas redes possuem um *overhead* muito grande.

CONTROLE DE ACESSO AO MEIO

Os processos descritos até agora mostram o que acontece eletricamente durante uma transmissão. Se só existirem dois dispositivos na rede, enquanto um deles transmite o outro se comporta como receptor. Neste caso, não é necessário nem mesmo endereçamento, pois cada comunicação só tem um destino possível. Mas se houver vários dispositivos, é preciso, de alguma forma, direcionar as mensagens para o destinatário correto e ainda evitar que dois ou mais dispositivos transmitam simultaneamente pois, caso isso ocorra, os sinais elétricos se misturam e ficam indecifráveis. O mecanismo de uma rede responsável por isso chama-se Controle de Acesso ao Meio (em inglês, *Media Access Control* - MAC).

No diagrama da **figura 4**, temos uma rede em barramento. Cada dispositivo ou estação da rede possui um circuito microprocessado e um circuito de comunicação, que transmite e recebe a comunicação da rede. A UART é capaz de receber uma série de dados do microprocessador, guardá-los em um *buffer* de memória e transmiti-los assincronamente com as características de velocidade e *frame* definidas na configuração do sistema (por exemplo, 9600 bps - 8 bits - Par - 1 Stop Bit). Ao receber os dados da rede, a UART descarta os bits de controle e repassa os dados para o processador. Todas as funções da rede que não se referem ao meio físico são processadas então pelo microprocessador. Nem todas as redes utilizam esta configuração. Algumas redes possuem coprocessadores específicos que se encarregam de todos os níveis da comunicação.

Há vários mecanismos de controle de acesso possíveis, mas a maioria das redes de automação industrial, sobretudo as baseadas em RS-485 empregam o mecanismo Mestre-Escravo. Neste método, ao configurar a rede, um dos dispositivos é definido como mestre da rede e todos os demais como escravos. Além disso, cada dispositivo recebe um endereço único. O mestre da rede normalmente é o equipamento



F.4 Diagrama de uma rede em barramento.

com maior poder de processamento, como um computador ou um CLP, e os escravos são dispositivos de entrada e saída, instrumentos inteligentes, CLPs de menor porte, terminais, etc.

Para garantir que não haverá dois dispositivos transmitindo simultaneamente, apenas o mestre tem autonomia para iniciar a comunicação. Quando ele envia uma mensagem para um dos escravos, todos os outros também a recebem, mas os que não são destinatários, ignoram a transmissão, descartando os dados recebidos. Quando termina a mensagem, o mestre deixa o canal livre e aguarda a resposta. O escravo destinatário executa os comandos e responde ao mestre, enviando dados, se solicitados, ou simplesmente confirmando o recebimento. Enquanto isso acontece, todos os outros escravos não podem transmitir nada para garantir que o meio físico estará livre. A seguir, o mestre passa a fazer o mesmo com o próximo escravo. Em cada ciclo, o mestre troca dados com todos os dispositivos sequencialmente. Os conteúdos das mensagens e comandos não fazem parte do controle de acesso.

Outro mecanismo de acesso é o *Token-Passing* utilizado, por exemplo, pela rede Profibus. Cada dispositivo possui um tempo máximo para controlar a rede. Durante este tempo ele detém o controle da transmissão e os demais dispositivos não podem tomar a iniciativa de transmitir, podendo somente responder às suas solicitações. Terminado seu tempo, ou quando encerrar sua transmissão, esta estação transfere o "Token" (ficha ou sinal em inglês - o sinal que indica qual estação está com o controle) ao próximo equipamento na fila. Normalmente, nesse método não há uma hierarquia entre os dispositivos e todos eles podem trocar informações entre si diretamente, sem a necessidade de um mestre.

Outro método de controle de acesso é a competição pelo meio físico. O CSMA-CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), utilizado pela rede Ethernet, é um deles. Neste método, cada dispositivo monitora o meio físico para verificar se há alguma transmissão em andamento. Se não houver sinal na rede após um tempo pré-definido, qualquer dispositivo pode iniciar a

transmissão. Poderá ocorrer então uma colisão se dois ou mais dispositivos iniciarem ao mesmo tempo. Se isso acontecer, todos interrompem a transmissão e aguardam um tempo aleatório até que haja uma nova tentativa. Estatisticamente, quanto mais dispositivos estiverem presentes na rede, maior a probabilidade de suceder uma colisão e a comunicação sofrer atrasos. Por esta razão, este tipo de protocolo é evitado em aplicações de chão-de-fábrica que necessitam de garantia de recebimento dos dados sem atrasos. Existem técnicas de instalação que podem tornar a utilização deste tipo de rede mais segura em aplicações de chão-de-fábrica, mas este assunto foge ao objetivo deste artigo.

Há ainda um outro método por competição, o CSMA-BA (*Carrier Sense Multiple Access with Bitwise Arbitration*), que é utilizado por redes baseadas no CAN (*Controller Area Network*) como, por exemplo, a CANopen e a DeviceNet. Este mecanismo é bastante parecido com o CSMA-CD, mas neste caso existe uma priorização de dispositivos. Cada equipamento inicia a transmissão pelo seu próprio código de prioridade. Caso aconteça uma colisão, apenas o menos prioritário pára. O mais prioritário termina normalmente sua transmissão. Com uma configuração adequada, este método pode garantir que sinais que não possam sofrer atrasos sejam transmitidos por estações mais prioritárias e o desempenho da rede seja menos influenciado pelas colisões.

CONCLUSÃO

Neste artigo, pudemos conhecer as características básicas de uma transmissão serial em rede, principalmente no que se refere à transmissão física e à organização da comunicação. No próximo, trataremos do conteúdo das mensagens. Para isso criaremos uma tabela de comandos e um método de endereçamento, identificação de dados e controle de fluxo. ■

* Carlos Henrique de Castro Ralize é técnico em eletrônica do Departamento de Engenharia de Manutenção da Sabesp.

Controle e monitoração

remotos de máquinas industriais utilizando internet embutida

Rodrigo O. Fernandez*
Ricardo Peres**

Richard Dmytrak***
F. Javier Ramirez-Fernandez****

Este artigo discute as vantagens da utilização de um microcontrolador com internet embutida na automação e integração de máquinas e equipamentos industriais com sistemas de supervisão e controle de processos e produção. É apresentada uma aplicação real de integração de apertadeiras eletrônicas de uma linha de montagem de motores, empregando dispositivos baseados em microcontroladores com internet embutida. Também é comprovada a excelente relação custo/benefício da solução proposta em relação a outras soluções disponíveis no mercado.

deiras), que utiliza computadores de mão associados a torquímetros eletrônicos para medir o torque aplicado aos parafusos depois destes terem sido apertados e, em seguida, retransmiti-los ao servidor de produção.

Cada computador de mão se comunica com os torquímetros eletrônicos através da interface serial padrão RS-232 e com o servidor de produção, usando o protocolo TCP/IP, através de um enlace de radiofrequência padrão IEEE 802.11b.

Porém, apesar da eficiência dos sistemas, os custos de aquisição e manutenção tanto dos computadores de mão quanto dos dispositivos de acesso a rede wi-fi são razoavelmente elevados, além de não possuírem a robustez desejada para o bom funcionamento em um ambiente industrial.

Então, durante a integração das apertadeiras dessa nova linha de produção de motores, decidiu-se por analisar outras alternativas que sejam mais econômicas, com menor custo de manutenção, mais robustas e que possam aproveitar parte da aplicação desenvolvida anteriormente no sistema STEPP. Este novo sistema foi chamado de STEPP-LINK.

A maior e mais antiga planta da Daimler-Chrysler do Brasil Ltda. (São Bernardo do Campo, SP, Brasil) produz diversos modelos de caminhões, chassis de ônibus e motores movidos a diesel. Em uma de suas linhas de produção de motores, com capacidade de produção de mais de uma centena motores por dia, são usadas 23 apertadeiras eletrônicas, semelhantes à mostrada na **figura 1**, fornecidas pela Atlas Copco Tools Brasil Ltda. (São Paulo, SP, Brasil) e distribuídas ao longo dos 36 m de extensão da linha de produção.

Para assegurar a qualidade dos motores produzidos e o bom funcionamento das apertadeiras, além de controlar o andamento da produção dos motores, todas as apertadeiras necessitam ser interligadas a um servidor de produção. Dessa forma, é possível monitorar remotamente o estado de funcionamento e a sequência de operação de cada máquina.

Entre outras informações, dados como o torque máximo e o ângulo aplicado sobre cada um dos parafusos são armazenados em uma base de dados e alimentam ferramentas de apoio à decisão e sistemas de supervisão, de modo a orientar os opera-



F.1 Modelo de apertadeira eletrônica semelhante à utilizada nesta aplicação.

dores sobre repetição de operações e paradas para ajuste e manutenção dos equipamentos industriais.

Em uma outra linha de montagem, onde as apertadeiras não possuem recurso para medição do torque aplicado, existe um sistema desenvolvido pela T-Systems do Brasil Ltda. (São Paulo, SP, Brasil), denominado STEPP (Sistema de Teste e Especificação de Parâmetros de Parafusa-

ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Dentre as várias alternativas possíveis, uma delas seria usar um computador industrial equipado com uma placa multisserial e com uma interface ethernet.

Devido à limitação do comprimento máximo para os cabos de interface serial padrão RS-232 de modo a evitar perdas na taxa de transmissão dos dados, seriam então necessários 2 computadores equipados com 12

portas seriais cada, para conectar as 23 apertadeiras eletrônicas da linha de montagem de motores.

Porém, vale lembrar o alto custo dessa configuração, uma vez que ela deve resistir ao ambiente agressivo da linha de montagem, além de garantir a alta confiabilidade do sistema de modo a evitar perdas por paradas indesejadas na produção.

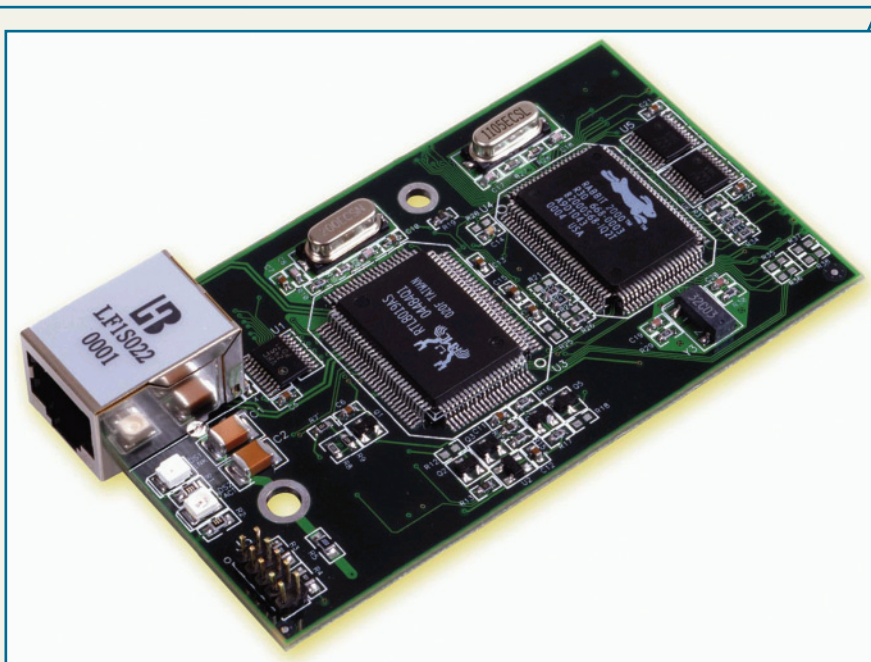
Uma alternativa possível é a utilização de controladores lógicos programáveis (CLPs) que permitam interconectividade entre portas de comunicação serial padrão RS-232 e o protocolo padrão ethernet. A vantagem em relação à solução proposta anteriormente é o fato de que os CLPs são dispositivos compactos e com a robustez necessária para emprego em ambiente industrial, porém estes dispositivos também apresentam custos relativamente elevados.

Em meados de 2001, com a introdução dos microcontroladores com internet embutida, foi possível especificar uma solução de baixíssimo custo, uma vez que cada microcontrolador custa apenas algumas dezenas de dólares, mas com a mesma funcionalidade e maior robustez em relação às demais soluções propostas anteriormente.

Empresas como Hyundai Electronics, Lantronix, Microchip Technology, Motorola Semiconductor, Rabbit Semiconductor, Ubicom e Zilog, entre outras, estão comercializando ou desenvolvendo microcontroladores de 8 ou 16 bits com internet embutida (na verdade, implementando suporte ao protocolo TCP/IP e à interface ethernet nestes microcontroladores).

Esses microcontroladores são capazes de operar como servidores *web*, oferecendo suporte a recursos como HTTP, POP3, SMTP, CGI, Java Applets, componentes ActiveX, visualização de imagens e tudo mais que couber em suas memórias, que pode variar entre dezenas e centenas de kilobytes. Além de permitirem a sua interconexão com máquinas e equipamentos industriais através de portas de comunicação serial ou portas de entrada e saída de uso genérico.

Dentre as diversas opções oferecidas pelo mercado, selecionamos o microcontrolador modelo Rabbit 2000, produzido pela Rabbit Semiconductor



F.2 Módulo modelo RCM2100.

(Davis, CA, EUA) devido a disponibilidade para compra de módulos contendo o microcontrolador, alguma memória *flash*, alguma memória RAM e a interface ethernet pronta para conexão. A adoção desses módulos evita a necessidade de desenvolvimento de um hardware para acomodar todos esses componentes, o que diminui o custo e o tempo de desenvolvimento da aplicação final.

O módulo escolhido foi o modelo RCM2100, que tem suas características descritas na **tabela 1** e sua imagem mostrada na **figura 2**.

DESENVOLVIMENTO

O módulo RC2100 foi acondicionado em uma caixa industrial padrão DIN, vista na **figura 3**, de modo que pudessem ser aproveitadas algumas das linhas de entrada e saída, além das portas de comunicação serial. No

total, o protótipo do dispositivo STEPP-LINK possui 4 portas de comunicação serial no padrão RS-232, além de 8 canais de entrada digitais e 8 canais de saída digitais, todos isolados eletricamente.

Para realizar o desenvolvimento da aplicação foi utilizada a ferramenta de programação Dynamic C, versão 7.25P, que acompanha o *kit* de desenvolvimento do RCM2100. Embora essa ferramenta não seja tão elaborada quanto as demais ferramentas similares existentes no mercado, ela possui todas as bibliotecas necessárias para auxiliar e agilizar o desenvolvimento de aplicações de internet embutida. Além disso, tanto a documentação, quanto o suporte técnico oferecido pela Rabbit Semiconductor foram satisfatórios.

O dispositivo foi interligado ao sistema conforme exibido na **figura 4** e a aplicação executada por ele

T.1 Características do Módulo RCM2100.

- Microprocessador Rabbit 2000 rodando a 22,1 MHz.
- 2 x 256KB de memória Flash e 512KB de memória SRAM.
- 8 linhas de dados e 13 linhas de endereço.
- 34 linhas genéricas de entrada/saída, compatíveis com nível CMOS.
- 4 portas seriais, compatíveis com nível CMOS, com uma taxa máxima de transferência de dados assíncrona de 690.625 bps e taxa máxima de transferência de dados síncrona de 5,52 Mbps.

consiste na realização das seguintes tarefas:

- ler os dados que chegam das apertadeiras eletrônicas, através das portas de comunicação serial e, em seguida, enviá-los para uma outra aplicação sendo executada no servidor designado;
- ler as linhas de entradas digitais e, caso haja mudança de estado, enviar notificação ao servidor designado;
- alterar o estado das linhas de saída digitais, quando houver solicitação por parte de um cliente remoto ou computador de supervisão;
- alterar os parâmetros de configuração de rede, portas de comunicação serial, linhas de entradas digitais e linhas de saída digitais, quando houver solicitação por parte de um cliente remoto.

Para que todas essas tarefas sejam realizadas ao mesmo tempo, sem que haja perda de dados ou atrasos indesejados, cada uma delas corresponde a uma função do programa. Essas funções são executadas de modo a aproveitar o suporte a multitarefa cooperativa oferecido pelo sistema operacional μ OS II, que acompanha a versão utilizada do Dynamic C.

Sendo assim, o tempo que a aplicação leva para varrer todas essas funções é menor que 2 ms. É importante ressaltar que este valor foi medido com a aplicação sendo executada em modo de depuração e, portanto, o dispositivo deve apresentar melhor desempenho em sua versão final. De qualquer modo, os buffers das portas de comunicação foram dimensionados de modo a evitar qualquer perda de dados.

A configuração do dispositivo pode ser realizada localmente por meio de um terminal conectado a uma de suas portas de comunicação serial ou remotamente, via rede, através de um programa do tipo cliente Telnet ou de um navegador web, como é indicado na **figura 5**.

Foi desenvolvida uma aplicação que permite que cada porta de comunicação serial possa ser conectada a uma aplicação ou servidor diferente, de acordo com o que for predefinido em sua configuração. Os parâmetros de configuração de rede e de comunicação serial dos dispositivos estão descritos nas **tabelas 2 e 3**, respectivamente.

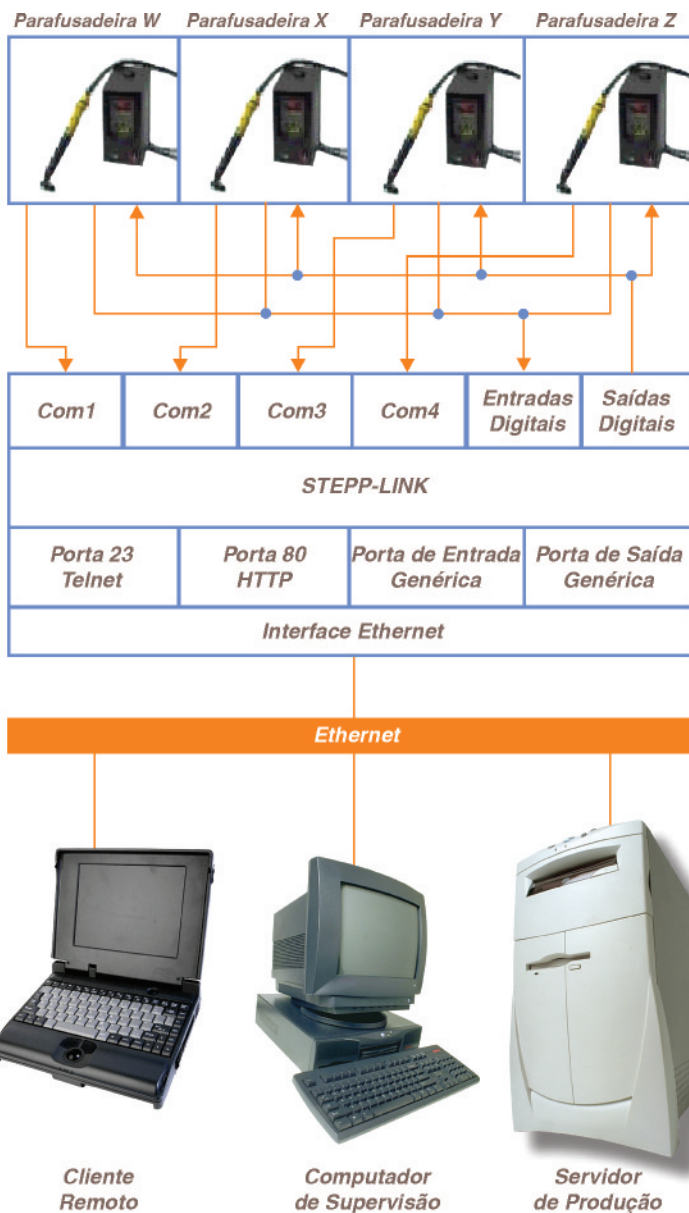
F.3 Protótipo do dispositivo STEPP-LINK.



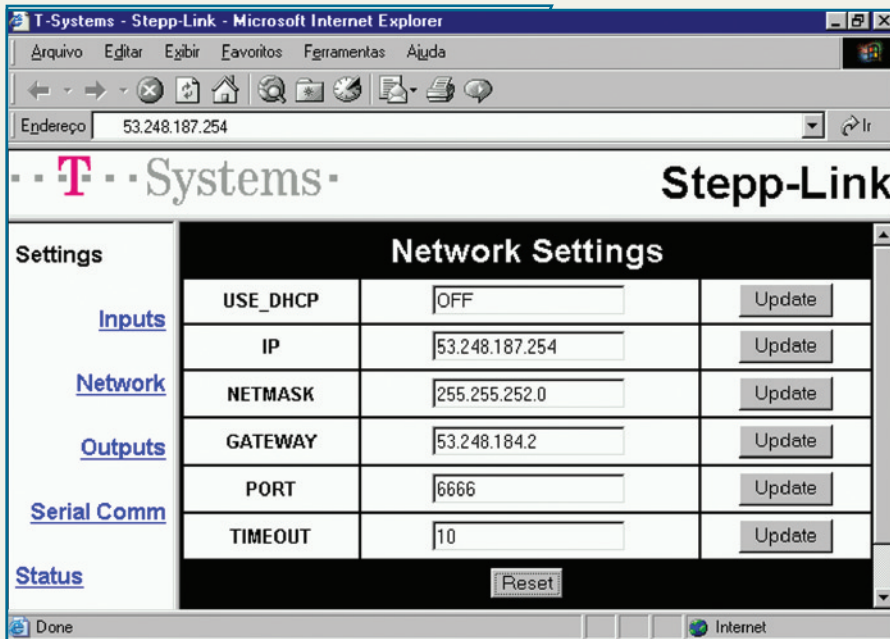
CONCLUSÃO

O funcionamento do sistema STEPP-LINK baseado em microcontrolador com internet embutida, possui a melhor relação custo/benefício em comparação com as outras alternativas que existem no mercado.

Apesar de seu ambiente de desenvolvimento e depuração e ser mais simples e seu desempenho ser ligeiramente inferior (nesta aplicação) em



F.4 Diagrama de interligações do sistema.



F.5 Tela de configuração remota.

T.2 Parâmetros de configuração de rede.

Parâmetro	Descrição
USE_DHCP	Define se o dispositivo deve obter as configurações de rede de um servidor DHCP.
IP	Endereço IP a ser utilizado, caso não seja possível obter um do servidor DHCP.
NETMASK	Valor de NETMASK a ser utilizado, caso não seja possível obter um do servidor DHCP.
GATEWAY	Endereço de GATEWAY a ser utilizado, caso não seja possível obter um do servidor DHCP.
PORT	Número da porta desejada para receber conexões de clientes remotos contendo comandos específicos.
TIMEOUT	Tempo máximo de espera antes de abandonar alguma operação em andamento, em segundos. Este tempo é observado apenas para conexões entrantes.

T.3 Parâmetros de configuração de porta de comunicação.

Parâmetro	Descrição
BAUDRATE	Define a taxa de recepção dos dados.
DATABITS	Define o número de bits dos dados a serem recebidos.
PARITY	Define o modo de verificação de paridade dos dados recebidos.
HOST	Endereço IP do servidor para onde devem ser enviados os dados recebidos.
LENGTH	Tamanho do pacote de dados a serem recebidos.
PORT	Número da porta no servidor, onde deve ser estabelecido o soquete TCP/IP.
TIMERX	Tempo máximo de espera para recepção do restante dos dados de um pacote, antes de enviá-los ao servidor.
TIMETX	Tempo máximo de espera para a transmissão de um pacote, antes de enviá-lo ao servidor.
TIMEWAIT	Tempo máximo de espera para recepção do próximo, antes de enviá-los ao servidor.

relação às demais alternativas apresentadas, o fato de o dispositivo ser embutido e não possuir interfaces externas como monitor ou teclado, permite que sua programação seja simplificada, ocasionando maior facilidade e rapidez de desenvolvimento, o que resulta novamente, em menores custos do sistema.

Mesmo assim, a possibilidade de configuração e monitoração remota compensam a ausência dessas interfaces físicas. Além disso, o dispositivo cumpre satisfatoriamente as funções para as quais ele foi projetado, não apresentando perdas de dados e mostrando resistência necessária para a sua utilização em um ambiente industrial.

Apesar deste artigo ter apresentado uma aplicação industrial específica de um sistema baseado em internet embutida, podemos verificar que esses dispositivos podem ser empregados em várias outras aplicações e até mesmo em aplicações de automação residencial, dependendo exclusivamente de programação específica para o dispositivo.

Justamente por isso, em um futuro próximo, pretendemos desenvolver uma nova versão do sistema, onde seja possível não só reconfigurar e monitorar o dispositivo remotamente, mas também possibilitar a transferência e atualização do programa a ser executado remotamente, via rede. ■

*Rodrigo O. Fernandez é engenheiro elétrico e um dos responsáveis pelas soluções de telemática da T-Systems do Brasil Ltda.

** Ricardo Peres é engenheiro elétrico e coordenador de equipe no desenvolvimento de soluções para automação industrial, eletrônica embarcada em veículos e sistemas dedicados em tempo-real para as áreas aeroespaciais de monitoramento da T-Systems do Brasil Ltda.

***Richard Dmytrak é engenheiro de produção do departamento de montagem e teste de motores e caixa de direção da DaimlerChrysler do Brasil Ltda.

**** F. Javier Ramirez-Fernandez é engenheiro elétrico, vice-coordenador do laboratório de microeletrônica e coordenador do grupo de sensores integráveis e microssistemas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

Manutenção em eletrodo de pH

Vitor Sabadin*

A medição de pH, utilizada em diversos controles de processos nas indústrias de alimentos, químicas, farmacêuticas e outras, obedece a muitas normas, organismos e procedimentos internacionais como ASTM, DIN 19260 à 19268, IEC “*International Electrotechnical Commission*” e DKE “*Deutsche Elektrotechnische Kommission*”. O objetivo deste artigo é mostrar uma pequena base teórica, explicando como funciona um eletrodo de pH e como efetuar uma boa manutenção.

Onde:

E_0 = valor do potencial padrão /

$[H^+] = 1 \text{ mol/l}$

F = Constante de Faraday

R = Constante Universal dos Gases

T = Temperatura Absoluta, em graus Kelvin

$-\log [H^+] = \text{pH}$

O valor do pH, que é o número que representa o potencial hidrogeniônico de uma solução, determina o quanto uma solução é ácida ou alcalina. Por definição, o valor de pH é obtido através de:

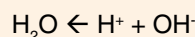
$$\text{pH} = -\log [H^+]$$

ou

$$\text{pH} = -\log aH^+$$

na qual $[H^+]$ representa a concentração do íon Hidrogênio e aH^+ representa a atividade do íon Hidrogênio. Uma vez que normalmente tratamos de baixas concentrações de H^+ , os parâmetros “atividade” e “concentração” são muito próximos, a definição classicamente adotada é a segunda.

A escala de pH é determinada pela dissociação da água, ou seja:



As concentrações destes dois íons (H^+ e OH^-) são relacionadas através do produto iônico (K_w) da água, que é constante na temperatura de 25°C e é igual a:

$$K_w = [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \quad (\text{mol/l})$$

Quando o pH da solução estiver neutro, os valores de $[H^+]$ e $[OH^-]$ serão iguais, trazendo valor 7 para a medição de pH. Já numa alta concentração do íon H^+ , por exemplo 1 mol/l ($= 100 \text{ mol/l}$), o valor do pH será

Faixa	pH	H^+ Concentração (mol/L)	OH^- Concentração (mol/L)
Ácido	0	1	0,000000000000001
	1	0,1	0,00000000000001
	2	0,01	0,00000000000001
	3	0,001	0,0000000000001
	4	0,0001	0,000000000001
	5	0,00001	0,000000000001
Neutro	6	0,000001	0,00000001
	7	0,0000001	0,0000001
Alcalino	8	0,00000001	0,000001
	9	0,000000001	0,00001
	10	0,0000000001	0,0001
	11	0,00000000001	0,001
	12	0,000000000001	0,01
	13	0,0000000000001	0,1
	14	0,00000000000001	1

T.1 Escala de pH, relacionado às concentrações de H^+ e OH^- .

extremamente ácido (igual a zero). Da mesma forma, numa baixa concentração do íon H^+ , por exemplo 10^{-14} mol/l , o valor do pH será extremamente alcalino (igual a 14). Observe a **tabela 1**.

O princípio de medição do pH é a potenciometria, e o valor gerado pela diferença de potencial (d.d.p) entre os eletrodos de medição e referência (normalmente estes se encontram em um só eletrodo, denominado eletrodo combinado de pH) é função do pH. Veja, na **figura 1**.

A equação que rege essa diferença de potencial é a equação de Nernst, definida como:

$$E = E_0 + 2,3 \text{ RT/F} \cdot \log [H^+]$$



F.1 Princípio da medição potenciométrica (eletrodos separados).

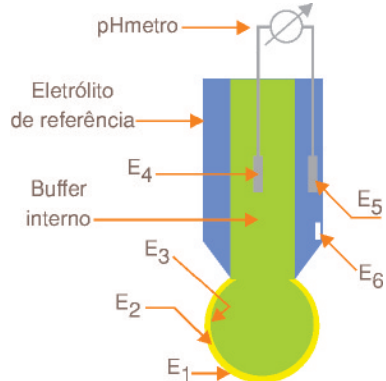
Também, $2,3 \text{ RT/F}$ é definido por “Potencial Nernst” e corresponde à variação de potencial por unidade de pH. Este valor é dependente da temperatura absoluta, conforme mostrado na **tabela 2** :

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Potencial Nernst (mV)
0	54,2
25	59,2
50	64,1

T.2 Valores do Potencial Nernst para diferentes temperaturas.

Para uma correta medição de pH, precisamos de um elemento sensor que seja capaz de gerar o potencial de Nernst e, para isso, um eletrodo combinado de pH trabalha com diferentes potenciais, fechando uma cadeia de medição.

A cadeia de medição do potencial E é formada por várias fontes de potencial, como ilustrado na **figura 2**:



F.2 Potenciais existentes num eletrodo de pH.

Onde temos:

E_1 : Potencial da parte externa da membrana, que é dependente do valor de pH do meio de medição;

E_2 : Potencial da membrana de vidro, que é influenciado pela espes-

sura e método de fabricação da membrana de vidro;

E_3 : Potencial da parte interna da membrana, que é dependente do valor de pH do *buffer* interno;

E_4 : Potencial do fio de medição interno Ag/AgCl, que é dependente da atividade do Cl^- no *buffer* interno;

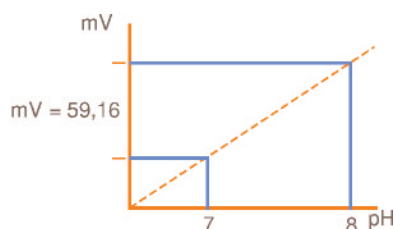
E_5 : Potencial do eletrodo de referência, que é dependente da atividade do Cl^- no eletrólito de referência;

E_6 : Potencial de difusão ou potencial da junção.

Para medir o potencial E_1 e lhe atribuir um valor definido de pH, todos os outros potenciais (de E_2 até E_6) devem ser constantes.

Desta forma, qualquer mudança nos potenciais tem influência direta na performance de medição do eletrodo, sendo que E_1 e E_6 são os primeiros potenciais a ser afetados por qualquer contaminação, daí a importância de adequada manutenção e limpeza nos eletrodos.

Com a simplificação dos seis potenciais internos, temos uma diferença de potencial entre E e E_0 referente aos potenciais do eletrodo de medição e do eletrodo de referência. Esta diferença de potencial ao chegar ao transmissor de pH (potenciômetro) é convertida em valores de pH com o auxílio da Equação de Nernst, anteriormente mencionada. A equação de Nernst também exige a informação de temperatura para o correto cálculo do valor de pH, sendo que uma representação gráfica desta conversão é exibida na **figura 3**.



F.3 Representação gráfica da conversão de mV em valores de pH, a 25 C.

A temperatura tem importância vital na medição de pH, sendo que sempre devemos informar ao transmissor de pH, qual o valor da temperatura, para que este use tal valor na equação de Nernst, fornecendo-nos sempre o valor compensado da temperatura no cálculo de pH.

Em síntese, para uma boa medição de pH precisamos de um eletrodo adequado e com boa manutenção, para gerar potenciais confiáveis, que serão interpretados juntamente com o valor da temperatura pelo transmissor (potenciômetro), retornando-nos valores confiáveis de pH. Portanto, a manutenção correta passa a ser fator vital para uma boa medição de pH.

Como trabalhamos com um sensor extremamente delicado, uma manutenção feita sem critério, poderá danificar em definitivo componentes como uma membrana de pH. Então, antes de qualquer procedimento de manutenção, o usuário deverá conhecer no mínimo superficialmente alguns componentes do eletrodo.

Os problemas de um eletrodo de pH podem estar centrados no conjunto conector / cabo, que devem estar livres de umidade e de qualquer falha no contato elétrico, na membrana de medição e no diafragma do sistema de referência. Dado que problemas de contatos elétricos são facilmente detectáveis por inspeção visual (oxidação) ou através de um simples teste no cabo, o foco aqui, será no diafragma e na membrana.

DIAFRAGMA

O diafragma é uma das alternativas de junção líquida, largamente utilizada em eletrodos de pH (referência) e é responsável por cerca de 80% dos problemas em eletrodos de pH. Esta junção líquida promove o contato do eletrólito interno com o meio de medição, gerando o potencial E_6 visto anteriormente, portanto, qualquer bloqueio nesta junção líquida, faz com que o eletrodo perca as condições para uma boa medição. O diafragma é, na maioria dos casos, constituído em cerâmica porosa, tem seu diâmetro de secção transversal em aproximadamente 1 mm e é fundido à parede de vidro do eletrodo,

fazendo a interface entre o eletrólito e o meio de medição. Sua função é servir como um limitador do fluxo de saída do eletrólito para o meio de medição, sendo fácil imaginar que entupimentos sejam freqüentes em meios de medição contaminados.

A indústria hoje oferece vários formatos alternativos de diafragma e até eletrodos de baixa manutenção, que substituem o eletrólito líquido ou gel, por eletrólitos sólidos, que nos livram da presença incômoda, porém necessária do diafragma. Todavia, se temos diafragma, temos que limpá-lo e para limpá-lo precisamos conhecer o contaminante e o procedimento correto de remoção deste contaminante.

Por se tratar de uma peça delicada e muito pequena (**figura 4**), lim-



F.4 Diafragma em destaque.

pezas mecânicas são na maioria dos casos catastróficas, sendo que o tratamento químico relatado na **tabela 3**, é sempre o mais recomendado.

MEMBRANA

A membrana de um eletrodo de pH é representada na **figura 5**, ela é moldada em um vidro especial, que forma uma camada de gel quando em contato com meios líquidos, responsável pela seletividade do eletrodo ao íon H^+ (potencial E_1 , visto anteriormente), sendo de vital importância para a medição. Assim como o diafragma, a membrana deve ser limpa com ataque químico, sendo que a única ação mecânica usada é com papel higiênico macio, que deve ser empregado exclusivamente

para secar a membrana (sem atritar), quando passamos de uma solução a outra de calibração e nunca na tentativa de remover incrustações.

Quando contaminantes se depositam na camada externa da membrana, as respostas às variações de pH ficam mais lentas, portanto, devemos tratá-la e até regenerá-la em casos mais extremos. Um dos principais contaminantes de uma membrana é o carbonato de cálcio, oriundo de água dura, porém contaminações com hidróxidos e metais pesados são muito freqüentes. A **tabela 4** mostra os tratamentos adequados a cada um dos tipos de contaminação.

Como pudemos verificar, existem soluções de limpeza de diafragma que coincidem com as de limpeza de membrana (mesmo que em concentrações diferentes), portanto, cabe ao usuário identificar qual o melhor procedimento para limpeza do eletrodo e a combinação de soluções a serem usadas.

Agora que já sabemos como tratar um eletrodo, mostraremos um teste prático para a determinação de falhas nos eletrodos.

Um dos mais importantes indicadores da condição de um eletrodo de pH é o *Slope*, também conhecido como pendente ou ganho. Este valor, normalmente expresso em % nos transmissores de pH mais modernos, pode ser determinado manualmente

e, para isso, só precisamos de um transmissor que nos permita ler valores diretos em mV (milivolts).

TESTE

Medir o potencial em mV na solução buffer (tampão de calibração) de pH 7 e 4 e realizar o seguinte cálculo:

$$U_{pH4} - U_{pH7}$$

Esta diferença deve estar entre 172 e 176 mV. Se os valores estiverem abaixo de 172, as limpezas de membrana e diafragma (vistas anteriormente) deverão ser aplicadas. Se o potencial estiver abaixo de 150 mV, provavelmente o eletrodo deverá ser substituído.

Para medidores em que o *Slope* é apresentado em percentual após uma calibração, podemos considerar que um eletrodo com *Slope* < 95% deve passar por manutenção, e um eletrodo com *Slope* < 60% provavelmente será descartado, pois o serviço de limpeza será pouco efetivo.

OUTROS SINAIS DE ELETRODO COM PROBLEMAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Resposta lenta: Este comportamento pode ser causado por uma

Contaminação	Solução de limpeza	Utilização	Após a limpeza
Proteínas (visualmente imperceptível)	Pepsin (solução comercial) HCl 0,1 mol/L pepsin 1% (enzima)	Imersão por 12 horas	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.
Sulfetos (coloração negra)	Thiourea (solução comercial) HCl 0,1 mol/L thiourea 7,5%	Imersão por 1 hora ou até a coloração negra desaparecer	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.
Gordura	Solução com detergente neutro a 60 °C	Imersão por 6 horas	Lavar com água e calibrar sistema.
Incrustação grosseira por sólidos	Solução de HCl 0,1 mol/L ou HNO ₃ 0,1 mol/L ou solvente orgânico bem diluído	Imersão por poucos minutos observando a efetiva remoção da incrustação	Lavar com água e usar um dos métodos acima para limpeza efetiva do diafragma.

T.3 Tratamento químico do diafragma.

membrana velha (1 ano de uso), porém na maioria dos casos indica diafragma contaminado. O comportamento de um eletrodo lento é bastante característico e de fácil identificação, contudo o seguinte teste prático pode nos determinar se o eletrodo precisa de manutenção ou não.

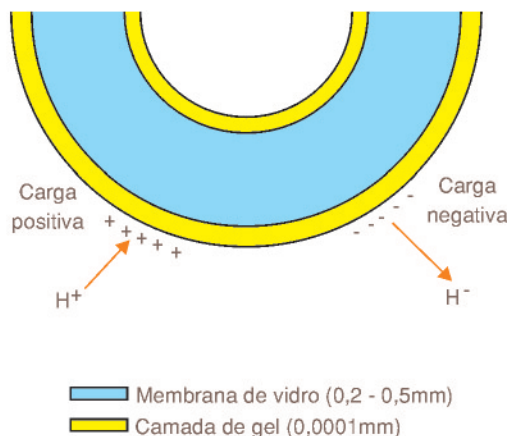
Com o transmissor medindo em mV (milivolts) mergulhe o sensor no *buffer* de pH 4, espere a estabilidade da leitura e depois retire o sensor do *buffer* de pH 4, enxágüe o eletrodo com *buffer* pH 7 e mergulhe o eletrodo em *buffer* pH 7 (não o mesmo usado no enxágüe), iniciando a marcação de tempo neste instante. Após 1 minuto, verificar o valor em mV e comparar com o valor em mV após decorridos dois minutos. Se a diferença entre o minuto 1 e o minuto 2 for > 3 mV, você terá um eletrodo lento que precisa de tratamento.

Desvio do ponto zero (mV):

Quando um eletrodo em boas condições é inserido em um *buffer* de pH 7, este deve medir 0 mV, ou dentro de uma certa tolerância que depende de fabricante para fabricante, mas em média é de ± 30 mV. Valores acima de +30 ou abaixo de -30, indicam um eletrodo que está sofrendo ataque por alta temperatura de processo na membrana, ou que tenha os seguintes problemas no sistema de referência:

- Eletrólito de referência contaminado com o meio externo - Checar se a pressão do processo é suportada pelo seu eletrodo;
- Diafragma contaminado - Promover limpeza de diafragma;
- Sistema de referência com deca-pagem do AgCl, devido a uso de eletrólito incorreto (mais comum em eletrodos refiláveis de laboratório).

Leitura fixa em pH 7: Como já vimos, o pH 7 equivale a 0 mV, ou seja, quando nossa diferença de potencial entre referência e medição fica fixa em 0 mV, a nossa medição fica travada próxima a pH 7. Neste caso, temos algum problema que está gerando um curto-circuito que pode ser interno ao eletrodo ou causado por umidade no cabo e defeitos de sinal em conectores.



F.5 Esquema da membrana.

Contaminação	Solução de limpeza	Utilização	Após a limpeza
Carbonato de cálcio, hidróxidos ou metais pesados	HCl 2 mol/L	Imersão por 15 minutos	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.
Proteínas	pepsin (solução comercial) HCl 0,1 mol/L pepsin 1% (enzima)	Imersão por 2 horas	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.
Gordura ou depósitos orgânicos	Solução com detergente neutro a 60 °C	Imersão por 2 horas	Lavar com água e calibrar sistema.
Precipitados metálicos	HNO ₃ 0,1 mol/L	Imersão por 15 minutos	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.
Eletrodo sem recuperação após procedimentos anteriores	Solução de regeneração (solução comercial) HF 1,76 % HCl 5,62 %	Imersão por 1 minuto - não mais que um minuto	Lavar com água, deixar em KCl (3 molar) por 24 horas e calibrar o sistema.

T.4 Tratamento químico da membrana.

CONCLUSÃO

Com a evolução da automação industrial, este importante controle analítico que é a medição de pH, tem sido cada vez mais comum em todos os tipos de processo, porém, em muitos casos ainda é visto como uma “caixa preta”. Com este artigo, esperamos ter desmistificado alguns tópicos, sendo

que passamos um pouco pela teoria de medição de pH, tivemos uma idéia de possíveis problemas de medição e conhecemos métodos de limpeza para atacar eventuais problemas na fonte, ou seja, a “caixa preta” pode ser aberta sem maiores riscos. ■

*Vitor Sabadin é engenheiro de aplicação da Mettler Toledo - Divisão Processo.

Critérios para seleção de redes para automação industrial

Marco Antonio Coghi*

As redes foram desenvolvidas para a troca de dados entre computadores. Hoje, com os microprocessadores chegando até os instrumentos do chão-de-fábrica, podemos sim, caracterizar estes como computadores também.

Antes de partirmos propriamente para os critérios de seleção de redes para automação industrial e para uma melhor compreensão pelo leitor, devemos conceituá-las quanto ao tamanho do dado, bem como da necessidade da velocidade desse dado chegar até seu destino.

Desde a hierarquia do chão-de-fábrica até o nível corporativo de uma indústria usuária, podemos caracterizar os dados das informações e a necessidade da periodicidade desta comunicação como sendo classificada em quatro tipos de conjuntos de equipamentos inteligentes.

EQUIPAMENTOS TIPO 1

São aqueles que têm como característica a informação (dados) do tamanho de alguns bits e velocidade de comunicação de unidades de



F.1 Exemplos de equipamentos tipo 1.

milissegundos. Entre esses equipamentos inteligentes do tipo 1, estão os sensores e atuadores discretos de chão-de-fábrica tais como solenóides de válvulas *on-off*, sensores fins-de-curso, pressostatos, termostatos, fluxostatos, chaves de nível, botoeiras, sinalizadoras luminosas, etc (figura 1).

As redes dos equipamentos do tipo 1 são chamadas genericamente de “*SensorBuses*”. Diversas soluções comerciais implementam as características dos *SensorBuses*. As mais aplicadas no setor industrial químico e correlatos são a AS-i ou *Actuator Sensor Interface*, nascida em aplicações européias, e o modelo comercial intitulado *DeviceNet* que também atende as necessidades citadas para esta hierarquia, nascida em aplicações americanas.

EQUIPAMENTOS TIPO 2

São aqueles que têm como característica a informação (dados) do tamanho de *bytes* e velocidade de comunicação de dezenas de milissegundos. Entre esses equipamentos inteligentes do tipo 2, estão os medidores e atuadores contínuos de chão-de-fábrica, tais como: transmissores de pressão, vazão, temperatura, nível, posicionadores de válvulas de controle, etc (figura 2).

As redes dos equipamentos do tipo 2 são chamadas genericamente de “*FieldBuses*”. As soluções comerciais mais aplicadas no setor industrial por onde andamos são o *Profibus PA*, *Hart* e o *Fieldbus Foundation H1*. A primeira, nascida em aplicações européias e a segunda e terceira nasceram em aplicações americanas.

F.2 Exemplos de equipamentos tipo 2.



EQUIPAMENTOS TIPO 3

São aqueles que têm como característica a informação (dados) do tamanho de *bytes* ou blocos de *bytes* e velocidade de comunicação de dezenas a centenas de milissegundos. Entre esses equipamentos inteligentes do tipo 3, estão os inversores de frequência, partidas inteligente de motores, relés inteligentes de corrente, relés inteligentes de tensão, balanças digitais, *remote I/Os*, etc (figura 3).

As redes dos equipamentos do tipo 3 são as chamadas “*DeviceBuses*”. As soluções comerciais mais implementadas no setor industrial por onde andamos são a *Profibus DP*, nascida em aplicações européias, a *ControlNet* e a *DeviceNet*, nascidas em aplicações americanas.

Além do tamanho da informação (dado) ser pequeno e de sua velocidade ser rápida, estes primeiros três tipos de classificação de equipamentos para medição e controle de variáveis de chão-de-fábrica têm a necessidade de comunicação determinística. Isto quer dizer que o tempo da comunicação é pré-fixado e determinado entre equipamentos devido a urgência e importância da informação para a tomada de “decisões” entre eles e a variável do processo industrial que medem ou controlam.



F.3 Exemplos de equipamentos tipo 3.

EQUIPAMENTOS DO TIPO 4

Por fim, temos os equipamentos tipo 4, os quais, têm a informação (dado) do tamanho de blocos de *bytes* ou até mesmo arquivos e velocidade de comunicação em até dezenas de segundos. Entre esses equipamentos inteligentes do tipo 4 estão as CPUs de controladores programáveis (PLCs), estações de controle ou monitoração de SDCDs, microcomputadores supervisórios, estações de operação de SDCDs, microcomputadores de vários departamentos da gerência industrial (qualidade, processo, PCP), microcomputadores da informática corporativa (aplicativos ERP), etc (**figura 4**).

As redes dos equipamentos do tipo 4 são as chamadas “*DataBuses*”. Diversas soluções comerciais implementam as características dos *DataBuses*. As que mais permeiam no setor industrial por onde andamos são a Ethernet TCP/IP, a HSE (*High Speed Ethernet*) e a *ProfiNet*. Os três primeiros modelos comerciais nasceram em aplicações americanas, enquanto que a *ProfiNet* nasceu em aplicações europeias.



F.4 Exemplos de equipamentos tipo 4.

Outro conceito importante para o perfeito entrosamento do usuário de automação industrial, dentro do mara-

vilhoso mundo das redes de comunicação, é o modelo *Open System Interconnection* (OSI) ou traduzindo: “Sistema aberto para troca de dados”, elaborado pela ISO, a mesma organização normalizadora internacional que todos já conhecem por ter sido a idealizadora da série de qualidade ISO 9000. O modelo OSI propõe uma normalização aberta e não mais proprietária, onde os fabricantes dos equipamentos classificados de 1 a 4 pudessem aderir a protocolos de uso geral e irrestrito de propriedade de marca. Muitos avanços já se deram desde a proposição do modelo OSI e, acreditamos que em breve tudo ficará “aberto”. A partir daí, poderemos aplicar a palavra “interoperabilidade”, isto é, implementada uma rede, seja ela em qualquer hierarquia sistêmica, poderemos colocar equipamentos de quaisquer fabricantes para comunicarem-se entre si.

Devido ao que foi citado, o leitor pode perceber que não existe (nem existirá) um único modelo comercial que possa resolver a solução de uma arquitetura sistêmica híbrida que temos como característica para transportar a informação desde o chão-de-fábrica até a informática corporativa, e vice-versa. Assim, as quatro classificações de hierarquia de informações que descrevemos devem coexistir ainda por um bom tempo e, por uma questão de divisas, de soberania e mercados, vão imperar os modelos americano e europeu no mundo.

Sugerimos ao usuário de automação que, antes de definir o modelo comercial que é melhor para sua aplicação, o importante é estabelecer um plano diretor de automação e informação que serão trocadas entre os departamentos de produção, gerência e administrativo da corporação. Muitos fabricantes têm exercido pressões comerciais sobre os usuários por determinado modelo de *FieldBus*, por exemplo, sem entretanto alertá-los, que antes dessa decisão, eles deveriam planejar a arquitetura global do *site*. Além de transmissores, medidores ou válvulas de controle, os quais se integram com modelos comerciais de *FieldBuses*, também é importante a integração (entre células automatizadas) de solenóides de válvulas *on-off*, fins-de-curso, pressostatos, termosta-

tos, fluxostatos, chaves de nível, botoeiras, sinalizas luminosas, inversores de frequência, partidas inteligente de motores, relés inteligentes de corrente, relés inteligentes de tensão, balanças digitais, *remote I/Os*, CPUs de controladores programáveis (PLCs), estações de controle ou monitoração de SDCDs, microcomputadores supervisórios, estações de operação de SDCDs, etc. Para evitar uma arquitetura “colcha de retalhos”, antes de tudo, é importante ter um projeto bem planejado, onde a experiência da equipe de projeto é essencial, pois dependerá dela o custo-benefício bem aplicado e sem surpresas hoje e no futuro.

Também é preciso estar atento quanto à engenharia de projetos de automação industrial. Com os microprocessadores chegando aos instrumentos de chão-de-fábrica e podendo chamá-los de microcomputadores, muitas coisas mudam em suas representações em documentos de engenharia: os *data-sheets*, os diagramas de malha, os encaminhamentos e distribuições de cabos, os painéis, as listas de E/S, etc. Infelizmente, não temos visto oferta de empresas de engenharia de projetos nem empreiteiras de montagem capacitadas tecnicamente para este novo paradigma da tecnologia mundial, como exige a demanda de produtos por seus fabricantes e usuários. Novos cuidados devem ser tomados nas instalações e novos profissionais devem ser preparados para tal.

Devido às mudanças de topologias de PLCs e SDCDs, integradores de sistemas também precisam se reposicionar através da recapacitação de seus profissionais. O usuário deve, antes de contratar uma empresa de engenharia, empreiteira de montagem e até mesmo seus integradores de sistemas, criar uma nova política de recrutamento e seleção. Deve também ter seu pessoal de manutenção em tempo integral dedicado ao lado dessas empresas para assumir o projeto, o sistema e as instalações com o menor desgaste possível. Para tanto, o investimento em cursos, seminários, *workshops* para a capacitação de seu pessoal é primordial. ■

*Marco Antonio Coghi é diretor da CBTA - Companhia Brasileira de Tecnologia e Automação.

Arquiteturas de Sistemas de Automação Industrial utilizando CLPs - 2ª parte

Paulo C. de Carvalho *

Neste artigo, analisaremos os níveis de supervisão e de gestão em arquiteturas de sistemas da automação utilizando Controladores Lógicos Programáveis (CLPs).

Para estudar a arquitetura de sistemas de automação de forma sistemática utilizamos o recurso de dividir a mesma em níveis.

Nível 0: É o nível de aquisição e atuação diretamente no processo. Neste nível estão os elementos sensores e atuadores como sensores de nível, pressão, temperatura, fins de curso, válvulas, inversores de frequência, multimedidores de grandezas elétricas, etc...

Nível 1: Neste nível estão os Controladores Programáveis recebendo informações do nível 0.

Nível 2: Chamaremos de nível 2 as estações de supervisão e controle que são computadores executando softwares de supervisão que se comunicam com os CLP's através de redes de comunicação industriais.

Nível 3: Este é nível onde fica o sistema corporativo de gestão da planta.

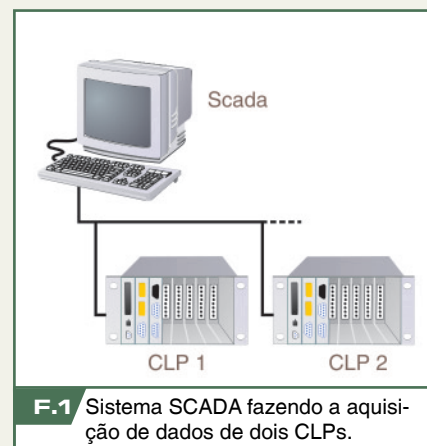
Nosso objetivo neste artigo é analisar os níveis 2 e 3 da arquitetura típica de um sistema de automação baseado em CLP's.

NÍVEL 2: SISTEMAS DE SUPERVISÃO E CONTROLE

Os Sistemas de supervisão e controle comumente chamados de sistemas SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition* - são programas configuráveis, destinados à supervisão, controle e aquisição de dados de plantas industriais, possuindo custo menor que os SDCD (Sistemas Digitais de Controle Distribuído) e, por esta razão, se popularizaram nas indústrias. A interação do operador com o processo é garantida através de interfaces gráficas que permitem uma interação amigável. A base de hardware pode ser

um PC comum e isso facilita e barateia os custos com hardware. Estes sistemas possibilitam configurar os arquivos de alarmes e eventos além de relatórios e interfaces para controle de receitas e funções avançadas através da escrita de "scripts", que são trechos de programas que permitem ampliar as funcionalidades inerentes do produto. Na **figura 1** é apresentado um sistema SCADA fazendo a aquisição de dados de dois CLPs.

Os sistemas SCADAs utilizam dois modos de comunicação: comunicação por *polling* e comunicação por interrupção, normalmente designada por *Report by Exception*.



F.1 Sistema SCADA fazendo a aquisição de dados de dois CLPs.

Comunicação por Polling

Neste modo de comunicação, também designado por *Master/Slave*, a estação central (*Master*) tem o controle absoluto das comunicações efetuando seqüencialmente o polling dos dados de cada estação remota (*Slave*), que apenas responde à estação central após a recepção de um pedido, ou seja, em *half-duplex*.

Cada estação remota é identificada por um endereço único. Se uma estação remota não responder durante um período de tempo pré-determinado às solicitações que lhe são dirigidas, a estação central efetua novas tentativas de *polling* antes de retornar *time-out* e avançar para a próxima estação.

Vantagens

- Simplicidade no processo de aquisição de dados;
- Inexistência de colisões no tráfego da rede;
- Permite, devido ao seu caráter determinístico, calcular a largura de

banda utilizada pelas comunicações e garantir tempos de resposta;

- Facilidade na detecção de falhas de ligação;
- Permite o uso de estações remotas não inteligentes.

Desvantagens

- Incapacidade, por parte das estações remotas, de comunicar situações que requeiram tratamento imediato por parte da estação central;
- O aumento do número de estações remotas tem impactos negativos no tempo de espera;
- A comunicação entre estações remotas tem obrigatoriamente que passar pela estação central.

Comunicação por interrupção

Neste modo de comunicação, a estação remota monitora os seus valores de entrada e, quando detecta alterações significativas ou valores que ultrapassem os limites definidos, inicia a comunicação com a estação central e a conseqüente transferência de dados. O sistema é implementado de modo a permitir a detecção de erros e recuperação de colisões.

Antes de iniciar a transmissão, a estação remota verifica se o meio está ocupado por outra estação, aguardando um tempo programado antes de efetuar nova tentativa de transmissão. Em caso de colisões excessivas em que o sistema é gravemente afetado, a estação remota cancela a transmissão aguardando que a estação central proceda a leitura dos seus valores através de *polling*.

Vantagens

- Evita a transferência de informação desnecessária, diminuindo o tráfego na rede;
- Permite uma rápida detecção de informação urgente;
- Permite comunicação entre estações remotas, *slave-to-slave*.

Desvantagens

- A estação central apenas consegue detectar falhas na ligação após um determinado período de tempo, ou seja, quando efetua *polling* ao sistema;
- É necessária a existência de ação por parte do operador para obter os valores atualizados.

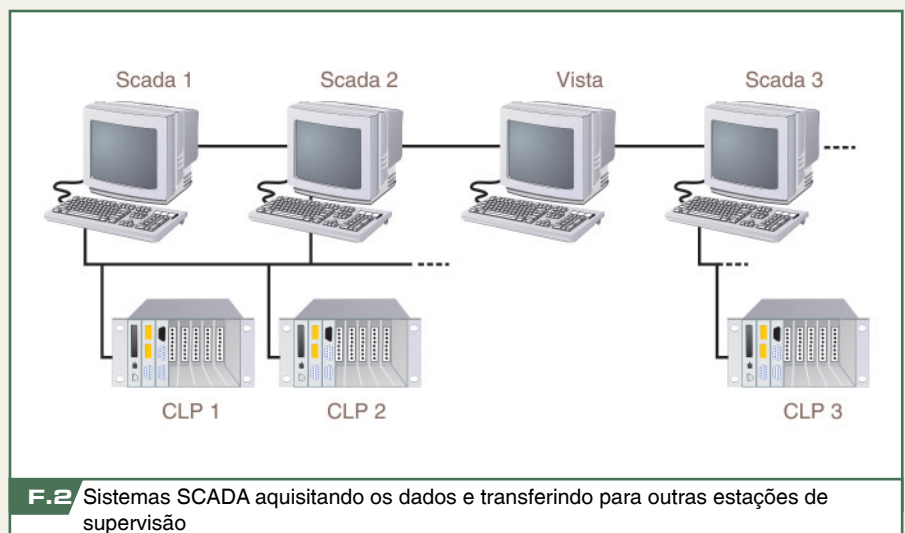
O sistema da **figura 1** é típico para controle de pequenos processos ou máquinas. Para o controle de grandes processos industriais é necessária uma arquitetura mais robusta com disponibilização dos dados de processo, formatados e manipulados de modo a assegurar a qualidade da informação para os diversos sistemas de controle, planejamento e acompanhamento da produção (democratização da informação).

Para atingirmos este objetivo, é preciso que no nível 2 da arquitetura sejam analisados os diversos dados que vêm do processo para distinguir os usuários que precisarão de cada um deles, ou seja, os dados que vão para cada profissional capacitado da planta como, por exemplo, o gerente de manutenção, o gerente de qualidade, o supervisor de produção, o gerente industrial, o pessoal da contabilidade e os acionistas.

Para que o acesso às informações do sistema SCADA sejam “democratizadas”, este sistema precisa alimentar um banco de dados organizado com estas informações e, portanto, é fundamental que o sistema SCADA possa disponibilizar suas informações em um formato que outros aplicativos possam utilizar. A forma mais utilizada é o sistema SCADA abastecer um banco de dados relacional como por exemplo SQL server, Oracle, informix, sybase, entre outros e, a partir disto, as informações podem ser utilizadas em tempo real e disponibilizadas para outros softwares do sistema de gestão da empresa.

Para grandes aplicações, onde vários computadores operam a planta, existe a necessidade de se estabelecer um critério de como será feita a aquisição de dados dos CLPs, remotas, e demais equipamentos inteligentes do chão de fábrica e a forma como estes dados serão repassados para as várias interfaces IHMs. Uma maneira simples de fazer isso é colocar todas as interfaces homem-máquina para se comunicar com os equipamentos inteligentes do chão-de-fábrica, porém, isto terá uma desvantagem imediata que será a baixa performance de comunicação, uma vez que todos os computadores precisam adquirir os dados ao mesmo tempo e nunca terão uma base de dados exatamente igual.

Outra forma que apresenta uma melhor performance de rede é termos um sistema SCADA adquirindo os dados dos CLPs e disponibilizando-os para os outros sistemas através de uma rede entre os computadores totalmente independente da rede dos CLPs. Esta transferência de dados entre computadores é feita à grande velocidade empregando rede Ethernet e a filosofia cliente/servidor. A máquina que adquire os dados do CLP passa a ser o servidor de dados para as demais que funcionam como clientes. Uma máquina que apenas monitora os dados e não executa comando recebe uma versão mais barata do software denominada “vista”. Em geral, em uma máquina vista é possível ter todas as funcionalidades de uma máquina SCADA exceto dar comandos (realizar



F.2 Sistemas SCADA adquirindo os dados e transferindo para outras estações de supervisão

escritas nos CLPs). A **figura 2** mostra esta arquitetura.

Na queda do SCADA 1 o SCADA 2 poderá ativar seu *driver* de comunicação e começar a fazer a leitura dos dados dos CLPs. Esta arquitetura possibilita que os nós SCADA 1 e SCADA 2 trabalhem em regime de redundância a quente ou *hot stand by*. O “nó vista” lê os dados do nó SCADA que estiver ativo. O nó SCADA 3 está aquisitando os dados do CLP 3 e pode repassar estes dados para os demais através da rede entre computadores. Separar a rede dos computadores da rede dos CLPs melhora a performance da comunicação com o chão-de-fábrica.

Supervisão e controle de processo através da Internet

Outro recurso muito importante disponível nos sistemas de supervisão é a capacidade de disponibilizar os dados aquisitados do chão-de-fábrica na Internet (**figura 3**).

A informação vital de qualquer processo produtivo está nos dados de produção. Quando os dados fluem facilmente do processo de produção para os *desktops*, as decisões de negócios podem ser feitas de forma mais rápida e inteligente. Independente do tamanho do processo a ser controlado. Hoje, o sucesso depende da qualidade e da acessibilidade dos dados de produção.

O problema enfrentado por muitos fabricantes é encontrar um método rápido, fácil e barato de coletar grande quantidade de dados críticos do processo e convertê-los em forma inteligente de gerenciar a fábrica, otimizando o processo e oferecendo verdadeira vantagem competitiva no mercado. Existem pacotes de software de supervisão no mercado que fornecem a solução de apresentar os dados históricos de produção em formato amigável, via Internet, que possibilita transformar dados de produção em base para gerenciar a empresa de modo mais inteligente e eficaz.

O usuário pode analisar estes dados *on-line* através de um *browser* como, por exemplo, o *Internet Explorer* ou *Netscape*, sem necessidade de sistemas de supervisão instalados nestas máquinas. Os dados são dis-

ponibilizados através de uma estação servidora de *Web* e as demais estações serão clientes podendo acessar os dados de uma *Intranet* ou *Internet*. Os sistemas permitem troca de informações (bidirecional) entre o chão de fábrica e os sistemas de operação e gerenciamento de processos, viabilizando a supervisão de processos através da *Internet/Intranet*.

O *browser* comunica-se com o servidor *Web* através do protocolo HTTP. Após o envio do pedido referente à operação, o *browser* recebe a resposta na forma de uma página HTML.

Vantagens

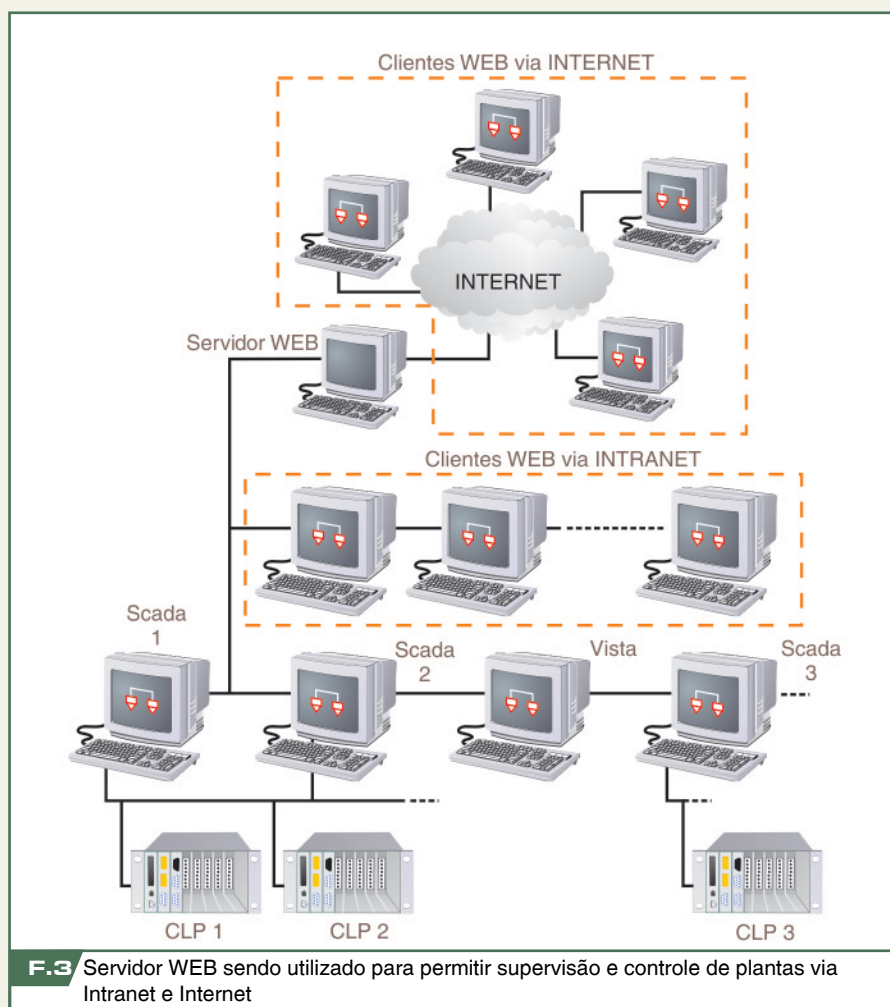
- O *browser* disponibiliza um modo de interação simples, ao qual os usuários já estão habituados, podendo incluir ajuda *on-line*, imagens, som e vídeo;
- Não é necessária a instalação de nenhum cliente, pois geralmente todos os computadores têm *browsers* instalados, o que simplifica a administração do sistema;

- Apenas é necessário efetuar manutenção de páginas, *applets* e *scripts* do lado do servidor.

Análise de paradas de produção

Uma preocupação constante do setor industrial é produzir mais com menos custos. Toda vez que ocorre uma parada em uma planta, há perdas de produção e, conseqüentemente, prejuízos.

Naturalmente, toda a gerência da planta deseja que estas paradas não programadas sejam reduzidas ao mínimo possível, ou ainda, ao ideal que é zero. O caminho para se evitar os problemas das paradas não programadas é conhecer os motivos que as geraram. Ter esta informação em um banco de dados que possa ser facilmente acessível pelo corpo qualificado da empresa certamente será uma ferramenta muito importante no momento de agir nas causas evitando novas paradas pelo mesmo motivo.



F.3 Servidor WEB sendo utilizado para permitir supervisão e controle de plantas via Intranet e Internet

Para um sistema de supervisão disponibilizar estas informações de forma automática para a gerência de operações é necessária uma integração muito bem feita entre o sistema de aquisição de dados e o sistema gerencial da empresa. Esta implementação exigirá um módulo do sistema de supervisão que fique constantemente verificando a base de dados *on-line* do sistema (coletados dos processos e controladores) e que identifique automaticamente, por locação, os eventos de “parada” nos equipamentos em cada linha.

Uma vez que a informação esteja disponível, as razões das “paradas” podem ser registradas automaticamente, ou podem ser editadas mediante permissões adequadas. A seguir, os dados deverão estar organizados em relatórios para análise gerencial. Este tipo de implementação pode ser feito utilizando sistemas especialistas, ou ainda módulos de software fornecidos pelos fabricantes de sistemas de supervisão para serem configurados pelo usuário como, por exemplo, o módulo “I-Downtime”, produto da Intellution.

NÍVEL 3 - SISTEMAS CORPORATIVOS

Muitas empresas estão buscando soluções no mercado de sistemas de informática para gestão de suas empresas, os quais são conhecidos pela sigla em inglês ERP (*Enterprise Resource Planning*).

A implantação desses sistemas é um processo extremamente crítico para as empresas. Envolve a configuração do ERP escolhido para que possa dar suporte às estratégias empresariais, alteração nos processos internos, treinamento das pessoas para utilização do novo sistema, além de outras medidas.

O vazio entre
os sistemas ERP
e a Automação

O ponto de junção entre os sistemas de gestão (conhecidos como ERP) e o sistema SCADA está no banco de dados relacional. A maioria das empresas possui sistemas

SCADA controlando o chão-de-fábrica e sistemas de gestão que controlam as diversas áreas da empresa. No entanto, freqüentemente vemos que existe uma lacuna entre estes dois sistemas e é freqüente ouvirmos, da alta gerência das companhias, que está faltando algo para que a tão sonhada melhoria de produtividade e do controle empresarial se torne efetiva.

Sistema MES

O sistema MES (*Manufacturing Execution System*) se propõe a ser o elo entre a automação e os sistemas de gestão. A idéia deste sistema é agilizar a tomada de decisão por parte da gestão das empresas fazendo com que as informações cheguem rapidamente para as pessoas indicadas, evitando que as informações do chão-de-fábrica cheguem ao sistema de gestão sempre depois do ocorrido, ou seja, tarde demais.

Uma das maiores dificuldades da implantação de um Sistema MES era a ausência de um modelo. No final de 1998, a AMR (*American Manufacturing Research*), em conjunto com a MESA (*MES Association*), definiram um modelo REPAC, que permite dividir e organizar as funções de um sistema MES.

O Modelo REPAC (**figura 4**) divide a planta em cinco atividades: *Ready*, *Execute*, *Process*, *Analyze* e *Coordinate*.

READY: desenvolve, otimiza e prepara os produtos e processos de produção.

EXECUTE: executa o planejamento e as ordens de produção.

PROCESS: controla o processo e a planta, isto é, o chão-de-fábrica.

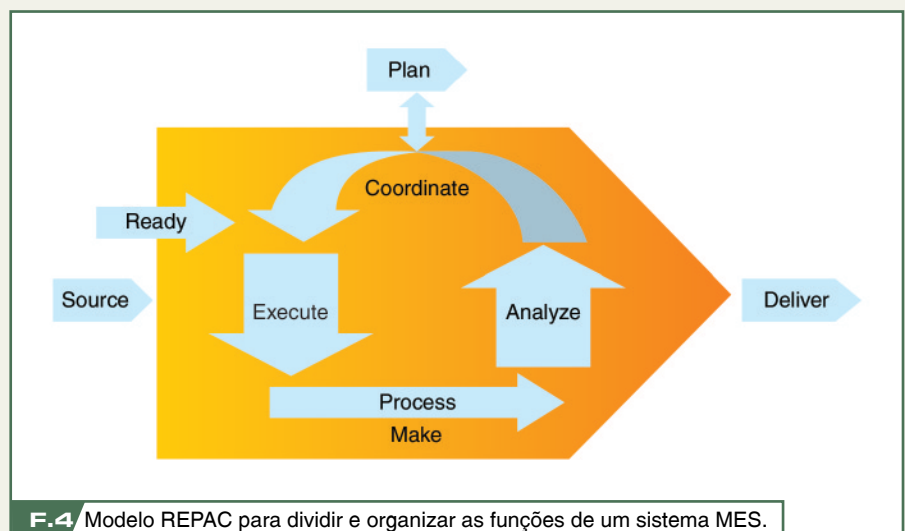
ANALYSE: analisa a performance da produção, a qualidade do produto, a capacidade do processo, o atendimento às normas regulatórias.

COORDINATE: coordena as operações da planta com o ERP e o SCM (*Supply Chain*), otimiza o plano de produção e reage a eventos e anomalias no processo.

CONCLUSÃO

Este assunto está, a cada dia que passa, sofrendo evolução em função das novas ferramentas disponibilizadas pelos fornecedores de soluções de automação para a indústria, visando aumentar a capacidade de distribuir inteligência entre os diferentes hardwares desde os sensores até o processamento distribuído nos sistemas SCADAs. Como vimos, existe um vazio que deve ser preenchido entre os sistemas SCADAs e os sistemas de gestão corporativos. Há muito para ser feito neste sentido com a finalidade de melhorar a gestão empresarial através de informações mais rápidas e inteligentes extraídas de um universo de informações “aquisitadas” dos equipamentos inteligentes do chão-de-fábrica e, com certeza, voltaremos a este assunto em outra oportunidade. ■

*Paulo C. de Carvalho é gerente de Engenharia da Altus/Campinas.




F.4 Modelo REPAC para dividir e organizar as funções de um sistema MES.

Manutenção Preditiva

Ultra-som

Alexandre Comitti*

O Ultra-som é uma das técnicas de inspeção empregadas atualmente pela Manutenção Preditiva.

 som é um ruído causado pela vibração das moléculas através de um meio como, por exemplo, o ar, a graxa ou os metais, sendo que essas vibrações se propagam de forma esférica desde a sua fonte. A faixa de frequência audível pelo ouvido humano vai de 20 Hz a 20.000 Hz. Por isso, abaixo de 20 Hz dizemos que a frequência acústica é infrassônica, e acima de 20 KHz, ultrassônica. Muitos dos defeitos e falhas em equipamentos começam a se manifestar em frequências ultrassônicas. Os aparelhos de ultra-som captam essas frequências e, por meio do método de heterodinação, traduzem essas frequências para baixo, no campo das frequências audíveis, possibilitando ao inspetor escutar normalmente esses “defeitos”.

VAZAMENTOS

Os vazamentos são os grandes responsáveis pelos desperdícios de energia encontrados nas instalações de ar comprimido e constituem um dos maiores problemas nas indústrias, instalações prediais, transportes, etc. (figura 1).



F.1 Vazamento na reguladora de pressão da máquina. Com auxílio do ultra-som detectou-se tratar de diafragma furado.

A detecção e o reparo de vazamentos são importantes, tanto no aspecto de segurança quanto nos aspectos de custos, preservação de energia e do meio ambiente. Com isso em mente, é possível calcular as perdas decorrentes de vazamentos (energia elétrica+insumos) para o ar comprimido industrial, na nossa realidade, conforme ilustra a **tabela 1**.

T.1 Custos estimados dos vazamentos.

Diâmetro do Vazamento	Custo por ano	Custo por mês	Custo por hora
0,5 mm ²	R\$47,81	R\$3,98	R\$0,01
1,0 mm ²	R\$191,23	R\$15,94	R\$0,02
2,0 mm ²	R\$764,91	R\$63,74	R\$0,09
3,0 mm ²	R\$1.721,05	R\$143,42	R\$0,20

Obs.: Custo do Kwh - R\$0,06

Nota-se que esta é uma relação não linear: quanto maior o diâmetro do vazamento, maior o custo referente ao desperdício. Neste cálculo, não foi considerado o tratamento do ar comprimido por secadores de ar, o que aumentaria ainda mais o custo (figura 2).



F.2 Vazamento no espigão da válvula.

Outro ponto importante é a má utilização do ar comprimido pela operação. Um exemplo disso são os bicos de ar que jogam ar em excesso

em cima de peças para limpeza das mesmas ou o emprego de ar comprimido para “varrer o chão-de-fábrica, locais de trabalho e para limpeza de máquinas”. É necessário quantificar a perda total de ar no sistema, pelo menos uma vez ao ano.

O ar comprimido é utilizado na indústria como força de acionamento a mais de um século. Seu uso tem se

acentuado, principalmente, em decorrência do desenvolvimento da automação. Eliminar desperdícios dentro do processo produtivo é fundamental para redução de custos variáveis dentro das empresas. Convém lembrar que quanto maiores forem as perdas, maior será o investimento em compressores de ar para suprir estas perdas.

Para se otimizar o consumo de energia nos sistemas de ar comprimido, sugerem-se os seguintes procedimentos:

- eliminar vazamentos na tubulação, juntas, válvulas e gaxetas;
- manter os manômetros e os interruptores de controle bem calibrados;
- limitar o uso de ar comprimido nos turnos não produtivos e nos fins de semana;
- adequar a ventilação na sala dos compressores;
- utilizar compressores de menor potência nos fins de semana e turnos

não produtivos;

- manter as válvulas solenóides em bom estado de conservação;
- reduzir a pressão do sistema de ar comprimido, se possível;
- inspecionar sistematicamente o sistema de ar comprimido para detectar vazamentos.

ULTRA-SOM

Trata-se de uma ferramenta de diagnóstico preditivo que facilita o trabalho de técnicos de manutenção ao executar, em ambientes de extremo barulho, a localização de vazamentos em tubulações de ar comprimido, vapor, gás, água e perdas de vácuo. Determina, também, as condições de operação de rolamentos e engrenagens (detectando, por exemplo, falhas de lubrificação).

Isto acontece porque o aparelho capta sons na frequência de 40.000 Hz (na faixa do ultra-som, inaudível para o ser humano) convertendo-os para som audível ao operador, através de sondas metálicas ou acústicas. Observe na **figura 3** um exemplo deste equipamento.



F.3 Exemplo de equipamento de ultra-som.

As principais fontes de ultra-som são:

- atrito;
- vibração em alta frequência;
- impacto;
- turbulência (vazamentos de gases ou líquidos);
- arco elétrico;
- geradores artificiais (transmissores).

Outras aplicações para este equipamento seriam:

- localização de válvulas, solenóides, cilindros hidráulicos e pneumáticos defeituosos, mesmo em ambientes de extremo barulho;
- localização de arcos e descargas elétricas (efeito Corona) em painéis e instalações elétricas;
- detecção de reatores defeituosos em luminárias fluorescentes;
- detecção de pontos de vazamento em tanques e cavidades não pressurizadas, verificando sua estanqueidade pela injeção de ultra-som em tubulações, tanques, câmaras e cabines.



F.4 Empregando a sonda acústica.



F.5 Utilizando a sonda metálica.

Utilizam-se sondas acústicas (**figura 4**) para inspecionar vazamentos em tubulações, válvulas, cilindros hidráulicos e pneumáticos, arcos e descargas elétricas (efeito Corona), defeitos em luminárias fluorescentes. As hastes metálicas (**figura 5**) são usadas para inspeção de rolamentos e engrenagens.

Estas sondas trabalham de forma integrada com a análise de vibração auxiliando nos diagnósticos de defeitos em componentes rotativos de máquinas. Pode ser utilizada também em conjunto com atividades de lubrificação para determinar, por exemplo,

se a graxa atingiu o rolamento dentro de um mancal ou não. Isso é avaliado pela melhora no nível de ruído detectado pelo aparelho.

TESTE DE ESTANQUEIDADE

Determina-se a estanqueidade em áreas confinadas, empregando um gerador de ultra-som externo. Este transmissor é colocado dentro do componente e, do lado de fora, empregamos o receptor. Com isso, detectamos as “fugas” de pressão ultrassônica em:

- vazamentos em salas limpas, compartimentos, embalagens, caixas, gabinetes, invólucros, etc.;
- tubos e mangueiras;
- containeres ou cisternas;
- tubulações e ar condicionado;
- trocadores de calor e escapamentos;
- vasos de pressão.



F.6 Gerador de ultra-som.

CONCLUSÃO

Equipamentos de ultra-som têm uma vasta série de aplicações efetivas e podem servir eficazmente de muitas maneiras como primeira linha de defesa contra colapsos. Nenhuma tecnologia pode fornecer, sozinha, soluções totais para todo tipo de manutenção. Dessa forma, faz-se necessário conjugar o ultra-som com outras tecnologias, tais como análise de vibração, termografia e análise de óleo, reduzindo, falhas de equipamentos, tempo de manutenção, consumo de energia e, com isso, melhorando o sistema e a qualidade dos produtos. ■

* Alexandre Comitti é Engenheiro Eletricista, formado pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Emissões de **interferência** eletromagnética

Osmar Brune*

Durante mais de vinte anos, computadores e outros equipamentos microprocessados têm se sujeitado a normas obrigatórias de emissões de EMI (*electromagnetic interference*). Embora tais normas sejam percebidas frequentemente como chateações, elas são realmente necessárias para manter limpo o espectro de RF para usuários legítimos e licenciados. Receptores de rádio ou TV são vulneráveis à poluição de RFI causada por computadores próximos. Esses receptores devem retirar baixíssimos níveis de potência de um espectro de RF densamente ocupado, e converter essa energia em informação útil (rádio, TV, imagem de radar, etc.).

Este é o quarto artigo de uma série sobre EMC/EMI. No último deles, abordamos o problema de imunidade à RFI, isto é, suscetibilidade de equipamentos eletrônicos falharem devido a RFI (*radio frequency interference*). Neste artigo, trataremos da questão da emissão não intencional de radiofrequência por equipamentos, tais como computadores e outros sistemas microprocessados. A leitura dos artigos anteriores da série sobre EMC/EMI é recomendada para uma melhor compreensão de alguns conceitos citados aqui.

Todo computador é um potencial poluidor do espectro de RF. Sinais repetitivos são ricos em harmônicas, que podem atingir facilmente a faixa de GHz. Essa energia pode ser irradiada através de cabos ou fios que funcionam como antenas não intencionais, ou pode ser conduzida, por exemplo, pelo sistema de alimentação de corrente alternada. Se o nível de energia é suficientemente alto, receptores de comunicação próximos (TVs, rádio) podem simplesmente não funcionar.

Reclamações começaram a crescer exponencialmente na década de 70, quando os computadores começaram a se popularizar. Isto levou os governos de diversos países a

criar normas que limitassem as emissões de computadores e outros equipamentos. Nos Estados Unidos, no início da década de 80, a FCC (*Federal Communications Commission*) obrigou os computadores a passarem por testes de emissão de EMI antes de serem comercializados. Na Europa, as normas são atualmente emitidas pela EU (*Europe Union*).



F.1 Modelo para limites de emissão irradiada.

LIMITES DE EMISSÕES DE EMI REGULADOS PELAS NORMAS

Todas as normas de emissão para equipamentos comerciais têm um único objetivo: impedir que o equipamento cause interferência em um receptor de rádio ou TV próximos. Para isso, elas estabelecem limites de emissões de EMI.

Algumas hipóteses foram assumidas para elaborar essas normas, as quais são apresentadas na **figura 1**.

- Até 30 MHz, assume-se que as emissões são conduzidas; acima disto, entende-se que são irradiadas.

- Em ambientes domésticos, resolveu-se que um computador terá uma separação mínima de 3 metros de um receptor de rádio ou TV.

- Em ambientes comerciais, a separação mínima será de 30 metros e, além disso, exigisse a existência de uma parede entre os dois, que provê atenuação adicional.

- A interferência causada pelo equipamento deverá provocar um campo elétrico 10 vezes menor do que o sinal desejado para uma boa recepção.

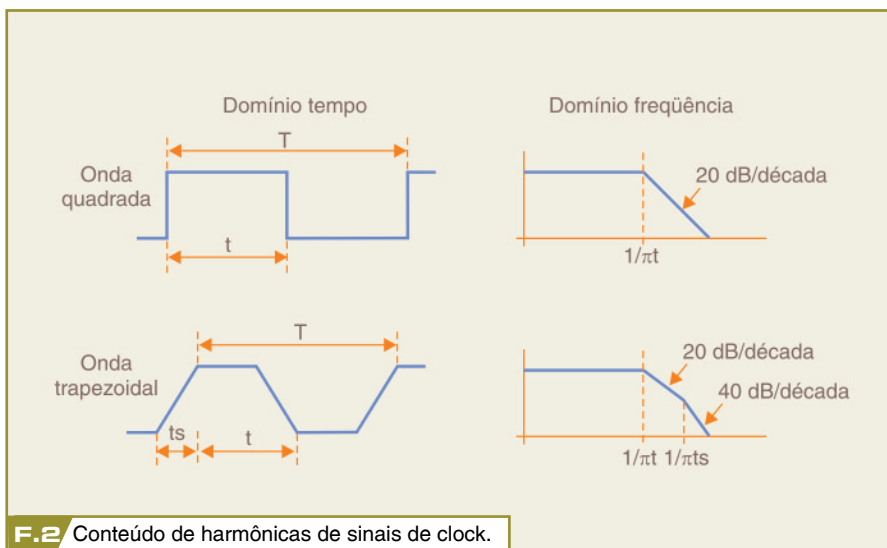
- O campo elétrico do sinal pretendido para uma boa recepção, em um cenário urbano, fica entre 1000 e 2000 $\mu\text{V/m}$.

Duas categorias foram definidas para a compatibilidade de equipamentos a estas normas:

- Classe A, onde a distância entre o equipamento e o receptor é de 30 metros e, ademais, uma atenuação de 10 dB é assumida em função da parede que separa o equipamento do receptor.

- Classe B, onde a distância entre o equipamento e o receptor é de 3 metros.

A classe B, mais rigorosa, aplica-se para equipamentos em ambientes domésticos; enquanto que a classe A aplica-se a equipamentos em ambientes comerciais. Esses limites funcionam bem na maior parte das aplicações, entretanto, aplicações militares, aviônicas e automobilísticas possuem limites que podem ser até 1000 vezes mais rígidos do que esses. Ou seja, nem sempre essas normas irão garantir que não haverá problemas.



F.2 Conteúdo de harmônicas de sinais de clock.

TÓPICOS-CHAVES SOBRE EMISSÕES

Antes de abordar técnicas de projeto para evitar emissões excessivas, devemos compreender alguns tópicos-chave sobre emissões.

Antenas e transmissores escondidos

No artigo anterior, sobre imunidade a RFI, introduzimos os conceitos de antena e receptores escondidos. No caso de emissões, criam-se os conceitos de antena e transmissores escondidos.

Nas duas situações, as antenas escondidas geralmente são as mesmas. Cabos externos ao equipamento e descontinuidades na blindagem são as mais comuns. Todavia, em alguns casos, cabos internos e a placa de circuito impresso do equipamento também podem agir como antenas escondidas. Isto é particularmente pior quando ocorrem ressonâncias, que podem amplificar de forma drástica as radiações emitidas.

Os principais transmissores escondidos são “clocks” e outros sinais altamente repetitivos, que contêm grande quantidade de harmônicas. Uma dica para localizar estes transmissores ocultos é que as emissões por harmônicas acontecem em frequências múltiplas da frequência fundamental do “clock” ou outro transmissor escondido (2x, 5x, 10x, etc.). Contudo, como alguns sistemas dividem internamente seu “clock” fundamental, podem apa-

recer valores fracionários da frequência fundamental (2,5x, etc.). A **figura 2** ilustra dois sinais de clock, tanto no domínio tempo (à esquerda) como no domínio frequência com escala logarítmica (à direita). Na parte superior, observa-se uma onda quadrada perfeita (tempo de subida = 0) e na parte inferior, mostra-se uma onda trapezoidal (tempo de subida = t_s). Os dois sinais têm “duty cycle” de 50% ($t/T = 0,5$), onde T é o período do sinal.

No mundo real só existe a onda trapezoidal, pois não é possível ter um tempo de subida nulo. Observa-se inclusive, que do ponto de vista de emissões, isto é bom. Acima da frequência $1/\pi t_s$, a amplitude de harmônicas começa a cair mais rapidamente, numa taxa de 40 dB por década (isto é, um decréscimo de 100 vezes na amplitude a cada aumento de 10 vezes na frequência). Se fosse uma onda quadrada perfeita, haveria uma diminuição de apenas 20 dB por década (10 vezes a cada aumento de 10 vezes na frequência).

Aumentar o tempo de subida (t_s) pode ser chamado de “conservação do domínio frequência”, isto é, não emita altas frequências se você não precisa delas. Se o seu sistema pode operar com determinado tempo de subida no clock, não tente diminuí-lo muito além disso. Pelo contrário, você pode até crescer o tempo de subida de seu clock, caso exista margem para isto, utilizando circuitos mais lentos ou algum tipo de filtros (por exemplo, capacitores).

Emissões Irradiadas e conduzidas

A maioria das normas para emissões considera emissões irradiadas e conduzidas. No caso de normas para equipamentos comerciais (FCC e EU, por exemplo), admite-se emissões conduzidas abaixo de 30 MHz, e irradiadas acima disso. Em normas mais rígidas, tais como as militares, pode-se considerar uma zona de sobreposição, onde haverá tanto emissões conduzidas como irradiadas.

Emissões irradiadas são medidas através de uma antena conectada em um analisador de espectro. Isso pode ser feito em áreas abertas, ou em salas especiais (*anechoic rooms*), blindadas e projetadas para minimizar reflexões.

Emissões conduzidas são medidas na linha de alimentação de corrente alternada, utilizando-se uma rede de estabilização para impedância de linha, que isola a linha de alimentação e assegura “repetibilidade” ao teste. Esta rede também é conectada a um analisador de espectro. Medem-se emissões desde 450 kHz até 30 MHz (FCC), ou 150 kHz até 30 MHz (EU). A seguir, seguem algumas regras práticas sobre as causas de emissões:

- abaixo de 30 MHz, tipicamente são conduzidas por linhas de alimentação;
- entre 30 e 300 MHz, tipicamente são associadas a cabos externos agindo como antenas escondidas;
- acima de 300 MHz, qualquer coisa pode ser uma suspeita de antena escondida (cabos internos, fendas e ranhuras no chassi, placas de circuito impresso, conectores e blindagens de má qualidade, etc.). Pode-se utilizar a regra de 1/20 de comprimento de onda, introduzida no artigo anterior. Isto é, cabos internos, ranhuras e trilhas de circuito impresso que ultrapassem 1/20 do comprimento de onda podem se comportar como antenas escondidas, tanto para transmissão quanto para recepção.

TÉCNICAS PARA CONTROLAR EMISSÕES

Algumas das técnicas que serão vistas aqui, já podem ter aparecido em

artigos anteriores. Entretanto, o que impede que a mesma técnica resolva mais de um problema? Dois conceitos estratégicos devem ser considerados. Primeiro, trate todos os cabos como se fossem antenas escondidas. Lembre-se que qualquer condutor com dimensão maior que 1/20 de comprimento de onda pode se comportar como uma boa antena para essa onda. Não assuma também que um cabo blindado não irá irradiar. É muito comum que uma corrente de alta frequência seja acoplada na blindagem, fazendo com que a blindagem do cabo se comporte como uma antena. Segundo, deve-se determinar os circuitos mais críticos para atuar como transmissores escondidos. Geralmente, são os sinais altamente repetitivos, como *clocks*.

Proteção no nível do circuito

Se possível, suprima circuitos críticos diretamente nos dispositivos e, além disso, utilize filtros em linhas de entrada ou saída do equipamento. O uso de ferrites e inclusive placas de circuito impresso *multilayer* são recomendados.

Os *clocks* merecem atenção especial. Desacople altas frequências de circuitos de *clock* (circuitos que geram, amplificam ou utilizam sinais de *clock*), empregando pequenos capacitores, ferrites, ou ambos. Isto aumentará seu tempo de subida (**figura 2**). Obviamente, isto pode não ser possível para sistemas de altíssima velocidade. No entanto, para sistemas que trabalham em frequências menores, tais como controladores industriais, esta técnica pode ser aplicada normalmente. A localização dos circuitos de *clock* também é importante. Evite colocá-los próximos de conectores de entrada e saída; do contrário, provavelmente ocorrerão problemas de emissões.

Reguladores e amplificadores de alta velocidade também merecem atenção especial. Estes circuitos podem provocar oscilações parasíticas. Reguladores são especialmente suscetíveis a este problema, uma vez que são dispositivos realimentados. Tais oscilações parasíticas são observadas tipicamente na faixa de 200 a 400 MHz. Novamente, este problema

pode ser resolvido através de filtros (capacitores e ferrites).

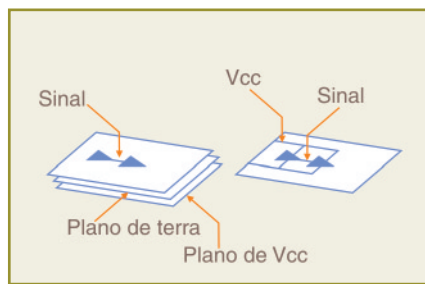
Circuitos de entrada e saída são conectados diretamente aos cabos externos, que funcionam como antenas escondidas. Portanto, filtros de alta frequência colocados nos conectores de entrada e saída são a última linha de defesa contra radiação emitida (e também recebida). Os filtros podem ser instalados em cada uma das linhas, ou podem ser comuns (exemplo: ferrites “braçadeira”).

Ferrites são armas importantes contra emissões, contra ESD, inclusive para imunidade contra RFI. São mais eficientes na faixa de 50 a 500 MHz. Abaixo de 50 MHz, têm indutância e resistência muito baixas. Acima de 500 MHz, a capacitância parasítica dos terminais limita seu funcionamento. Todavia, ferrites SMD (*surface mounted devices*) podem funcionar na faixa de GHz, por não terem terminais expostos.

Placas de circuito impresso *multi-layer* podem ser utilizadas igualmente contra emissões. Houve casos em que as emissões foram reduzidas entre 10 e 100 vezes apenas trocando uma placa de 2 camadas por outra de 4 camadas. Estas melhorias são causadas por diversos efeitos, como mostra a **figura 3**. Primeiro, reduz-se drasticamente a área de *loop* entre trilhas de sinal e de alimentação, que pode agir como uma pequena antena escondida. Segundo, ruídos de alta frequência no terra são reduzidos, pois o terra tem uma impedância muito menor. Terceiro, a capacitância distribuída entre os planos de terra e Vcc diminui a impedância para altas frequências no circuito de alimentação, reduzindo as oscilações de alta frequência em linhas de alimentação.

Proteção na área dos conectores e cabos

Quanto maior for a frequência, melhores deverão ser os cabos e conectores. Cabos agem como antenas não intencionais (tanto transmissoras, o que é ruim para emissões, quanto receptoras, inconveniente para imunidade). Conectores são pontos de ruptura da blindagem. Um conector inadequado pode tornar um ótimo cabo totalmente ineficiente. Proble-



F.3 Placa multilayer X Placa de 2 layers.

mas relacionados a cabos e conectores são a maior razão para falhas em testes de emissão irradiada. Você deve considerar cabos e conectores conjuntamente, como um sistema, e não como componentes individuais.

Acima de 10 MHz, deve-se usar blindagens e conectores de alta qualidade (não esqueça de considerar as harmônicas que podem estar acima de 10 MHz). No caso de cabos, recomenda-se utilizar blindagens do tipo “malha sobre folha”. Quanto aos conectores, deve-se prover uma cobertura de 360°. Toda conexão deve ser a prova de “vazamentos” de RF: blindagem ao conector, conector a conector, e conector ao chassis. Não use conexões através de fio entre blindagem e conector ou chassis, pois tais fios apresentam alta indutância em alta frequência.

Se você não puder blindar, então filtre. Pequenos filtros de alta frequência, feitos de ferrites ou capacitores de *bypass*, funcionam bem. Mantenha seus terminais curtos e conecte capacitores de *bypass* diretamente ao terra do sinal (não no terra do chassis - ver seção abaixo, sobre aterramento de RF).

Não se esqueça dos cabos internos, que atuam como antenas indesejáveis. Tenha cuidado na rota destes cabos, mantendo-os longe de ranhuras e fendas do chassis.

Aterramento de RF

A indutância é o grande vilão do aterramento de RF. Geralmente, os projetistas se preocupam com a resistência do aterramento, e esquecem da indutância. Os efeitos indutivos em geral prevalecem sobre os resistivos em quase toda a banda de frequência, tipicamente acima de 10 kHz. Como regra geral, um condutor de seção cir-

cular tem indutância própria de aproximadamente 10 nH/cm. Por exemplo, na faixa de 100 MHz, um condutor AWG 12 com 10 cm tem reatância indutiva de 50 Ω e resistência da ordem de poucos m Ω . Empregar tiras metálicas ao invés de fios é bastante eficiente para reduzir a indutância, mas a relação de aspecto é importante (recomenda-se uma relação de 3:1 entre comprimento e largura).

Onde você aterriza é tão importante quanto **como** aterriza. Ao lidar com aterramento de RF contra emissões, geralmente utiliza-se o terra de sinal para que o ruído volte para sua fonte, ao invés de ser encaminhado para o cabo e chassis. Portanto, se empregar filtros, estes também deverão ser aterrados no terra do sinal. Esta situação é diferente quando estamos preocupados com imunidade a RF, pois neste caso aterramos no terra do chassis. Quando nos preocupamos tanto com emissões quanto com imunidade, podem ser necessários dois filtros, um aterrado no terra do sinal (emissões) e outro no terra do chassis (imunidade).

Correntes de modo comum no terra do circuito podem contribuir para emissões. Neste caso, é interessante fazer uma conexão sólida entre o terra do circuito e o terra do chassis (assumindo chassis metálico), na área dos conectores de entrada e saída. Ou ainda melhor, aterre sua placa de alta velocidade em múltiplos pontos, através de conexões largas, grossas e curtas (baixa indutância).

Blindagem de RF

A maior parte dos sistemas de alta velocidade precisa de alguma blindagem para controlar emissões. Embora os valores exatos variem de sistema para sistema, alguns valores típicos para equipamentos atuais são os seguintes:

- equipamentos comerciais: 30 a 60 dB (atenuação de 30 a 1000 vezes)
- equipamentos militares: 60 a 90 dB (atenuação de 1000 a 30000 vezes)
- situações especiais: 90 a 120 dB (atenuação de 30000 a 1000000 vezes)

Geralmente, 120 dB é um limite máximo atingível para a maior parte

dos chassis. Muitas vezes, coberturas finas de metal garantem bons níveis de blindagem entre 10 kHz e 10 GHz. Folhas de alumínio provêm no mínimo 90 dB nesta faixa de frequência. Entretanto, estas coberturas finas não são efetivas contra campos magnéticos de baixa frequência, tais como aqueles gerados por um circuito de deflexão magnética. Neste caso, são necessários aço ou outros materiais ferrosos, com maior espessura. Geralmente, isto não é um problema acima de 20 kHz. Emissões de baixa frequência não são pontos de interesse para equipamentos comerciais, mas podem ser vantajosas para alguns equipamentos militares.

Ranhuras e fendas liquidam com a blindagem. Estas descontinuidades agem como antenas indesejáveis, e reirradiam energia de alta frequência. Por isso, deve-se manter cabos internos longe de tais fendas. Ademais, é a maior dimensão da fenda que importa, e não sua área. Deve-se manter estas fendas com dimensão abaixo de 1/20 do menor comprimento de onda de interesse, isto é, da maior frequência gerada (não esquecendo das harmônicas).

Cabos de entrada e saída que penetram no sistema, se não forem filtrados, também liquidam com a blindagem. Todos devem ser ou aterrados no chassis, ou filtrados com filtros de alta frequência. Obviamente, não é possível aterrar cabos de sinal ou energia, mas sim filtrá-los.

CONCLUSÃO

Este quarto artigo da série sobre EMC/EMI abordou problemas de emissões de RFI, suas causas e maneiras de contorná-los. Artigos subseqüentes desta série prosseguirão abrangendo tópicos relacionados como componentes, blindagem e aterramento. ■

Bibliografia

- Daryl Gerke e Bill Kimmel
EDN: The Designer's Guide to Electromagnetic Compatibility
 Kimmel Gerke Associates Ltd.

*Osmar Brune é projetista de produtos e sistemas da Altus Sistemas de Informática.

Analísadores por absorção de radiação infravermelha

Gilberto Branco*

A análise por absorção de radiação infravermelha permite determinar, de forma contínua, a concentração de um ou mais componentes em uma mistura. O princípio de detecção é específico, pois está baseado na propriedade que possuem os componentes de absorver, de forma seletiva, a energia de um feixe de radiação infravermelha, isto é, para um determinado tipo de substância pura, somente certas faixas do espectro (frequências) de radiação são absorvidas.

A técnica de análise por absorção de radiação infravermelha é fruto de uma série de pesquisas e descobertas, tendo como ponto de partida a decomposição da luz no seu espectro visível em 1666 por Isaac Newton. Em 1930 ela foi utilizada para análise em laboratório e, a partir da Segunda Guerra Mundial, os analisadores por absorção de radiação infravermelha começaram a ser aplicados em processos industriais.

ESPECTRO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Analisadores por absorção de radiação infravermelha são instrumentos que utilizam a região infravermelha (IV) do espectro de radiação eletromagnética, (figura 1). Essa região está compreendida entre os comprimentos de onda de 0,8 a 1000 μm (800 a 1.000.000 nm), conforme é aceito pelo Sistema Internacional (SI).

A região entre 2.000 e 15.000 nm é a parte do espectro mais usada para aplicações em processos industriais. Todavia, a região do IV próximo está sendo mais freqüentemente empregada na análise de água em fluxos líquidos.

RELAÇÃO ENTRE ESCALAS DE COMPRIMENTO DE ONDA

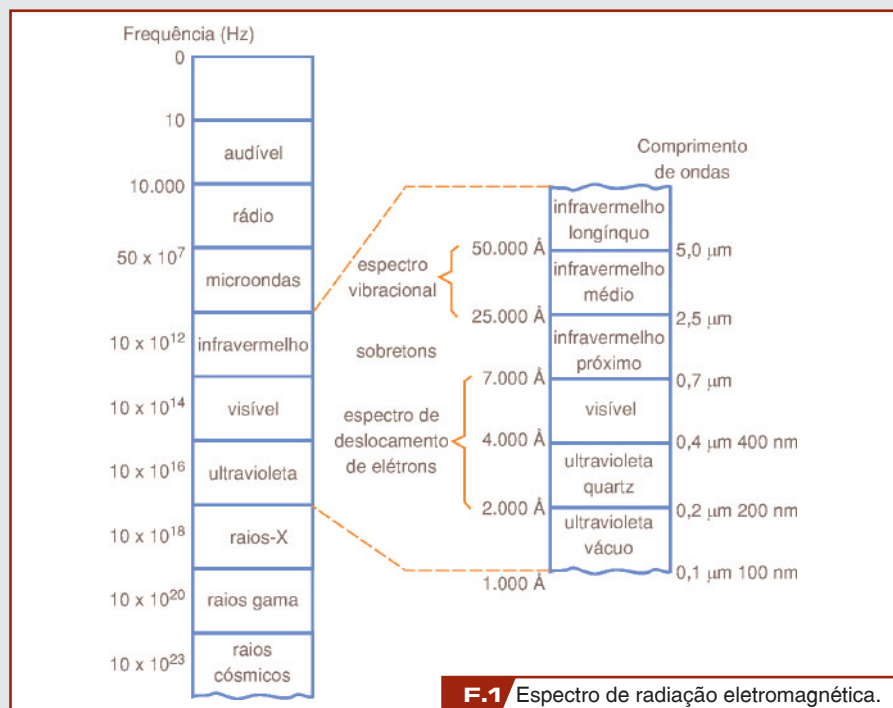
Os valores para expressão de comprimento de onda podem ser representados de diversas formas. Na tabela 1 encontramos as formas mais comuns de expressão desses valores, bem como, a relação entre eles.

ESTRUTURA MOLECULAR

A estrutura molecular determina o único comprimento de onda no qual o componente absorve energia, uma vez que o ponto eletromagnético (também chamado de momento dipolar) e a energia vinculada a esse ponto são afetados.

Os espectros de absorção exibidos pelos compostos químicos são únicos para cada composto. A absorção na região de IV acontece devido à energia de radiação ser absorvida e convertida em energia cinética pelas várias mudanças no momento dipolar do composto. A região entre 2.000 e 15.000 nm emite vibrações e quando a energia de uma dada frequência passa através de um composto no qual a molécula tem a mesma frequência de vibração, ela é absorvida pela molécula aumentando a sua vibração natural. Assim, a energia da radiação é absorvida e convertida em energia cinética.

Uma vez que muitos componentes têm estrutura molecular semelhante (famílias de componentes), alguns apresentam espectro de absorção



F.1 Espectro de radiação eletromagnética.

T.1 Relação entre escalas de comprimento de onda.

Nome	Símbolo	Valor em metros	Valor em Angstrom
Angstrom	Å	10^{-10}	1
Nanômetro	nm	10^{-9}	10
Micrômetro	µm	10^{-6}	10.000
Milímetro	mm	10^{-3}	10.000.000
Metro	mm	1	10^{10}

semelhante, porém cada composto terá um único espectro de absorção. Nos analisadores de processo, é necessário encontrar a parte do espectro na qual somente o componente de interesse apresenta absorção na faixa do IV. A sobreposição de outros compostos pode, algumas vezes, ser tolerada e equilibrada pela compensação ou filtragem.

VIBRAÇÕES MOLECULARES

As moléculas dos gases podem ser representadas por meio de um modelo mecânico, de modo a simplificar o estudo das suas vibrações. O caso mais simples de vibração molecular é aquele em que interagem somente dois átomos.

A frequência da vibração da molécula depende da massa dos átomos que a compõe, assim como da magnitude da força de ligação química. Quanto maiores as massas e menor a força, menor a frequência de oscilação. Para uma molécula diatômica só é possível o tipo de vibração na direção da linha que une os dois átomos. Entretanto, para moléculas com maior número de átomos, são possíveis outros tipos de vibrações simultâneas. A **figura 2** representa o modelo vibracional mecânico da molécula do dióxido de carbono (CO_2).

No padrão de vibração (A), a molécula de carbono fica imóvel com relação ao centro de gravidade da molécula. No tipo (B), todos os átomos oscilam ao longo da linha de união dos átomos. No tipo (C), a vibração é realizada numa linha perpendicular à de união dos átomos. À medida que aumenta o número de átomos da molécula, aumenta a complexidade vibracional da mesma. Além dessas vibrações, em geral as moléculas apresentam mais dois tipos de movimentos: translacional e rotacional. Todavia, conforme será visto adiante,

somente o movimento vibracional está relacionado com a absorção (e emissão) de radiação infravermelha na faixa de 1.500 nm até 15.000 nm.

ABSORÇÃO DE RADIAÇÃO INFRAVERMELHA PELOS GASES

As moléculas de qualquer substância com temperatura acima do zero absoluto estão em contínuo movimento de translação, rotação e vibração. A energia interna da substância é exatamente a somatória dessas energias cinéticas, enquanto o nível médio energético de cada molécula está relacionado com a temperatura da substância.

Quando o movimento vibracional da molécula é tal que os centros de cargas positiva e negativa dos átomos apresentam uma discordância durante o movimento oscilatório, isto é, quando é formado um momento dipolar, a molécula emite radiação eletromagnética na faixa do infravermelho.

O modo vibracional (A) da molécula de CO_2 (**figura 2**), por exemplo, não emite radiação, pois o movimento dos átomos não cria nenhum momento dipolar. Os movimentos (B) e (C) da mesma figura emitem radiação infravermelha. As moléculas de gases homoeatômicos (O_2 , H_2 , N_2 , etc.) também não emitem radiação na faixa infravermelha devido à simetria que

impede a criação do momento dipolar enquanto vibram. As moléculas heteroeatômicas (CO_2 , H_2O , CH_4 , etc.) emitem radiação infravermelha, pois a falta de simetria lhes garante a geração do momento dipolar.

O fenômeno de emissão de radiação infravermelha pelas moléculas é perfeitamente reversível, isto é, se uma substância a baixa temperatura, for atravessada por um feixe de radiação eletromagnética que contenha o espectro infravermelho, ela absorverá desse feixe a parte correspondente à frequência natural de oscilação de suas moléculas. Esse fenômeno é chamado ressonância. Como cada molécula possui um padrão único de absorção de radiação infravermelha, essa propriedade funcionará como uma verdadeira “impressão digital”, servindo para identificar a substância de forma qualitativa e quantitativa.

A redução da energia de um feixe de radiação eletromagnética devido à absorção de radiação infravermelha obedece à lei de Lambert-Beer:

$$I = I_0 e^{-abc}$$

onde:

I = intensidade do feixe após atravessar a substância;

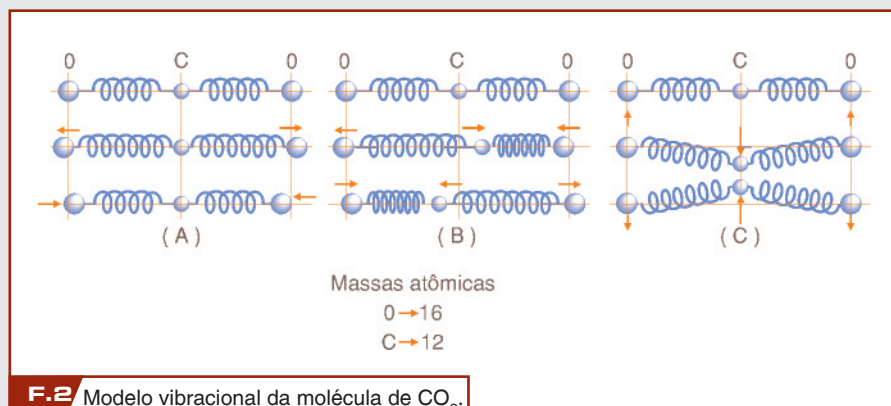
I_0 = intensidade do feixe no mesmo ponto, porém sem a substância absorvente;

a = fator de absorção que depende da substância absorvente do comprimento de onda da radiação;

b = distância percorrida pela radiação na substância;

c = concentração da substância.

A **figura 3** mostra um dispositivo que permite visualizar essa lei.



PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O gás a ser analisado preenche a câmara de análise “C” e absorve parte da energia emitida pela fonte de infravermelho “F”. O feixe de radiação emergente da câmara incide em um detector de radiação que gera um sinal elétrico proporcional a intensidade do feixe de radiação incidente. Pela lei de Lambert-Beer pode ser verificado que o sinal do detector é proporcional a “I”, variando somente com relação a “C”, que é a concentração da substância em análise. As grandezas “ I_0 ”, “a” e “b” são constantes, pois dependem das características físicas do analisador e da substância a ser analisada.

Se a fonte “F” emitisse e o detector “D” detectasse radiação infravermelha em uma faixa ampla do espectro (por exemplo = 1.500 a 15.000 nm), a análise não seria específica para nenhuma substância, isto é, não haveria nenhuma seletividade no processo de absorção. Na **figura 4** está a representação esquemática de detector de umidade por infravermelho. A **figura 5** ilustra o espectro de absorção de infravermelho do CO_2 .

ELEMENTOS DO ANALISADOR

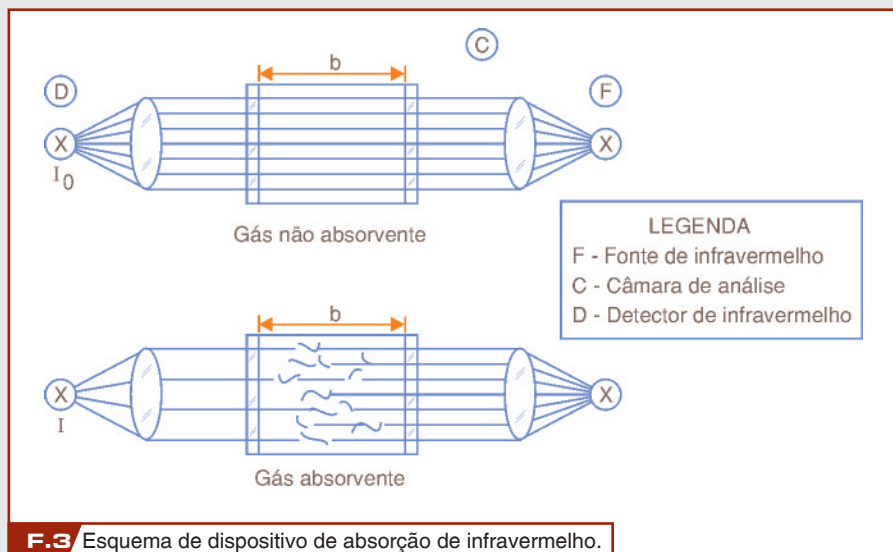
Os principais componentes do analisador de infravermelho são:

- Fonte de infravermelho;
- Câmara de análise;
- Filtros ópticos;
- Detectores de infravermelho;
- Moduladores, balanceadores, (*chopper*).

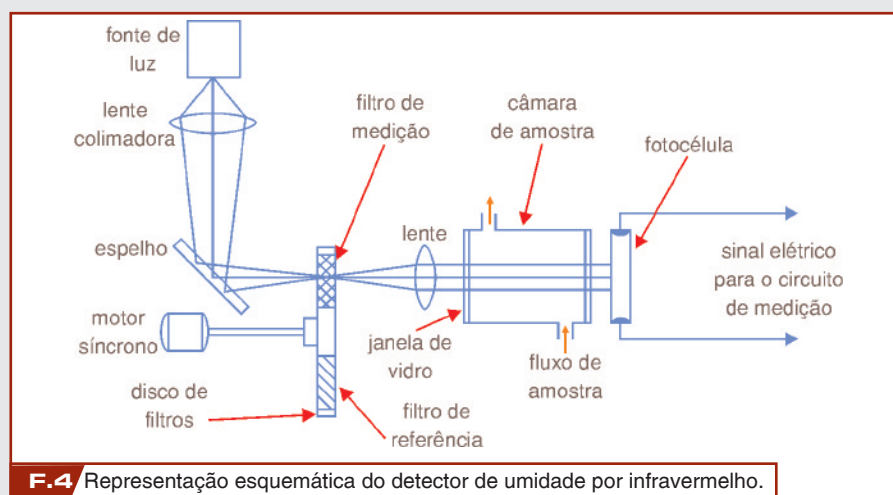
Fonte de infravermelho

A fonte de infravermelho é a responsável pela emissão de radiação na faixa espectral necessária para análise de um determinado componente. Os tipos mais usados de filamentos são os de nichrome, tungstênio e platina, aquecidos na faixa de 500 a 2000°C, dependendo do material de que são constituídos.

A radiação emitida pelo filamento segue a lei de Planck para um corpo negro, porém, como o filamento é um corpo real, há necessidade de se corrigir o fator de emissividade.



F.3 Esquema de dispositivo de absorção de infravermelho.



F.4 Representação esquemática do detector de umidade por infravermelho.

Câmara de análise

A câmara de análise é responsável pelo posicionamento do componente em análise entre a fonte e o detector. É composta por um corpo cilíndrico espolado internamente, com duas conexões para circulação da amostra e as extremidades são seladas com janelas transparentes ao IV e devem ser resistentes mecânica e quimicamente.

Filtros ópticos

Os filtros ópticos são dispositivos que deixam passar apenas parte da radiação incidente sobre eles. A parte passante de espectro permite classificá-los em filtros: passa-alta, passa-baixa, passa-banda. Construtivamente, os filtros mais comuns utilizados nos analisadores IV são:

- Filtros gasosos;
- Filtros sólidos.

O tipo mais comum é o filtro de interferência. Trata-se de um filtro passa-banda bastante seletivo. É constituído de uma lâmina de material transparente de baixo índice de refração (fluoreto de magnésio; $n = 1,38$), com as superfícies prateadas ou aluminizadas de forma a serem semitransparentes.

A radiação infravermelha incidente emerge na face oposta, acompanhada da parcela refletida, de forma sucessiva, entre as superfícies espoladas. Se o comprimento de onda (λ) da radiação for um múltiplo da distância (D) existente entre as superfícies semi-refletoras, a atenuação será mínima, caso contrário, haverá interferência destrutiva entre a radiação passante e a refletida, atenuando-se o feixe emergente. A **figura 6** mostra a interação de um feixe de radiação infravermelha com um filtro de interferência.

Detetores de infravermelho

São transdutores que convertem a radiação infravermelha incidente sobre eles em um sinal elétrico proporcional. Os detetores de IV podem ser classificados em dois grupos:

- detetores fotoelétricos;
- detetores térmicos.

Detetores fotoelétricos

- **Fotocondutivo** - que varia sua resistência elétrica em função da interação da radiação incidente com as suas partículas eletricamente carregadas;

- **Fotovoltaico** - no qual é gerada uma voltagem, em função da radiação incidente.

Detetores térmicos

Os detetores térmicos convertem a energia do feixe de radiação incidente em um aumento de temperatura que é, por sua vez, convertida em um sinal elétrico. Os detetores mais utilizados nos analisadores IV são:

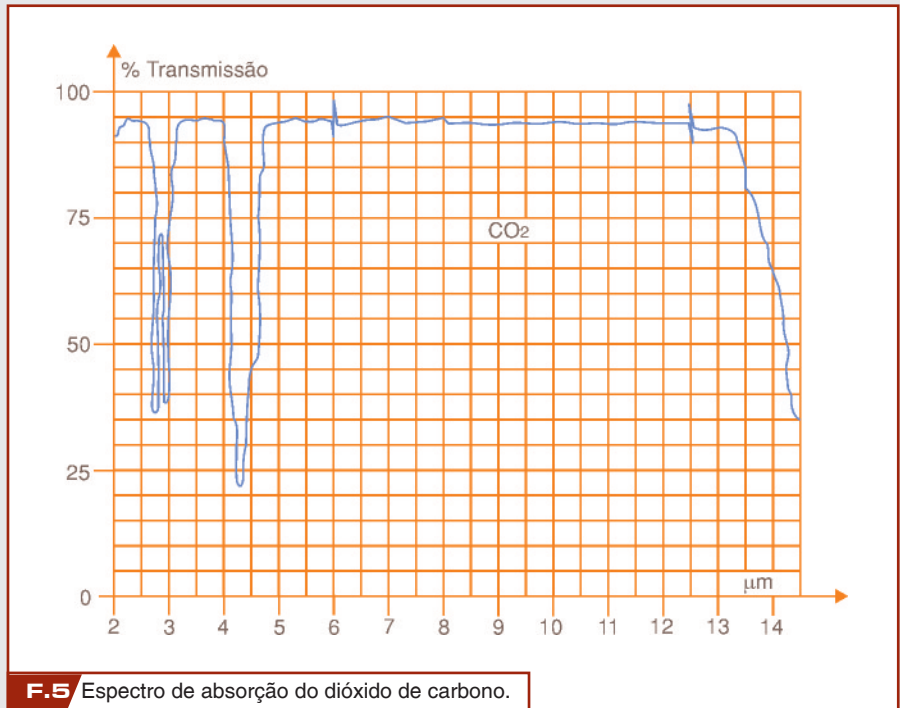
- Termopilha;
- Bolômetro;
- Piroelétrico.

O detector de termopilha constitui-se de dois pequenos alvos enegrecidos (bom absorvedor de radiação), nos quais está posicionada uma série de termopares de forma que uma das junções (quente) fica no feixe de referência e a outra (fria) fica no feixe de medição. O sinal de saída será a microvoltagem gerada pela diferença de temperatura nas duas junções, e representa a concentração do gás em análise. A **figura 7** exhibe, esquematicamente, esse tipo de detector.

Moduladores, "chopper"

Os moduladores são responsáveis pela obtenção de um sinal pulsante no detector. Eles são acionados por um motor síncrono, que faz com que os dois feixes de radiação sejam comutados de forma sincronizada a fim de garantir o balanceamento dos feixes que incidirão no detector.

O "chopper" é uma espécie de modulador, porém serve de suporte para os filtros ópticos sendo colocado diretamente na frente do feixe da fonte



F.5 Espectro de absorção do dióxido de carbono.

de radiação. O *chopper* aciona um disco de filtros balanceados que pode ter quatro ou oito filtros, dependendo da aplicação.

APLICAÇÕES

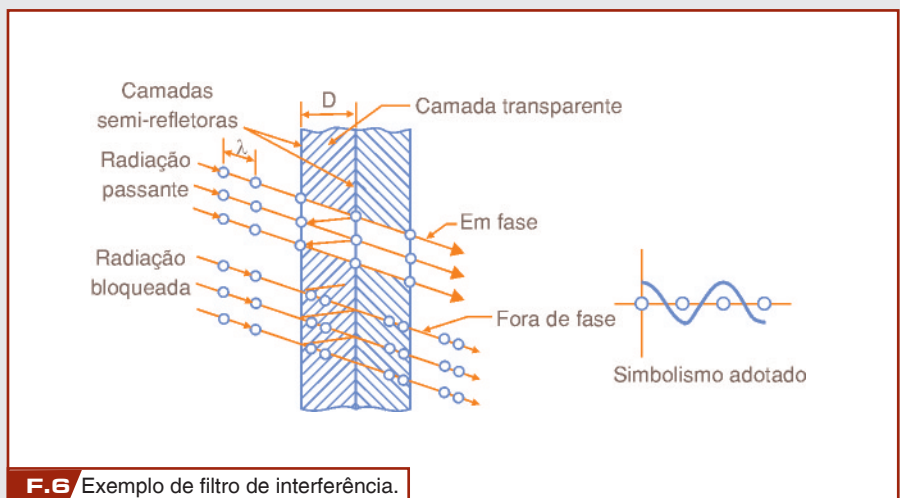
Análise de gás "On line" em plantas de produção de Amônia

Atualmente, a tecnologia proporciona a possibilidade de execução de análise em linha nas plantas de produção de amônia. A Amônia é um componente importante para muitos processos químicos encontrados em refinarias de petróleo, plantas de ácido nítrico, e plantas de fertilizantes químicos.

Em uma planta típica de Amônia, um fluxo de hidrocarboneto leve, tal como Metano (CH_4), é primeiramente de-hidrogenado cataliticamente para produzir Hidrogênio. A Amônia é, então, formada quando o Hidrogênio (H_2) se combina com o Nitrogênio (N_2) em uma relação de 3:1 sobre um catalisador a alta temperatura.

Determinação do Monóxido de Carbono (CO) e Dióxido de Carbono (CO_2) em gás de síntese

No processo de reconversão do coque ou gás natural para Hidrogênio, os Óxidos de Carbono (CO e CO_2) são traços de produto oriundos de diversas reações. Mesmo em baixas



F.6 Exemplo de filtro de interferência.

concentrações, ambos atuam como um contaminante para o catalisador de síntese de Amônia.

Quando o gás de síntese contém CO, ocorre uma lenta e permanente deterioração do catalisador. A presença de CO₂ no gás de síntese também resulta na formação de Carbonato de Amônia, um pó branco e fino, que causa incrustação nos equipamentos analíticos. Lembramos ainda que o catalisador é extremamente caro.

Assim, para prevenir a contaminação do catalisador, a medição de CO e CO₂ em linha é imperativa. O CO₂ é removido pela absorção de mono-etanol-mina (MEA). O CO é removido de várias formas, entre elas, lavagem em nitrogênio líquido ou pela metanização do catalisador.

Analizador

O analisador por absorção de radiação infravermelha é o método mais recomendável para a monitoração da concentração de CO e do CO₂ nas malhas de síntese. Normalmente, nesses processos, o sinal de saída do analisador é interligado a um registrador com contatos de alarme para alertar contra níveis anormais de concentração.

Um analisador de canal simples pode ser utilizado para a análise da somatória das concentrações de CO + CO₂. Porém, devemos utilizar um analisador de duplo canal caso seja necessária a apresentação de resultados individuais de CO e CO₂.

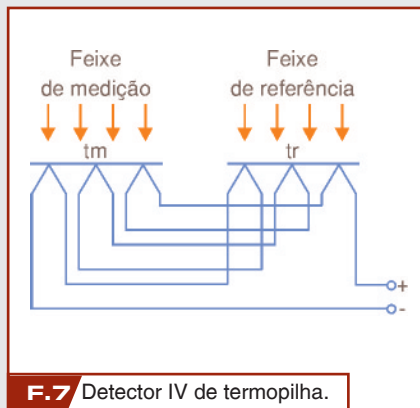
Tipicamente, os ranges são:

- Dupla sensibilidade: 0 a 50 ppm CO + CO₂;
- Análise individual com câmaras de análise separadas: 0 a 50 ppm CO e 0 a 10 ppm CO₂.

DICAS PRÁTICAS

Sistema de Amostragem

O sistema de amostragem deve ter todos os componentes em contato com a amostra em aço inox, incluindo a estação de redução de pressão antes do analisador e o regulador de pressão reversa instalado após a célula de análise para manter a pres-



F.7 Detector IV de termopilha.

são de câmara de análise em um nível constante.

Cuidados com o sistema / analisador

Uma vez que o analisador por infravermelho mede a concentração de CO e CO₂ presentes em uma base quente e com umidade, há a tendência de ocorrer condensação nas paredes internas da tubulação de amostragem.

Assim sendo, a temperatura do gás de amostra deve ser mantida alta. Toda a tubulação de amostragem deve ser mantida a uma temperatura máxima de cerca de 60 °C.

O requisito mínimo para manter a amostra limpa é a utilização de um filtro fino o bastante, e aquecido na sonda da chaminé (ponto de coleta de amostra no processo). Normalmente, esses filtros são de material sinterizado e necessitam de troca periódica.

Uma vez que o filtro é trocado periodicamente, a questão passa a ser que tipos de cuidados devem ser tomados com relação a linha de amostragem e a sonda? Recomenda-se, eventualmente, a limpeza da linha e da sonda a cada troca do filtro, uma vez que a contaminação do sistema (através da agregação de substâncias) pode se tornar permanente ao longo do tempo e, com isso, contaminar a amostra apresentando altos valores de leitura.

Usualmente esse tipo de analisador é equipado com um filtro permanente interno de aço inox de 2µ, que pode ser limpo através de uma purga reversa aplicada ao analisador utilizando-se para isso ar comprimido limpo e seco ou nitrogênio.

Qualquer alteração na pressão de

amostra (ou outras pressões) altera imediatamente o volume de amostra dentro da câmara de amostragem. O resultado disso é uma medição falsa, o que é indesejável. Caso o sistema demonstre apresentar melhores resultados quando alteramos a pressão, significa que algo está errado com ele, com a amostra ou com o analisador, o que requer uma correção imediata.

Podemos concluir que para obtermos os melhores e mais confiáveis resultados, precisamos garantir:

- A utilização de gases de alta qualidade e pureza (gás de zero e gás de span);

- A efetiva limpeza do sistema de amostragem, para evitar que haja condensação e depósitos de materiais ao longo das linhas e dos componentes em contato com a amostra (tubos, válvulas, filtros e diafragmas);

- Que quando formos fazer qualquer intervenção no analisador, primeiro providenciaremos uma limpeza reversa nos componentes do sistema (*Backpurge*) durante algum tempo. E após a limpeza, deixaremos que o equipamento trabalhe com gás inerte (tipicamente gás de zero) durante aproximadamente 1 hora. Esse procedimento irá ajudar na remoção de contaminantes, que tenham sido trazidos para dentro do analisador durante a fase de operação;

- A manutenção adequada dos componentes do sistema de amostragem, bem como, do próprio analisador. É bastante recomendável que o usuário providencie;

- Uma manutenção completa do sistema pelo menos uma vez por ano, para garantir assim a sua funcionalidade;

- A utilização de componentes originais para as partes a serem substituídas, garantindo assim que não serão feitas adaptações, o que pode levar à ocorrência de falhas nas análises. ■

Bibliografia

- *Engineering and Science*, Caltech, No.2, pp. 15-16, Winter 1991.
- **ADS 9999-01** July 1996 - Emerson Process
- B. L. Costa Neto e C.H. Brossi, **Analísadores Industriais** - Senai - Santos

*Gilberto Branco é Engenheiro de Aplicação da Contech Engenharia.