Ano 48 • Nº 463 • Jul-Ago 2012
Europa € 3,90
Brasil R$14,90

www.sabereletronica.com.br

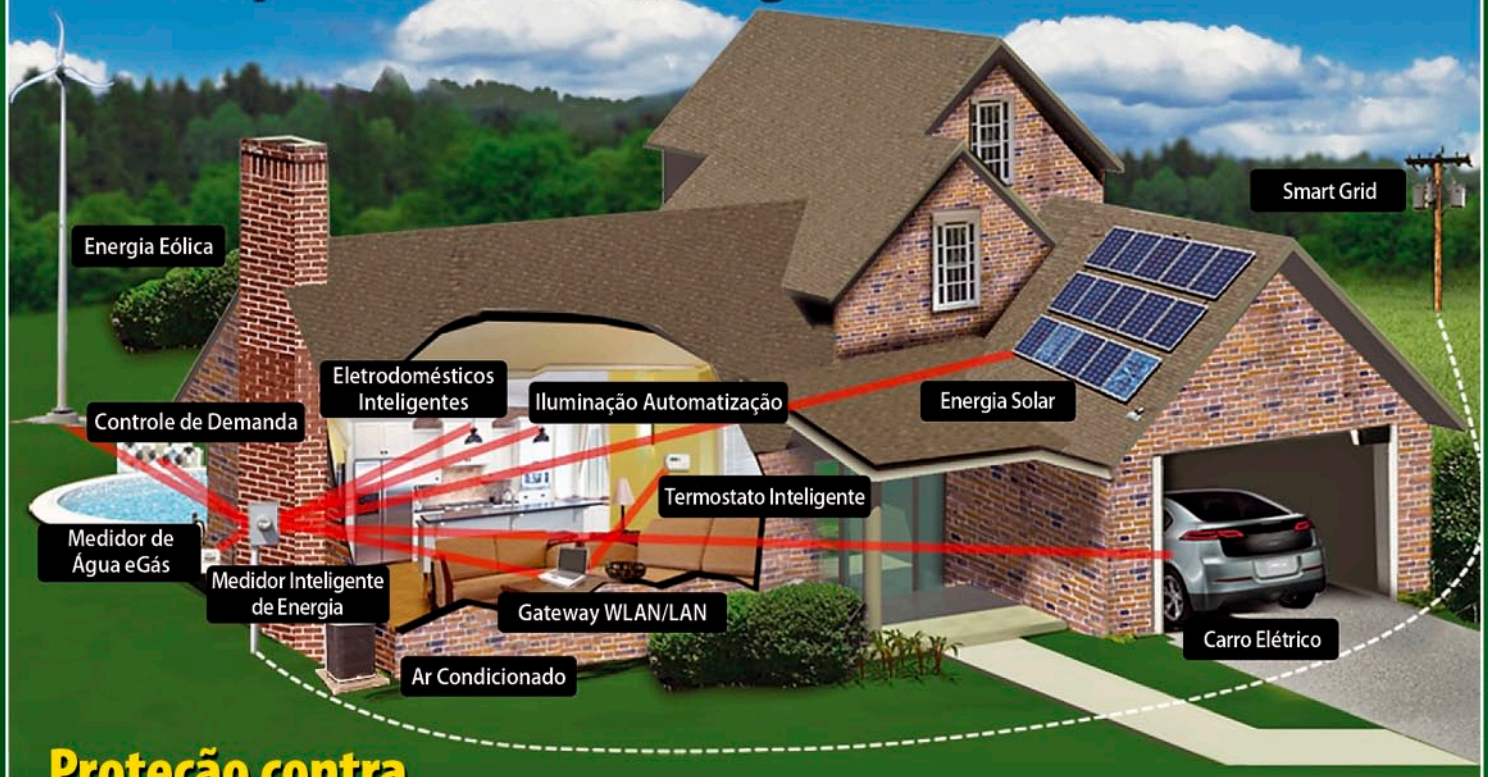
SABER ELETRÔNICA

http://twitter.com/editora_saber

Industrial

Smart Grids

Solução da Texas para Transmissão de Dados pela Rede de Energia (PLC)



Proteção contra Surtos Transitórios Elétricos

ISSN 0101-6717

Condutores
Cabos Ópticos Autossustentáveis e o Efeito Corona

Sensores Industriais
O que é uma Rede de Sensores sem Fio? Conheça uma Solução da NI

Harmônicas
Influência, Efeitos e Métodos para eliminá-las

Monitoramento remoto fácil para ambientes desafiadores,

com o NI Wireless Sensor Networks









A plataforma NI Wireless Sensor Networks (WSN) simplifica as aplicações de monitoramento remoto e oferece uma solução de monitoramento completa e personalizável. O NI WSN reduz os custos de instalação e manutenção, além de ser uma solução flexível e confiável que tem por característica a operação em ambientes industriais e nós de medição alimentados por bateria. Usando o ambiente de desenvolvimento gráfico NI LabVIEW, você pode visualizar e analisar os dados, acessá-los via web e programar os nós para processamento local.

PLATAFORMA DE PRODUTOS

Gateway programável
Gateway com comunicação Ethernet
Nós para medição de sinais analógicos
Nós para medição com termopar
Nós para medição de tensão/RTD
Módulo LabVIEW WSN
Chassis para encapsulamento dos nós

>> Aprenda mais sobre as tecnologias do WSN em **ni.com/wirelessdevices** **(11) 3149-3149**

National Instruments Portugal, Unipessoal Lda • Sociedade por Quotas • Sede: Taguspark - Parque de Ciência e Tecnologia n Núcleo Central, 483, 2740-122 Oeiras Portugal • Conservatória do Registo Comercial de Cascais • Nº de Matrícula (NIPC/NIF): 504597892 • Capital social: 5.000,00 Euros

©2012 National Instruments. Todos os direitos reservados. LabVIEW, National Instruments, NI, e ni.com são marcas registradas da National Instruments. Os outros nomes de produtos e das empresas mencionadas são marcas registradas e nomes comerciais das respectivas empresas. 02964

NATIONAL INSTRUMENTS

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

ELETRÔNICA
www.sabereletronica.com.br
twitter.com/editora_saber

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Conselho Editorial
João Antonio Zuffo

Redação
Augusto Heiss

Revisão Técnica
Eutíquio Lopez

Designers
Carlos C. Tartaglioni,
Diego M. Gomes

Publicidade
Caroline Ferreira,
Nikole Barros

Colaboradores
Alexandre Capelli,
Andresa Deoclídea Soares Côrtes,
César Cassiolato,
Eutíquio Lopez,
Hamilton Kosaka Ignácio,
Hélio Fittipaldi,
Newton C. Braga,
Naur Arjonas,
Ricardo Pantoja.

PARA ANUNCIAR: (11) 2095-5339
publicidade@editorasaber.com.br

Capa
Texas - Divulgação

Impressão
Parma Gráfica e Editora

Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Logista Portugal tel.: 121-9267 800

ASSINATURAS

www.sabereletronica.com.br
fone: (11) 2095-5335 / fax: (11) 2098-3366
atendimento das 8:30 às 17:30h

Edições anteriores (mediante disponibilidade de estoque), solicite pelo site ou pelo tel. 2095-5330, ao preço da última edição em banca.

Saber Eletrônica é uma publicação bimestral da Editora Saber Ltda, ISSN 0101-6717. Redação, administração, publicidade e correspondência: Rua Jacinto José de Araújo, 315, Tatuapé, CEP 03087-020, São Paulo, SP, tel./fax (11) 2095-5333.

Associada da:

anatec
www.anatec.org.br
Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas

Editorial


Hélio Fittipaldi

Nesta edição destacamos a solução da Texas Instruments para transmissão de dados pela rede de energia (PLC). Com o avanço da tecnologia e o crescimento da população mundial, notamos que em muitos países há falta crescente de vários insumos, entre eles, a energia elétrica.

A indústria, preocupada e sentindo essa oportunidade, está, nos últimos anos, disponibilizando novos produtos que são mais econômicos no consumo de energia, possibilitando assim novas aplicações que aumentam a demanda energética.

As oportunidades de geração e distribuição de energia estão crescendo, e o nosso papel é mostrar aos leitores como se dá isso e onde cada um pode atuar dentro das suas características para tirar o melhor proveito.

Há um ano publicamos o projeto do veículo elétrico, o E-Kart, abrindo pela primeira vez no mundo, através de uma revista técnica, todo o projeto incluindo o código-fonte do módulo de comando. Conseguimos até hoje que 573.000 *downloads* fossem feitos pelos profissionais da área (do Brasil e de diversas partes do mundo). Isto mostra o grande interesse pelo assunto, e, quando o público começar a comprar esses veículos, mais energia elétrica será necessário gerar. O Brasil precisará gerar energia provinda de diversas fontes, seja eólica, biocombustível etc... Veja quantas oportunidades para você que nos lê!

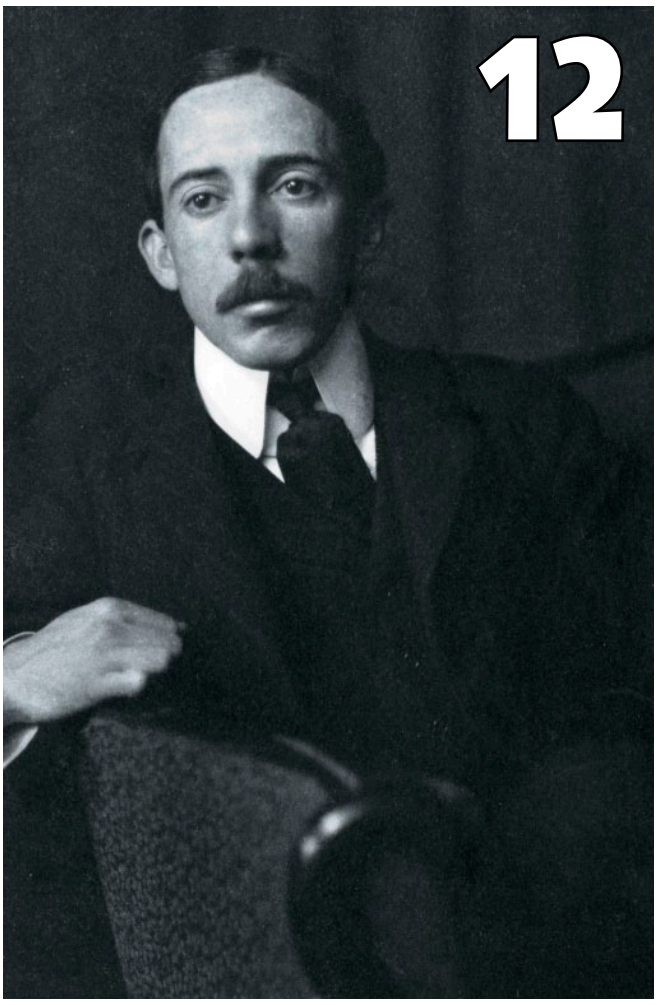
A internet das "coisas", e aí entra também o Smart Grid, aumentará as oportunidades e inclusive o consumo de novos produtos, com novas tecnologias. Esperamos continuar abordando estes novos caminhos para atender você da melhor forma possível e desvendando material técnico que nem na web se consegue encontrar, como foi o caso do veículo elétrico. Continue a nos prestigiar e a fazer da Saber Eletrônica um dos melhores veículos técnicos impressos do mundo.

Submissões de Artigos
Artigos de nossos leitores, parceiros e especialistas do setor serão bem-vindos em nossa revista. Vamos analisar cada apresentação e determinar a sua aptidão para a publicação na Revista Saber Eletrônica. Iremos trabalhar com afinco em cada etapa do processo de submissão para assegurar um fluxo de trabalho flexível e a melhor apresentação dos artigos aceitos em versão impressa e online.

Atendimento ao Leitor: atendimento@sabereletronica.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, bem como a industrialização e/ou comercialização dos aparelhos ou ideias oriundas dos textos mencionados, sob pena de sanções legais. As consultas técnicas referentes aos artigos da Revista deverão ser feitas exclusivamente por cartas, ou e-mail (A/C do Departamento Técnico). São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista, mas não assumimos a responsabilidade legal por eventuais erros, principalmente nas montagens, pois tratam-se de projetos experimentais. Tampouco assumimos a responsabilidade por danos resultantes de imperícia do montador. 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.

índice



Reportagem

12 Instituto de Estudos Avançados completa 30 anos

Tecnologias

18 Grupo purifica silício para fabricação de células solares

Energia

20 Proteção Contra Surtos Transitórios Elétricos

26 Influência das Harmônicas na Alimentação de Dispositivos Eletrônicos – Parte 2

Telecomunicações

30 Soluções Texas Instruments para Transmissão de Dados pela Rede de Energia (PLC)

Conectividade

33 O que é uma Rede de Sensores sem Fio?

Industrial

36 Redes Industriais – Parte 3

Desenvolvimento

44 Uso do DSP como Sistema de Controle Digital

Componentes

48 Cabos Ópticos Autossustentáveis e o Efeito Corona

52 IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor

60 Conversores de Dados – Parte I





03 **Editorial**

06 **Acontece**

06 Processadores SitaraTM ARM agora com suporte ao Android 4.0

07 Nova fábrica da Altus responsável por produzir painéis de automação e de potência

08 O primeiro supercomputador comercial resfriado com água quente, da IBM

09 Novo Conector "Mini Edge Card" para alta velocidade

10 Nova Interface Homem-Máquina

10 Nova série de Capacitores Cilíndricos Trifásicos para Eletrônica de Potência

Índice de anunciantes

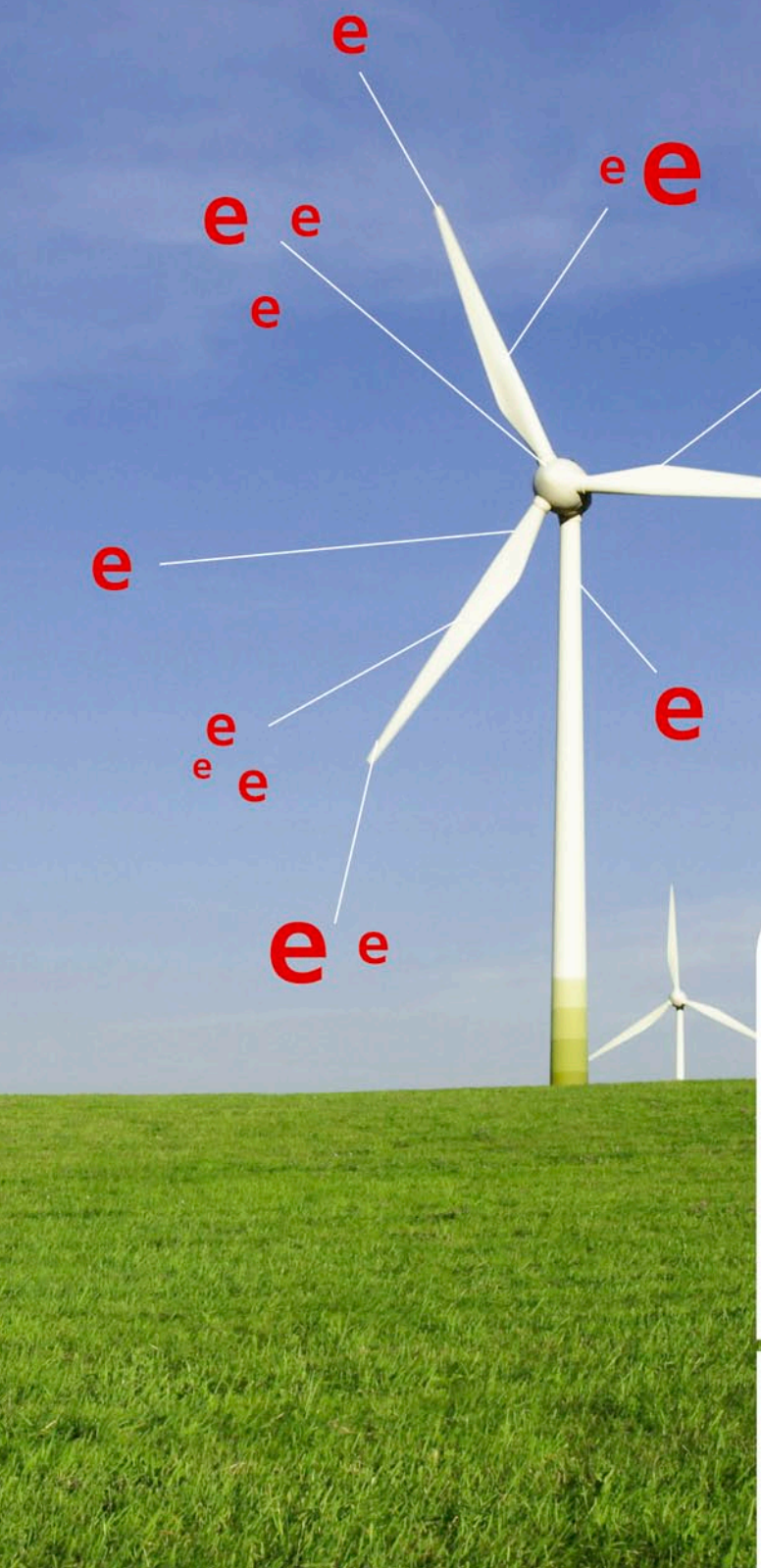
Feira Electronica 2012 05
Metaltex 09
Feira Power Electronics 11
Cika 17
Keystone 25
Tato 29
Patola 29
Globtek 35
Blucolor 43
Novasaber 51
Novasaber 59
National ..... 2ª capa
Novasaber ..... 3ª capa
Texas ..... 4ª capa

Tickets e www.electronica.de/en/2012

Messe München
International

o futuro precisa de movimento.
ele é gerado aqui.

smart energy solutions.



electronica 2012

inside tomorrow

25ª Feira Internacional para Componentes
Eletrônicos, Sistemas e Aplicativos
Messe München
13 a 16 de Novembro de 2012
www.electronica.de

Seu contato no Brasil:
NürnbergMesse Brasil Ltda.
Tel. +55 11 3205 5025
andrezza.perri@mmi-brasil.com

Processadores Sitara™ ARM® agora com suporte ao Android 4.0 "Ice Cream Sandwich"

Novo kit de desenvolvimento de software traz o Android 4.0 aos processadores Sitara AM335x e AM37x ARM Cortex-A8, atendendo a mercados que requerem SoCs de baixo custo e baixa potência



Processador Sitara AM335x, da Texas Instruments.

A Texas Instruments Incorporated anunciou a disponibilidade de um novo *kit* para desenvolvedores de software (SDK) que traz o Android 4.0 ("Ice Cream Sandwich") aos processadores Sitara™ AM335x e AM37x ARM®-Cortex™-A8. Esta oferta completa de software permite aos inovadores avaliarem na sua totalidade o Android 4.0 em aplicações integradas em execução nos processadores Sitara. Para mais informações ou para baixar o SDK gratuito.

Pela primeira, os desenvolvedores do Sitara ARM podem tirar proveito do Android 4.0 para aplicações de baixo custo e baixa potência, incluindo aparelhos eletrônicos como relógios, visores, *displays* para eletrodomésticos e automação, educação e tablets corporativos, terminais de ponto de venda, dispositivos de navegação portáteis e aplicações de controle industrial.

"O suporte ao Android 4.0 na nossa plataforma Sitara demonstra o compromisso da Texas Instruments com o avanço das oportunidades para a comunidade do código aberto", diz Adrian Valenzuela, diretor de marketing dos processadores Sitara ARM, da Texas Instruments. "Trazer o Android 4.0 à plataforma Sitara permite aos desenvolvedores usarem os recursos impressionantes que a sua nova versão entrega a aplicações integradas, como vídeo inovador, imagem e efeitos gráficos, interfaces de uso robustas e muito mais."

Avalie com facilidade e rapidez as aplicações baseadas em Android

Completo com conectividade pré-integrada e capacidades de gráficos 3D, o SDK oferece uma base de software estável que pode ser utilizada em uma ampla gama de produtos de processadores Sitara. Para ajudar os desenvolvedores a integrarem e avaliarem rápida e facilmente aplicações baseadas em Android, o SDK tem funcionalidade totalmente testada usando o teste de compatibilidade com Android no módulo de avaliação AM335x e nas plataformas Beagleboard-xM, BeagleBone, AM37x EVM e Flash Board. O SDK inclui:

- Kernel Linux;
- *Boot loaders* (uboot/x-loader);
- Sistema operacional (OS) Android 4.0.3 "Ice Cream Sandwich";
- Gráficos 3D usando o *driver* e as bibliotecas POWERVR™ SGX OpenGL® da Imagination Technologies;
- Drivers de conectividade combinados WiLink™ 6.0 da Texas Instruments para as tecnologias Wi-Fi (802.11 b/g/n) e Bluetooth® v2.1;
- RowboPERF, uma medida de desempenho e aplicação de *benchmarking;*
- Ferramentas de servidor para depuração no Android com o ambiente de desenvolvimento integrado Code Composer Studio™;
- Notas de aplicação, guias e resultados de testes para ajudar os desenvolvedores com seus projetos.

Suporte adicional de software

Os processadores Sitara ARM oferecem suporte de software para os sistemas operacionais mais utilizados para permitir programação similar à dos microcontroladores, incluindo as seguintes soluções:

- Suporte para os sistemas operacionais Linux, Android e Windows Embedded Compact 7
- Soluções de segurança compatíveis e sistemas operacionais em tempo real disponíveis a partir de terceiros, permitindo maior customização de produtos e desenvolvimento simplificado
- O software StarterWare permite aos desenvolvedores programarem estes microprocessadores como um microcontrolador, sem a necessidade de um sistema operacional
- O kit para desenvolvedores de software EZ, da Texas Instruments, permite a geração de um *demo* em minutos e o desenvolvimento em menos de uma hora.



Altus inaugura fábrica responsável por produzir painéis de automação e painéis de potência

Unidade localizada em Sapucaia do Sul / RS tem a capacidade de produção de 3 mil colunas de painéis elétricos por ano

Na manhã de 16 de julho, o Governador do Estado do Rio Grande do Sul, Tarso Genro, inaugurou a Fábrica de Painéis da Altus, na cidade de Sapucaia do Sul. Já em atividade, a unidade é voltada para a produção de painéis de automação e painéis de potência para atender o setor de automação industrial e controle de processos. Além disso, a fábrica é responsável pela produção dos painéis para automação das plataformas de petróleo P-58 e P-62, bem como das oito primeiras plataformas para produção em larga escala do Pré-sal, contrato conquistado pela Altus com a Petrobras em 2011.

Cerca de R$ 2 milhões foram investidos na estrutura, que conta com uma grande área de fabricação e salas especiais para realização de Testes de Aceitação em Fábrica (TAF). A filial dispõe de 3.500 m² de um ambiente moderno, que permite o desenvolvimento de projetos com tecnologia de ponta.

De acordo com o presidente da Altus, **Luiz Gerbase**, passou o tempo em que uma indústria podia competir baseada em comandos manuais. "Hoje é necessário colocar nossa inteligência dentro da máquina, e a máquina dentro da indústria. Os equipamentos que essa fábrica produz fazem que qualquer processo industrial moderno seja viável", afirma.



Ricardo Felizzola e Luiz Gerbase na inauguração da nova unidade da Altus em Sapucaia do Sul.

A unidade está situada a uma distância de 5 km da matriz da Altus, em São Leopoldo. Uma equipe formada por cerca de 100 profissionais atua na fábrica, desenvolvendo atividades específicas de engenharia: instalação, montagem, supervisão, comissionamento e *start-up* dos produtos.

Estiveram presentes na solenidade de inauguração o Governador do Estado do Rio Grande do Sul, Tarso Genro, o Secretário de Desenvolvimento e Promoção do Investimento do Estado, Mauro Knijinik, a Secretária da Ciência, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico em exercício, Ghissia Hauser, o Secretário da Indústria e Comércio de Sapucaia do Sul, José Kuhn, entre outras autoridades.



Painéis de automação e de Potência.

Tarso Genro visitou as instalações da Unidade de Painéis da Altus e falou sobre o comprometimento do Estado do RS com o desenvolvimento da indústria eletrônica. A alta tecnologia embarcada nos equipamentos que a fábrica da Altus produz, faz do estado do Rio Grande do Sul referência no processo de automação para o setor de geração de energia em projetos como a automação das plataformas do Pré-sal e de Usinas Hidrelétricas em todo Brasil.

A concretização de negócios como esse, de acordo com Gerbase, é viabilizada pelo evoluído sistema de financiamento para tecnologia desenvolvido pelo Brasil. "Os fundos setoriais, o BNDES e a FINEP são chaves para a continuidade da política industrial de alta tecnologia, sem eles não estaríamos aqui", explicou.

O presidente da Altus concluiu seu discurso afirmando que é possível exportar e competir em alta tecnologia com gigantes, graças a uma boa educação e ambiente favorável. "Quando aprendi que a usina de Paulo Afonso era a maior do Brasil, nunca imaginei que uma empresa nacional pudesse controlar algo assim, agora tenho certeza".

O primeiro supercomputador comercial resfriado com água quente, da IBM, consome 40% menos energia

O "SuperMUC" da Leibniz é considerado o supercomputador mais rápido da Europa

A Leibniz Supercomputing Centre (LRZ), em conjunto com a IBM, anunciaram hoje o primeiro supercomputador resfriado com água quente comercialmente disponível, com um sistema eficaz projetado para ajudar pesquisadores e instituições industriais em toda a Europa a investigar e solucionar alguns dos desafios científicos mais intimidantes.

O novo sistema "SuperMUC" da LRZ foi elaborado com servidores IBM System x iDataPlex Direct Water Cooled dx360 M4 com mais de 150.000 núcleos a fim de proporcionar um desempenho máximo de até três petaflops, o equivalente ao trabalho de mais de 110.000 computadores pessoais. Simplificando, três bilhões de pessoas usando uma calculadora de bolso teriam que desempenhar um milhão de operações por segundo (cada uma) para atingir um desempenho equivalente ao SuperMUC. Além disso, uma nova forma de tecnologia de resfriamento com água quente inventada pela IBM permite que o sistema seja elaborado 10 vezes mais compacto, melhorando substancialmente seu desempenho máximo ao consumir 40 por cento menos energia que uma máquina similar com resfriamento por ventilador.

"Este ano, toda a eletricidade consumida pelas instituições é financiada pelo estado na Alemanha e elas são obrigadas a comprar energia 100% sustentável," declarou o Prof. Dr. Arndt Bode, presidente do conselho da Leibniz Supercomputing Centre. "O SuperMUC nos ajudará a manter nosso compromisso, proporcionando, ao mesmo tempo, o melhor sistema de sua categoria à comunidade científica para testar teorias, projetar experimentos e prever resultados como jamais se viu."



O super computador comercial SuperMUC, da Leibniz Supercomputing Center.

Tecnologia de resfriamento

Atualmente, até 50% do consumo de energia e pegada de carbono de uma central de dados resfriada por ventilador comum não é causada pela computação, e sim, para alimentar os sistemas de resfriamento necessários. Os cientistas e desenvolvedores da IBM decidiram tratar desse desafio com um conceito de resfriamento com água quente, o que elimina a necessidade de sistemas de resfriamento de centrais de dados convencionais. A tecnologia de resfriamento com água quente da empresa resfria diretamente os componentes ativos no sistema, tais como processadores e módulos de memória, com temperaturas de refrigeração que podem atingir até 113° F ou 45° C.

"À medida que continuamos cumprindo com nossa visão de longo prazo de uma central de dados com emissão zero, podemos, finalmente, atingir uma redução de até um milhão de vezes no tamanho do SuperMUC, a fim de que ele possa ser reduzido ao tamanho de um computador desktop com uma eficiência muito maior que a de hoje," declarou Dr. Bruno Michel, gerente de embalagens térmicas avançadas da IBM Research.

O SuperMUC combina sua capacidade de resfriamento com água quente, que remove o calor de maneira 4.000 vezes mais eficiente que o ar, com 18.000 processadores Intel Xeon com eficiência energética.

Além de ajudar com a descoberta científica, a integração de resfriamento com água quente e software de gerenciamento de sistemas dinâmico orientado ao aplicativo IBM permite que a energia seja capturada e reutilizada para aquecer os prédios durante o inverno no vasto campus da Leibniz - uma economia de 1 milhão de euros/ano.

O supercomputador mais poderoso da Europa

O sistema SuperMUC é o computador mais rápido da Europa, de acordo com a lista TOP500 dos computadores mais rápidos do mundo. Esse desempenho é usado para impulsionar uma ampla gama

de pesquisa - desde a estimulação do fluxo sanguíneo por trás de uma válvula cardíaca, até o planejamento de aviões mais silenciosos para escavar nossos *insights* em geofísica, incluindo a compreensão dos terremotos.

O sistema SuperMUC também está conectado a sistemas de visualização, incluindo uma ampla parede de energia estereoscópica de 4K e um ambiente de realidade virtual ou CAVE artificial de cinco lados para visualizar conjuntos de dados em 3D de campos, incluindo a ciência da Terra, astronomia e medicina.

A LRZ é a central de computadores para as universidades de Munique e para a Academia Bavariana de Ciências e Humanidades. Ela cuida da rede de dados científicos em Munique, oferece uma ampla gama de serviços de dados, e proporciona instalações de informática de ponta para a comunidade científica em toda a Europa.

O novo sistema SuperMUC da central é o maior da Europa e um dos sistemas mais eficazes do mundo. É parte da infraestrutura de computação de alto desempenho da Parceria para a Computação Avançada na Europa (PRACE) para pesquisadores e instituições industriais em toda a Europa.

Novo Conector "Mini Edge Card" para alta velocidade

A Samtec expandiu sua linha de soluções High Speed Edge Card com o Conector Mini Edge Card de passo 2,0 mm (0,0787"), que é ideal para aplicações de computação em alta velocidade e armazenamento, bem como para outros sistemas complexos com níveis mais elevados de interconectividade. Esse Edge Card Socket é uma solução flexível para alta velocidade, compatível com diversas espessuras de cartão e já vem com uma seleção de características severas.

O Mini Edge Card Socket (MEC2 Series) de passo 2 mm (0,0787") é um sistema de fileira dupla (*double row*) com formatação polarizada e orientação de placa. O sistema é disponível com 5 a 50 contatos por fileira para um número máximo de 98 I/Os. O conector acomoda ambas espessuras de cartão (1,60 mm (0,062") e 2,36 mm (0,093")) e oferece um range de capacidade de corrente de até 3,5 A por contato para uma elevação de temperatura de 30 °C (dependendo do nº total de contatos alimentados). Especificações severas incluem abas de soldagem opcionais e pinos de alinhamento padronizados para melhoria da estabilidade.

A linha completa dos High Speed Edge Card Sockets encontra-se disponível em uma variedade de passos e orientações de forma a responder adequadamente às necessidades de aplicações específicas, standard e de alta densidade. Soluções específicas abrangem projetos para sistemas PCI Express, Serial ATA, *micro pitch* e de alta velocidade, bem como para aqueles otimizados visando performance da integridade do sinal.

Acesse **www.samtec.com/MEC2-DV** e obtenha mais especificações.

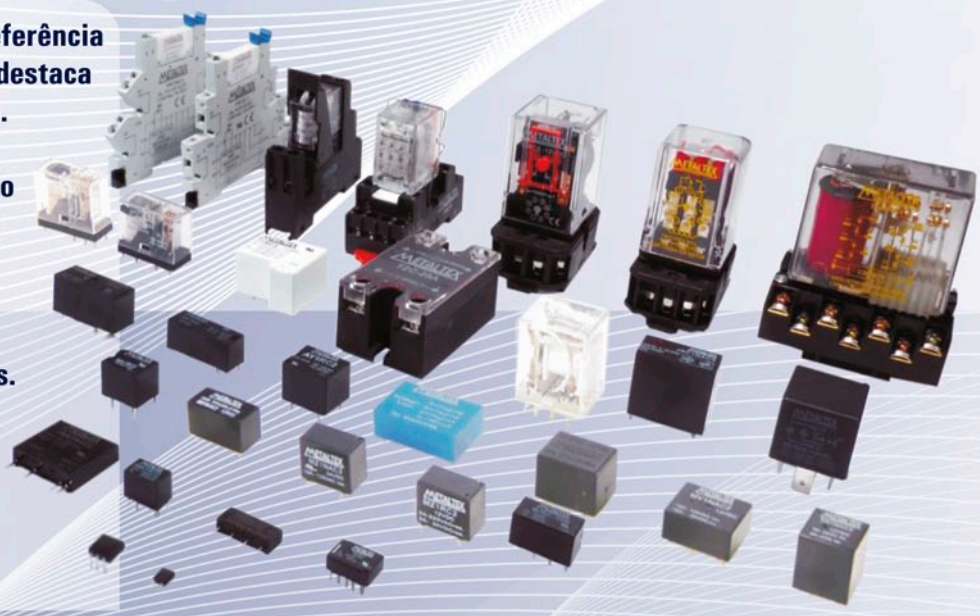
METALTEX
desde 1958

Relés

Desde 1958 a Metaltex tem sido a referência nacional na fabricação de relés e se destaca nos diversos segmentos em que atua. A empresa mantém o compromisso com a tecnologia e qualidade, fazendo dos clientes o seu foco principal!

Possuímos uma ampla variedade de relés que vão desde os de uso geral em eletrônica até os mais específicos. Oferecemos uma ampla linha de componentes eletrônicos e para automação industrial.

Contate-nos!!



SÃO PAULO: (11) 5683-5704
CAMPINAS: (19) 3741-3590
ESPIRITO SANTO: (27) 3533-1803
MINAS GERAIS: (31) 3384-9476
PARANÁ: (41) 3357-3370
PERNAMBUCO: (81) 3342-0235
RIO DE JANEIRO: (21) 3872-3227
RIO GRANDE DO SUL: (51) 3362-3652
SANTA CATARINA: (47) 3435-0439
www.metaltex.com.br

Nova Interface Homem-máquina



Nova solução de IHM iX 2.0, da Beijer Electronics

A tecnologia da interface homem-máquina deu um grande passo em direção ao futuro com o lançamento do novo software iX 2.0 para a interface homem-máquina e dos painéis de operador da nova geração da Beijer Electronics. A solução iX HMI, que foi incorporada no conceito da interface homem-máquina impulsionada pelo mercado, acelera o desenvolvimento dos projetos, torna a aplicação mais rápida e a navegação mais eficiente.

O software de desenvolvimento iX 2.0 minimiza a distância entre a ideia da interface homem-máquina e a aplicação intuitiva e totalmente desdobrada. As ferramentas de engenharia mais inteligentes e um conjunto de menus melhorados num ambiente familiar baseado no Windows® garantem uma poupança de tempo substancial aos criadores de projetos.

Nunca uma interface homem-máquina industrial foi tão intuitiva como a nova solução iX HMI. Com a implementação de ferramentas de navegação usadas nas aplicações diárias, tais como dispositivos móveis, a iX 2.0 cria novas maneiras de interagir com as máquinas usando os gestos de deslocar e deslizar. As características do software, tais como o "menu Ação" único, que permite um sistema de menus de vários níveis e uma rápida execução das ações, e o bem conhecido "painel rolante" ajudam a colocar a informação mais importante no local onde o operador mais precisa dela, poupando espaço na tela e permitindo uma operação sem mãos durante o processo. Com aplicações mais intuitivas que ajudam os operadores a tomar as decisões corretas, a operação torna-se mais segura e a produtividade aumenta.

Novas maneiras para a personalização

As empresas procuram novos meios para aumentar o valor dos negócios e fortalecer as suas marcas. A Beijer Electronics vai ao encontro desta tendência do mercado com o lançamento do software HMI iX 2.0, oferecendo muitos modos de personalizar a aplicação – incluindo a personalização dos diálogos do sistema. Uma expressão visual que corresponde à marca da máquina e da empresa ajuda os construtores de máquinas e outros a destacarem-se em nível competitivo. O software iX garante uma funcionalidade total da interface homem-máquina e está pronto a ser utilizado, oferecendo também a possibilidade de adicionar, por exemplo, componentes .NET e de criar funcionalidades personalizadas através do script C#, uma vez que o software é baseado no Microsoft® .NET Framework.

Os painéis de operação da Beijer Electronics conseguem partilhar informação entre eles através das redes do painel, qualquer que seja o tamanho ou o desempenho, o que torna mais fácil partilhar informação entre os usuários e mais seguro o controle de máquinas complexas, mesmo a longas distâncias.

Os painéis podem agir como servidor OPC UA e *client*, permitindo a distribuição de informações entre a sala de produção e o sistema comercial ou planejamento, e o criador de relatórios incorporado transforma os dados em relatórios Excel para serem guardados ou impressos diretamente. Como servidores web, os painéis da Beijer Electronics permitem aos engenheiros criarem livremente páginas web às quais os operadores e supervisores podem aceder, por exemplo, através de dispositivos móveis, facilitando as operações mais eficientes.

Nova série de Capacitores Cilíndricos Trifásicos para Eletrônica de Potência

Os dispositivos apresentam altas capacidades de corrente, faixa de tensões de operação entre 400 VAC e 1650 VAC, e uma grande variedade de opções de alturas e diâmetros

A Vishay Intertechnology, Inc. apresentou hoje uma nova série de capacitores cilíndricos trifásicos para eletrônica de potência com alta capacidade de corrente, nove tensões padronizadas entre 400 VAC e 1650 VAC, e uma vasta gama de valores de capacitância e opções de embalagem.

Os capacitores EMKP estão disponíveis em quatro alturas de 160 mm a 265 mm e cinco diâmetros de 64 mm a 136 mm. Os dispositivos oferecem elevados valores de corrente até 3 x 56 A e 3 x 104 A (dependendo do tipo de bucha), correntes de pulso até 21,3 kA, muito baixa autoindutância (<100 nH), baixa resistência-série (abaixo de 0,6 mohms), e valores de capacitância de 4,0 µF a 600 µF, com uma tolerância de ± 5%.

Otimizados para correção do fator de potência, filtragem de AC, aplicações de filtragem de harmônicas da rede trifásica, *drives* industriais e de tração, conversores, turbinas eólicas, e inversores solares, os capacitores trifásicos EMKP são dispositivos de filme de polipropileno metalizado com a tecnologia de autocura.

Eles oferecem uma especificação de alta confiabilidade igual a 120 FIT, e uma expectativa de longa vida útil de 100.000 horas a + 70 °C na tensão nominal. Os capacitores são especificados para uma temperatura de funcionamento entre - 40 °C a + 85 °C e atendem às normas técnicas IEC 61071-1, IEC 61881 e IEC 60831. A tensão de prova terminal- terminal é de 1,5 vezes a tensão nominal AC por 10 segundos.

Power Electronics South America – sponsored by PCIM

International Conference and Exhibition for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management

São Paulo, 11 – 13 September 2012

Your Gateway to…

the South American Power Electronics Market.

www.mesago.de/en/pesa/home.htm

FAPEU

Official Sponsor

PCIM EUROPE

Instituto de Estudos Avançados - IEAv - completa 30 Anos

Hélio Fittipaldi



Autoridades presentes na solenidade (a partir da esquerda para a direita): Brig Eng Carlos Antonio de Magalhães Kasemodel, Diretor do IAE; Brig Ar Wander Almodovar Golfetto, Chefe do Subdepartamento Técnico do DCTA; Maj Brig Ar Alvany Adão da Silva, Vice Diretor do DCTA; Ten Brig Ar Ailton dos Santos Pohlmann, Diretor-Geral Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial; Cel Av Vilson Rosa de Almeida, PhD, Diretor do IEAv; Hugo de Oliveira Piva, ex-diretor do DCTA; Antônio Hugo Pereira Chaves, ex-diretor do IEAv; Prof. Fernando Toshinori Sakane, Vice-Reitor do ITA.

Conheça o importante papel no ensino, pesquisa, desenvolvimento, inovação e serviços técnicos aeroespaciais do IEAv - Instituto de Estudos Avançados, de São José dos Campos, que comemorou 30 anos em 2012.

Muito se deve no Brasil a uma estrutura montada há alguns anos em São José dos Campos e que, pioneiramente, em nosso país e na América do Sul foi a responsável pelo desenvolvimento e liderança na área aeroespacial e diríamos, também, em várias outras áreas como na eletrônica. A ideia partiu de Santos Dumont há mais de 100 anos atrás. Antes de fazer o seu primeiro voo, em 1906, já defendia o importante papel que os dirigíveis e aviões seriam chamados a desempenhar, em futuro breve, logo nas primeiras décadas do século XX, recomendando, assim, a criação de instituições de ensino de aerodinâmica, de materiais e processos, de estruturas, construções de aparelhos aéreos, de pesquisa de materiais e motores, bem como de ensino de comunicações aéreas e de meteorologia.

Cada país, dizia ele, deveria desenvolver sua própria tecnologia a par com o avanço da ciência aeronáutica, dirigida para projetos e produção de aparelhos, e também para desenvolver produtos e materiais de acordo com processos e métodos técnicos dos respectivos parques industriais. Muitos anos se passaram e logo após a Segunda Guerra Mundial, finalmente a ideia de Santos Dumont se materializou com o primeiro instituto: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Em seguida foram fundados o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), o Instituto de Fomento Industrial (IFI), e em 2 de junho de 1982 foi criado o Instituto de Estudos Avançados, IEAv.

Em 2 de junho passado, o IEAv comemorou 30 anos de existência. Este instituto que faz parte do DCTA - Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (antigo CTA), em São José dos Campos, junto com os outros institutos forma o departamento com a missão de contribuir para o progresso da sociedade brasileira por meio do ensino, pesquisa, desenvolvimento, inovação e serviços técnicos aeroespaciais. Participaram da solenidade vários funcionários, ex-diretores, ex-funcionários e autoridades convidadas, como o leitor poderá ver nas fotos.

O editor da Revista Saber Eletrônica, Hélio Fittipaldi, entrevistou a seguir, o diretor do IEAv: Cel Av Vilson Rosa de Almeida, PhD.



Apresentação do livro comemorativo dos 30 anos do IEAv pelo atual diretor Cel Av Vilson Rosa de Almeida, PhD e pelo ex-diretor Marco Antônio Sala Minucci.

Cel Av Vilson Rosa de Almeida, PhD. Atual Diretor do IEAv:

Auxiliar Técnico em Eletrônica formado na antiga Escola Técnica Federal do Pará, em 1983. Bacharel em Ciências Aeronáuticas e Oficial Aviador formado pela Academia da Força Aérea, em 1987. Engenheiro eletrônico formado no ITA em 1997, com Distinção Acadêmica Láurea Magna Cum Laude. Mestre em Ciências em Micro-ondas e Optoeletrônica em 1998, também pelo ITA. PhD em Engenharia Elétrica, com foco em Nanofotônica em Silício, pela Cornell University, Ithaca - NY, EUA, em 2004. Possui dezenas de publicações internacionais na área de Fotônica em geral e sete patentes nos Estados Unidos na área de Fotônica Integrada, especialmente com o uso de silício.

Como o senhor colocaria a importância do IEAv no cenário nacional?

O IEAv é um lugar criado para gerar conhecimento de fronteira em áreas de interesse aeroespacial. Os cientistas no IEAv têm infraestrutura laboratorial, biblioteca, serviços de informática, oficinas mecânica e eletrônica, restaurante, etc. tudo isso a 10 quilômetros do centro de São José dos Campos. Isso garante um ótimo ambiente para a criatividade dos cientistas e colaboradores. Os trabalhos de P&D no IEAv representam o que o Brasil faz de mais avançado em várias áreas de importância tecnológica estratégica e, consequentemente, econômica no contexto atual ou futuro.

Quais tecnologias desenvolvidas no IEAv o senhor considera as mais expressivas do ponto de vista da sociedade brasileira?

O IEAv participou ativamente no desenvolvimento da urna eletrônica. O pesquisador principal desse desenvolvimento tecnológico esteve em diversos países da América Latina a serviço do governo brasileiro, prestando assistência na utilização de urnas eletrônicas. Recentemente, o IEAv produziu vários girômetros (dispositivos sensores inerciais capazes de medir velocidade angular de rotação, sem a necessidade de um referencial ou sinal externo ao sensor) usando fibras ópticas especiais, que poderão ser utilizados em vários produtos inerciais como, por exemplo, dispositivos portáteis multifuncionais ou de entretenimento, mísseis, foguetes, automóveis e aviões.

O IEAv desenvolve trabalhos de navegação autônoma e de sensoriamento remoto que terão grande importância econômica, pois essas tecnologias são utilizadas para controle de plantio e de safras, preservação de florestas, combate ao narcotráfico, prevenção de catástrofes, manutenção de estradas, etc. As pesquisas na área de *lasers* têm gerado conhecimento que é utilizado no desenvolvimento de novas técnicas para tratamento de materiais e para a exploração de petróleo em águas profundas. As pesquisas nas áreas nuclear e em velocidades hipersônicas podem contribuir para a exploração do espaço nas próximas décadas.

Quais as principais áreas de atuação do IEAv?

O IEAv foi criado para desenvolver competência na área nuclear, mais especificamente na área de separação isotópica e no levantamento de dados nucleares. Nos últimos anos, por causa de novas diretrizes estratégicas, o IEAv desenvolveu novas competências derivadas do esforço inicial na área nuclear. Podemos dizer que o IEAv é líder em vários nichos avançados da C&T (Ciência & Tecnologia). Por exemplo: aplicações de *lasers*, experimentos em aerotermodinâmica de veículos hipersônicos, utilização de navegação autônoma e sensores multiespectrais, desenvolvimento de girômetros e acelerômetros a fibra óptica, simulação computacional e matemática aplicada, acelerador de elétrons, etc.

Como o senhor qualifica a interação entre o IEAv e outros institutos do DCTA, como o ITA, IAE e IFI?

O DCTA (antigo CTA) foi criado com base em três pilares: Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento. O ensino é atribuição do ITA que fornece grande parte dos recursos humanos para os outros institutos; a pesquisa é, em grande parte, a atribuição do IEAv; o desenvolvimento de Sistemas Aeronáuticos e Espaciais é, na maior parte, atribuição do IAE. No entanto, essas atribuições são bastante interligadas e, por isso, existe uma grande interação entre esses institutos. Devemos falar também de outros institutos do DCTA, como o IFI que é responsável pelo fomento industrial, propriedade intelectual, homologação e certificação de produtos. Há ainda o IPEV, que realiza ensaios de equipamentos aeronáuticos que requerem engenheiros, pilotos, além de grande estrutura de apoio.

O IEAv tem atividade na área de ensino e formação de recursos humanos?

O IEAv também detém o *status* de Instituição de Ensino Superior (IES), com enfoque particular em Pós-Graduação. Recentemente, em 2011, o IEAv, juntamente com o IAE e o ITA teve aprovado pela CAPES um

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais (PG-CTE), vinculado para fins acadêmicos ao ITA, em áreas de competências mais específicas do IEAv e do IAE; vide **www.ieav.cta.br/CPPG_IEAv/pg-cte.php**. Isso foi necessário em face da carência de recursos humanos com qualificações requeridas para a realização das pesquisas no Instituto.

Podemos dizer também que o IEAv agora está colaborando para a formação de recursos humanos de alto nível em diversas áreas da C&T para o País como um todo. O IEAv também promove trabalhos de Iniciação Científica (vide **www.ieav.cta.br/pibic/**), incluindo a disponibilização de bolsas PIBIC e do CNPq; recentemente, também passou a disponibilizar Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - PIBITI.

Como o senhor qualifica a produção científica e tecnológica do IEAv?

A produção científica do IEAv representa os resultados de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos realizados dentro do Instituto. Recentemente, o MCT iniciou a avaliação de pesquisadores com indicadores um pouco mais voltados para o desenvolvimento tecnológico. Isso fez com que ICTs como o IEAv, a EMBRAPA, a FIOCRUZ e a CNEN ganhassem um grande número de bolsas para seus pesquisadores, similares às bolsas de produtividade em pesquisa do CNPq, que têm características mais acadêmicas. Isso possibilitou aos nossos pesquisadores condições para concorrer a recursos financeiros oferecidos por agências de fomento. Nesse ponto, podemos dizer que essa valorização do pesquisador brasileiro está proporcionando uma maior transferência de conhecimento para as empresas e aumentando a atividade econômica do País.

O recém-aprovado PG-CTE certamente trará um incremento coordenado do nosso nível de produção científica e tecnológica. O fato de a CAPES ter conceituado nossos programas de Mestrado e Doutorado com nota inicial 4, denota a qualidade do nosso trabalho científico-tecnológico (vide **www.ieav.cta.br/CPPG_IEAv/pg-cte.php**).

Os aportes de recursos financeiros pelo governo federal são suficientes para os trabalhos de P&D no IEAv?

Sim. Podemos dizer que o IEAv trabalha no limite superior de sua capacidade e competência. Esse limite é ditado pela quantidade de recursos humanos, que diminuiu sensivelmente nos últimos anos em virtude de uma lacuna

A História da Criação do DCTA em São José dos Campos

Santos Dumont procurou atrair a atenção dos membros do governo e, de 1915 a 1918, fez diversos pronunciamentos e trabalhos escritos com a profética antevisão do futuro sobre o importante papel que os aviões iriam desempenhar no mundo.

Em 1918, a Editora A Encantada publicou o livro "O que vi, o que veremos", onde Santos Dumont registrou a ideia de criação de uma escola técnica no Brasil, voltada para a aviação, antevendo um centro de tecnologia que só se efetivaria em 1948, com a fundação do ITA. Em um parágrafo desse livro, Santos Dumont escreveu: "Eu, que tenho algo de sonhador, nunca imaginei o que tive ocasião de observar, quando visitei uma enorme fábrica nos EUA. Vi milhares de hábeis mecânicos ocupados na construção de aeroplanos, produzindo diariamente de 12 a 18.

Quando o Congresso Americano acaba de ordenar a construção de 22.000 dessas máquinas, nós, aqui, não encaramos ainda esse problema com a atenção que merece.

A principal dificuldade para a navegação aérea está no progresso dos motores... Já o aço tem sido melhorado... Outra dificuldade que se apresenta à navegação aérea é a de localizar-se o aeroporto... É tempo, talvez, de se instalar uma escola de verdade em um campo adequado... Margeando a linha da Central do Brasil, especialmente nas imediações de Mogi das Cruzes, avistam-se campos que me parecem bons. Os alunos precisam dormir junto à Escola, ainda que para isso seja necessário fazer instalações adequadas... Penso que, sob todos os pontos de vista, é preferível trazer professores da Europa e dos EUA, em vez de para lá enviar alunos.

Meu mais intenso desejo é ver verdadeiras Escolas de Aviação no Brasil. Ver o aeroplano, hoje poderosa arma de guerra, amanhã meio ótimo de transporte, percorrendo as nossas imensas regiões, povoando nosso céu, para onde, primeiro, levantou os olhos o Pe. Bartolomeu Lourenço de Gusmão."

Em 1941, tanto o Dr. Joaquim Pedro Salgado Filho (primeiro Ministro da Aeronáutica) como o então Contra-Almirante Armando Figueira Trompowsky de Almeida (Diretor de Aeronáutica Naval) tinham, pessoalmente, plena convicção de que, para se desincumbir de sua atribuição mista, civil e militar, o Ministério da Aeronáutica dependeria, essencialmente, dos modernos avanços e do desenvolvimento da tecnologia aeronáutica no país. Nos anos seguintes e com o envolvimento do Brasil na 2ª Guerra Mundial, o Ministério da Aeronáutica sentiu a necessidade de se montar uma sólida base técnica. A princípio, em 1941, foi criada por decreto a Diretoria de Tecnologia Aeronáutica, mas ao ser efetivada, meses depois, assumiu o nome de Subdiretoria de Material. Foi indicado para assumir aquela Subdiretoria o Ten.-Cel.-Av. (Eng.) Casimiro Montenegro Filho, oficial já consciente da evolução da ciência e da tecnologia aeronáutica.

Em 1945, Montenegro vai aos EUA, com o Cel.-Av. (Eng.) Telles Ribeiro, o Cel.- Av. Faria Lima e mais um grupo de Oficiais da FAB em visita a diversas Bases Aéreas Americanas. Lá, são procurados pelo Maj.-Av. Oswaldo Nascimento Leal, que realizava o curso de Engenharia Aeronáutica no "Massachussets Institute of Technology (MIT). Este sugere a Montenegro que fosse a Boston para conhecer o MIT e trocar ideias com o Prof. Richard H. Smith, chefe

de abertura de concursos públicos. No futuro próximo, a maior parte de nosso corpo de pesquisadores seniores estará aposentada. Recentemente, no entanto, o governo voltou a acenar fortemente com a possibilidade de abertura expressiva de vagas para concurso público, já no curto prazo, para servidores civis incluindo pesquisadores para o IEAv.

Por que o Brasil não tem um programa espacial de sucesso compatível com sua importância política e econômica mundial?

O Brasil é um país cheio de contrastes e potencialidades. Nosso programa espacial poderia ter gerado mais benefícios para a sociedade, mas isso depende de diversos fatores, dentre os quais a definição de longo prazo das prioridades nacionais, que são



Cerimônia de entrega de medalhas comemorativas a funcionários do IEAv.



Cena do documentário "Santos Dumont: Pré-Cineasta?" de Carlos Adriano, onde Dumont explica seu balão dirigível a C.S. Rolls (futuro fundador da Rolls Royce) em 1901.

do Departamento de Aeronáutica daquele instituto, antes que Montenegro tomasse qualquer decisão.

O Maj.-Av. Leal acreditava que o necessário, ao Brasil, era uma escola de alto nível para a formação de engenheiros aeronáuticos para a aviação civil e militar, e não apenas para a Força Aérea.

Seria imperiosa a formação de engenheiros para atender também o que os americanos chamavam de "spin-off", ou seja, o usufruto de benefícios indiretos que a indústria aeronáutica poderia trazer às indústrias correlatas, como o controle de qualidade de produtos e material de aplicação no campo aeronáutico, a homologação de projetos e protótipos e a otimização de operação de empresas do transporte aéreo comercial, incluindo-se as exigências de segurança técnica sobre a aviação civil em geral, etc.

A criação de uma instituição desse gênero era uma aspiração do Prof. Smith e uma necessidade real, no Brasil, para o Cel. Montenegro. Em agosto de 1945 ficou definido o Plano Geral do Centro, considerando-se o MIT como modelo para a organização do futuro Centro Técnico do Ministério da Aeronáutica.

O Brigadeiro do Ar Armando F. Trompowsky, ciente da necessidade e oportunidade do empreendimento, apresentou ao Presidente da República, Dr. José Linhares, o plano de criação do CTA em 16 de novembro de 1945, que foi imediatamente aprovado.

O plano estabelecia que o Centro Técnico seria constituído por dois institutos científicos coordenados, tecnicamente autônomos: um para o ensino técnico superior (ITA) e outro para pesquisa e cooperação com a indústria de construção aeronáutica, com a aviação militar e com a aviação comercial (IPD).

O primeiro Instituto criado, o ITA, de início teria a seu cargo, nos limites de suas possibilidades, todas as atividades do Centro.

Do ITA se desenvolveriam, gradualmente, os serviços do outro Instituto. Assim, quando as possibilidades materiais e as necessidades de serviço justificassem a criação do segundo Instituto, a este seriam dadas todas as atribuições, até então conferidas ao ITA, de colaboração com a aviação militar, comercial e com a indústria aeronáutica. Saiba mais visitando **www.cta.br/cta.php**.

Histórico do IEAv

A Divisão de Estudos Avançados do então Instituto de Atividades Espaciais do CTA, idealizada para a pesquisa e desenvolvimento de vanguarda, foi instituída em 28 de outubro de 1976 para atuar, principalmente, no Programa Autônomo de Tecnologia Nuclear (Programa de tecnologia nuclear que possibilitou o desenvolvimento de técnicas nacionais de enriquecimento de urânio). Nascia, assim, o embrião do que viria a ser o IEAv.

Com o crescimento acelerado da Divisão de Estudos Avançados, surgiu a necessidade de um novo instituto, e, em 2 de junho de 1982, foi assinado o Decreto nº 87.247, criando o Instituto de Estudos Avançados.

As atividades do IEAv nos seus primeiros vinte anos concentraram-se no desenvolvimento de métodos alternativos de enriquecimento de urânio a *laser*, no desenvolvimento de processos de medida e avaliação de dados nucleares, enfim, nas diversas tecnologias sensíveis e estratégicas em torno da energia nuclear, atingindo um patamar de desenvolvimento científico reconhecido internacionalmente (IEAv, 2008).

Nesse período, o financiamento das pesquisas do IEAv provinha do então Ministério da Aeronáutica e da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), vinculada à Presidência da República. Entretanto, a partir de 1994, houve um decréscimo do interesse governamental pela área nuclear, obrigando o IEAv a profundas transformações. A capacitação na área nuclear foi mantida, porém o instituto procurou investir também em outras áreas estratégicas de interesse mais imediato do COMAER.

Tecnologias e capacitações desenvolvidas anteriormente foram, então, adaptadas ou redirecionadas para outras aplicações, demonstrando o alto nível de adaptação dos pesquisadores do IEAv às tecnologias emergentes. Por exemplo, tecnologias de enriquecimento de urânio a laser para a produção de combustível nuclear passaram a ser aplicadas no processamento de materiais para diversas áreas, como nas indústrias aeronáutica e automotiva, odontologia e dermatologia.

Atualmente, o IEAv concentra esforços nas seguintes áreas: fotônica, nanotecnologia, hipervelocidade, aerotermodinâmica, sistemas de apoio à decisão, comando e controle, processamento de alto desempenho, sensoriamento remoto, energia nuclear e sistemas eletromagnéticos.

Dentre os produtos e tecnologias gerados pelo IEAv podem ser citados: giroscópios a fibra óptica, software para processamento de imagens de radar de abertura sintética (SAR), software de planejamento de missão de defesa aérea, software para análise de dispositivos eletromagnéticos, sensor imageador infravermelho termal, túnel de vento hipersônico, sistemas micro-eletro-mecânicos (MEMS), etc. Além disso, vale ressaltar que o IEAv, por meio da atuação de seu pesquisador Osvaldo Catsumi Imamura, contribuiu significativamente para o desenvolvimento da urna eletrônica brasileira, sucesso em praticidade e confiabilidade, demonstradas em inúmeras eleições.

O IEAv também participa de vários projetos de grande importância para o País, como, por exemplo, a especificação do satélite geoestacionário brasileiro, o desenvolvimento de plataformas inerciais para satélites e aeronaves, a avaliação de risco de colisão entre aeronaves nas regiões do Caribe e América do Sul. Vale lembrar que o IEAv participou em colaboração com a Marinha do Brasil, do esforço para o desenvolvimento de reatores nucleares de propulsão naval.

Todas as áreas de estudo do IEAv são do interesse do Ministério da Defesa e do Ministério de Ciência e Tecnologia, evidenciando a vocação do instituto para o desenvolvimento de conceitos e tecnologias de uso aeroespacial. O IEAv destaca-se, também, entre as instituições brasileiras dedicadas a altos estudos em Ciência e Tecnologia.

O amplo espectro de atividades e competências atualmente existentes no IEAv lhe confere um perfil de alta adaptabilidade e capacidade para participar do processo nacional de inovação tecnológica, potenciais que devem ser explorados com efetividade para o progresso nacional.

Referências:

IEAv. Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento – Instituto de Estudos Avançados. São José dos Campos: IEAv, 2008. **www.ieav.cta.br/wai8/pdf/Caderno_Institucional.pdf**

Site: **www.ieav.cta.br/historico.php**

avaliadas e priorizadas pela nossa sociedade por meio de nossos governantes, que definem as necessidades mais urgentes.

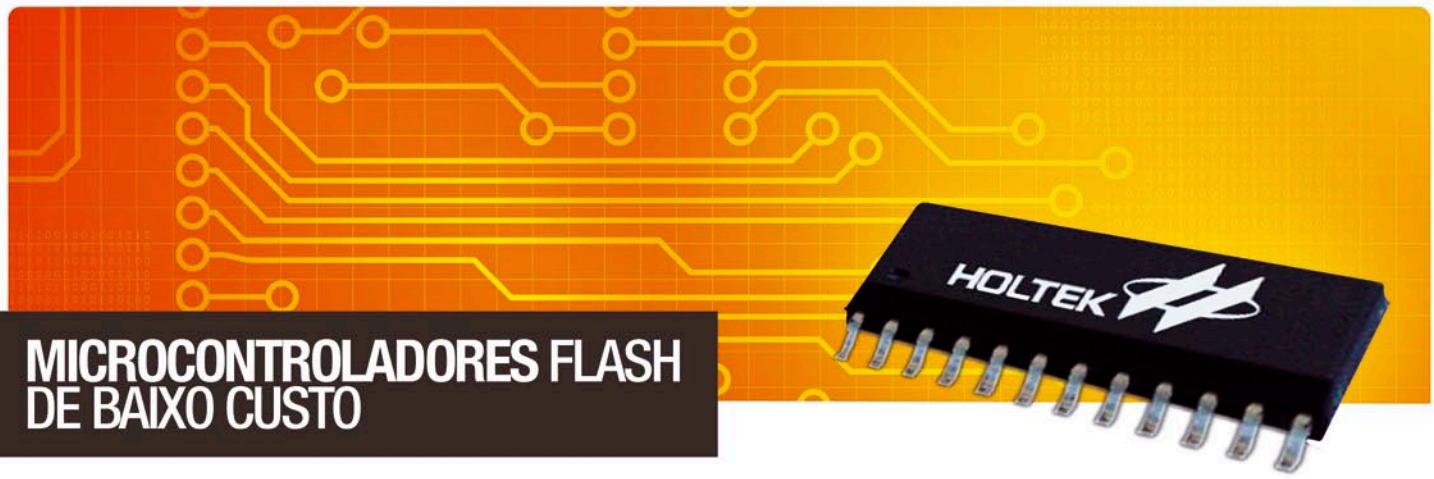
Posso dizer que o IEAv, os outros institutos do DCTA, o INPE, a EMBRAER e várias empresas na região de São José dos Campos são indicadores de sucesso do que podemos chamar de um programa espacial amplo. Um aluno que é formado no ITA, uma previsão meteorológica realizada pelo INPE, um foguete de sondagem lançado pelo IAE, um avião produzido pela EMBRAER, etc., todos esses produtos e serviços são possíveis hoje porque alguém pensou no passado que o domínio científico-tecnológico seria consequência final do objetivo inicial da construção do complexo aeroespacial de São José dos Campos. Esse homem foi o Marechal do Ar Casimiro Montenegro Filho.

O senhor é engenheiro eletrônico formado no ITA. O que a Eletrônica representa dentro das atividades de seu instituto?

Como engenheiro eletrônico, eu posso ser considerado suspeito para responder. Mas o leitor sabe que todo sistema tecnológico à nossa volta envolve, em maior ou menor grau, subsistemas eletrônicos. Isso não é diferente no IEAv. Nossas pesquisas em Fotônica envolvem Eletrônica, nossos laboratórios estão cheios de equipamentos eletrônicos. Pesquisas em Física Aplicada, Geointeligência, Aerotermodinâmica, radiações ionizantes e não ionizantes, lasers, sensores, etc. Tudo está repleto de dispositivos e subsistemas eletrônicos.

O que o senhor diria para os futuros engenheiros para motivá-los a construir uma grande carreira?

Os desafios para conseguir alcançar a especialização, uma profissão, valem a pena. Eu gostaria de recomendar a todos que busquem estudar e se especializar com afinco, que lutem sem medo por seus sonhos e objetivos, pois serão certamente recompensados no futuro. A carreira de engenharia lhes dará o conhecimento e o ferramental básico para desempenharem suas funções e, eventualmente, para se aprofundarem nos diversos caminhos da Ciência e da Tecnologia; isso os encherá de orgulho e satisfação no futuro. Além disso, o Brasil necessita urgentemente de mais engenheiros, de todas as áreas. E



MICROCONTROLADORES FLASH DE BAIXO CUSTO

HOLTEK LANÇA NOVA SÉRIE HT66Fxx - HT68Fxx

Microcontroladores Enhanced I/O e A/D Flash 8-Bit

CARACTERÍSTICAS:

- Arquitetura RISC – Ótimo Desempenho;
- Memória de Programa Flash de 1 Kbyte a 12 Kbytes;
- Memória de Dados RAM de 64 bytes a 576 bytes;
- EEPROM de 32 bytes a 256 bytes;
- Disponibilidade de 18 a 50 portas I/Os;
- Encapsulamentos disponíveis: 16DIP/NSOP/SSOP, 20DIP/SOP/SSOP, 24SKDIP/SOP/SSOP, 28SKDIP/SOP/SSOP, 44QFP, 40/48QFN;
- Interface SPI/I^2C, UART, USB
- A/D de 12 bit para HT66Fxx
- Excelente para aplicações em áreas de eletroeletrônicos, segurança, automação industrial, automotiva, produtos de consumo, etc.

HOLTEK

ANYTEK conectores

FORDATA FOR DATA DISPLAY

módulos RF WENSHING

GlobalSat Wired by Wireless

APLUS CI reprodutor de sons

FAGOR

SIMCom A company of SIM Tech

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:
WWW.HOLTEK.COM

Cika Eletrônica

Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2696-6428 / Fax: 55 11 2696-6422

vendas@cikaeletronica.com

www.cikaeletronica.com

Grupo purifica silício para fabricação de células solares

Andresa Deoclídea Soares Côrtes

O Brasil importa lâminas usadas na produção de painéis, apesar de ter as maiores reservas de quartzo do mundo, do qual se extrai a matéria-prima

Um grupo de cientistas da Unicamp acaba de obter, pela primeira vez no Brasil, o silício purificado para a fabricação de células solares fotovoltaicas (FVs). Apesar de possuir as maiores reservas mundiais de quartzo – a matéria-prima bruta para o silício – o país importa, com altos custos, as lâminas do elemento químico purificado para a produção dos painéis FVs. Os dispositivos FVs são responsáveis pela captação e transformação da energia solar em elétrica. Matriz "limpa", gratuita e inesgotável, a energia solar fotovoltaica tem conquistado relevo mundial.

Os trabalhos são coordenados pelos docentes Francisco das Chagas Marques, do Laboratório de Pesquisas Fotovoltaicas, do Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW), e Paulo Roberto Mei, do Laboratório de Fusão por Feixe de Elétrons e Tratamentos Termomecânicos, do Departamento de Engenharia de Materiais da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM).

"O Brasil possui tecnologia para a fabricação de células solares, mas importa o silício purificado, encarecendo o custo dos painéis solares. Nós temos, no entanto, as maiores jazidas de quartzo do mundo, localizadas, principalmente, em Minas Gerais e na Bahia. Somos também um dos maiores produtores e exportadores de silício metalúrgico, produzido a partir do quartzo, mas que tem um índice de pureza muito baixo. Após a purificação, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, compramos o silício a um preço maior do que a matéria-prima exportada. As células solares precisam de silício de alta pureza para que funcionem de forma eficiente", reforça o físico e docente Francisco das Chagas Marques, que investiga esta área na Unicamp desde a década de 1980.

O silício purificado obtido nos laboratórios da Universidade apresenta os requisitos necessários para a fabricação de células solares eficientes. Francisco Marques explica que, até certo nível, quanto maior é a pureza do silício, mais eficiente será a célula solar. O índice de pureza ideal começa a partir de 99,9999%, segundo o cientista. "Nós conseguimos purificar o silício até o nível de 99,9993%, que é suficiente para a produção de painéis fotovoltaicos se adicionarmos outras técnicas de redução de impurezas durante o processo de fabricação das células solares", revela.

Estas técnicas permitiram, segundo ele, atingir um elevado grau de eficiência para as células solares. "No momento, estamos fabricando células solares com silício nacional com eficiências entre 10% e 13%, que representam os maiores valores obtidos no Brasil e semelhantes aos melhores índices reportados na literatura em todo mundo, utilizando processos similares aos empregados na Unicamp. Tais valores indicam que este material pode ser aplicado na fabricação de células solares comerciais para produção de painéis FVs", demonstra.

A purificação do silício e a fabricação de células solares na Unicamp, em escala experimental, conta com a colaboração voluntária do grupo empresarial Rima. Instalado em Minas Gerais, o grupo possui jazidas de quartzo e produz o chamado silício metalúrgico. Este material é fornecido à Universidade, que faz a purificação até o nível apropriado para a utilização nos painéis.

Outra empresa do ramo, a Tecnometal, que possui fábrica em Campinas, também mantém parceria com a Unicamp. A companhia mineira, cuja sede fica na cidade de Vespasiano, é a única que fabrica, comercialmente, os painéis FVs no Brasil, mas ainda a partir de células importadas. A associação com a Universidade já rendeu um projeto para a produção em escala-piloto do silício purificado, abrindo a possibilidade para a fabricação industrial de painéis fotovoltaicos utilizando somente matéria-prima nacional.

No momento, a empresa pleiteia junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) um financiamento de aproximadamente R$ 13 milhões para desenvolver o projeto. Pré-selecionada pelo Banco em janeiro deste ano, a iniciativa também prevê investimentos em laboratórios e compra de equipamentos de pesquisa para a Unicamp.

Mercado

O contexto mundial para a produção de painéis FVs é bastante oportuno, circunstancia o físico Francisco Marques. Apenas na última década, o mercado de energia solar fotovoltaica tem crescido, em média, 40% ao ano, estimulado, principalmente, pelos países europeus e asiáticos. "É um crescimento extraordinário, que está relacionado a diversos fatores, entre os quais a custos cada vez mais elevados do petróleo e ao temor pelo aquecimento global. Alguns países estão trocando suas matrizes energéticas que poluem por fontes alternativas 'limpas'. As principais são a solar e a eólica", situa.

De acordo com ele, países como Alemanha e Japão estão empenhados em desativar algumas de suas usinas nucleares, principalmente após o acidente radioativo em Fukushima, causado pelo terremoto e tsunami de 2011. "Isso vai dar outra disparada na produção de painéis fotovoltaicos. E quanto mais se aumenta a escala de produção, mais os custos são reduzidos. Estudos indicam que, entre cinco e dez anos, a energia fotovoltaica já estará competitiva com quase qualquer outra fonte de energia", prevê.

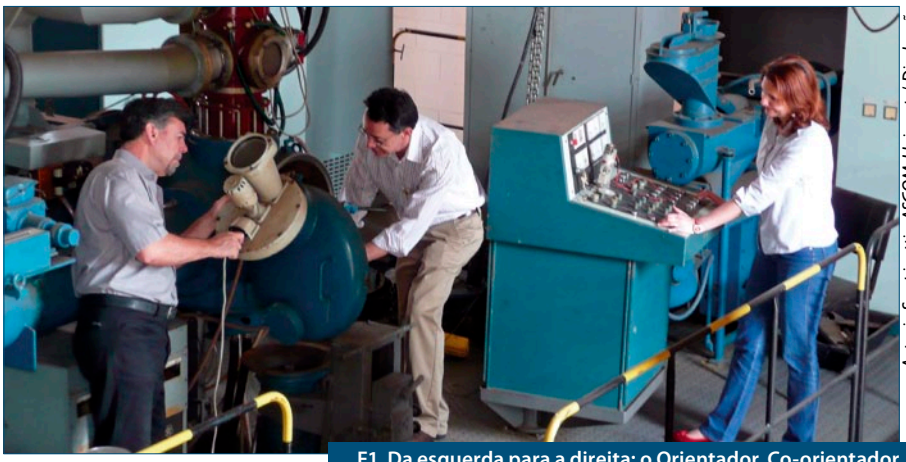
Silício de grau solar

O silício purificado possui diversas aplicações. O elemento, identificado pela primeira vez em 1787 pelo químico francês Antoine Laurent de Lavoisier, pode ser utilizado tanto para a produção de ligas metálicas e preparação de silicones, como nas indústrias cerâmica, eletrônica e fotovoltaica. O elemento químico purificado é a principal matéria-prima dos microprocessadores de computadores fabricados por empresas gigantes da eletrônica e informática, instaladas nas cidades norte-americanas de Palo Alto, Santa Clara e San José, na Califórnia, região que ficou conhecida como "Vale do Silício".

O método Siemens, desenvolvido na Alemanha na década de 1950, é amplamente utilizado na indústria para a produção do silício purificado. Complexo e um dos mais caros, o processo dá ao silício um grau de pureza altíssimo, concorda o docente da Unicamp. Por isso, o procedimento é usado, principalmente, para a produção de dispositivos eletrônicos, que necessitam de quantidades menores de silício e possuem um valor agregado maior do que os painéis FVs. Para o emprego em painéis solares, este tipo de silício com alto teor de pureza acaba sendo comercialmente inviável.

Uma alternativa a este método é a rota metalúrgica, processo utilizado na Unicamp para obter o chamado silício de grau solar. Mais acessível financeiramente, o procedimento consiste em um melhoramento do silício metalúrgico, que possui baixo teor de pureza. "O silício para as células fotovoltaicas requer certo grau de pureza que não precisa ser, necessariamente, tão alto quanto o obtido por meio do método Siemens", esclarece Francisco Marques.

Neste método alternativo, o silício metalúrgico é submetido a uma desgaseificação a vácuo, realizada em um forno de feixe de elétrons, também conhecido pelo nome de *electron-beam*, do termo em inglês. Este processo reduz as impurezas com pressão de vapor maior que a pressão do silício. Impurezas com pressão de vapor menor não são eliminadas.



Antonio Scarpinetti - ASCOM-Unicamp / Divulgação

F1. Da esquerda para a direita: o Orientador, Co-orientador e a autora do artigo, em laboratório da FEM.



Antonio Scarpinetti - ASCOM-Unicamp / Divulgação

F2 . O Silício metalúrgico (acima), a lâmina (à equerda) e as células solares (à direita).



Antonio Scarpinetti - ASCOM-Unicamp / Divulgação

F3. O Co-orientador ao lado do forno para difusão de fósforo, no IFGW.

"Após esta etapa, produzimos tarugos de silício em um sistema "Czochralski" da empresa Rima e outro do laboratório do IFGW. Os tarugos são, então, cortados em forma de lâminas para a fabricação das células solares. Na fabricação de células solares, uma nova etapa de purificação do silício é realizada por um processo de armadilhamento de impurezas em altas temperaturas, utilizando átomos de fósforo introduzidos por difusão", detalha.

Doutorado

O processo por rota metalúrgica, que no Brasil também vem sendo utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), foi tema do doutorado da pesquisadora da Unicamp Andresa Deoclídea Soares Côrtes. O trabalho, intitulado "Desenvolvimento de células fotovoltaicas utilizando silício metalúrgico melhorado", foi defendido por Andresa em julho de 2011.

Atualmente, o pesquisador e doutorando Rafael Borges Merlo dá sequência aos estudos, que são financiados pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Publicação

Tese: "Desenvolvimento de células fotovoltaicas utilizando silício metalúrgico melhorado"

Autora: Andresa Deoclídea Soares Côrtes

Orientador: Paulo Roberto Mei

Co-orientador: Francisco das Chagas Marques

Unidades: Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) e Instituto de Física "Gleb Wataghin" (IFGW)

Originalmente publicado no Jornal da Unicamp – Edição 530 - **www.unicamp.br/unicamp/ju/530/grupo-purifica-silicio-para-fabricacao-de-celulas-solares**

Proteção contra surtos transitórios elétricos

Vocês com certeza já observaram equipamentos sem o pino de aterramento em seus cabos de energia, ou até mesmo já instalaram o terra da tomada interligado com o neutro sem observar a forma correta para esta prática segundo as normas. Estas são negligências que podem ocorrer, ou seja, a instalação errada ou até a completa falta de proteção contra os surtos elétricos, lembrando o grau de prejuízo que pode causar, por exemplo, durante uma descarga atmosférica, onde pode provocar danos indiretos até a 15 km do ponto de queda e um choque elétrico de aproximadamente 4000 V através de um aparelho telefônico situado a 10 km deste mesmo ponto. Desta forma, acredito que este deveria ser um item melhor analisado por todos nós.

Neste artigo, vocês conhecerão as origens e os elementos de uma proteção contra surtos elétricos para que possam identificar os principais fatores que auxiliam na proteção, os quais vão desde as condições da infraestrutura até o tipo/modelo do protetor que iremos utilizar.

Naur Arjonas

O que é um Surto Transitório Elétrico?

"Distúrbio resultante de súbitas descargas de energia elétrica armazenada, que provoca efeitos de indução elétrica e magnética em face aos altos valores de corrente no circuito de descarga ocorridos em um pequeno intervalo de tempo". Esta é a definição completa de um STE (surto transitório elétrico), sendo que o primeiro exemplo e um dos mais preocupantes é o famoso relâmpago, constituído pelas descargas elétricas.

Tipos de STE

Os STEs são divididos em dois tipos, o **randômico,** do qual eu já citei o seu maior exemplo (descargas atmosféricas), sendo que podemos identificar este tipo da seguinte forma:

- Ocorrem em pontos inesperados;
- Não têm uma periodicidade definida;
- São de uma natureza complexa.

Compare estas características com o nosso exemplo: aonde vai ocorrer? De quanto em quanto tempo? Como é produzida uma descarga?

Um outro parâmetro que poderíamos lembrar também é que para detectarmos um transitório randômico, necessitamos de instrumentos de monitoração com rápida resposta a frentes de ondas e com características que os habilitem a trabalhar com níveis de tensão e corrente elevadas. Um outro exemplo de transitório randômico consiste nas descargas eletrostáticas.

O segundo tipo é o transitório **repetitivo**, sendo que podemos identificá-los por ser:

- Frequentemente observados
- Provocados por fenômenos conhecidos.

Um exemplo desse tipo é o "Spike" composto pelos picos de energia elétrica resultante dos chaveamentos elétricos, por exemplo: o chaveamento de cargas indutivas, excitação de motores, entre outros. Os transitórios repetitivos são mais simples de suprimir por terem suas causas facilmente definidas, sendo que para este caso podemos utilizar estabilizadores e *nobreaks* para a proteção dos equipamentos eletroeletrônicos. Lembramos que além do problema de queima de equipamentos, os transitórios repetitivos tendem a diminuir o tempo de "vida" dos equipamentos.

Para podermos proteger os circuitos devemos analisar causa por causa, então vamos começar **pelo maior problema**.

Descargas Atmosféricas

As descargas atmosféricas são um fenômeno natural que acompanha o homem em toda a sua história e devido à destruição causada pelas descargas de energia que acontece, até hoje impõem respeito e temor. E deve ser uma das preocupações para quem vai instalar ou já instalou um sistema elétrico/eletrônico (além da própria proteção patrimonial). Para podermos nos proteger, primeiramente temos que entendê-las.

Como ocorrem?

As grandes responsáveis pelas descargas elétricas são as nuvens do tipo "*cumulus nimbus*", também denominadas "CB" (**figura 1**). Usualmente as descargas atmosféricas se iniciam dentro destas nuvens, nas quais os valores elétricos são bem maiores que no solo.

Um problema que temos é que até hoje há várias controvérsias entre as teorias de como ocorre a formação das cargas elétricas positivas e negativas dentro da nuvem. A mais usual é que inicialmente a nuvem possui cargas positivas e negativas, e quando se inicia

a tempestade ocorrem fortes correntes ascendentes de ar úmido dentro das CBs. Em resultado da condensação do vapor de água formam-se gotas de água que, atingidas certas dimensões, começam a cair carregadas de eletricidade, negativamente em sua parte inferior e positivamente na sua parte superior. Em sua queda encontram gotículas em ascensão, cedendo a elas sua carga positiva, nas quais são violentamente arrastadas para as bordas superiores das nuvens.

Como consequência final, apresentam-se as nuvens com cargas elétricas positivas em sua parte superior, ficando a parte de baixo carregada negativamente. Desta forma se inicia o processo de descarga elétrica, aumentando o campo elétrico na nuvem.

N.A. Medições efetuadas nas nuvens através de balões atmosféricos identificaram que as densidades de cargas variam bastante, sendo que o valor máximo medido foi de 100 volts por centímetro. Mesmo com tempo bom, foi possível encontrar valores onde se fizeram presentes tensões da ordem de 20 a 30 V/cm.

A Descida

O primeiro componente visível da descarga é o denominado *stepped leader*, que se movimenta em direção da terra em saltos variando de 10 a 200 metros. Quando este alcança a terra, intensa luminosidade é então vista, como se estivesse deslocando-se do solo para a nuvem: esta é a chamada " descarga de retorno" com alta corrente circulando, fazendo inclusive que a temperatura do ar chegue a 3000° Celsius, provocando a expansão rápida do mesmo ao redor do canal e, consequentemente, criando uma onda de choque sonora (o trovão).

No entanto, depois de um certo intervalo de tempo uma segunda descarga-líder descendente pode ocorrer seguida também por uma de retorno: este então não é mais o líder e é muito mais rápido que o primeiro, sendo então chamado de *dart leader*. Quando sucedem várias dart leaders seguidas de suas descargas de retorno, nós temos as chamada descargas atmosféricas múltiplas (**figura 2**).

O Poder das Pontas

Em 1749, Benjamin Franklin escreveu uma série de cartas para a Royal Society (uma sociedade científica, em Londres) descrevendo as suas experiências elétricas e as suas interpretações. Numa delas referiu-se ao extraordinário "poder das pontas" observado nos objetos pontiagudos eletrizados, poder esse que permitia extrair ou projetar o "fogo elétrico", que se manifestava nos fenômenos chamados elétricos, de atração e de repulsão, e que provocavam faíscas de uns corpos para outros.

Este poder funciona da seguinte forma, imagine um condutor vertical (uma haste de para-raios por exemplo): durante as tempestades os campos elétricos aumentam os seus valores, desta forma ocorre uma concentração de campo na ponta da haste, se a intensidade de campo na ponta da haste ultrapassar certo valor crítico haverá um curto-circuito com parte do campo elétrico da nuvem, pois irá ocorrer a ionização por colisão, em consequência ocorrendo o transporte de íons positivos da terra (através da haste para a atmosfera), (**figura 3**).



F1. Nuvens do tipo Cumulus Nimbus.



F2. Descargas atmosféricas múltiplas.

Proteção

Um sistema completo de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) pode ser dividido em duas partes:

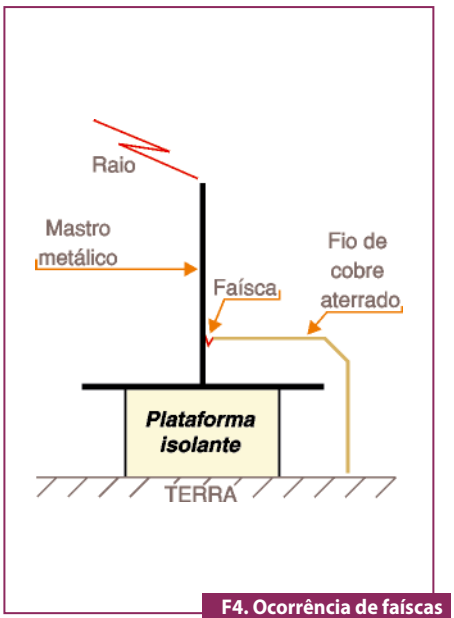
- **Earthing** - responsável pela absorção e transferência da energia proeminente das descargas atmosféricas, compreendido portanto pelo sistema de hastes verticais e eletrodos horizontais.
- **Grounding** - referente aos meios e princípios de vinculações elétricas que devem preservar a segurança, dissipação para os sistemas de proteção contra surtos e criação de potenciais referentes.

Earthing

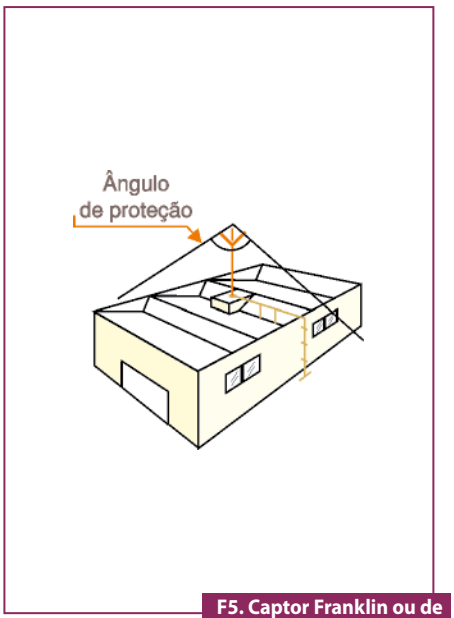
Foi em 1752 que Benjamim Franklin verificou que entre um corpo eletrizado e outro pontiagudo apenas saltava faísca quando este último estava ligado à terra, e na sequência ele realizou uma das suas mais famosas experiências, quando utili-



F3. Ionização da terra para a atmosfera através da haste.



F4. Ocorrência de faíscas durante uma trovoada.



F5. Captor Franklin ou de Ângulo de Proteção.

zando um dispositivo baseado nos "papagaios" de papel e com uma chave presa na outra extremidade da linha (e conectada à terra), quando pode comprovar a descarga recebida pelo "papagaio" ao carregar uma garrafa de Leyden permitiu-lhe verificar que as nuvens estavam carregadas de eletricidade.

N.A. - A "garrafa de Leyden" é um tipo de capacitor de alta tensão de uso comum em eletrostática. Na forma usual atualmente (últimos 200 anos...), consiste em um pote cilíndrico de material altamente isolante, com uma folha metálica fixada por fora e outra fixada por dentro. Um terminal atravessando a tampa do pote faz contato com a folha interior, e um anel metálico faz contato com a folha exterior, constituindo assim os dois terminais do capacitor.

Esta primeira experiência deu base a uma segunda, que foi realizada na França. Sendo montado um mastro metálico isolado da terra, um fio de cobre foi ligado à terra e um dos experimentadores presentes (isolado do cobre com vidro) aproximou o cobre do mastro durante uma trovoada, observando faíscas a saltar entre o mastro e o cobre, o que comprovou a teoria de Franklin (**figura 4**).

Esta experiência serviu também para mostrar a capacidade de proteção que este para-raios proporciona, desde que o mastro seja ligado a terra. O que hoje constitui a base do sistema de proteção pelo método de ângulo de proteção, também chamado método Franklin.

Captores

O captor tem a função de interceptar a descarga atmosférica, sendo que os métodos mais utilizados de captores são:

- **Método Franklin ou de ângulo de proteção** – que consiste na instalação de um captor sobre um mastro colocado na parte mais alta do telhado. Este mastro possui ligação com cabos de descida colocados nos cantos externos da casa, que tem como função levar a descarga elétrica até o solo (**figura 5**).
- **Condutores em Malhas ou gaiolas** – o contorno de todo o telhado é feito por uma malha de fios metálicos intercalados por pequenas hastes responsáveis pelo recebimento de descargas elétricas, que descem através dos cabos ligados à malha (**figura 6**).

Descidas

São os cabos, ou outros meios, responsáveis por conduzir a descarga elétrica desde o captor até o sistema de aterramento.

Aterramento

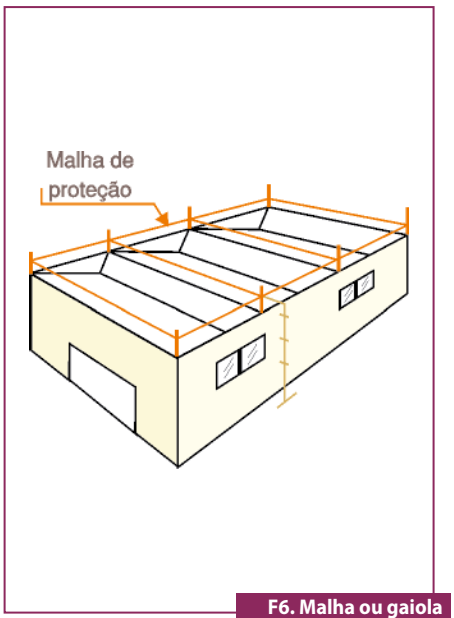
É formado pelo conjunto de eletrodos, cabos e conexões fabricados em cobre, que constituem o caminho de escoamento e dispersão da corrente recebida pelos captores e conduzida ate o sistema para a terra, sem provocar tensões de passos perigosas e mantendo baixa a queda de tensão, e desta forma diminuindo ao máximo a probabilidade de riscos a área/pessoas.

Na **figura 7** podemos observar as diferentes configurações de uma malha de aterramento.

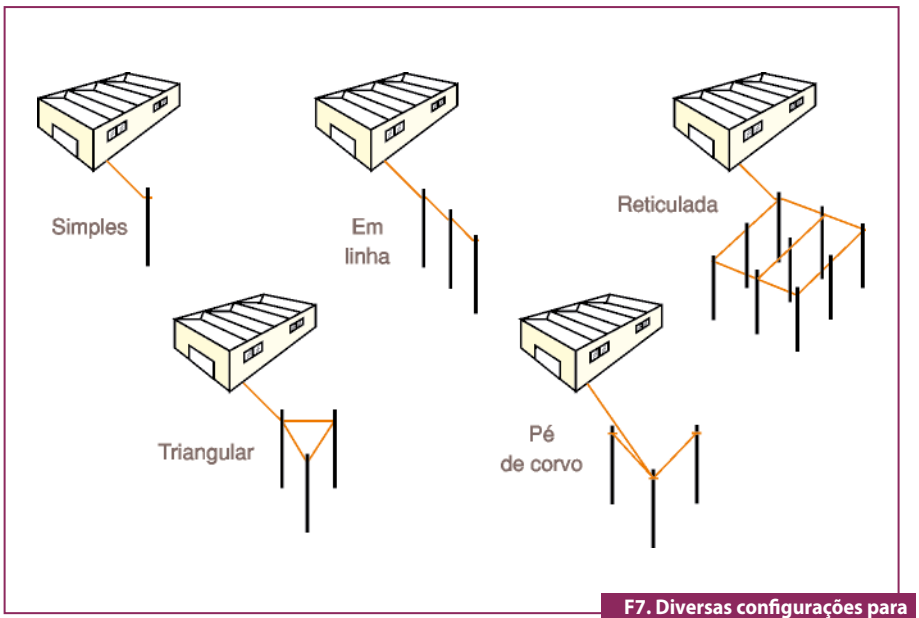
Efeitos Indiretos

Como já estudamos, uma descarga elétrica com a potência gerada pode causar enormes danos aonde atinge, por isso é necessário o uso de captores, descidas e aterramento, evitando que as estruturas e edifícios sejam total ou parcialmente destruídas pelos raios. No entanto, os danos causados indiretamente pelos raios são tão importantes quanto os diretos, pois quando ocorre a queda de um raio em um prédio adequadamente protegido contra descargas diretas, são geradas sobretensões nas redes da empresa concessionária (tanto nas linhas de média quanto nas linhas de baixa tensão), nas instalações elétricas do próprio edifício e naquelas dos edifícios vizinhos. Um prédio a centenas de metros de um outro que recebeu a descarga pode ter seus equipamentos danificados ou, nos casos mais graves, até serem totalmente destruídos.

E, na maioria dos casos, é mais crítica e importante a interrupção das comunicações ou ainda a perda de programas em processamento do que os próprios equipamentos em si que precisam ser substituídos devido ao raio.



F6. Malha ou gaiola de fios metálicos.



F7. Diversas configurações para uma malha de aterramento.

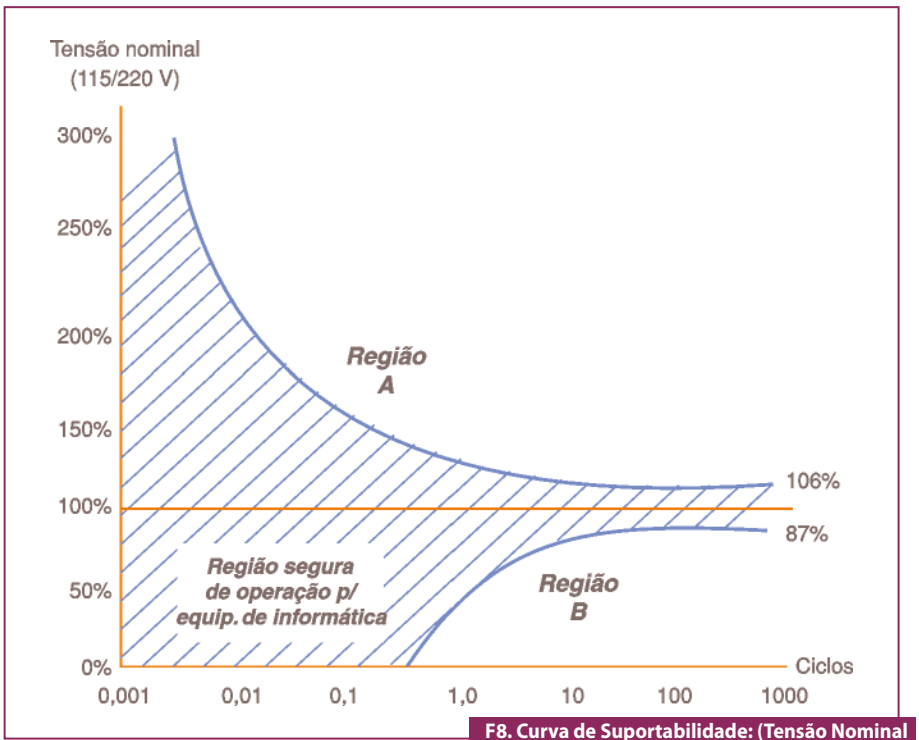
É importante lembrar que não são apenas as tensões, mas também nos níveis de energia que determinam a avaria de um equipamento.

Níveis de Exposição e Suportabilidade

A aplicação de um determinado tipo de circuito de proteção contra surtos depende, principalmente, do grau de exposição a descarga atmosférica da instalação ou qualquer outro STE, ou seja, o quanto o equipamento a ser protegido está exposto a um surto (STE).

Características dos níveis de exposição

- **Exposição elevada:** situações com alta probabilidade de impacto direto ou ocorrências muito próximas de descargas atmosféricas. Ex.: Topo de montanhas, altas estruturas, linhas aéreas etc.
- **Exposição moderada:** instalações eletrônicas em prédios pouco sujeitos a ação direta, mas ainda sujeitos a interferência de descargas atmosféricas próximas.
- **Exposição baixa:** equipamentos em uma única sala ou abrigo, alimentados através de um mesmo quadro de distribuição, com cabos de comunicação também confinados na mesma sala.



F8. Curva de Suportabilidade: (Tensão Nominal X Nº Ciclos) para equipamentos eletrônicos.

Suportabilidade

Suportabilidade é a tolerância máxima, em níveis de tensão e corrente, aplicados sem a degradação das características originais de um equipamento, seja em aplicação repetitiva ou não.

Os equipamentos eletrônicos possuem uma curva de suportabilidade de tensão dependente do tempo de duração do impulso ou sobretensão do surto.

O estudo publicado pela CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association) estabelece uma orientação segura para operação de equipamentos de informática, baseada nas características técnicas das suas fontes de alimentação, sendo uma forma eficiente de preparar uma operação ótima de equipamentos no que tange a alimentação elétrica (**figura 8**).

Equipamentos que operam nas regiões A e B podem ter seu funcionamento comprometido.

Características Desejáveis dos Módulos Protetores

Para podermos especificar qual é a melhor proteção para cada tipo de STE, foram definidos alguns parâmetros e características elétricas desejáveis destes equipamentos:

- **Tensão de Clamping** – é o valor de tensão medido pico a pico, após o tempo de atuação da proteção, ou seja, é a tensão garantida após a proteção ter sido acionada;
- **Sobretensão residual** – é o máximo valor medido pico a pico no instante anterior a atuação da proteção - é a tensão máxima em que o equipamento fica exposto antes da atuação do protetor;
- **Tempo de resposta** – é o tempo decorrido entre a aplicação do pulso e a atuação da proteção. O ponto de atuação da proteção caracteriza-se pela passagem do pulso pelo valor de Clamping, sendo que após este instante a tensão nos terminais do protetor é mantida nos limites específicos da atuação do mesmo.
- **Fator de Clamping** – é a razão entre a sobretensão residual e a tensão de clamping:

$$Fc = \frac{Vrd}{Vc}$$

Baseados nestes parâmetros, agora podemos definir as características desejáveis dos protetores contra STE:

- **Grande capacidade energética** – para que possa suportar grandes descargas de corrente e tensão;
- **Velocidade rápida de atuação com baixa sobretensão residual** – quanto mais rápido ele atuar, menor será a sobretensão que o equipamento protegido irá receber;
- **Tensão de Clamping** condizente com a classe de suportabilidade do equipamento protegido;
- **Baixa atenuação** – para que os equipamentos não tenham suas capacidades alteradas;
- **Baixa distorção** – evitando assim problemas como ruídos na linha telefônica.

Centelhador a Gás

Os centelhadores são constituídos por dois ou três eletrodos dentro de um tubo de vidro ou cerâmica, separados por uma distância bem determinada, na ordem de 1 mm, sendo o volume preenchido por um gás raro.

Ele atua quando os limites de corrente forem excedidos (seja em corrente, duração ou número de aplicações) podendo ter seus eletrodos fundidos. Para entender melhor, quando ocorre um aumento brusco da tensão (por um surto que atinge o centelhador), inicia-se um processo denominado avalanche, e que conduz a disrupção do gás. Uma vez estabelecido o arco entre os eletrodos, a tensão de alimentação pode cair que o arco se mantém (é uma descarga autossustentada). O arco só será extinto se a fonte não conseguir fornecer correntes da ordem de 1 mA, ou se a tensão da fonte ficar abaixo da tensão do arco (entre 10 V e 20 V).

Devido a essas características, os centelhadores devem ser usados em circuitos protegidos por fusíveis ou disjuntores junto a eles e do lado da fonte.

Varistores

Os varistores são resistores cuja resistência varia com a tensão aplicada, por isso, também denominados VDR.

Os varistores têm uma aplicação bastante ampla devido a larga faixa de tensões (desde 4 V até 4 kV) e de correntes de impulso (100 A até 120 kA), podendo ser fornecidos para soldagem direta SMD, nas placas de circuito impressa (PCB – Power Circuit Board), com terminais, ou ainda sem terminais (os chamados blocos para uso nos para-raios).

Diodos Supressores

Os diodos supressores são baseados nos diodos Zener que são usados normalmente como diodos estabilizadores de tensão, mas para serem empregados como proteção sua construção deve ser especial para obterem maiores junções entre grãos de silício e maior massa nos terminais e, desta forma, aumentando a dissipação de calor. Comercialmente recebem diversos nomes, sendo os fabricados respectivamente pela Siemens (TAZ) e pela General Semiconductors (TRANSZORB) os mais facilmente encontrados no comércio. O tempo de resposta é teoricamente de 1 a 5 ns, mas esse tempo raramente é conseguido devido a indutância dos terminais.

Em relação aos varistores os diodos são mais rápidos, de menor tamanho e dão melhor proteção, mas em contrapartida têm menor capacidade de dissipar potência e são mais caros. Desta forma eles são usados como proteção fina, ou em locais onde as energias são baixas e precisamos de um elevado nível de proteção.

Proteção híbrida

Como podemos observar, um único dispositivo de proteção não atende simultaneamente aos requisitos de tempo de atuação, capacidade de condução de corrente e as características de suportabilidade de tensão dos equipamentos que normalmente precisamos proteger. Surge então a opção de usarmos uma proteção híbrida, onde usamos as qualidades de cada elemento de proteção para atenuar as desvantagens do outro, sendo normalmente dividida em proteção primária, proteção secundária e filtros.

Sendo que a proteção primária deve atender as características do surto, principalmente quanto a capacidade de condução de corrente. E apresenta níveis de tensão de operação superiores àqueles suportados pelos equipamentos protegidos e sua velocidade de atuação sempre é menor que a requerida.

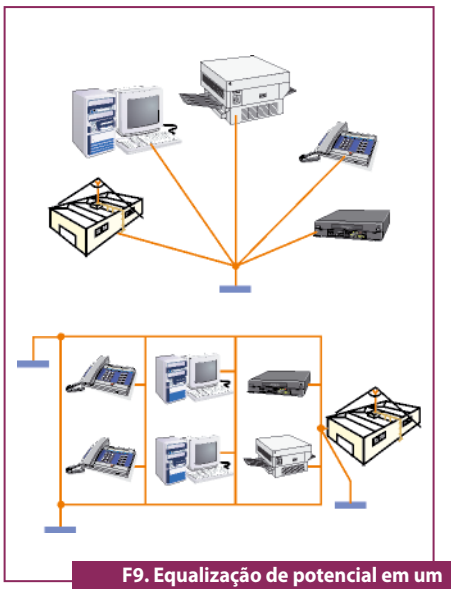
Os próximos estágios já apresentam sempre velocidades de atuação superiores e níveis de atuação (tensão de disparo) precisos e compatíveis com os níveis de suportabilidade de tensão dos componentes a serem protegidos, porém possuem baixa capacidade de condução de energia.

Para atuar como elemento de retardo de corrente e divisor de potência são utilizados filtros, normalmente indutivos, que defasam e dividem a corrente e a tensão em tempo suficiente para permitir que o estágio subsequente opere com baixos níveis de energia até que ocorra a atuação da proteção primária.

Equalização de potencial

Para nos assegurarmos quanto à proteção contra STE, um sistema de aterramento equalizado, ou seja, único, se constitui como a proteção mais completa, isto é, ele garante uma proteção contra descargas atmosféricas, proteção das instalações de baixa tensão, dos sistemas eletrônicos e de telecomunicações.

A equalização de potencial é necessária principalmente onde existam muitos equi-



F9. Equalização de potencial em um ponto, ou distribuída em vários pontos.

pamentos eletrônicos sensíveis, e em alguns casos é a única proteção de equipamentos e operadores.

A equalização de potencial é obtida mediante a interligação equipotencial, interligando:

- Sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- Armação metálica da estrutura;
- Instalações metálicas;
- Massas e blindagens de condutores;
- Sistemas elétricos;
- Sistemas eletrônicos;
- Sistemas de telecomunicações;

Lembrando que os condutores vivos devem, obrigatoriamente, ser conectados através de protetores contra surtos.

A equalização deve ser efetuada tanto em um único ponto, quando as distâncias forem pequenas, como em vários pontos, quando há grandes distâncias ou vários equipamentos em um mesmo ambiente (**figura 9**).

Conclusão

Os sistemas de proteção contra surtos são visivelmente negligenciados durante uma manutenção ou até mesmo durante a instalação de sistemas eletroeletrônicos, então, espero ter demonstrado de uma forma geral que a instalação de uma proteção não é simplesmente uma norma legal, e sim uma segurança para os equipamentos eletroeletrônicos e, principalmente, para nós mesmos que trabalhamos uma boa parte do dia perto de um micro ou uma máquina conectada a sistemas elétricos.



Influência das Harmônicas na Alimentação de Dispositivos Eletrônicos:
Efeitos, e como eliminá-los

Na primeira parte deste artigo vimos que a energia da rede que alimenta dispositivos em indústrias, comércios e residências não é pura, contendo harmônicas que podem causar sérios problemas a esses equipamentos. Nessa 2ª parte veremos quais são esses efeitos e, uma vez constatados, como podem ser eliminados.

Newton C. Braga

Componentes de uma instalação, equipamentos e a própria instalação elétrica podem ser afetados pela presença de harmônicas. Danos irreversíveis podem ocorrer em muitos dos casos.

Os efeitos da presença de harmônicas em uma rede se manifestam de diversas formas. Em alguns casos, eles podem ser ouvidos na forma de oscilações ou vibrações estranhas dos aparelhos alimentados. Em outras situações, podem ser percebidos pelo sobreaquecimento ou mesmo oscilações da tensão afetando o brilho das lâmpadas que iluminam o local. No entanto, a maioria só poderá ser detectada de forma eficiente com a utilização de instrumentos apropriados. Analisemos esses efeitos.

Sobreaquecimentos

As harmônicas podem ter frequências muitas vezes maiores do que o sinal fundamental. Pelo efeito pelicular, as correntes de frequências mais elevadas tendem a circular pelas camadas exteriores do condutor. Isso significa que a resistência encontrada (pela distribuição não uniforme da corrente) será maior, com um aquecimento consequentemente maior, conforme mostra a **figura 1**.

Atuação de Sistemas de Proteção

Os valores eficazes das correntes podem ser pequenos, mas se o fator de crista for elevado, dada a presença de harmônicas, teremos o disparo dos dispositivos de proteção, mesmo que a corrente no circuito seja aparentemente menor do que o necessário para isso.

Veja que esse fato é importante nos casos onde tenhamos computadores sendo alimentados por uma rede comum e equipamentos que tenham características capazes de gerar harmônicas e, com isso, disparar disjuntores com frequência. Circuitos separados ou *no-breakes* são recomendados para que não ocorra a perda de informações em caso de interrupção do fornecimento de energia.

Ressonância

Cargas indutivas em paralelo com cargas capacitivas podem formar um circuito ressonante LC, conforme ilustra a **figura 2**.

Os bancos de capacitores usados na correção do fator de potência de certas instalações formam com as cargas indutivas, circuitos ressonantes capazes de amplificar certas harmônicas presentes nessas redes.

Alterações de Tensão e Fator de Potência

Como um outro efeito provocado pela presença de harmônicas numa rede, temos o aumento das quedas de tensão e a redução do fator de potência.

O que Fazer para Corrigir os Problemas?

Constatando-se problemas causados pela presença de harmônicas em uma rede, diversas são as ações a realizar no sentido de se fazer sua correção. A seguir, detalhamos algumas delas.

Cuidados com os condutores de Fase e Neutro

Os critérios da norma NBR5410 devem ser a base para o dimensionamento dos condutores. Na norma é previsto o caso ideal em que não existem harmônicas.

Entretanto, a corrente do circuito deve considerar a presença das harmônicas,

levando-se em conta que ela pode chegar a ter até três vezes o valor das correntes das fases, veja a **figura 3**.

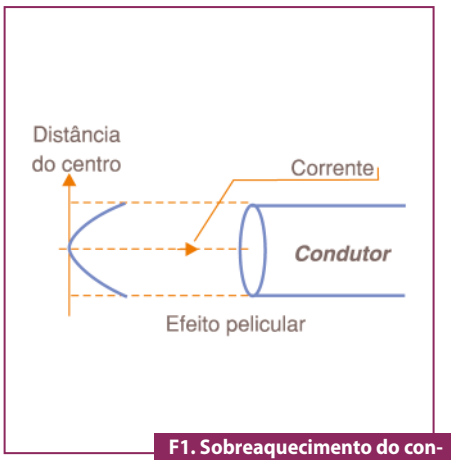
Assim, em lugar da recomendação da norma para que o condutor de neutro tenha metade da secção das fases, em alguns casos esse condutor deverá ser até mais grosso que os condutores de fase, dada a presença das harmônicas.

Um descuido nesse dimensionamento pode levar a sobreaquecimentos e até a problemas com o próprio dispositivo alimentado.

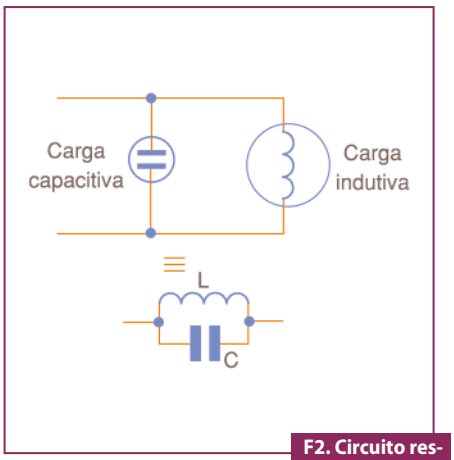
Isso nos leva a procedimentos básicos para a determinação das secções dos condutores para circuitos trifásicos em que estejam presentes harmônicas, principalmente de 3ª ordem nas fases. Considerava-se ainda que os condutores sejam dos mesmos materiais.

Esses procedimentos consistem em se corrigir as bitolas recomendadas de acordo com a presença de harmônicas conforme a seguinte **tabela 1**. Essa correção é válida para circuitos trifásicos de 4 condutores.

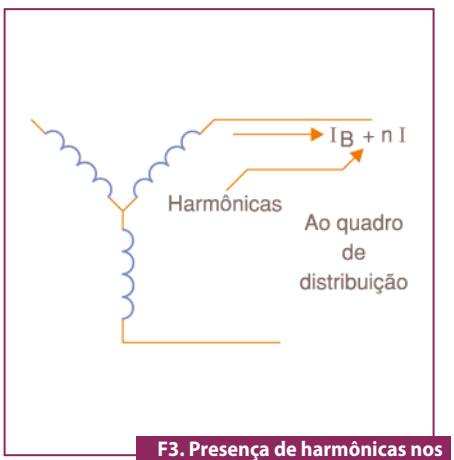
Esta tabela deve ser usada em conjunto com as tabelas **31 a 34 da NBR5410/97**.



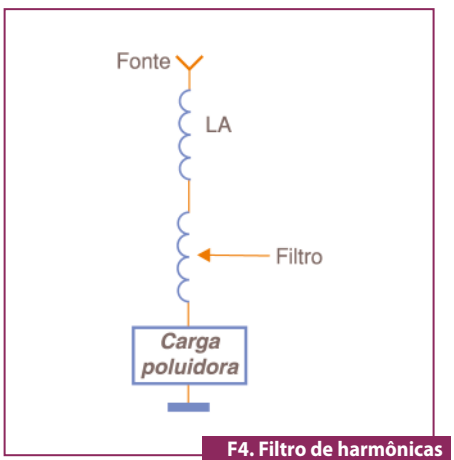
F1. Sobreaquecimento do condutor pelo efeito pelicular.



F2. Circuito ressonante LC.



F3. Presença de harmônicas nos condutores de Fase e Neutro.



F4. Filtro de harmônicas com uso de Indutância.

Filtros

O controle da presença de harmônicas em uma instalação é de vital importância para se ter algumas garantias importantes para o correto funcionamento dos aparelhos alimentados. Uma baixa THD significa ter uma forma de onda mais próxima possível da senoidal.

Internacionalmente, recomenda-se como limite para a presença dessas distorções em todos os pontos de uma instalação 5 %. Normas como a IEC 61000 – 3 – 2 , IEC – 3 – 4, IEEE 519-2 especificam os limites de THD que devem existir numa instalação elétrica.

Os valores de THDU e THDI (Distorções Harmônicas de Tensão e Distorções Harmônicas de Corrente) estão interligados. Isso significa que os processos utilizados na sua redução podem operar com as duas grandezas.

Os processos usados na redução da THDI e THDU são basicamente três.

Uso de indutâncias

Neste caso, o que se faz é ligar uma indutância em série com o dispositivo alimentado, conforme mostra a **figura 4**.

A indutância agregada é somada à indutância do cabo e da fonte (transformador ou gerador), ocorrendo então uma atenuação dos sinais de frequências mais elevadas. que correspondem justamente às harmônicas. Fontes chaveadas usadas em computadores e outros dispositivos fazem uso desta técnica.

Embora esta solução tenha uma eficiência limitada e dependendo da aplicação suas dimensões possam ser grandes, além de haver uma certa queda de tensão na linha, as vantagens principais estão na sua simplicidade e possibilidade de uso praticamente em qualquer tipo de fonte.

Filtro passivo

Neste caso, conforme exibe a **figura 5**, o que se faz é ligar um filtro LC em paralelo com o circuito alimentado, responsável pela poluição da energia.

Os valores dos elementos deste circuito devem ser tais que a impedância do filtro seja zero na frequência da harmônica que deve ser eliminada. Esse filtro também recebe a denominação de "não compensado".

Um outro tipo de filtro LC é o compensado, que tem a configuração dada na **figura 6**.

Nesse filtro temos uma indutância a mais ligada em paralelo com o conjunto LC série. Essa indutância adicional reduz

Porcentagem da 3ª harmônica na fase	Correção da secção baseada na fase	Correção da secção com base no neutro
0 – 15%	1,0	-
15 – 33%	0,86	-
33 – 45%	-	0,86
maior que 45%	-	1,0

T1. Correções das bitolas dos fios FASE e NEUTRO.

a energia capacitiva exigida do gerador, principalmente no momento da partida.

Estes filtros passivos apresentam como principal vantagem a sua simplicidade e confiabilidade, além da facilidade de instalação, sendo bastante eficientes quando a taxa de distorção harmônica é inferior a 5 %.

Todavia, como desvantagem eles eliminam apenas os sinais sintonizados, não sendo eficazes numa banda mais larga.

Filtros Ativos

Os filtros ativos ou condicionadores ativos como também são chamados, são ligados em paralelo entre a fonte geradora das harmônicas e a fonte de alimentação, atente para a **figura 7**.

Esse tipo de filtro monitora em tempo real as fases do sinal, e a partir dessa análise ele gera o espectro harmônico. Com as informações contidas neste espectro harmônico, o filtro gera uma corrente de compensação que é a diferença entre a corrente total da carga e a fundamental.

Essa corrente (que consiste na soma das correntes fundamental e harmônicas) é injetada no circuito, porém em oposição de fase de modo a cancelar os sinais harmônicos. O resultado da combinação dessas correntes é um sinal senoidal puro aplicado à carga.

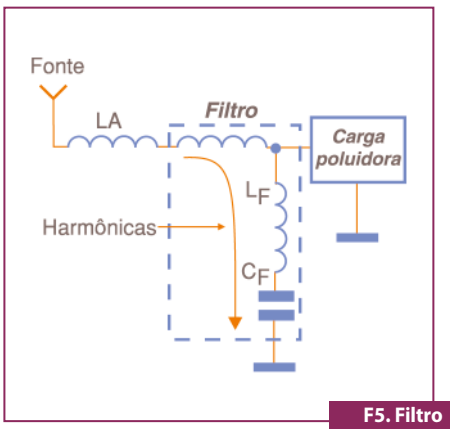
Veja que, este filtro faz com que no percurso entre a fonte e a carga não existam correntes harmônicas circulando. Note, então, que outros equipamentos ligados à mesma fonte neste percurso não serão afetados pela eventual presença de harmônicas na linha de alimentação.

Os filtros ativos são circuitos com semicondutores de potência, normalmente IGBTs, e são projetados para atuar numa faixa de harmônicas que vai do segundo ao vigésimo quinto.

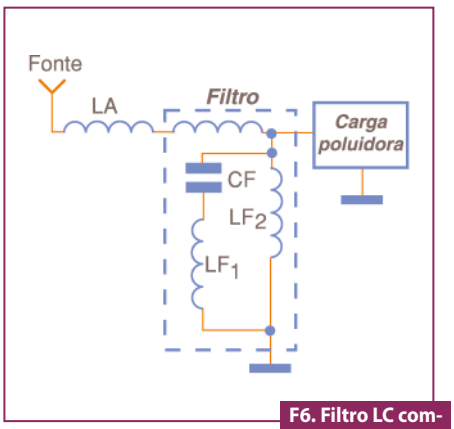
Transformadores

Em muitas instalações são usados transformadores que têm por finalidade modificar as tensões e correntes, ou ainda para se obter um neutro de forma diferente, isolando trechos ou ainda proporcionando um nível segurança maior.

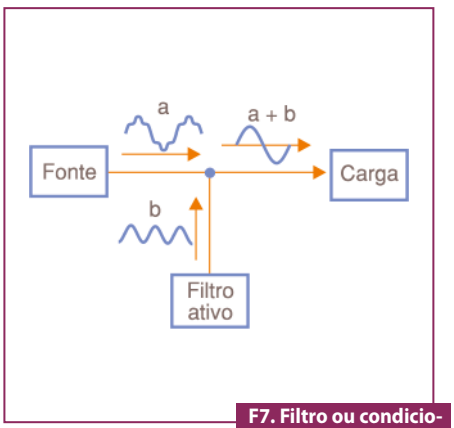
No entanto, as propriedades elétricas desses componentes também permitem que eles sejam empregados na confinação dos circuitos que alimentam equipamentos geradores de harmônicas. Um transformador pode bloquear a passagem das harmônicas de uma linha para outros trechos, afetando assim outros equipamentos que são alimentados por essa mesma linha, acompanhe na **figura 8**.



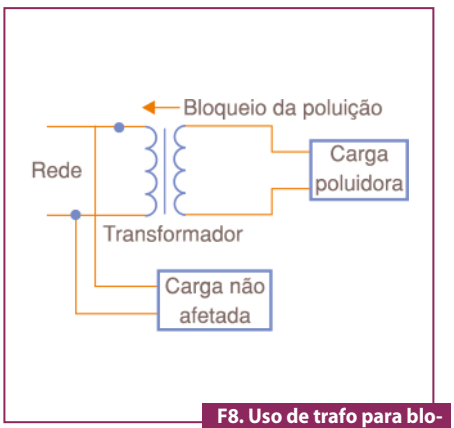
F5. Filtro Passivo LC.



F6. Filtro LC compensado.



F7. Filtro ou condicionador ativo.



F8. Uso de trafo para bloquear harmônicas.

O modo como os enrolamentos de um transformador são ligados determina a ordem de bloqueio de certas harmônicas. Logo, temos duas possibilidades.

Na primeira, mostrada na **figura 9**, um transformador com uma ligação triângulo/estrela é capaz de confinar ao trecho alimentado pelos secundários as terceiras harmônicas e suas múltiplas.

Esse tipo de aplicação para um transformador é especialmente indicado para a alimentação de quadros que tenham como cargas equipamentos com fontes monofásicas, tais como computadores, copiadoras, eletrodomésticos, etc.

Para o caso de cargas trifásicas, onde predominam as quintas e sétimas harmônicas, a melhor solução consiste na utilização de um transformador com secundário duplo, conforme ilustra a **figura 10**.

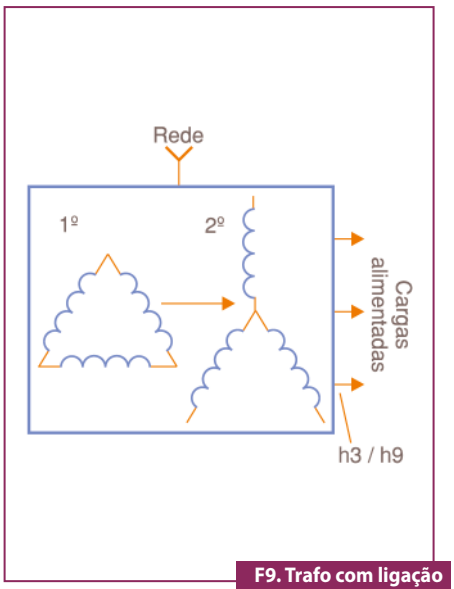
Estes enrolamentos fazem com que haja um deslocamento de fase de 30 graus nas tensões, o que implica com que as correntes harmônicas se somem algebricamente e com isso se cancelem antes do transformador, desaparecendo assim da linha que alimenta o primário.

Este tipo de solução deve, entretanto, alimentar apenas cargas trifásicas de mesmas características, ou seja, que tenham o mesmo espectro harmônico além de carregarem da mesma forma os enrolamentos secundários do transformador. Isso é necessário para que as correntes de primário, quando somadas, resultem em um valor o mais próximo de zero quanto seja possível.

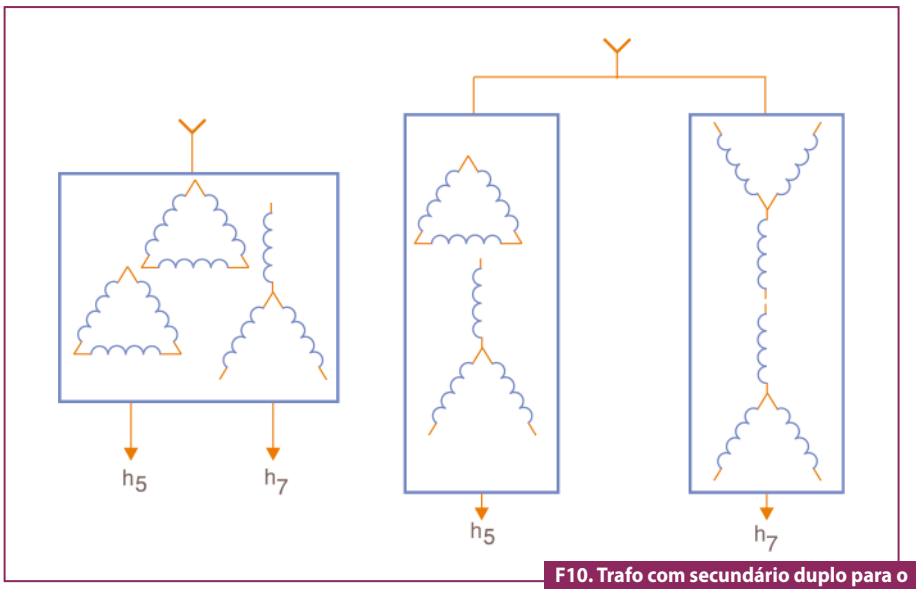
Conclusão

A presença de harmônicas numa linha de alimentação é um problema que se agrava com o uso de dispositivos comutadores, na maioria das aplicações.

As fontes comutadas, os dispositivos da família dos tiristores que trabalham com a rápida comutação de correntes em



F9. Trafo com ligação triângulo/estrela.



F10. Trafo com secundário duplo para o caso de cargas trifásicas.

inversores de frequência, os controles de velocidade e muitos mais geram uma grande quantidade de harmônicas que polui as linhas de alimentação, causando diversos tipos de problemas.

Nestes dois artigos estudamos como as harmônicas são geradas, o que elas podem causar em uma instalação e completamos com alguns procedimentos que podem ser adotados para sua eliminação, entre eles o uso de filtros e transformadores.

Também tratamos da escolha adequada dos cabos de uma instalação onde a presença de harmônicas ocorra de forma mais frequente, podendo causar problemas de aquecimentos e desarme de dispositivos de proteção.

Acreditamos que este artigo tenha sido de grande utilidade para os que fazem instalações elétricas, manutenção de instalações, principalmente em indústrias e outros locais onde esses problemas possam se manifestar de forma mais intensa. E





Soluções Texas Instruments para Transmissão de Dados pela Rede de Energia (PLC)

*Em importante documentação técnica, a Texas Instruments (***www.ti.com***) descreve soluções para se implementar comunicações utilizando a rede de transmissão de energia elétrica ou PLC (***Power Line Communications***). Estas soluções encontram uma enorme gama de aplicações práticas que procuramos descrever neste artigo, totalmente baseado naquela documentação. Os leitores que tenham um bom conhecimento do inglês podem acessar a documentação original digitando:* **slay021PLC***, no search do* ***site*** *daTexas Instruments.*



Newton C. Braga

O meio ruidoso em que se constitui a rede de transmissão de energia dificulta a sua utilização em comunicações a longas distâncias e em altas velocidades. No entanto, para curtas e médias distâncias, ou em sistemas que não exijam altas velocidades, a implementação de sistemas se torna viável permitindo sua utilização numa ampla gama de aplicações práticas.

Com a possibilidade de se usar o próprio cabeamento de energia para transmitir dados, aplicações importantes na automação predial, segurança e mesmo *links* de dados para monitoramento de consumo se tornam simples de implementar, com custos reduzidos e desempenhos que atendem plenamente aos usuários.

Dentre as possibilidades que a PLC oferece, destacamos o controle de lâmpadas (*dimmers*) feito a partir de qualquer local de uma instalação elétrica ou de uma central inteligente de controle que gerencie a energia consumida no local. O mesmo sistema pode acionar (ou desligar) lâmpadas em determinados horários segundo programação, usando os comandos feitos através da própria rede de energia que as alimenta. Também podemos implementar sistemas de segurança com sensores inteligentes que se comunicam com uma central, utilizando a fiação do próprio prédio que deve ser protegido.

O monitoramento do consumo de energia, aparelho por aparelho, registrado numa central inteligente que também o gerencie, é outra possibilidade importante que a PLC apresenta.

Com uma preocupação crescente com o consumo consciente da energia e a entrada e utilização de novas fontes, como os painéis solares, o gerenciamento do interfaceamento das diversas fontes, feito através da própria linha de energia que elas fornecem, é possível com o emprego da tecnologia PLC.

Um gerenciamento dos inversores utilizados com os painéis solares a partir de centrais inteligentes pode ser criado com facilidade de modo a se obter o melhor aproveitamento da energia gerada.

Parâmetro	IEC1334 S-FSK	PRIME (OFDM)	G3 (OFDM)	P1901.2 / G3-FCC (OFDM)
Tamanho da Modulação	Spread frequency shift keying	DBPSK / DQPSK / D8PSK	DBPSK / DQPSK / (D8PSK)	D8PSK/DQPSK/D8PSK/modulação coerente
Correção de erro direta	N/A	½ taxa do código convolucional	RS Externo + taxa interna ½ código convolucional	RS Externo + taxa interna ½ código convolucional
Taxa de dados	2,4 kbps	21, 42, 64, 84, 64 kpbs (com codificação)	20, 36/34, 76 (46)kpbs (com codificação)	Escalável até 250 kbps
Plano de banda	CENELEC-A	Continuo 42-89 kHz (definido pelo cenário LV)	36-91 kHz com mascaramento de tom para SFSK	CENELEC-A, Banda FCC
Modo ROBO	Não	Não	Sim	Sim
Máscara de tom	Não	Não	Sim	Sim
Mapa de tom adaptativo	Não	Sim	Sim	Sim
MAC	IEC61334 MAC	PRIME MAC	Perfil 802.15 4/63	Baseado no 802.15.4
Camada de convergência	IEC61334-4-32	IEC61334-4-32/IPv6	6LoWPAN/IPv6	6LoWPAN/IPv6
Aplicação para medida	COSEM/DLMS	COSEM/DLMS, IP	COSEM/DLMS, IP	COSEM/DLMS, IP

T1. Principais características dos diversos padrões.

Os Padrões

O modo como os dados podem ser enviados através da rede de energia é estabelecido por diversos padrões. Os padrões existentes levam em conta os diversos ambientes de operação e também as aplicações possíveis.

Os mais conhecidos são os G3 e PRIME. Pode-se dizer que o G3 é "primo" do IEEE P19012, visando aplicações que exigem mais robustez. Dada sua capacidade de trabalhar melhor em ambientes com elevado nível de ruído, atualmente o G3 tem sido o escolhido para a maioria das aplicações. Na **tabela 1**, da documentação da Texas Instruments, damos as principais características destes padrões.

A G3 Alliance é a responsável pela evolução do padrão G3 que opera na banda CENELEC-A usada na Europa, de 3 - 95 kHz, e que pode se estendida por toda banda do FCC de modo a possibilitar uma taxa maior de transmissão de dados em outros países.

O padrão G3 permite a transmissão bidirecional com uma taxa efetiva de 20 a 40 kbps na banda CENELEC-A e até 200 - 400 kbps na banda do FCC (G3-FCC). Ele coexiste com a S-FSK e outras tecnologias PLC legalizadas.

Para proporcionar uma imunidade maior às interferências e atenuação, o padrão G3 adota a modulação OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*). Como resultado, podem ser conseguidos alcances de até 6 milhas em trechos entre transformadores de médias tensões. No caso em que existam transformadores de média e baixa tensão no percurso do sinal, o alcance ficará na faixa de 2 a 3 milhas, dependendo de diversos fatores adicionais.

É muito importante ressaltar a capacidade dos sinais de passar através de transformadores, principalmente em áreas rurais onde a densidade de população é baixa.

O que ocorre é que os transformadores consistem em um obstáculo para os sinais, exigindo eventualmente o emprego de um concentrador, cuja finalidade é "passar" os sinais através dele, aplicando-os a um trecho seguinte da linha.

A utilização de um concentrador com estes transformadores numa localidade de baixa densidade de população não compensa seu custo.

Como o G3 permite a passagem dos sinais através dos transformadores, os concentradores podem ser colocados apenas nos locais em que eles possam reunir dados de diversos locais e em que se observe que eles são necessários.

O G3 também forma o as partes Annex-A e Annex-D (G3-FCC) do ITU G.9955 (G.9956 pra G3 MAC). O IEEE está desenvolvendo uma versão mundial do G3 com o nome de P1901.2, que deverá estar disponível no final de 2012.

Para conseguir maior taxa de dados, o G3-FCC utiliza modulação coerente e diversas demodulações para o modo robô, BPSK, QPSK, 8PSK e 16QAM com um ganho de até 5 dB.

Além do G3

Na busca da melhor solução para implementação da PLC, diversos países estão fazendo testes no sentido de verificar seu desempenho sob condições ruidosas de operação. Podemos citar o caso da Coreia que faz testes com cabos subterrâneos.

Mas não são todos os países que estão adotando o G3. Países como a Espanha e França escolheram outras tecnologias. Evidentemente, diante da batalha entre os padrões, com a possibilidade de cada país adotar um padrão diferente, os OEM que puderem desenvolver produtos multi-padrão estarão numa posição privilegiada para colocar seus produtos no mercado.

A Texas Instruments disponibiliza uma plataforma que pode operar com todos os padrões da tabela que demos. Para isso ela criou a PLC-Lite™ como plataforma de desenvolvimento não baseada em padrões, de baixo custo e muito flexível para o desenvolvimento de aplicativos PLC.

Justamente por não ser uma plataforma de desenvolvimento padronizada, os desenvolvedores podem explorar a flexibilidade da PLC-Lite™ para otimizar a implementação das características específicas de canal e, com isso, melhorar a robustez do link em ambientes em que a G3 e PRIME encontram dificuldades devido ao fato de que o nível de interferência na linha exige capacidade de manuseio excepcional.

A taxa máxima de dados da PLC-Lite™ é de 21 kbps e ela suporta tanto os modos Banda Completa (*Full-band*) como Meia Banda (*Half-band*), conforme a **tabela 2**. Ela possui recursos para proporcionar robustez em relação a determinados tipos de interferência como as de banda estreita que podem afetar os links G3.

A PLC-Lite™ é apropriada para as aplicações muito sensíveis ao custo e onde a complexidade do G3 e PRIME não são exigidas. No entanto, um canal robusto de comunicação é necessário.

Podemos fazer uma comparação com os controles remotos de diversos aplicativos domésticos que não necessitam de todas as capacidades do Wi-Fi para um simples aumento de volume, liga- desliga de um CD, ou troca de canal de um televisor.

Isto é importante, pois numa aplicação simples como: acender ou apagar uma lâmpada, mudar volume, ou trocar canal não se necessita mais do que alguns kbps para executar a função.

A PLC-Lite também é especialmente indicada para desenvolvimento de dispositivos que devem operar além do medidor de energia como conversores solares, iluminação industrial e residencial e aplicações de rede.

Flexibilidade através de Software

Com o seu software plcSUITE™, a Texas Instruments proporciona uma solução totalmente operacional para os principais sistemas PLC com um processamento completo de camadas MAC e PHY, assim como uma API para a aplicação - veja a **figura 1**.

A simplicidade de uso do software plcSUITE™ da Texas Instruments facilita a criação de um produto em muito menos tempo, o que é um fator importante para sua chegada ao mercado antes dos concorrentes.

Os desenvolvedores podem pedir uma versão licenciada do código- fonte, dando a opção de utilizar os componentes que desejarem.

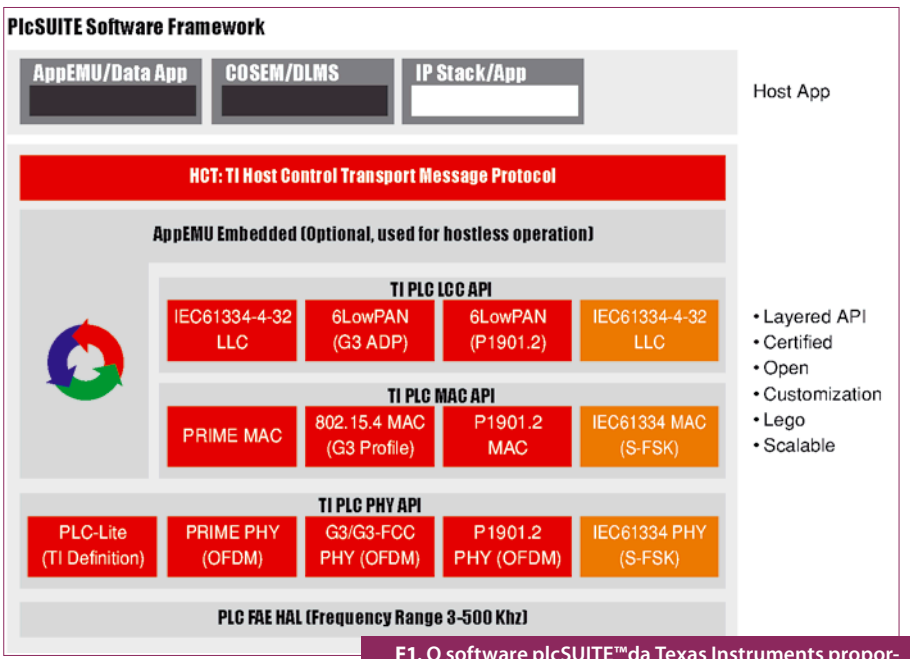
Um dos pontos de destaque do PLC software PE é que ele roda em seus MCUs. Para aplicações em que o PLC deva ser implementado em subsistemas independentes, o microcontrolador PLC83 proporciona uma abordagem econômica.

Caso se exija que a aplicação e o PLC devam rodar no mesmo processador, a plataforma C2000™ Concerto de microcontroladores da Texas Instruments é uma solução importante, pois ela oferece uma variedade de opções com diferentes densidades de memória e capacidades de processamento.

Uma vantagem importante destes processadores é que eles têm ainda a capacidade de suportar maior taxa de dados. Para aplicações de baixo custo, a Texas oferece ainda o processador F280x da série C2000 Piccolo™ que usa a plataforma PLC-Lite™.

Banda	Meia Banda A/B/C/D, configurável no compliante CENELEC run-time	Banda Completa CENELEC A
Largura de banda	23 kHz	47 kHz
Frequência de amostragem	500 kHz	250 kHz
Duração dos dados/cabeçário	2.24 ms	2.24 ms
Duração do preâmbulo (cada)	2.048 ms	2.048 ms
Taxa de dados PHY	21 kbps (BPSK) 11 kbps (BPSK + FEC) 2.6 kbps (Robo-4) 1.3 kbps (Robo-8)	42 kbps (BPSK) 21 kbps (BPSK + FEC) 5.2 kbps (Robo-4) 2.6 kbps (Robo-8)
Tamanho da FFT	1024	512
Tamanho do CP	96	48
Número de subportadoras	49	97
MAC	CSMA/CA	CSMA/CA

T2. Principais especificações nos modos suportados: Meia Banda e Banda completa.



F1. O software plcSUITE™da Texas Instruments proporciona uma solução para os principais sistemas de PLC.

O desenvolvedor poderá escolher a melhor solução para seu produto em termos de custo e desempenho, uma vez que ele dispõe de diversos tipos de microcontroladores.

Kit de Desenvolvimento

Os desenvolvedores podem ter um contato inicial com a tecnologia PLC através do *kit* de avaliação TMDSPCLKIT-V3 da Texas Instruments, o qual inclui a plcSUITE™ e a ferramenta Zero-Configuration Gui Tool. Trata-se de uma poderosa ferramenta que permite a caracterização de um canal de link. No modo de configuração zero, os desenvolvedores podem transmitir dados entre nodos sem ter de definir qualquer parâmetro de configuração. Isso simplifica substancialmente o processo de avaliação, especialmente pelos desenvolvedores que ainda não estão familiarizados com detalhes da implementação de PLC.

A ferramenta também ajuda a acelerar o desenvolvimento de um produto, suportando o modo *expert* no qual o desenvolvedor pode fazer o ajuste fino de uma configuração de canal de modo a capturar mais dados através do canal.

Diversos testes foram realizados em países para se obter informações que permitam a utilização da tecnologia PLC de maneira mais eficiente, analisando como os meios específicos podem influir em seu desempenho. Estes testes podem ser visualizados na documentação original da Texas Instruments no link dado no início do artigo.

Mais informações podem ser obtidas na Texas Instruments do Brasil. E

O que é uma Rede de Sensores sem Fio?

Neste artigo, veremos o que é uma plataforma WSN, e quais são as suas características e topologias. Também veremos uma Rede de Sensores sem Fio da National Instruments.

National Instruments

Uma rede de sensores sem fio (*Wireless Sensor Network*) é uma rede sem fio que consiste de dispositivos autônomos distribuídos espacialmente, os quais utilizam sensores para monitorar condições físicas ou ambientais. Estes dispositivos autônomos, ou nós, são utilizados com roteadores e um *gateway* para criar um típico sistema WSN. Os nós de medição distribuídos comunicam-se (sem fio) com um gateway central, o qual fornece uma conexão ao mundo cabeado onde você pode medir, processar, analisar e apresentar seus dados coletados. Para aumentar a distância e a confiabilidade de uma rede de sensores sem fio, você pode utilizar roteadores para um *link* adicional de comunicação entre os nós finais e o gateway.

As redes de sensores sem fio da National Instruments oferecem confiabilidade, com nós de medição de baixa potência que operam por até três anos com 4 pilhas AA e podem ser utilizados por um longo prazo, operando remotamente. O protocolo NI WSN, baseado nas tecnologias IEEE 802.15.4 e ZigBee, fornece um padrão de comunicação de baixa potência que possui capacidades de roteamento de malha para aumentar a distância e a confiabilidade da rede. O protocolo sem fio que você seleciona para sua rede depende dos requisitos de sua aplicação. Para aprender mais sobre outras tecnologias sem fio para sua aplicação, veja o artigo "*Selecting the Right Wireless Technology*".

Aplicações WSN

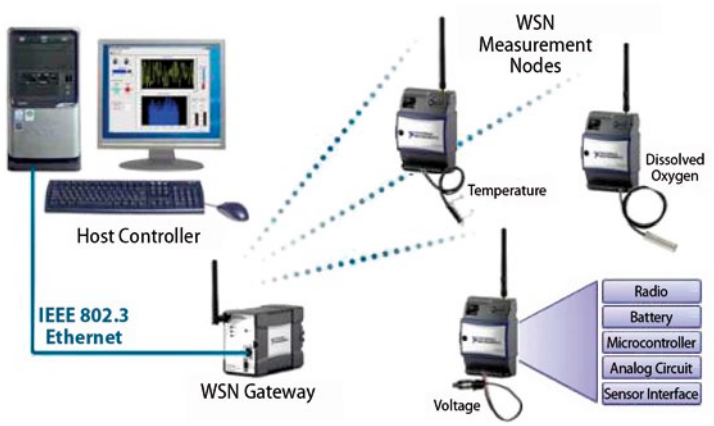
A monitoração integrada abrange várias áreas de aplicação, incluindo aquelas em que limitações de potência ou infraestrutura fazem uma solução cabeada apresentar um custo alto, desafiador, ou quase impossível. Você pode posicionar redes de sensores sem fio junto com sistemas cabeados para criar um sistema de medição e controle completo, cabeado e sem fio.

Um sistema WSN é ideal para uma aplicação como monitoração ambiental, cujos requisitos exigem aquisição de dados por longos prazos para realizar medições de características da água, do solo ou do clima. Para utilidades como rede elétrica, iluminação pública e distribuição de água, sensores sem fio oferecem um método de baixo custo para coletar dados sobre a saúde do sistema, reduzir o consumo de energia e melhorar o gerenciamento de recursos.

No monitoramento de saúde de estruturas, você pode utilizar sensores sem fio para monitorar efetivamente rodovias, pontes e túneis. Você também pode implantar esses sistemas para monitorar continuamente edifícios comerciais, hospitais, aeroportos,



F1. Áreas de aplicação de WSN.



F2. Arquitetura de uma rede de sensores sem fio comum.

fábricas, usinas de energia e instalações de produção. Veja a **figura 1**.

Arquitetura de um Sistema WSN

Em uma arquitetura WSN comum, os nós de medição são implantados para adquirir medidas como as de temperatura, tensão ou mesmo de oxigênio dissolvido. Os nós são parte de uma rede sem fios administrada pelo gateway, que governa aspectos da rede como autenticação de cliente e segurança de dados. O gateway coleta os dados medidos em cada nó e os envia através de uma conexão cabeada, tipicamente Ethernet, para uma controladora *host*. Nesta controladora, um software como a plataforma de programação gráfica NI LabVIEW pode fornecer processamentos e análises avançadas e apresentar seus dados em um estilo que atenda suas necessidades. Observe um exemplo de Arquitetura de Rede na **figura 2**.

Padrões de Potência e Rede

Um nó de medição WSN contém vários componentes incluindo o rádio, a bateria, o microcontrolador, o circuito analógico, e a interface com o sensor.

Em sistemas energizados por baterias, você deve checar constantemente a condição das mesmas e substituí-las quando necessário, pois maiores taxas de dados e uma utilização mais frequente do rádio consomem mais energia.

Atualmente, baterias e tecnologias de gestão de energia evoluem continuamente devido à extensa pesquisa.

Em aplicações WSN é comum a necessidade de três anos de vida das baterias, portanto, muitos destes sistemas hoje são baseados em protocolos ZigBee ou IEEE 802.15.4 devido ao seu baixo consumo de energia. O protocolo IEEE 802.15.4 define as camadas de controle de acesso médio e físico no modelo de rede, fornecendo comunicação nas bandas 868 a 915 MHz e 2,4 GHz ISM, além de taxa de dados de até 250 kb/s. O ZigBee é projetado para atuar sobre as camadas do 802.15.4 para fornecer segurança, confiabilidade através de topologias de rede em malha, e interoperabilidade com outros dispositivos e padrões. O ZigBee também permite aplicação de objetos definidos pelo usuário, ou perfis, que fornecem personalização e flexibilidade com o protocolo.

Além dos requisitos de vida longa, você deve considerar o tamanho, o peso, e a disponibilidade das baterias, bem como as normas internacionais para seu embarque. O baixo custo e grande disponibilidade das baterias alcalinas e de zinco- carbono fazem delas uma escolha comum.

Técnicas de coleta de energia também estão se tornando mais comuns em redes de sensores sem fio. Com dispositivos que utilizam células solares ou coletam calor de seu ambiente, você pode reduzir ou mesmo eliminar a necessidade de fornecimento de energia através de baterias.

Tendências do Processador

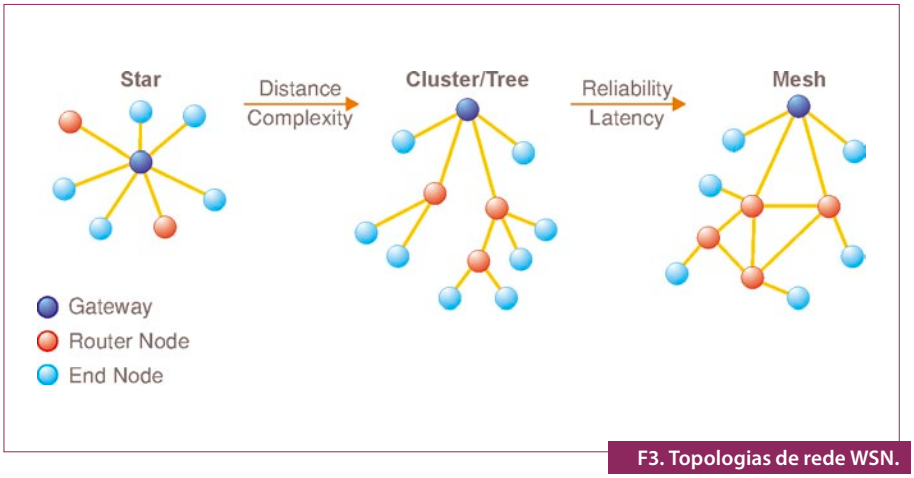
Para prolongar a vida das baterias, um nó WSN acorda periodicamente para adquirir e transmitir dados, ligando o rádio e depois desligando-o para conservar energia.

O rádio WSN deve transmitir de maneira eficiente um sinal e permitir que o sistema volte a dormir, realizando isso com um mínimo consumo de potência.

Do mesmo modo, o processador também deve ser capaz de acordar, energizar-se e voltar a dormir de modo eficiente. As tendências de tecnologias de microprocessadores para WSNs incluem redução do consumo de energia enquanto mantêm ou aumentam a velocidade do processador.

Tal qual a escolha do rádio, *trade off* de consumo de energia e velocidade de processamento é uma preocupação fundamental na seleção de um processador para WSN. Isto faz com que arquiteturas PowerPC e baseadas em ARM sejam uma opção não indicada para dispositivos alimentados por baterias.

Uma opção mais comum de arquitetura inclui o TI MSP430 MCU, que foi projetado para operação de baixa potência. Dependendo do processador específico, o consumo de energia no *sleep mode* pode variar de 1 a 50 µW, enquanto que em operação o consumo pode variar de 8 a 500 mW.



F3. Topologias de rede WSN.

Topologias de Rede

Você pode utilizar várias topologias de rede para coordenar o gateway WSN, os nós finais e os nós roteadores. Estes últimos são similares aos nós finais, já que podem adquirir dados de medição, mas você também pode utilizá-los para transmitir dados medidos ao longo de outros nós. A primeira e mais básica topologia é a estrela (*star*), na qual cada nó mantém uma única via de comunicação direta com o gateway. Esta topologia é simples, mas restringe a distância total que sua rede pode alcançar.

Para aumentar a distância que uma rede pode alcançar, você pode implementar uma topologia *cluster*, ou árvore. Nesta arquitetura mais complexa, cada nó mantém um único caminho para o *gateway*, mas pode utilizar outros nós para rotear os dados ao longo desse caminho. Entretanto, esta topologia apresenta uma desvantagem: se um nó roteador perder a comunicação, todos os nós que dependem desse nó roteador perderão sua via de comunicação com o *gateway*.

A topologia "rede de malha" remedia este problema utilizando vias de comunicação redundantes para aumentar a confiabilidade do sistema. Em uma rede de malha, os nós mantêm múltiplas vias de comunicação com o *gateway*, de modo que, se um nó roteador perder a comunicação, a rede automaticamente redireciona os dados por um caminho diferente. A topologia de malha, embora muito confiável, sofre de um aumento na latência da rede, pois os dados devem fazer múltiplos saltos antes de chegarem ao *gateway*.

Veja as três topologias de redes na **figura 3**.

Vantagem da rede de sensores sem fios da NI

Com a plataforma WSN da National Instruments, você pode personalizar e melhorar uma típica arquitetura WSN para criar um completo sistema de medição, cabeado e sem fios, para sua aplicação.

A integração dos softwares da NI fornece a flexibilidade para escolher um controlador host baseado em Windows para seu sistema WSN ou um controlador host de tempo real como o NI CompactRIO, dando-lhe a possibilidade de integrar E/S reconfiguráveis com suas medições sem fios.

Com ambos os controladores host, você pode utilizar o LabVIEW e o software NI-WSN com integração ao projeto no LabVIEW e programação "clique e arraste" para configurar facilmente seu sistema WSN, de modo a extrair dados de alta qualidade de suas medições, fornecer análises e apresentar seus dados.

Além disso, a integração com LabVIEW oferece a possibilidade de ampliar a conectividade de sua aplicação WSN e o nível de dados por todo caminho através da internet para o cliente final, como um *iPhone* ou um *laptop*.

Você pode utilizar esta arquitetura de sistema completa para adquirir dados de praticamente qualquer lugar com uma rede de sensores sem fio da NI, processá-los e armazená-los em um servidor, e depois acessar os dados convenientemente e remotamente a partir de um dispositivo inteligente sem fio.

Para aprender mais sobre as opções em sistemas de medição WSN, veja o artigo NI WSN Measurement Systems.

Necessita de Energia?
Pense GlobTek!



Os engenheiros do Centro de Projetos da GlobTek em New Jersey podem criar rapidamente um sistema de energia rentável e sob medida para o seu equipamento. Nossas fontes de alimentação personalizadas não apenas fornecem a solução que você necessita, nós garantimos que o seu equipamento atenderá todos os padrões e regulamentos aplicáveis e que será produzido e entregue em tempo hábil.

Na GlobTek produzimos soluções personalizadas de energia em instalações próprias nos EUA e na China, garantindo entrega rápida, qualidade consistente e desempenho confiável com ótimo preço!

Ligue para +1.201.784.1000 e fale com um engenheiro sobre as suas necessidades, ou visite www.globtek.com para saber mais.



GlobTek® Inc.
"your power partner"

www.globtek.com

Redes Industriais

Parte 3

Nesta última parte da série sobre Redes Industriais, veremos a rede digital multi-drop para conexão entre sensores, atuadores e sistemas de automação industrial em geral, DeviceNet. Além disso, os protocolos HART / 4-20 mA e WirelessHART™

César Cassiolato

DeviceNet

DeviceNet é um rede digital, multi-drop, para conexão entre sensores, atuadores e sistema de automação industrial em geral. Ela foi desenvolvida para ter máxima flexibilidade entre equipamentos de campo e interoperabilidade entre diferentes vendedores.

Apresentado em 1994 originalmente pela Allen-Bradley, o DeviceNet teve sua tecnologia transferida para a ODVA em 1995. A ODVA (*Open DeviceNet Vendor Association* - **www.odva.org**) é uma organização sem fins lucrativos composta por centenas de empresas ao redor do mundo que mantém, divulga e promove o DeviceNet e outras redes baseadas no protocolo CIP (Common Industrial Protocol). Atualmente mais de 300 empresas estão registradas como membros, sendo que mais de 800 oferecem produtos DeviceNet no mundo todo.

A rede DeviceNet é classificada no nível de rede chamada *devicebus*, cujas características principais são: alta velocidade, comunicação em nível de *byte* englobando comunicação com equipamentos discretos e analógicos, e alto poder de diagnóstico dos *devices* da rede.

A tecnologia DeviceNet é um padrão aberto de automação com objetivo de transportar 2 tipos principais de informação:

- dados cíclicos de sensores e atuadores diretamente relacionados ao controle,
- dados acíclicos indiretamente relacionados ao controle, como configuração e diagnóstico.

Os dados cíclicos representam informações trocadas periodicamente entre o equipamento de campo e o controlador. Por outro lado, os acíclicos são informações trocadas eventualmente durante configuração ou diagnóstico do equipamento de campo.

A camada física e de acesso da rede DeviceNet é baseada na tecnologia CAN (*Controller Area Network*) e as camadas superiores no protocolo CIP, que define uma arquitetura baseada em objetos e conexões entre eles.

Uma rede DeviceNet pode conter até 64 dispositivos onde cada dispositivo ocupa um nó na rede, endereçados de 0 a 63. Qualquer um destes pode ser utilizado. Não há qualquer restrição, embora se deva evitar o 63, pois este costuma ser utilizado para fins de comissionamento.

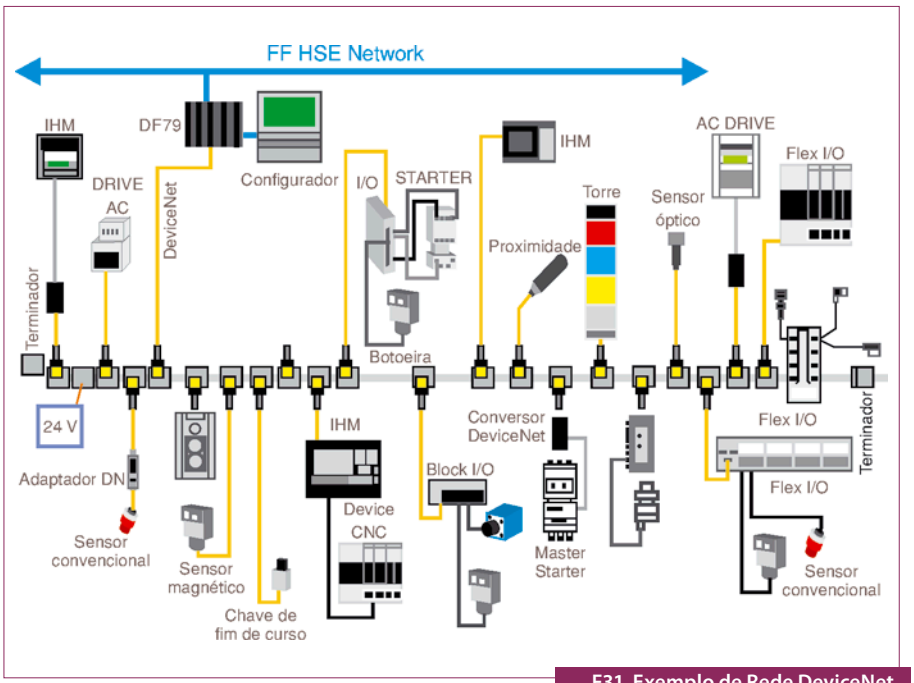
Um exemplo de rede DeviceNet é mostrado na **figura 31**.

Características da rede DeviceNet

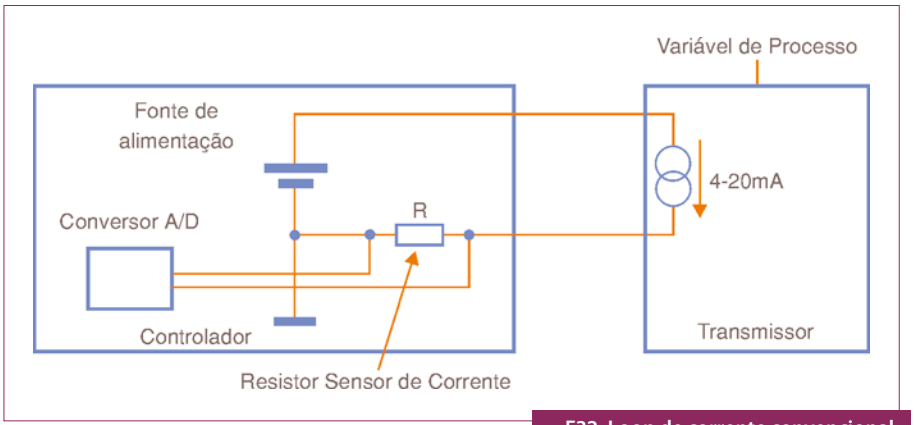
As características da rede DeviceNet são:

- Topologia baseada em tronco principal com ramificações. O tronco principal deve ser feito com o cabo DeviceNet grosso, e as ramificações com o cabo DeviceNet fino ou chato. Cabos similares podem ser usados desde que suas características elétricas e mecânicas sejam compatíveis com as especificações dos cabos padrão DeviceNet;
- Permite o uso de repetidores, *bridges*, roteadores e *gateways*;
- Suporta até 64 nós, incluindo o mestre, endereçados de 0 a 63 (MAC ID);
- Cabo com 2 pares: um para alimentação de 24 V e outro para comunicação;
- Inserção e remoção a quente, sem perturbar a rede;
- Suporte para equipamentos alimentados pela rede em 24 V, ou com fonte própria;
- Uso de conectores abertos ou selados;
- Proteção contra inversão de ligações e curto-circuito;
- Alta capacidade de corrente na rede (até 16 A);
- Uso de fontes de alimentação de prateleira;
- Diversas fontes podem ser usadas na mesma rede atendendo às necessidades da aplicação em termos de carga e comprimento dos cabos;
- Taxa de comunicação selecionável:125, 250 e 500 kbps;
- Comunicação baseada em conexões de E/S e modelo de pergunta e resposta;
- Diagnóstico de cada equipamento e da rede;
- Transporte eficiente de dados de controle discretos e analógicos;
- Detecção de endereço duplicado na rede;
- Mecanismo de comunicação extremamente robusto a interferências eletromagnéticas.

Para mais informação, visite também o site da ODVA: **www.odva.org**



F31. Exemplo de Rede DeviceNet.



F32. Loop de corrente convencional.

HART/ 4-20 mA

Atualmente muito se fala em termos de redes fieldbus, mas tem-se muitas aplicações rodando em HART (*Highway Addressable Remote Transducer*), tendo vantagens com os equipamentos inteligentes e utilizando-se da comunicação digital de forma flexível sob o sinal 4-20 mA para a parametrização e monitoração das informações.

Introduzido em 1989, tinha a intenção inicial de permitir fácil calibração, ajustes de range e *damping* de equipamentos analógicos. Foi o primeiro protocolo digital de comunicação bidirecional que não afetava o sinal analógico de controle.

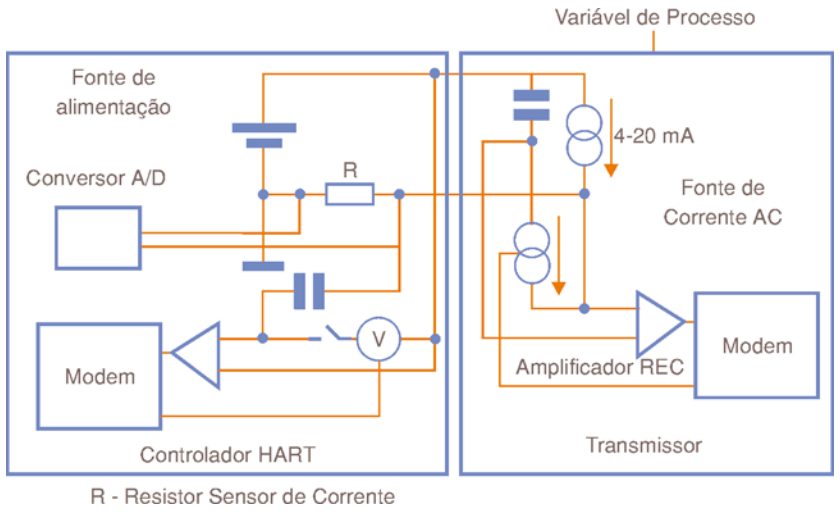
Este protocolo tem sido testado com sucesso em milhares de aplicações, em vários segmentos, mesmo em ambientes perigosos. O HART permite o uso de mestres: um *console* de engenharia na sala de controle e um segundo mestre no campo, por exemplo um *laptop* ou um programador de mão.

Em termos de performance, podemos citar como características do HART:

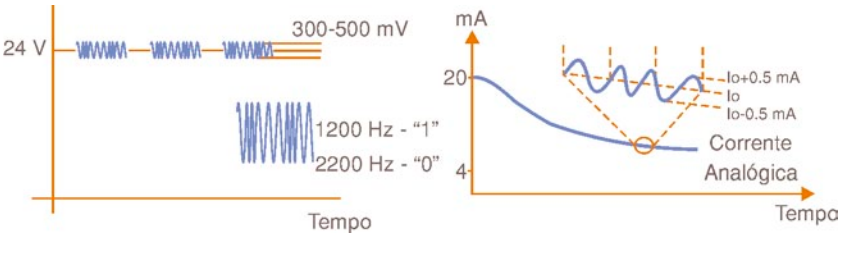
- Comprovado na prática, projeto simples, fácil operação e manutenção.
- Compatível com a instrumentação analógica;
- Sinal analógico e comunicação digital;
- Opção de comunicação ponto a ponto, ou *multi-drop*;
- Flexível acesso de dados usando-se até dois mestres;
- Suporta equipamentos multivariáveis;
- 500 ms de tempo de resposta (com até duas transações);
- Totalmente aberto com vários fornecedores.

As especificações são atualizadas continuamente, de tal forma a atender todas as aplicações.

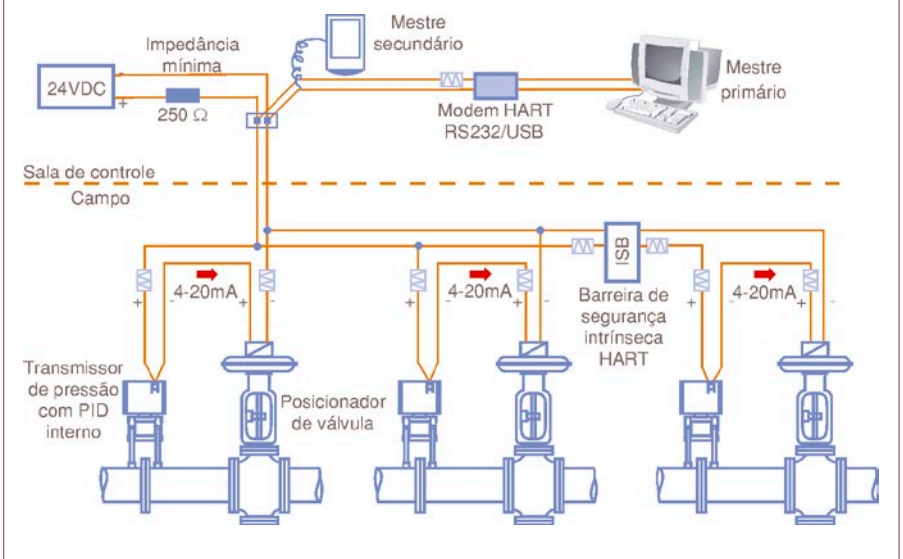
Veremos a seguir alguns detalhes do protocolo HART.



F33. Loop de corrente acrescido o HART.



F34. Modulação e sinal HART.



F35. Elementos típicos de uma instalação HART.

A simplicidade: o HART e o loop de corrente convencional

As figuras 32 e 33 nos mostram como entender o HART facilmente. Na **figura 32** temos um *loop* de corrente analógica, onde os sinais de um transmissor variam a corrente que passa por ele de acordo com o processo de medição.

O controlador detecta a variação de corrente através da tensão sob um resistor sensor de corrente. A corrente de loop varia de 4 a 20 mA para frequências usualmente menores que 10 Hz.

A **figura 33** é baseada na figura 32, onde o HART foi acrescido. Agora ambas terminações do loop possuem um *modem* e um amplificador de recepção, sendo que este possui alta impedância de tal forma a não carregar o loop de corrente.

Note ainda que o transmissor possui uma fonte de corrente com acoplamento AC e o controlador uma fonte de tensão com acoplamento AC. A chave em série com a fonte de tensão no controlador HART, em operação normal fica aberta.

No controlador HART os componentes adicionais podem ser conectados no loop de corrente, como mostrado, ou através do resistor sensor de corrente. Do ponto de vista AC, o resultado é o mesmo, uma vez que a fonte de alimentação é um curto-circuito. Note que o sinal analógico não é afetado, uma vez que os componentes adicionados são acoplados em AC.

O amplificador de recepção frequentemente é considerado como parte do modem e usualmente não é mostrado em separado. Na figura 33 foi desenhado separadamente para mostrar como se deriva o sinal de tensão de recepção. O sinal de recepção não é somente AC, nem no controlador ou mesmo no transmissor.

Para enviar uma mensagem, o transmissor ao ligar sua fonte de corrente, fará com que se sobreponha um sinal de corrente de 1 mA pico a pico, de alta frequência, sobre o sinal analógico da corrente de saída. O resistor R no controlador converterá este sinal em tensão no loop e esta será amplificada no receptor, chegando até ao demodulador do controlador (modem).

Do mesmo modo, para enviar uma mensagem ao transmissor, o controlador fecha sua chave, conectando sua fonte de tensão que sobrepõe um tensão de aproximada-

mente 500 mV pico a pico através do loop. Esta é vista nos terminais do transmissor e encaminhada ao amplificador e demodulador. Note que existe uma implicação na figura 33 que é que o mestre transmita como fonte de tensão enquanto o escravo, como fonte de corrente.

A **figura 34** mostra detalhes do sinal HART, sendo que as amplitudes podem variar de acordo com as impedâncias e capacitâncias de cada equipamento e perdas causadas por outros elementos no loop. O HART se utiliza do FSK, chaveamento por mudança de frequência (*Frequency Shift Keying*), onde a frequência de 1200 Hz representa o 1 binário e a de 2200 Hz, representa o 0 binário.

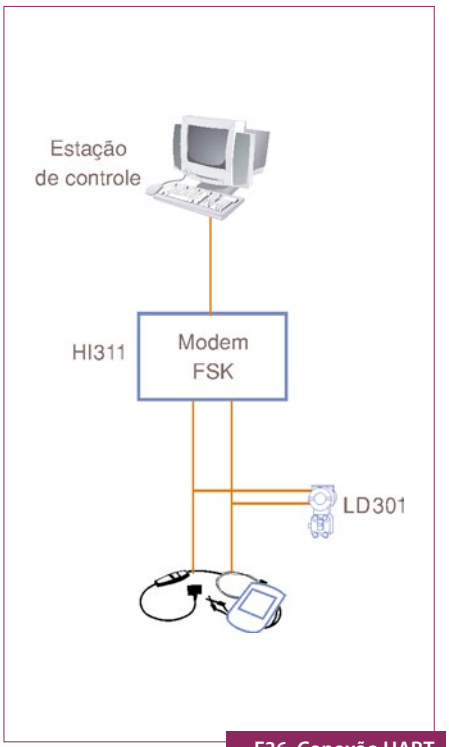
Note que estas frequências estão bem acima da faixa de frequências do sinal analógico (0 a 10 Hz) de tal forma que não há interferências entre elas. Para assegurar uma comunicação confiável, o protocolo HART especifica uma carga total do loop de corrente, incluindo as resistências dos cabos, de no mínimo 230 ohms e no máximo 1100 ohms.

Equipamentos de campo e *handhelds* (programadores de mão) possuem um modem FSK integrado, onde via port serial ou USB de um PC, ou laptop, pode-se conectar uma estação externamente. A **figura 35** mostra uma conexão típica HART de campo. Veremos, posteriormente, outros tipos de conexões.

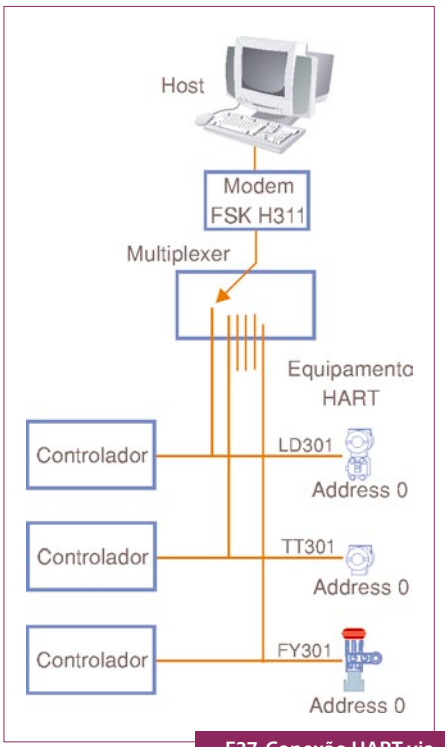
Em uma conexão do tipo ponto a ponto, como a da **figura 36**, é necessário que o endereço do equipamento seja configurado para zero, desde que se use o modo de endereço na comunicação para acessá-lo.

Em sistemas considerado grandes, pode-se utilizar de multiplexadores para acessar grandes quantidades de equipamentos HART, como por exemplo, na **figura 37**, onde o usuário deverá selecionar o loop de corrente para comunicar via Host. Nesta situação em cascata, o *host* pode comunicar com vários equipamentos (mais do que 1000), todos com endereços zero.

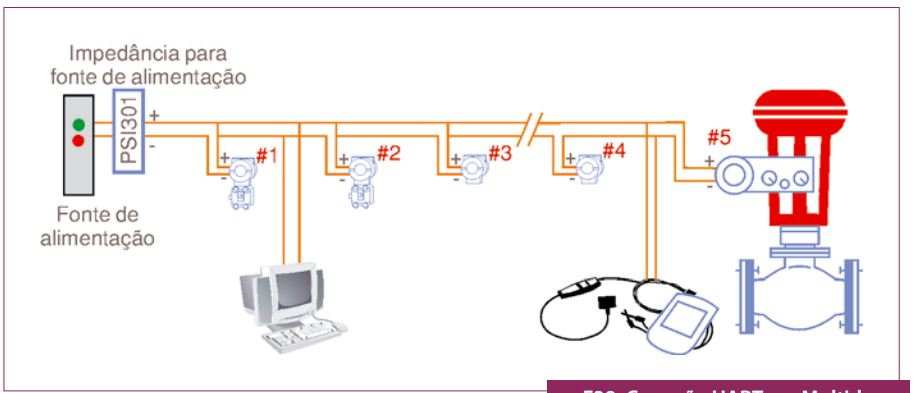
Ainda podemos ter rede em multi-drop e condições de *split-range*. Na **figura 38**, na conexão em multi-drop, observe que podem ser ligados no máximo até 15 transmissores em paralelo na mesma linha. A corrente que passa pelo resistor de 250 ohms (foi ocultado na figura) será alta, causando uma alta queda de tensão.



F36. Conexão HART ponto a ponto.



F37. Conexão HART via multiplexador.



F38. Conexão HART em Multidrop.

Portanto, deve-se assegurar que a tensão da fonte de alimentação seja adequada para suprir a tensão mínima de operação.

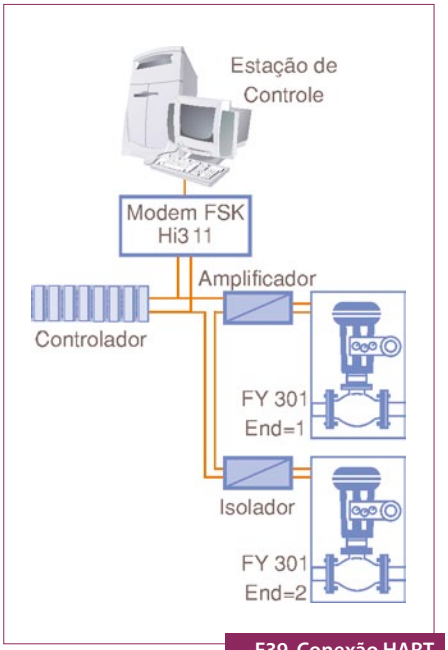
No modo multi-drop a corrente fica fixa em 4 mA, servindo apenas para energizar os equipamentos no loop.

A condição de split-range é usada em uma situação especial onde normalmente dois posicionadores de válvulas recebem o mesmo sinal de controle, por exemplo, um operando com corrente nominal de 4 a 12 mA e o outro de 12 a 20 mA. Nesta condição, os posicionadores são conectados em série no loop de corrente com endereços diferentes e o host será capaz de distingui-los via comunicação. Veja **figura 39**.

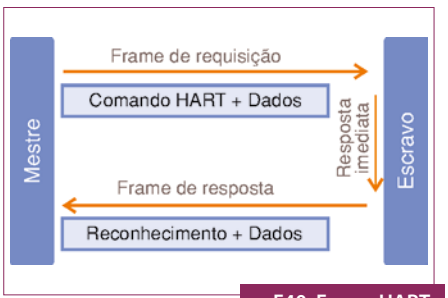
Como visto anteriormente, o HART se utiliza do sinal de 4-20 mA, sobrepondo um sinal em técnica FSK, chaveamento por mudança de frequência (Frequency Shift keying), onde a frequência de 1200 Hz representa o 1 binário e a de 2200 Hz representa o 0 binário. Cada byte individual do telegrama do **layer 2** é transmitido em 11 bits, usando-se 1200 kHz.

Cabeamento

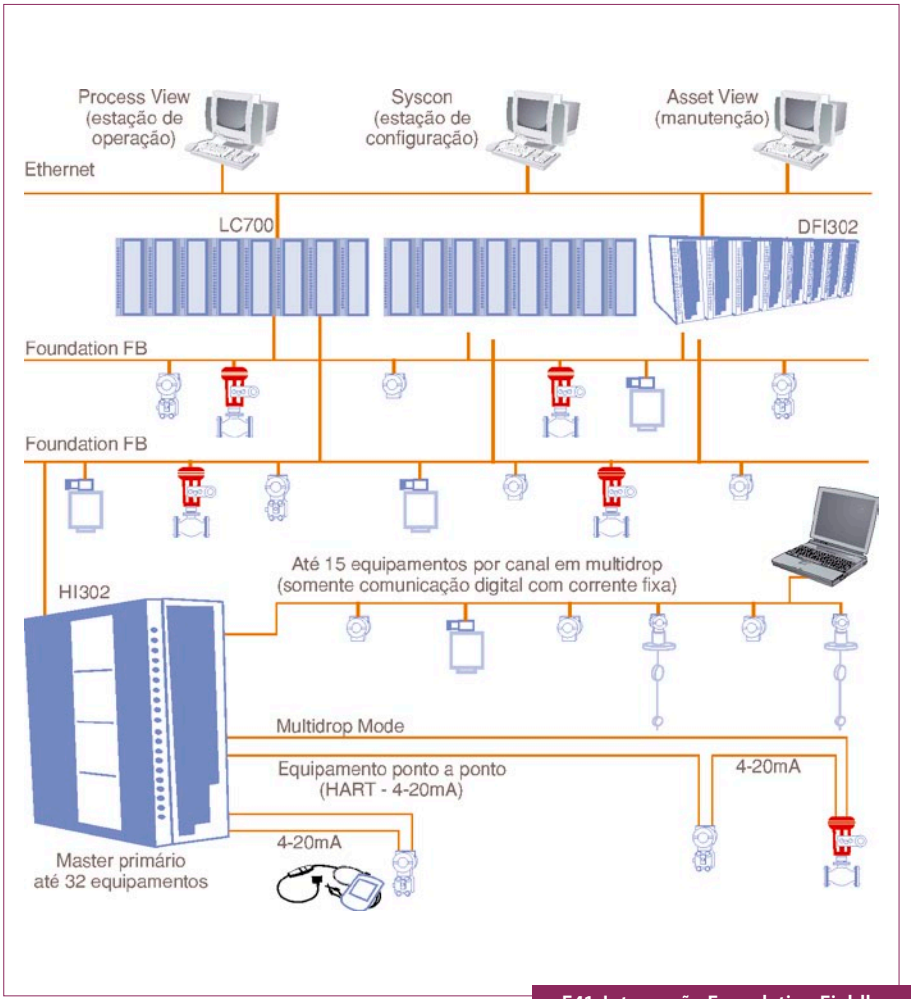
Utiliza-se um par de cabos trançados onde se deve estar atento à resistência total já que esta colabora diretamente com a carga total, e agindo na atenuação e distorção do sinal. Em longas linhas e sujeitas a interferências, recomenda-se o cabo com *shield*, sendo este aterrado em um único ponto, preferencialmente no negativo da fonte de alimentação.



F39. Conexão HART via Split Range.



F40. Frame HART.



F41. Integração Foundation Fieldbus e HART usando o HI302.

Layer 2

O protocolo HART opera segundo o padrão Mestre-Escravo, onde o escravo somente transmitirá uma mensagem se houver uma requisição do mestre.

A **figura 40** mostra de maneira simples o modelo de troca de dados entre mestre e escravo. Toda comunicação é iniciada pelo mestre e o escravo só responde algo na linha se houve um pedido para ele.

Existe todo um controle de tempo entre envios de comandos pelo mestre. Inclusive existe um controle de tempo entre mestres quando se tem dois mestres no barramento.

A convivência de vários protocolos em uma mesma planta

Daqui para frente é esperado que a convivência entre vários protocolos torne-se uma constante, principalmente onde o parque instalado for grande e deseja-se preservar os investimentos feitos. A **figura 41** é um exemplo típico de sistema onde se tem em uma mesma planta os protocolos Foundation Fieldbus e HART.

Neste caso, uma interface HART-FF, o HI302, é utilizada, permitindo conexões ponto a ponto e multi-drop.

O HI302 é uma ponte entre equipamentos HART e sistemas Foundation Fieldbus, possui 8 canais HART master e permite ao usuário executar manutenção, calibração, monitoramento de status do sensor, status geral do equipamento, dentre outras informações.

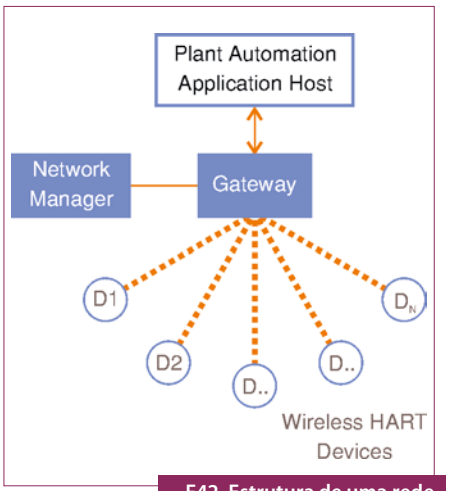
WirelessHART™

Nos últimos anos, a tecnologia de redes sem fio sofreu grandes avanços tecnológicos o que hoje pode proporcionar: segurança, confiabilidade, estabilidade, auto-organização (*mesh*), baixo consumo, sistemas de gerenciamento de potência e baterias de longa vida. Em termos de benefícios podemos citar, entre outros:

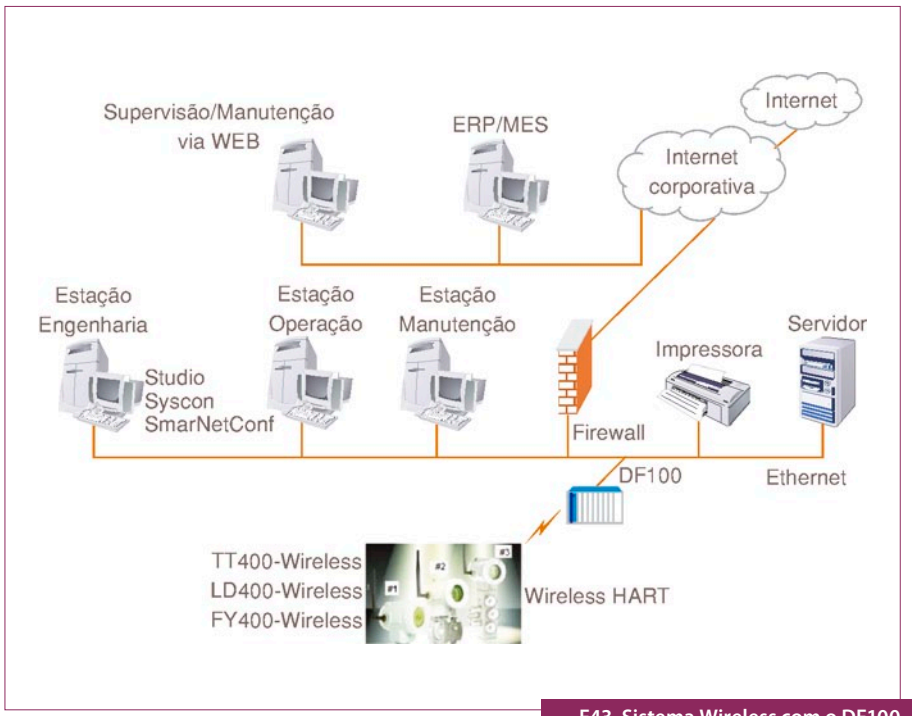
- a redução de custos e simplificação das instalações
- a redução de custos de manutenção, pela simplicidade das instalações
- monitoração em locais de difícil acesso ou expostos a situações de riscos
- escalabilidade
- integridade física das instalações com uma menor probabilidade de danos mecânicos e elétricos (rompimentos de cabos, curto-circuitos no barramento, ataque químico, etc).

Hoje, no mercado, vemos várias redes proprietárias e também algumas padronizadas. Existem muitos protocolos relacionados com as camadas superiores da tecnologia (ZigBee, WirelessHART™, ISA SP100) e o protocolo IEEE 802.15.4 (2006) para as camadas inferiores.

O protocolo IEEE 802.15.4 define as características da camada física e do controle de acesso ao meio para as LR-WPAN (*Low-Rate Wireless Personal Area Network*).



F42. Estrutura de uma rede WirelessHART™.



F43. Sistema Wireless com o DF100 (Controlador HSE- WirelessHART™).

A padronização para redes sem fio mostra que, ainda que existam diferenças, as normas estão convergindo e a principal dentre elas, a SP100 e WirelessHART™, da ISA e HCF (HART Foundation e que hoje vem sendo adotado como padrão para a Foundation Fieldbus e Profibus). Vamos comentar um pouco sobre o WirelessHART™.

A estrutura de uma rede WirelessHART™ está representada no diagrama da **figura 42**, onde a comunicação de uma rede WirelessHART™ é feita através de uma gateway.

Consequentemente, o gateway precisa ter a funcionalidade de um roteador de pacotes para um destino específico (instrumento da rede, aplicação hospedeira ou gerenciador da rede). O gateway usa o padrão de comandos HART para comunicar com os instrumentos na rede e aplicações hospedeiras (host applications).

Incluso ao HART 7 está o Wireless-HART™, o primeiro padrão aberto de comunicação sem fio desenvolvido especificamente para atender as necessidades da indústria de processo.

Opera na frequência de 2,4 GHz ISM usando o *Time Division Multiple Access* (TDMA) para sincronizar a comunicação entre os vários equipamentos da rede. Toda a comunicação é realizada dentro de um *slot* de tempo de 10 ms. Slots de tempo formam um *superframe*.

Suporta chaveamento de canais (*channel hopping*) a fim de evitar interferências e reduzir os efeitos de esvanecimento multipercurso (*multi-path fadings*). O protocolo HART foi elaborado com base na camada 7 do protocolo OSI. Com a introdução da tecnologia sem fio ao HART tem-se duas novas camadas de Data Link: token-passing e TDMA. Ambas suportam a camada de aplicação HART.

Na **figura 43** temos o primeiro controlador HSE (*High Speed Ethernet*) WirelessHART™. É um controlador da Smar que traz ao mercado mais uma inovação. É um controlador com tecnologia digital aberta e integrável em sistemas baseados em HSE.

Uma rede de comunicação WirelessHART™ é estruturada em malhas, onde cada sensor funciona como um "router", ou como um repetidor. Deste modo, o alcance de uma rede não depende apenas de uma "gateway" central, o que permite a configuração de uma ampla estrutura de rede distribuída.

É uma forma inteligente de se garantir que em uma situação de obstrução que possa causar a interrupção de um caminho de comunicação, o sistema remaneje e consiga rotas alternativas, aumentando e garantindo assim a disponibilidade da rede.

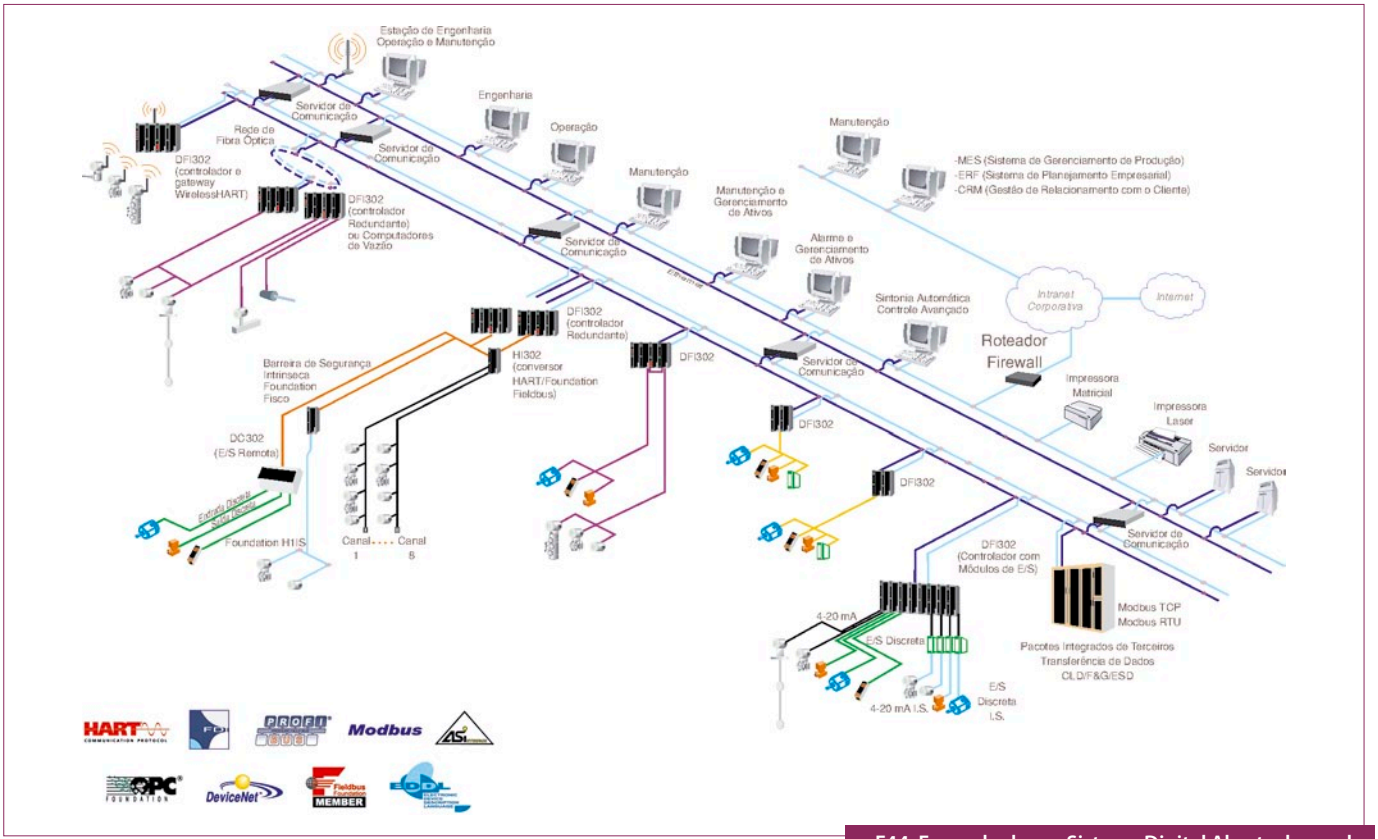
O WirelessHART™ adota uma arquitetura utilizando uma rede "Mesh" baseado no IEEE 802.15.4 operando na faixa de 2,4 GHz. Os rádios utilizam o método de DSSS (espalhamento espectral com sequenciamento direto) ou salto de canais FHSS (Spread Spectrum de salto de frequências) para uma comunicação segura e confiável, assim como comunicação sincronizada entre os dispositivos da rede utilizando TDMA (*Time Division Multiple Access*).

As redes "Mesh" permitem que os nós da rede se comuniquem entre si estabelecendo caminhos redundantes até a base, aumentando a confiabilidade, pois se um caminho está bloqueado, existem rotas alternativas para que a mensagem chegue ao seu destino final.

Este tipo de rede também permite escalabilidade simplesmente adicionando mais nós ou repetidores na rede. Outra característica é que quanto maior a rede, maior a confiabilidade porque mais caminhos alternativos são automaticamente criados.

Uma rede WirelessHART™ possui três dispositivos principais:

- **Wireless Field devices:** equipamentos de campo
- **Gateways:** permitem a comunicação entre os equipamentos de campo e as aplicações de controle
- **Network Manager:** responsável pela configuração da rede, gerenciamento da comunicação entre os dispositivos, rotas de comunicação e monitoramento do estado da rede. O Network Manager pode ser integrado em um gateway, aplicação no host ou em um controlador de processo.



F44. Exemplo de um Sistema Digital Aberto, baseado em redes industriais: SYSTEM302, Smar.

Sistema de automação aberto baseado em redes industriais

A **figura 44** mostra um exemplo de um sistema verdadeiramente aberto baseado em redes industriais. O SYSTEM302, sistema de automação e controle da Smar, fornece uma plataforma de automação com ampla capacidade de conectividade com as mais diversas tecnologias (Foundation Fieldbus, Profibus-DP, Profibus-PA, HART/4-20mA, DeviceNet, AS-i, I/O convencional, Modbus, DNP3, HSE, etc), criando um ambiente amigável, flexível, escalonável, integrado e colaborativo.

O ambiente integrado facilita a engenharia, comissionamento, manutenção e gestão de redes de campo. Sua interface intuitiva permite a fácil operação e diagnóstico de todo o sistema. É uma arquitetura poderosa de informações e a solução para:

- Sistemas de automação para os mais diversos segmentos industriais
- Aplicações de pequeno, médio e grande porte
- Sistemas híbridos de controle de processo, combinando o melhor dos dois mundos, SDCD e CLP
- Controle contínuo e discreto, controle avançados, tempos de varreduras menores, arquiteturas redundantes
- Melhoria da eficácia operacional através de informações integradas
- Gerar soluções eficazes através da engenharia simplificada e integrada
- Gerenciamento de informações e alarmes
- Gerenciamento de Ativos e gestão de Negócios (MES)
- Conectividade, modularidade e facilidade de expansão
- Segurança aliada à confiabilidade de hardware e software
- Excelência operacional

Para mais detalhes, consulte: **www.smar.com/brasil2/system302/**

Conclusão

As Redes de Comunicação Industrial têm um papel fundamental para as indústrias em geral. Hoje a automação extrapola o chão de fábrica e chega ao mundo dos negócios. Vimos vários padrões abertos e suas características.

O fator tecnológico é imprescindível para a sustentabilidade de uma unidade industrial. A inovação tecnológica é responsável pelo rompimento e/ou aperfeiçoamento das técnicas e processos de produção. Pode, desta forma, trazer ganhos em termos de competitividade.

Neste caso, deve-se romper com a tecnologia convencional e ampliar as possibilidades de sucesso com a inovação demandada pelo mercado, neste caso sistemas de automação verdadeiramente abertos, com tecnologia digital, baseados em redes industriais e com várias vantagens comparadas aos convencionais SDCDs:

- Redução do erro de medição com a eliminação da conversão A/D do sinal vindo do transmissor de campo;
- Visibilidade acrescida de toda a instrumentação digital, isto é, desde o chão de fábrica até a automação dos negócios;
- Diagnósticos em linha, em qualquer ponto do sistema;
- Expansão da rede com o sistema em funcionamento;
- Redução de materiais na fase de montagem: eletrocalhas, eletrodutos, *condulets*, caixas de junção, cabos, etc;

- Reduções de tempo e custo de comissionamento e partida de sistemas;
- Redução no uso de armários de rearranjo;
- Interoperabilidade entre equipamentos de fabricantes diferentes;
- Atualização de firmware;
- Instrumentos multivariáveis;
- Redução do cabeamento, painéis, borneiras, fontes de alimentação, conversores e espaço na sala de controle;
- Alimentação do instrumento pelo mesmo cabo de sinal;
- Opções de segurança intrínseca;
- Capacidade de *auto-sensing* (autor reconhecimento) do instrumento, permitindo fácil instalação e *download* de parâmetros;
- Redução dos custos de engenharia, instalação e manutenção. Além do controle de fluxo de informações e processos;
- Gestão de ativos.

A mudança do controle de processo da tecnologia 4-20 mA para as redes digitais e sistemas abertos já se encontra num estágio de maturidade tecnológica e usuários colhendo seus benefícios.

Essa mudança é encarada como um processo natural demandado pelos novos requisitos de qualidade, confiabilidade e segurança do mercado.

A sua utilização traz uma vantagem competitiva, no sentido que essa nova tecnologia traz aumentos de produtividade pela redução das variabilidades dos processos e redução dos tempos de indisponibilidade das malhas de controle. E

César Cassiolato é Diretor de Marketing, Qualidade e Engenharia de Projetos & Serviços da da Smar Equipamentos Ind. Ltda., foi Presidente da Associação Profibus Brasil América Latina de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em Profibus, Diretor do FDT Group no Brasil, Engenheiro Certificado na Tecnologia Profibus e Instalações Profibus pela Universidade de Manchester.

Bibliografia

Material de Treinamento Profibus - César Cassiolato.

Artigos técnicos Foundation Fieldbus, HART, Profibus, Wireless - César Cassiolato

Manuais Smar

www.system302.com.br

www.smar.com.br

Pesquisas na internet

Obs.: Todas as ilustrações, marcas e produtos usados aqui pertencem aos seus respectivos proprietários, assim como qualquer outra forma de propriedade intelectual.





Uso do DSP como Sistema de Controle Digital

Saiba como controlar motores através desta ferramenta, tanto no método V/f como no "orientado a campo"

Neste artigo, descreveremos como fazer a análise e desenvolvimento de um projeto de controle digital de sistemas desde a modelagem até a concepção de técnicas avançadas de controle usando um DSP (processador digital de sinais), comparando as soluções V/Hz (tensão/frequência) versus FOC (controle orientado a campo), que podem ser implementadas para controlar um motor elétrico.

O potencial de mercado para desenvolver um sistema de controle digital de motores é imenso. Pois bem, vamos começar, dividindo a definição da solução em etapas.

Hamilton Kosaka Ignácio

Análise e desenvolvimento de um sistema de controle

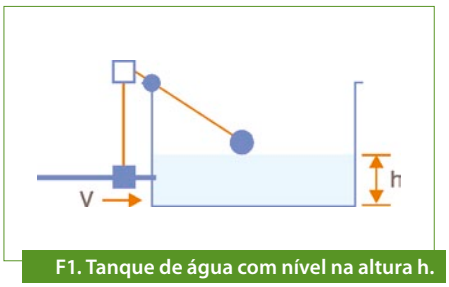
Vamos partir de um conceito bem simples de entender. Queremos medir a altura do nível de água de um tanque (vide **figura 1**). Assim sendo, em nosso sistema temos a saída (altura do nível de água "h"), o sensor (flutuador), um atuador (válvula ajustável que relaciona com a velocidade do fluxo de água "v") e, finalmente, o controlador (mecanismo que converte a posição medida do flutuador; o chamado *feedback* em abertura de válvula; o controle). O entendimento dessa situação nos ajuda a modelar a solução.

O que é um sistema de controle?

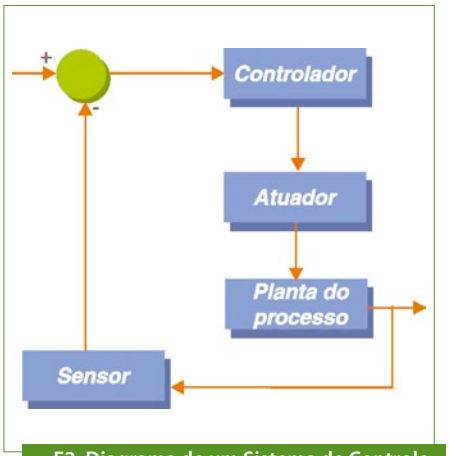
Um sistema de controle é composto de um processo ou planta, um controlador ou controladores, juntamente com sensores e atuadores (veja a **figura 2**).

A grande preocupação ao desenvolver um sistema de controle é a saída se "comportar" de acordo com o desejado e esperado, ou seja,

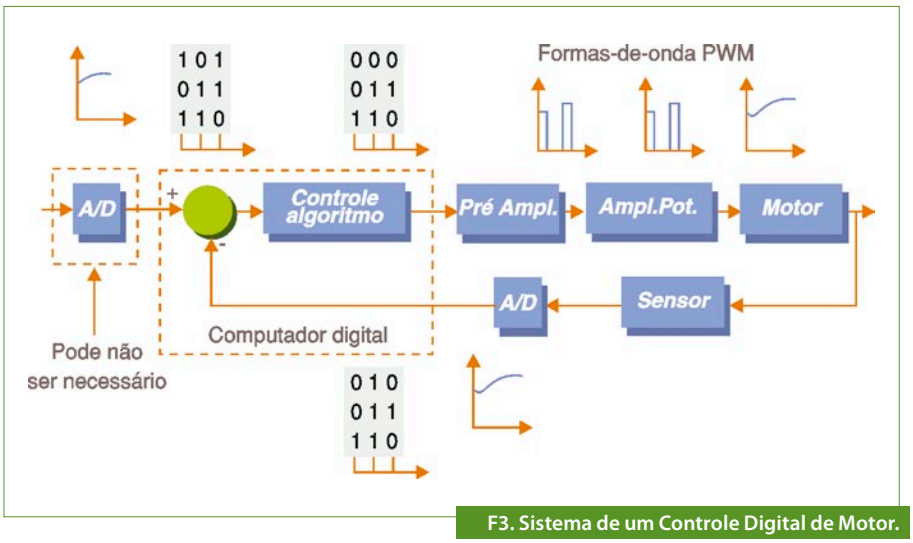
- Manter a saída (ou saídas) constantes;
- Mudar a saída (ou saídas) do modo desejado.



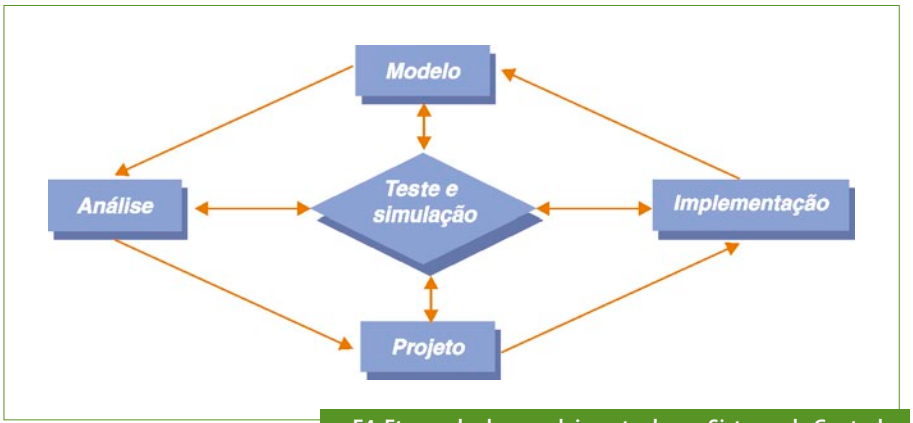
F1. Tanque de água com nível na altura h.



F2. Diagrama de um Sistema de Controle.



F3. Sistema de um Controle Digital de Motor.



F4. Etapas do desenvolvimento de um Sistema de Controle.

Desenvolvendo um Controle Digital de Motor

De posse do conceito acima, podemos definir o sistema de controle digital de motor, conforme mostrado na **figura 3**.

Note os principais elementos necessários para implementar a solução proposta, incluindo as formas de onda em cada etapa do modelo para melhor visualizar o processamento em sua plenitude, ou seja, para falarmos com o mundo real (que é analógico) através do mundo digital (por exemplo, um controlador digital DSP), colocaremos componentes que façam essa interface (conversores A/D e D/A, amplificadores operacionais) e a atuação sobre o motor será realizada pela parte de potência (por exemplo, IGBTs ou MOSFETs). Pronto, já temos um modelo para controlar um motor elétrico, bem simples.

Quais são os requerimentos de um controlador digital?

Passada a etapa do modelo de controle, precisamos agora definir quais são as especificações necessárias de um controlador digital. Abaixo, seguem alguns requerimentos necessários.

- Alto poder de processamento para implementar algoritmos avançados de controle;

$$y(t)=\sum_{m=0}^{M} a(m)y(t-m)-\sum_{n=0}^{N} b(n)u(t-n)$$

- Tempo rápido de resposta para eventos e exceções para garantir segurança e adaptação ao processo e mudanças no ambiente de contorno.
- Alta precisão para minimizar erros de quantização e evitar introdução de ruído no sistema.
- Alta taxa de amostragem para minimizar o fenômeno do "aliasing", ou seja, evitar a introdução dos efeitos de amostragem (ruído) no sistema.

Quais são os requerimentos de um processador digital?

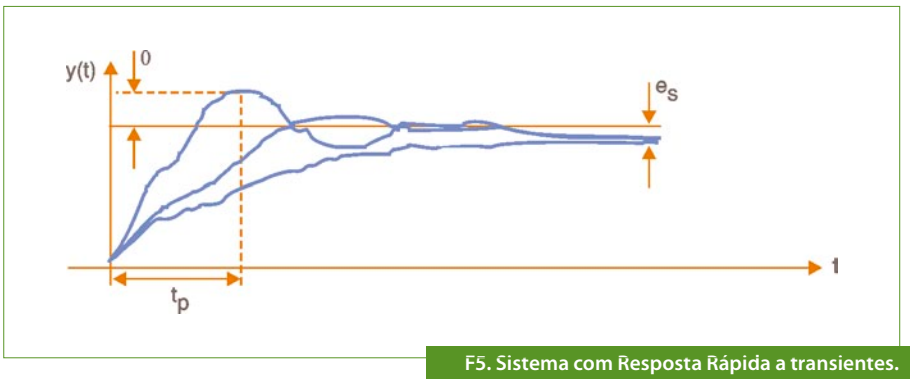
Em linhas gerais, necessitamos das seguintes especificações:

- Grande poder de processamento para desenvolver algoritmos complexos de controle e respostas rápidas (instruções MAC/MACD executadas em um único ciclo de instrução)
- Tamanho de palavra longa para faixa dinâmica e resolução necessária
- Baixa latência de interrupção, lógica rápida e operações de salto para respostas rápidas a eventos e exceções
- Alta integração de periféricos para reduzir o "overhead" da CPU, tais como *timers*, conversores A/D, gerador de saídas PWM, etc.
- Interfaces de comunicação.

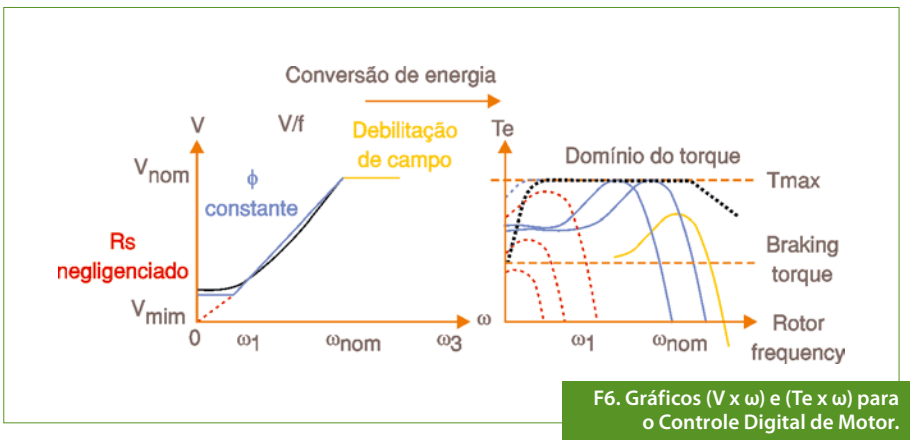
Note que o DSP é uma boa escolha para desempenhar a função de controlador em um sistema de controle digital de motor. Vários deles possuem arquitetura Harvard modificada (parte de memória de dados pode ser alocada para operar como memória de programa), multiplicador por hardware, *pipeline* de vários níveis, vários periféricos integrados ao silício, facilitando a implementação desses algoritmos complexos de controle.

Projetando um sistema de controle

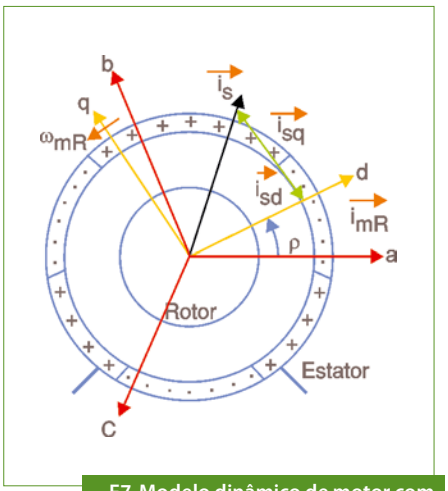
A seguir, apresentamos as etapas de desenvolvimento de um sistema de controle (observe a **figura 4** para detalhes de interdependência).



F5. Sistema com Resposta Rápida a transientes.



F6. Gráficos (V x ω) e (Te x ω) para o Controle Digital de Motor.



F7. Modelo dinâmico de motor com transformação de coordenadas.

Exemplos de modelos de controle

Equações diferenciais

Leis básicas da física

Frequentemente simplificado

$$T = K_t i_a$$

$$e_b = K_b \frac{d\theta}{dt}$$

$$e_a = R_a i_a + e_b$$

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + D \frac{d\theta}{dt} = T$$

Equações de transferência

Transformada de Laplace

Pólos e zeros

$$\theta(t) \rightarrow \Theta(s),\ e_a(t) \rightarrow E_a(s)$$

$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{s(T_m S + 1)}$$

Equações de estado

Transformada de Laplace

Pólos e zeros

$$x_1 = \theta \qquad x_2 = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -D / J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ K_t / R_a J \end{bmatrix} e_a$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Modelagem: descrever o comportamento de um sistema (ou processo) através de expressões matemáticas.

Análise e projeto: analisar o sistema e projetar o controlador baseado em certos critérios.

Simulação e teste: simular o sistema proposto e testar segundo as condições de contorno.

Implementação: implementar o projeto.

Veja alguns exemplos de modelos de controle no box ao lado.

Critérios para projeto

Abaixo, citamos os principais critérios para projetar o sistema de controle digital de motor:

- Estabilidade;
- O sistema deve ser estável;
- Resposta de transiente (**figura 5**);
- Rápido, *overshoot* limitado, pequeno erro de estado "steady";
- Sensibilidade a variação de parâmetros, robustez;
- Atenuação a ruído e distúrbios.

Em termos de soluções de controle para um determinado motor, temos alguns possíveis "approaches", indo da clássica ideia onde o foco é posição dos polos e zeros, resposta em frequência (diagrama de Bode) e margem de estabilidade (critério de Nyquist), cujo controlador PID é um bom exemplo, até ideias mais modernas e avançadas como realimentação e observador de estado, controles estocástico e adaptativo, lógica fuzzy e redes neurais.

Note que a implementação de algumas técnicas de controle ainda está muito limitada ao poder de processamento do componente escolhido, porém o uso de DSP facilita a implementação de algoritmos avançados de controle, dando asas ao projetista para voar e desenvolver novos produtos com grande valor agregado, diferenciando-os no mercado.

Para ilustrar toda essa narrativa, escolhemos um exemplo de controle de velocidade de um motor AC de indução (ACIM), onde discutimos duas possíveis soluções: Tensão/Frequência (V/Hz) versus Controle Orientado a Campo (FOC). Quais são os prós e contras de cada uma das soluções. Algumas vezes, esse é um dilema que vários projetistas têm que resolver para satisfazer o binômio custo/benefício.

Em termos gerais, segundo o princípio de controle de velocidade, controlando o torque, nós conseguimos controlar a aceleração.

Para compreender melhor **o princípio de controle Tensão/Frequência (V/Hz)**, vide **figura 6** com dois gráficos. O primeiro é o perfil da técnica V/Hz e o segundo é no domínio do torque.

Na região de baixa velocidade, V_{min} é aplicada para compensar a redução de fluxo. Na região de debilitação do campo, fluxo e torque são reduzidos, $V=V_{nom}$. Entre ambas as regiões, um fluxo constante é aplicado (fluxo nominal).

Quais são as limitações dessa técnica?

O valor "Rs" não pode ser "esquecido" em baixas velocidades, o modelo de fluxo constante é apenas uma aproximação, overshoots de corrente descontrolados devido a oscilação do torque, entre outras.

Vamos agora analisar o **princípio de controle orientado a campo (FOC)**.

Essa técnica baseia-se no uso de modelo dinâmico de motor AC de indução juntamente com a transformação de coordenadas, migrando das coordenadas do estator a-b-c para o sistema de referência do fluxo do rotor chamado referência s-q (atente para **figura 7**).

Nesse sistema, o controle do motor AC de indução torna-se muito similar a uma simples máquina DC (*separately-exited DC machine*), visto que i_{mR} é mantida constante.

Temos que i_{sq} controla o torque da mesma maneira que a corrente de armadura faz em motor DC.

$$m = k(1-\sigma)L_s i_{mR} i_{sq} = \Psi_R i_{sq}$$

Na **figura 8**, encontra-se um diagrama de blocos do controle orientado a campo para um inversor trifásico, controlando um motor AC de indução.

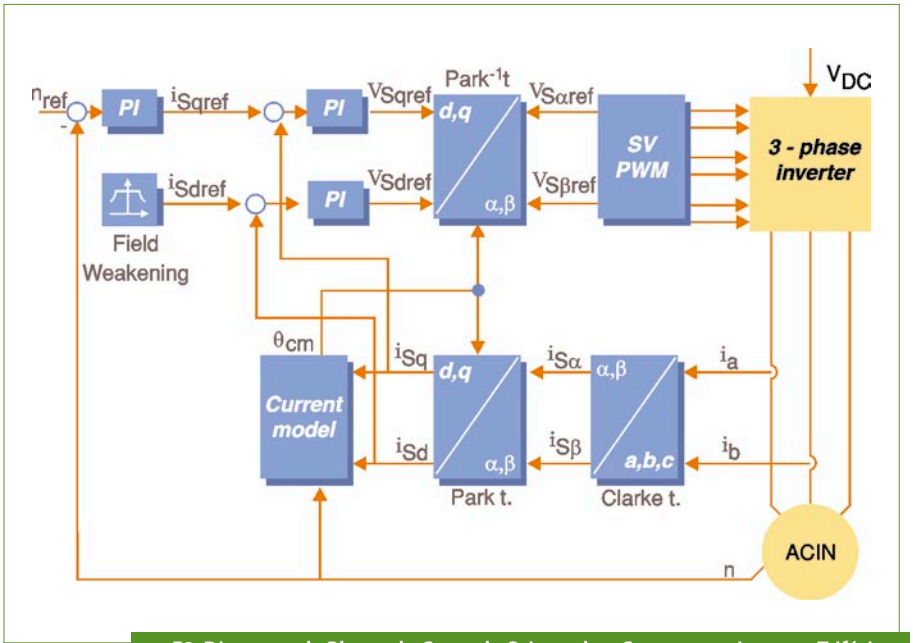
Em termos de torque versus velocidade para a técnica FOC, veja a **figura 9** com detalhes da expressão torque-controle instantâneo.

Quais são as vantagens dessa técnica?

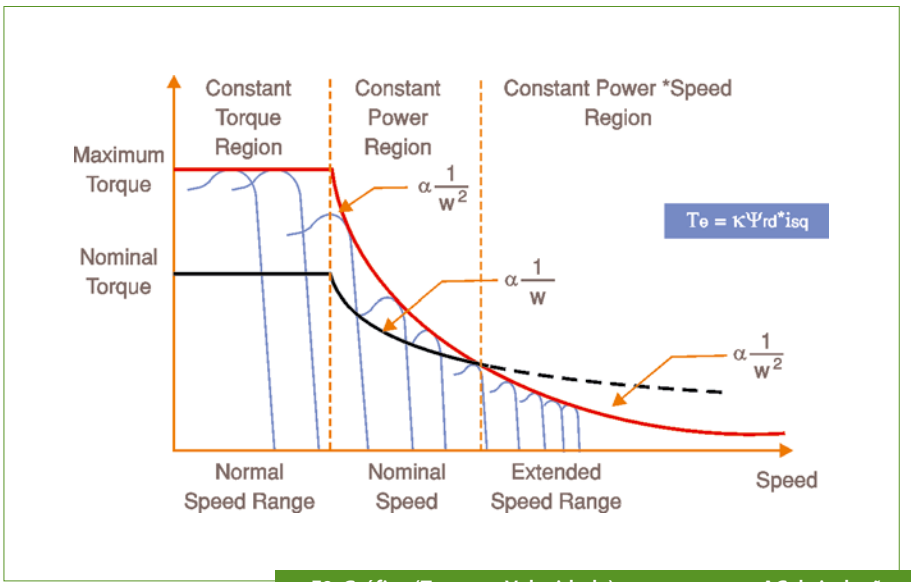
Torque máximo em toda faixa de rotação até a velocidade nominal: é baseada em um modelo dinâmico de motor, controle de torque contínuo, as correntes do estator são controladas em amplitude máxima, entre outras.

A conclusão a que chegamos é que o controle FOC apresenta a melhor solução técnica, pois tem controle de fluxo e torque contínuo ao passo que o controle V/Hz não possui controle de torque contínuo, além de apresentar potenciais problemas com o motor (perdas traduzidas em calor, saturação do material magnético, *ripples* de torque, desbalanceamento).

Quem estiver interessado em conhecer com mais detalhes a solução V/Hz para motores AC de indução, visite o link abaixo para baixar o *application note*: **http://focus.ti.com/docs/apps/catalog/resources/appnoteabstract.jhtml?appId=120&abstractName=spra284a**.



F8. Diagrama de Blocos do Controle Orientado a Campo para Inversor Trifásico.



F9. Gráfico (Torque x Velocidade) para um motor AC de indução.

Agora, para aqueles leitores interessados em conhecer a solução FOC para motores AC de indução, visitem o link a seguir para baixar o *application report*: **http://focus.ti.com/docs/apps/catalog/resources/appnoteabstract.jhtml?appId=120&abstractName=bpra073**.

Esperamos que este artigo atinja o objetivo de discutir algumas técnicas de controle e como implementá-las. A nossa ideia é abrir a discussão do uso de DSP para o controle digital de motores.

Hamilton Ignacio é engenheiro eletrônico com título de MBA, com diversos cursos de especialização em DSP e microcontroladores nos EUA, e Gerente de Produtos e Aplicações da Texas Instruments para a América do Sul. Responsável pela família de DSP TMS320C2000, microcontroladores MSP430, Stellaris ARM Cortex M3 e M4, e conversores de dados, gerencia as áreas de automação industrial, instrumentação, smart grid, controle digital de sistemas e motores, linha branca, segurança eletrônica, automotiva e no-breaks, entre outras. Também gerencia o programa universitário na América do Sul.

Cabos Ópticos Autossustentáveis e o Efeito Corona

Ricardo Pantoja*

O efeito Corona (**figura 1**) é também conhecido como fogo de Santelmo. Esse efeito é um fenômeno relativamente comum em linhas de transmissão com sobrecarga. Devido ao campo elétrico muito intenso nas vizinhanças dos condutores, as partículas de ar que os envolvem tornam-se ionizadas e, como consequência, emitem luz quando da recombinação dos íons e dos elétrons.

O nome Fogo de Santelmo vem de Santo Elmo, padroeiro dos marinheiros, e surgiu quando antigos marinheiros observavam navios com os mastros envolvidos por uma tênue luz. A superstição cuidou de transformar esse fenômeno em aparição divina. Posteriormente, porém, observou-se que tal aparição ocorria principalmente nas regiões tropicais, em condições que precediam as tempestades. As nuvens eletrizadas induziam cargas nas pontas dos mastros, produzindo o efeito Corona.

O efeito Corona aparece na superfície dos condutores de uma linha aérea de transmissão quando o valor do gradiente de potencial aí existente excede o valor do gradiente crítico disruptivo do ar. Mesmo em um campo elétrico uniforme, entre dois eletrodos planos paralelos no ar, uma série de condições controlam essa tensão disruptiva, tais como a pressão do ar, a presença do vapor d'água, o tipo de tensão aplicada e a fotoionização incidente. No campo não uniforme em torno de um condutor, a divergência do campo exerce influência adicional, e qualquer partícula contaminadora, como poeira, por exemplo, transforma-se em fonte pontual de descargas (**figura 2**).

Descargas elétricas em gases são geralmente iniciadas por um campo elétrico que acelera elétrons livres aí existentes. Quando esses elétrons adquirem energia suficiente do campo elétrico, podem produzir novos elétrons por choque com outros átomos. É o processo de ionização por impacto.

Durante a sua aceleração no campo elétrico, cada elétron livre colide com átomos de oxigênio, nitrogênio e outros gases presentes, perdendo, nessa colisão, parte de sua energia cinética. Ocasionalmente, um elétron pode atingir um átomo com força suficiente de forma a excitá-lo. Nessas condições, o átomo atingido passa a um estado de energia mais elevado. O estado orbital de um ou mais elétrons muda e o elétron que colidiu com o átomo perde parte de sua energia, para criar esse estado.

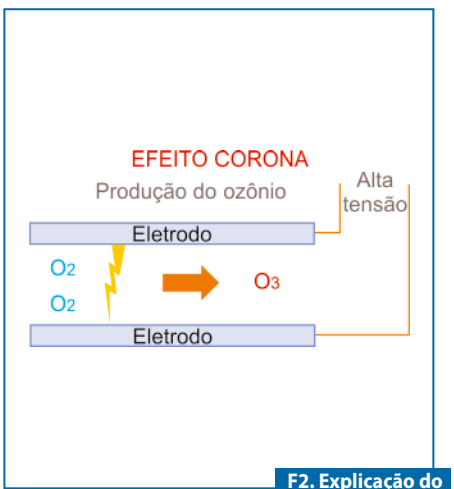
Posteriormente, o átomo atingido pode reverter ao seu estado inicial, liberando o excesso de energia em forma de calor, luz, energia acústica e radiações eletromagnéticas. Um elétron pode igualmente colidir com um íon positivo, convertendo-o em átomo neutro. Esse processo, denominado recombinação, também libera excesso de energia.

Toda a energia liberada ou irradiada deve provir do campo elétrico da linha, portanto, do sistema alimentador, para o qual representa perda de energia e, por conseguinte, prejuízo. Essas perdas e suas consequências econômicas têm sido objeto de pesquisas e estudos há mais de meio século, não obstante, só recentemente se alcançaram meios que permitem determinar, com razoável segurança, qual o desempenho que se poderá esperar para as diversas soluções possíveis para uma linha de transmissão, no que diz respeito a essas perdas.

De um modo geral, elas se relacionam com a geometria dos condutores, tensões de operação, gradientes de potencial nas superfícies dos condutores e, principalmente, com as condições meteorológicas locais. Constatou-se, por exemplo, que as perdas por Corona em linhas com tensões



F1. O efeito Corona.



F2. Explicação do Efeito Corona.

extraelevadas podem variar de alguns quilowatts por quilômetro até algumas centenas de quilowatts por quilômetro, sob condições adversas de chuva ou garoa. As perdas médias, como se verificou, podem constituir apenas pequenas partes das perdas por efeito Joule, porém as perdas máximas podem ter influência significante nas demandas dos sistemas, pois a capacidade geradora para atender a essa demanda adicional deverá ser prevista, ou a diferença de energia importada.

Tanto as perdas com tempo bom como aquelas sob chuva dependem dos gradientes de potencial na superfície dos condutores. As perdas sob chuva dependem não só do índice de precipitações, como também do número de gotículas d'água que conseguem aderir à superfície dos condutores. Esse número é maior nos condutores novos do que nos usados, nos quais as gotas d'água aderem mais facilmente à geratriz inferior dos condutores.

As linhas aéreas de transmissão de energia elétrica há muito têm sido consideradas como causadoras de impacto visual sobre o meio ambiente em que são construídas. Uma espécie de poluição visual que os conservadores, urbanistas e estetas há muito vêm combatendo. O advento da transmissão em tensões extraelevadas e as perspectivas de transmissão em tensões ultraelevadas enfatizaram dois outros tipos de perturbação do meio, provocados pelo efeito Corona, sendo-lhes atribuído também caráter de poluição: A radiointerferência (RI) e o ruído acústico (RA).

Descargas individuais de Corona provocam pulsos de tensão e corrente de curta duração que se propagam ao longo das linhas, resultando em campos eletromagnéticos em suas imediações. Essas descargas ocorrem durante ambos os semiciclos da tensão aplicada, porém aquelas que ocorrem durante os semiciclos positivos é que irradiam ruídos capazes de interferir na radiorrecepção nas faixas de frequência das transmissões em amplitude modulada (AM), em particular nas faixas das ondas médias. Eflúvios de Corona também ocorrem em outros componentes das linhas, tais como ferragens e isoladores, porém a intensidade dos ruídos gerados é bastante inferior à dos gerados pelos condutores. Ferragens defeituosas, pinos e contrapinos mal ajustados ou soltos podem igualmente gerar pulsos eletromagnéticos. Estes, no entanto, ocorrem nas faixas das frequências de "FM" e "TV", provocando interferência ou ruídos nas recepções de "FM" e "TV" (TVI).

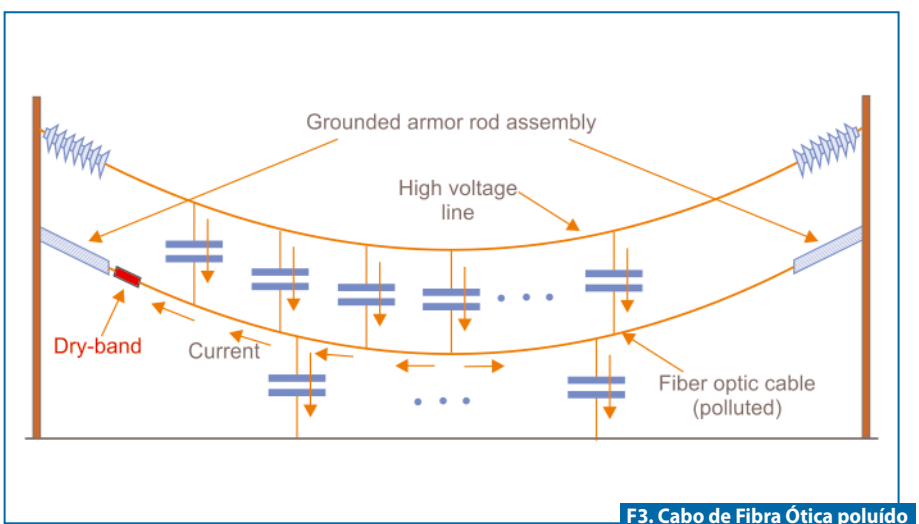
A geração desses ruídos interfere com os direitos individuais dos moradores das vizinhanças das linhas de transmissão, uma vez que os ruídos se podem propagar além das faixas de servidão das linhas. Ainda não é possível projetar-se economicamente uma linha de transmissão aérea em tensões acima de 100 kV e que não produza radiointerferência. Não obstante, critérios corretos e atenção aos aspectos relevantes do projeto podem produzir um sistema que resulte pelo menos em níveis aceitáveis de perturbação. O estudo do comportamento das linhas no que se refere a "RI" é bastante complicado em virtude dos inúmeros fatores que afetam seu comportamento, muitos dos quais ainda são indefinidos e nem mesmo completamente entendidos, de forma que os efeitos cumulativos são considerados em bases estatísticas.

Nos projetos de pesquisa sobre Corona em tensões extra e ultraelevadas verificou-se, igualmente, que outra manifestação sua não mais poderia ser descurada nas linhas de 500 kV ou tensões mais elevadas, dado o caráter de poluição ambiental que apresenta. É a poluição acústica causada pelo ruído característico provocado pelos eflúvios do Corona. Esse aspecto também vem merecendo crescente atenção no dimensionamento das linhas, a fim de que o grau de perturbação seja mantido em níveis aceitáveis. Tais estudos mostraram que o ruído auditivo é função dos máximos gradientes de potencial na superfície dos condutores.

Em vista do exposto, pode-se concluir que, para as linhas de transmissão em tensões extras e ultraelevadas, o dimensionamento econômico das linhas está diretamente relacionado com a escolha do gradiente de potencial máximo admissível na superfície dos condutores das linhas de transmissão. Gradientes para uma mesma classe de tensão somente são reduzidos mediante o emprego dos condutores de diâmetros maiores, ou maior espaçamento entre fases, ou pelo emprego de condutores múltiplos, com número crescente de subcondutores, ou pela forma com que são distribuídos sobre o círculo tendo como centro o eixo do feixe.

Alternativamente, vêm sendo pesquisados outros métodos para a redução da radiointerferência e ruídos audíveis, como a colocação de espiras ao longo dos condutores ou o seu envolvimento em capas de neoprene. A disposição dos subcondutores em forma de polígono irregular também vem sendo investigada como meio de reduzir os gradientes de potencial, e parece ser a forma mais promissora: é possível encontrar uma posição para cada subcondutor na periferia de um círculo, de forma que a gradiente em todos os subcondutores seja mínima.

O emprego dos condutores múltiplos assimétricos tem apresentado problemas de estabilidade mecânica sob ação do vento, e a melhor solução sob esse aspecto poderá conflitar com a melhor solução sob o aspecto de distribuição de gradientes de potencial. Atente para a **figura 3**.



F3. Cabo de Fibra Ótica poluído próximo a linha de alta tensão.

Cálculo de tração e fórmula de design para cabo autossustentável de fibra óptica

O cálculo da tensão em um cabo de fibra óptica é um processo um pouco difícil para um engenheiro de *design* para cabos ópticos de fibra. A resistência à tração (T) de todos os tipos de cabos dielétricos autossustentáveis pode ser calculada usando-se a seguinte fórmula e condições:

- Flexa em condições normais: 0,5 m.
- Pressão do Vento: 700 Pa.
- Temperatura máxima: 55 ° C.
- Mínima temperatura: - 6 ° C.
- Distância entre Postes: 70 m.
- T será calculada a partir da seguinte fórmula:

$$T^3 + \left[\frac{w^2 \cdot g^2 \cdot L^2 \, Ea}{24\,T_1^2} - T_1 \, Eak\,(t_1 - t)\right]T^2 = \frac{w_1^2 \cdot g^2 \cdot L^2 \, Ea}{24}$$

e

$$w_1 = \sqrt{w^2 + \left(\frac{FPD}{g}\right)^2}$$

e

$$T_1 = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8S}$$

Onde:
T1 = tensão de instalação, sem vento (N)
T = tensão resultante sob pior carga (N)
w = massa de cabo (kg/m)
g = aceleração gravitacional (9,81 m / s^2)
L = comprimento do vão entre os polos (m)
S = flexa do cabo, sem vento (m)
E = módulo de elasticidade de membro da força (MPa)
a = área da secção transversal de membro da força (mm^2)
k = coeficiente de expansão linear de membro da força (/ °C)
t_1 = temperatura em que T é calculado (°C)
t = temperatura em que T1 é calculada (°C)
P = pressão de vento (Pa)
D = Área projetada por metro de cabo (mm^2)
F = Fator de forma (0,6 por cabo redondo)

Condições do teste de tração para um cabo de fibra ótica autossustentável

O comprimento do cabo de fibra ótica em teste terá um mínimo de 70 m.

Terminar ambas extremidades do cabo de fibra óptica em teste com um tipo de-dal, pré-formado em torno da braçadeira de terminação.

Ancorar a extremidade um, ao aplicar a carga T. Manter a carga de tração por 10 minutos enquanto se mede o alongamento da fibra.

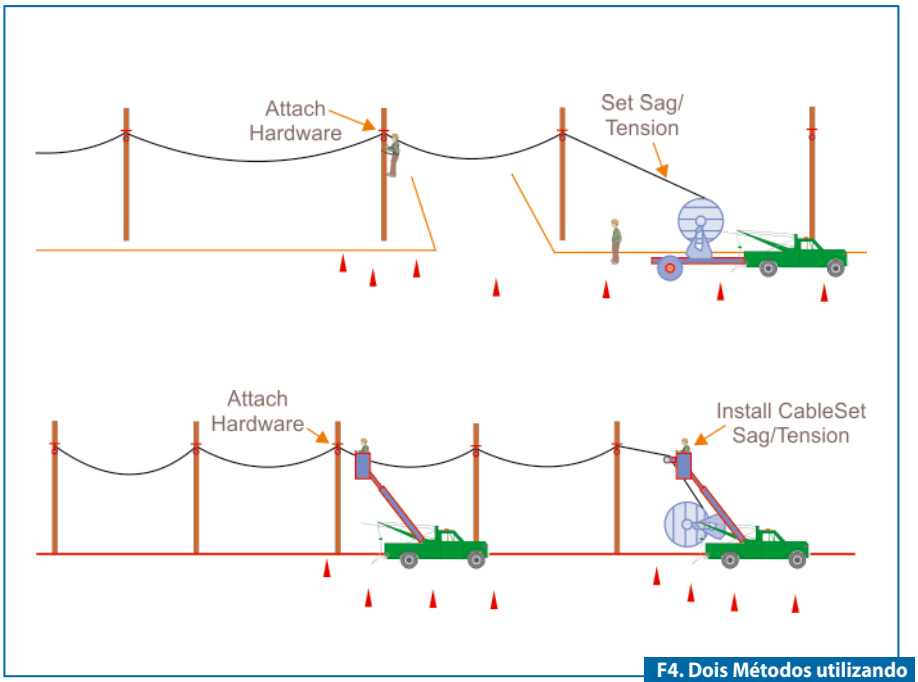
Durante o período do teste, o alongamento da fibra que é medido em termos de tensão não deve exceder 0,20%. O cabo de fibra óptica não deve sofrer danos permanentes durante o teste.

O revestimento exterior do cabo de fibra óptica deve ser cuidadosamente examinado para quaisquer rachaduras ou danos.

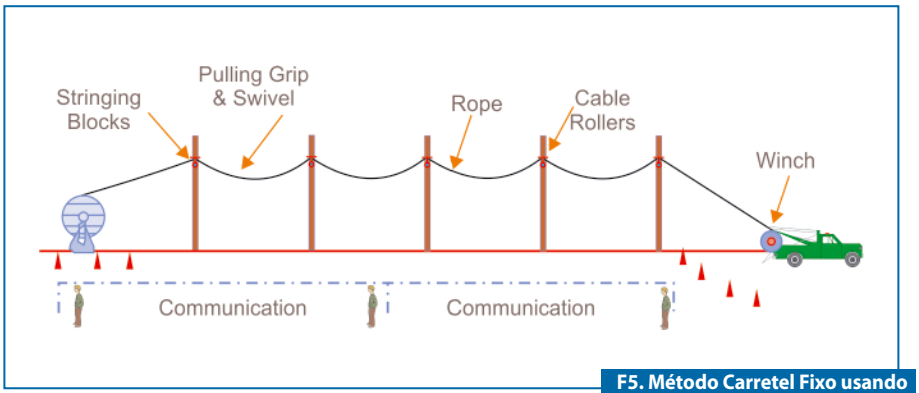
Creep test

A amostra do cabo de fibra óptica usada no teste de tração deve ser utilizada e o teste de configuração pode ser o mesmo.

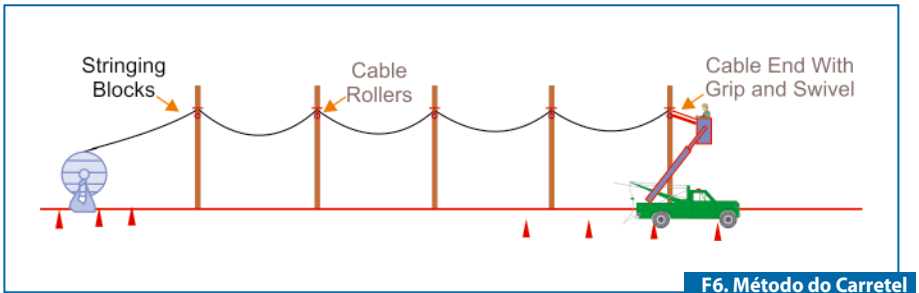
Aplicar uma carga Tc = (T + T1) / 2, onde Tc = tensão de Creep. Veja os métodos de instalações dos cabos, nas **figuras 4, 5 e 6**.



F4. Dois Métodos utilizando o Carretel Móvel.



F5. Método Carretel Fixo usando um Cabo pré-instalado.



F6. Método do Carretel fixo puxando o cabo.

Como sugestão será apresentado na **tabela 1**, o modelo de cabo TELDOR para vãos de 70 metros, considerando o SAG de 0,7% com PART NUMBER F902040612B.

Este modelo é composto de 6 tubos *LOOSE TUBE* contendo 4 fibras monomodo por tubo. Na sua construção todas as fibras são protegidas e reforçadas com kevlar e também bloqueadas contra umidade e água "*waterblocking*".

Sendo muito importante nestas aplicações, acrescenta-se uma capa externa confeccionada em polietileno de alta densidade HDPE resistente a extremos de temperatura, impacto, torsão e raios UV.

(*) Ricardo Pantoja é fundador e diretor da empresa Pantoja Engineering & Consultant - Ethernet Industrial: www.pantojaindustrial.com

ADSB-9-06X04-D-KP-D 70M_120KM_H_0.7%Sag	
Part Number:	F90240612B The Teldor P/N and Description
Applications:	Aerial Installations
General Construction:	This All Dielectric Self-Supporting (ADSS) cable contains 24 SM color coded optical fibers. The cable contains 6 loose tubes filled with thixoropic gel, 4 fibers in each tube. The loose tubes are stranded around a dielectric central strength member. The cable core is reinforced and protected by dry waterblocking strength yarns, and an outer jacket with a black, UV-resistant HDPE compound completes the cable's construction.
Outer Jacket Material:	HDPE
Outer Diameter:	10.5 mm nom.
Weight:	85 kg/km
Design & Materials	
Buffer Material:	PBT
Color code:	Per TIA/EIA 598-C
Central Strength Member:	FRP
Cabling:	SZ
Strength Elements:	Aramid Yarns
Total Number of Tubes:	6
Number of fibers:	24
Waterblocking:	Dry Waterblocking
Rip-Cord:	Yes
Outer Jacket Color:	Black
Marking:	Per request
Standards	
Applicable Standards:	IEC 60794, EIA/TIA-455
Installation:	Guidelines as per IEC 60794-1-1 Annex A
Performance	
Max. Span:	70 m
Sag:	0.7 %
Max. Installation Tension:	970 N
Loading Tension:	3000 N
Max. Wind Velocity:	120 km/hr
Impact Resistance:	3 Nm
Impact Resistance:	20 cycles
Max. Crush Resistance:	400 N/cm
Min. Bend Radius for Installation:	20xD mm
Min. Bend Radius for Operation:	10xD mm
Max. Operating Temperature:	+70 °C
Min. Operating Temperature:	–40 °C
Max. Installation Temperature:	+35 °C
Min. Installation Temperature:	– 5 °C
Max. Storage Temperature:	+70 °C
Min. Storage Temperature:	–40 °C

T1. Características do cabo TELDOR para vãos de 70 metros.



Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)

Conheça sua estrutura, e a importância do Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) na automação industrial.

Alexandre Capelli

Desde a invenção do primeiro tiristor de quatro camadas PNPN pelos laboratórios Bell em 1957, houve um grande avanço nos dispositivos semicondutores de potência. Na verdade, estes substituíram as rudimentares válvulas "ignitron, phanatron e thyratron", que já eram capazes de suportar grandes correntes e elevadas tensões reversas de chaveamento. Na maioria dos casos, esses semicondutores devem também operar em elevadas frequências como, por exemplo, na etapa de saída de inversores. Para suprir essa necessidade foi, então, criado o IGBT. Confira agora seu funcionamento, e entenda qual sua importância na automação industrial.

Estrutura e Funcionamento

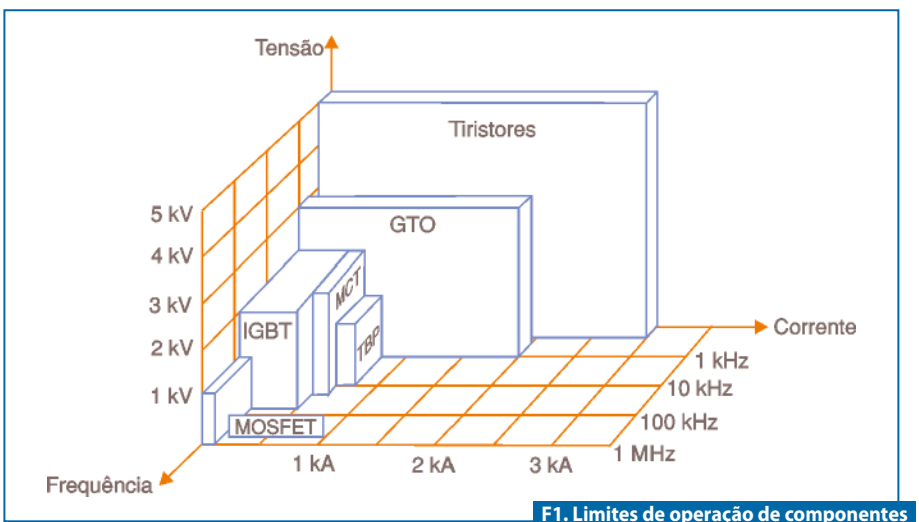
O IGBT reúne duas importantes características: alta velocidade de comutação mesmo em grandes potências (semelhante aos transistores bipolares); e alta impedância de entrada (como os MOSFETs).

Os transistores bipolares de frequência possuem características que permitem sua utilização no chaveamento de elevadas correntes com muitas vantagens, sendo a principal as baixas perdas no estado de condução.

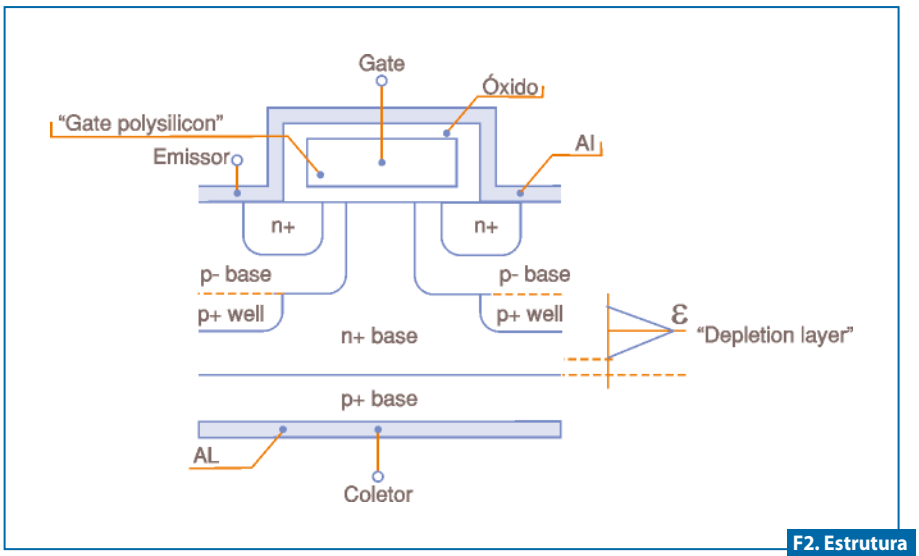
Sua desvantagem, entretanto, é a alta corrente de base, visto que eles operam como "amplificadores de corrente". Já os transistores de efeito de campo MOS de potência, por serem excitados por tensão, têm a vantagem de uma alta impedância de entrada, exigindo correntes "ínfimas" para seu funcionamento. Estes dispositivos, porém, têm como desvantagem a baixa velocidade de comutação, devida às capacitâncias parasitas de "*gate*".

O IGBT é um componente híbrido que reúne a facilidade de acionamento dos MOSFETs e sua elevada impedância de entrada, com pequenas perdas em condução dos transistores bipolares de potência. Assim, a velocidade dos IGBTs é semelhante a estes, no entanto, nos últimos anos tem crescido gradativamente, permitindo sua operação em frequências de dezenas de kHz, e centenas de ampères.

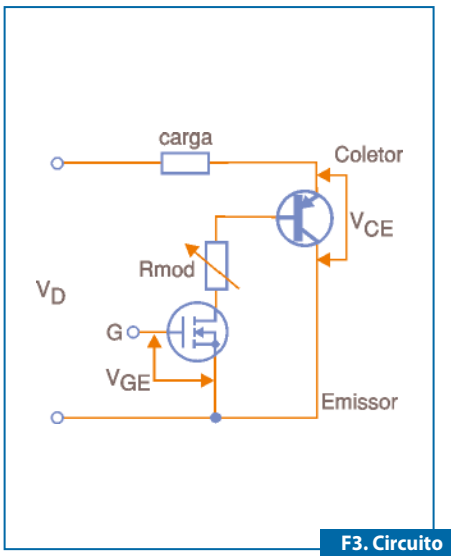
Com essas duas facilidades, este componente torna-se cada vez mais indicado



F1. Limites de operação de componentes semicondutores de potência.



F2. Estrutura do IGBT.



F3. Circuito equivalente.

para comutação de cargas em alta velocidade e corrente.

Na **figura 1** apresentamos um gráfico contendo uma comparação entre os principais dispositivos semicondutores de potência quanto às suas características de tensão, corrente e frequência de operação.

Podemos ver que os tiristores são os dispositivos que conseguem superar os maiores valores de corrente e tensão, mas não podem operar em frequências de chaveamento elevadas. Por outro lado, os IGBTs possuem uma capacidade de suportar maiores tensões e podem operar em mais altas frequências que os transistores bipolares de potência, e ainda maiores tensões e correntes que os MOSFETs de potência. Como observamos, a região segura do IGBT é maior que as regiões reservadas ao MOSFET e ao transistor bipolar.

A **figura 2** ilustra a estrutura típica de um IGBT de canal tipo N (o canal P tem seu funcionamento análogo).

Diferenças

A principal diferença entre a estrutura do IGBT e a do MOSFET é a inclusão de um substrato P + (o símbolo "+" é uma convenção para indicar que esta região é fortemente dopada, enquanto o símbolo "-" indica que a região é fracamente dopada) onde é conectado o terminal de coletor. Esta mudança tem como efeito a inclusão das características bipolares do componente. A camada P+ tem como objetivo a formação de portadores positivos (lacunas) na região de "arrastamento" (*Drift region*) como é feito em um transistor bipolar do tipo PNP.

Na estrutura do IGBT é importante notar que o terminal de porta está conectado às duas regiões (isoladas do material semicondutor através de uma camada isolante de óxido de silício – SiO_2) ao invés de ser apenas uma única região como costumamos ver em MOSFETs. O IGBT, portanto, apresenta a formação de dois canais ao invés de apenas um.

Na **figura 3** podemos contemplar o circuito equivalente do IGBT, "construído" com o MOSFET e um transistor bipolar. Quando uma tensão positiva é aplicada ao *gate* do MOSFET, sua resistência entre dreno e fonte (representada por Rmod) cai drasticamente.

Desta forma a base do transistor bipolar PNP é aterrada, levando-o a saturação ($V_{CE} \simeq 0$ V), e, consequentemente, energizando a carga.

É bom lembrar que o transistor IGBT é utilizado, quase sempre, como chave, ou seja, trabalha no corte ou na saturação.

Limites de Operação e Parâmetros do IGBT

Os limites de operação ("*ratings*") são os valores máximos que cada parâmetro pode assumir tais como: tensão, temperatura, potência dissipada, etc., recomendados, é claro, pelo fabricante. Para garantir uma vida longa para o componente e, consequentemente, ao equipamento de que ele faz parte, é imperativo que estes valores sejam respeitados.

Cada tipo apresenta seu próprio limite, sendo alguns deles interligados em módulos, conforme podemos observar na **figura 4**. Outros, entretanto, podem ser comercializados individualmente, em encapsulamento TO – 220.

A seguir, faremos uma breve análise dos principais parâmetros deste componente:

Corrente contínua de coletor

Esta corrente é definida como a corrente máxima direta que pode fluir através do dispositivo a uma dada temperatura (geralmente entre 70° e 85°C) de encapsulamento, em conjunto com a máxima temperatura de junção (intrínseca ao transistor) durante a máxima potência dissipada.

Este valor é função de:

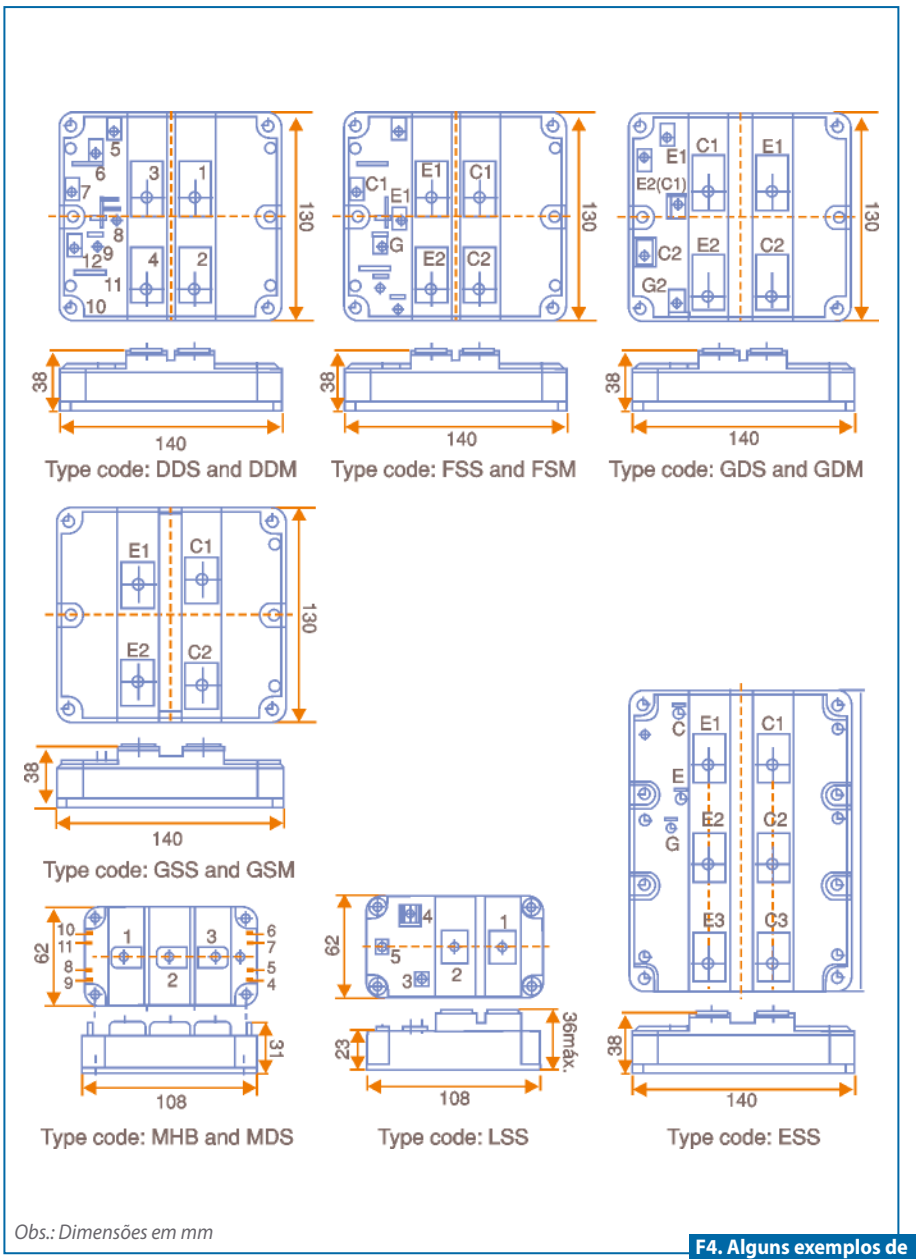
- T_{Jjax} = Temperatura máxima de junção
- R_{TH}(j-c) = Resistência térmica entre junção e encapsulamento
- $V_{CE(sat)} = V_{CE}$ na saturação
- V_{GE} = Tensão aplicada ao *gate* em relação ao emissor

A fórmula que relaciona essas grandezas é:

$$(I_C \text{ a } T_C) = \frac{T_{Jmax} - T_C}{*V_{CE(sat)} \cdot R_{th}(J-C)}$$

***$V_{CE(sat)}$** = considerando I_C a uma T_{Jmax} máxima.

Conforme podemos observar pela **figura 5**, e considerando uma fonte cons-



F4. Alguns exemplos de módulos de IGBTs.

tante, quando aumentamos a tensão de *gate*, a tensão de saturação (V_{CE}) diminui, e a corrente de coletor (I_C) aumenta.

Já a **figura 6** mostra como o I_C diminui com o aumento da temperatura do encapsulamento (T_C).

Capacidade de bloqueio entre coletor e emissor:

A capacidade de bloqueio entre coletor e emissor, conhecida como V_{CES} (*continuous collector to emitter voltage*), é a máxima tensão que a junção entre coletor e emissor pode suportar, estando o *gate* em curto-circuito com o emissor (sob a máxima temperatura permitida).

Tensão gate/emissor

A tensão V_{GES} (*gate to emitter voltage*) é a tensão que pode ser aplicada entre a junção *gate* e o emissor sem que ocorra a degradação do componente.

O fator que influencia diretamente esse parâmetro é a espessura da camada de óxido de isolação do gate, determinada na fabricação do IGBT.

Potência total

É a máxima potência (P_{TOT}) que pode ser dissipada pelo componente a uma temperatura T_C.

A potência total dissipada = perdas no estado "*on*" + perdas no chaveamento + perdas no estado "*off*".

$$P_{TOT} = \frac{(T_{Jmax} - T_C)}{R_{th}(J-C)}$$

Este parâmetro está relacionado com a "permeabilidade" da dissipação da temperatura entre invólucro e o ambiente, bem como a resistência térmica entre a junção e ele.

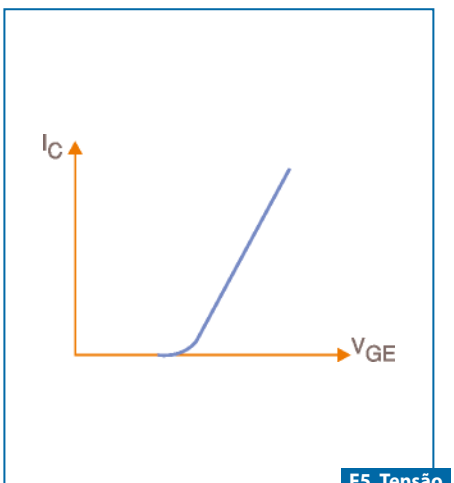
Outros fatores de influência são: temperatura da junção, corrente de coletor, e tensão entre *gate* e emissor.

Temperatura da junção

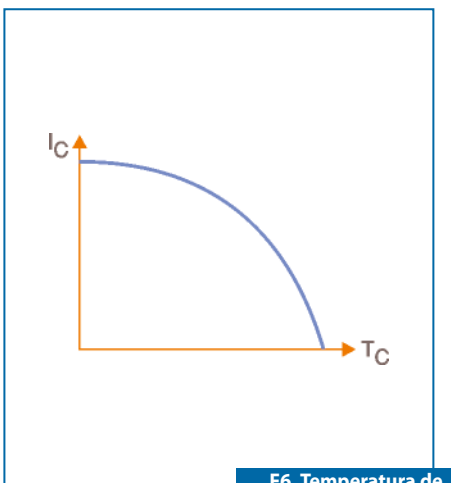
É a faixa (mínima e máxima) de temperatura em que a junção do componente pode operar.

Características Elétricas Estáticas

Estas características descrevem o comportamento do componente em duas



F5. Tensão Gate x Ic.



F6. Temperatura de encapsulamento x Ic.

situações: "*on-state*" (condução) e "*off--state*" (corte).

Off-State

- **I_{CES}**: é a corrente de bloqueio entre cowletor e emissor (ou "*collector cut-off*"). No *datasheet* é especificado na tensão de corte entre coletor e emissor (V_{CES}) com gate e emissor em curto-circuito a uma temperatura (T_J) de 25 ºC. Este parâmetro é uma junção de V_{CES} e T_J. I_{CES} aumenta com o aumento de V_{CES} e T_J.
- **I_{GES}:** é a corrente residual entre *gate* e emissor em uma tensão específica V_{GE}, com coletor e emissor em curto-circuito (V_{CE} = 0) e T_J = 25ºC.

Estado de condução (on-state):

- **$V_{GE(th)}$**: é a tensão mínima entre *gate* e emissor requerida para levar o IGBT ao estado de condução, com uma I_C e V_{CE} determinada.
- **$V_{GE(sat)}$**: é a tensão de saturação entre *gate* e coletor e emissor, a qual, uma vez atingida, qualquer valor acima não alterará a condição de "*on-state*".

Todos os parâmetros acima são influenciados diretamente pela temperatura. A **figura 7** ilustra a diferença da corrente de coletor para uma temperatura de 25°C e de 125°C.

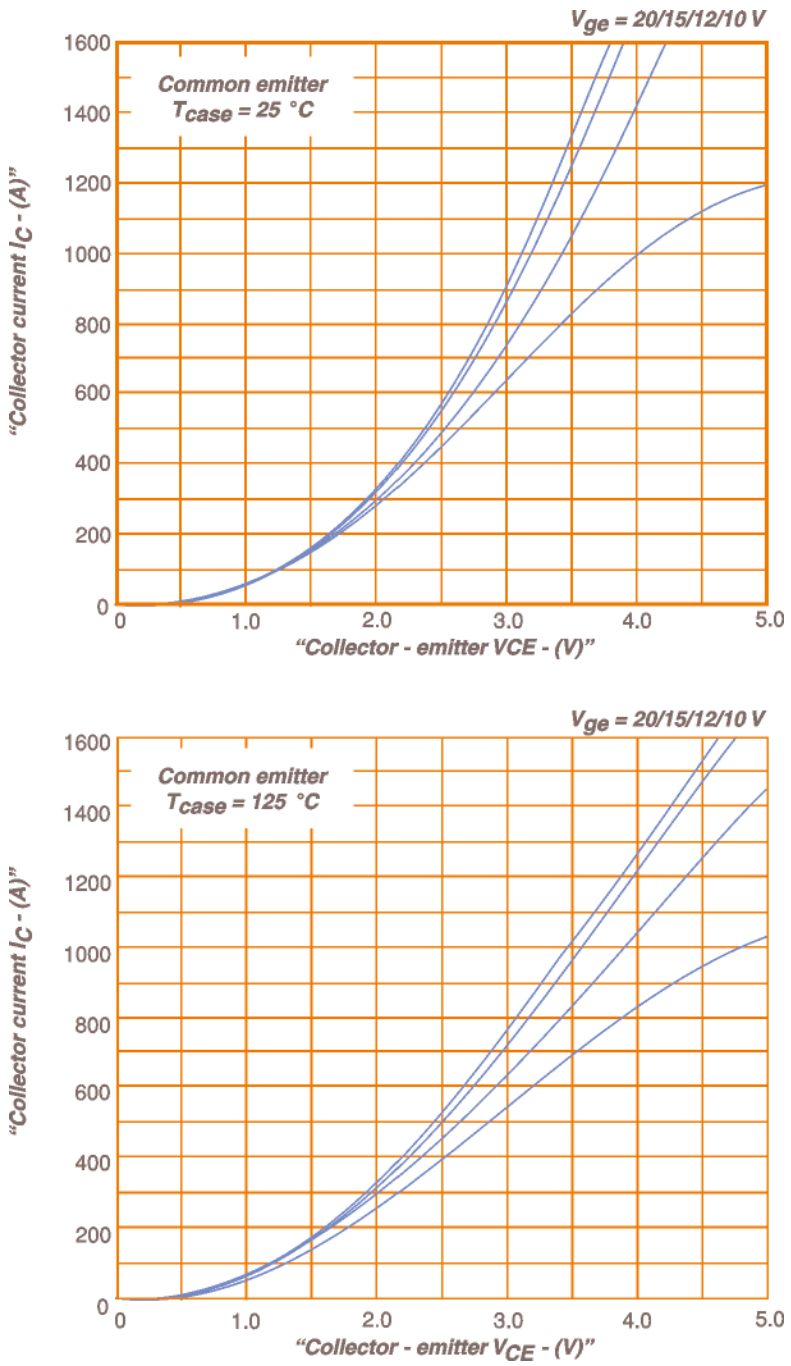
Características Dinâmicas

As características di-nâmicas descrevem a performance do componente em dois estados de transição: de *off* para *on*; e de *on* para *off*. Há grande perda durante este chaveamento, portanto é importante contemplar esses parâmetros a fim de determinar o montante das perdas.

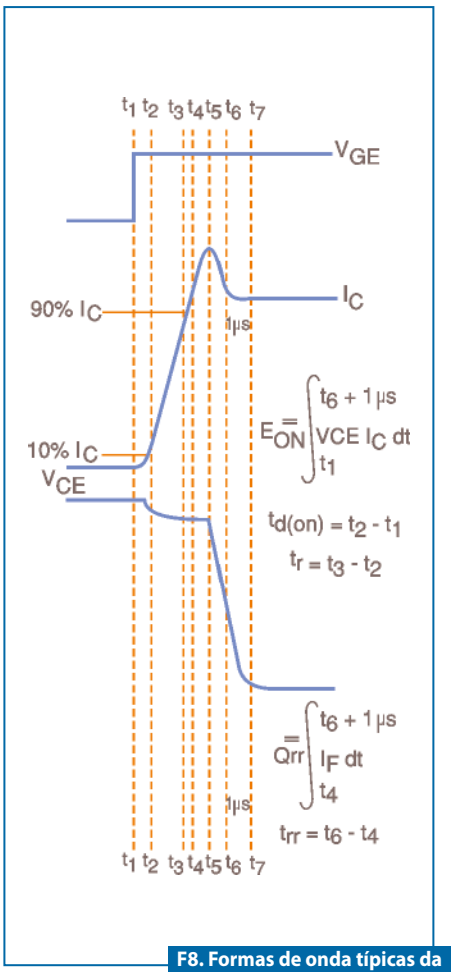
Tensão "turn-on"

A **figura 8** apresenta o comportamento de V_{CE} e I_C neste período.

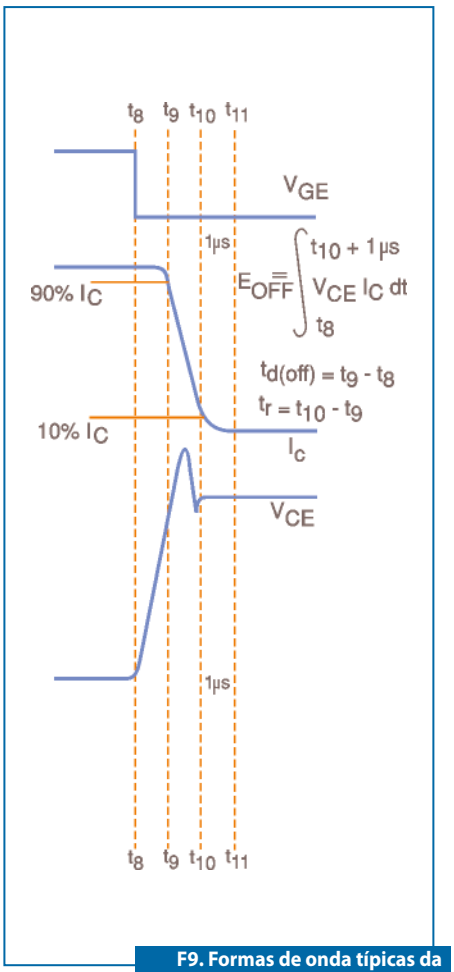
- **$td_{(on)}$**: é o tempo de atraso para o estado "*on*" (*delay time*), e é definido como tempo decorrido entre V_{GE} = 0 até I_C = 10% do valor final (t_1 a t_2).
- **t_1**: é o tempo de subida (*rise time*) para aumentar I_C de 10% a 90% do valor final (t_2 a t_3). Este parâmetro é função das características de cada IGBT.
- **t_{on}**: é a soma de $td_{(on)}$ + tr
- **E_{on}**: é a energia perdida em "*turn--on*" também exibida na figura 8.



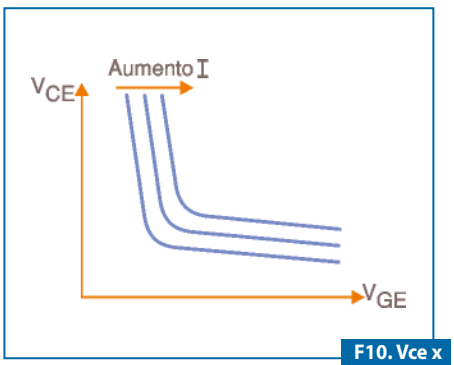
F7. Comparação de Ic a T = 25°C e T = 125°C.



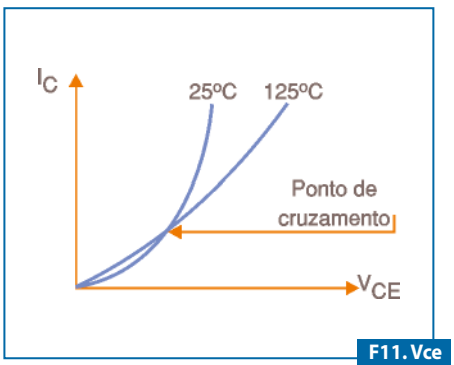
F8. Formas de onda típicas da transição para o estado "ON".



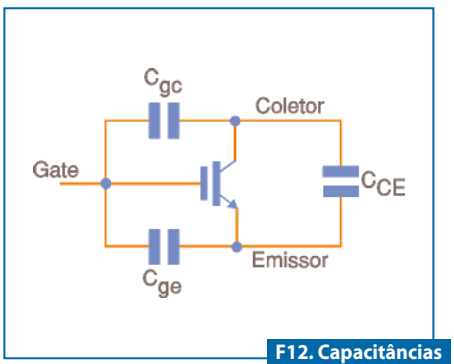
F9. Formas de onda típicas da transição para estado "OFF".



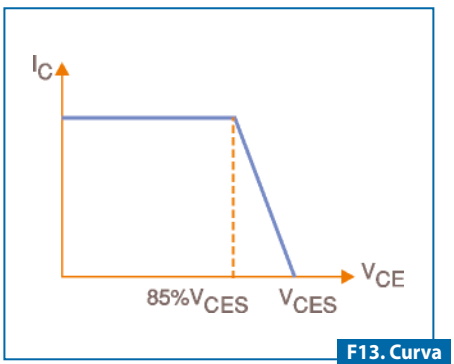
F10. Vce x Vge.



F11. Vce x Ic.



F12. Capacitâncias parasitas do IGBT.



F13. Curva RBSOA.

Transição "turn-off"

As formas de onda no período de transição "*turn-off*" podem ser vistas na **figura 9**.

- **td$_{(off)}$**: é o tempo de atraso no desligamento (*turn-off delay time*), e é definido como o tempo decorrido de V_{GE} = 90% do valor inicial até I_C = 90% também do valor inicial (t_8 a t_9).
- **tr**: é o tempo da queda de I_C = 90% até 10% do valor inicial (t_9 a t_{10}).
- **t$_{off}$**: é a soma entre td$_{(off)}$ e tr.
- **E$_{off}$**: é a energia dissipada na transição (figura 9).

Um conceito final, e que resume todo o processo, é o fenômeno de formação do canal n- (fracamente dopado) no tempo de estado *on*, bem como sua extinção em *off*.

Relação entre V_{CE}, V_{GE}, P_{TOT}, I_C e T_J

Estes parâmetros estão ligados intimamente, e a alteração de um pode afetar os demais. O principal deles é a tensão de controle V_{GE} (*gate*/emissor). Como já foi visto, seu aumento leva o IGBT ao estado de condução, diminuindo radicalmente V_{CE}. O máximo valor de V_{GE}, usualmente é 20 V, porém, o recomendado é 15 V. A **figura 10** ilustra os efeitos do V_{GE} sobre V_{CE}, e como eles afetam a corrente de coletor e temperatura do dispositivo.

Como podemos notar pela **figura 11**, $V_{CE(sat)}$ aumenta com a elevação da corrente de coletor, o que eleva a dissipação de potência.

$V_{CE(sat)}$ irá aumentar com o acréscimo de temperatura em caso de altas correntes de coletor. Isto é o que chamamos de operação na região de coeficiente positivo de temperatura. Quando, porém, a corrente de coletor é pequena, e $V_{CE(sat)}$ diminui com o aumento de temperatura, dizemos que o regime é de operação na região de coeficiente negativo de temperatura. Esta região é muito útil, visto que diminui as perdas e aumenta a vida útil do componente.

Capacitâncias do IGBT

São três as capacitâncias parasitas apresentadas em um IGBT (**figura 12**):

- **C_{RES}**: a capacitância reversa de transferência (*reverse transfer capacitance*) está disposta entre o coletor e gate, e pode ser analisada de modo

análogo à capacitância "Miller" (efeito Miller) nos transistores bipolares.

- C_{IES}: A capacitância de entrada (*input capacitance*) é a soma da capacitância entre *gate* e coletor; e a *gate* com emissor.
- C_{OES}: A capacitância de saída (*output capacitance*) é a soma das capacitâncias entre *gate*/coletor e coletor/emissor, considerando o *gate* em curto-circuito com o emissor.

RBSOA

A área segura de operação (*Reverse Biased Safe Operating Area*) é a curva que limita a máxima corrente e a tensão de operação que o componente pode "chavear" a uma temperatura máxima que respeita as características do dispositivo. Se o IGBT estiver dentro desta curva, teoricamente, ele não sofrerá danos.

Normalmente, nos testes para determinar esta curva, os fabricantes aplicam uma corrente 200% a mais da nominal, com 85% de V_{CES} a uma temperatura T_J = 125°C. Além disso, o IGBT trabalha com uma carga indutiva (pior caso).

A **figura 13** exibe uma curva RBSOA típica, e a **figura 14** um exemplo de circuito de teste.

A **figura 15** ilustra uma forma de onda tensão x tempo do teste.

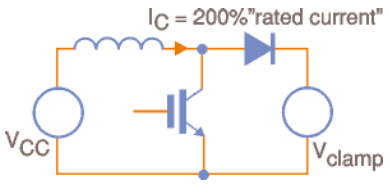
Dissipadores de Calor

A função do dissipador de calor em um IGBT (ou em um módulo de IGBTs) é manter a temperatura da junção (ou junções no caso de um módulo) dentro de um valor seguro (abaixo do máximo).

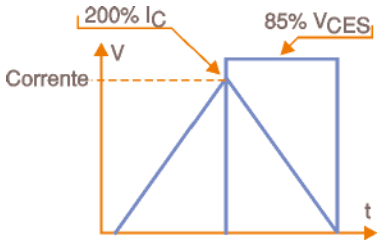
A temperatura da operação do IGBT está relacionada com a expectativa de vida do componente. A **figura 16** mostra como o aumento da temperatura diminui a vida do componente de modo exponencial.

Por esta razão a escolha de um dissipador deve ser cuidadosa, pois ela define a confiabilidade do sistema. Alguns equipamentos, inversores de frequência, por exemplo, utilizam *coolers* para melhorar a condução de calor entre o componente e o meio ambiente.

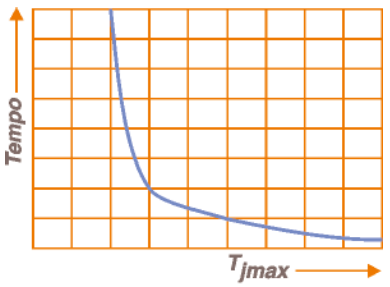
Os fatores a serem considerados para a escolha de um dissipador de calor (com ou sem *cooler*) são:



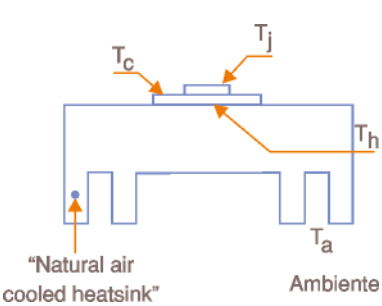
F14. Circuito de teste RBSOA.



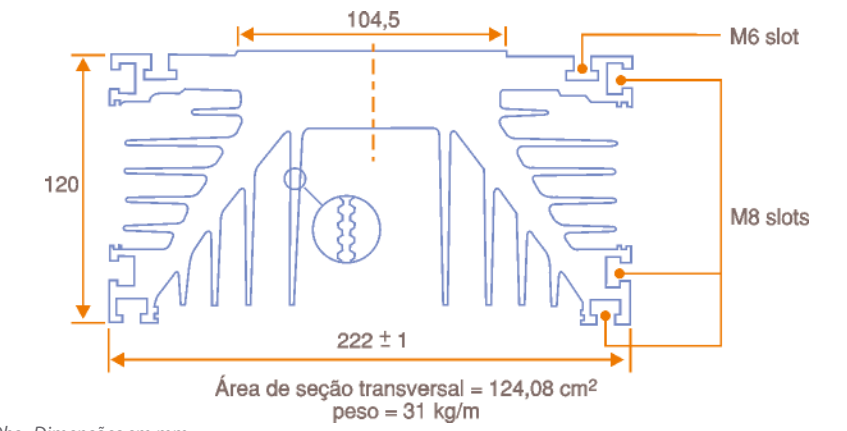
F15. Forma de onda do teste.



F16. Expectativa de vida x temperatura.



F17. Dissipador de calor para IGBT com encapsulamento TO-220.



F18. Dissipador para módulo de seis IGBTs.

- Qual a máxima temperatura de junção?
- Qual a capacidade de sobrecorrente?
- Qual o custo do sistema de dissipação?
- Qual o espaço físico ocupado pelo dissipador e ventilador?
- Qual ou quais tipos são viáveis de serem instalados?

A **figura 17** ilustra um dissipador típico de um IGBT em encapsulamento TO-220; já a **figura 18** exibe um dissipador para um módulo de seis IGBTs.

IGBTs e Inversores de Frequência

A importância dos equipamentos inversores de frequência (utilizados como acionamentos de motores AC) na auto-

mação industrial tornou-se extremamente significativa nas últimas décadas.

Atualmente, inversores vetoriais e *sensor less* já são dispositivos comuns que equipam grande parte das máquinas e sistemas de produção contínuos e da manufatura.

Até o final da década de 80, entretanto, estes aparelhos eram muito caros e utilizados em situações muito específicas. Naquela época, os acionamentos em corrente contínua (conversores CC) dominavam o mercado, mesmo com as desvantagens técnicas quanto ao alto preço da manutenção preventiva e corretiva.

Um dos fatores que contribuíam para o alto preço dos inversores era sua etapa de potência, feita com transistor FET de potência (os "famosos" V FET's). Estes componentes, além de caros, não podiam chavear grandes cargas (motores pesados).

O advento do IGBT, por outro lado, foi fundamental para a popularização dos inversores de frequência, fazendo com que, em uma década, quase toda a motorização industrial se convertesse em corrente alternada.

A **figura 19** ilustra uma etapa típica de potência de um inversor, feita com IGBTs.

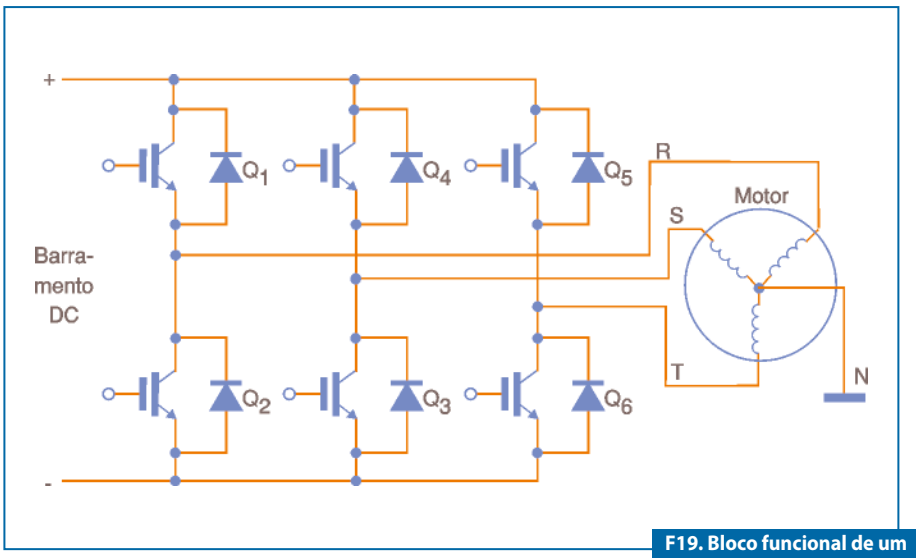
A tendência mais moderna é integrar estes componentes em módulos (*power block*), de modo a otimizar o projeto e espaço.

O princípio de operação é simples, visto que um circuito eletrônico de controle comuta três IGBTs por vez (cada um em associação em série diferente com um na parte de cima e outro na parte de baixo), a ordem de chaveamento pode ser vista na **figura 20**, onde temos as tensões em cada uma das "chaves" com o tempo e a tensão total entre a fase T e o neutro da associação em Y.

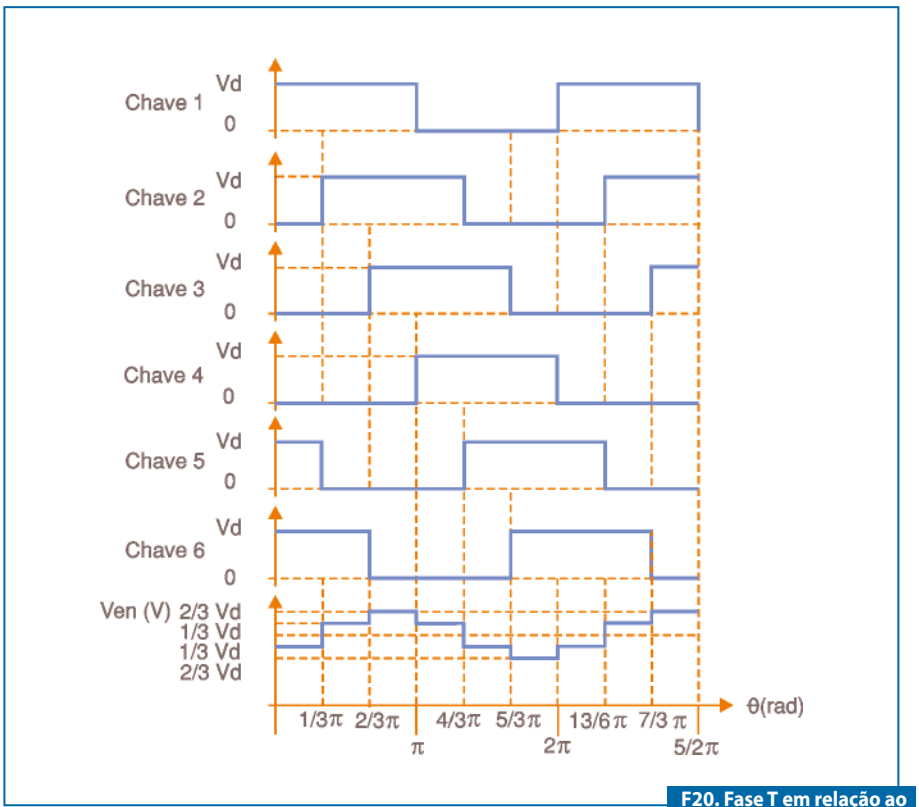
Este tipo de inversor é chamado de "seis passos", onde podemos observar que a forma de onda da tensão da fase T com respeito ao neutro é formada por seis segmentos idealmente retos. As formas de onda nas demais fases são iguais a T, defasadas em fase 120° uma da outra.

Uma característica interessante dos módulos de IGBTs é a presença dos diodos em antiparalelo com cada componente. Estes dispositivos são conhecidos como diodos "*free whee ling*", e protegem cada elemento do módulo da força contra eletromotriz gerada por cargas indutivas (motores).

Geralmente, estes diodos podem suportar 2/3 da corrente nominal de cada transistor, o que confere proteção suficiente para a maioria das aplicações.



F19. Bloco funcional de um inversor de 6 pulsos.



F20. Fase T em relação ao neutro.

Conclusão

Assim como os IGBTs podem ser utilizados como etapa de potência de saída para inversores de frequência, eles podem ser usados como toda e qualquer chave estática, cujo regime de operação seja severo (alta temperatura, corrente, tensão, e frequência).

Esta característica faz desse transistor um importante elemento para sistemas de alta confiabilidade em automação industrial.

novasaber
www.novasaber.com.br

Sua loja de livros técnicos na internet

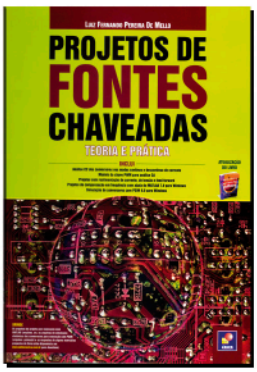
Promoções especiais e brindes



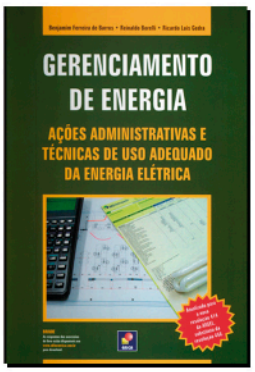


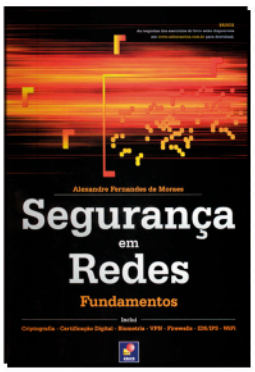


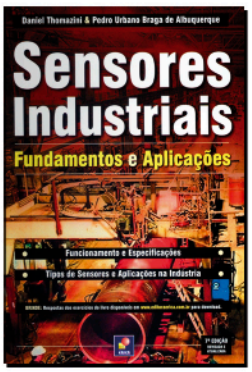






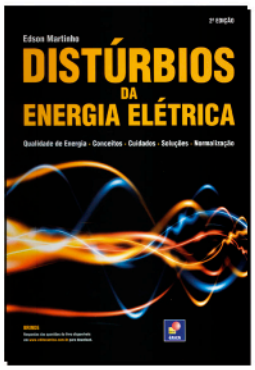


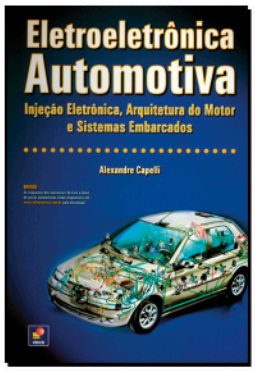












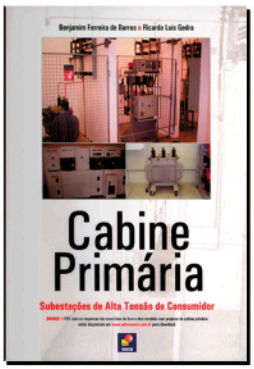














Conversores de Dados:

Saiba como interpretar suas principais características, e escolher o melhor tipo para sua necessidade

Os conversores de dados fazem parte de uma infinidade de aplicações eletrônicas modernas. Convertendo dados da forma digital para analógica (DAC) ou da forma analógica para digital (ADC), eles operam em conjunto com microprocessadores, integrando DSP, além de estarem presentes numa infinidade de aplicações onde sinais analógicos e digitais devam ser processados e convertidos.

Nesta série de artigos, feitos com base em ampla documentação da Texas Instruments, analisaremos um pouco dos principais problemas que envolvem o uso de conversores de dados, com especial ênfase para pontos que muitos projetistas, mesmo experientes, às vezes esquecem ou não conhecem, e que podem comprometer um projeto, que são as interpretações das especificações e os erros.

Newton C. Braga

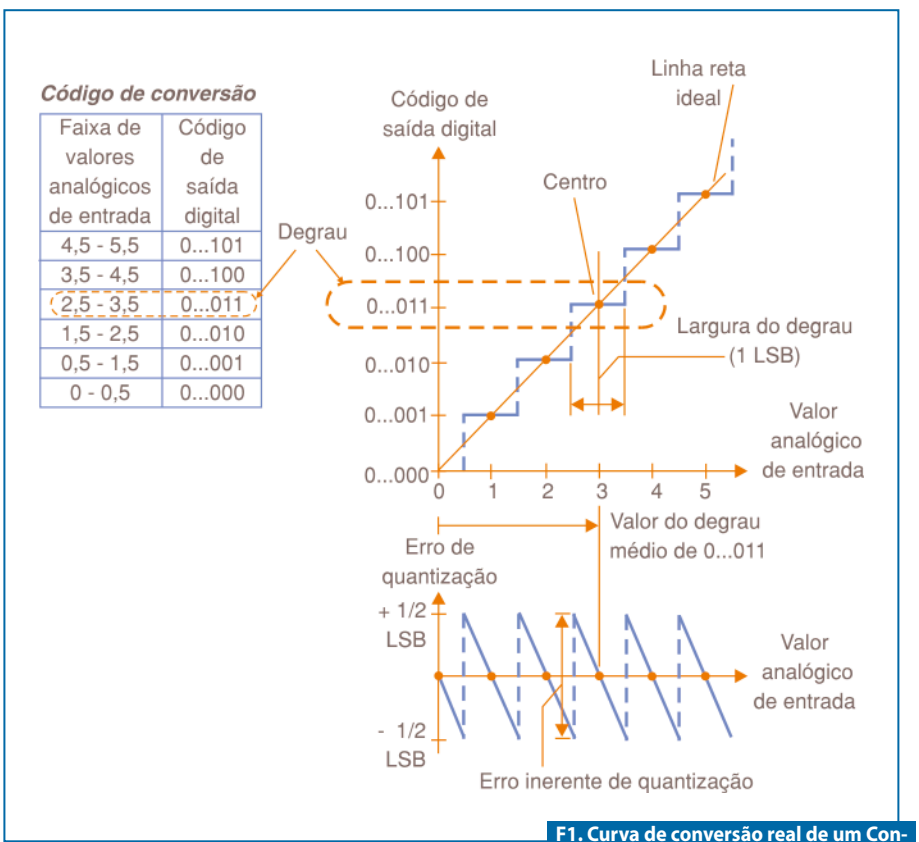
Converter dados da forma digital para analógica e vice-versa não é tão simples como parece. A infinidade de tipos de conversores, com características que nem sempre são bem interpretadas, pode complicar as coisas para um projetista e muito mais que isso, induzi-lo a uma escolha errada.

Neste primeiro artigo de nossa série de três, trataremos dos parâmetros que devem ser observados em um conversor de dados ADC ou DAC, fornecendo elementos para que os projetistas tenham condições de interpretar corretamente os dados de suas folhas de especificações, e assim não errar na escolha do tipo apropriado para seu projeto.

O Conversor ideal

O conversor analógico-digital (ADC) ideal tem uma curva de conversão que é uma linha reta. No entanto, na realidade, dada a quantidade finita de valores que podem ser representados na forma digital com um determinado número de *bits*, a curva real de um conversor é uma escada, conforme ilustra a **figura 1**.

Do mesmo modo, o conversor digital-analógico ou DAC ideal tem também uma curva que seria representada por uma linha reta, com infinitos pontos de conversão. Contudo, na prática, essa curva também é uma escada onde o número de degraus ou passos depende do número de bits, e, portanto, da quantidade de



F1. Curva de conversão real de um Conversor Analógico–Digital (ESCADA).

valores individuais que podem ser convertidos, observe a **figura 2**.

Analisemos os dois tipos de conversores separadamente para entendermos melhor o que essa fuga do comportamento ideal pode representar na escolha de um conversor.

O Conversor Analógico-Digital ou ADC

Um ADC só pode representar uma quantidade de valores finitos do sinal de entrada.

Conforme vimos pela figura 1, cada código digital de saída representa apenas uma fração da faixa analógica de entrada. Como a escada de valores analógicos é contínua e a faixa de códigos digitais é discreta, há um processo de quantização na conversão que introduz um erro.

À medida que o número de códigos discretos aumenta, os degraus da escada de conversão se tornam menores e a função de transferência se aproxima de uma linha reta ideal.

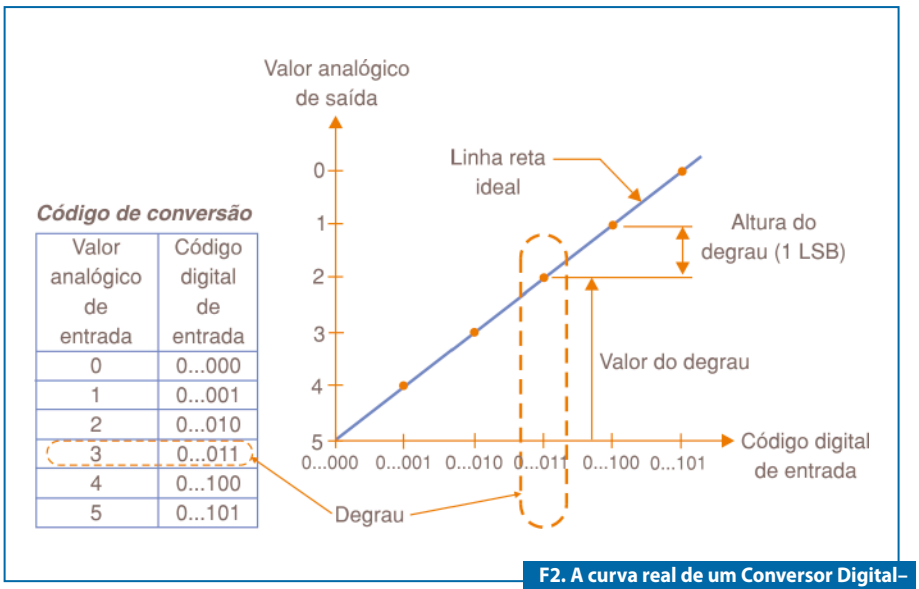
No projeto de um ADC os degraus (ou passos) são programados de modo a ter transições que fiquem no ponto médio de cada um na escada de conversões, justamente por onde passa a linha que corresponderia a um conversor ideal.

A largura de um degrau é definida como 1 LSB (*Least Significant Bit*) ou bit menos significativo, e é utilizada também como referência para outras grandezas nas especificações dos conversores. Ela também pode ser empregada para indicar a resolução de um conversor, já que define o número de divisões ou unidades da escala analógica varrida pelo conversor. Isso significa que ½ LSB representa uma quantidade analógica que corresponde à metade da resolução analógica.

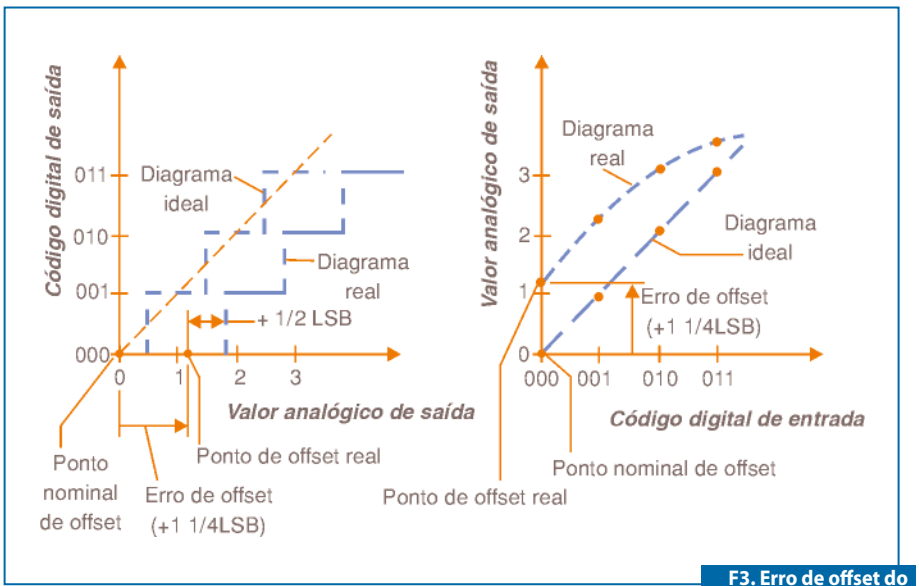
A resolução de um ADC é normalmente expressa pelo número de bits do código digital de saída.

Por exemplo, um ADC com n bits de resolução tem 2n códigos digitais de saída, os quais definem 2n degraus na "escada" de conversão.

Todavia, se levarmos em conta que o primeiro degrau (zero) e o último degrau, têm apenas metade da largura total dos demais degraus, devemos dizer que a escada total (*full-range*) ou FSR está dividida em 2n -1 degraus.



F2. A curva real de um Conversor Digital–Analógico também é uma ESCADA.



F3. Erro de offset do conversor.

Isso quer dizer que para um conversor de n bits temos:

$$1\ \text{LSB} = \frac{\text{FSR}}{(2^n - 1)}$$

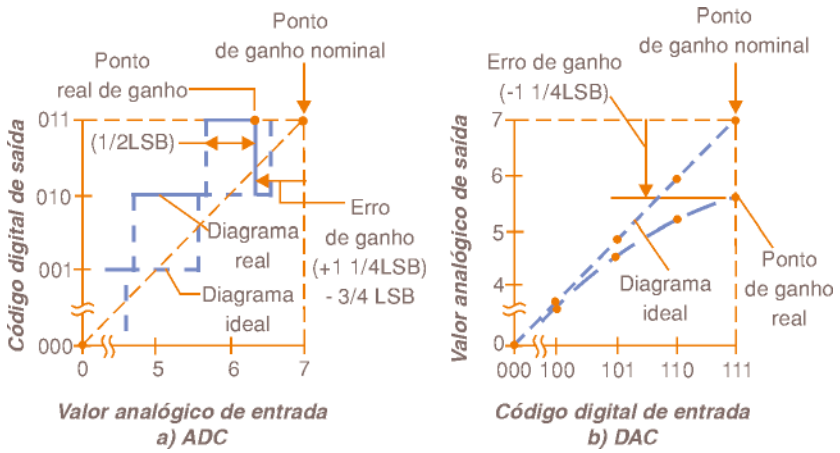
O Conversor Digital-Analógico

Um conversor digital-analógico só pode representar um número limitado de códigos digitais de entrada. Com isso, ele só pode fornecer um número finito de valores analógicos de saída, conforme vimos pela curva de transferência da figura 2.

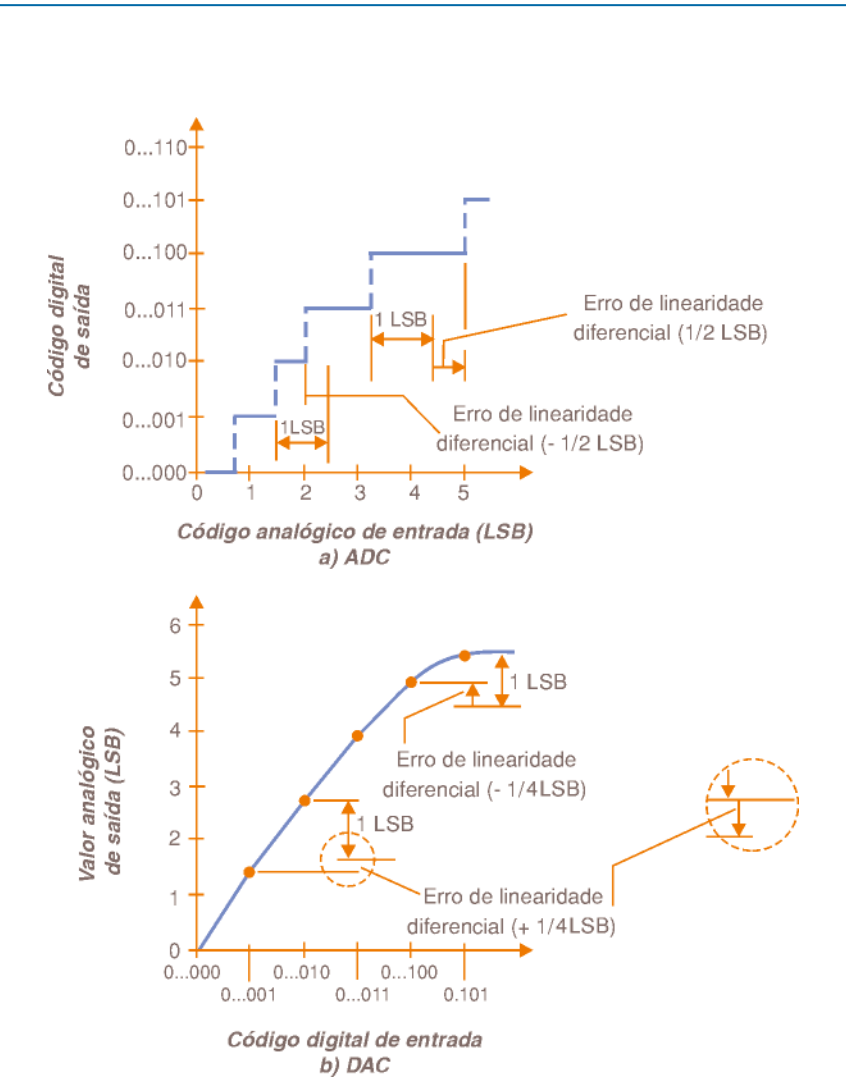
Para um DAC, 1 LSB corresponde à altura de um passo entre dois valores analógicos de saída (veja a figura 2), e isso vale da mesma forma para um ADC. Um DAC pode ser comparado a um potenciômetro controlado digitalmente, no qual a escala de valores de saída é determinada pelo código digital de entrada.

Erros

Como os conversores não são perfeitos, fugindo do comportamento ideal pelas características que vimos, erros são introduzidos. Analisemos alguns desses erros.



F4. Erro de Ganho do Conversor.



F5. Erro de Não Linearidade Diferencial (DNL) do Conversor.

Fontes de Erros Estáticos

Erros estáticos são aqueles que afetam a precisão de um conversor quando ele converte sinais estáticos (DC). Esses erros podem ser resumidos em quatro espécies: erro de *offset*, erro de ganho, não linearidade integral e não linearidade diferencial. Cada um deles pode ser expresso em termos de unidades LSB, ou ainda na forma de uma porcentagem.

Por exemplo, um erro de ½ LSB em um conversor de 8 bits corresponde a um FSR de 0,2%. Examinemos em detalhes esses erros:

Erro de offset

O erro de *offset*, observe a **figura 3**, é definido como a diferença entre os pontos nominais e reais de *offset*.

Para um ADC, o ponto de offset é o valor de meio degrau quando a entrada digital é zero.

Para um DAC é o valor do degrau quando a entrada digital é zero. Esse tipo de erro afeta todos os códigos da mesma forma (com igual intensidade) e pode normalmente ser compensado com um processo de ajuste ou compensação.

Se o ajuste ou compensação não é possível, o erro é referido como erro de escala zero ou "*zero-scale*", se indicarmos o termo em inglês.

Erro de Ganho

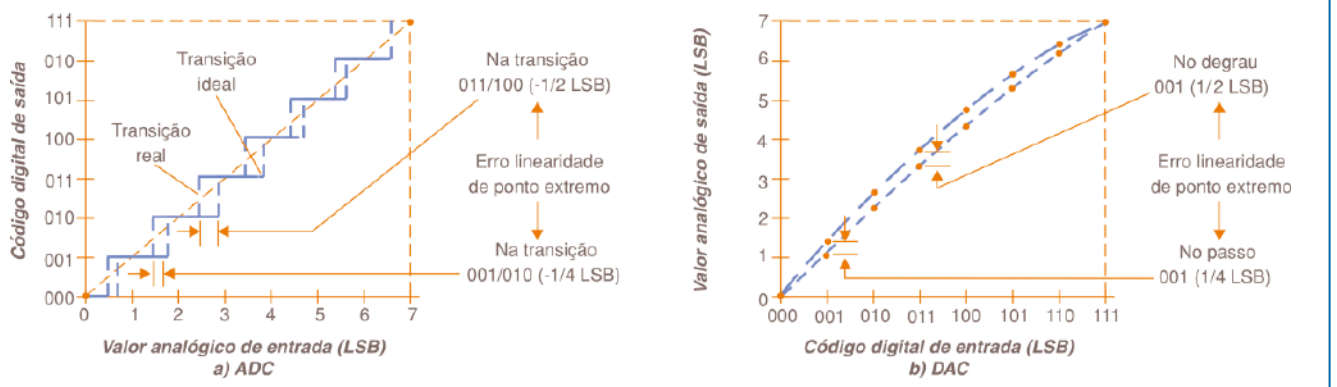
O erro de ganho ilustrado na **figura 4**, é definido como a diferença entre o ponto nominal e o ponto de ganho real na função de transferência, depois de feita a correção do erro de *offset* para zero.

Para um ADC, o ponto de ganho está no centro do degrau quando a saída digital está no final da escala, enquanto que para um DAC é o valor do degrau quando a entrada digital está no seu valor máximo.

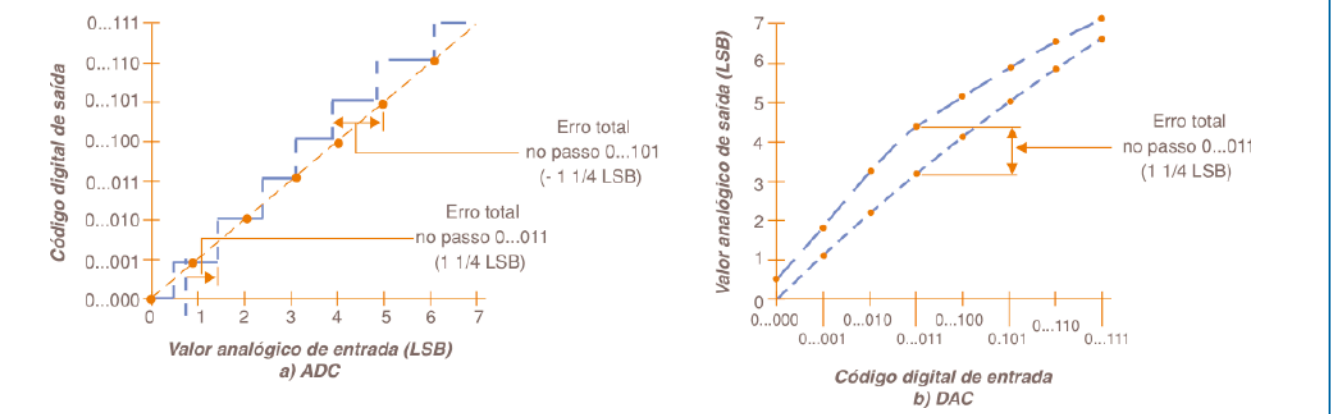
Esse erro representa a diferença entre o desvio real e a função de transferência ideal, uma vez que ele tem sempre a mesma porcentagem de erro para cada degrau. Ele também pode ser normalmente reduzido para zero através de compensação ou ajuste.

Erro de Não Linearidade Diferencial ou DNL (Differential Nonlinearity Error)

O erro de não linearidade diferencial é exibido na **figura 5**, e algumas vezes é



F6. Erro Integral de Não Linearidade (INL).



F7. Erro Total de um Conversor.

chamado simplesmente de linearidade diferencial. No caso de um ADC, esse erro é dado pela diferença entre a largura real do degrau (ou a altura do degrau se for um DAC), e o valor ideal que é de 1 LSB. Se a largura ou altura do passo for exatamente 1 LSB, então o erro de não linearidade diferencial é zero.

Se o DNL for maior que 1 LSB, então o conversor poderá tornar-se não monotônico, ou seja, a magnitude da saída será menor para um aumento da magnitude da entrada. Em um ADC existe ainda a possibilidade que ocorra a ausência de códigos, ou seja, um ou mais dos 2n códigos de saída nunca estará presente na saída.

Erro Integral de Não Linearidade (INL)

O erro integral de não linearidade (*Integral Nonlinearity Error*) abreviado por INL é mostrado na **figura 6**.

Esse erro é dado pelo desvio da reta ideal do valor na função real de transferência.

Essa linha reta poderá ser a melhor linha reta que seja desenhada para minimizar esses desvios ou uma linha reta traçada entre os pontos extremos da função de transferência, uma vez que os erros de ganho e *offset* tenham sido modificados.

O segundo método é denominado linearidade de pontos extremos.

Para um ADC, os desvios são medidos nas transições de um degrau para o seguinte, e para os DAC são medidos a cada degrau.

O nome "não linearidade integral" deriva do fato de que a soma das não linearidades diferenciais de baixo para cima de um degrau específico determina o valor da não linearidade integral naquele passo.

Erro de Precisão Absoluta (Total)

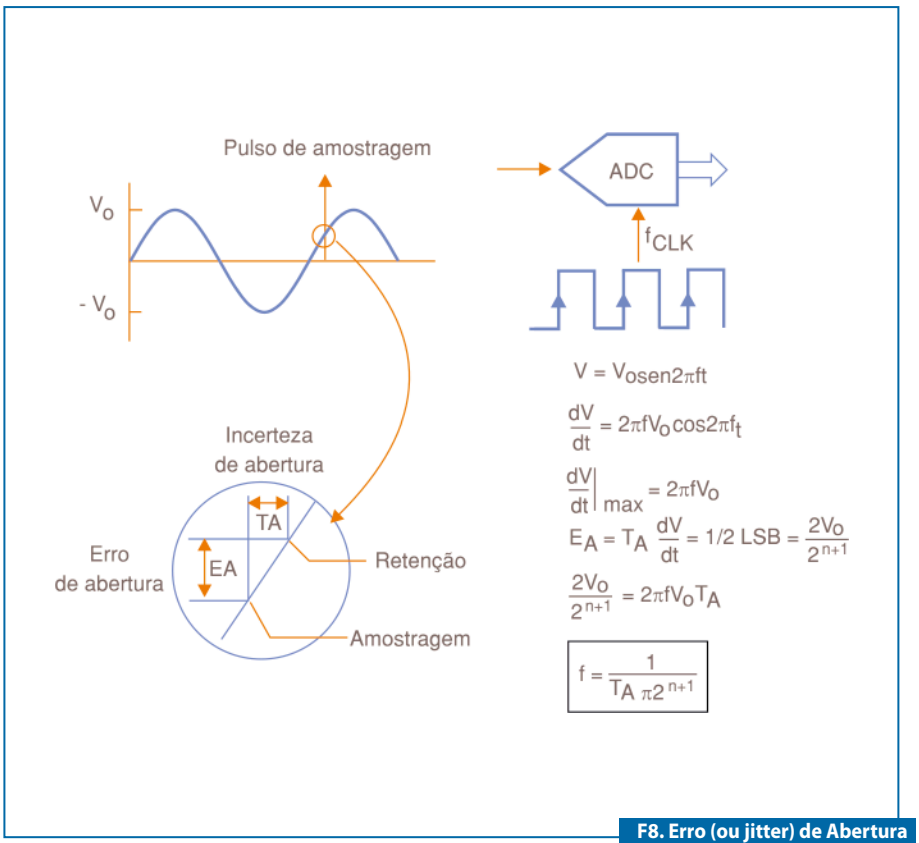
A precisão absoluta ou erro total de um ADC, é representada na **figura 7**.

Trata-se do valor máximo que a diferença de um valor analógico tem em relação ao valor médio do degrau. Esse erro inclui o os erros de ganho, de *offset* e de não linearidade integral, assim como o erro de quantização no caso dos ADCs.

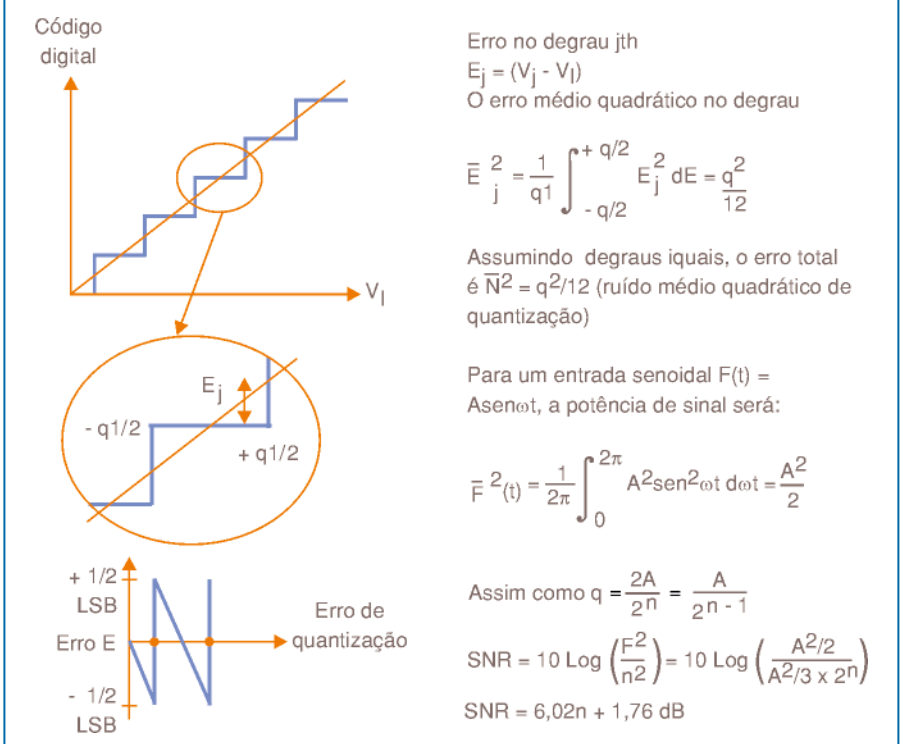
Erro de Abertura

O erro de abertura, também conhecido como *jitter* de abertura, é causado pela incerteza no instante em que a amostragem e manutenção passam do modo de amostragem para o modo de manutenção, observe a **figura 8**.

Essa variação é causada pelo ruído no *clock*, ou pelo sinal de entrada. O efeito do erro de abertura é uma limitação para a fixação da frequência máxima de um sinal



F8. Erro (ou jitter) de Abertura do Conversor.



F9. Erro de Quantização do Conversor.

senoidal aplicado na entrada porque ele define a taxa máxima de crescimento do sinal. As fórmulas que determinam esse erro são dadas nessa própria figura.

Efeitos da Quantização

Na prática, os sinais analógicos na entrada de um ADC formam um espectro contínuo de valores com um número infinito de estados possíveis. Entretanto, a saída digital é uma função discreta com um número finito de estados que são determinados pela resolução do dispositivo.

Em consequência disso, parte dos valores de tensões diferentes aplicadas na entrada é representada pelo mesmo valor digital na saída. Assim, parte da informação é perdida, e uma distorção no sinal é introduzida. Isso é o que denominamos de "ruído" de quantização.

Para uma escada de transferência ideal de um ADC, o erro entre o valor real da entrada e a forma digital obtida na saída terá uma densidade de probabilidade uniforme se o sinal de entrada for considerado aleatório.

Ele pode variar na faixa de +/- ½ LSB ou +/-q/2, onde q é a largura de um passo, como ilustra a **figura 9**.

Nela, temos as fórmulas que permitem calcular esse erro.

Amostragem Ideal

Quando se converte um sinal contínuo em relação ao tempo em uma representação digital, o processo de amostragem é um requisito fundamental para o bom funcionamento disso.

No caso ideal, a amostragem consiste em um trem de pulsos que são infinitamente estreitos e têm uma unidade de área. A recíproca do tempo entre cada impulso é chamada taxa de amostragem ("*sample rate*").

O sinal de entrada também deve ter suas características limitadas, não contendo componentes acima de certo valor no seu espectro, veja exemplo na **figura 10**.

A condição de amostragem ideal é representada tanto no domínio de frequência quanto de tempo.

O efeito da amostragem no domínio do tempo produz um trem modulado em amplitude que representa o valor do sinal no instante da amostragem.

No domínio de frequências, o espectro do trem de pulsos é uma série de frequências discretas que são múltiplas da taxa de amostragem.

A amostragem convolve o espectro do sinal de entrada de tal forma que o trem de pulsos produz o espectro combinado, exibido na figura, com duas bandas laterais em torno de cada frequência discreta, que são produzidas no processo de modulação em amplitude.

O efeito de algumas frequências mais altas é refletido de tal forma que há a produção de uma interferência nas frequências mais baixas. Essa interferência causa distorção, que é chamada tecnicamente "*aliasing*" ou "falseamento".

Se o sinal de entrada é manuseado de modo a ter limitações para uma frequência determinada fl, numa frequência de amostragem fa como mostra a figura 10, o desvio e o fenômeno de falseamento não vão ocorrer se:

$$fl < fa - fl$$

Ou seja:

$$2fl < fa$$

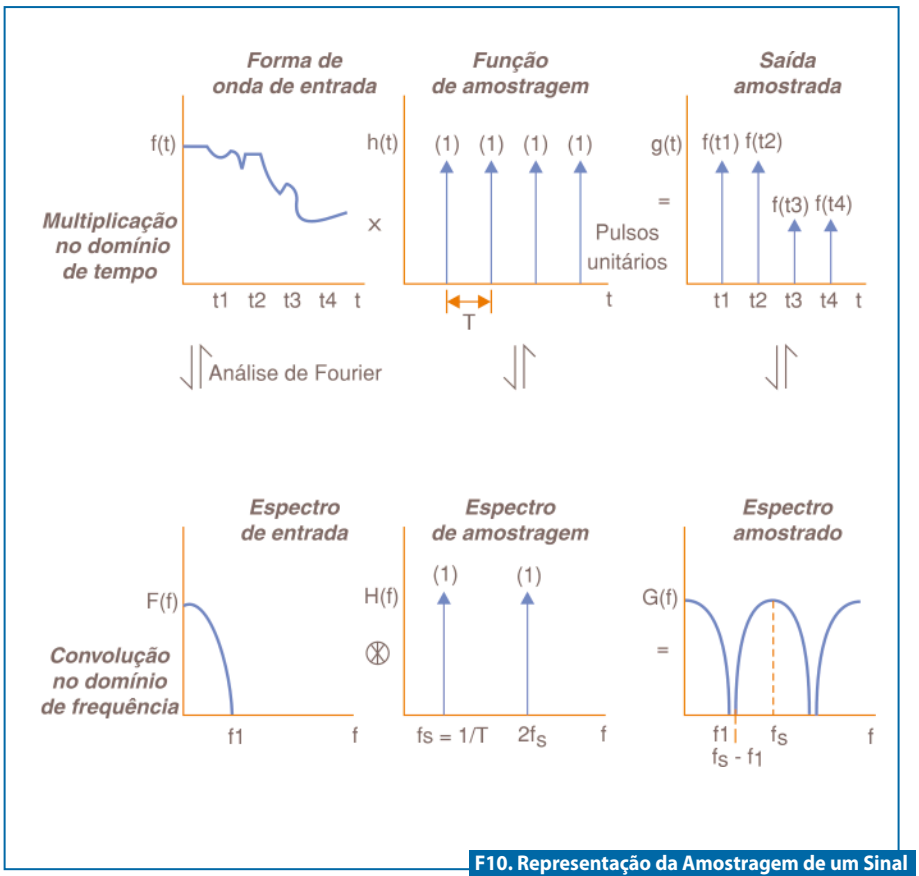
Dessa forma, na amostragem realizada em uma frequência que seja pelo menos duas vezes maior que a frequência do sinal de entrada, o fenômeno do *aliasing* ou falseamento não acontece e a informação contida no sinal pode ser extraída.

Esse é o "Teorema da Amostragem de Nyquist", que fornece o critério básico para a seleção da taxa de amostragem necessária à conversão de um sinal de entrada numa determinada faixa de frequências.

A Amostragem Real

O conceito de pulso é útil para simplificar a análise do processo de amostragem. Todavia, trata-se de um ideal teórico que pode ser aproximado, mas nunca alcançado na prática. Em lugar disso, o sinal real é uma série de pulsos com um período que é igual ao recíproco da frequência de amostragem.

O resultado da amostragem com o trem de pulsos é uma série de pulsos modulados em amplitude conforme ilustra a **figura 11**. Examinando o espectro do trem de pulsos retangulares, observamos uma série de frequências discretas, mas a amplitude dessas frequências é modificada por um envelope. O erro resultante disso pode ser controlado por um filtro que compensa o envelope senoidal. Ele pode ser implementado como um filtro digital num DSP ou utilizando técnicas analógicas convencionais.



F10. Representação da Amostragem de um Sinal nos domínios do tempo e Ideal da frequência.

O Efeito de Falseamento e Considerações

Nenhum sinal é realmente determinístico e em consequência, na prática, ocupa uma faixa infinita de frequências. Entretanto, a energia nas componentes de frequências mais altas diminui gradualmente de tal forma que a partir de certo valor, sua presença pode ser considerada irrelevante. Esse valor pode servir de referência para a elaboração de um projetista.

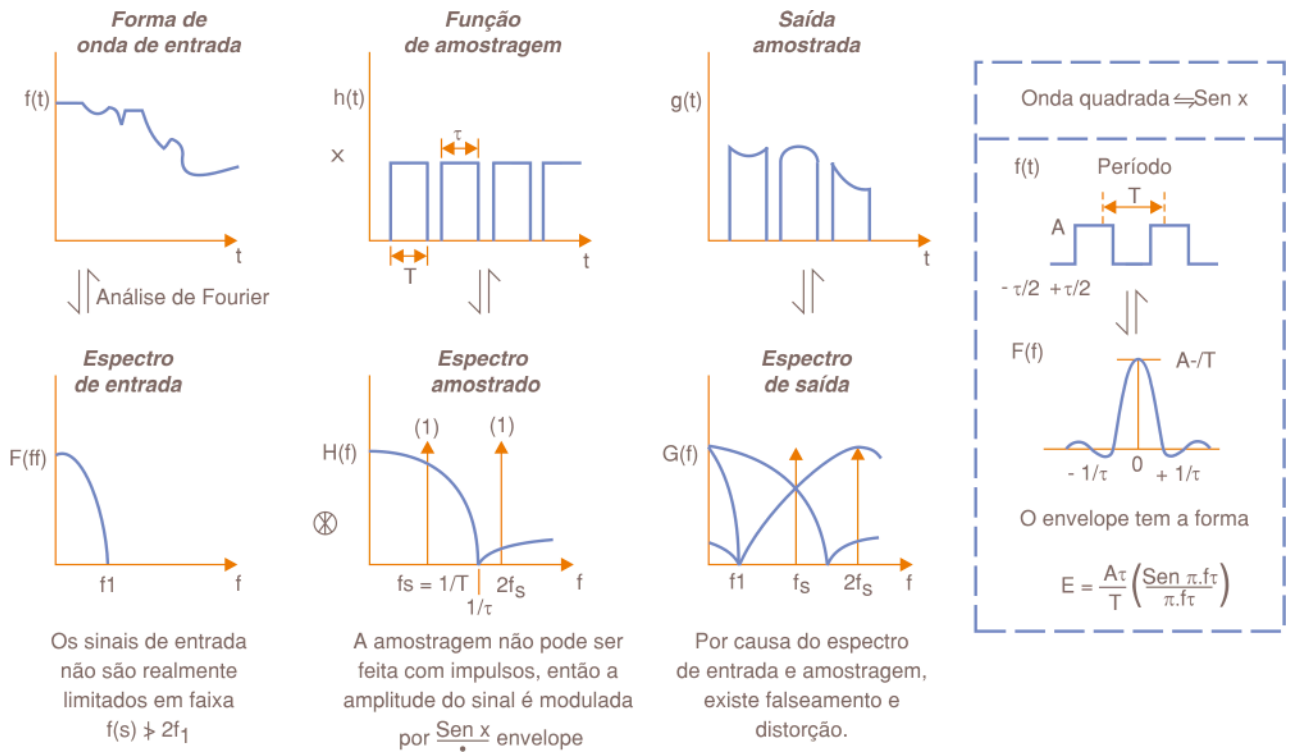
Como mostrado, a intensidade do falseamento ou *aliasing* é afetada pela frequência de amostragem e pela largura de faixa relevante do sinal de entrada, filtrado da forma necessária. O fator que determina quanto de falseamento pode ser tolerado é, em última análise, a resolução do sistema.

Se o sistema tem baixa resolução, então o piso de ruído é relativamente alto e o efeito de falseamento não aparece de modo significativo. Contudo, em um sistema de alta resolução, o efeito do falseamento pode aumentar o piso de ruído consideravelmente, e então deve ser controlado de forma mais completa.

Uma forma de prevenir o efeito de falseamento é aumentar a taxa de amostragem. Todavia, a frequência está limitada pelo tipo de conversor usado e também pela taxa máxima de *clock* do processador digital que recebe e transmite os dados. Assim, para reduzir os efeitos de falseamento para níveis aceitáveis, filtros analógicos devem ser usados de modo a alterar o espectro do sinal de entrada, observe a **figura 12**.

Escolha do Filtro

Conforme vimos, na amostragem existe uma solução ideal para a escolha do



F11. Resultado da Amostragem Real do Sinal nos domínios do tempo e da frequência.

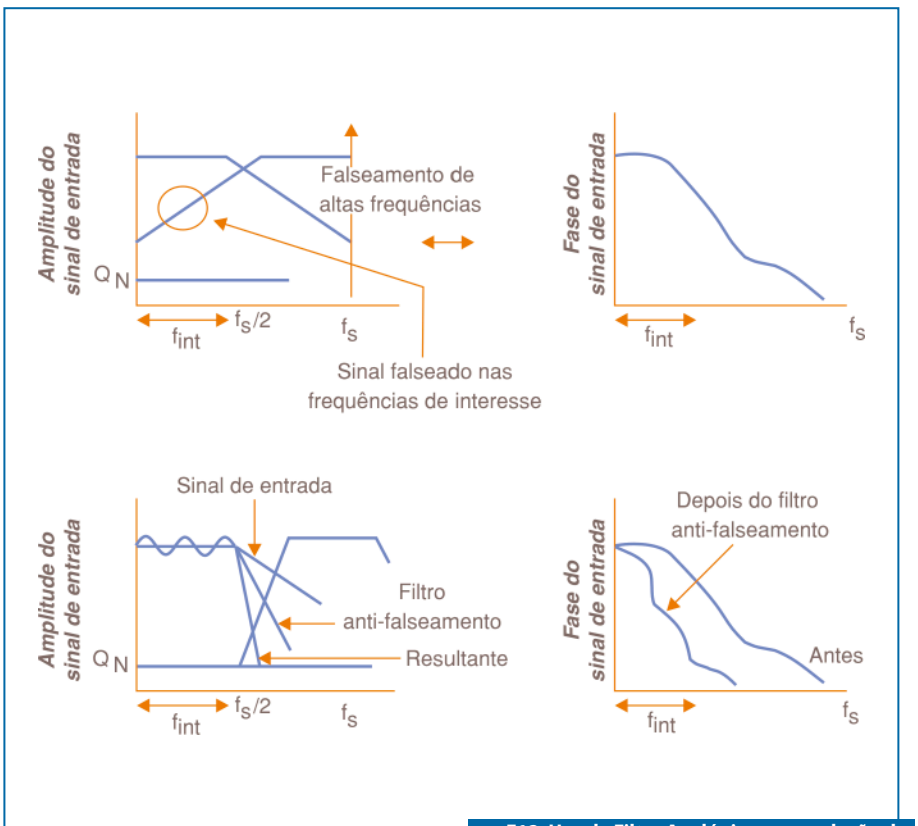
filtro e para a realização prática que não comprometa o projeto. O filtro ideal é considerado uma barreira que não introduz nenhuma atenuação na faixa passante e ao mesmo tempo corta instantaneamente os sinais indesejáveis.

Na realidade, isso não ocorre, pois todo filtro introduz certa atenuação na faixa passante, tem uma resposta finita e deixa passar algumas frequências na faixa que deve ser bloqueada. Além disso, ele também pode introduzir distorção de fase e de amplitude nos sinais.

A escolha admite diversas possibilidades.

- Filtro *Butterworth*
- Filtro de *Chebyshev*
- Filtro Inverso de *Chebyshev*
- Filtro de *Cauer*
- Filtro de *Bessel-Thomson*.

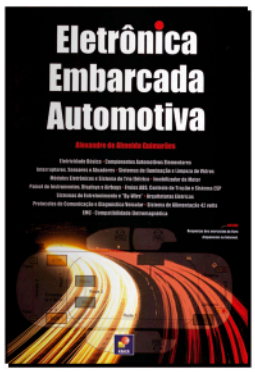
Cada um desses filtros apresenta características apropriadas para determinados tipos de projetos, devendo o projetista de "conversores de dados" conhecê-los muito bem para saber qual deve usar numa aplicação.



F12. Uso de Filtro Analógico para redução do efeito de falseamento para níveis aceitáveis.

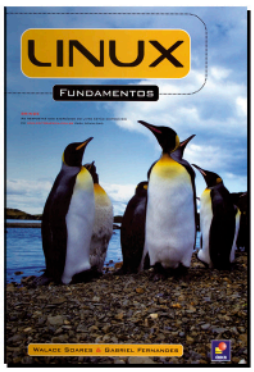
novasaber
www.novasaber.com.br

Sua loja de livros técnicos na internet
Promoções especiais e brindes













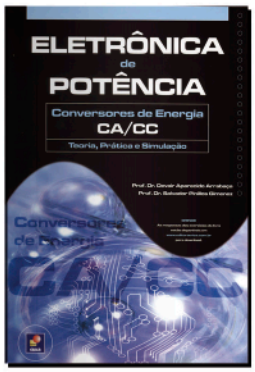


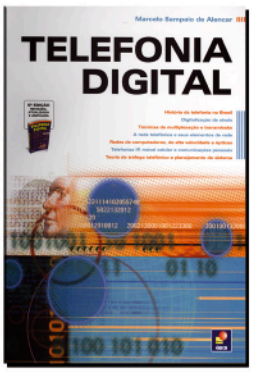






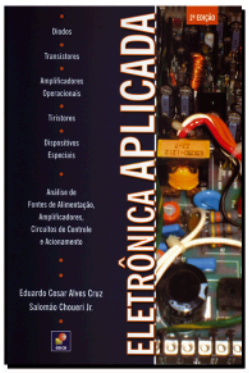








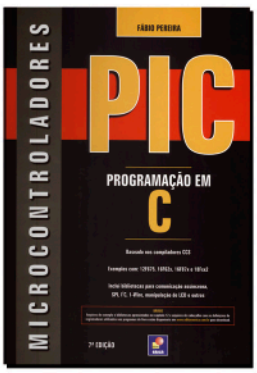












Ferramentas de design fáceis de usar

Central de Design WEBENCH®

TI TechDay
29 de Agosto!
Participe: www.ti.com/brasil



Experimente o WEBENCH®:
Ferramentas para comparar o desempenho simultâneo de múltiplos parâmetros para sistemas completos, incluindo a eficiência, tamanho e custo, em segundos.
Obtenha acesso instantâneo aos mais recentes modelos de simulação, dados paramétricos, e às informações gerais para aplicações de energia, iluminação, e aplicações de sensoriamento.

> Otimize seu projeto em poucos segundos
> Simule os resultados
> Peça uma amostra

www.ti.com/webench

Central de Design WEBENCH®

Ferramentas de circuito com Design único

Use estas ferramentas de suporte para criar designs específicos e únicos com:

- WEBENCH Sensor AFE Designer
- WEBENCH LED Designer
- WEBENCH Power Designer
- WEBENCH Sensor Designer

Avançadas ferramentas de Design Hierárquico

Use estas ferramentas de suporte de alto nível para a criação de design complexos:

- WEBENCH LED Architect
- WEBENCH Power Architect
- WEBENCH FPGA Power Architect
- WEBENCH Processor Power Architect

Modelo de simulação

- Softaware de simulação TINA-TI™ SPICE

Características da Central de design Webench

Componentes da BOM de mais de 115 fabricantes completam o esquemático dos seus projetos; simulam o comportamento dinâmico e o desempenho térmico do seu projeto atual, para construí-lo com um exemplo de kit personalizado no futuro!

Texas Instruments: www.ti.com/brasil - **email:** texas-suporte@ti.com – **tel. 0800-891-2616**
Distribuidores: Arrow (11) 3613-9300; Avnet (11) 5079-2150; Farnell Newark (11)4066-9400

Texas Instruments