Ano 48 • Nº 467 • Jan-Fev 2013
Europa € 3,90
Brasil R$14,90

www.sabereletronica.com.br

SABER ELETRÔNICA

http://twitter.com/editora_saber

Industrial

CC2541DK - SENSOR

Kit SensorTag da TI



Kit com 6 sensores MEMS como: giroscópio, barômetro, acelerômetro, de umidade/temperatura, magnetômetro e de temperatura por infravermelho para desenvolvimento de aplicações *Bluetooth* para *Smartphones*

ISSN 0101-6717

Projeto:
Máquina de Refrigerantes Microcontrolada com PIC16F

Qualidade da Energia Elétrica
Problemas e soluções em diversas áreas: Telecom, TI, Biomedicina e mais

Terminologia de Sensores
Entenda os termos associados aos sensores

Mais de 3 milhões de componentes eletrônicos oferecidos.
MOUSER ELECTRONICS
br.mouser.com

br.mouser.com
Distribuimos semicondutores e componentes eletrônicos para Engenheiros de Aplicação e Desenvolvimento e Projetistas

Distribuidor autorizado

Acesso instantâneo.

Mais de 3 milhões de componentes eletrônicos oferecidos por mais de 450 fornecedores líderes reconhecidos da indústria.



Mouser é sua fonte autorizada para os mais novos semicondutores e componentes eletrônicos para os seus projetos mais inovadores.



br.mouser.com skype Assistência em Português

Os mais novos produtos para os projetos mais inovadores®

MOUSER ELECTRONICS
a tti company

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

SABER ELETRÔNICA

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

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Conselho Editorial
João Antonio Zuffo

Redação
Elizabete Rossi

Revisão Técnica
Eutíquio Lopez

Colaboradores
Alexandre Capelli,
Edriano Carlos de Araujo,
Mário H. de Souza pardo,
Newton C. Braga,
Raphael F. Ribeiro,
Roberto Cunha,
Sandro de F. Ottoboni

Designers
Carlos Tartaglioni,
Diego M. Gomes

Publicidade
Caroline Ferreira

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

Capa
Arquivo da Editora Saber

Impressão
Neograf Indústria 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.

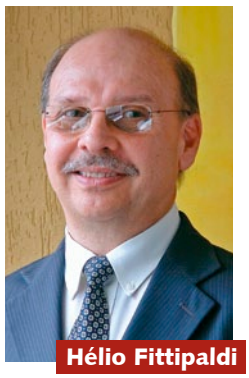
Saber Eletrônica é uma publicação bimestral da Editora Saber Ltda, ISSN 0101-6717. Redação, administração, publicidade e correspondência: Rua Jacinto José de Araújo, 315, Tatuapé, CEP 03087-020, São Paulo, SP, tel./fax (11) 2095-5333.

Associada da:

anatec
www.anatec.org.br

Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas

Desenvolvimento


Hélio Fittipaldi

Os telefones celulares tomaram conta do mundo nos últimos anos, mas ainda não se viu nada em comparação com o que deverá ocorrer nos próximos três anos. Com o surgimento dos celulares inteligentes (*smartphones*) e o seu grande poder de processamento, aliado à versatilidade de utilizações, podemos afirmar que eles serão cada vez mais o objeto que estará muito próximo dos seres humanos no seu dia a dia, e também assumirão a condição de controle remoto universal.

A Texas Instruments, seguindo a tendência e querendo facilitar a vida dos desenvolvedores, lançou um kit com 6 sensores MEMS como giroscópio, acelerômetro, umidade e temperatura, barômetro, sensor de temperatura por infravermelho e magnetômetro. A ideia é para uso em desenvolvimento de aplicações *Bluetooth low energy* e desmistificar o desenvolvimento de aplicações *wireless*. Acreditamos que os profissionais que nos seguem encontrarão utilizações inimagináveis para facilitar a vida corrida das pessoas.

Em março deste ano completaremos 49 anos do lançamento da Revista Saber Eletrônica e, então, abriremos a contagem para atingir os 50 anos em março de 2014.

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.

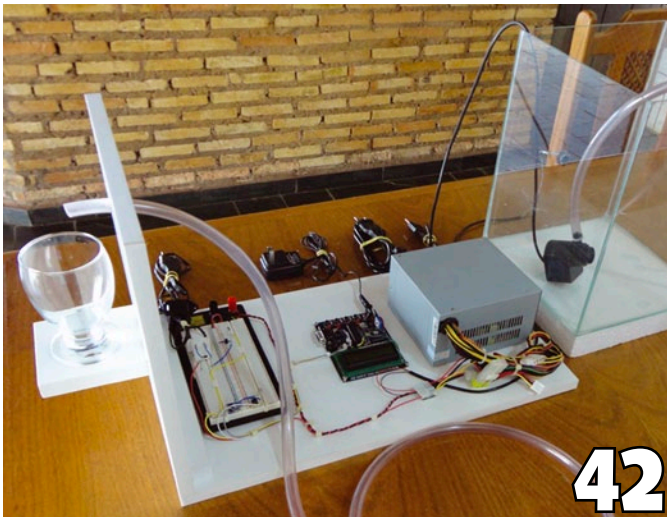
Atendimento ao Leitor: atendimento@sabereletronica.com.br

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 idéias 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







Componentes
10 Como Funcionam os Conversores A/D – Final

Sensores
14 Terminologia de Sensores

Microcontroladores
18 Kit SensorTag CC2541DK-SENSOR da Texas Instruments

Eletrônica Aplicada – Energia
28 Qualidade da Energia Elétrica

Projetos
42 Projeto de Máquina de Refrigerante Microcontrolada

Instrumentação
50 Conversão de Tensão para Corrente
53 Câmara Anecoica e a Célula Transversal Eletromagnéticas

Circuitos Práticos
56 Medidas em Circuitos com Tiristores
60 Técnicas de Interfaceamento Geral
64 Fórmulas para Osciladores

03 Editorial

06 Acontece:

06 Lançamentos e oportunidades de exportação na FIEE 2013
07 Linhas e conversores DCS550 da ABB
07 Leitores para pequenos sistemas de scanners de código de barras
08 Analisadores de espectro portáteis de até 43 GHz
09 Saber Eletrônica na Internet

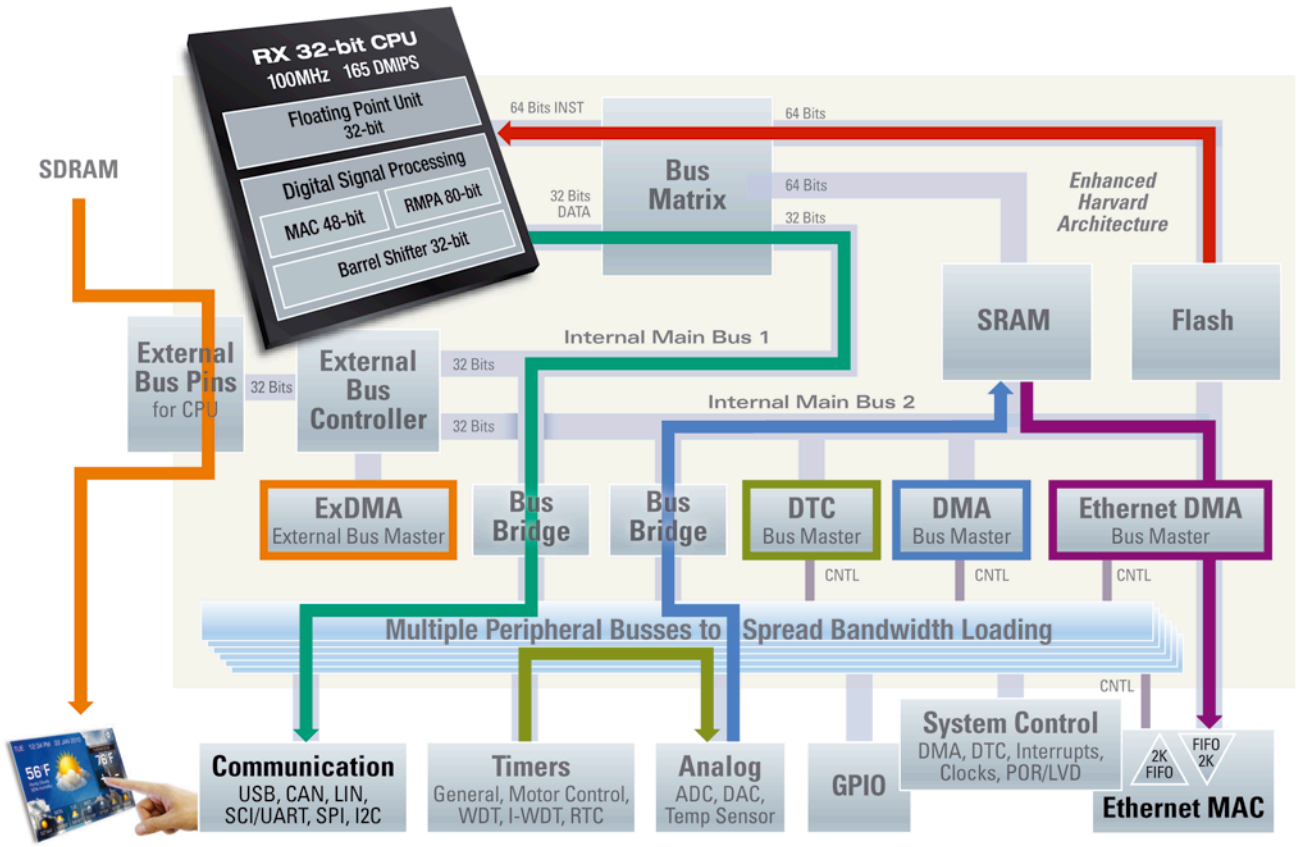
Índice de anunciantes

Renesas 5
NovaSaber 7
Metaltex 9
Keystone 13
NovaSaber 17
Renesas 41
Tato 47
Patola 47
Cika 49
NovaSaber 51
RFTech 59
NovaSaber 65
Mouser ..... 2ª capa
FIEE 2013 ..... 3ª capa
National Instruments ..... 4ª capa

MCU RX600 de Alta-Performance em 32 bits Para as Suas Mais Exigentes Aplicações de Conectividade

RENESAS RX RX600

Dotado de múltiplos controladores de dados e da única Flash embarcada de 100MHz, o microcontrolador RX600 processa dados em alta velocidade, é capaz de lidar com todas as suas necessidades de conectividade, incluíndo acionar diretamente displays TFT ("Direct Drive LCD"), Ethernet, USB e CAN.



Acionamento Direto de TFTs Duas USB CAN Ethernet

Experimente!

Registre-se para obter um kit de demonstração do RX62N GRATUITO.

- Conecta-se a uma porta USB do PC para exibir as características e capacidades das MCUs RX600
- Placa da MCU RX com "debugger" J-Link integrado e um enorme conjunto de periféricos, incluindo Ethernet, CAN e USB
- Display gráfico
- Entrada/Saída de Áudio
- Acelerômetro de 3 eixos
- O CD de instalação contém o IDE da Renesas (HEW), ferramentas, software demo da Micrium e muito mais



RX THE CORE DIFFERENCE

am.renesas.com/rx

Nosso Representante de Vendas

VLA SOLUTIONS

vla@vla.com.br

Nossos Distribuidores

AVNET Memec — Avnet: **011-5079-2150**

ARROW — Arrow: **011-3613-9600**

FUTURE ELECTRONICS — Future Electronics: **019-3737-4100**

© 2013 Renesas Electronics America Inc.

RENESAS

Lançamentos e oportunidades de exportação
na FIEE 2013

Projetos de expositores da 27ª edição da FIEE (Feira Internacional da Indústria Elétrica, Eletrônica, Energia e Automação), a ser realizada entre os dias 1° e 5 de abril de 2013, no Anhembi, São Paulo, revelam investimentos em desenvolvimento de produtos e soluções novas, além de estratégias de relacionamento como oportunidades de exportação e ampliação de mercado conquistando novos consumidores.

As expositoras Dutoplast, Adelco, Cummins Power e Kitframe aproveitarão a FIEE 2013, como plataforma para o lançamento de produtos, programas de exportação e comerciais. Os organizadores estimam a participação de 1.200 marcas entre as maiores empresas do setor, como as já confirmadas: Adelco, Aster Technologies (Tekno-Sip), BPM Microsystems (Tekno-Sip), Blutrafos, CM Comandos Lineares, Cognex Corporation, Corona Brasil Industria, Datapool, Endress + Hauser Controle e Automação, Farnell Newark, Getrotech representando Rohde & Schwarz, Instrutherm, Kyocera do Brasil Componentes Industriais, Kron Instrumentos Elétricos, Metaltex, Mouser, Murrelektronik, Micropress, Meguro Instrumentos Eletrônicos, Minipa do Brasil, National Instruments Brazil, Nevatron Industrial, Novus Produtos Eletrônicos, Orteng, Tektronix, Tyco Electronics, Unicoba, Unicoba, Weg, Yaskawa do Brasil.

Com participação constante em todas as edições da FIEE, a Adelco, fabricante de equipamentos para tratamento, condicionamento e conversão de energia em corrente alternada e corrente contínua, tem muitas expectativas em relação aos resultados do evento. "É uma grande oportunidade de estabelecer intercâmbio com profissionais, clientes, fornecedores e parceiros. Para nós, é importante, especialmente, por propiciar contato com o mercado internacional — o que vai de encontro à nossa estratégia de exportação", diz Rogério Riccardi, diretor comercial da Adelco.

Riccardi espera contar com representantes de empresas da Venezuela, Argentina, Chile, Peru, Angola e Costa Rica, países em cujos mercados a Adelco atua e nos quais pretende fortalecer sua posição.

Apresentará uma grande linha de produtos, como transformadores e no-breaks. "E uma novidade: bateria de lítio com características técnicas ecologicamente corretas", garante Rogerio Riccardi.

A Kitframe, fabricante de armários elétricos, gabinetes de telecomunicações, condicionadores de ar e trocadores de calor, fará na FIEE o lançamentos de produtos novos e estratégicos. "Neste ano, vamos apresentar ao mercado um centro de controle de motores com um sistema de extração de gavetas que traz mais segurança aos operadores. É uma novidade: substitui a operação normalmente feita com manivela, o que permite mais eficiência e segurança", diz Daniel Francisquini, do departamento comercial da Kitframe.

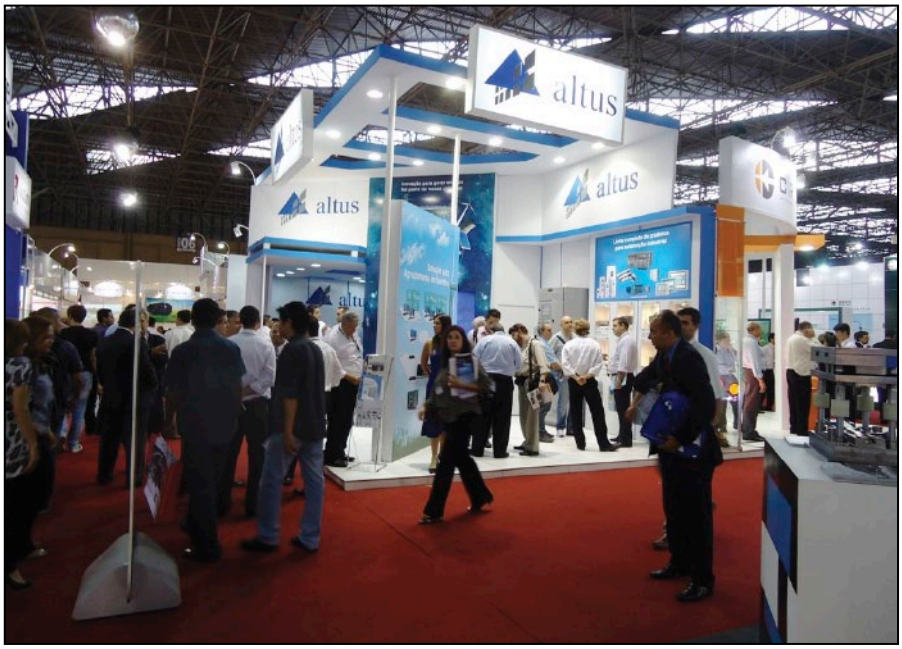
A Cummins Power Generation lançará soluções completas em geradores e sistemas de energia, com potencias desde 15 kVA até 3125 kVA movidos a diesel e gás natural. Os equipamentos podem ser configurados para as mais diversas aplicações de energia na indústria, comércio, especialmente supermercados e shoppings, e residência.

Apresentará nova linha de geradores para locação que suportam altas potências. Essa linha de produtos pode ser utilizada em manutenção programada, unidades móveis de geração de energia de emergência ou em situações de cargas críticas e eventos especiais. O produto foi desenvolvido para atender a demanda gerada pelos eventos como Copa 2014 e Olimpíadas 2016, além de projetos em termoelétricas, plataformas *onshore* e *offshore*.

O evento vai contar com empresas dos setores de componentes elétricos, equipamentos industriais, GTD (geração, transmissão e distribuição de energia), automação industrial, manufatura eletrônica, materiais para instalação, tendo como destaque os segmentos de alternativas energéticas para geração de eletricidade, tecnologia embarcada, tecnologia de laser, óptica e fibra óptica, nanotecnologia e robótica.

A expectativa da direção da exposição, que ocupará os 60 mil metros quadrados do pavilhão do Anhembi, é receber cerca de 63 mil visitantes, entre executivos, técnicos e especialistas, representantes de empresas do Brasil e do exterior.

Para mais informações:
www.fiee.com.br



Linha de conversores
DCS550 da ABB

ABB, líder mundial em tecnologias de energia e automação, oferece ao mercado nacional a linha de conversores DCS 550, equipamentos sinônimo de tecnologia e versatilidade.

O novo conversor de corrente contínua da ABB foi desenvolvido para substituir a linha DCS400. Com desenho compacto e de fácil instalação, o DCS550 é ideal para modernizações de equipamentos, e pode ser aplicado em extrusoras, máquinas para fios elétricos, prensas, linhas de revestimentos até máquinas do setor alimentício e madeireiro.

Com novos atributos, o equipamento apresenta um conversor de campo de até 35 amperes. O design robusto e dimensões compactas permitiram um projeto especial com fluxo de ar de resfriamento, tornando possível a aplicação em ambientes com condições climáticas severas.

Leitores para pequenos sistemas
de scanners de código de barras

A Cognex Corporation anunciou uma nova série de leitores de códigos de barras projetada para a leitura de códigos de barras 1-D. Pequeno no tamanho mas excepcional no desempenho de leitura de códigos de barras, o DataMan® 50L mede apenas 23,5mm x 27mm x 43,5mm e apresenta um invólucro de classificação IP65. É ideal para montagem em espaços muito pequenos em linhas de produção e no maquinário. O DataMan 50L é equipado com Hotbars™, uma tecnologia de análise de imagem proprietária que alcança as maiores taxas de leitura no setor.

"Este produto é ideal para clientes que desejam aumentar as taxas de leitura, especialmente se tiverem códigos de barras impressos em superfícies refletivas ou flexíveis ou códigos de barras danificados", afirma Carl Gerst, Gerente de unidade de negócios de produtos de identificação. Gerst adiciona, "Nossa tecnologia substituiu com sucesso scanners a laser em aplicações de leitura de códigos de barras complexos, como leitura multilateral, por anos. O DataMan 50L é uma tecnologia da melhor qualidade projetada para a leitura de códigos de barras de orientação 1-D e alcança taxas de leitura que podem ultrapassar 99%".



O DataMan 50L contém todos os recursos que fazem da Cognex a melhor marca de leitores de códigos de barra, incluindo:

- Hotbars, que oferece as maiores taxas de leitura de códigos de barras lineares 1-D, incluindo aqueles que estão danificados, distorcidos, desfocados, arranhados, com baixa altura ou baixo contraste.
- A habilidade de analisar "não leituras" ao permitir que o usuário veja o que o leitor vê, ao vivo em uma tela ou com o arquivamento de imagem.
- Projetado sem peças móveis que podem se desgastar e precisar de substituição.

O DataMan 50L apresenta uma lente de três posições e uma mira integrada para configuração fácil em diferentes distâncias de trabalho. O fator de forma incrivelmente pequena permite que o leitor se integre em, praticamente, qualquer instalação nova ou já existente.

O DataMan 50L já está disponível: Para mais informações visite www.cognex.com/50L.



Redes de
Comunicação
Automotiva

Fornece uma visão abrangente dos sistemas automotivos e exercícios para fixar o estudo. Indicado a iniciantes, técnicos e engenheiros da área. Aborda as arquiteturas eletrônicas dos veículos e classifica as redes automotivas. Abrange barramento SPI, tecnologia I2C, LIN para controle de dispositivos, TTP/A para conexões de baixo custo, J1587/1708.

novasaber
www.novasaber.com.br

Produtos

Analisadores de espectro portáteis de até 43 GHz



A Anritsu apresenta a série Spectrum Master MS2720T, os analisadores de espectro portáteis com o melhor desempenho atualmente no mundo. O MS2720T oferece aos técnicos e engenheiros de campo, um desempenho comparável ao de um analisador de espectro de mesa de alto desempenho, incorporando tela de toque, geradores de varredura para toda banda até 20 GHz e os melhores valores de sua categoria em termos de alcance dinâmico DANL, ruído de fase e velocidade de varredura, oferecendo níveis sem precedentes de monitorização do espectro, detecção de sinais ocultos, medições de RF/micro-ondas e testes de links de micro-ondas e de sinais de celulares.

Com cobertura contínua de frequências de 9 kHz a 43 GHz, incorpora um modo aprimorado de varredura que permite aos usuários ajustar a largura de banda da resolução de 30 kHz a 10 MHz. Uma vez que a velocidade de exploração com uma largura de banda de 30 kHz é substancialmente a mesma que com uma largura de banda de resolução de 10 MHz, a sensibilidade pode ser selecionada sem a necessidade de longos tempos de varredura.

Em intervalo zero é possível estabelecer varreduras livres, definir o gatilho para um nível de sinal igual ou superior a um nível de potência designado, ou poder ser acionado externamente. Os intervalos podem ser configurados a partir de 10 Hz e 9, 13, 20, 32 ou 43 GHz além do intervalo zero.

O MS2720T tem uma gama dinâmica > 106 dB a 1 Hz de RBW, DANL de -163 dBm a 1 Hz de RBW e um ruído de fase de -112 dBm a 10 kHz (de *offset* a 1 GHz). Estas especificações, as melhores da categoria, complementam uma capacidade de medida sem precedentes. Uma função do modo de varredura de detecção por rajada permite capturar, em todos os momentos, emissões de até 200 µs, permitindo ao MS2720T a detecção de sinais de rajada a fim de localizar emissões intermitentes ou de rajadas. O modo de varredura *Burst Detect* multiplica por mais de 1.000 a velocidade de varredura em um intervalo de 15 MHz.

Também tem um gerador de varredura de banda completa que abrange de 100 kHz a 9, 13 ou 20 GHz. O gerador de varredura oferece funções altamente avançadas que não incorporam os analisadores portáteis da concorrência, incluindo os passos de potência de 0,1 dB, uma ampla gama dinâmica de até 100 dB e uma resposta plana da potência de saída de +/- 0,5 dB.

O Spectrum Master MS2720T incorpora uma interface de usuário para a tela de toque de 8,4 polegadas. os usuários podem adicionar atalhos de teclado para qualquer botão do menu ou arquivo, permitindo o acesso a um arquivo de configuração com uma seleção simples na tela de toque.

O MS2720T tem um recurso poderoso para medições de interferência, incluindo espectrogramas que exibem eventos em tempo, facilitando a localização de fontes de interferência intermitentes.

Como todos os analisadores de espectro portáteis Spectrum Master, o MS2720T conta com rotinas para medições a partir de uma única unidade de botão de intensidade de campo, potência de canal, largura de banda ocupada, ACPR (Relação de Potência do Canal Adjacente) e relação entre portadora e interferência (C/I).

O analisador oferece seis opções para as medições dos principais padrões sem fio existentes no mundo, como LTE FDD/TDD, GSM/GPRS/EDGE, W-CDMA/HSPA+, TD-SCDMA/HSPA+, CDMA/EV-DO e WiMAX Fixo/Móvel. Ele também tem a capacidade de realizar medidas para interferências eletromagnéticas (EMI), que, juntamente com o kit de sonda para EMI da Anritsu, permite aos engenheiros solucionar problemas relacionados com EMI e dispor de uma maneira econômica para "analisar previamente" os problemas, melhorando o tempo de comercialização.

O Spectrum Master MS2720T é projetado para uso em campo e possui uma caixa robusta que pode suportar temperaturas extremas e ambientes associados com o uso de campo. Dependendo do modelo, pesa entre 4,4 kg (9,7 libras) e 4,9 kg (10,7 libras) e todos os modelos medem 315 x 211 x 94 mm (12,4 x 8,3 x 3,7 polegadas).

www.sabereletronica.com.br

Alarme Sonoro
Os alarmes são elementos que estão se expandindo devido à preocupação da população com a segurança privada. No entanto, os custos desses aparelhos são na maioria das vezes altos para muitos, daí entra o nosso circuito que proporciona um baixo custo para o bolso do leitor e um ótimo desempenho em seu funcionamento. Apesar de parecer complicado, o circuito é simples, pois é constituído de transistores e temporizadores, descartando, assim, o uso de microcontroladores e circuitos lógicos digitais. Veja o artigo completo: **http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1818**

Flip-Flops CMOS
Os flip-flops da família CMOS podem ser obtidos numa boa série de circuitos integrados de baixo custo e de grande utilidade em projetos.
Uma recomendação importante relativa ao uso destes flip-flops, assim como das demais funções CMOS, é que as entradas não usadas, pela sua sensibilidade devida à alta impedância, nunca deverão ser mantidas abertas.
Nos flip-flops CMOS, diferentemente dos TTL, as entradas assíncronas são ativadas no nível alto, o que significa que devem ser mantidas no nível baixo para a operação normal.
Veja mais no site: **http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/319**

10 Circuitos com Chaves Óptica
As chaves ópticas consistem em elementos apropriados para o isolamento de circuitos. Neste artigo, descrevemos alguns circuitos simples, porém muito úteis, que fazem uso de chaves ópticas ou isoladores ópticos. Veja o artigo completo em: **http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/11**

E-Kart - Parte 4
Apesar de todas as dificuldades em se conseguir os componentes básicos como baterias e motores, após uma série de reuniões e pesquisas conseguimos coletar todas as informações necessárias para construir o nosso E-Kart de forma tecnicamente segura. Acompanhe o processo no site: **http://www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1866**

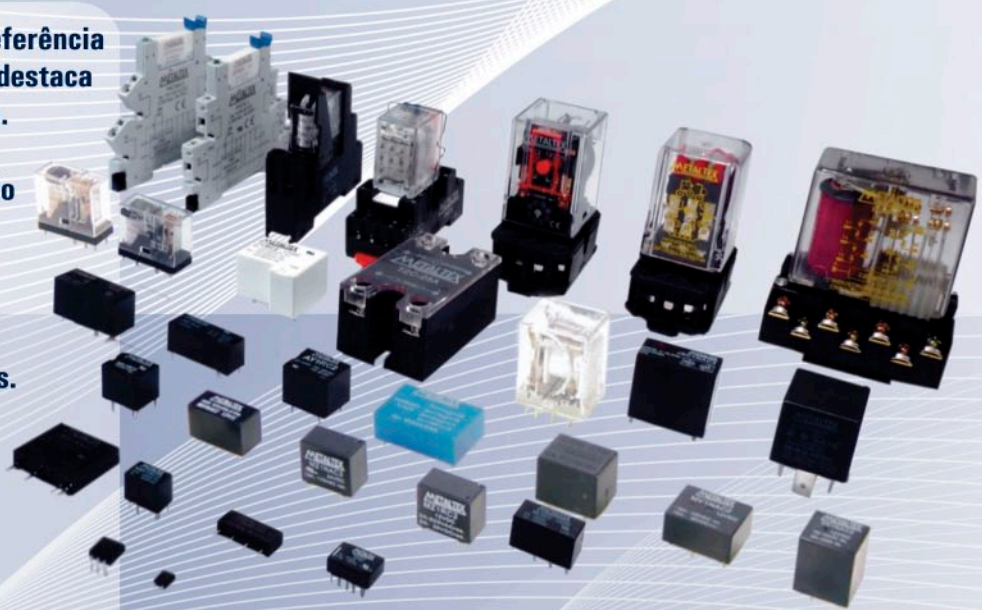
METALTEX
desde 1958

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

Como funcionam os conversores A/D

Parte Final

Os Conversores Analógico-Digitais (ADCs) de códigos ADC0801 a ADC0805 são componentes de extrema utilidade em aplicações que envolvem a aquisição de dados. Em uma edição mais antiga focalizamos esse componente, dando suas características e configurações básicas. No entanto, naquele artigo não vimos senão uma pequena parcela do que ele pode fazer. Continuamos, então, com novos projetos e aplicações que podem ser de grande utilidade para os leitores que desejam fazer projetos com os ADCs da série ADC08XX.

Newton C. Braga

Os Conversores Analógico-Digitais ADC0801 a 0805, da National Semiconductor, consistem em componentes CMOS de 8 bits com entradas e saídas compatíveis com lógicas TTL e CMOS. As saídas são *tri-state*, e a frequência típica de *clock* é de 1,46 MHz. Damos, a seguir, algumas de suas aplicações típicas, partindo da pinagem original dos CIs da série que é mostrada na **figura 1**.

Aplicação Relaciométrica com Plena Escala

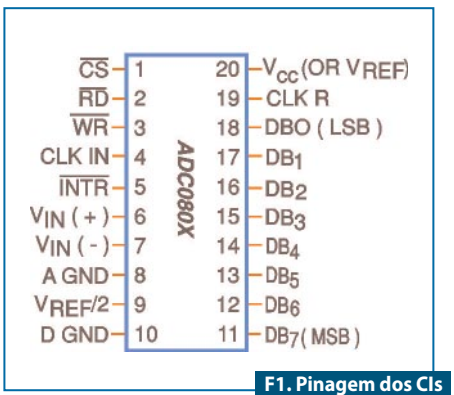
Na **figura 2** temos o circuito básico de aplicação em que um dos potenciômetros ajusta a faixa de operação e o outro é o sensor empregado para aplicar a tensão analógica à entrada, a qual será convertida para a forma digital com 8 bits.

Esse circuito pode ser usado no sensoriamento remoto de posição, nível, etc., e no caso de utilizar-se uma linha de transmissão algo longa, o capacitor em linhas pontilhadas deverá ser acrescentado.

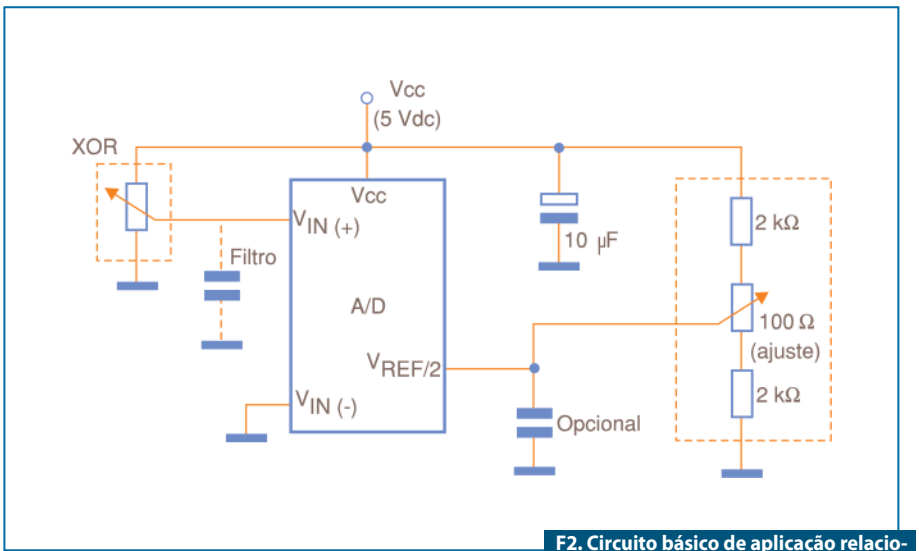
Conversão Direta de Sinal de Baixo Nível

O circuito ilustrado na **figura 3** serve para operar com a conversão de sinais de baixa intensidade (até 512 mV), os quais são convertidos para a forma digital com 8 bits de resolução.

A tensão de referência deve ser ajustada no *trimpot* multivoltas para um valor de 256 mV, ou seja, a metade da tensão máxima de entrada. O segundo ajuste desse circuito é o



F1. Pinagem dos CIs da série ADC080X.



F2. Circuito básico de aplicação relaciométrica com plena escala.

da tensão limite inferior de escala. Observe a necessidade de se usar componentes de precisão nesta aplicação.

Digitalização de Corrente

Para converter uma intensidade de corrente em valores digitais, o circuito recomendado é o visto na **figura 4**. O ajuste de zero é feito por um trimpot ligado à entrada Vin(+) e a tensão de referência, dada em função de R_1 para limite de escala, valor que vai se converter em corrente, é ajustada no trimpot ligado à entrada não inversora do amplificador operacional. O LM336 é uma referência de tensão integrada da National Semiconductor.

Relaciométrico com Vref/2 forçado

Na **figura 5** temos uma aplicação em que se utiliza um amplificador operacional para "forçar" a tensão de referência Vref/2, a qual será dada pelos valores dos resistores ligados na sua entrada não inversora. Esses resistores fixam a tensão de referência em metade da tensão de alimentação. Observe que o amplificador operacional funciona como um seguidor de tensão (ganho unitário), e o capacitor em sua saída evita que oscilações da tensão de alimentação (ou transientes) causem problemas na conversão. O transdutor usado é do tipo resistivo, ligado a entrada Vin(+).

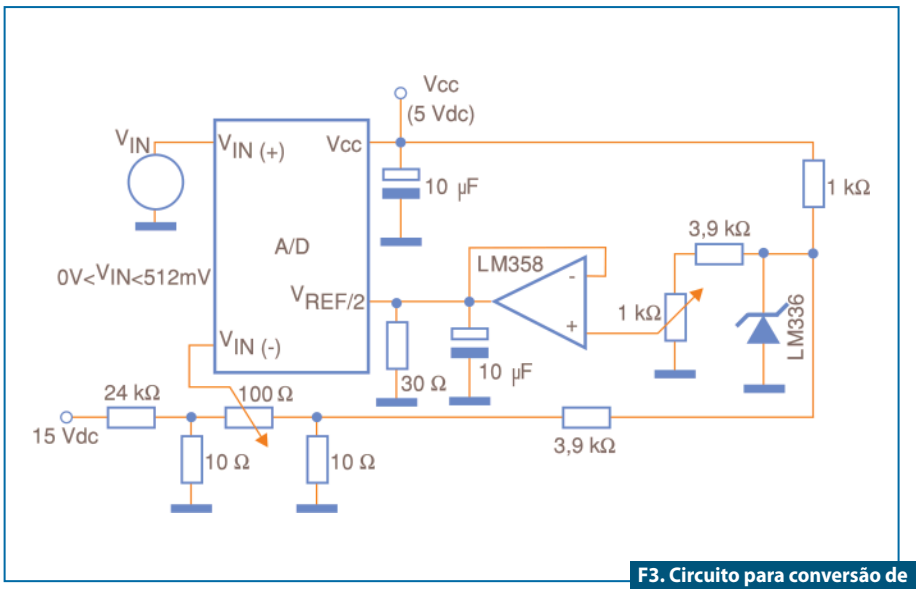
Circuito para Entradas Simétricas de 10 V

Na **figura 6** observamos o circuito de entrada para operação com tensões de 10-0-10 V , com sua conversão para a forma digital de 8 bits.

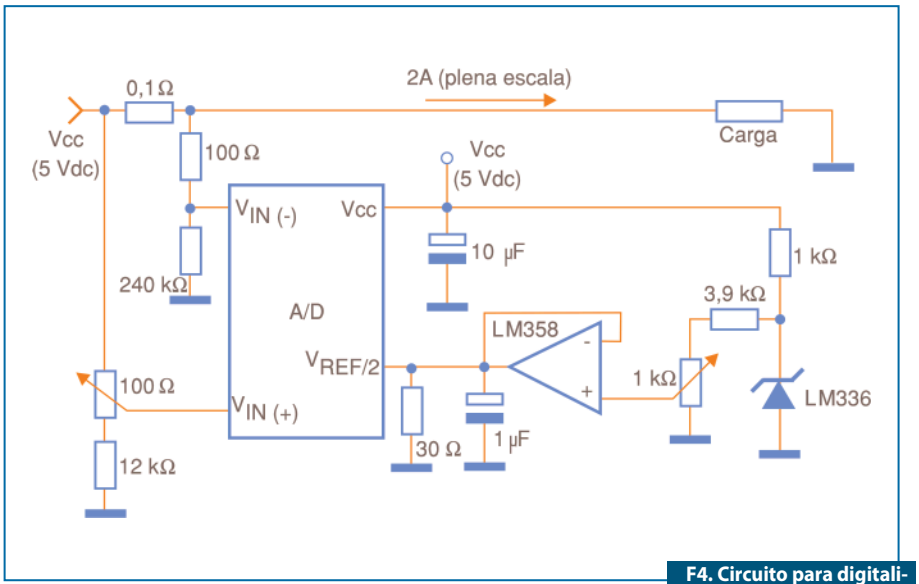
Evidentemente, a precisão do circuito apresentado dependerá da precisão dos componentes usados. Na prática, recomenda-se um "array" de resistores de precisão justamente dedicado a esse tipo de aplicação. Trata-se de componentes que, além de uma tolerância muito baixa, também têm seus valores casados.

Interface Digital de Temperatura

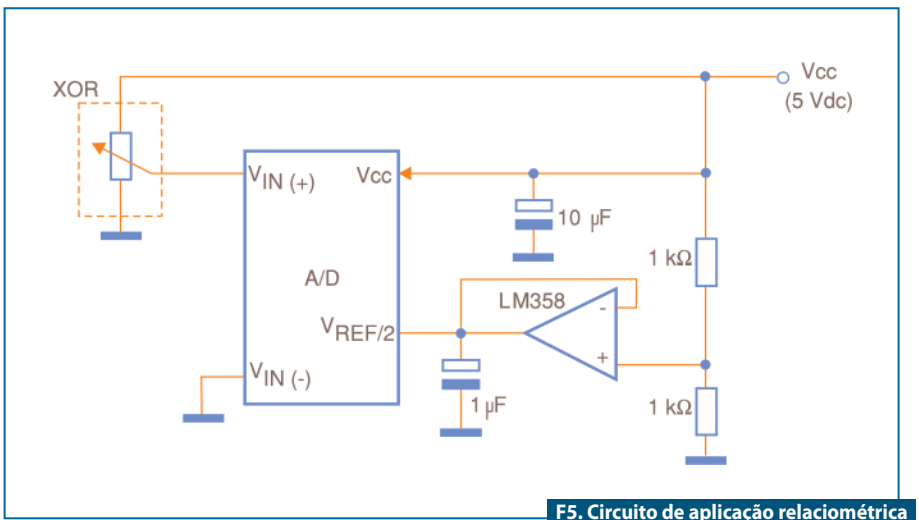
O circuito da **figura 7** utiliza um sensor termométrico (referência de tensão) LM335, que pode ficar distante do conversor. O ajuste da temperatura mínima é feito num trimpot de precisão ligado à entrada Vin(-),



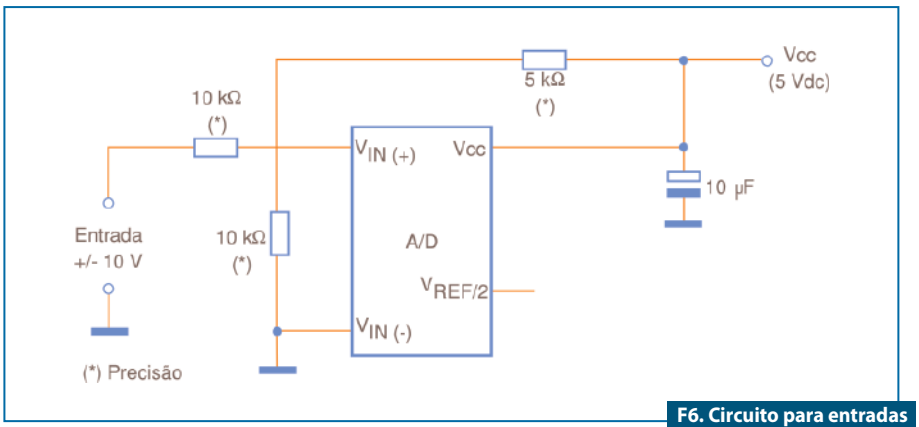
F3. Circuito para conversão de sinais de baixa intensidade.



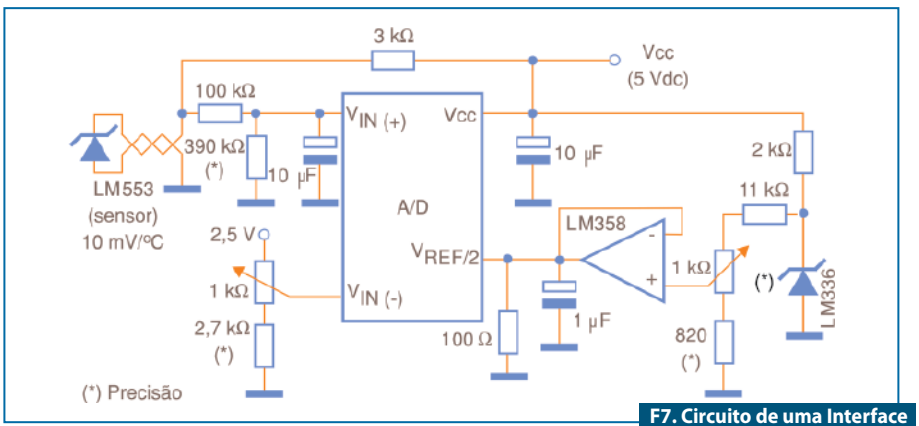
F4. Circuito para digitalização de corrente.



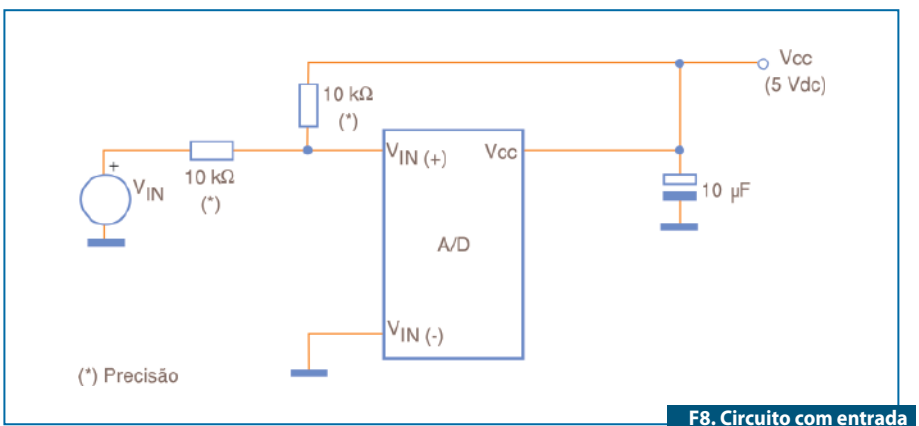
F5. Circuito de aplicação relaciométrica com Vref/2 forçado.



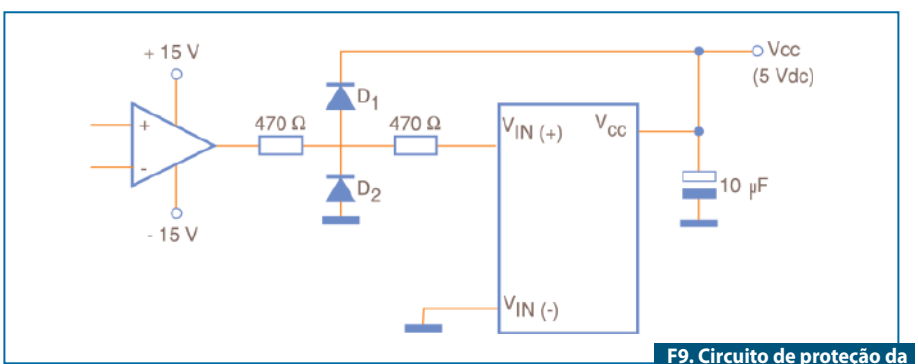
F6. Circuito para entradas simétricas de 10 V.



F7. Circuito de uma Interface Digital de Temperatura.



F8. Circuito com entrada simétrica de 5 V.



F9. Circuito de proteção da entrada do Conversor A/D.

enquanto que a temperatura máxima é ajustada na entrada de referência Vref/2 e feita pelo trimpot ligado à entrada não inversora do amplificador operacional.

A referência de tensão LM335 fornece o valor de referência para o circuito. A precisão depende muito das tolerância dos componentes colocados no circuito. O amplificador operacional funciona como seguidor de tensão.

Circuito com Entrada Simétrica de 5 V

Na **figura 8** temos a configuração de entrada para trabalhar com tensões de 5-0 -5 V. Os resistores de entrada determinam a precisão das conversões e, portanto, devem ser de tolerâncias estreitas. Sugere-se um "array" de resistores de alta precisão destinado a esse tipo de aplicação, nos casos mais críticos.

Protegendo a Entrada

A entrada do conversor pode ser protegida com a utilização de diodos e com um amplificador operacional, conforme mostra a **figura 9**.

O amplificador operacional deve ter seu ganho ajustado de acordo com a aplicação, operando eventualmente como seguidor de tensão. A tensão de alimentação do amplificador operacional não precisa ser, necessariamente, a mesma do conversor A/D.

Filtragem de Ruído

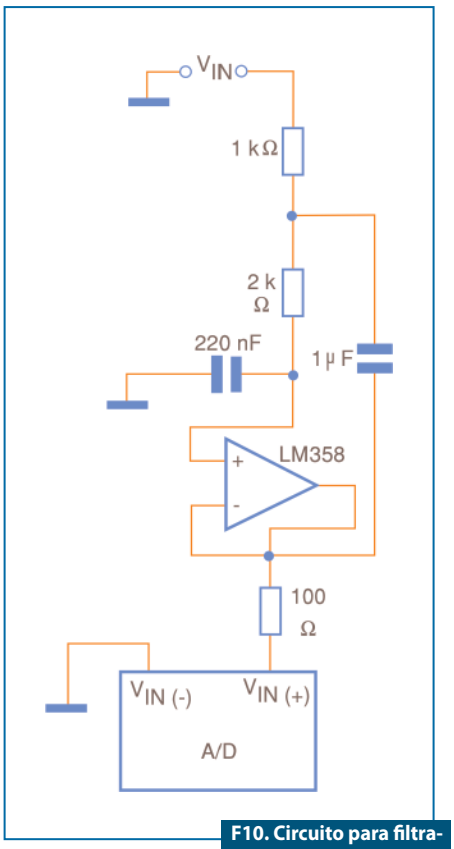
A configuração ilustrada na **figura 10** serve para filtrar eventuais transientes ou picos do sinal que devem ser amostrados.É claro que o circuito dado também serve para aplicações que usem outros tipos de conversores.

Os capacitores determinam a velocidade de resposta ao sinal, devendo ser escolhidos de tal forma que não afetem a prontidão da conversão, eliminando apenas ruídos e transientes do sinal amostrado. O amplificador operacional deve ter fonte de alimentação simétrica e funciona como um seguidor de tensão.

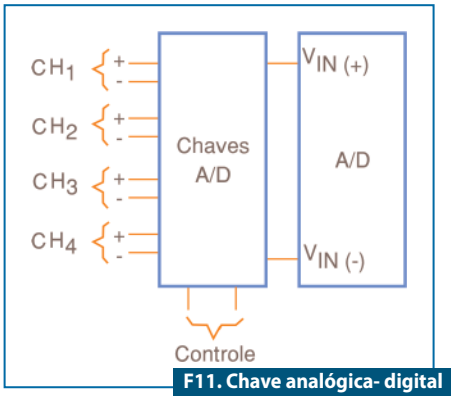
Multiplexando Dados

Quatro entradas podem ser multiplexadas com o uso de uma chave analógica-digital, conforme ligação exibida na **figura 11**.

São usadas duas chaves para cada entrada, uma delas comutando a entrada e a



F10. Circuito para filtragem de ruído.

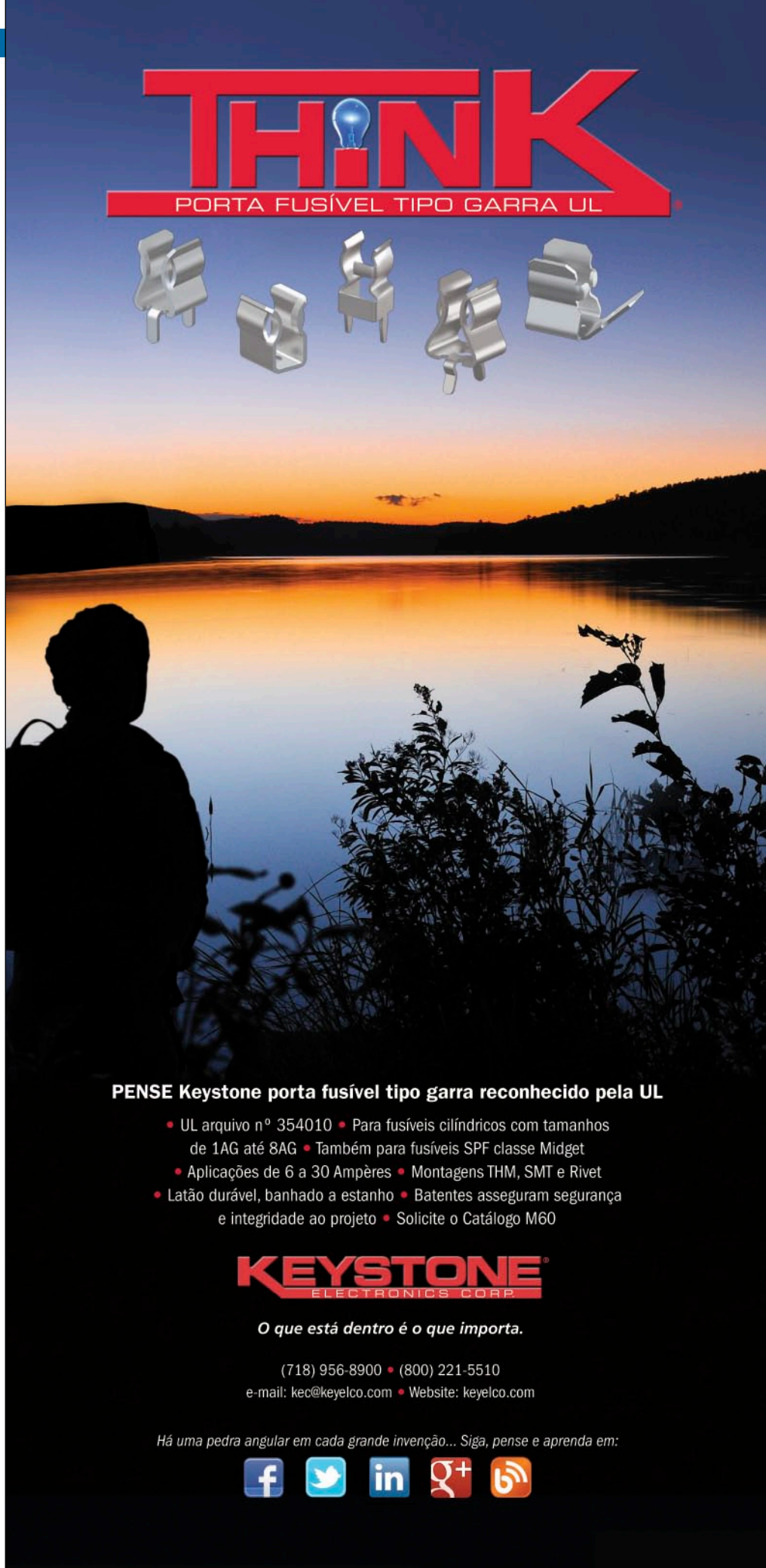


F11. Chave analógica- digital para multiplexar dados.

outra a tensão de referência. Evidentemente, devem ser consideradas as resistências da chave na aplicação, as quais devem ser compensadas com uma amplificação do sinal de entrada para que não ocorram alterações de leitura.

Conclusão

Neste artigo demos apenas uma pequena relação das configurações que poderão ser associadas ao uso dos conversores AD0C801 a ADC0805. Os leitores interessados podem conseguir mais informações na internet.



Terminologia de Sensores

Este tutorial faz parte da série de fundamentos de medição da National Instruments. Cada tutorial dessa série ensinará ao leitor um tópico específico sobre aplicações de medições comuns, explicando a teoria e dando exemplos práticos. Este abrangerá assuntos como sensores e a terminologia associada a eles.

Sensibilidade

A sensibilidade do sensor é definida como a inclinação da curva característica de saída (ΔY/ΔX na **figura 1**) ou, de forma mais geral, a entrada mínima do parâmetro físico que irá criar uma variação detectável na saída. Em alguns sensores, a sensibilidade é definida como a variação do parâmetro de entrada necessária para produzir uma variação padronizada na saída.

Em outros, é definida como uma variação na tensão de saída para uma dada variação no parâmetro de entrada. Por exemplo, um transdutor típico de pressão sanguínea pode ter uma sensibilidade de 10 mv/V/mmHg, isto é, haverá uma tensão de saída de 10 mV para cada volt de excitação e cada mmHg de pressão aplicada.

Erro de sensibilidade

O erro de sensibilidade (mostrado como uma curva pontilhada na **figura 1**) é um desvio da inclinação ideal da curva característica. Por exemplo, o transdutor de pressão discutido acima pode ter uma sensibilidade real de 7,8 mV/V/mmHg em vez de 10 mV/V/mmHg.

Faixa (Range)

A faixa do sensor são os valores máximo e mínimo que podem ser medidos do parâmetro. Por exemplo, um dado sensor de pressão pode ter uma faixa de -400 a +400 mmHg. Alternativamente, os limites positivos e negativos normalmente não são iguais. Por exemplo, um determinado transdutor de pressão sanguínea médico é especificado para ter um limite mínimo (vácuo) de -50 mmHg (ymin na **figura 1**) e um limite máximo (pressão) de 450 mmHg (ymax na **figura 1).** Essa especificação é comum, e é um motivo pelo qual os médicos e enfermeiras incidentalmente algumas vezes destroem sensores de pressão sanguínea ao tentar extrair sangue através de uma linha arterial sem tomar o devido cuidado com a posição das torneiras de fluido no sistema. Uma pequena seringa pode exercer um vácuo tremendo em um sistema fechado.

Faixa dinâmica

A faixa dinâmica é a faixa total do sensor do mínimo ao máximo. Isto é, em termos da figura 1. Ou seja:

$$R_{dyn} = Y_{max} - | - Y_{min} |$$

Precisão

O conceito de precisão refere-se ao grau de reprodutibilidade de uma medição. Em outras palavras, se exatamente o mesmo valor foi medido várias vezes, um sensor ideal teria exatamente a mesma saída toda vez. Mas, sensores reais produzem uma faixa de valores de saída distribuídos de alguma maneira relativa ao valor correto real. Por exemplo, suponha que uma pressão de exatamente 150 mmHg é aplicada a um sensor.

Mesmo que a pressão aplicada nunca mude, os valores de saída do sensor vão variar consideravelmente. Alguns problemas sutis surgem no que diz respeito à precisão quando o valor verdadeiro e o valor médio do sensor não estão dentro de uma certa distância um do outro (por exemplo, a faixa 1-s da curva de distribuição normal).

Resolução

Essa especificação é a menor variação incremental detectável no parâmetro de entrada que pode ser detectada no sinal de saída. A resolução pode ser expressa ou em relação à porcentagem da faixa de leitura (fundo de escala) ou em termos absolutos.

Exatidão

A exatidão do sensor é a diferença máxima que existirá entre o valor real (que deve ser medido por um padrão primário ou um bom padrão secundário) e o valor indicado na saída do sensor. Novamente, a exatidão pode ser expressa ou como uma porcentagem da escala completa ou em termos absolutos.

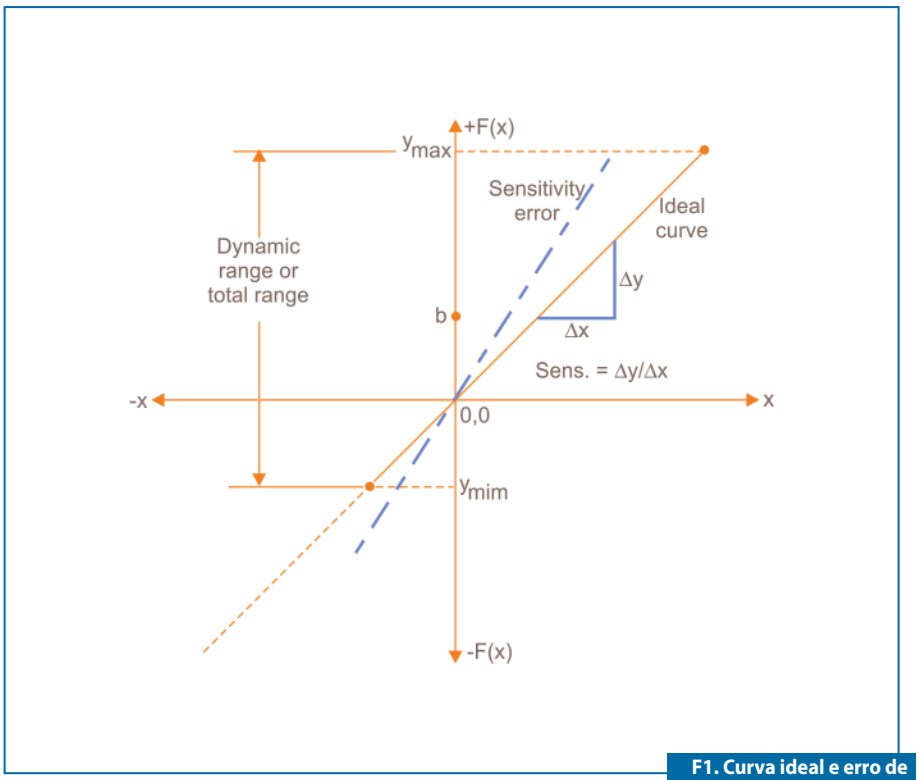
Offset

O erro de *offset* (desvio) de um transdutor é definido como a saída que existirá quando deveria ser zero ou, alternativamente, a diferença entre o valor de saída real e o valor de saída especificado sob um conjunto particular de condições. Um exemplo da primeira situação em termos da figura 1 existiria se a curva característica tivesse a mesma inclinação de sensibilidade que a ideal, mas cruzasse o eixo Y (saída) em b em vez de zero. Um exemplo da outra forma de offset é visto na curva característica de um eletrodo de pH mostrado na **figura 2.** A curva ideal existirá somente a uma temperatura (normalmente 25° C), enquanto a curva real estará entre os limites de temperatura mínima e a temperatura máxima dependendo da temperatura da amostra e do eletrodo.

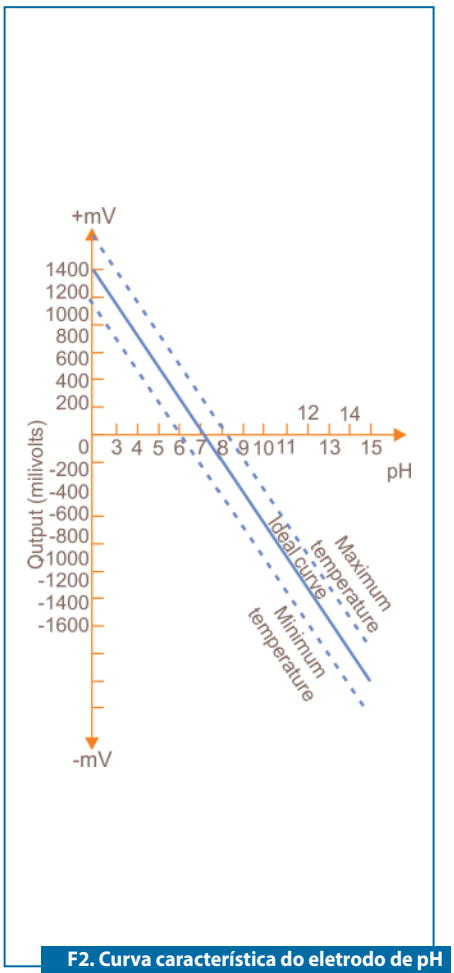
Linearidade

A linearidade do transdutor é uma expressão do grau no qual a curva real medida de um sensor se afasta da curva ideal. A **figura 3** mostra uma relação um tanto exagerada entre a linha ideal, ou ajuste de mínimos quadrados, e a linha real medida ou linha de calibração. (Note que na maioria dos casos, a curva estática é usada para determinar a linearidade e isso pode desviar um pouco de uma linearidade dinâmica).

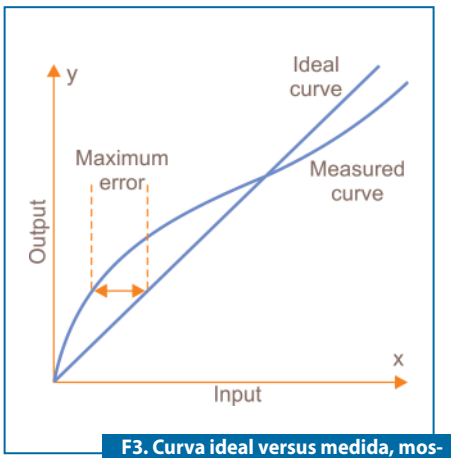
A linearidade é normalmente especificada em termos de porcentagem de não linearidade, que é definida como:



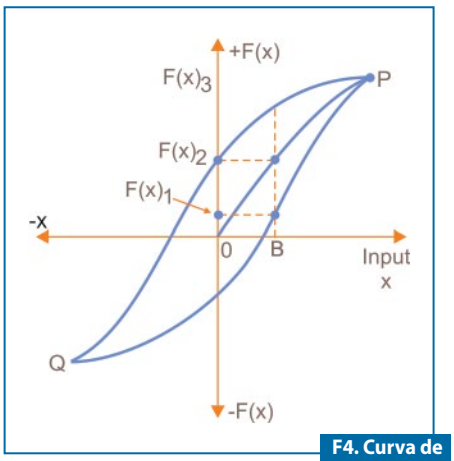
F1. Curva ideal e erro de sensibilidade.



F2. Curva característica do eletrodo de pH mostrando a sensibilidade de temperatura.



F3. Curva ideal versus medida, mostrando erro de linearidade.



F4. Curva de histerese.

$$Nonlinearity\,(\%) = \frac{D_{in\,(max)}}{IN_{f\cdot s.}} \times 100$$

Onde:
Nonlinearity(%): porcentagem de não linearidade
Din(max): desvio máximo de entrada
INf.s.: entrada máxima de escala completa

A não linearidade estática definida pela equação acima é normalmente sujeita a fatores ambientais, incluindo temperatura, vibração, nível de ruído acústico e umidade. É importante saber sob quais condições a especificação é válida, e quais dessas condições não devem produzir variações lineares de linearidade.

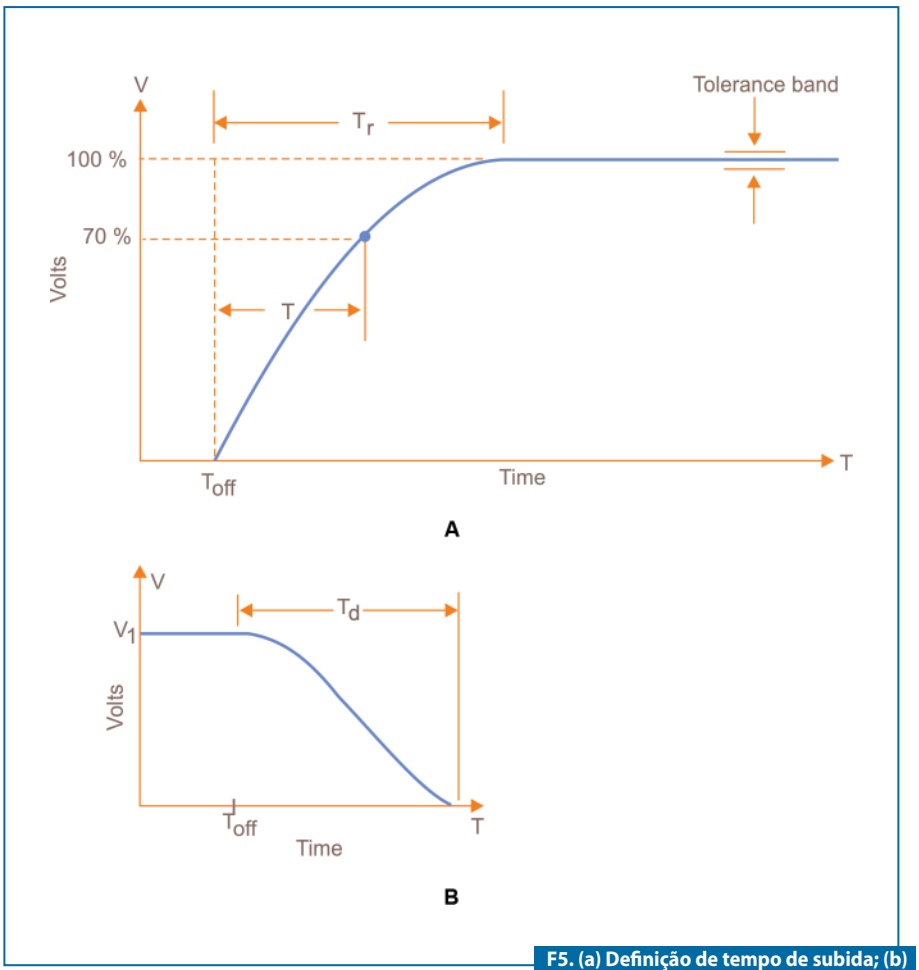
Histerese

Um transdutor deve ser capaz de seguir as mudanças do parâmetro de entrada indiferentemente da direção em que a variação é feita. A histerese é a medida dessa propriedade. A **figura 4** mostra uma curva típica de histerese. Note que é importante a direção em que a variação é feita. Aproximando-se de um valor de entrada fixo (ponto B na figura 4) vindo de um valor mais alto (ponto P), resultará em uma indicação diferente ao aproximar-se do mesmo valor vindo de um valor mais baixo (ponto Q ou zero). Note que o valor de entrada B pode ser representado por $F(X)_1$, $F(X)_2$, ou $F(X)_3$ dependendo do valor anterior imediato - claramente um erro devido à histerese.

Tempo de resposta

Os sensores não variam o estado de saída imediatamente quando ocorre uma variação no parâmetro de entrada. Mais, ele irá variar para o novo estado ao longo de um período de tempo, chamado de tempo de resposta (T_r na **figura 5**). O tempo de resposta pode ser definido como o tempo necessário para uma saída de sensor variar a partir do seu estado anterior para um valor final estável dentro de uma faixa de tolerância do valor novo correto. Este conceito é um pouco diferente da noção da constante de tempo (T) do sistema. Este termo pode ser definido de maneira similar à constante de tempo do carregamento de um capacitor através de uma resistência, e é normalmente menor que o tempo de resposta.

As curvas na figura 5 mostram dois tipos de tempo de resposta. A **figura 5A** representa o tempo de resposta seguindo uma variação brusca de uma função de degrau positiva do parâmetro de entrada. A forma mostrada na **figura 5B** é um tempo de decaimento (T_d para distinguir de T_r, por não ser sempre o mesmo) em resposta a uma variação da função de degrau negativo no parâmetro de entrada.



F5. (a) Definição de tempo de subida; (b) definição de tempo de decaimento.

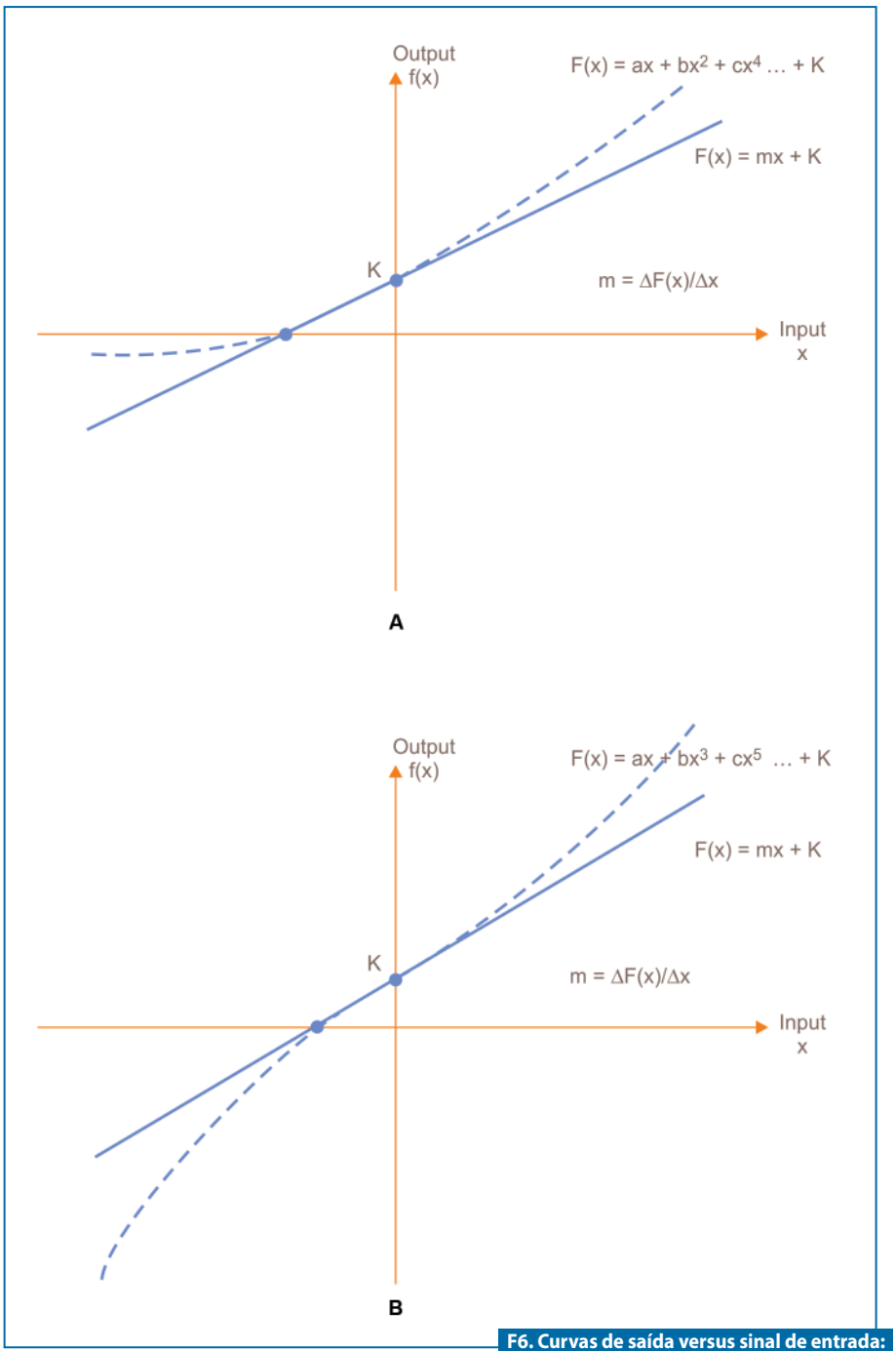
Linearidade Dinâmica

A linearidade dinâmica do sensor é a medição da sua habilidade de seguir mudanças rápidas no parâmetro de entrada. As características de distorção da amplitude, de distorção da fase e o tempo de resposta são importantes na determinação da linearidade dinâmica. Dado um sistema de baixa histerese (sempre desejável), a resposta da amplitude é representada por:

$$F(X) = aX + bX^2 + cX^3 + dX^4 + \cdots + K$$

Na equação anterior, o termo F(X) é o sinal de saída, enquanto os termos X representam o parâmetro de entrada e suas harmônicas, e K é uma constante de offset (se houver). As harmônicas se tornam especialmente importantes quando as harmônicas de erro geradas pela ação do sensor falham nas mesmas bandas de frequência que as harmônicas naturais produzidas pela ação dinâmica do parâmetro de entrada. Todas as formas de onda contínuas são representadas por uma série de Fourier de uma onda senoidal fundamental e suas harmônicas. Em qualquer forma de onda não senoidal (incluindo variações de tempo variável de um parâmetro físico), as harmônicas presentes podem ser afetadas pela ação do sensor. Veja a **figura 6.**

A natureza da não linearidade da curva de calibração diz algo sobre quais harmônicas estão presentes. Na figura 6A, a curva de calibração (mostrada como



F6. Curvas de saída versus sinal de entrada: (a) erro quadrático; (b) erro cúbico.

uma linha pontilhada) é assimétrica, então apenas existem termos ímpares de harmônicas. Assumindo uma forma para a curva ideal de F(x) = mx + K, a equação de vem para o caso simétrico:

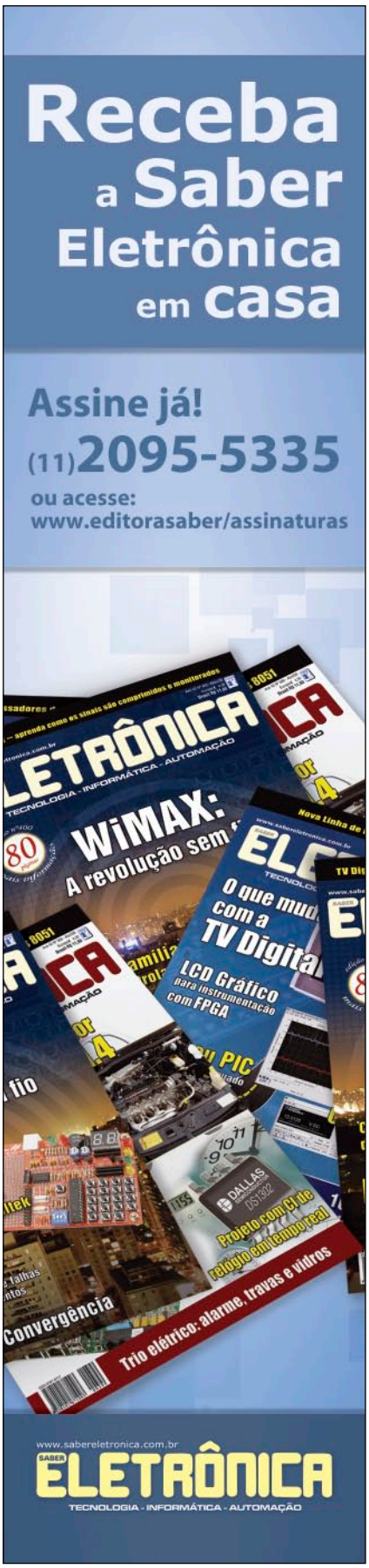
$$F(X)=aX+bX^2+cX^4+\cdots+K$$

No outro tipo de curva de calibração, figura 6B, os valores indicados são simétricos à curva ideal mx + K. Nesse caso, F(X) = -F(-X), e a forma da equação é:

$$F(X)=aX+bX^3+cX^5+\cdots+K$$

Conclusão

Nesse artigo você aprendeu um pouco sobre um tópico específico sobre aplicações de medições comuns, abrangendo sensores e a terminologia associada.



Kit SensorTag

CC2541DK-SENSOR da Texas Instruments

Kit com seis sensores MEMS como giroscópio, acelerômetro, umidade e temperatura, barômetro, magnetômetro e um sensor de temperatura por infravermelho, para desenvolvimento de aplicações Bluetooth low energy com Smartphones promete desmistificar o desenvolvimento de aplicações wireless.

Edriano Carlos de Araujo

Nos últimos anos vimos um aumento impressionante no uso de equipamentos conectados, capazes de facilitar o dia a dia de uma sociedade moderna e cada vez mais ocupada. Embora não tenha sido o primeiro smartphone desenvolvido, o lançamento do primeiro Iphone em 2007 pode ser considerado um marco no uso destas tecnologias, gerando assim demanda para o desenvolvimento de uma nova geração de equipamentos conectados e alimentados a bateria, no qual o limite reside apenas onde sua imaginação puder levá-lo.

Na feira internacional CES 2013 ficou evidente que nos próximos anos os Smartphones rapidamente assumirão a função de "Controle Remoto Universal".

Levando-se em consideração as necessidades tecnológicas atuais, empresas do setor de semicondutores estão cada vez mais dedicadas a entregar não apenas o semicondutor em si, mas sim soluções completas envolvendo hardware e software, diminuindo o tempo de desenvolvimento de novos produtos para o mercado. Um bom exemplo desta nova tendência é o kit de desenvolvimento da Texas Instruments SensorTag, baseado no chip CC2541 "System on a chip solution", e uma grande variedade de sensores como acelerômetro, giroscópio, de umidade, de temperatura e de pressão. Considerado o primeiro kit de desenvolvimento BLE "Bluetooth low Energy" voltado aos desenvolvedores de aplicações para smartphones e tablets.



F1. Componente do kit.

CC2541 SensorTag Development Kit

O kit é composto por uma placa contendo o CC2541 e incluindo seis sensores e uma bateria, assim como caixas e proteções plásticas configurando um conjunto bem enxuto e harmonioso. Veja a **figura 1**. Na **figura 2** temos uma visão geral do diagrama de blocos do kit.

Principais componentes

Veja agora alguns dos componentes que compõe o kit:

Bateria

Bateria CR2032, uma das principais vantagens do hardware proposto neste kit é o baixo consumo, sendo possível obter uma grande durabilidade da bateria.

Conversor DC/DC

Baseado no chip TPS62730, desenvolvido especialmente para aplicações *wireless ultra low Power*.

CC2541

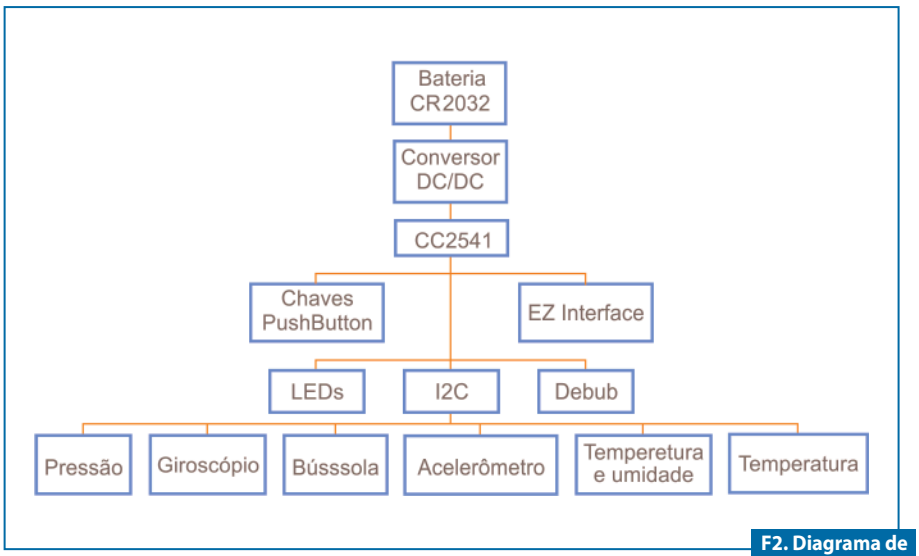
O CC2541 presente no kit de desenvolvimento pode ser considerado como um verdadeiro sistema em um chip otimizado para aplicações Bluetooth de baixo consumo. Composto de:

- Núcleo 8051 de baixo consumo e fácil programação através do software desenvolvido e fornecido livre de royalties pela Texas Instruments.
- Sistema RF 2,4 GHz totalmente compatível com Bluetooth Low Energy "BLE"
- Extensivo set de periféricos como ADC 12 Bits, timers, coprocessador AES, DMA, interface serial entre outros.
- É possível verificar todos os periféricos do chip na **figura 4**.

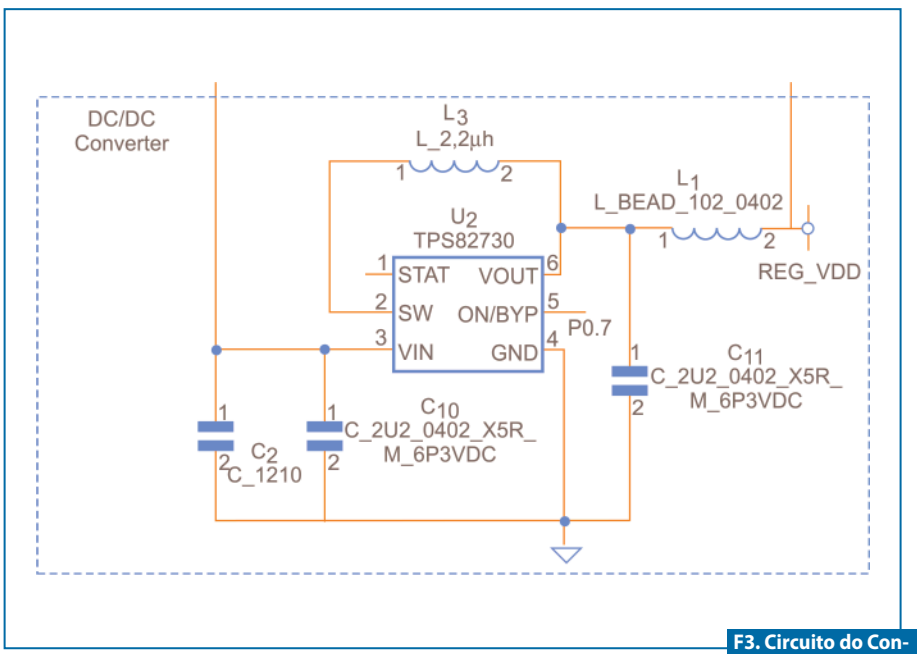
Devido ao auto grau de integração presente no CC2541 é possível implementar todo o sistema com muito poucos componentes externos, conforme ilustra a **figura 5**.

Sensores

Seguindo o conceito de simplicidade, todos os sensores estão conectados ao bus I²C, cada qual com um pino de Enable exclusivo proporcionando um melhor gerenciamento de energia. O protocolo



F2. Diagrama de blocos do kit.



F3. Circuito do Conversor DC/DC.

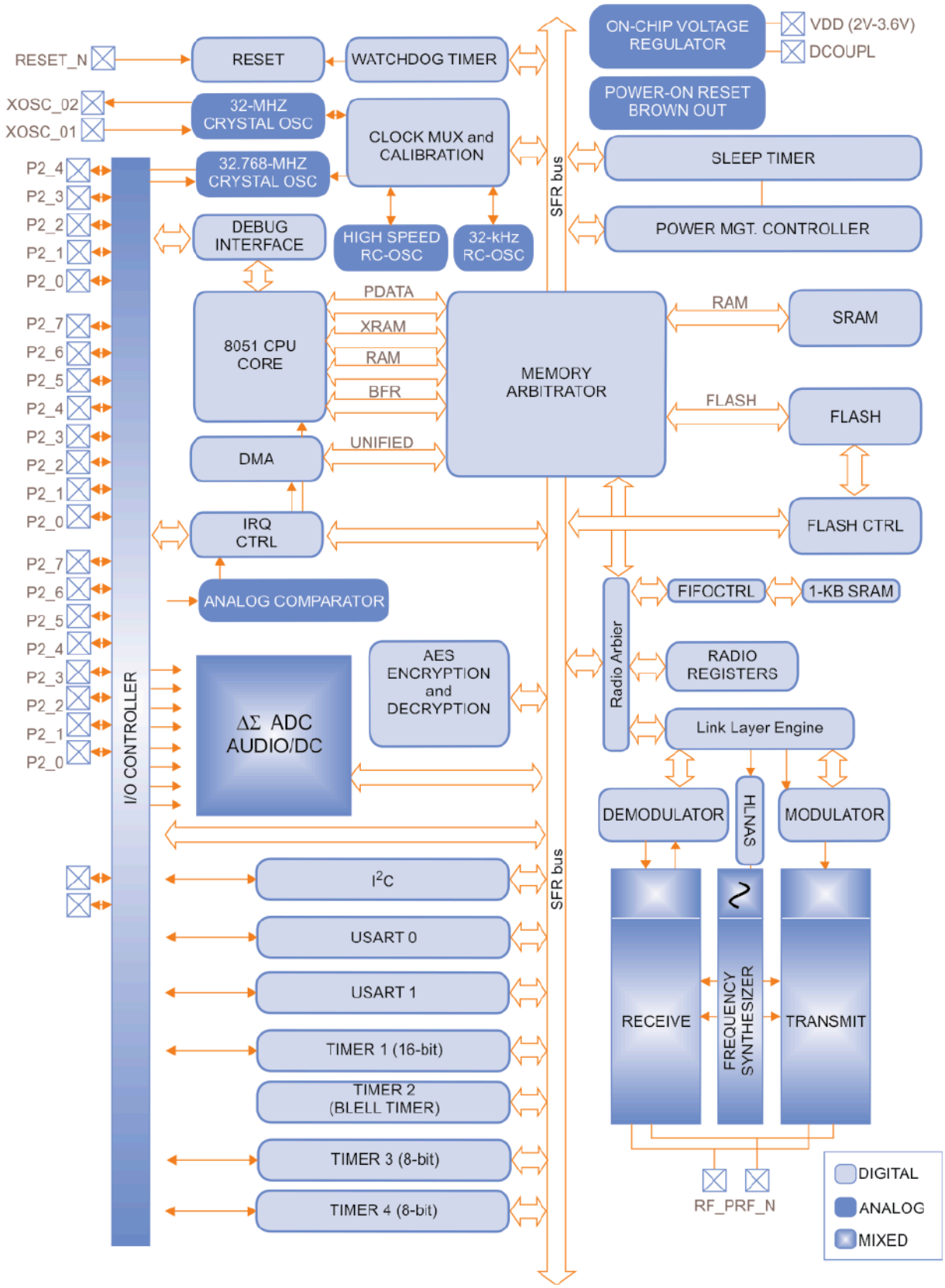
I²C foi desenvolvido pela Philips em 1996. Permite baixar o tempo e custo de desenvolvimento de dispositivos, assim como traz uma flexibilidade no funcionamento, consumindo pouca energia e sendo bastante imune a ruídos. Observe as **figuras 6 e 7**, a seguir.

Desenvolvendo uma aplicação SensorTag

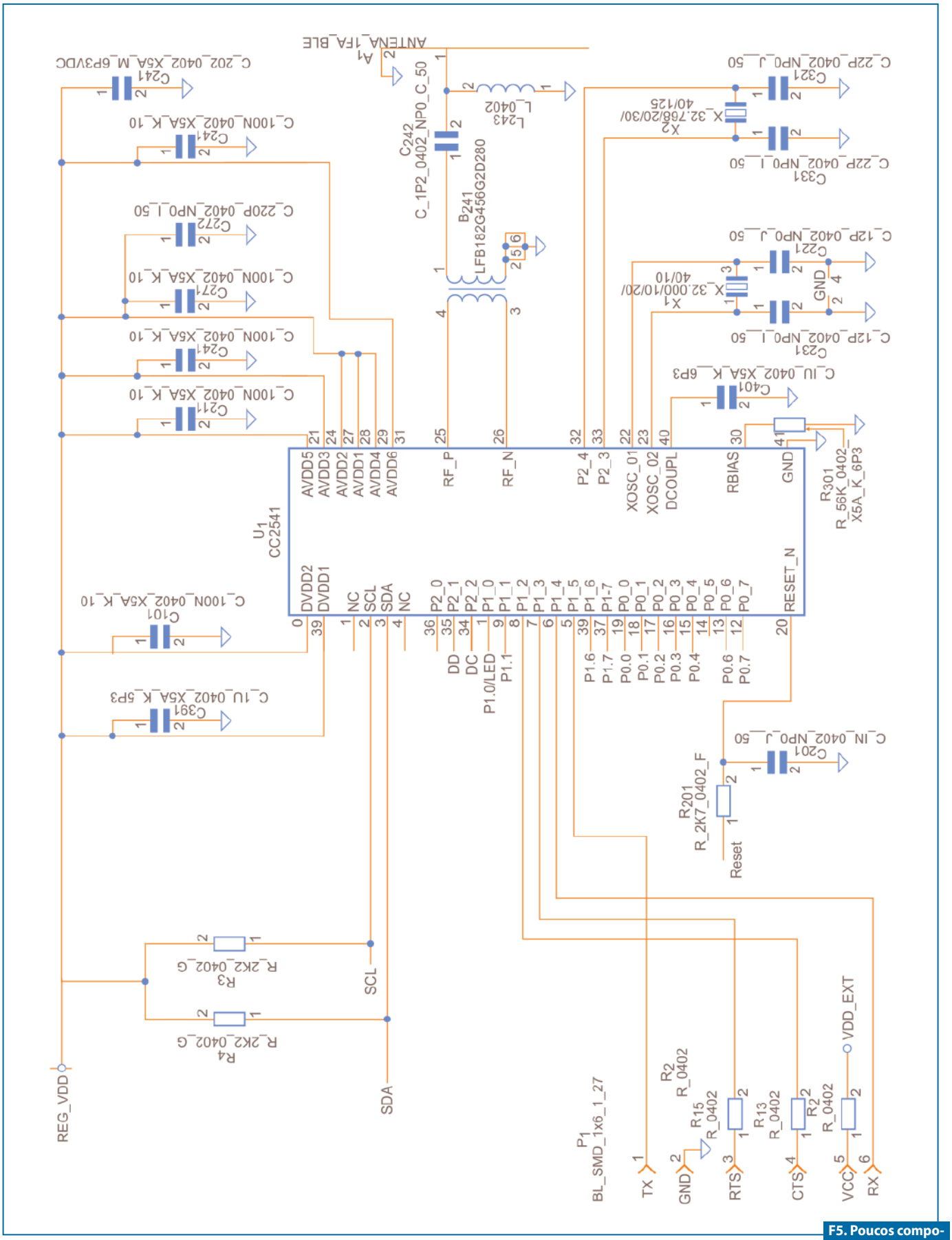
Desenvolver uma aplicação completa envolvendo Bluetooth Low Energy, uma grande variedade de sensores e conectada a uma grande variedade de plataformas do início (ou como se diz em inglês "From scratch" não é uma tarefa das mais fáceis. Desta forma, utilizando o kit de desenvolvimento em conjunto com uma extensa documentação e biblioteca de software fornecida pela Texas Instrumentes, é possível se diminuir o tempo de desenvolvimento do produto drasticamente.

Lista de documentos necessários

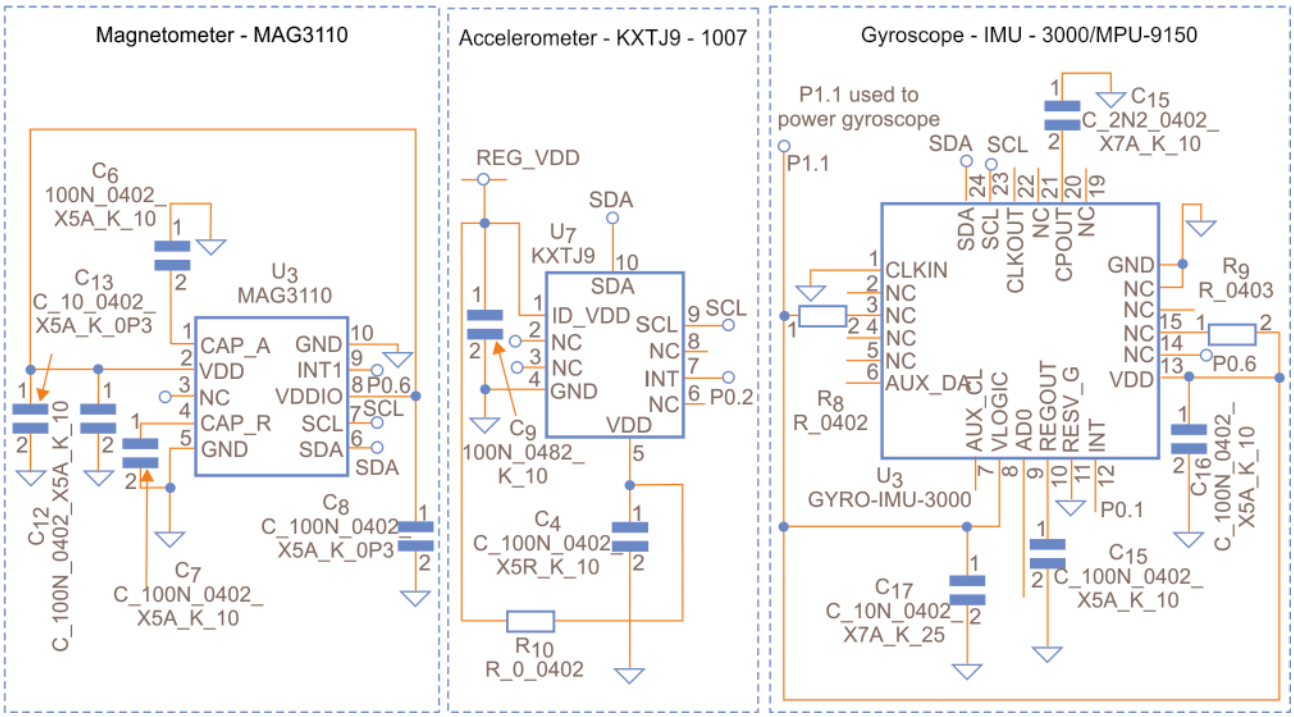
- Texas Instruments CC2540/41 Bluetooth® Low Energy Sample Applications Guide v1.2.
- Texas Instruments CC2540/41 Bluetooth® Low Energy Software Developer's Guide v1.3.



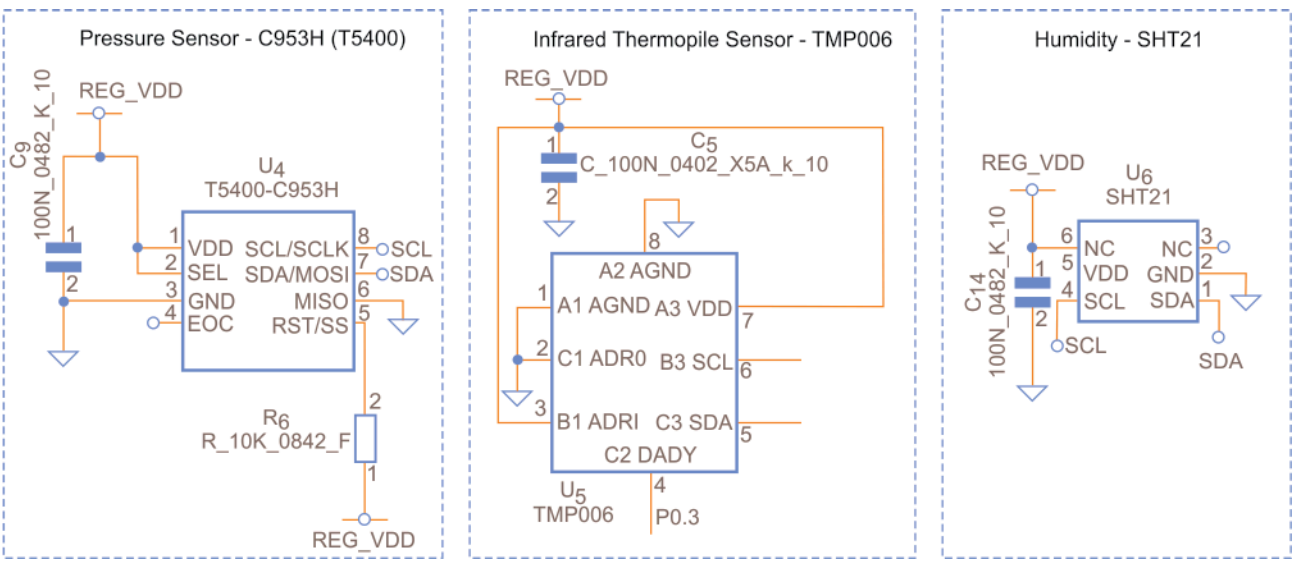
F4. Periféricos do chip.



F5. Poucos componentes externos.



F6. Sensores Magnetômetro, acelerômetro e giroscópio.



F7. Pressão, temperatura e umidade.

- CC2541 2.4-GHzBluetooth™low energy and Proprietary System-on-Chip datasheet.
- CC2540/41System-on-ChipSolutionfor 2.4-GHzBluetooth®low energyApplications User'sGuide.
- IAR Embedded Workbench 8.10.4 for 8051 documentation.
- CC2541 Sensor Tag Schematics.
- Bluetooth low energy software stack.
- Mais informações http://processors.wiki.ti.com/index.php/SensorTag_User_Guide

Algumas observações:

- O principal objetivo deste artigo é proporcionar ao leitor uma visão geral sobre o desenvolvimento de aplicações BL.
- Compilar informações relevantes sobre documentações disponíveis ou não, no momento.
- Ferramentas necessárias para o desenvolvimento.

Primeiro passo SensorTag

- Fazer o download de toda a documentação necessária toda disponível no site da Texas Instruments.
- Fazer o download do Bluetooth low energy software stack www.ti.com/tool/ble-stack
- Fazer o download IAR Embedded Workbench 8.10.4 for 8051.

Segundo passo SensorTag

Configurar o ambiente de desenvolvimento necessário para que aplicações possam ser gravadas no kit. A principal suíte de desenvolvimento disponível no momento é a IAR Embedded Workbench 8.10.4 for 8051.

Existem duas opções viáveis disponíveis no momento: uma com 30 dias de avaliação e outra completa paga. Uma terceira opção esta disponível no site, porém a mesma está limitada a 4 Kbytes de código, o que não é suficiente para compilar todo o stack.

- Versão de avaliação que proporciona 30 dias de avaliação da suíte de desenvolvimento http://supp.iar.com/Download/SW/?item=EW8051-EVAL
- Versão completa da suíte de desenvolvimento http://www.iar.com/en/Products/IAR-Embedded-Workbench/8051/



F8. Logo bluetooth



F9. Instalando BLE stack.

Após escolhida a versão de seu interesse instale o Embedded Workbench e confirme que todos os pacotes foram instalados corretamente, pois são de fundamental importância para se configurar o debug do programa.

Terceiro passo SensorTag

Bluetooth low energy software stack www.ti.com/tool/ble-stack "BLE". O coração de todo o desenvolvimento de aplicações SensorTag rapidamente é o Bluetooth low energy software stack, que se baseia na versão 4.0 do Bluetooth® standard, que habilita o desenvolvimento de dois tipos de sistemas de comunicação wireless denominadas:

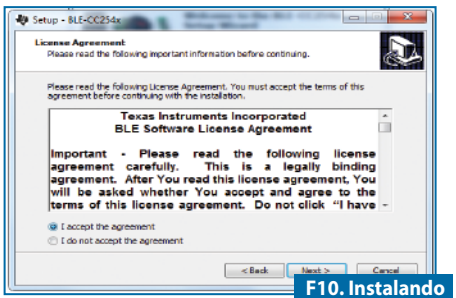
- "Basic rate" para comunicações com taxas de transmissão básicas ou avançadas denominadas como "BR/EDR".
- "Bluetooth low energy" para comunicações baseadas em pacotes de dados muito pequenos, proporcionando um consumo de energia reduzido denominado como "BLE"

Dispositivos que suportam os modos "BR" ou "BLE" são denominados dispositivos "dual-mode". Veja a **figura 8**. Feito o download instale o BLE Stack. Acompanhe as **figuras de 9** a **13**.

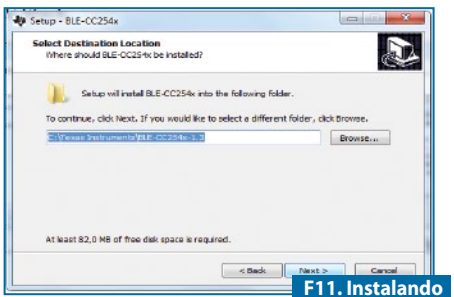
Quarto passo SensorTag

Uma vez que todos os softwares e documentações foram instalados com sucesso, já é possível abrir, configurar e compilar uma aplicação simples. É imprescindível notar que a documentação é muito extensa. Será necessário algumas horas de estudos para se familiarizar com todos os termos técnicos e bibliotecas envolvidas.

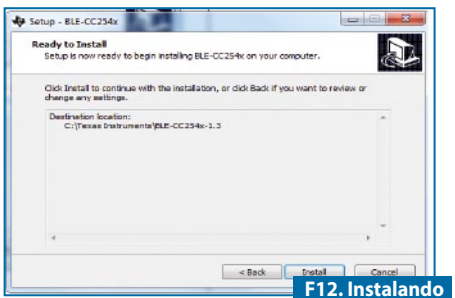
- Iniciar-> IAR Systems->Embedded Workbench 6.0-> IAR Embedded Workbench



F10. Instalando BLE stack.



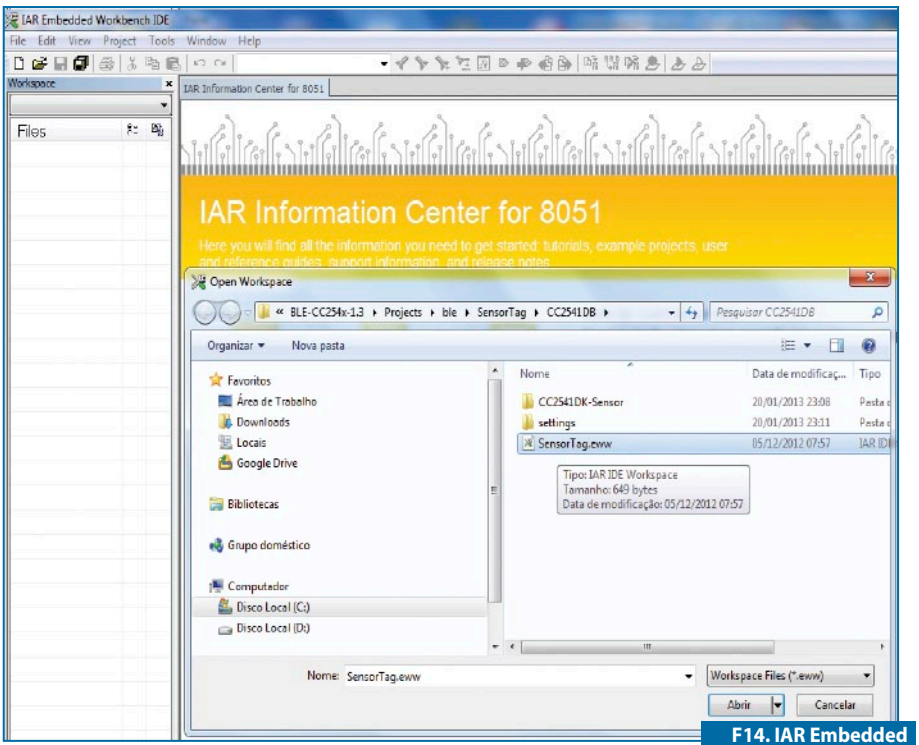
F11. Instalando BLE stack.



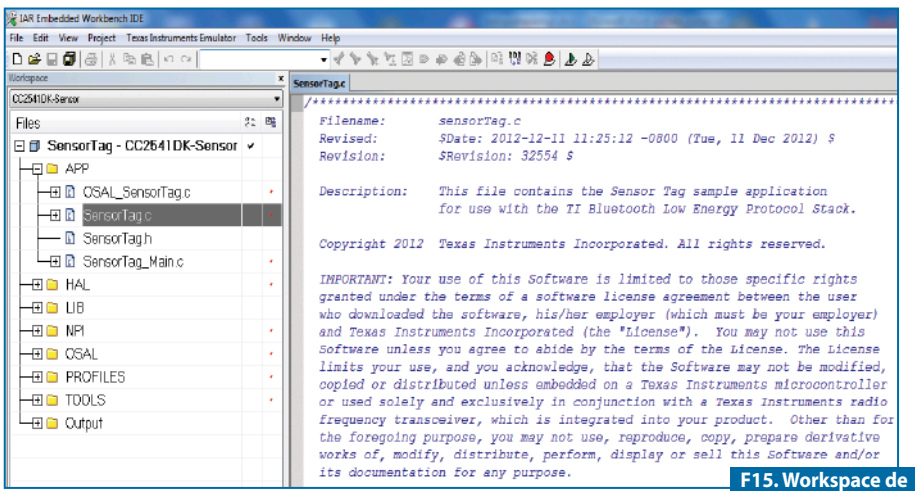
F12. Instalando BLE stack.



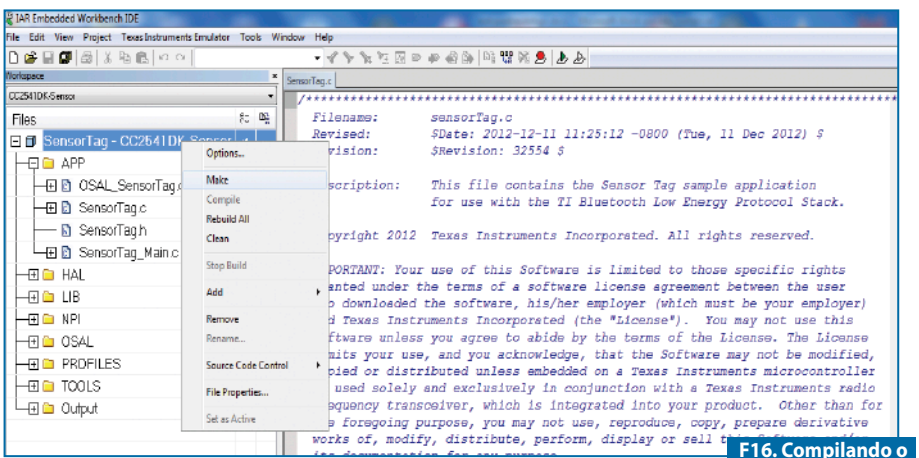
F13. Instalando BLE stack.



F14. IAR Embedded Workbench.



F15. Workspace de trabalho.



F16. Compilando o programa.

- File > Open > Workspace
- C:\Texas Instruments\BLE-CC254x-1.3\Projects\ble\SensorTag\CC2541DB

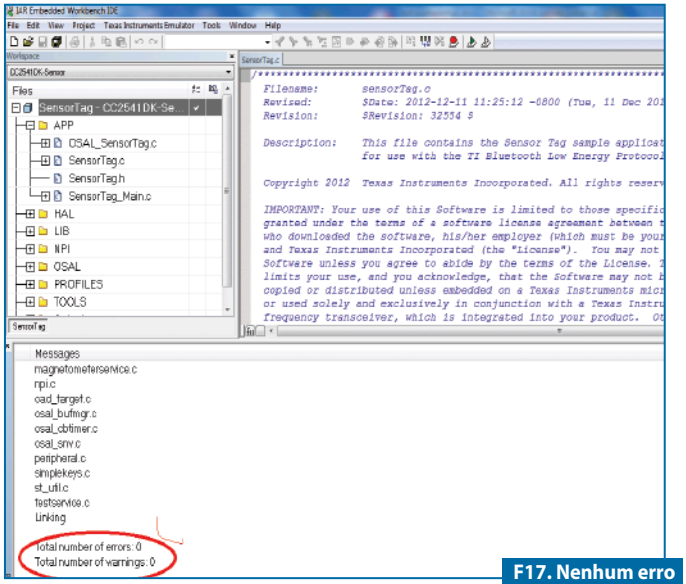
Este será o workspace aberto, conforme mostra a figura 14 e 15.

Uma breve introdução sobre os arquivos presentes no projeto.

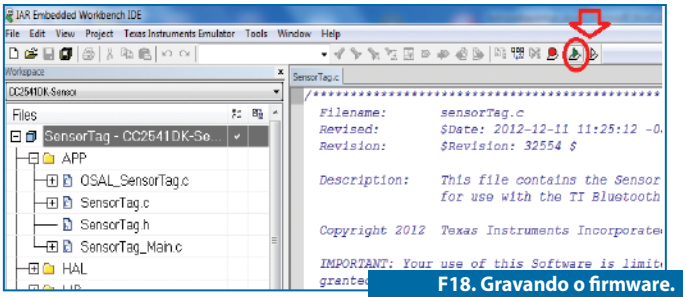
- APP: Código-fonte e headers: informações sobre estas rotinas podem ser encontradas na documentação Texas Instruments CC2540/41 Bluetooth® Low Energy Sample Applications Guide v1.2.
- HAL: Hardware Abstraction Layer faz a ponte entre o hardware e a pilha, desta maneira um novo PCB pode ser produzido ou até mesmo o hardware pode ser modificado sem a necessidade de mudanças na pilha. Aqui estão incluídos softwares para SPI, I2C, ADC etc.
- INCLUDE: Este grupo inclui todos os headers necessários para que as APIs funcionem corretamente.
- LIB: Este grupo inclui em todo o protocolo da pilha. Por padrão estas pilhas são fornecidas compiladas e o código-fonte não está disponível.
- NPI: Network processor interface layer de transporte que permite por exemplo rotear HCI data para uma serial.
- OSAL: Operating System Abstraction Layer. Embora tenha este nome, este layer não é exatamente um sistema operacional, mas controla o loop que coordena os eventos.
- Compilar o projeto clicando com o botão direito do mouse em cima do workspace. Em seguida pressione make, conforme exibe a **figura 16**.
- Correndo tudo bem, será possível observar a mensagem informando nenhum problema (**figura 17**).
- Gravar o firmware e "debugar" (**figura 18**).
- O firmware será gravado na memória, e logo em seguida o debugger será iniciado (**figura 19** e **20**).

Quinto passo SensorTag

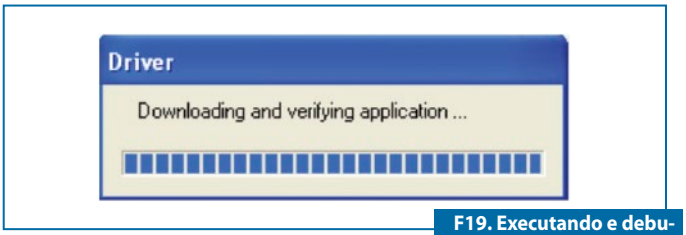
Uma vez compilado, gravado e testado o firmware, pode-se testar a integração



F17. Nenhum erro encontrado.



F18. Gravando o firmware.



F19. Executando e debugando o projeto.

com o aplicativo de monitoramento, que pode estar presente em um PC, smartphone ou tablet.

Atualmente contamos com duas alternativas para o teste do SensorTag, utilizando o aplicativo disponível para IPhone ou para o PC. Até o presente momento ainda não existe um aplicativo oficial para Android. Esta versão será disponibilizada assim que uma API de desenvolvimento para Bluetooth 4.0 seja disponibilizada para android.

Para o uso do aplicativo em um PC será necessário o uso do dongle USB.

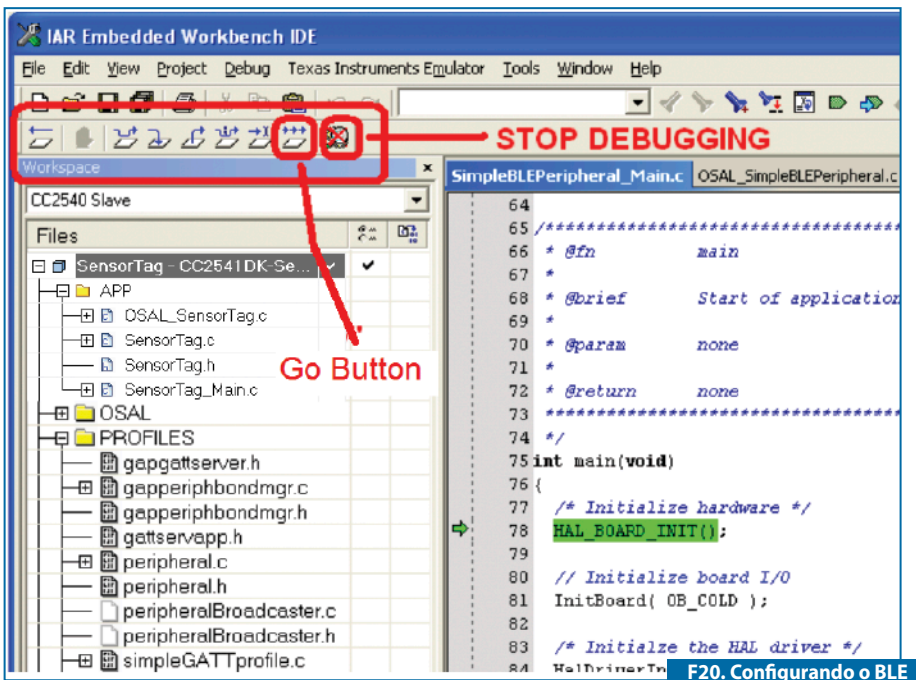
Para o uso do aplicativo para IPhone somente é necessário baixar o software disponível na App Store.

Configurando o BLE device monitor no PC. Plugar o Dongle USB na porta, verificar o device manager e procurar a com relativa ao seu kit.

Uma vez instalada, o software estará pronto para ser utilizado (**figura 22**).

Selecione a porta com no software de acordo com a sua respectiva instalação (**figura 23**).

Coloque uma bateria CR2035 no sensor e pressione o botão na lateral da placa do SensorTag. O LED deve começar a piscar, bastando pressionar o botão SCAN no aplicativo BLE device monitor. Se uma conexão não ocorrer em 30 segundos, o LED deixará de piscar e o Sensor retornará ao modo de economia de energia. Caso isto ocorra, pressione o botão novamente (**figura 24**).



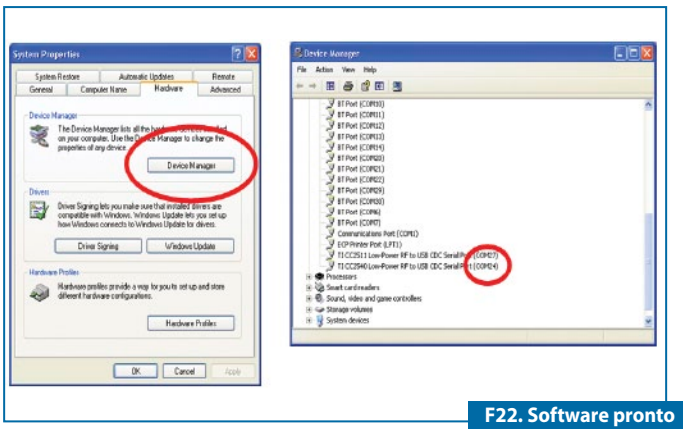
F20. Configurando o BLE device monitor no PC.

Selecione o sensor clicando duas vezes no mesmo, ou selecionando connect (**figura 25**).

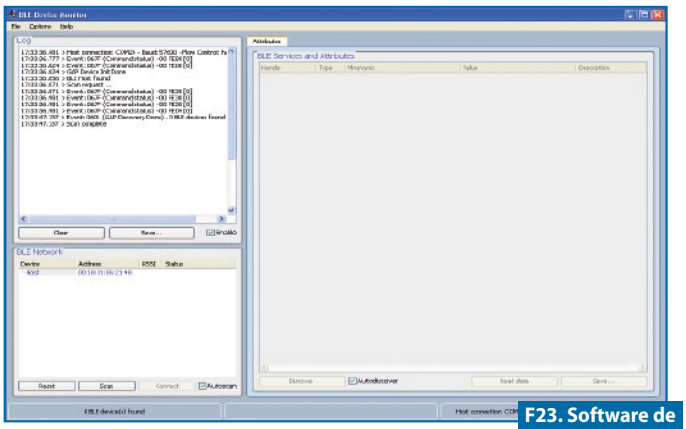
A aba atribute irá mostrar todos os serviços primários disponíveis para o dispositivo Bluetooth em questão. Clique no mais para que a característica do dispositivo seja mostrada (**figura 26**).

Aba SensorTag quando o modo monitor está ativado: é possível visualizar as medidas em formato numérico ao invés de seus correspondentes valores binários (**figura 27**).

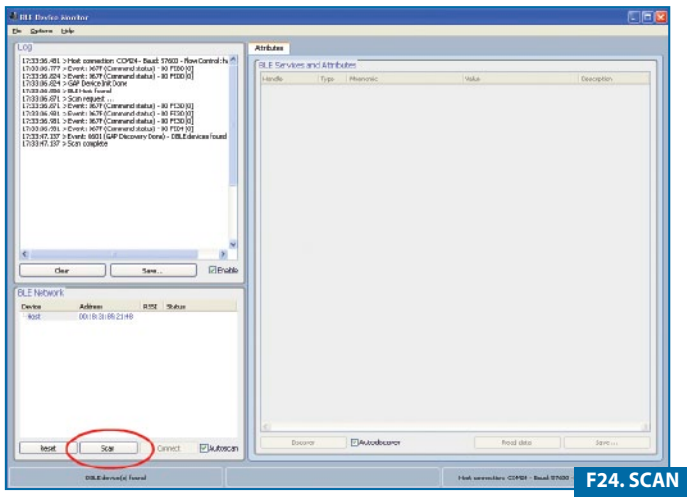
F21. Aplicação para smartphone.



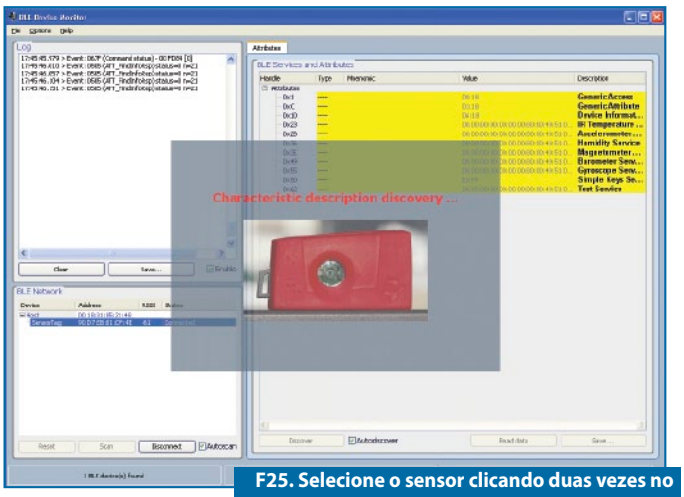
F22. Software pronto para utilização.



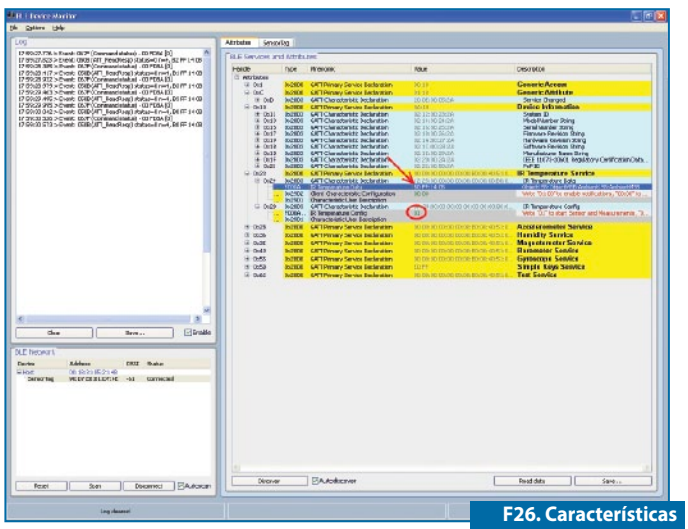
F23. Software de instalação.



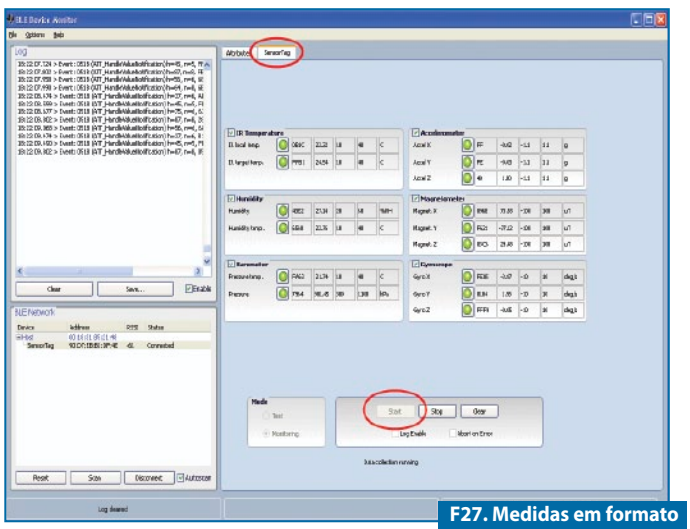
F24. SCAN sensores.



F25. Selecione o sensor clicando duas vezes no mesmo ou selecionando connect.



F26. Características do dispositivo.



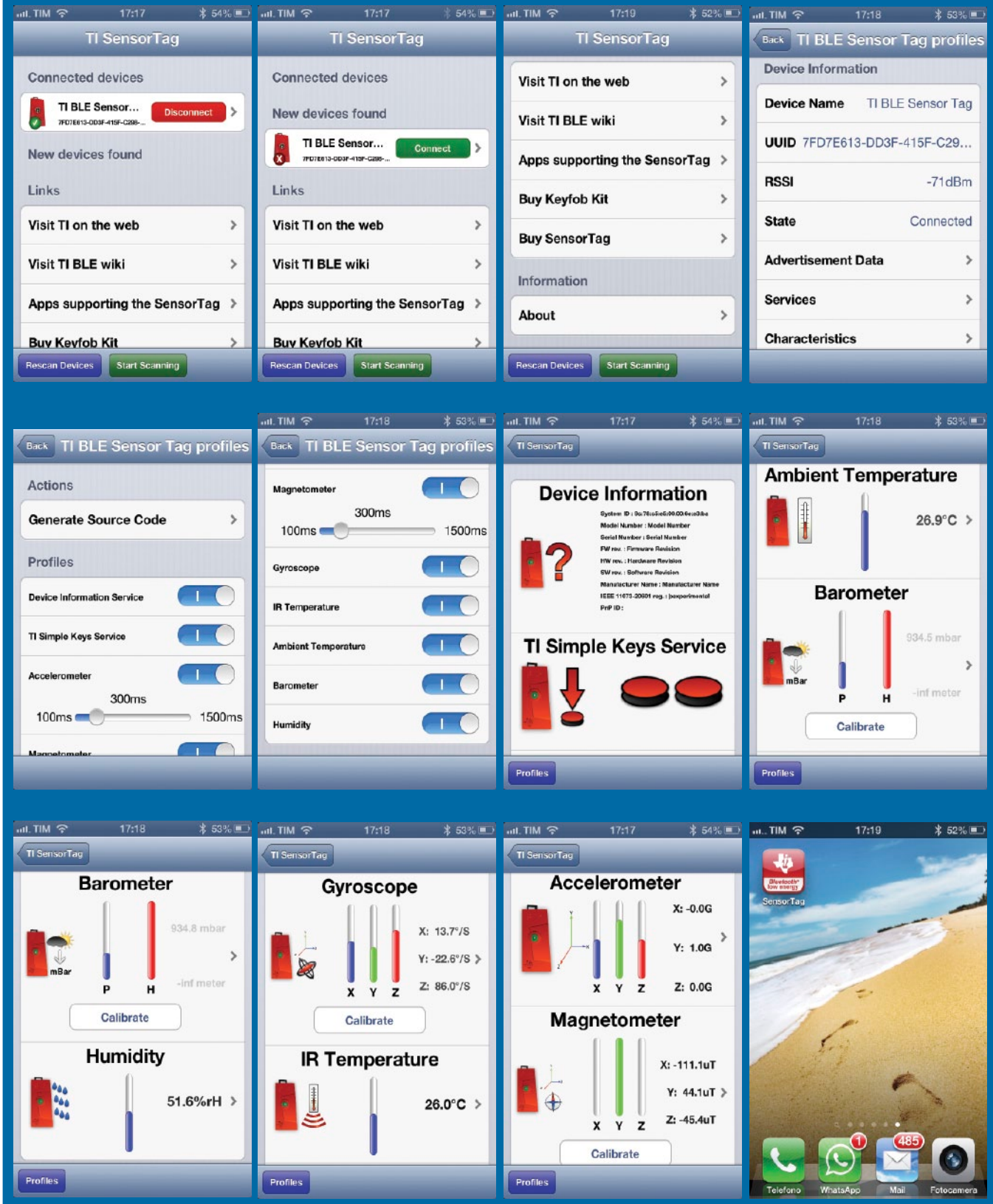
F27. Medidas em formato numérico.

Conclusão

Durante o desenvolvimento deste artigo foi possível notar que, sem o auxílio de ferramentas e kits como este desenvolvido pela Texas Instruments, o tempo de desenvolvimento de uma aplicação deste nível seria muito maior. Porem, é preciso salientar que por mais simples que seja o uso das ferramentas, ainda assim existe uma enorme quantidade de literatura e conceitos técnicos a serem observados, principalmente por pessoas que estão ingressando neste universo relativamente novo. Esta ferramenta bem como outras desenvolvidas por outros fabricantes, nos deixam em pé de igualdade com o resto do mundo.

Box 1

Diversas telas do aplicativo para iPhone.





Qualidade da Energia Elétrica

Alexandre Capelli

Neste artigo, analisaremos a qualidade de energia fornecida, explorando os problemas e soluções em várias áreas (computadores, telecomunicações, controle de processos, sistemas de imagens, equipamentos biomédicos e "speed drives"). Antes de entrarmos nos aspectos qualitativo da energia, contudo, faremos uma explanação geral sobre o sistema de transmissão e distribuição da energia elétrica.

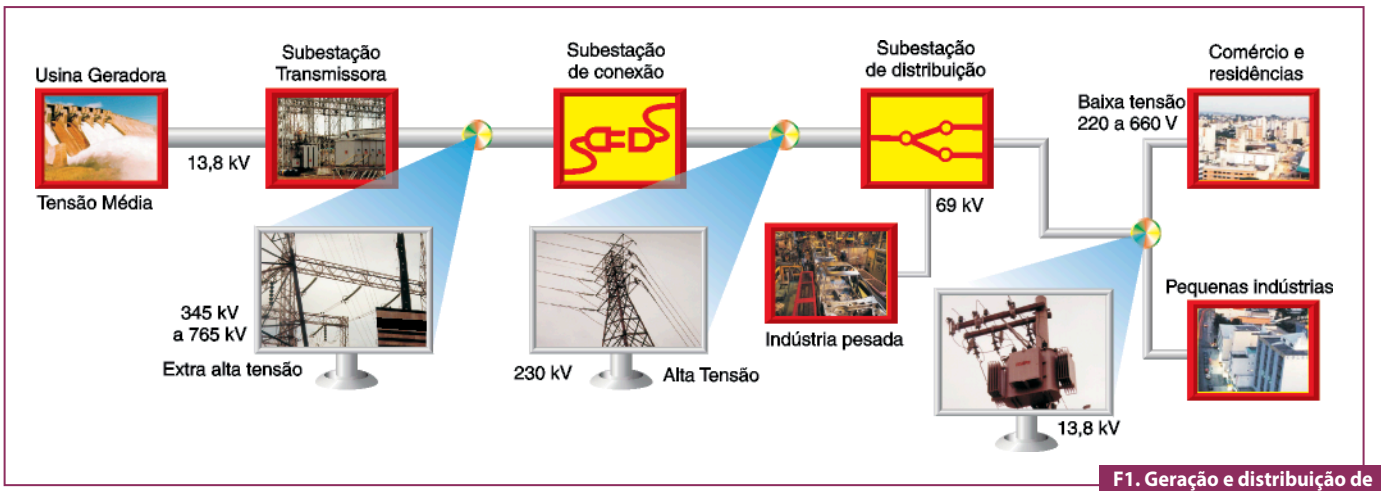
Transmissão e distribuição de energia elétrica

O processo de transmissão e distribuição de energia elétrica não é, ao contrário do que muitos pensam, apenas uma técnica de conexões de cabos elétricos do gerador ao consumidor. Na verdade, a tecnologia de controle desse processo é bastante complexa.

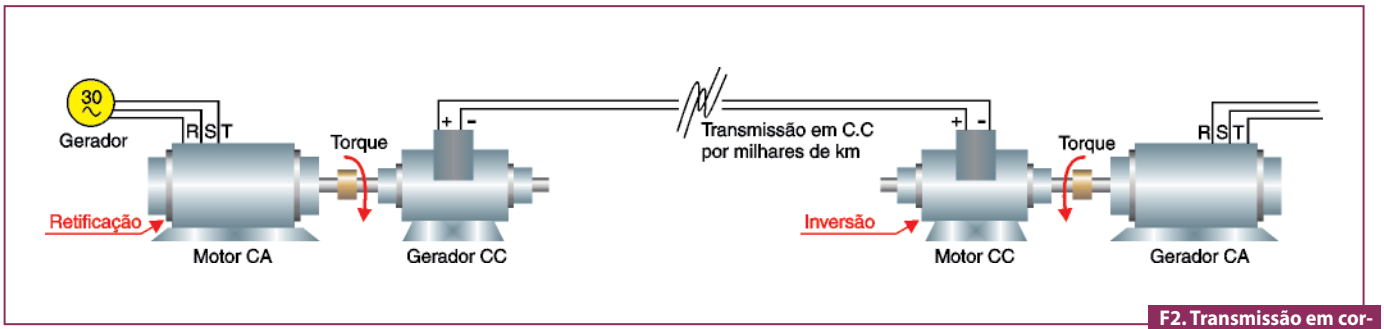
A **figura 1** mostra o diagrama genérico de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Através dessa figura, podemos entender melhor porque uma subestação é chamada de "SUB" - estação. Recebe o nome de "Estação", apenas a etapa geradora (usinas hidroelétricas, termoelétricas, etc), sendo que as demais etapas configuram subestações. Estas, por sua vez, podem ser transmissoras de energia (aquelas que transportam a energia da usina até próximo ao consumidor), e distribuidoras (aquelas que transportam a energia da subestação transmissora até o local do consumo).

Normalmente, as estações transmissoras estão localizadas fora do perímetro urbano, devido ao altíssimo nível de tensão de trabalho.

Ainda com base na figura 1, podemos ver que a geração é feita em 13.800 V



F1. Geração e distribuição de energia elétrica.



F2. Transmissão em corrente contínua.

(aproximadamente), e a primeira subestação de transmissão eleva, através de transformadores, essa tensão para níveis que podem atingir até 765.000 V.

"Mas por que transmitir a energia em uma tensão tão alta?"

A vantagem da alta tensão é que podemos ter uma potência elétrica também alta, porém com uma corrente elétrica não tão alta.

A razão disso é óbvia, pois a potência é igual ao produto da tensão pela corrente (P [W] = U (V) . I [A]). Como a tensão já é alta, a corrente pode ser baixa (relativa a tensão). Ora, como é a corrente que determina a seção transversal (diâmetro) dos condutores podem ser menores e mais leves.

Além da economia no custo da própria cabo, também as dimensões das torres de transmissão são otimizadas, reduzindo assim os custos de todo o sistema.

Outra técnica muito utilizada para "transmissão em corrente contínua". A **figura 2** ilustra o diagrama genérico onde podemos notar que a tensão é retificada logo após a geração. A retificação é feita através do acoplamento de um grupo motor/gerador (conversão eletromecânica). A energia gerada alimenta o motor AC, que fornece potência mecânica (torque) a um motor CC acoplado a ele. O motor CC, agora, funciona como um gerador de tensão contínua. Quando a energia aproxima-se do consumidor, o processo é revertido, e a tensão volta a ser alterada. As duas principais vantagens dessa técnica são a economia de um condutor (cabo) na transmissão e a diminuição das perdas de energia causadas pelo eleito pelicular.

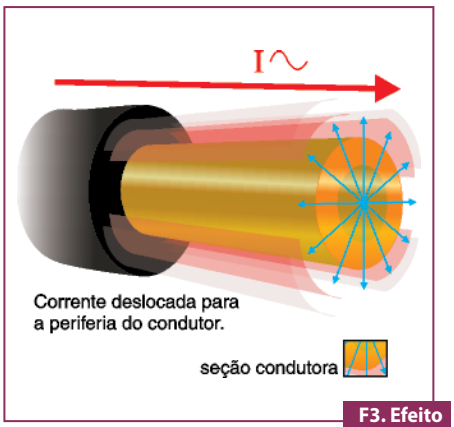
A economia de um cabo na transmissão também é fácil de ser compreendida, visto que, em AC temos três cabos na transmissão (sistema trifásico: Fase R, fase S e fase T). Quando retificada, a mesma energia é transmitida por apenas dois cabos (tensão CC: positivo + e negativo -).

À primeira vista, podemos ter a impressão que a economia de apenas um cabo não justificaria os gastos de retificação, e posterior inversão da tensão, porém, quando falamos em "longas distâncias", estamos nos referindo a alguns milhares de km. Isso quer dizer que economizar um condutor significa economizar milhares de km de cabo e, como agora são apenas dois, todas as torres de transmissão podem ser menores, pois o peso do conjunto de cabos também é menor.

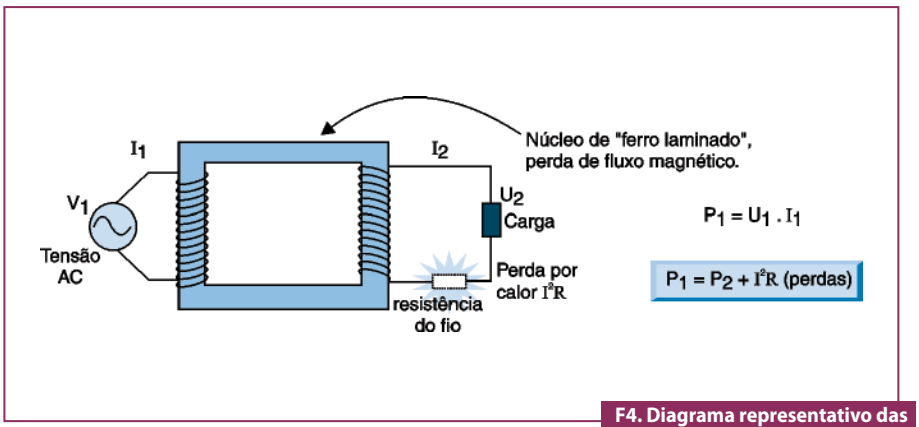
A diminuição significativa das perdas de energia pelo efeito pelicular é outra grande vantagem da transmissão em corrente contínua.

O efeito pelicular ocorre somente para tensões (ou correntes) alternadas, ou contínuas pulsantes (oscilatórias). Quando maior a frequência, e a potência exigida, tanto maior o efeito pelicular.

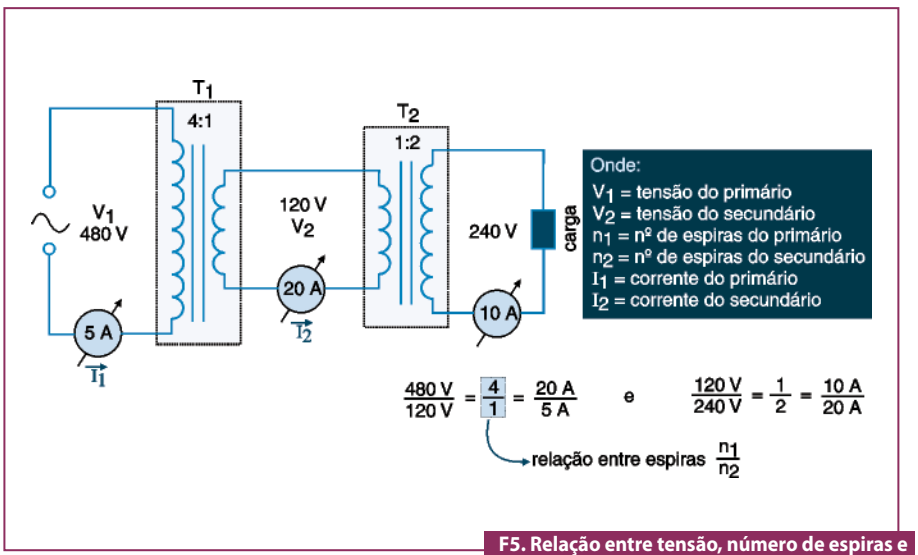
Como o próprio nome sugere, esse efeito "empurra" a corrente do centro para a periferia do condutor. Conforme observamos na **figura 3**, a seção transversal condutora do cabo diminui, provocando aquecimento, o que gera desperdício de energia na forma de calor. Algumas vezes esse efeito é tão expressivo, que o cabo pode romper-se devido a sobretemperatura. Transmitindo em CC esse efeito é desprezível.



F3. Efeito pelicular.



F4. Diagrama representativo das perdas no transformador.



F5. Relação entre tensão, número de espiras e corrente em um transformador.

Princípios básicos do transformador

Considerando que o transformador é o "coração" do sistema de transmissão e distribuição de energia, penso que vale a pena recordar seus princípios básicos de funcionamento.

O transformador é um componente de altíssimo rendimento (quando bem projetado e utilizado). O rendimento de um bom transformador deve ser próximo aos 98%.

A função básica do "trafo" nos sistemas de transmissão é elevação da tensão para os níveis já analisados anteriormente, e a diminuição da tensão nos sistemas de distribuição.

Como não há contato físico entre os enrolamentos do transformador, visto que a energia passa do enrolamento primário para o secundário por indução eletromagnética, além da adequação das tensões, o trafo ainda proporciona uma "isolação" entre os sistemas de transmissão / distribuição e o consumidor. Essa isolação é denominada "isolação galvânica" e suas vantagens serão estudadas neste artigo.

A potência aplicada ao primário do transformador é igual a do secundário mais as perdas. As perdas principais do transformador são oriundas de dois pontos: Núcleo de "ferro laminado" e resistência do enrolamento.

A **figura 4** apresenta um diagrama genérico, onde pode-se notar que a perda pela resistência do enrolamento é expressa por I^2R. Quanto menor for a resistência dos cabos/fios do secundário, tanto menor será a perda.

A perda por I^2R transforma parte da energia (que deveria ser elétrica) em energia térmica (calor).

O núcleo do transformador tem a finalidade de concentrar as linhas do campo magnético para que haja indução da tensão no enrolamento secundário. Como todo material existente no planeta, o "ferro laminado" do núcleo também não é perfeito, e apresenta perdas. Estas, na sua maioria, dissipam parte da energia elétrica em energia sonora.

Esse é o motivo do "zumbido" característico dos transformadores de alta potência.

A relação dos níveis de tensões entre o primário e o secundário é função direta do número de espiras de cada enrolamento. A **figura 5** mostra um exemplo de um trafo "abaixador", seguido por um elevador (ambos monofásicos).

Configurações da distribuição de energia elétrica

Quando falamos em indústria, toda, estamos nos referindo à redes trifásicas. Aliás, qualquer instalação acima de 14 kW, preferencialmente, deve ser trifásica. Temos seis configurações básicas para a saída do transformador de distribuição: delta – delta; delta – estrela; delta – delta aberto; estrela – estrela; estrela – delta; e delta – delta com *tap*.

Delta – Delta

A **figura 6** ilustra o esquema Delta – Delta, doravante representado por ΔΔ. Esse sistema ainda pode ser encontrado em algumas localidades, porém não é o ideal para instalações industriais, visto que não possui neutro.

Neste caso, a tensão de linha é igual a tensão de fase (Ul = Uf), e a sua principal desvantagem é o desequilíbrio das tensões segundo a variação da carga em cada fase.

Delta – Estrela

Essa é a configuração mais comum nas instalações industriais. O sistema Delta – Estrela, doravante representado por ΔY, apresenta um melhor equilíbrio das tensões de saída, visto que o neutro serve como referência no enrolamento secundário. No ΔY a tensão de fase é √3 vezes a tensão da linha (**figura 7**).

Delta – Delta aberto

O sistema Delta – Delta aberto, felizmente, é bem raro, sendo a "dor de cabeça" de muitos técnicos em campo (**figura 8**). Essa configuração, representada por Δ < não apresenta estabilidade alguma nas tensões trifásicas R, S, e T. Caso alguém me pergunte qual é o valor de R, S, ou T nessa configuração, a minha resposta é a usual: "Não sei!".

Falando desse sistema em aberto, sem carga, podemos ter R= 220 V, S = 127 V, e T = 208 V. Porém, quando cargas são adicionadas ou subtraídas de cada fase, essas tensões mudam significativamente. Aproveitando essa configuração como exemplo, segue um alerto ao técnico de campo: caso as tensões R, S, ou T mudem constantemente, verifique se a configuração do trafo de entrada é Δ <. Sendo isso, aconselhe seu cliente a modificá-la.

Estrela – Estrela (YY)

Essa configuração, embora incomum, também apresenta boa estabilidade, visto que o secundário tem o poto central aterrado (**figura 9**). Normalmente, ela é utilizada no final da linha de distribuição, ponto onde a tensão é mais baixa devido às perdas nos cabos e consumidores intermediários.

Estrela – Deltra (YΔ)

Ao contrário do anterior, o secundário não tem referência e, geralmente, essa configuração é utilizada onde a tensão da concessionária está acima da esperada, devendo ser abaixada (início da linha), **figura 10**).

Estrela – Delta com tap (YΔ)

A configuração Estrela – Delta com *tap* (**figura 11**), utiliza um artifício para criar uma referência. Essa referência provém do *tap* (derivação) central de um enrolamento do secundário em Δ. Essa técnica possibilita tensões menores do que as fases, contudo, não garante boa estabilidade.

Mas qual é o critério que as Concessionárias utilizam para adotar uma ou outra configuração?

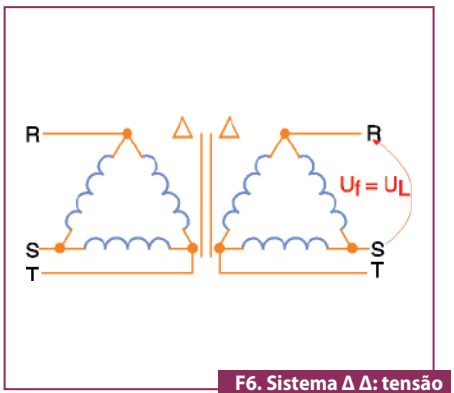
Normalmente, a mais indicada é o primário em Δ e secundário em Y, pelos motivos já expostos. Contudo, há casos em que a tensão da Concessionária está muito baixa, o que justifica a utilização do sistema YY.

Toda entrada, porém, que tiver seu secundário (lado de consumidor) em Δ não é a melhor opção para equipamentos industriais como sistemas eletrônicos. A industria que tiver problemas dessa natureza, poderá entrar em contato com a Concessionária para uma reavaliação do caso.

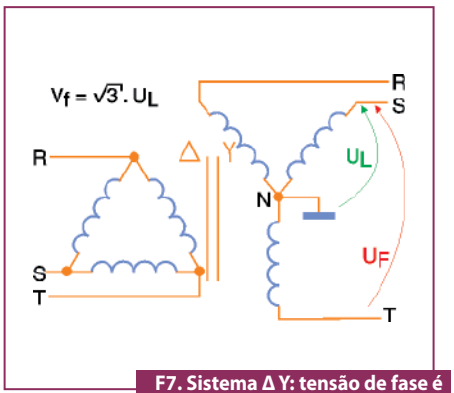
De uma maneira genérica, os critérios adotados seguem dois parâmetros básico: nível de tensão e demanda de consumo.

Correção do fato de potência na distribuição

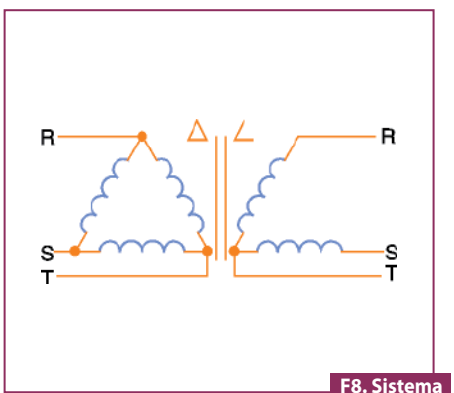
Fisicamente, o fator de potência é um parâmetro que representa a diferença do ângulo das fases da tensão em relação



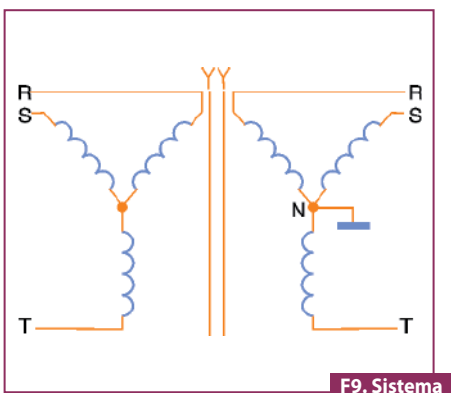
F6. Sistema Δ Δ: tensão fase = tensão linha.



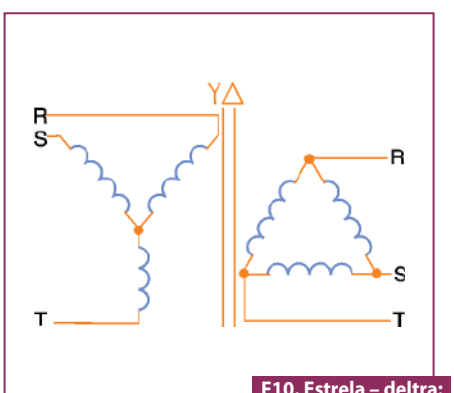
F7. Sistema Δ Y: tensão de fase é igual a √3 U linha.



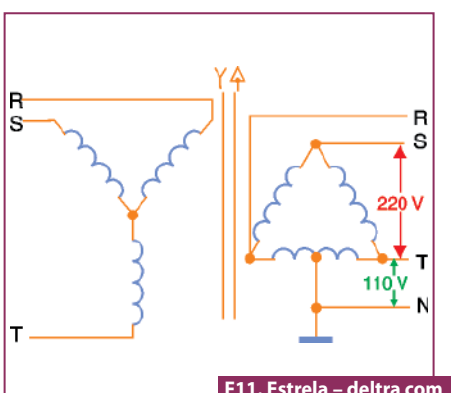
F8. Sistema Δ <.



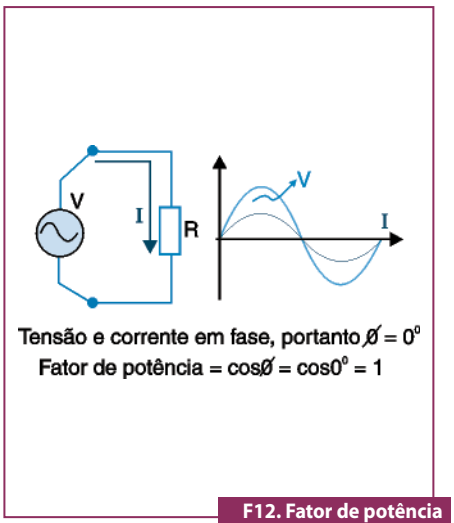
F9. Sistema Y Y.



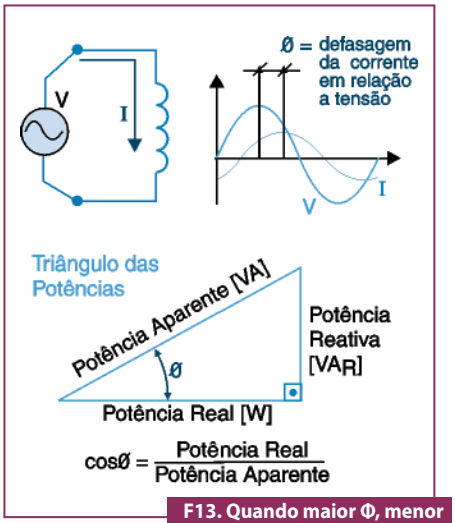
F10. Estrela – deltra: Sistema Y Δ.



F11. Estrela – deltra com "tap": Sistema Y Δ.



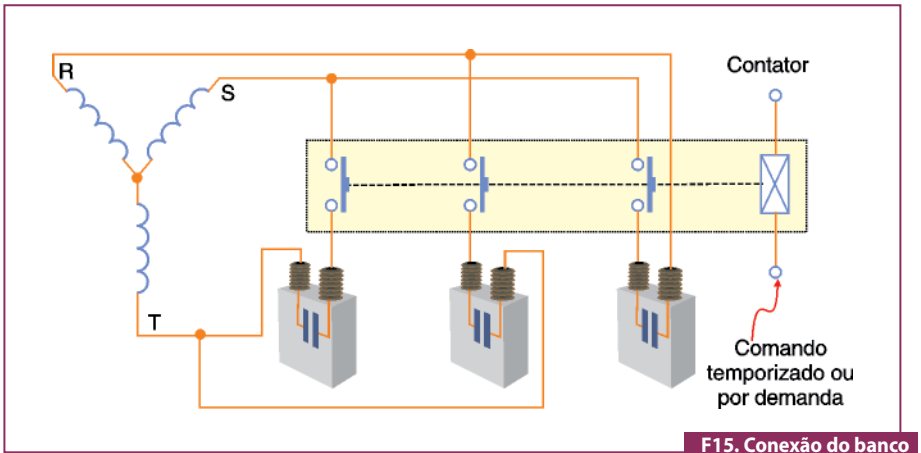
F12. Fator de potência em carga resistiva.



F13. Quando maior Φ, menor o fator de potência.



F14. Banco de capacitores externo a planta.



F15. Conexão do banco de capacitores.

a corrente para cargas indutivas. Para esclarecer melhor essa definição, vamos tomar uma carga puramente resistiva como exemplo. A **figura 12** mostra um resistor, onde podemos ver que a corrente está em fase com a tensão (nem atrasada, nem adiantada).

Matematicamente, o fator de potência é expresso pelo cosseno do ângulo de defasagem entre essas grandezas. Como não existe defasagem, o ângulo é zero grau, portanto, o fator de potência é unitário (Cos ϕ = 1). As cargas indutivas, entretanto, atrasam a corrente em relação a tensão. Esse fenômeno, no entanto, aumenta a potência reativa do sistema, o que diminui a ativa. A potência ativa passa a ser: P = U . I . Cos ϕ

Como o ângulo agora é mais zero, o fator de potência assume valores inferiores à unidade (**figura 13**).

Quanto menor for o fator de potência, pior é a qualidade da energia. Através de um banco de capacitores, podemos corrigir o fator de potência. A correção, isto é, o banco de capacitores pode estar dentro ou fora da instalação do consumidor. A **figura 14** apresenta um banco de capacitores, por exemplo, ligados no poste externo ao consumidor (sistema de distribuição).

O banco de capacitores pode ser ligado permanentemente, ou apenas de acordo com a necessidade (**figura 15**). Nesse caso, o processo é automático, e pode atuar como sensores de Cos ϕ, ou pré-programado através de um relógio, que liga os capacitores no horário de maior demanda.

Embora o bando de capacitores corrija o Cos ϕ, dois cuidados devem ser observados na sua utilização:

Transiente no momento da sua ligação

Quando o banco de capacitores é ligado automaticamente (segundo a demanda, ou pré-programado), no momento instantâneo de sua conexão com a rede, um distúrbio poderá ocorrer. A **figura 16** mostra um exemplo, na qual notamos que um ciclo inteiro de senóide (aproximadamente 17 ms) fica comprometido ("deformado").

Aquecimento do IGBTs dos inversores

Outro fenômeno que observei em campo foi o aquecimento da etapa de potência

dos inversores de frequência (módulo IGBT), quando o banco de capacitores é muito grande. Isso ocorre porque a forma-de-onda na saída do inversor é modulada em frequência de vários kHz. Como a frequência é alta, a impedância capacitiva Xc é baixa, provocando sobrecorrente. A solução é baixar a capacitância do banco.

Cuidados nas instalações

Nem tudo o que compromete a qualidade da energia elétrica tem origem na Concessionária. A falta de planejamento na distribuição dos cabos e fios na planta do consumidor, bem como subdimensionamento das bitolas e o aterramento inadequado são fontes de distúrbios elétricos.

A **figura 17** ilustra como a caixa de entrada da energia deve ser conectada segundo a norma NBR 5410 (norma da ABNT que regulariza os sistemas de baixa tesão). Notem que tanto no circuito trifásico como no monofásico, o neutro e o terra têm a mesma origem. Esse é um conceito que costuma confundir alguns técnicos,

Mais uma amarga experiência de campo...

Certo cliente reclama que determinado modelo de máquina, fabricado pela empresa onde eu trabalhava, queimava placas eletrônicas constantemente.

Após algumas intervenções técnicas, chegamos a conclusão que o problema não era nosso equipamento, mas sim com transitórios severos apresentados na rede elétrica da instalação. Aliás, "coincidentemente", a queima de placas ocorria sempre após chuvas de verão.

Investigando um pouco mais, descobrimos que o terra da instalação era o mesmo do para-raios, e ele estava com valor acima de 50 Ω!

Não havia mais dúvidas: a máquina queimava porque as descargas atmosféricas penetravam nela via fio terra, pois esse estava com valor ôhmico muito alto.

Embora eu tenha explicado com detalhes ao cliente o problema, minha "eloquência" não foi suficiente para convencê-lo. Na verdade ele disse que possuía outras máquinas, e somente a nossa queimava. Também não tive sucesso em explicar que as outras máquinas eram feitas apenas de componentes elétricos (relés, contatores, motores, etc), e somente a nossa possuía circuitos eletrônicos complexos, por isso (obviamente), apenas ela queimava.

Indignado, voltei para a minha unidade e relatei o ocorrido ao meu chefe.

Eis o que ele respondeu:

"- Ok, acredito em você, Capelli, porém gostaria de provar ao cliente que o fenômeno é proveniente de uma falha da rede, e não da nossa máquina".

Bem, quando ele falava "gostaria", é porque ele "realmente gostaria"!

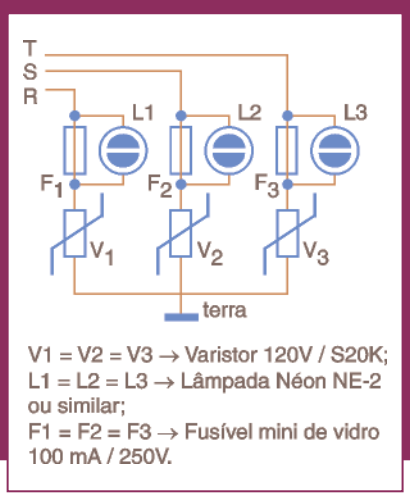
Vamos dizer que isso me deu "inspiração" para desenvolver o circuito abaixo. "Carinhosamente", ele foi batizado de "projeto porteira", considerando que separa a origem do problema em duas partes: ou está da maquina para dentro, ou da máquina para fora. O princípio de funcionamento é bastante simples. Na verdade, temos um mesmo circuito repetido três vezes, um para cada fase. Um varistor é ligado a cada fase através de um fusível. Em paralelo com o fusível, temos uma lâmpada Neon. Caso haja uma sobretensão, o varistor assumirá uma resistência bem baixa (próxima a um curto-circuito). A corrente nesse instante tenderá a crescer, o que queimará o fusível. Uma vez queimando a lâmpada Neon "ioniza-se", pois agora existe tensão entre seus terminais. Essa tensão é garantida pelo varistor, que volta a assumir alta resistência, porém é suficiente para "ionizar" a lâmpada Neon. Mesmo quando a energia for desligada, o fenômeno ficará registrado pela queima do fusível.

Instalamos o protótipo nas imediações da máquina, e explicamos ao cliente que aquilo era um "dedo duro" de transientes.

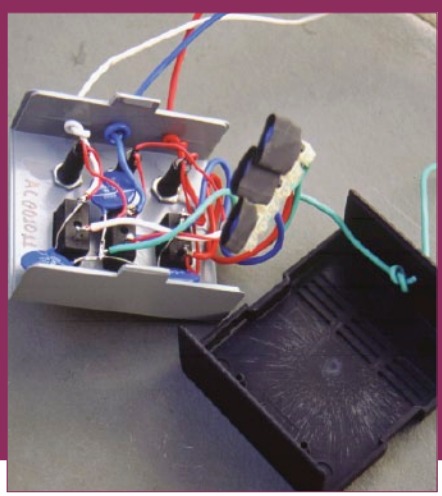
Passados alguns dias, e após uma chuva, a nossa "ratoeira" funcionou. Duas lâmpadas acenderam (fases R, e T) mostrando que uma sobretensão ocorrera.

Estrategicamente, optei por monitorar a tensão de linha (entre fase e terra), mas o sistema pode ter seus varistores modificados para "ler" qualquer outra tensão.

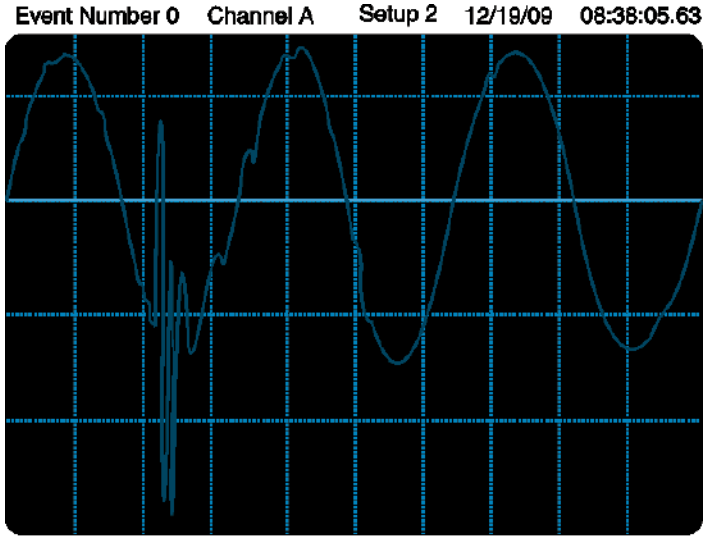
Após a constatação da "vaporização" dos fusíveis, o cliente finalmente concordou em nosso laudo, e providenciou as devidas alterações. A propósito, a máquina não "pifou" novamente!



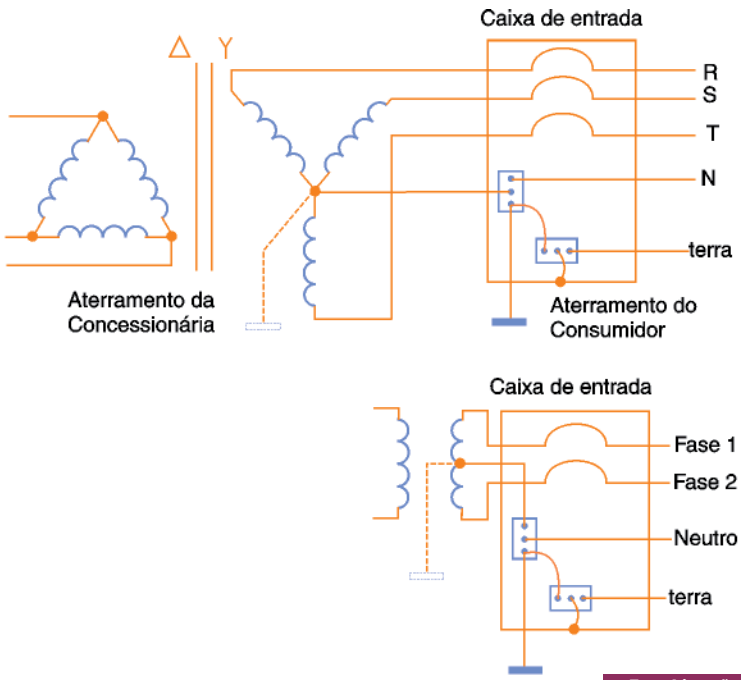
V1 = V2 = V3 → Varistor 120V / S20K;
L1 = L2 = L3 → Lâmpada Néon NE-2 ou similar;
F1 = F2 = F3 → Fusível mini de vidro 100 mA / 250V.



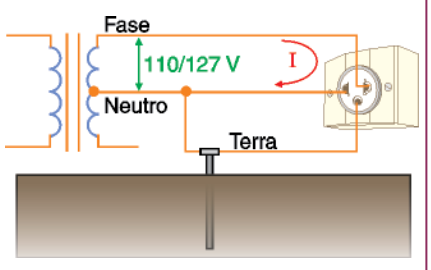




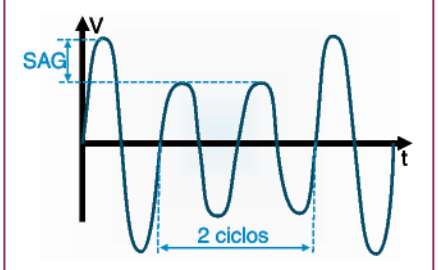
F16. Distúrbio causado pela "comutação" do banco de capacitores.



F17. Ligações da caixa de entrada.



F18. Não há corrente pelo terra em situações normais.



F19. SAG: "Subtensão" transitória maior que 10%.

surgindo sempre a mesma dúvida: "Se o terra e o neutro estão ligados no mesmo ponto, qual a diferença entre eles?"

Para responder essa pergunta, vamos aproveitar a **figura 18** que fornece a maneira correta de ligar qualquer equipamento na rede elétrica.

Notem que, embora de mesma origem, pelo fio neutro circula a corrente de retorno da alimentação. Pelo fio terra não há corrente circulando. Aliás, somente circulará corrente pelo terra quando algum transitório (distúrbio) ocorrer, e que será "desviado" para a terra, evitando assim a queima do equipamento em questão. Essa tarefa, como veremos mais adiante, é feita pelos sistemas de proteção.

Ora, se a filosofia de funcionamento da maioria dos sistemas de proteção é o desvio para o terra dos distúrbios ocorridos, qual será o destino deles caso não haja terra!?

Podemos concluir, portanto, que a diferença fundamental entre terra e neutro é que pelo terra não há corrente circulante no funcionamento normal. A eventual corrente que possa circular pelo terra é a de desvio de um transitório, e essa não deve durar mais do que alguns milissegundos.

Tipos de Distúrbios

Os distúrbios da rede elétrica, também chamados de "transientes" ou "transitórios", basicamente, apresentam-se em seis tipos: *sag, spike, blackout,* tensão residual entre terra e neutro (VT/n), sobretensão, e distorção harmônica.

SAG

O SAG é um distúrbio que se caracteriza por uma rápida queda de tensão, que não ultrapassa 3 a 4 ciclos de senóide (aproximadamente 48 a 64 ms), **figura 19**. Caso essa queda dure mais tempo, então teremos uma subtensão. As causas do SAG podem ter origem externa ou interna à instalação.

Externamente, o SAG pode ser gerado pela Concessionária de energia durante a comutação de cargas no *link*. Internamente (dentro da "planta" do consumidor), essa mesma "queda" repentina de amplitude pode ser causada pela partida de altas cargas (grandes motores, por exemplo). Os efeitos e proteções do SAG, bem como de todo os outros transientes, será estudados através de tabelas ainda neste artigo.

Spike

O *spike* é um transitório formado por uma rápida sobretensão, seguida de uma subtensão. Podemos notar pela **figura 20** que esse distúrbio assemelha-se a uma agulha.

A sobretensão e a subtensão, geralmente, atingem amplitudes que vão de duas a quatro vezes a tensão nominal. O *spike* também pode ser esporádico, ou periódico.

Sua principal causa é o chaveamento de cargas indutivas (inversores de frequência, conversores CC, etc).

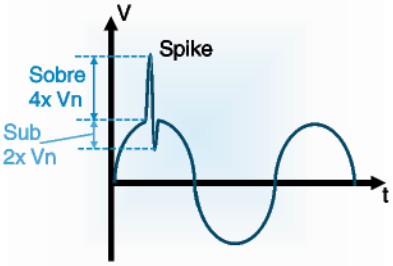
Blackout

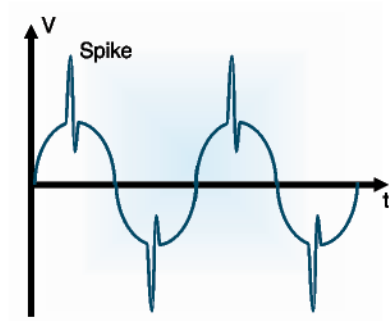
Embora eu não considere o *blackout* como um transiente, não poderíamos deixar de analisá-lo, pois ele é uma anomalia da energia elétrica, mesmo que isso signifique sua ausência (**figura 21**).

O motivo pelo qual eu não considero o *blackout* como transiente ou transitório é que, na maioria das vezes, ele não é transitório, mas sim "permanente", uma vez que a falta de energia elétrica pode durar várias horas. De qualquer forma, os problemas que o *blackout* pode causar não acontecem no momento em que a energia "desaparece", mas sim quando ela retorna. Os consumidores "ponta de linha" (primeiros no *link* de distribuição) podem receber a energia com amplitude muito alta, e, muitas vezes, ela vai e volta seguidamente até estabilizar-se. É nesse instante que o *blackout*, que não está mais presente, causa danos. Não é irônico?

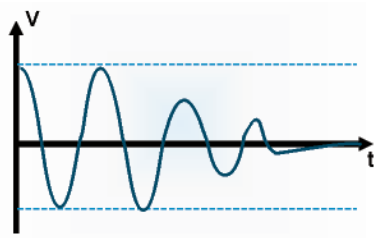
Tensão residual entre terra e neutro

Já analisamos neste artigo que terra e neutro, geralmente, possuem a mesma origem. Um problema muito comum no meio industrial é a tensão residual entre neutro e terra. Para que isso ocorra, dois fatores devem estar presentes simultaneamente: o neutro da Concessionária estar desbalanceado, e o aterramento das instalações do consumidor não ser eficaz. Segundo as NBR 5410 e NBR 5493, um terra somente pode ser considerado eficaz se seu valor for inferior a 10 Ω. Com esse valor, mesmo com o neutro desbalanceado, teremos uma "equipotencialidade" entre terra e neutro. A tensão residual entre terra e

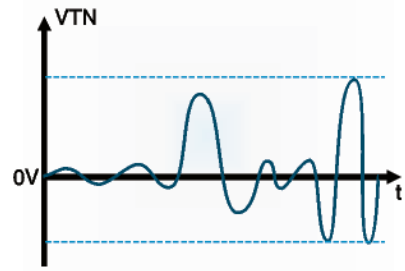




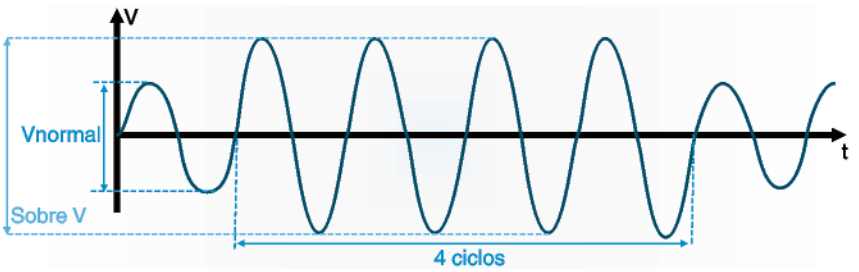
F20. Um Spike.



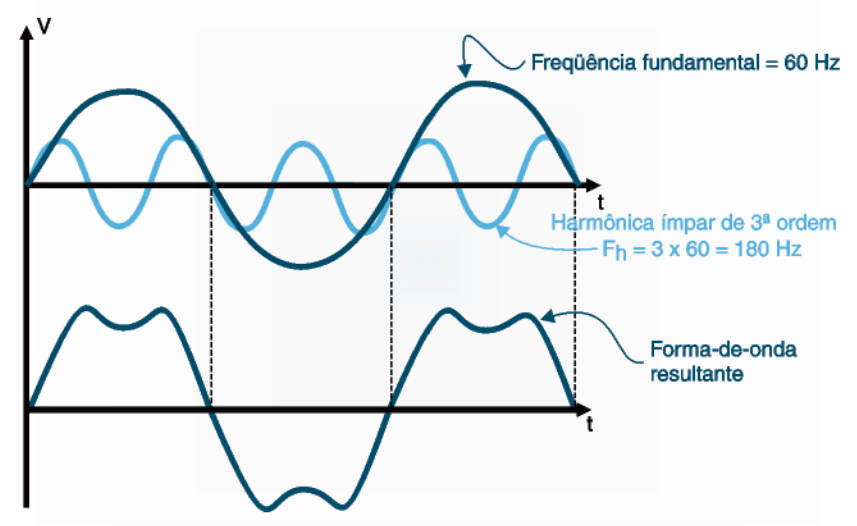
F21. Um Blackout.



F22. Tensão VTN residual.



F23. Sobre-tensão.



F24. Distorção harmônica.

COMPUTADORES	DISTÚRBIO						
PROBLEMA	SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
Falhas na CPU			SIM			SIM	SIM
Erros aleatórios	SIM	SIM	SIM		SIM	SIM	SIM
Quebra do HD			SIM	SIM			
"Trava" o PC		SIM	SIM			SIM	
Erro de comunicação		SIM	SIM		SIM	SIM	
Queima da fonte			SIM	SIM		SIM	SIM
Reset /Reboot	SIM			SIM	SIM		

T1. Possibilidades das falhas.

EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES	DISTÚRBIO						
PROBLEMA	SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
Queima de "placas"			SIM				SIM
Chamadas interrompidas	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Ruído audível		SIM	SIM		SIM	SIM	
"Trava" o sistema		SIM	SIM			SIM	
Erro de paridade		SIM	SIM		SIM	SIM	
Queima da fonte			SIM	SIM		SIM	SIM
Reset /Reboot	SIM				SIM		

T2. Possibilidades das falhas.

EQUIPAMENTOS DE CONTROLE DE PROCESSOS	DISTÚRBIO						
PROBLEMA	SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
Queima de placas			SIM			SIM	SIM
Perda da memória		SIM	SIM			SIM	
Drift não permite ajuste		SIM	SIM			SIM	
Falha das chaves estáticas			SIM				SIM
Interrupção do processo	SIM	SIM	SIM	SIM		SIM	SIM
Queima da fonte			SIM	SIM		SIM	SIM
Reset/Reboot	SIM			SIM	SIM		
"Trava" o sistema		SIM	SIM			SIM	

T3. Possibilidades das falhas.

SISTEMAS DE IMAGEM	DISTÚRBIO						
PROBLEMA	SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
Queima de placas			SIM			SIM	SIM
"Tela" fechada parcialmente	SIM						
Queima da fonte de alta tensão			SIM				SIM
Resolução pobre		SIM	SIM		SIM	SIM	
Parada total do equipamento		SIM	SIM	SIM		SIM	SIM
Queima da fonte de baixa tensão			SIM	SIM		SIM	SIM
Reset/Reboot	SIM			SIM	SIM		
"Trava" o sistema		SIM	SIM			SIM	

T4. Possibilidades das falhas.

neutro pode ter sua amplitude variando desde alguns milivolts até dezenas de volts (**figura 22**). Não é preciso dizer que quando maior ela for, pior é a qualidade da energia e, consequentemente, maior o índice de falhas.

A solução mais indicada para esse problema é melhorar o aterramento, mesmo que seja necessário para isso um tratamento químico.

Sobretensão

Considere-se sobretensão a tensão que exceder 10% da nominal, com duração superior a 3 ciclos de senóide. Não devemos confundir esse distúrbios com "picos" de tensão. Os picos de tensão podem atingir milhares de volts (microssegundos). As descargas atmosféricas são os principais agentes causadores desse transitório.

A sobretensão, por outro lado, não alcança valores tão altos, no entanto, dura mais tempo (vários milissegundos, ou até mesmo várias horas!) (**figura 23**).

Os picos de tensão são mais perigosos para os circuitos de controle, onde temos Cis com alta escala de integração (microprocessadores, memórias, etc). Já s sobretensões, atingem com maior rigor as etapas de potência (módulo IGBTs; SSRs; TRIACs; Transistores de potência, etc).

Distorção harmônica

A frequência harmônica é uma frequência múltipla fundamental.

A **figura 24** mostra uma ideia genérica, na qual observamos que uma senóide de 60Hz pode gerar harmônicas ímpares e pares. Quando maior a parcela indutiva da carga, maior será a amplitude das harmônicas geradas.

A sobreposição da frequência fundamental com sua(s) harmônica(s) causa a distorção (deformação) da forma-de-onda senoidal.

Para o ambiente industrial, as harmônicas mais comuns são as ímpares, particularmente 3ª, 5ª, 7ª, e 11ª; devido à frequência de saída dos inversores.

Como dissemos no início do artigo, a isolação galvânica (transformador isolador) é uma das técnicas utilizadas para a eliminação desse distúrbio. Uma dúvida comum sobre distúrbios da rede elétrica é:

Quais são os efeitos práticos de cada um deles?

Para responder essa pergunta, separamos a resposta em seis áreas distintas. A intenção e "cobrir" o máximo de casos possíveis. São elas: computadores; telecomunicações; controles de processo; inversores e conversores; sistemas de imagem e equipamentos biomédicos. As **tabelas 1 a 6**, mostram as possibilidades das falhas em relação ao transiente.

Proteções

Finalmente chegamos onde interessa: as proteções contra os distúrbios. Antes de passarmos a "receita do remédio", entretanto, vamos analisar um pouco os dispositivos e equipamentos de proteção.

Componentes passivos

Alguns componentes passivos são utilizados como supressores de transientes. O mais comum TVSS (*Transient Voltage Surge Suppressor*) é o varistor, também conhecido como MOV (*Metal Oxide Varistor*).

O varistor é um componente não linear, pois a curva tensão x corrente não obedece a lei de Ohm. Na verdade, o varistor em uma tensão nominal de atuação. Enquanto a tensão aplicada em seus terminais for igual ou menor a nominal do componente, seu estado é de alta resistência.

A partir do momento em que a tensão ultrapassar a nominal, todavia, a resistência do varistor tente a cair, e próximo a 10% de sobretensão, o componente baixa sua resistência para o próximo de 0 Ω (curto).

Podemos dizer que o varistor é um resistor que ora tem resistência infinita, ora está quase em curto-circuito.

EQUIPAMENTOS BIO-MÉDICOS		DISTÚRBIO						
		SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
PROBLEMA	Queima de placas			SIM			SIM	SIM
	Erro de medida		SIM	SIM		SIM	SIM	
	"Trava" o sistema		SIM	SIM			SIM	
	Baixa resolução					SIM	SIM	
	Reset/Reboot	SIM			SIM	SIM		
	Queima da fonte			SIM	SIM		SIM	SIM

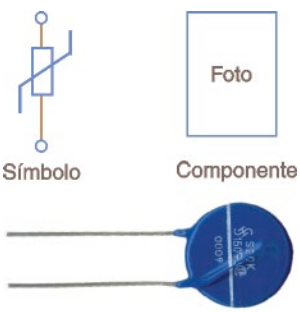
T5. Possibilidades das falhas.

CONVERSORES CC E INVERSORES DE FREQÜÊNCIA ("SPEED DRIVES)		DISTÚRBIO						
		SAG	PULSO 2x Vn	PULSO 4x Vn	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
PROBLEMA	Queima de placas de contr.			SIM			SIM	SIM
	Perda da memória		SIM	SIM			SIM	
	Drift não permite ajuste		SIM	SIM			SIM	
	Falha/Queima IGBT's-SCR's			SIM				SIM
	Parada não programada	SIM	SIM	SIM	SIM			SIM
	Queima da fonte			SIM	SIM		SIM	SIM
	Reset/Reboot	SIM			SIM	SIM		
	"Trava" o sistema			SIM			SIM	

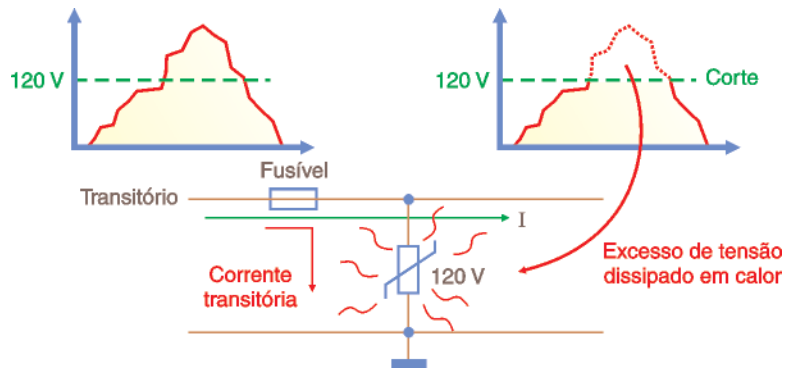
T6. Possibilidades das falhas.

A **figura 25** mostra sua aparência e símbolo, e a **figura 26**, um exemplo de aplicação, onde notamos que o varistor é colocado em paralelo com linha a ser protegida. O pico de tensão é dissipado na forma de calor sobre o componente. Um conceito fundamental ao técnico ou engenheiro eletrônico é que não há uma proteção 100% segura. O próprio varistor é um exemplo típico, pois dependendo da velocidade do transiente, ele poderá ser incapaz de atuar como proteção. Além disso, caso o tempo e amplitude do transitório sejam muito grandes, o calor gerado pode ser tão grande a ponto de destruir o componente.

Alguns fabricantes de equipamentos eletrônicos que utilizam varistores como proteção costumam envolver o componente com um "espaguete" termo – retrátil, a fim de impedir que estilhaços do componente espade explosão (**figura 27**).



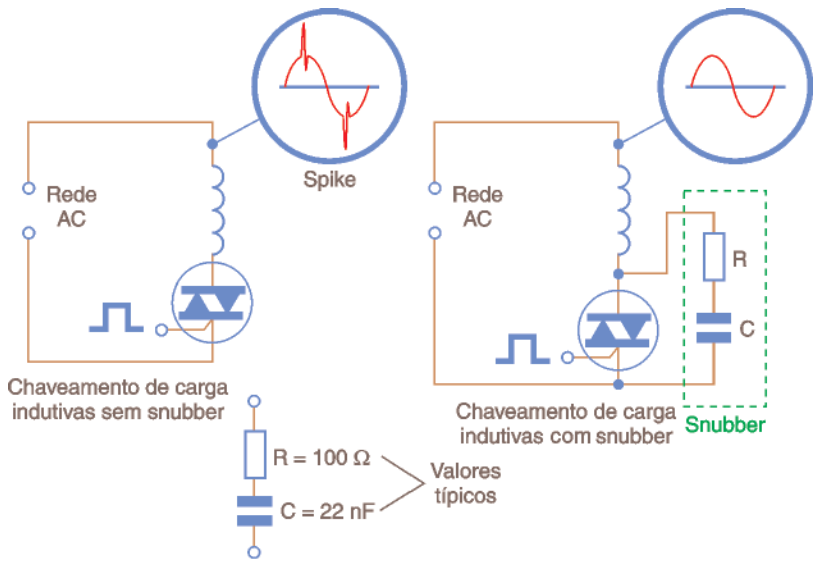
F25. Varistor (MOV).



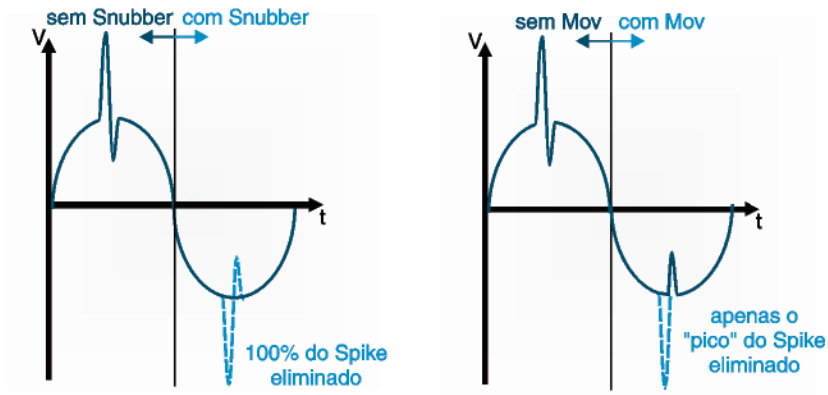
F26. Corte do "excesso" de tensão pelo varistor.



F27. "Espaguete" termo-retrátil como proteção para evitar estilhaços, no caso de explosão do varistor.



F28. O Snubber.



F29. Dinâmica do varistor (MOV) x Snubber em um Spike.

Outro componente utilizado como supressor é o *Snubber*.

Na verdade, embora possamos encontrar esse componente em um único encapsulamento, ele é a associação de um resistor em série com um capacitor (**figura 28**).

O *Snubber* é indicado como filtro de *spikes*. Ele funciona como um verdadeiro "amortecedor", pois o capacitor opõe-se a variações de tensão. O resistor em série serve para limitar a corrente sobre o capacitor.

Os valores típicos para R e C são: R = 100 Ω e C = n F.

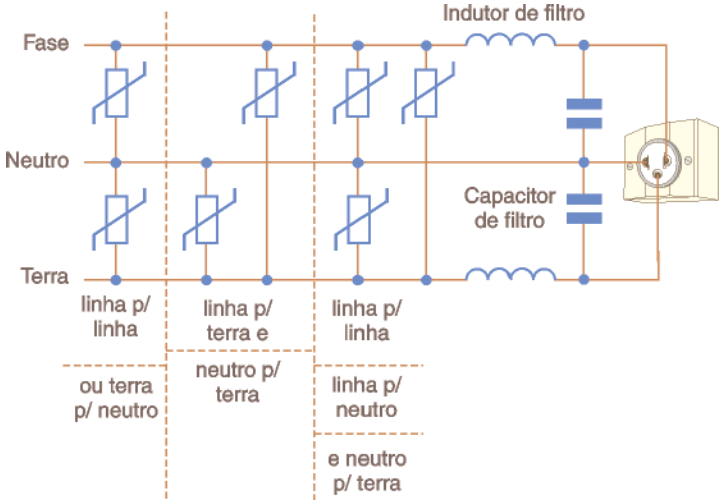
Observem a diferença de comportamento dinâmico entre um varistor e um *Snubber* na **figura 29**. O *Snubber* elimina o *spike* totalmente (tanto a sobre, como a subtensão), já o varistor (indicado apenas para eliminação de picos eliminação de picos de tensão) elimina apenas o pico superior, deixando a "subtensão" passar.

Podemos encontrar no mercado o varistor isoladamente, ou montado como "filtro de linha" (**figura 30**). O filtro de linha, além dos varistores, possui alguns indutores e capacitores como filtros. Teoricamente, a função do varistor é provocar um curto-circuito em caso de picos de tensão, o que queimaria o fusível interrompendo o transitório.

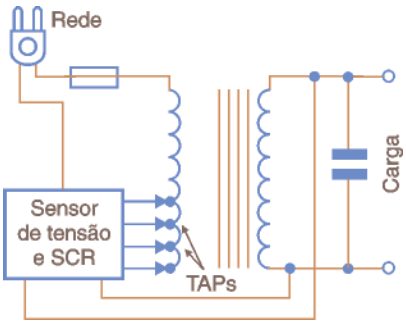
Ora, a maioria dos equipamentos eletrônicos atuais funciona com fontes chaveadas. Essas fontes, normalmente, podem operar de 90 a 240 VCA. Isso significa que elas resistem (para uma rede 110 ou 127 V), a uma sobretensão de 100%, e uma sub de mais de 20%! Além disso, a fonte, internamente, tem vários capacitores e indutores (o próprio transformador, por exemplo). Caso um equipamento desses queime por um distúrbio da rede elétrica, dificilmente um filtro de linha o protegeria.

Equipamentos de proteção

Os dispositivos ativos são mais eficazes que os passivos na proteção. Podemos encontrar várias arquiteturas desses equipamentos, mas vamos analisar apenas os três mais comuns do mercado: estabilizador de tensão, *no-break off-line*, e *no-break on-line*.



F30. "Filtro" de linha.



F31. Diagrama genérico do estabilizador de tensão.

Estabilizador de tensão

O estabilizador de tensão é o dispositivo de proteção mais popular. Seu princípio de funcionamento pode ser analisado através de diagrama de blocos da **figura 31**. Observem que temos dois blocos principais: o transformador com derivação (*taps*), e o circuito de controle e comutação.

Quando o circuito de controle detecta uma variação de tensão acima da esperada, ele comuta os "*taps*" do primário do trafo segundo a necessidade. Na essência, o circuito de controle apenas altera a relação de espiras entre primário e secundário para compensar a queda, ou a sobretensão. A comutação pode ser feita via tiristores (SCR), ou transistores. Como "coadjuvantes" esse equipamento também tem varistores e capacitores de filtro.

No-bread on-line

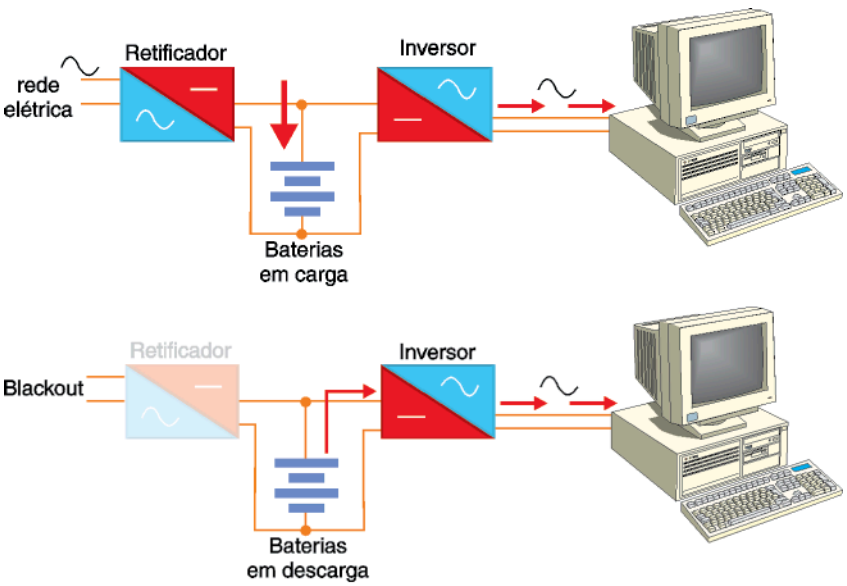
O *no-break on-line*, também conhecido como UPS (*Uniterruptible Power Supply*) é a melhor opção para se proteger dos distúrbios da rede elétrica.

A estrutura básica desse equipamento (**figura 32**) é composta por três blocos principais: retificador, inversor e banco de baterias.

O bloco retificador, cuja função é alternar a tensão novamente para a carga. Quando há energia elétrica, o banco de baterias é mantido sob carga lenta e a energia segue para a carga via inversor.

Quando não há energia, o banco de capacitores alimenta a carga também via inversor.

Como a tensão é retificada e filtrada logo na entrada, e a tensão para carga é provida através do circuito inversor, a maioria dos distúrbios são eliminados. A bateira, na essência, também funciona como um grande capacitor.



F32. No-break on-line

As duas principais características desse equipamento são: a forma-de-onda na saída é sempre senoidal, e a carga fica isolada da rede elétrica.

No-break off-line

Bem mais econômico que o *no-break on-line*, o *no-break off-line* não configura uma proteção tão eficiente.

Através da **figura 33** podemos perceber o motivo. Notem que a carga fica "pendurada" na própria rede elétrica quando essa se faz presente. Somente na ausência de energia é que o circuito inversor atuará e, mesmo assim, a forma-de-onda de saída é trapezoidal, e não senoidal.

Embora alguns sistemas possuam uma fonte de alimentação tipo chaveada, e possam operar com essa forma-de-onda, de uma forma geral o equipamento fica mais susceptível à falhas.

A carga, portanto, estará protegida apenas quando isolada da rede, situação essa que somente ocorrerá no *off-line* na falta de energia.

Bem, algora que já sabemos um pouco da natureza dos distúrbios e das arquiteturas dos sistemas de proteções, a **tabela 7** mostra um resumo da proteção mais indicada, em vista do distúrbio.

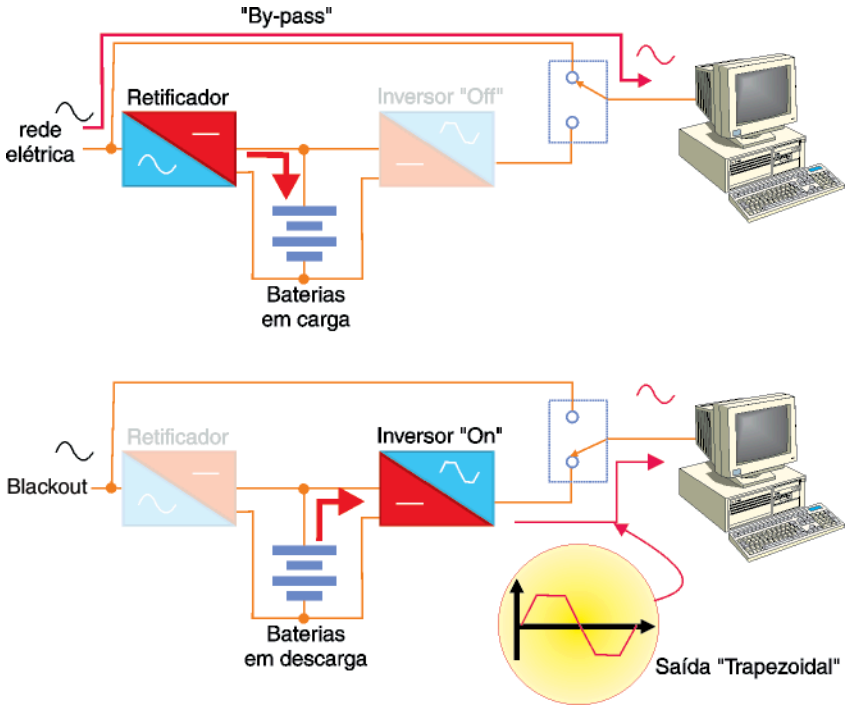
Conclusão

A baixa qualidade da rede elétrica pode "mascarar" defeitos, levando o técnico à trocas desnecessárias de placas, e reincidência da falha. Com certeza, isso não deve causar boa impressão a nenhum cliente. Por essa razão a análise detalhada da rede deve sempre fazer parte da rotina do técnico ou engenheiro de campo.

A prova do desconhecimento sobre esse assunto tornou-se evidente após a infeliz sugestão de abaixar 5% na amplitude da tensão para economizar energia.

É bom lembrar que a maioria das cargas consumidores não é puramente resistiva. Para cargas indutivas, maioria no parque industrial, a redução da amplitude em 5% poderá causar um aumento significativo de consumo, pois as perdas por calor aumentarão.

Isso sem contar os prejuízos causados por paradas não programadas devido à sub-tensão, e queima de motores.



F33. No-break off-line.

PROTEÇÃO X DISTÚRBIO		DISTÚRBIO						
		SAG	PULSO	DISTOR-ÇÃO	BLACKOUT	TENSÃO N/T	SPIKES	SOBRE-TENSÃO
PROBLEMA	Modificar a distrib. dos fios		SIM 3			SIM 3	SIM 3	
	Transformador isolador		SIM 4			SIM 11	SIM 4	
	Regulador de tensão	SIM 1	SIM 5				SIM 5	SIM 9
	Supressores		SIM 2				SIM 2	
	Estabilizadores de tensão	SIM 1-6	SIM	SIM 10		SIM 11	SIM	SIM 6
	Filtros e supressores		SIM 2				SIM 2	
	Geradores	SIM 1	SIM	SIM	SIM 7	SIM 11	SIM	
	No-break off-line	SIM	SIM 2-8		SIM		SIM 2-8	SIM 11
	No-break on-line	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM 11	SIM	SIM

1) O Sag talvéz exceda a capacidade de regulação.
2) O Spike pode ocorrer com velocidade e amplitude superior a proteção.
3) Caso a fonte seja comum, a redistribuição dos fios pode não ser eficaz.
4) O transformador pode não conseguir eliminar totalmente o distúrbio.
5) O dispositivo pode não atenuar o distúrbio.
6) Alguns estabilizadores não possuem boa regulação.
7) O blackout pode durar mais tempo de que a autonomia do sistema.
8) Alguns no-breaks (off-line) não isolam a carga da rede.
9) Alguns equipamentos não reagem eficazmente a sobretensões.
10) O dispositivo deve recompor o sinal senoidal.
11) Problemas de tensão residuais entre terra e neutro, normalmente, exigem redistribuição dos cabos e fios.

T7. Resumo de proteções mais indicadas.

RENESAS RX RENESAS RL78

the Power of TWO

RENESAS & Micrium

Escolha uma MCU RX ou RL78 da Renesas. Receba o RTOS da Micrium, Middleware, Suporte e muito mais, DE GRAÇA!



The Power of Two

De 10-Set-2012
a 31-Mar-2013

VALOR:
$111,000*

GRÁTIS Micrium RTOS

- µC/OS-II™ — The Real-Time Kernel
- µC/OS-III™ — The Real-Time Kernel

GRÁTIS Micrium Middleware

- µC/CAN™ — CAN-Bus Module System
- µC/USB™ — Universal Serial Bus
- µC/Modbus™ — Embedded Modbus Stack
- µC/FS™ — Embedded File System
- µC/TCP-IP™ — Protocol Stack
- µC/Probe™ — Run-Time Monitoring

GRÁTIS Kits e Placas Renesas





GRÁTIS Micrium Suporte

The Power of Two
Micrium – Produtos na Promoção

Kernel	µC/OS-II	µC/OS-III
TCP/IP	µC/TCP-IP	
TCP/IP Extensões	µC/DHCPc µC/FTPcs µC/TFTPcs µC/HTTPs	µC/POP3c µC/SMTPc µC/TELNETs
USB-Device	µC/USB Device	
	PHDC HID MSC	CDC ACM
USB-Host	µC/USB Host	
	HID MSC CDC	ACM Printer classes
Sistema de Arquivos	µC/FS – FAT12/16/32	
CAN	µC/CAN	
CANOpen	µC/CANopen	
Modbus	µC/Modbus	
Visualização de Dados	Sim (µC/Probe) – grátis para 1 computador	
Valor Total dos Produtos Gratuitos	$111,000 USD*	

** Baseado no uso de todos os items disponíveis na promoção.*

The Power of Two – Renesas & Micrium

Renesas e Micrium juntam forças para trazer uma excitante oferta para usuários comerciais das MCUs RX e RL78 da Renesas.

Clientes do RX e do RL78 podem ter de graça:

- O Kernel multitarefa determinístico em tempo-real da Micrium – µC/OS-II ou µC/OS-III (licença única por produção)
- Middleware (TCP/IP, USB, Sistema de Arquivos e outros)
- Um ano de suporte e manutenção da Micrium

O novo projeto do cliente deve usar uma MCU Renesas RX ou RL78, em uma aplicação comercial.

Para informações mais recentes sobre a promoção The Power of Two:

am.renesas.com/micrium

Nosso Representante de Vendas

VLA SOLUTIONS

vla@vla.com.br

Nossos Distribuidores

AVNET Memec — Avnet: **011-5079-2150**

Arrow: **011-3613-9600**

FUTURE ELECTRONICS — Future Electronics: **019-3737-4100**

© 2013 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. All trademarks are the property of their respective owners

RENESAS

Projeto de Máquina de Refrigerantes Microcontrolada

Raphael F. Ribeiro
Mário H. de Souza Pardo
Sandro de F. Ottoboni

Deseja-se com este artigo, por meio de simulação via software e prototipação física, mostrar a viabilidade de se utilizar microcontroladores de baixo custo como os da família Microchip PIC16F para o desenvolvimento de sistemas embarcados. O processamento limitado, porém, de objetivos específicos desta arquitetura como elemento de controle gerencial de um sistema maior, será aqui descrito e detalhado.

A automação por meio da microarquitetura que controla sistemas e subsistemas (também denominada como embarcada) tem sido algo comum para o homem, pois, provê benefícios, entre os quais lembramos: a agilidade em processos, a precisão e a segurança.

Trabalhos semelhantes ao projeto que será aqui apresentado evidenciam a utilização de microcontroladores como unidade central de gerenciamento de processos bem como módulos individuais que trabalham em conjunto para processar dados em um sistema embarcado maior. Os trabalhos correlatos descrevem ainda algumas características importantes com a utilização de microcontroladores, sendo elas: o baixo consumo de energia, a simplicidade na construção do circuito e a integração com componentes eletrônicos diversos como sensores, relés, transistores, diodos, entre outros.

A proposta do projeto teve os seguintes objetivos: a implementação de um algoritmo computacional que permitisse controlar uma máquina de refrigerantes, utilizando a linguagem de programação C e o simulador Proteus ISIS. Outro objetivo foi o desenvolvimento do protótipo físico utilizando uma matriz de testes com um microcontrolador modelo PIC16F876A, sensores e outros componentes eletrônicos.

Visão Geral

O protótipo da máquina de refrigerantes construído neste projeto foi idealizado para ser utilizado em eventos. Suas funções devem ser automatizadas em sua totalidade utilizando sensores e de forma que admita um contato manual mínimo. O protótipo é composto de um Kit didático da empresa CERNE-TEC, equipado com um microcontrolador Microchip PIC16F876A.

Funcionamento

A matriz de testes é alimentada por uma fonte de energia externa com tensão nominal de 110 V, possui quatro *leds* para prover interatividade e sinalização de atividades, botões do tipo *push*, *display* de LCD para que o usuário possa interagir

com o equipamento, entrada de alimentação com tensão nominal de 12 V, um microcontrolador modelo PIC16F876A e uma porta de comunicação RS-232 que permite a comunicação com um microcomputador cuja função é realizar a gravação e regravação do código-fonte por meio do software WinPIC800. A referida matriz pode ser vista, na **figura 1**, bem como o microcontrolador PIC16F876A.

O microcontrolador com tecnologia RISC modelo PIC16F876A possui um conjunto de portas livres e que foram utilizadas para conectar tanto a fonte ATX, alimentada com energia externa de tensão 110 V, quanto o sensor de nível, alimentado com 5 V de tensão oriundos da fonte.

O suporte a linguagem de programação C é outro importante fator, esta linguagem foi utilizada para realizar a programação do software de controle que automatizou o protótipo por meio do auxílio de bibliotecas específicas em junção com a *IDE PIC C Compiler*.

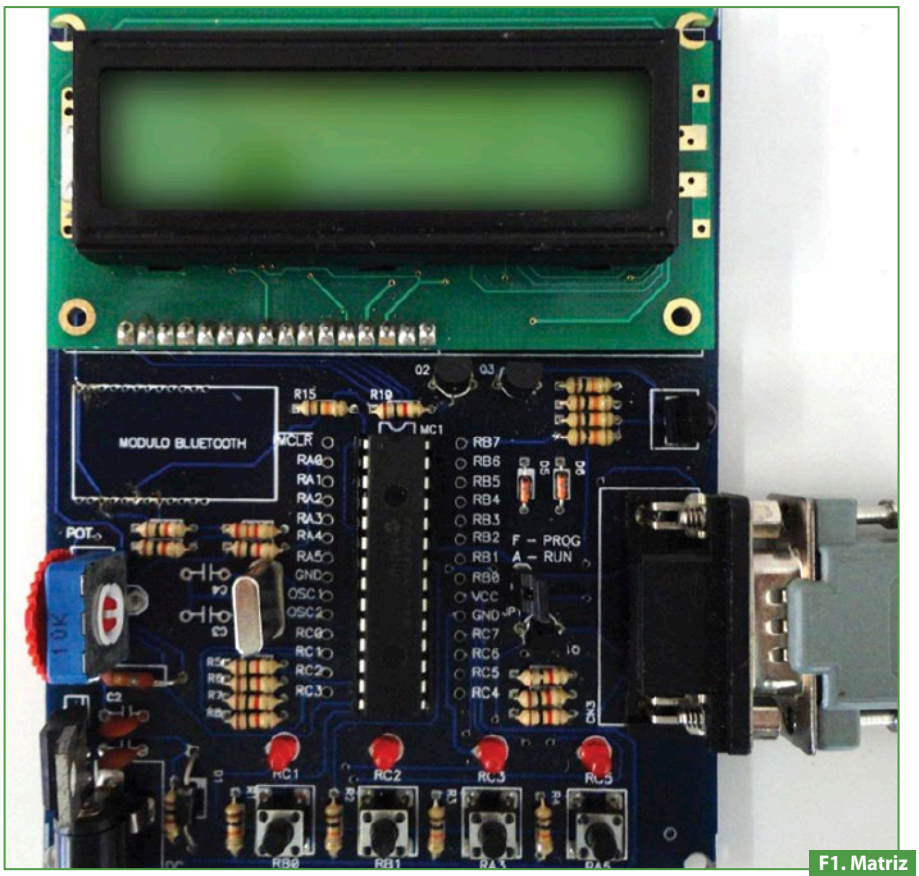
A motobomba modelo Sarlo S180 faz parte do projeto e desempenha o importante papel de escoar o líquido contido no reservatório. Esse escoamento, de acordo com testes realizados, abastece um copo com capacidade de 300 ml durante 7 segundos em média, uma vez que esteja devidamente conectada a fonte ATX e alimentada com tensão de 5 V. Ainda, é importante salientar que seu funcionamento só é assegurado quando submersa.

O reservatório, que é utilizado para abastecer os recipientes (copos), tem capacidade para armazenar 19,375 litros de líquido aproximadamente. A cerca de 14 a 15 cm, desde a base inferior do reservatório, há um orifício vazado para que o sensor de nível seja acoplado, rosqueado e vedado.

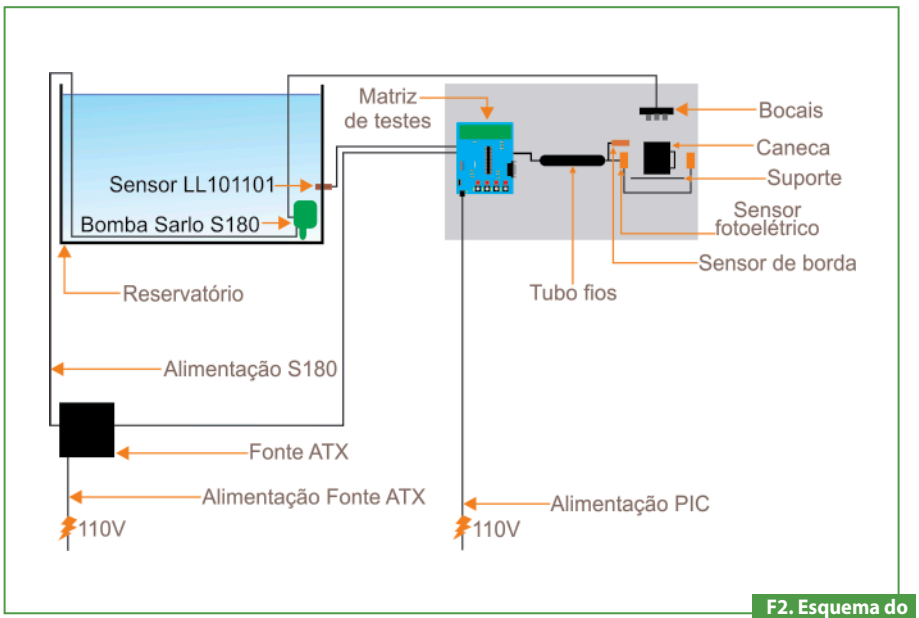
O sensor de nível, acoplado ao reservatório, é alimentado pela fonte ATX com tensão de 5 V, sua função é assegurar um nível mínimo de líquido para o funcionamento da motobomba.

A arquitetura do protótipo apresentada na **figura 2** possibilita visualizar a disposição dos componentes envolvidos no projeto.

Para operar o protótipo de forma que seu funcionamento seja pleno, é necessário



F1. Matriz de testes.

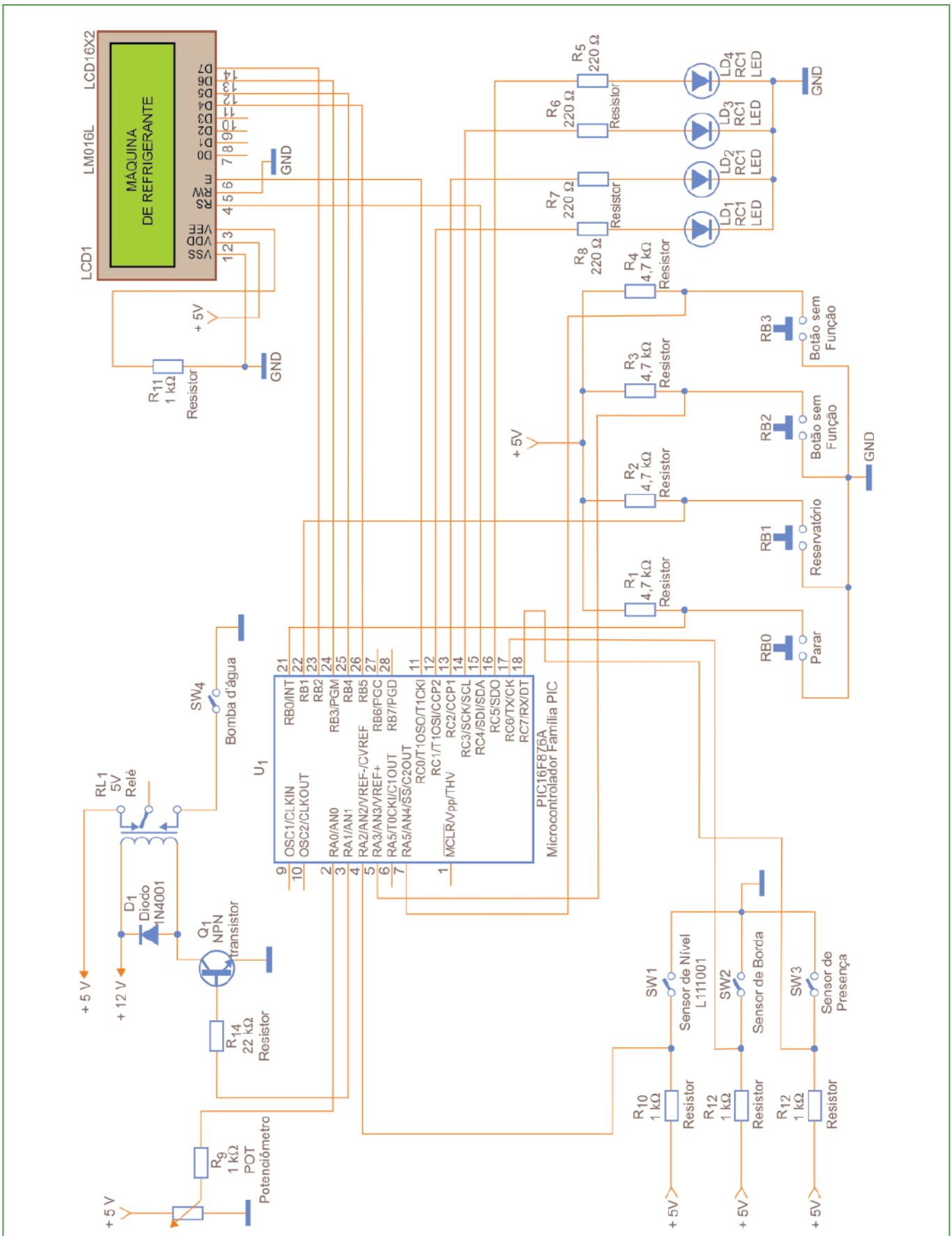


F2. Esquema do Protótipo.

que, tanto a fonte ATX quanto a matriz de testes estejam devidamente alimentadas com tensão externa igual a 110 V.

Com o sistema alimentado e com todos os componentes devidamente conectados, uma primeira ação deve ocorrer quando um recipiente de 300 ml de capacidade (sendo esta a única configuração de copo admitida pela máquina) é colocado no suporte junto ao painel principal.

Quando no referido suporte um recipiente é colocado, um sensor foto-



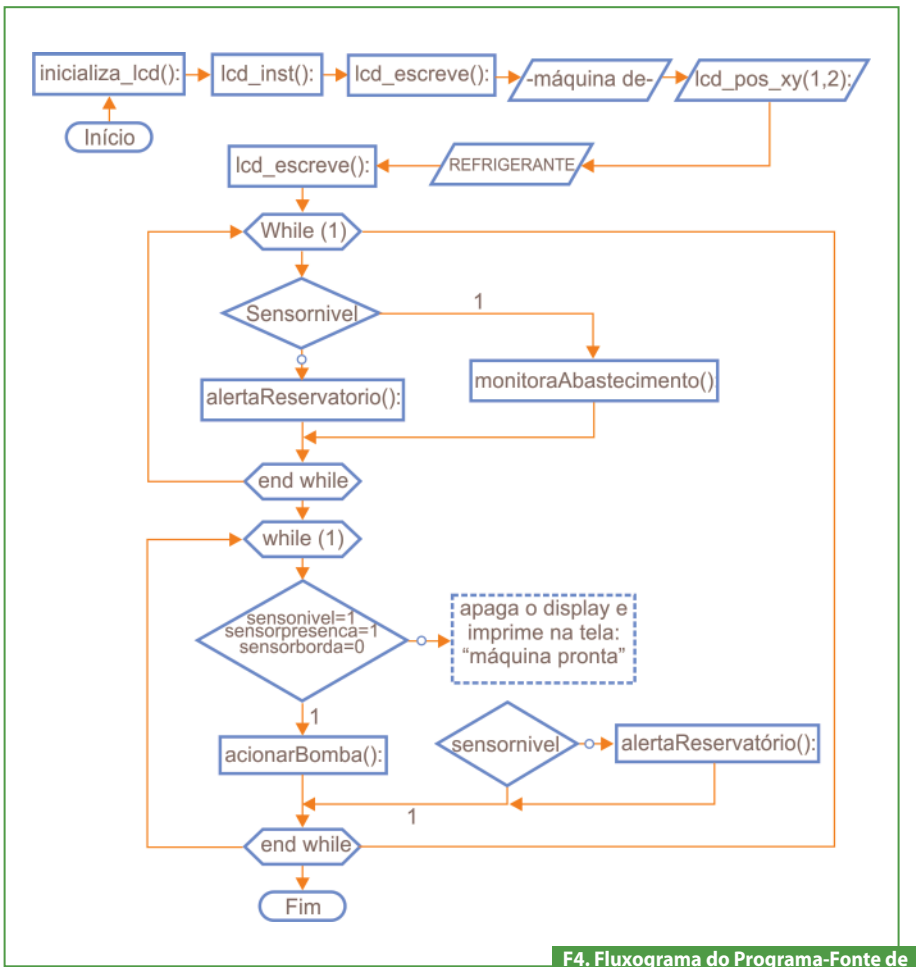
F3. Simulação com o Proteus ISIS. Esquema do circuito de controle da máquina de refrigerantes.

elétrico executa sua captação por meio da interrupção da luminosidade do *led* e envia um sinal para o microcontrolador. O microcontrolador trata esse sinal que foi recebido ativando na sequência o sensor de borda. Uma vez que o nível de líquido for igual a 300 ml (recipiente cheio), o sensor de borda envia um sinal para o microcontrolador e este imprime uma mensagem no *display* de LCD informando que o recipiente está abastecido e já possui nível máximo de líquido suportado.

Outra situação ocorre quando um recipiente é identificado pelo sensor de borda com nível de líquido abaixo do nível máximo suportado, então o microcontrolador envia um sinal para ligar a fonte ATX, e, ao ligá-la, uma mensagem é impressa no display de LCD informando que o recipiente está sendo abastecido.

Por sua vez, a fonte ATX, ao ser ligada pelo microcontrolador, liga a bomba d'água. Ao ser acionada, a bomba faz com que seja escoado o líquido que há no reservatório, percorrendo o duto de ligação até o bocal. Na sequência, o líquido é despejado diretamente no recipiente que está junto ao suporte do painel frontal. Após, quando o sensor de borda identifica a presença de líquido (recipiente cheio), o microcontrolador recebe um sinal do sensor e desliga a fonte ATX. Ao desligá-la, é impresso no display de LCD uma mensagem notificando que o recipiente foi abastecido com sucesso. Como consequência, a bomba também é desligada e o líquido que estava sendo escoado cessa.

Para que se mantenha a integridade dos equipamentos quando o abastecimento de um recipiente ocorrer, o nível mínimo de líquido dentro do reservatório deve ser respeitado. Para que isso aconteça, o sensor de nível ao identificar que o nível mínimo foi atingido, quatro *leds* que estão conectados ao microcontrolador indicarão que é necessária a reposição de líquido no reservatório, mantendo-se ligados, e enquanto estes *leds* estiverem ligados, a máquina de refrigerantes permanece em estado de *Standby* e seu funcionamento é interrompido. Os *leds* só serão desligados pelo microcontrolador quando o sensor de nível detectar que o líquido do reservatório está acima do nível mínimo.



F4. Fluxograma do Programa-Fonte de controle da máquina de refrigerantes.

Simulação

Com o auxílio da suíte de aplicativos Proteus Design Suite versão 7.8, comercializada pela empresa Labcenter Eletronics, foi possível realizar a simulação do protótipo. Por meio da ferramenta ISIS, que é integrada à suíte de aplicativos do Proteus, foi realizada a construção do esquemático do circuito eletrônico da matriz de testes, além de componentes eletrônicos como sensores e suas interligações. Outro aplicativo integrante do software Proteus e de notória relevância, é o VSM (Virtual System Modelling), pois, possibilita simular o modelamento virtual, isto é, as simulações e animações do software embarcado em conjunto com o hardware simulado. O VSM também permitiu que o código desenvolvido no ambiente da ferramenta *PIC C Compiler*, pudesse ser simulado no ambiente da ferramenta ISIS. Assim o código ".hex" que foi gerado a partir de um arquivo ".c", pôde ser gravado no microcontrolador como se fosse realizado um *load* utilizando sua porta RS-232 no ambiente real via Winpic800.

Ainda sobre a suíte Proteus Design Suite, esta é uma coleção de aplicativos que possibilita o desenvolvimento de simulações bem próximas aos níveis reais de circuitos eletrônicos, bem como o desenho de circuitos impressos e simulação de softwares embarcados. Utilizando a ferramenta ISIS foi possível simular o ambiente físico do projeto contemplado pela matriz de testes CERTE-TEC, componentes eletrônicos e sensores, permitindo que o ambiente simulado se aproximasse do ambiente real. Com o protótipo físico simulado, não é necessário aguardar a confecção do protótipo físico real para começar a desenvolver o software embarcado e realizar testes.

É possível notar, de acordo com a **figura 3**, alguns aspectos do projeto lógico e da interligação de componentes. Quanto à utilização das portas do PIC16F876A, nem todas foram utilizadas dentro dos três conjuntos de portas existentes no microcontrolador (PortA, PortB e PortC). Em tal configuração apresentada, é pos-

sível notar a presença de componentes disponíveis na biblioteca do ISIS, tais como: 1N4001 (D1), Button (RB0), LED-RED (D1), LM016L (LCD1), MINRES 1K (R10), MINRES 22K (R14), MINRES 4K7 (R1), MINRES220R (R8), NPN (Q1), PIC16F876A (U1), POT (POT), RELAY (RL1), SW-SPST (SW1).

Com relação ao conjunto de portas que formam o PortA, foram utilizados os pinos: RA1 para a bomba d'água que é acionada por meio de um relé, e RA2 para o sensor de nível. Referente ao PortB utilizou-se os pinos RB2, RB3, RB4 e RB5 para o funcionamento do display de LCD. Quanto ao PortC, os pinos utilizados foram: RC6 para o sensor de borda, RC7 para o sensor de presença, e os pinos RC1, RC2, RC3 e RC5 para o funcionamento dos *leds*.

O Código

A lógica do código-fonte do projeto foi construída a partir do esquema de funcionamento da máquina de refrigerantes. Foi desenvolvido um fluxograma do programa como pode ser visto na **figura 4**.

Primeiramente é inicializado o display de LCD em **inicializa_lcd(); e lcd_inst();**, após isto é impresso no display de LCD a mensagem "- MAQUINA DE -" com a instrução **lcd_escreve();**, então o cursor é posicionado na segunda linha com a rotina **Lcd_pos_xy(1,2);** e é impresso na segunda linha a mensagem "- REFRIGERANTE -".

A seguir é criado um loop por meio de um *while(1)*, onde está o main do código, e ele fica verificando as rotinas **alertaReservatorio();** e **monitorarAbastecimento();**. Após sair deste *while(1)*, o código segue para outro *while(1)* onde é verificado se há nível no reservatório **SENSORNIVEL=1**, se há presença **SENSORPRESENCA=1** e se há borda **SENSORBORDA=1**, após isto, é impresso a mensagem no display de LCD ("Máquina Pronta"), e se há presença, então o código segue para a rotina de abastecimento **acionarBomba();**, senão, segue para a rotina de alerta de reservatório **alertaReservatorio();** e é o fim do segundo *while*.

Ainda com relação ao código-fonte, as principais saídas do sistema foram construídas com o recurso **#define**. São elas, BOMBADAGUA (Bomba d'água no pino PIN_A1), SENSORNIVEL (Sensor LL111001 no pino PIN_A2), SENSORBORDA (Sensor de borda no pino PIN_C6) e SENSORPRESENCA (Sensor de presença no pino PIN_C7). Esta estrutura pode ser vista no trecho de código no quadro a seguir.

```
#define BOMBADAGUA PIN_A1
// Pino de dados 3 (Bomba D'água)
#define SENSORNIVEL PIN_A2
// Pino de dados 4 (Sensor LL111001)
#define SENSORBORDA PIN_C6
// Pino de dados 17 (Sensor de Borda)
#define SENSORPRESENCA PIN_C7
// Pino de dados 18 (Sensor de Presença)
```

Neste trabalho foram utilizadas algumas funções (definidas previamente na prototipagem das funções) para realizar as tarefas que são desempenhadas pela máquina de refrigerantes. Ao todo são 4 funções principais: **monitorarSensorNivel(), monitorarAbastecimento(), acionarBomba() e alertaReservatorio().**

A função que monitora o sensor de nível LL111001 é a função **monitorarSensorNivel()**, esta verifica se o bit está em "0", e isto significa que o nível de líquido dentro do reservatório está acima do nível de segurança e, portanto, a máquina irá operar normalmente, assim, o código é desviado para um *else* que executa a função de monitorar o abastecimento. Ou então, esta função, verifica se o *bit* está em "1", e isto significa que o nível de líquido dentro do reservatório está abaixo do nível de segurança, e desta forma a máquina não irá operar, retornando para o usuário uma mensagem que é impressa no display de LCD "Abastecer Reservatório". Todas as explicações supracitadas encontram-se no próxima quadro de código- fonte.

```
//Rotina de monitoramento do nível de líquido
dentro do Reservatório por meio do sensor
LL101101.
void monitorarSensorNivel()
{
//SENSOR DE NÍVEL = 0 >> Reservatório acima
do nível de abastecimento (IDEAL)
//SENSOR DE NÍVEL = 1 >> Reservatório abaixo
do nível de segurança    (PREOCUPANTE)
//Aguardando Abastecimento
printf (lcd_escreve, "Aguardando:");
lcd_pos_xy (1, 2);
// Posiciona o cursor na segunda linha, primeira
coluna do LCD.
printf (lcd_escreve, "Sensor de Nível");
 delay_ms(2000);
 lcd_escreve ('\f');
// Limpa o display de LCD.

 while (1)
 {
 //Máquina atingiu o nível de Segurança para
abastecimento, suspender, até que o reservatório esteja no nível IDEAL
if (input(SENSORNIVEL))
{
alertaReservatorio();
}
else
{
monitorarAbastecimento();
}}}
```

A função monitorarAbastecimento() é a que verifica, por meio de um *looping* infinito, se o sensor de presença e o sensor de borda estão com o valor *true*, e se essa condição for verdadeira, então é executada por meio de um *if* uma função que aciona a bomba d'água e deixa a máquina pronta para o abastecimento, mostrando uma mensagem no display de LCD "Máquina Pronta! Esperando Copo..". Estas explicações seguem demonstradas no quadro de código a seguir.

```
//Rotina que executa o monitoramento do
abastecimento de um recipiente por meio do
relé.
void monitorarAbastecimento()
{
while (1) //looping infinito
{
// Se o sensor de presenta detectar recipiente, o
sensor de nível  //estiver ok e o sensor de borda
não detectar copo cheio: Aciona Bomba.
if ((!input(SENSORNIVEL))&&(!input(SENSORPRE
SENCA))&&(input(SENSORBORDA)))
{
acionarBomba(); // Aciona o relé e a partir daí a
fonte ATX, acionando a Bomba e abastecendo
o recipiente
}
else {
```

Conforme o próximo quadro de código, a função **acionarBomba()** identifica por meio de um *if* se o *bit* SENSORBORDA está com valor "1", pois, se estiver, significa que o recipiente está com nível até a borda e, portanto, a máquina irá abortar o abastecimento mostrando a mensagem Máquina Pronta! Esperando Copo..". Caso contrário, se o *bit* desta função estiver em

"0", ou seja, o recipiente está com nível de líquido abaixo do nível do sensor de borda, então, por meio de um *else* é executado o comando **output_high(BOMBADAGUA)** para que seja abastecido o recipiente e também que mostre uma mensagem na tela de LCD informando esta ação "Abastecendo Recipiente". Após o abastecimento e, sendo identificado pelo (SENSORBORDA) que o líquido do recipiente chegou ao nível de borda, então será mostrado a mensagem ao usuário "Copo abastecido, Pode retirar...".

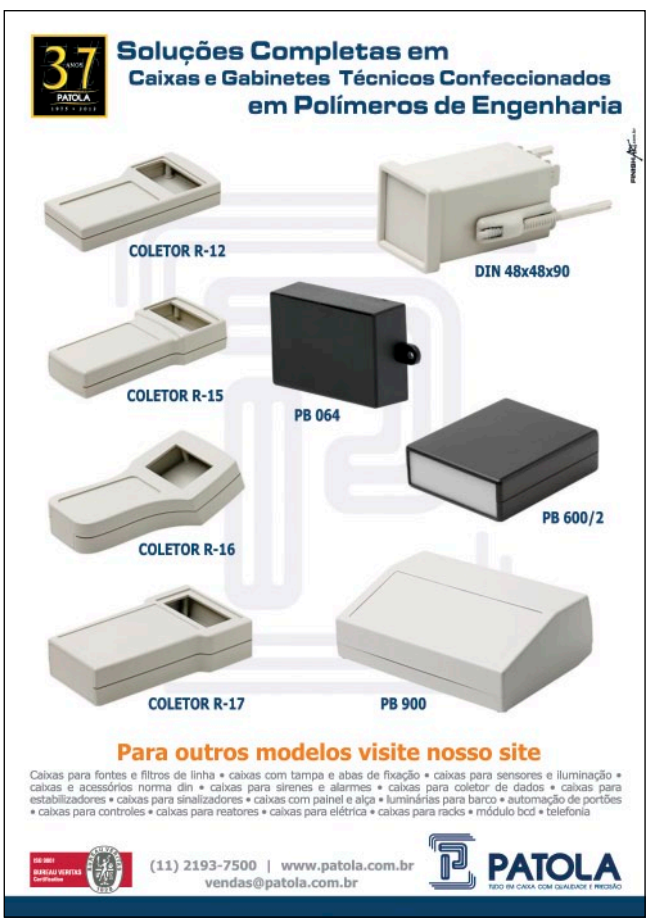
```
//Rotina que aciona o relé para que o abastecimento seja realizado.
void acionarBomba() {
if (!input(SENSORBORDA))
//Recipiente Cheio, então, aborta o abastecimento
{
//Mensagem que o nível de líquido do recipiente está no máximo. Abortar!
printf (lcd_escreve, "Abortando,");
lcd_pos_xy (1, 2);
// Posiciona o cursor na segunda linha, primeira coluna do LCD.
printf (lcd_escreve, "Copo Cheio!");
delay_ms(2000);
lcd_escreve ('\f');
// Limpa o display de LCD.
output_low(BOMBADAGUA);
//Desliga o relé, cessando o abastecimento.
} else {
//Nível do recipiente está OK, Abastecer!
lcd_escreve ('\f');
//Limpa o display de LCD.
printf (lcd_escreve, "Abastecendo,");
lcd_pos_xy (1, 2);
// Posiciona o cursor na segunda linha, primeira coluna do LCD.
printf (lcd_escreve, "Recipiente..");
output_high(BOMBADAGUA);
//Abastecendo..
while((input(SENSORBORDA))&&(!input(SENSORPRESENCA))&&(!input(SENSORNIVEL)))
//Enquanto não detectar a borda, continua abastecendo..
{
pisca_led_b();
}
output_low(BOMBADAGUA);
//Abastecido, desligando bomba..
lcd_escreve ('\f');
//Limpa o display de LCD.
printf (lcd_escreve, "Copo abastecido,");
lcd_pos_xy (1, 2);
//Posiciona o cursor na segunda linha, primeira coluna do LCD.
printf (lcd_escreve, "Pode Retirar...");
delay_ms(5000);
//Aguarda 5 segundos para retirada do copo.
lcd_escreve ('\f');
//Limpa o display de LCD.
}}
```

A função *alertaReservatorio()* imprime a mensagem "Abastecer Reservatório" no display de LCD toda vez que o nível do reservatório estiver abaixo do nível de segurança, e isto é detectado pelo sensor de nível (SENSORNIVEL) quando o *bit* estiver com valor "0". Estas codificações estão disponíveis no quadro de código a seguir.

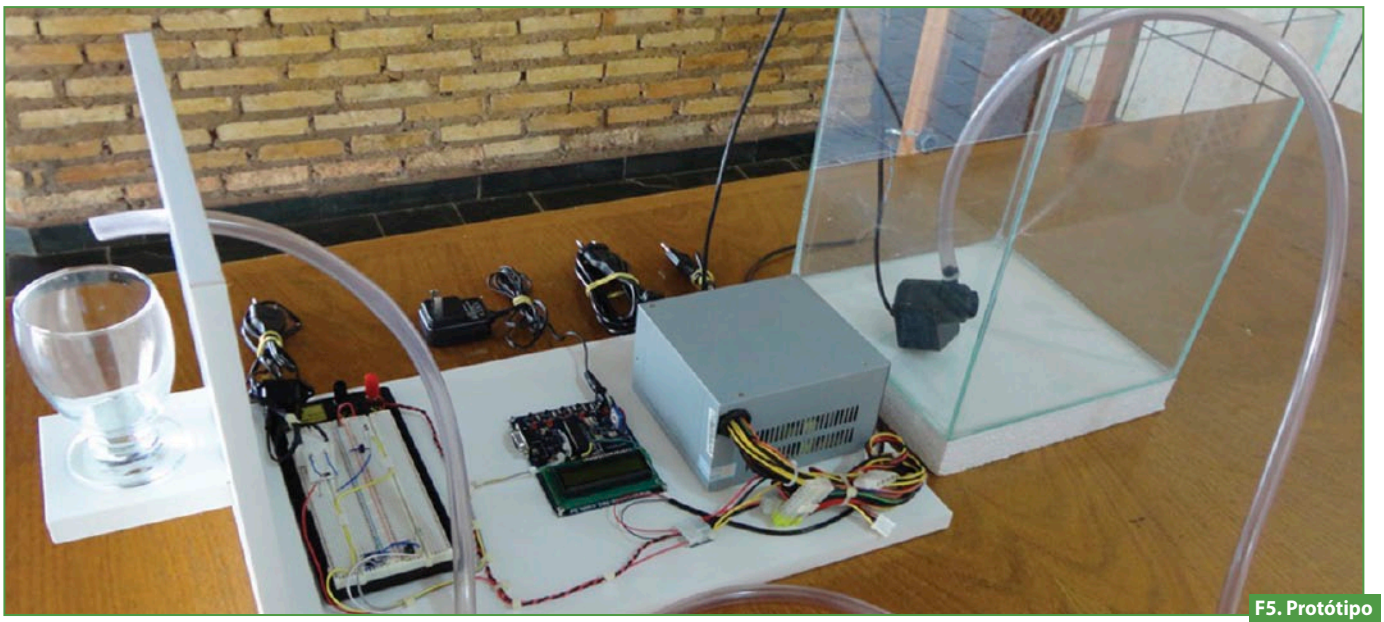
```
//Rotina que imprime um aviso no display de LCD informando que é necessário Abastecer o Reservatório.
void alertaReservatorio()
{
 if (input(SENSORNIVEL))
{
printf (lcd_escreve, "Abastecer");
lcd_pos_xy (1, 2);
// Posiciona o cursor na segunda linha, primeira coluna do LCD.
printf (lcd_escreve, "Reservatorio   ");
delay_ms(100);
pisca_led_a();
}}
```

Conclusão

Utilizando testes de implementação em simulação e prototipação física, foram obtidos resultados significativos e







F5. Protótipo Físico.

esperados quanto aos objetivos iniciais. O protótipo foi submetido a vários cenários de utilização em ambiente simulado e funcionou de modo esperado quanto à execução de todas as rotinas que foram implementadas pelo algoritmo computacional.

Como fora citado, o protótipo passou por um processo de avaliação por meio de cenários de teste que constam na **tabela 1**, a qual apresenta na primeira coluna uma descrição da operação testada e na segunda e terceira colunas são assinalados os status verificados das operações entre a simulação e a prototipação. Os possíveis estados foram definidos como: **sim**, para funcionalidade em pleno funcionamento, **não** para funcionalidade que não foi possível executar, e **intermitente** para o caso de funcionamento irregular.

A prototipação física apresentada na **figura 5** necessitou de ajustes para que os resultados obtidos na simulação fossem reproduzidos em sua plenitude. Nesta figura, que se segue, podem ser visualizados da esquerda para a direita os seguintes componentes: Protoboard, matriz de testes, fonte ATX e o reservatório com a bomba e o duto acoplado.

Junto à Protoboard estão acoplados os resistores, os *push-buttons*, o diodo, o relé e o transistor. Conectados a matriz de testes, estão: o sensor de nível bem como os *push-buttons*.

Ainda conforme a figura 5, é possível notar a ausência de alguns dos sensores descritos no projeto, todavia, essa falta foi suprida utilizando *push-buttons* que auxiliaram na emulação da funcionalidade de tais sensores.

Este projeto foi realizado como trabalho acadêmico e está aberto para novas implementações, sugestões e colaborações. Partindo dessa implementação inicial simples oferecida, pode-se evoluí-lo agregando muitas funções adicionais, por exemplo, acoplando mais sensores que ofereçam outras funcionalidades automáticas, evoluindo ainda mais o software de controle proposto, acrescentando outras características ao projeto como a questão de pagamento para a obtenção do refrigerante com uma estratégia de crédito (via moedas, notas e cartões), entre inúmeras outras possibilidades.

Esperamos que a ideia aqui debatida e os detalhes providos sejam, pelo menos, motivadores para a criação de um projeto parecido ou até de derivações a partir da proposta lançada. Maiores detalhes, bem como todos os arquivos digitais referentes ao projeto da máquina de refrigerantes aqui explanada podem ser encontrados no website: **sourceforge.net/projects/maqpic.**

Lista de Materiais

- Matriz de testes
- Motobomba Sarlo S180
- Reservatório de Líquido com capacidade para 19 litros
- Sensor de nível LL101101
- Fonte de alimentação ATX 400 W
- Diodo 1N4007 DC
- Transistor NPN C33740
- Relé J1RC2 12V DC
- 3 Resistores, sendo dois deles de 1 kΩ (de potência), e o terceiro de 22 kΩ (de potência).
- 1 Duto com 9 mm de espessura.
- Software Proteus ISIS versão 7.8
- Software IDE PIC C Compiler
- Software WinPIC800

Funcionalidade	Realizada de forma plena em	
	Simulação	Prototipação
Abastecer Reservatório	Sim	Sim
Máquina Pronta	Sim	Sim
Abastecer Recipiente	Sim	Sim
Detecta recipiente cheio	Sim	Intermitente
Recipiente Abastecido	Sim	Intermitente
Retirar recipiente em tempo de abastecimento	Sim	Sim
Aviso de reservatório vazio em tempo de abastecimento	Sim	Sim

T1. Operações da Máquina.

Holtek agora também é ARM

NOVA LINHA DE MICROCONTROLADORES HT32Fxxx

Holtek inova com o lançamento de sua nova linha de microcontroladores HT32Fxxx que une todo o poder de processamento do core ARM Cortex-M3 com sua experiência de mais de 20 anos desenvolvendo microcontroladores de 8 bits, resultando em um microcontrolador poderoso com um set de periféricos abrangente altamente competitivos em preço.

CARACTERÍSTICAS:

Com a integração do núcleo Cortex-M3 em seus dispositivos os desenvolvedores contam com as seguintes vantagens:

- **Frequência de operação de até 72MHz.**
- **1,25 DMIPS/MHz**
- **Multiplicação e divisão em um único ciclo por hardware.**
- **Interrupções vetoradas e aninhadas através do controlador NVIC**
- **Timer de 24-bits**

A arquitetura ARM presente em seus novos microcontroladores de 32 bits, proporciona o uso dos melhores ambientes de programação da atualidade como:

- **Keil MDK-ARM**
- **IAR EWARM**

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

Conversão de tensão para corrente

A aquisição de dados por certos dispositivos de automação como, por exemplo, CLPs, é feita no modo corrente. No entanto, muitos dispositivos usados como sensores fornecem em suas saídas, tensões. O interfaceamento desses dispositivos exige, então, o emprego de circuitos especiais que convertam faixas de tensões em faixas de corrente. Neste artigo, mostraremos como fazer isso empregando um amplificador operacional com faixa de saída de 4 a 20 mA.

Newton C. Braga

A entrada de CLPs no modo corrente lê faixas de corrente de 4 a 20 mA, numa de suas programações. Isso significa que se usarmos transdutores que forneçam saídas no modo tensão, precisaremos ter um circuito de interface que faça a conversão.

Os circuitos que fazem essa conversão podem se basear em amplificadores operacionais comuns, conforme veremos neste artigo.

Interface de Corrente

A grande vantagem da utilização de uma interface de corrente está no fato de que a atenuação na linha não tem efeito algum sobre o resultado final da leitura.

Compensando a resistência dos cabos, a corrente na carga terá sempre a mesma faixa de intensidades, independentemente de seu valor.

Isso não sucede com uma interface de tensão, onde a resistência do cabo influi no valor da grandeza que vai ser lida na outra extremidade, conforme mostra a **figura 1**.

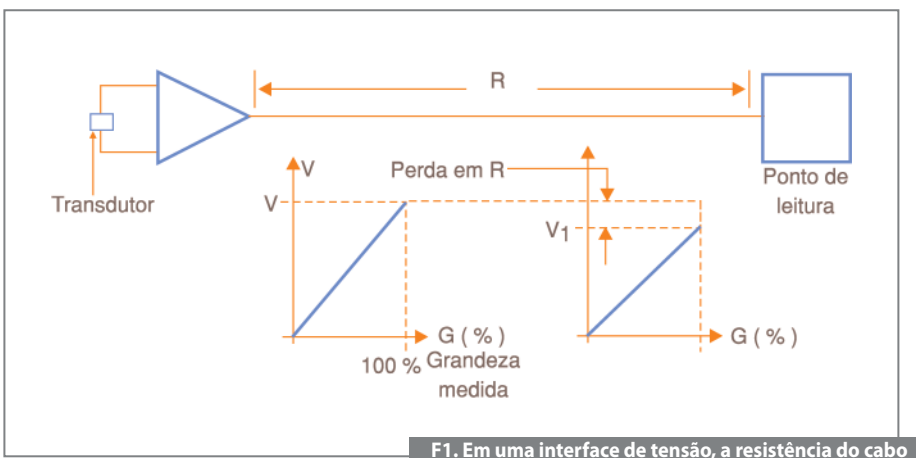
A ideia básica ao se empregar um circuito para converter uma faixa de tensões numa faixa de correntes com base num amplificador operacional, é justamente ter um *loop* de realimentação que permita que o amplificador operacional funcione como uma fonte de corrente.

Isso faz com que a corrente na entrada do dispositivo de leitura se mantenha constante, independentemente da resistência do cabo usado na transmissão do dado.

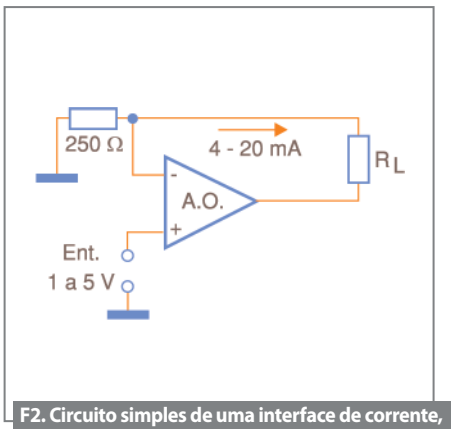
Podemos elaborar um circuito simples para esta finalidade com base em qualquer amplificador operacional, conforme ilustra a **figura 2**.

Nesse circuito, a entrada vem de um sensor que forneça uma tensão de 1 a 5 V. A saída do sensor será 1 V quando a grandeza medida estiver no 0% de sua escala, e será 5 V quando a grandeza medida atingir 100% de sua escala.

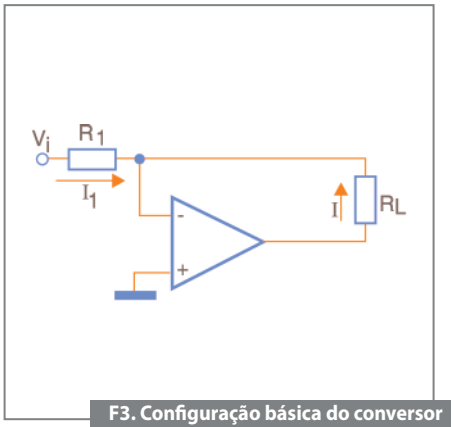
Esta faixa de tensões será, então, convertida para a faixa padrão de correntes de 4 a 20 mA com o circuito indicado.



F1. Em uma interface de tensão, a resistência do cabo influi no valor medido na outra extremidade.



F2. Circuito simples de uma interface de corrente, usando-se um amplificador operacional.



F3. Configuração básica do conversor V x I com carga flutuante.

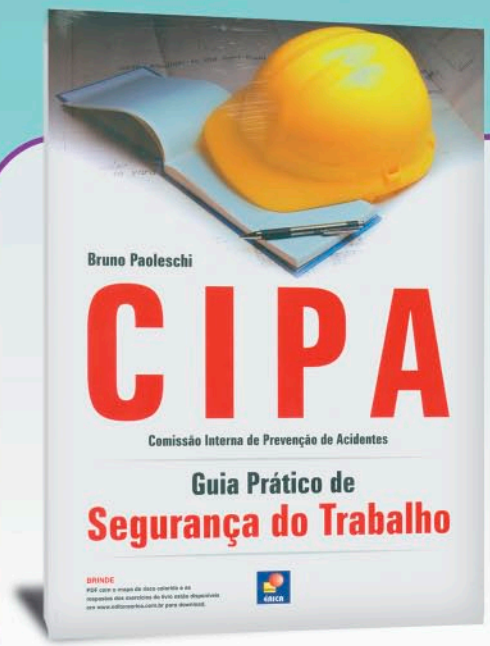
Com uma entrada de 5 V, o resistor de precisão de 250 ohms terá uma tensão de 5 V aplicada, o que irá gerar uma corrente de 20 mA no *loop* de transmissão de corrente considerando-se a resistência de carga R_L que é a entrada do CLP, por exemplo.

Aqui não importa qual é a resistência dos fios que interligam o sistema, pois, desde que a tensão fornecida ao amplificador operacional seja suficiente, ele conseguirá manter esta corrente.

O mesmo circuito pode ser utilizado para converter tensões em outras faixas de corrente. Por exemplo, com um resistor de precisão de 100 ohms em lugar de 250 ohms, é possível converter as tensões para o antigo padrão industrial de 10 a 50 mA.

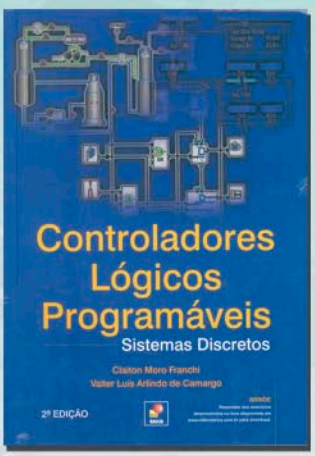
Projetando um Conversor V x I

O projeto de um Conversor Tensão x Corrente (V x I) não é complicado, sendo o seu conhecimento algo de grande importância, principalmente para os profissionais que desejam ter um domínio



CIPA

Ensina como criar o mapa de riscos, identificar uma área insalubre ou perigosa, os riscos, a necessidade e a importância dos EPIs e EPCs e uma introdução ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT).



Controladores Lógicos Programáveis

Indispensável a técnicos, tecnólogos e engenheiros que atuam nas áreas de automação, mecatrônica e eletrotécnica, além de profissionais que desejam manter-se atualizados. Apresenta exemplos resolvidos nos CLPs Allen-Bradley, Schneider Electric e Siemens, além de implementações em um controlador que segue a norma IEC 61131-3.



Curso de Eletrônica Digital

Basta observar os anúncios de empregos em jornais para se perceber a importância atual desse ramo da Ciência: em todos os casos onde encontramos ofertas relacionadas com a informática, manutenção, automação industrial, telecomunicações e muitos outras funções técnicas vemos como exigência principal o domínio da eletrônica digital.

novasaber
www.novasaber.com.br

completo da tecnologia dos amplificadores operacionais. Vamos mostrar dois exemplos.

Há duas configurações básicas para os conversores, as quais passamos a analisar a seguir:

Conversor com Carga Flutuante

Na **figura 3** temos a configuração básica para este conversor. Neste circuito, temos:

$$Vi = R_1 \times I_1$$

e

$$I_1 = -I$$

Destas relações, podemos calcular I que é a corrente na carga como função da tensão de entrada Vi:

$$I = (-I/R_1) \times Vi$$

A relação $(-I/R_1)$ é denominada constante de conversão e expressa por K.

Conversor Referido à Massa

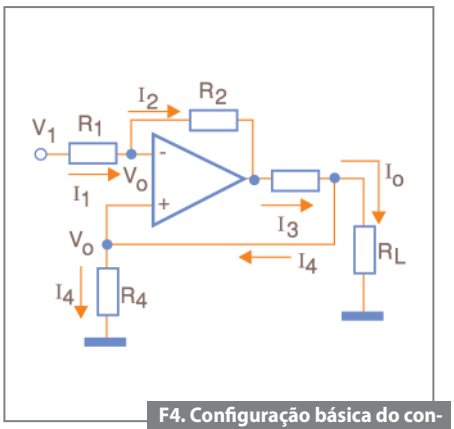
Na maioria dos casos, a carga está com um dos terminais ligado à massa, ou seja, tem a massa como referência. Neste caso, a configuração utilizada é a exibida na **figura 4**.

Neste circuito, temos:

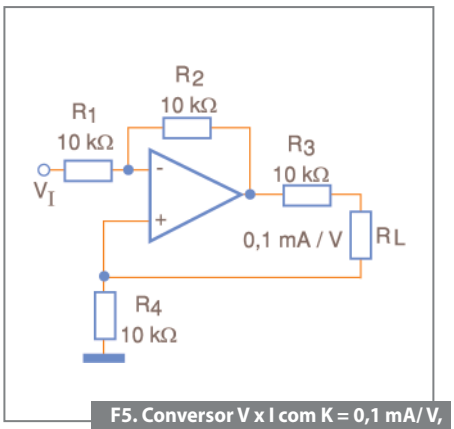
$$R_1 = R_4$$
$$R_2 = R_3$$

As correntes que circulam pelas diversas resistências do circuito são dadas pelas seguintes expressões:

$$I_1 = (V_1 - V_0)/R_1$$
$$I_2 = (V_0 - Vc)/R_2$$
$$I_3 = (Vc - V_0)/R_3$$
$$I_4 = V_0/R_4$$



F4. Configuração básica do conversor V x I referido à massa.



F5. Conversor V x I com K = 0,1 mA/V, resultante dos cálculos efetuados.

A corrente I_0 que circula por R_L (resistência de carga) será dada por:

$$I_0 = I_3 - I_4 = \frac{(V_c - V_0)}{R_3} - \frac{V_0}{R_4}$$

Também temos que:

$$I_1 = I_3$$
$$\frac{V_1 - V_0}{R_1} = \frac{V_0 - V_c}{R_2}$$

$$V_0 - V_c = \frac{R_2}{R_1}(V_1 - V_0)$$

Multiplicando por -1 ambos os membros:

$$-(V_0 - V_c) = -(V_1 - V_0)\frac{R_2}{R_1}$$

Agrupando:

$$V_c - V_0 = (V_0 - V_1)\frac{R_2}{R_1}$$

Substituindo em (1):

$$I_0 = \frac{(V_0 - V_1)R_2}{R_1 R_3} - \frac{V_0}{R_4}$$

$$I_0 = V_0\left(\frac{R_2}{R_1 R_3} - \frac{1}{R_4}\right) - \frac{V_1 R_4}{R_4}$$

Como:

$$R_1 = R_4$$
$$R_2 = R_3$$

Temos:

$$I_0 = V_0\left(\frac{R_2}{R_4 R_2} - \frac{1}{R_4}\right) - \frac{V_1 R_2}{R_2 R_4}$$

Simplificando:

$$I_0 = V_1 \frac{1}{R_4}$$

Veja, então, que a corrente na carga dependerá apenas da tensão de entrada e do valor de R_4.

Na **figura 5** temos um exemplo de conversor, calculado pelos processos acima, onde há uma constante de conversão K = 0,1 mA/V.

Isso significa que a faixa de tensões de entrada de 0 a 10 V é convertida em uma faixa de correntes de 0 a 1 mA.

Conclusão

Os Conversores V x I ou Conversores de Tensão para Corrente são circuitos de grande utilidade nas aplicações industriais, sendo usados no interfaceamento de sensores com dispositivos de controle como CLPs.

Desenvolver um circuito conversor para determinado tipo de sensor é algo simples com o uso de amplificadores operacionais de uso geral, conforme explicamos neste artigo. E

Câmara Anecoica e a Célula Transversal Eletromagnética

Imagine poder testar seu circuito eletrônico com relação a emissões eletromagnéticas ou imunidade, com célula TEM ao invés de uma câmara anecoica, sem precisar sair de sua bancada, e a qualquer momento. Faça modificações no circuito ou na PCI, e saiba os resultados na hora.

Roberto Cunha
rcunha@rftechnology.com.br

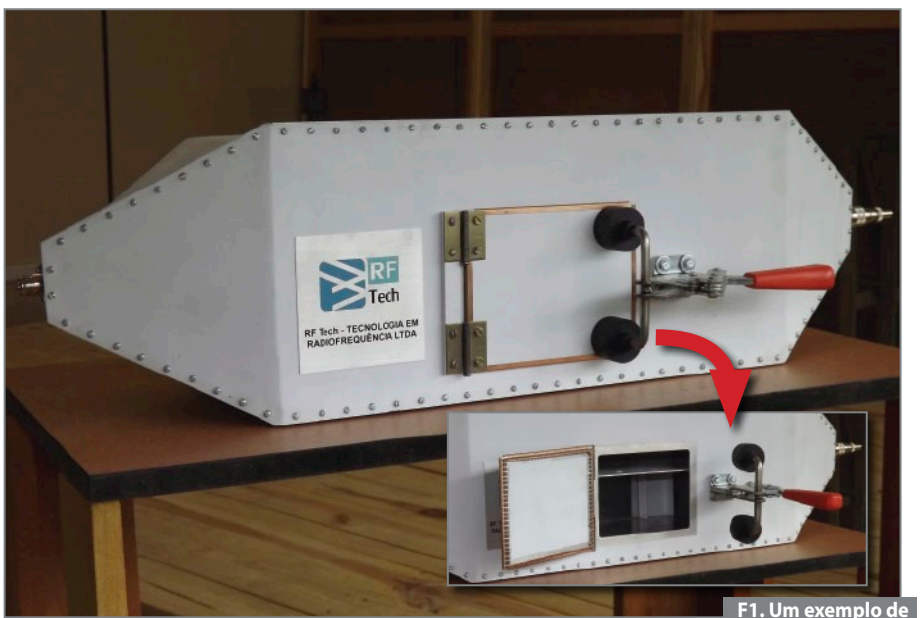
Uma Célula Transversal Eletromagnética ou TEM, também conhecida como Célula de Crawford, devido ao seu criador, consiste em um dispositivo que permite a geração de ondas eletromagnéticas em seu interior de forma bastante precisa, cobrindo uma ampla faixa de frequências. Basicamente, uma célula TEM é uma estrutura do tipo "stripline" modificada.

Uma linha stripline consiste de duas placas metálicas paralelas separadas por um dielétrico, onde, em seu interior, um campo eletromagnético é estabelecido. Essa construção constitui um dispositivo de duas portas (entrada e saída). Tanto na entrada quanto na saída, a estrutura da célula é construída de forma a casar sua impedância intrínseca com a impedância dos conectores, que normalmente será de 50 ohms.

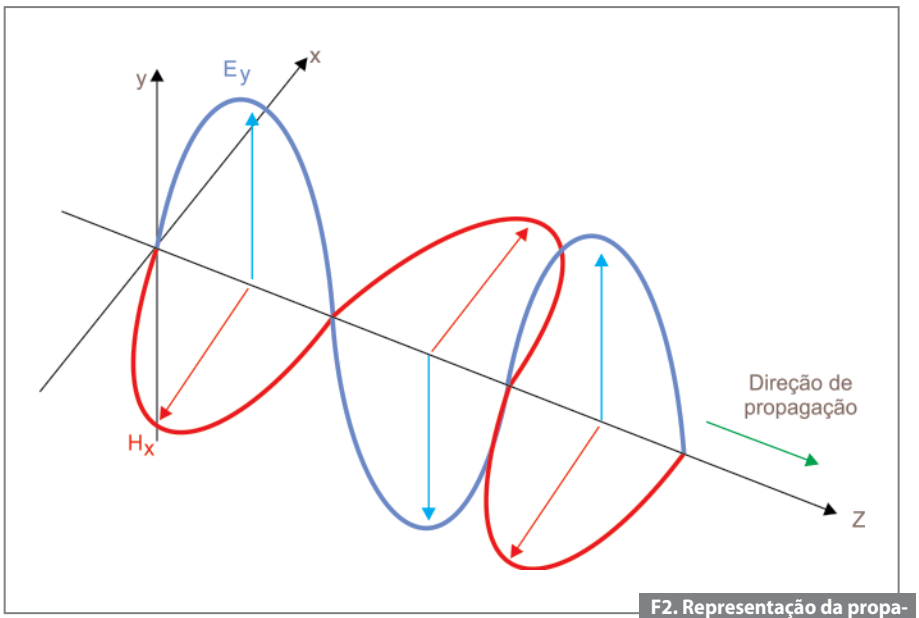
Uma particularidade de uma célula TEM é que uma das placas paralelas é feita de forma a enclausurar a outra, mantendo o campo eletromagnético confinado em seu interior. Podemos ver um exemplo de célula TEM na **figura 1**.

As células TEM podem ser de tipos aberta ou fechada:

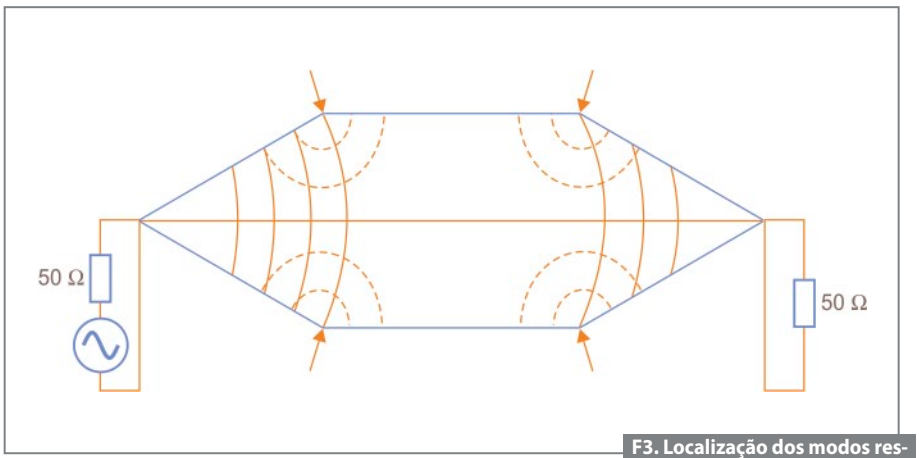
Uma célula aberta apresenta como vantagem seu custo e peso menor. Também apresenta facilidade no seu uso, uma vez que a colocação, retirada e monitoração do dispositivo em teste podem ser



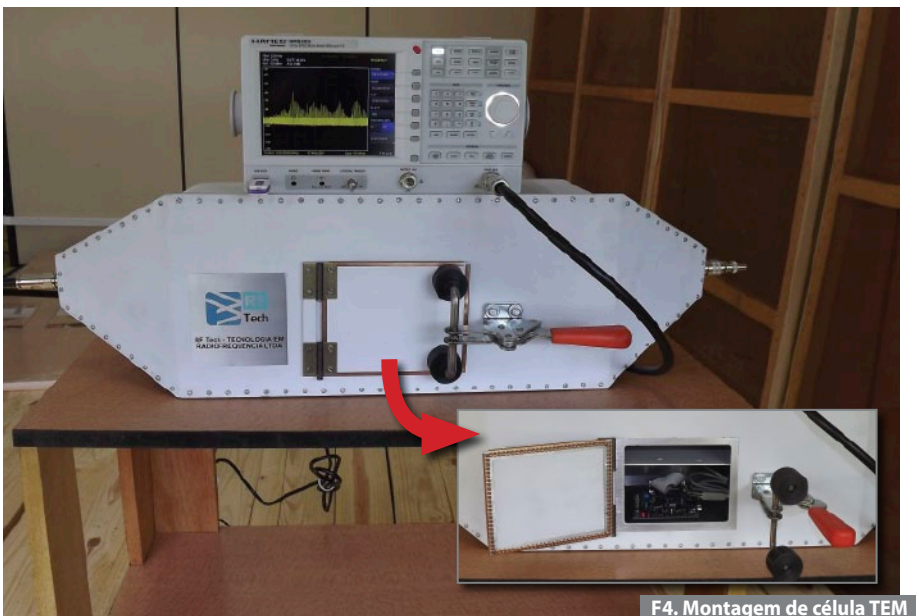
F1. Um exemplo de célula TEM.



F2. Representação da propagação de um campo TEM.



F3. Localização dos modos ressonantes numa célula TEM.



F4. Montagem de célula TEM para medição de emissão.

feitas sem a necessidade de abertura de portas. Por outro lado, apresenta como desvantagem o fato de que o campo eletromagnético em seu interior fica sujeito às condições externas, podendo sofrer ou causar interferências externas.

Uma célula TEM fechada não apresenta as desvantagens da aberta, pois a sua estrutura é totalmente blindada permitindo alta repetibilidade dos testes com variações mínimas. Os campos eletromagnéticos gerados em seu interior ficam totalmente confinados e independentes das condições externas. Isso é particularmente importante quando outros equipamentos gerando sinais eletromagnéticos são utilizados nas proximidades. Como desvantagens podemos citar custo e peso mais elevados e porta de acesso com uso obrigatório de contatos (*fingers*) e malhas de blindagem.

Operação de uma célula TEM

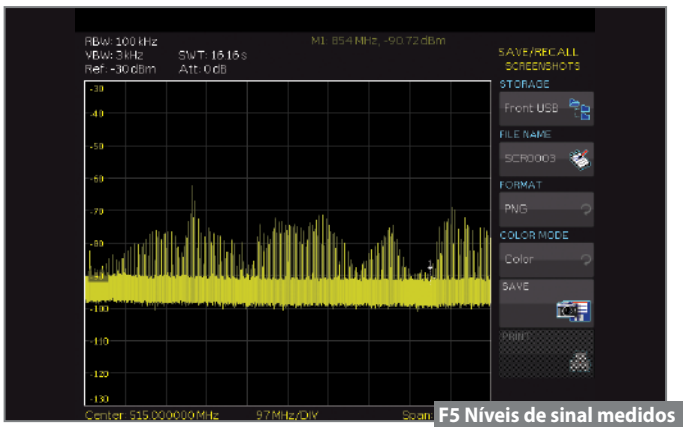
Uma célula Transversal Eletromagnética (TEM) é uma linha de transmissão coaxial com sua seção transversal expandida de forma a permitir a colocação de um dispositivo a ser testado em seu interior. Os campos eletromagnéticos gerados são, essencialmente, ondas planas com impedância de onda de 377 ohms.

Na **figura 2** vemos a representação da propagação de um campo TEM.

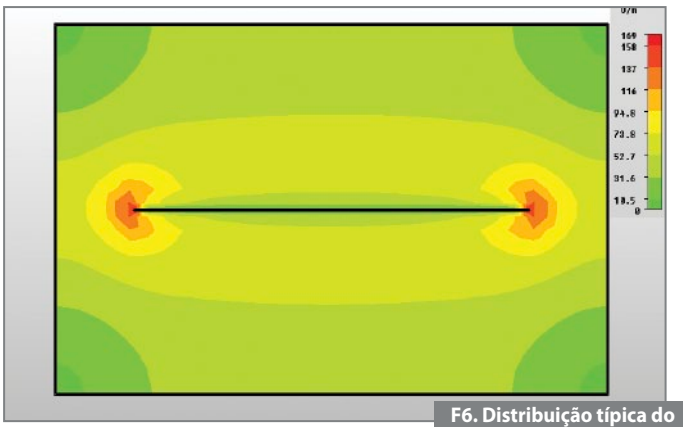
Essa característica faz com que exista uma forte correlação entre as medições feitas em uma célula TEM e medições em uma área de testes aberta (*OATS – Open Area Test Site*).

Uma célula TEM irá operar desde DC (0 Hz) até sua frequência de corte, que é determinada por suas características físicas. A frequência de corte representa o ponto onde modos de propagação superiores começam a aparecer (modos TE e TM). Esses modos aparecem em faixas bastante estreitas permitindo que uma célula TEM ainda possa ser utilizada em frequências acima da de corte, bastando evitar as frequências de ressonância. Entre essas frequências, a célula continuará gerando campos TEM.

Uma célula TEM típica consiste em uma seção retangular de uma linha de transmissão coaxial com suas duas extremidades em forma piramidal para



F5 Níveis de sinal medidos entre 30 MHz e 1 GHz.



F6. Distribuição típica do campo elétrico na célula.

casamento de impedância com conectores coaxiais, geralmente tipo N, de 50 ohms, mas podem ser encontradas células TEM com impedância de 75 ohms.

A impedância característica casa com os conectores de 50 ohms (ou 75 ohms), de forma a garantir o mínimo de reflexões de sinal, mantendo baixo o VSWR ou *Voltage Standing Wave Ratio.*

Um campo eletromagnético uniforme é criado entre as placas externas e o plano condutor central, também chamado de septo, quando um sinal de RF é entregue à célula através de um dos conectores coaxiais. Uma carga (ou terminação), com a impedância da célula deve ser conectada à porta coaxial de saída. Essa carga deve suportar o nível de potência que é fornecido à célula.

Toda célula TEM terá um volume específico onde os campos eletromagnéticos são conhecidos e que será chamado de volume de teste. É nessa região que deverá ser posicionado o dispositivo a ser testado. Isso implica em uma limitação do tamanho máximo do dispositivo que deve ser testado para cada célula TEM.

O campo elétrico, em V/m, no centro do volume de teste de uma célula TEM é dado por:

$$E = V/d = \sqrt{\rho Z_0}/d$$

Onde V é a tensão rms (V) no septo, ϱ é a potência fluindo através do septo (W), Z_0 é a impedância característica da célula (Ω) e d é a distância entre as placas superior e inferior e o septo (m).

Em baixas frequências, existe apenas o modo TEM em uma célula operando como uma linha de transmissão de 50 ohms. Conforme a frequência aumenta, modos ressonantes de ordem superior aparecem. Esses modos ressonantes ocorrem principalmente nas transições entre as seções piramidais e a retangular.

Na **figura 3** mostramos os locais onde surgem os modos ressonantes em uma célula TEM.

As ressonâncias ocorrem em banda estreita o que permite o uso da célula em frequências acima da frequência de corte, bastando evitar as frequências onde ocorrem as ressonâncias. Entre elas, a operação da célula será TEM.

Uso de uma célula TEM

A célula TEM pode ser utilizada em testes de emissão irradiada e testes de imunidade.

No caso de emissão, coloca-se o dispositivo dentro do volume de teste e conecta-se um receptor ou analisador de espectro a uma das portas da célula. Na outra porta deve estar conectada uma terminação. É importante observar que os campos eletromagnéticos dentro da célula possuem uma orientação definida, isto é, campo elétrico na vertical e magnético na horizontal e, portanto, o dispositivo dever ser testado com sua orientação alterada para os três eixos.

Na **figura 4** podemos ver uma montagem básica de uma célula TEM para medição de emissão, utilizando-se um analisador de espectro, e na **figura 5** temos o resultado da captura de tela do analisador mostrando os níveis de sinal medidos na faixa entre 30 MHz e 1 GHz.

Nos testes de imunidade, conecta-se um gerador de RF mais amplificador de potência a uma das portas e posiciona-se o dispositivo dentro do volume de teste. Variando-se a potência do sinal, varia-se o valor dos campos dentro da célula que serão aplicados ao dispositivo. Da mesma forma que nos testes de emissão, o dispositivo deve ser testado com relação aos três eixos. A terminação deve suportar a potência que atinge o conector de saída.

Na **figura 6** observamos uma distribuição típica de campo elétrico dentro da célula, em frequência abaixo da de corte.

As medições efetuadas em uma célula TEM podem ser correlacionadas com as medições efetuadas em uma câmara anecoica ou OATS, com antenas específicas para EMC, como bicônica e log-periódica, através do uso de algoritmos apropriados.

A norma IEC 61000-4-20 define o uso das células TEM e os meios de se obter essa correlação.

Conclusão

Uma célula TEM é um valioso recurso no desenvolvimento de circuitos e dispositivos eletrônicos, já que ela permite a verificação imediata do desempenho em relação a emissão eletromagnética e imunidade, reduzindo consideravelmente os custos com testes em laboratórios especializados. Considerando-se que todo dispositivo eletrônico deve atender aos limites estabelecidos pelas normas técnicas, esse procedimento, também conhecido como Pre-Compliance, irá permitir uma redução considerável de investimento em tempo e dinheiro até a aprovação final do produto.

Medidas em Circuitos com Tiristores

As formas de ondas encontradas nos circuitos de controle de potência que usam tiristores, tais como, SCRs, TRIACs, e outros, apresentam formatos que não são perfeitamente senoidais. Por esse motivo, instrumentos comuns como voltímetro, wattímetro e amperímetros, não dão indicações corretas sobre as grandezas medidas. Para trabalhar com tais circuitos é preciso contar com instrumentos e técnicas especiais que são descritas neste artigo.

Newton C. Braga

Nos controles de potência e outros circuitos que usam SCRs e TRIACs, esses componentes comutam sinais no meio dos ciclos da tensão de alimentação da rede, conforme ilustra a **figura 1**.

Se a carga for resistiva, temos, simplesmente, um corte do sinal. Se ela for indutiva, as rápidas mudanças da corrente podem fazer com que picos de tensões sejam gerados.

Isso significa que, ao analisar um circuito que trabalha desta maneira é preciso levar em conta a presença de alterações da forma de onda senoidal.

O problema maior ocorre quando usamos instrumentos comuns para a medida e que podem ter sido calibrados exclusivamente para fornecer resultados corretos quando trabalham com tensões senoidais. Isso acontece com voltímetros e wattímetros analógicos comuns e também quando usamos técnicas tradicionais de medidas com o osciloscópio.

De fato, quando vamos analisar as formas de onda de um circuito utilizando um osciloscópio comum, pontas apropriadas que contém capacitores são usadas para captar os sinais alternados, conforme mostra na **figura 2**.

Em altas frequências estas pontas não significam muito para o circuito, e praticamente nenhuma modificação na forma de onda do sinal ocorre.

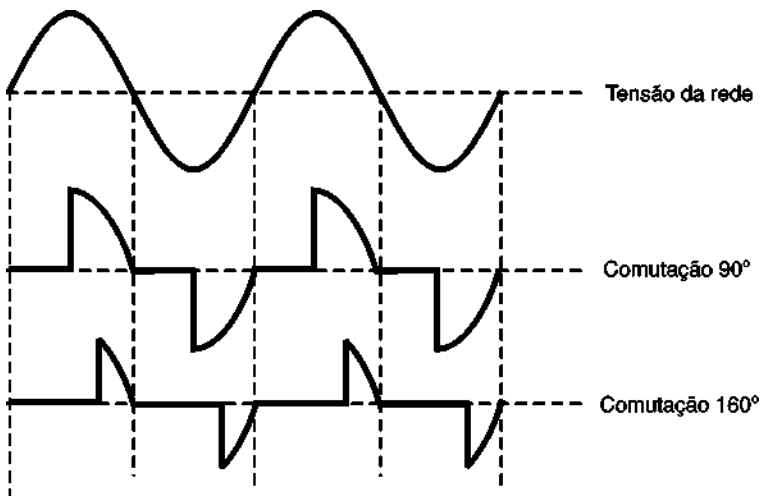
No entanto, quando trabalhamos com as baixas frequências da rede de energia, a reatância capacitiva da ponta de prova do osciloscópio poderá se tornar importante causando alterações das formas de onda observadas, veja a **figura 3**.

Para superar este problema é comum que seja empregados métodos diferentes para se obter os sinais dos circuitos que são analisados.

Um deles é através de resistores-*shunt* que são ligados em série com a alimentação como indica a **figura 4**.

Com este tipo de recurso, podem ser usadas pontas de corrente contínua que não afetam, por conseguinte, as formas de onda a serem analisadas.

Entretanto, é preciso ter em mente mais um problema que pode surgir neste caso, que é a alteração da forma de onda introduzida pelo próprio resistor no circuito.



F1. Formas de onda de um circuito com tiristor.

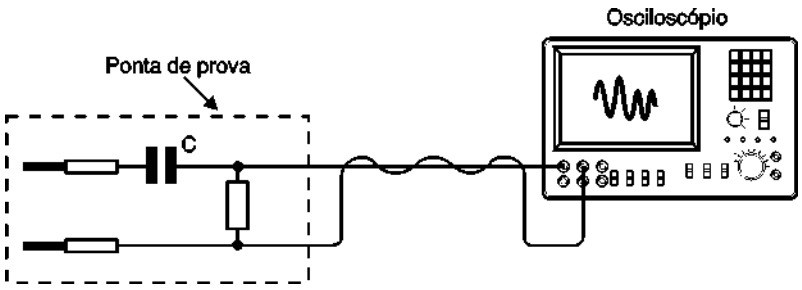
Os resistores de fio de alta potência são enrolados com fio de nicromo e, portanto, se comportam como indutância não desprezíveis neste tipo de aplicação.

Um resistor que tenha uma indutância residual de 1 µH se comporta como um resistor de 6,8 ohms em um circuito de 1 Mhz.Essa impedância é mais do que suficiente para alterar a forma de onda de um transiente rápido, observada no osciloscópio.

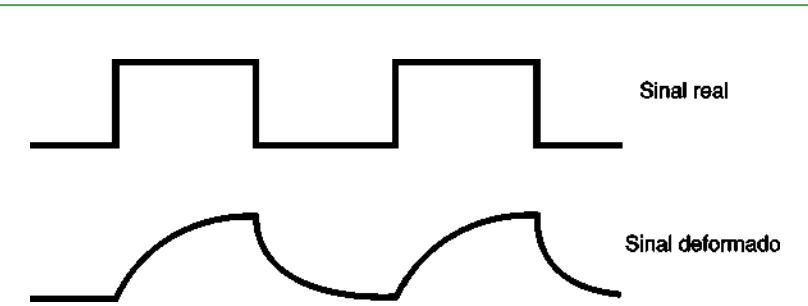
A melhor maneira de se evitar esses problemas é com a utilização de pontas de corrente que operem captando o campo magnético do circuito, de acordo com a **figura 5**.

Essas pontas operam segundo o mesmo princípio dos alicates amperométricos funcionando como transformadores de corrente.

O sinal captado pela bobina que envolve o condutor no qual se deseja levar o sinal é entregue a um amplificador de alto ganho, e depois aplicado ao osciloscópio permitindo assim que a forma de onda seja observada sem muitas deformações.



F2. Ponta de prova capacitiva.



F3. Deformação introduzida no sinal por uma capacitância.

Medidas TRUE RMS

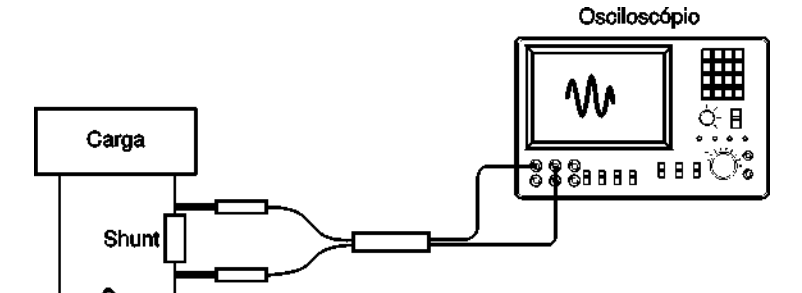
Os instrumentos de medida comuns não são *True*-RMS, ou seja, não respondem ao valor RMS verdadeiro, pois são sensíveis às formas de onda dos sinais com que trabalham. Se bem que existam multímetros e outros instrumentos de medida que possuam características *True*-RMS, em uma aplicação poderá ser necessário trabalhar com um instrumento comum, e isso significa problemas de leitura.

Para o caso de circuitos de potência que operam com SCRs e TRIACs, a deformação da forma de onda que impede que instrumentos não *True*-RMS sejam usados, e a necessidade de se monitorar corrente, tensão ou potência podem exigir cuidados especiais.

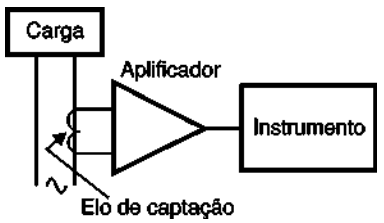
Existem alguns circuitos simples que podem ser colocados para adaptar os circuitos a instrumentos que não sejam *True*-RMS de modo que eles possam realizar esse tipo de medida.

Um primeiro circuito é mostrado na **figura 6** e faz uso de uma lâmpada incandescente comum.

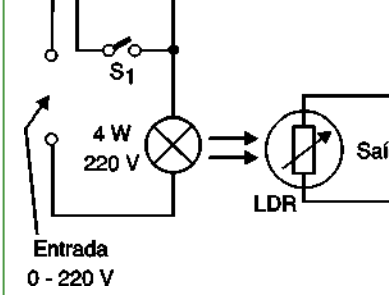
As lâmpadas incandescentes comuns, pela inércia no aquecimento do filamento, não respondem às variações rápidas da



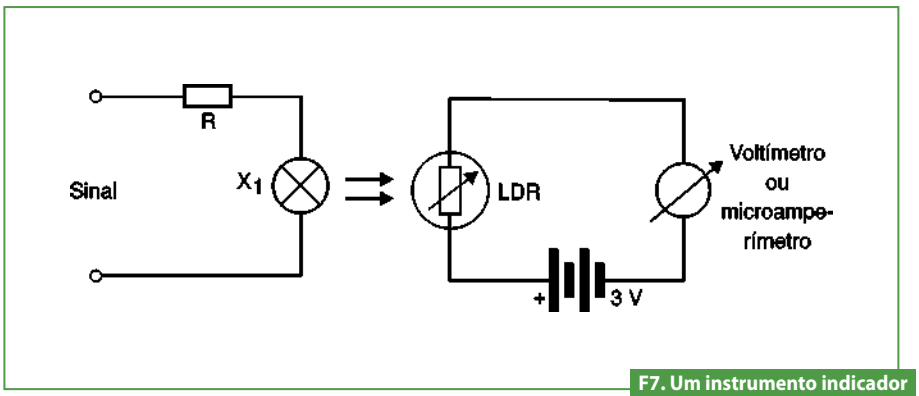
F4. Retirando amostra do sinal por uma resistência de derivação.



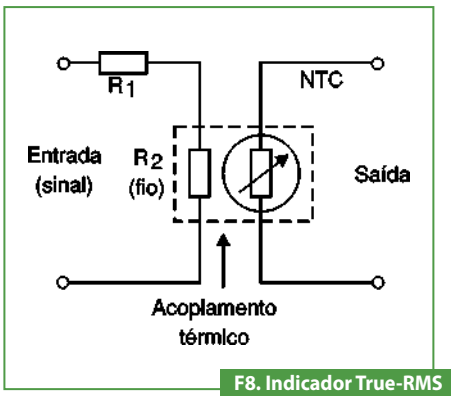
F5. Amostrando o sinal por sensor magnético.



F6. Adaptador True-RMS.



F7. Um instrumento indicador True-RMS.



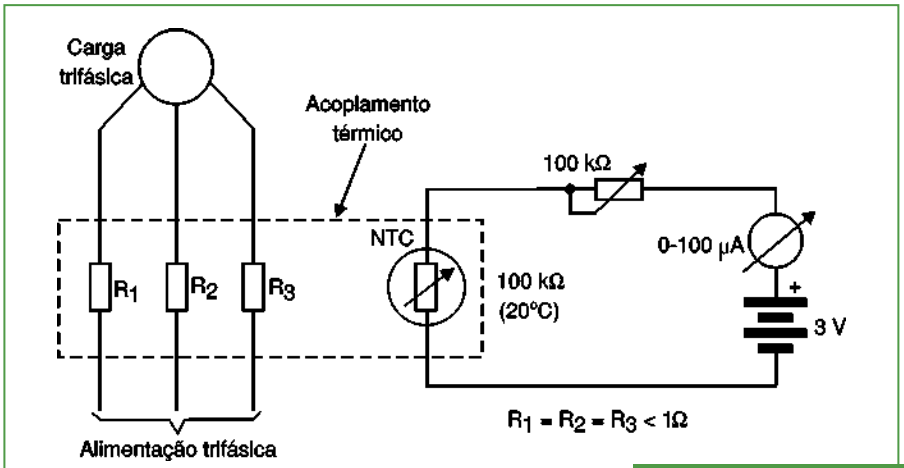
F8. Indicador True-RMS usando NTC.

tensão, e a sua temperatura ou brilho é proporcional ao valor RMS da tensão aplicada.

Esta características pode ser aproveitada para se obter um adaptador *True*-RMS para ser usado com instrumentos comuns ou mesmo para a elaboração de instrumentos indicadores com boa precisão.

No circuito ilustrado na figura 6 é usada uma pequena lâmpada de 4 W acoplada a um fotorresistor (LDR). O brilho da lâmpada será proporcional à tensão RMS no circuito, e, portanto, à excitação do LDR.

Utilizando-se um multímetro comum ou um microamperímetro com uma fonte própria pode-se calibrar a escala para valores RMS de potência ou de tensão numa carga, conforme se observa no circuito completo da **figura 7**.



F9. Um indicador de potência True-RMS usando NTC.

A lâmpada usada deverá ser de acordo com a tensão máxima que será encontrada na carga e, eventualmente, poderão ser acrescentados resistores ao circuito de modo a ser fazer a redução, caso o circuito monitorado deva trabalhar com uma tensão muito maior do que a suportada pela lâmpada.

Uma outra tecnologia que pode ser empregada para medidas RMS de potência, por exemplo, é a que faz uso de um termistor (NTC), veja o circuito básico na **figura 8**.

Da mesma forma que no caso da lâmpada, o aquecimento de um resistor é proporcional à tensão RMS nos seus terminais, e este componente tem uma inércia suficientemente grande para não responder a transientes de curta duração, mesmo os de grande intensidade.

Assim, basta montar o NTC junto a um resistor de derivação (*shunt*) ligado em série com o circuito que se deseja monitorar.

O resistor precisa ser dimensionado para fornecer uma boa faixa de temperaturas nas potências que devem ser indicadas e ao mesmo tempo não deve causar uma queda de tensão no circuito maior que 1 V.

Para a indicação podemos empregar as mesmas técnicas do circuito com LDR: ou usamos um multímetro comum medindo sua resistência e comparando o valor com uma tabela previamente elaborada, ou usamos um microamperímetro com a escala já calibrada para os valores de corrente ou potência desejados.

O importante neste tipo de circuito é que ele independe das formas de onda, tanto que pode ser usado em equipamentos alimentados por circuitos trifásicos, conforme ilustra a **figura 9**.

A ligação do resistor de derivação, neste caso, será feita na conexão à terra, de acordo com a figura, permitindo assim que a potência real consumida pelo equipamento seja monitorada independentemente da forma de onda do sinal de controle ou ainda da tensão de alimentação trifásica.

Observamos mais uma vez que os resistores de derivação devem ter valores suficientes baixos e de preferência não devem ser indutivos. Existem fabricantes de *shunts* de alta corrente que os fazem segundo uma construção "não indutiva", na forma de barras, tornando-os ideais para este tipo de aplicação.

Conclusão

A monitoração das potências consumidas pelos equipamentos de uso industrial e mesmo doméstico é, em alguns casos, um fator de extrema importância não apenas para o correto desempenho dos próprios equipamentos, mas também para o controle dos custos com energia.

O fato de controles eletrônicos causarem deformações nas formas de onda dos sinais aplicados é um problema que deve ser considerado quando acoplamos a um equipamento qualquer tipo de instrumento indicador.

O leitor deverá estar atento a estes fatos, principalmente se for um profissional que trabalha com máquinas industriais que fazem uso de tiristores tais como TRIACs e SCRs.

RF Tech

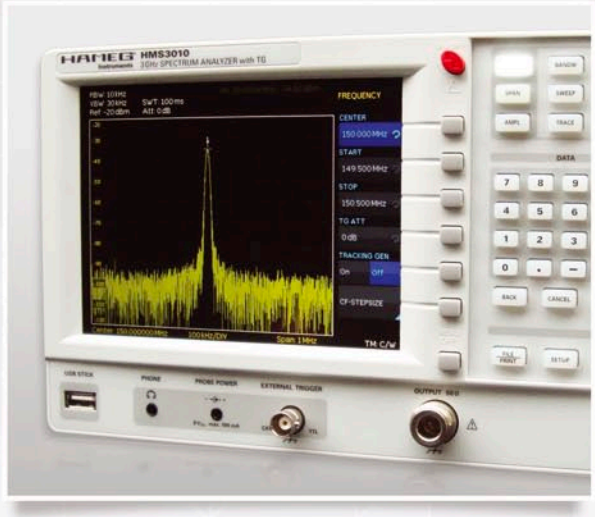
Em um mundo totalmente dependente de soluções eletrônicas, a compatibilidade eletromagnética entre equipamentos se tornou um fator fundamental.
A RF Tech projeta, fabrica e oferece manutenção em cabines de teste para todos os segmentos do mercado relacionados à radiofrequência, além de serviços de medição.



Produtos na área de RF

- Blindagem de RF para área industrial em equipamentos diversos,
- Blindagens de RF para área industrial em laboratórios de testes e ensaios,
- Blindagens magnéticas para área industrial.

As cabines blindadas modulares são as mais utilizadas em áreas industriais já que podem ser facilmente adaptadas às necessidades dos clientes, apresentam ótima resistência mecânica e podem ser rapidamente desmontadas, transportadas e montadas novamente em outro local, característica necessária para atender as constantes modificações de layout nos ambientes fabris.



Serviços na área de RF

- Serviços de medição de ruído eletromagnético (Site Survey),
- Serviços de medição de eficiência de blindagens de RF já existentes,
- Serviços de manutenção, adaptação e realocação de blindagens,
- Projetos especiais na área de blindagens eletromagnéticas.

Os serviços indicados representam parte do universo possível de áreas de atuação para trabalhos em RF. Todos os itens mencionados já foram objeto de execução ou consulta para empresas diversas, nacionais e multinacionais, nos últimos anos.

Para maiores informações, visite nosso site
ou solicite a visita de nosso representante:

www.rftechnology.com.br

Técnicas de Interfaceamento Geral

Interligar circuitos de tecnologias diferentes pode constituir-se num problema sério para os projetistas de equipamentos eletrônicos, ou mesmo para aqueles que desejam interligar equipamentos distintos. As diversas tecnologias (CMOS, TTL, NMOS, etc) exigem configurações específicas para a passagem de sinais de um circuito para outro, e a não observância deste fato pode trazer sérios problemas de funcionamento aos equipamentos. Veja, neste artigo, como interfacear circuitos de diversas tecnologias.

Newton C. Braga

Os circuitos lógicos digitais possuem características de entrada e saída que permitem seu casamento com outros elementos da mesma família. Entretanto, se quisermos interligar circuitos de famílias diferentes, essas características já não casam e problemas de transferências dos sinais podem ocorrer.

Embora esta situação não tenha sido prevista nos projetos, ela pode ocorrer exigindo que, na passagem dos sinais de um circuito para outro, quando de tecnologias diferentes, sejam utilizados blocos específicos.

Neste artigo vamos abordar alguns destes blocos, facilitando assim aos leitores que desejam fazer projetos de circuitos empregando tecnologias diferentes.

TTL para CMOS (tensões iguais)

Na **figura 1** temos o modo de fazer o correto acoplamento de um sinal de um circuito TTL passando para um CMOS. Essa técnica é válida para qualquer tipo de porta ou função das famílias. O circuito usa apenas um resistor para garantir uma carga para a saída TTL drenando uma corrente apropriada da fonte, uma vez que a entrada CMOS é de altíssima impedância.

Observe ainda que este circuito é válido para o caso em que tanto os circuitos TTL quanto os CMOS que devem ser interligados são alimentados com a mesma tensão de 5 V.

TTL para CMOS (tensões diferentes)

O circuito da **figura 2** é válido para o caso em que os circuitos TTL que devem fornecer os sinais são alimentados com 5 V e os circuitos CMOS que devem receber os sinais são alimentados com uma tensão maior do que 5 V (por exemplo 12 V).

Conforme podemos ver, temos uma etapa amplificadora de tensão com um transistor 2N2222 na configuração de emissor comum. Este circuito é válido para qualquer função TTL e qualquer função CMOS.

TTL open-collector para CMOS

O circuito mostrado na **figura 3** é válido para o acoplamento de saídas TTL em coletor aberto (*open collector*) para blocos CMOS com tensões maiores do que 5 V (diferentes do circuito TTL, portanto).

O resistor de 10 k ohms (*pull-up*) garante a polarização dos transistores de saída da porta em coletor aberto, já que não existe este elemento interno ao circuito. Este circuito é válido para funções TTL como as dos 7406, 7407, 7416, 7417 e outras de coletor aberto. Para o circuito CMOS qualquer função é compatível.

CMOS para TTL (mesma tensão)

O circuito da **figura 4** é válido para qualquer elemento TTL ou CMOS, quando ambos são alimentados com 5 V.

O resistor serve de carga para a saída CMOS drenando a corrente necessária ao seu funcionamento normal.

CMOS para TTL (tensões diferentes)

Se o circuito CMOS que deve excitar a entrada TTL for alimentado com tensão maior do que 5 V (12 V, por exemplo), deve ser usado o bloco da **figura 5**.

Neste circuito temos um transistor 2N2222 na configuração de emissor comum funcionando como um adaptador, produzindo no seu coletor um nível compatível à excitação do bloco da família TTL.

CMOS para TTL (tensões diferentes) (2)

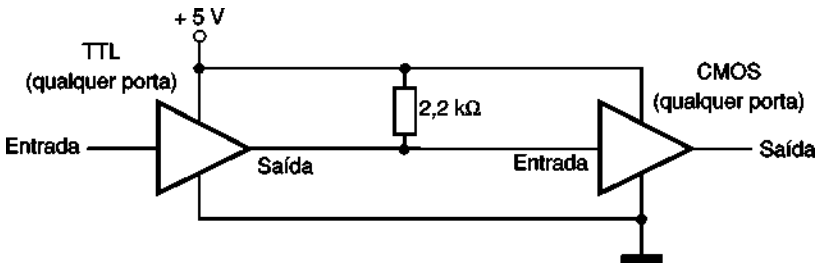
Uma outra opção para transferir sinais de bloco CMOS para blocos TTL usando agora um dos seis *buffers*-inversores de um 4049 é apresentada na **figura 6**.

Neste caso, o *buffer* é usado para fazer a adaptação do sinal, sendo alimentado por uma tensão de 5 V.

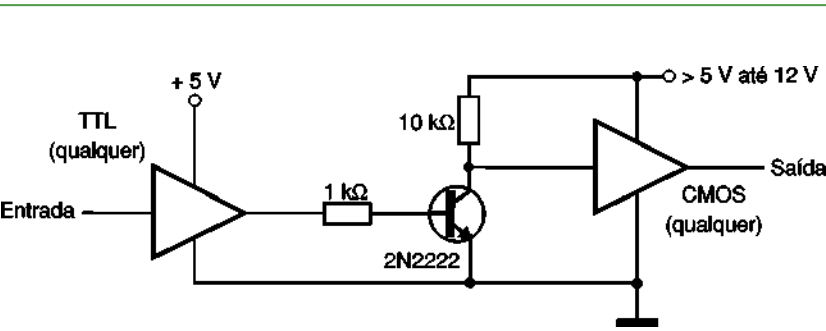
Amplificador Operacional para CMOS (tensões iguais)

Na **figura 7** mostramos o modo de fazer a transferência do sinal da saída de um amplificador operacional (ou de um comparador de tensão) para uma entrada CMOS.

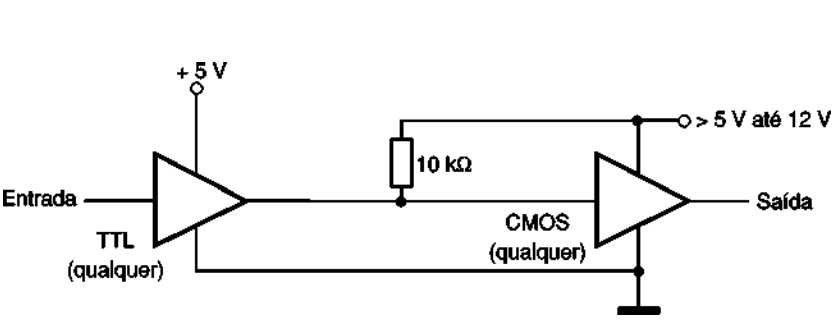
Este circuito é válido para o caso das duas tensões de alimentos serem iguais.



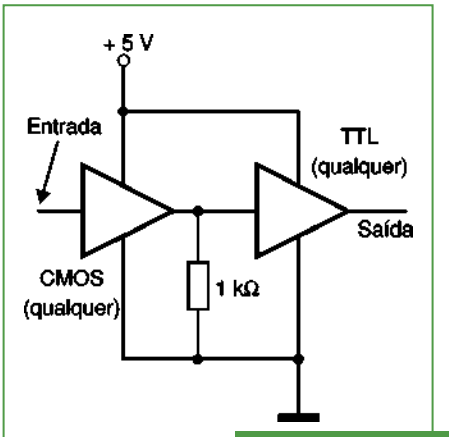
F1. TTL para CMOS (mesma tensão).



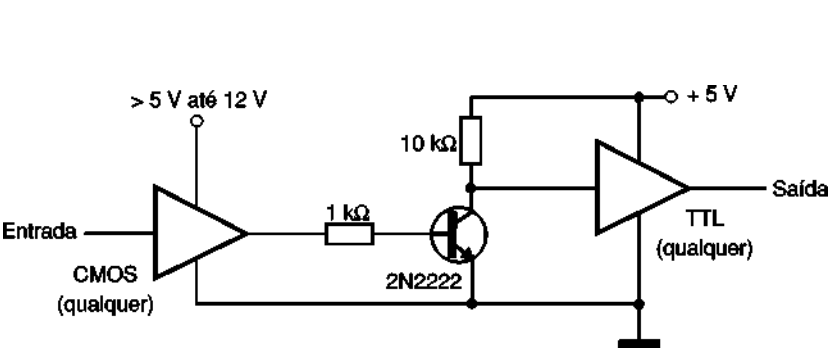
F2. TLL para CMOS com tensões diferentes.



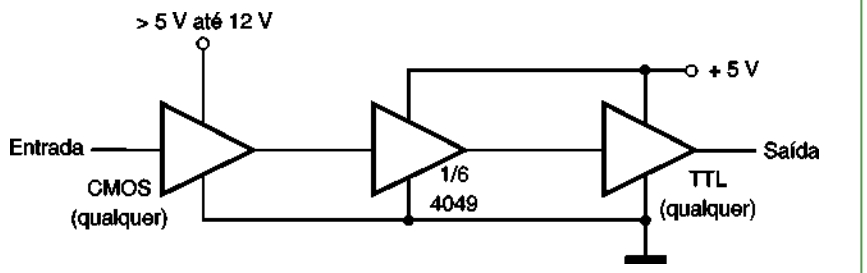
F3. TTL para CMOS (coletor aberto).



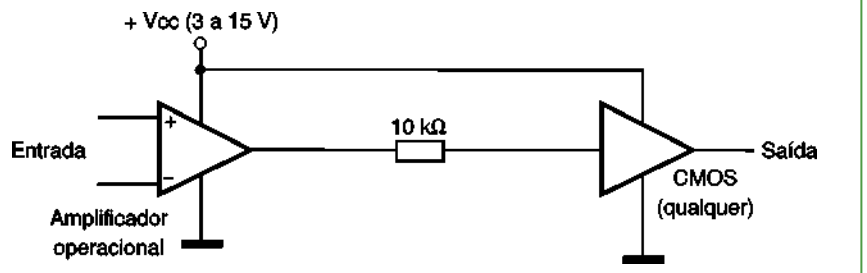
F4. CMOS para TTL – mesma tensão.



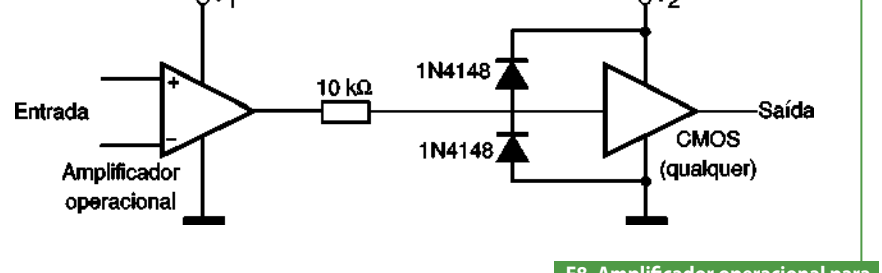
F5. CMOS para TTL – tensões diferentes.



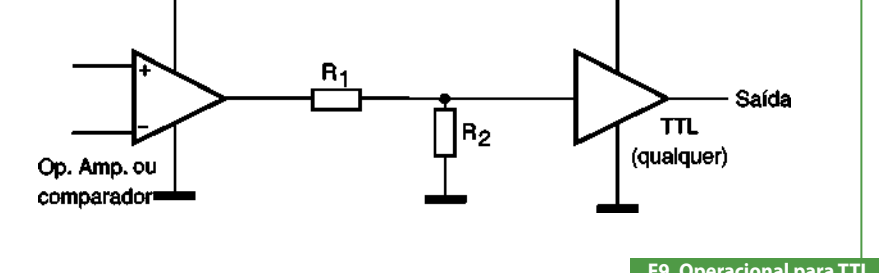
F6. CMOS para TTL – outra opção de tensões diferentes.



F7. Amplificadores operacional para CMOS – tensões iguais.



F8. Amplificador operacional para CMOS – tensões diferentes.



F9. Operacional para TTL – mesma tensão.

Família	R_1 (ohms)	R_2 (ohms)
TTL	4k7	1k5
TTL-LS	33k	47k

Tabela 1

Amplificador Operacional para CMOS (tensões diferentes)

Para o caso de amplificadores operacionais ou comparadores de tensão alimentados com tensões diferentes da usada no bloco CMOS, temos o circuito indicado para a transferência de sinais mostrado na **figura 8**.

Observe que este circuito é válido para o caso do amplificador operacional não usar fonte simétrica.

Amplificador Operacional para TTL

Desejando acoplar um amplificador operacional ou um comparador de tensão a uma entrada TTL, o circuito indicado é o fornecido na **figura 9**. Os resistores R1 e R 2 dependem da família lógica, conforme a **tabela 1**.

Observe que esse circuito é válido para o caso das tensões de alimentação dos dois blocos serem iguais.

Opto-Isolador CMOS

Na **figura 10** temos o uso de um opto-isolador para transferir sinais entre dois blocos CMOS.

O resistor R1 tem seu valor determinado pela tensão de alimentação, conforme a **tabela 2**.

Opto-Isolador TTL

Para transferir por opto-isolador sinais de dois blocos TTL temos o circuito ilustrado na **figura 11**.

Observe que temos blocos inversores e que, por isso, devem ser consideradas a fase dos sinais.

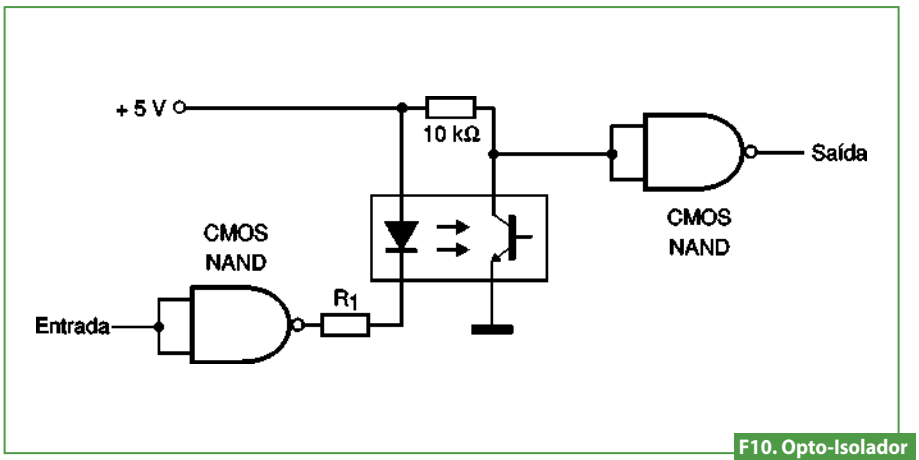
Opto-Isolador TTL para CMOS

Para transferir TTL para blocos CMOS usando um isolador óptico temos o circuito indicado na **figura 12**.

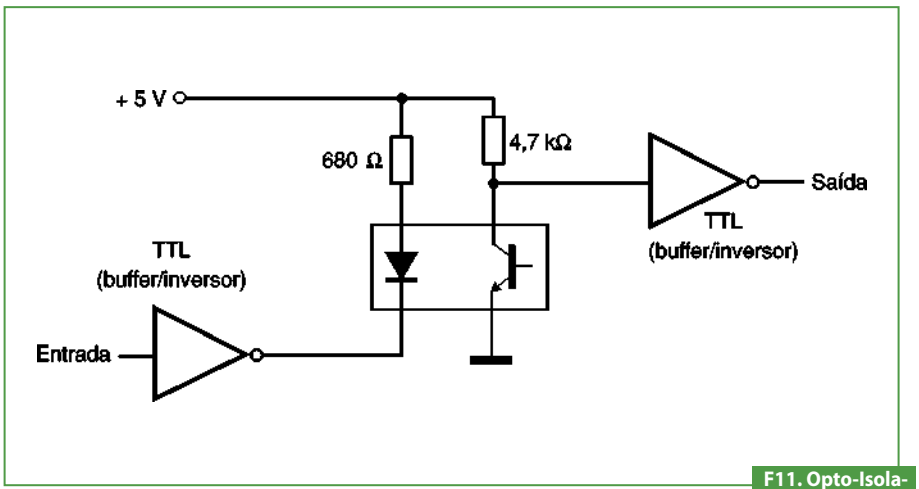
Neste caso, os circuitos são alimentados com tensões diferentes, sendo o TTL com 5 V e CMOS com outra tensão como por exemplo, 12 V.

Conclusão

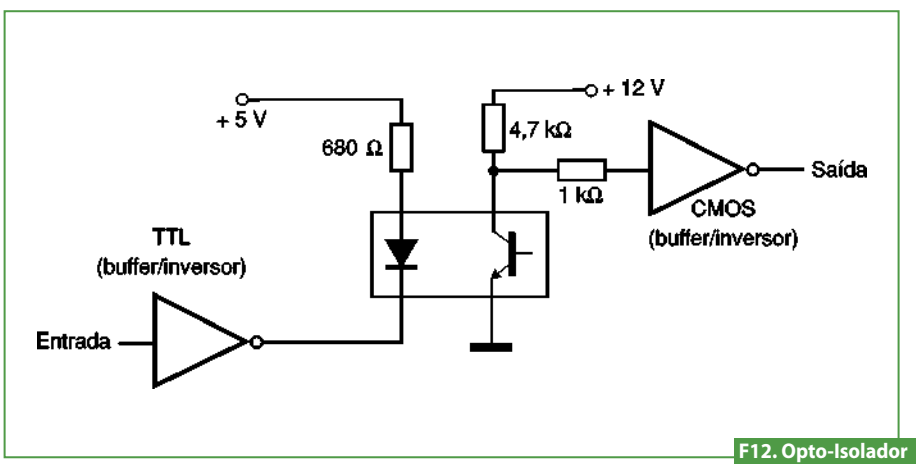
Dependendo das subfamílias TTL consideradas, podem ser necessárias alterações nos valores dos componentes usados.



F10. Opto-Isolador CMOS.



F11. Opto-Isolador TTL.



F12. Opto-Isolador TTL para CMOS.

Importante

Os circuitos integrados CMOS podem drenar ou fornecer correntes em suas saídas que dependem da tensão de alimentação, conforme a **tabela A**.

Para os circuitos TTL (standard ou regular) a corrente drenada quando a saída está no nível baixo, é maior do que a corrente fornecida quando a saída está no nível alto, conforme a **tabela B**.

Tensão de alimentação	Corrente drenada ou fornecida por saída
5 V	0,88 mA
10 V	2,25 mA
15 V	8,8 mA

Tabela A

Estado da saída	Corrente
Alto	1,6 mA
Baixo	16 mA

Tabela B



Da mesma forma, a correta transferência de sinais, quando acopladores ópticos são usados, poderá depender da sensibilidade de seu elemento sensor interno.

Poderão ocorrer casos em que os LEDs precisam de uma corrente maior para poder excitar estes elementos, quando então os resistores ligados em série deverão ter seus valores reduzidos.

É claro que sempre deve ser levada em conta a maior corrente que as saídas das famílias lógicas utilizadas podem fornecer.

Tensão de Alimentação	R_1 (ohms)
3 V	56
6 V	100
9 V	150
12 V	220
15 V	330

Tabela 2

Fórmulas para Osciladores

Newton C. Braga

UJT – Transistor unijunção

O transistor unijunção e o transistor programável unijunção (PUT) são dispositivos semicondutores destinados para uso como osciladores de relaxação e *timers*.

Fórmula 1

Veja a fórmula 1(**box 1**, lembrando que todos as fórmulas desse artigo são encontrados no mesmo box), nele: Up é a tensão de pico, em volts (V), U_D é a queda de tensão no UJT polarizado no sentido direto (0,7 V) e η é a relação intrínseca de transferência (0,3 a 0,8 para UJT comuns) e U_{BB} é a tensão entre bases, em volts (V).

Fórmula 2

Observe a fórmula 2, onde: R_{BB} é a resistência entre bases, em ohms (Ω) e R_{B1} e R_{B2} são as resistências internas equivalentes, em ohms (Ω).

Fórmula 3

Com oscilador de relaxação observe a fórmula 3, onde: f é a frequência, em hertz (Hz); R é a resistência, em ohms (Ω); C é a capacitância, em farads (F) e η é a relação intrínseca de transferência.

Fórmulas derivadas

Veremos agora algumas fórmulas derivadas:

Fórmula 4

Uma fórmula simplificada para calcular a frequência pode ser usada em aplicações menos críticas, como visto na fórmula 4, onde: f é a frequência, em hertz (Hz); R é a resistência, em ohms (Ω) e C é a capacitância, em farads (F).

Fórmula 5

Quando o circuito é usado como *timer*. Veja a fórmula 5, onde: T é o período, em segundos (s); R é a resistência, em ohms (Ω) e C é a capacitância, em farads (F).

Exemplo de aplicação: Determine a resistência a ser usada num oscilador com UJT para produzir 1000 Hz, com um capacitor de 100 nF. Dados: f = 1.000 Hz = 10^3 Hz; C = 100 nF = 0,1 x 10^{-6} F e R = ?.

Observe no cálculo 1(**Box 2**) o uso da fórmula 4. Nos cálculos 2 e 3 observe o processo de isolamento de R.

Multivibrador astável

Um multivibrador astável é formado por dois transistores bipolares ligados. Este circuito gera um sinal retangular, cuja frequência e ciclo ativo dependem do tempo de condução de cada transistor.

Fórmula 6

Pela fórmula 6, onde: tp é o tempo de condução de um transistor, em segundos (s); R é a resistência, em ohms (Ω) e C é a capacitância, em farads (F), obteremos o tempo de condução.

Fórmula 7

Frequência é dada pela fórmula 7, onde: f é a frequência, em hertz (Hz), R_1, R_2 são as resistências, em ohms (Ω) e C_1, C_2 são as capacitâncias, em farads (F).

Fórmula 8

Oscilador quadrado (50% de ciclo ativo): $R_1 = R_2 = R$ e $C_1 = C_2 = C$. Observe a fórmula 8, onde: f é a frequência, em hertz (Hz); R é a resistência, em ohms (Ω) e C é a capacitância, em farads (F).

Fórmula 9

Frequência como função de C, quando $R_1 = R_2 = R$ e $C_1 = C_2 = C$. Veja o fórmula 9, onde: f é a frequência, em hertz (Hz) e tp é o tempo de condução, em segundos (s).

Exemplo de aplicação: Determine a frequência do multivibrador astável. Dados: R1 = R2 = 100 k ohms = 100 x 10^3 e C1 = C2 = 10 nF = 0,01 x 10^{-6}. Observe os cálculos 4 e 5.

Oscilador com lâmpada de néon

Um lâmpada néon típica dispara com 70 V e, com isso, acende. Se a tensão for reduzida para algo em torno de 50 V, a lâmpada apaga e deixa de conduzir a corrente. A fórmula seguinte é válida para estes parâmetros.

Fórmula 10

Obtenha o período com a fórmula 10, onde: T é o período, em segundos (s); C é a capacitância, em farads (F); R é a resistência, em ohms (Ω); U é a ten-

são de alimentação, em volts (V); Ut é a tensão de disparo, em volts (V) – 70 tip e Uh é a tensão de manutenção, em volts (V) – 60 tip.

Formula 11

A frequência é obtida pela fórmula 11, onde: f é a frequência, em hertz (Hz); C é a capacitância, em farads (F); U é a tensão de alimentação, em volts (V); Ut é a tensão de disparo, em volts (V) e Uh é a tensão de manutenção, em volts (V).

Oscilador de deslocamento de fase

Um circuito produz sinais senoidais de baixa frequência. A faixa vai de alguns hertz a algumas centenas de quilohertz. Qualquer transistor NPN de uso geral pode ser usado na configuração básica. A seguinte fórmula é usada para calcular a frequência deste circuito.

Fórmula 12

Obtenha a frequência pela fórmula 12, onde**:** f é frequência, em hertz (Hz); Π é a constante 3,1416; R é a resistência, em ohms (Ω) e C é a capacitância, em farads (F). **Obs.:** $4{,}88 = 2\sqrt{6}$

Exemplo de aplicação: Determine a frequência de operação de um circuito oscilador.

Dados: C = 10 nF = 0,01; F = 0,01 x 10^{-6}; R = 20 k Ω = 20 x 10^{3} e f = ?. A aplicação da fórmula é vista nos cálculos 6 e 7.

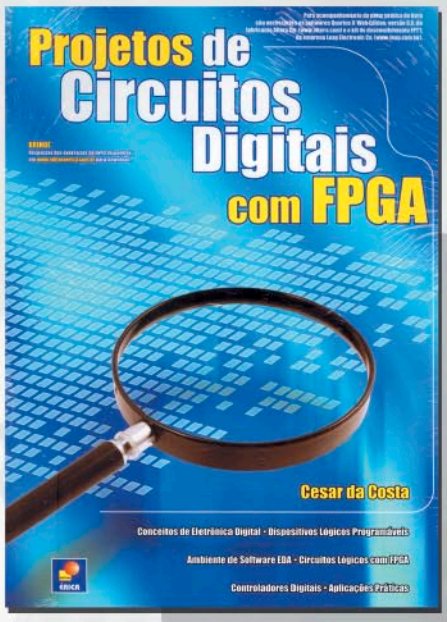
Oscilador de ponte de Wien

A configuração básica deste tipo de oscilador produz sinais senoidais numa faixa de frequência de alguns hertz e algumas dezenas de quilohertz. Nas aplicações práticas recomenda-se o uso de $C_1 = C_2$ e $R_1 = R_2$.

Fórmula 13

Observe a fórmula 13, onde: f é a frequência, em hertz (Hz), R_1 e R_2 são as capacitâncias em ohms (Ω), C_1 e C_2 são as capacitâncias em farads (F) e Π é a constante 3,1416.

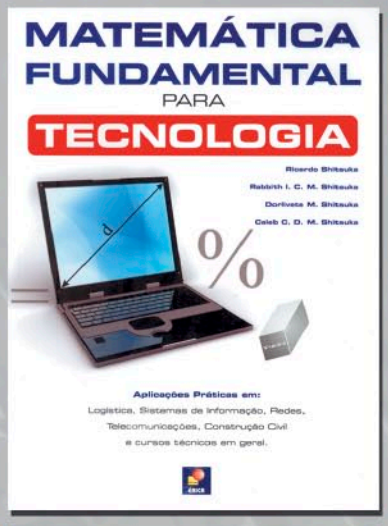
Exemplo de aplicação: Cálculo da frequência de um oscilador em Ponte de Wien, onde $C_1 = C_2 = 20$ nF e $R_1 = R_2 = 20$ k Ω. Dados: $R_1 = R_2 = 20$ k Ω e $C_1 = C_2 = 20$ nF. Observe os cálculos 8, 9, 10, 11 e 12.



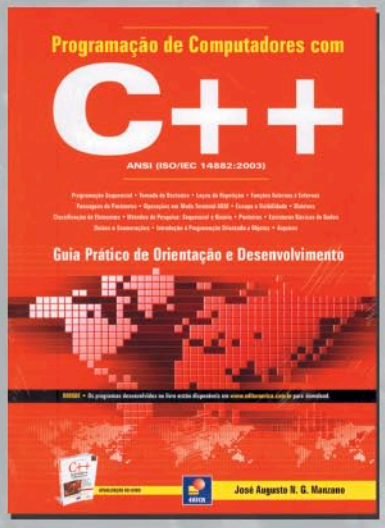
Projetos de Circuitos Digitais com FPGA

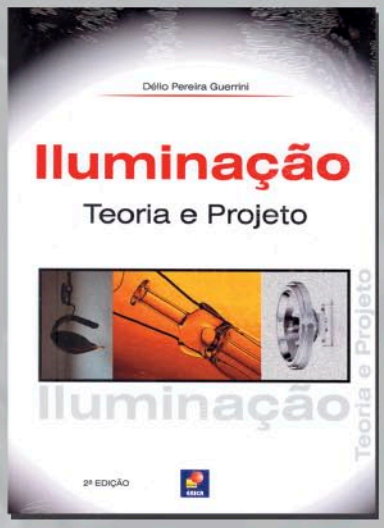
Mostra o emprego de novas ferramentas computacionais no desenvolvimento de projetos por meio de exemplos e casos práticos do dia-a-dia do projetista de circuitos digitais.
Destina-se a estudantes, professores, mestrandos e doutorandos, técnicos, autodidatas e profissionais da área.

Outros Destaques









novasaber
www.novasaber.com.br

Box 1: Fórmulas

Para melhor organização todas as fórmulas foram agrupadas neste box:

1 $$U_D = U_P + \eta \times U_{BB}$$

2 $$R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$$

3 $$f = \frac{1}{R \times Cx \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)}$$

4 $$f = \frac{1}{0{,}82 \times R \times C}$$

5 $$T = 0{,}82 \times R \times C$$

6 $$tp = 0{,}69 \times R \times C$$

7 $$f = \frac{1}{1{,}38 \times R \times C}$$
$$f = \frac{1}{0{,}69 \times (R_1 \times C_1 + R_2 \times C_2)}$$

8 $$f = \frac{1}{1{,}38 \times R \times C}$$

9 $$f = \frac{1}{2 \times tp}$$

10 $$T = R \times C \times \ln\left(\frac{U - Uh}{U - Ut}\right)$$

11 $$f = \frac{1}{R \times C \times \ln\left(\frac{U - Uh}{U - Ut}\right)}$$

12 $$f = \frac{1}{4{,}88 \times \Pi \times R \times C}$$

13 $$f = \frac{1}{2 \times \Pi \times \sqrt{R_1 \times R_2 \times C_1 \times C_2}}$$

Box 2: Cálculos

Para melhor organização todos os cálculos foram unificados e numerados neste box:

1 $$10^3 = \frac{1}{0{,}82 \times 0{,}1 \times 10^{-6} \times R}$$

2 $$R = \frac{1}{0{,}82 \times 0{,}1 \times 10^{-6} \times 10^3}$$

3 $$R = \frac{1}{0{,}82 \times 10^{-3}} = \frac{1 \times 10^3}{0{,}082} = 12{,}19 \times 10^3 = 12{,}19\ k\Omega$$

4 $$f = \frac{1}{1{,}38 \times 10 \times 10^3 \times 0{,}01 \times 10^{-6}} = \frac{1}{1{,}38 \times 10^{-3}}$$

5 $$f = \frac{1}{0{,}138} \times 10^3 = 7{,}246 \times 10^3 = 7{,}246\ kHz$$

6 $$f = \frac{1}{4{,}88 \times 3{,}14 \times 20 \times 10^3 \times 0{,}01 \times 10^{-6}}$$

7 $$f = \frac{10^3}{3{,}06} = 326{,}8\ Hz$$

8 $$f = \frac{1}{2 \times 3{,}14 \times \sqrt{20 \times 10^3 \times 20 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-9} \times 20 \times 10^{-9}}}$$

9 $$f = \frac{1}{6{,}28 \times \sqrt{160 \times 10^3 \times 10^{-12}}}$$

10 $$f = \frac{1}{6{,}28 \times \sqrt{160 \times 10^{-9}}}$$
$$f = \frac{1}{6{,}28 \times \sqrt{16 \times 10^{-8}}}$$

11 $$f = \frac{1}{6{,}28 \times 4 \times 10^{-4}}$$
$$f = \frac{10^4}{6{,}28 \times 4}$$

12 $$f = \frac{10^4}{25{,}12}$$
$$f \approx 398\ Hz$$

FIEE

27ª Feira Internacional da Indústria Elétrica, Eletrônica, Energia e Automação



RINO COM

CURTA NOSSA PÁGINA NO FACEBOOK

PARTICIPE DO MAIOR EVENTO DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA.

REALIZE SEU PRÉ-CREDENCIAMENTO PELO SITE ATÉ 29/3/2013.*

É FÁCIL, RÁPIDO E GRATUITO!

DE 1 A 5 DE ABRIL DE 2013

DAS 13 H ÀS 21 H - SEXTA, DAS 13 H ÀS 20 H

ANHEMBI • SÃO PAULO

www.fiee.com.br

Apoio Oficial: abinee

Apoio: ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas; anhembi parque www.anhembi.com.br

Organização e Promoção: Reed Exhibitions Alcantara Machado

* Proibida a entrada de menores de 16 anos, mesmo acompanhados. O evento, exclusivo para profissionais do setor, é gratuito para aqueles que fizerem seu pré-credenciamento pelo site até 29/3/2013 ou apresentarem o convite no local. Dos demais, será cobrado o valor de R$ 50,00 pela entrada, a ser adquirida no balcão de atendimento.

Suas ferramentas de medição e controle embarcados, em um único equipamento robusto



- Software gráfico
- Conectividade com sensores
- Análise de sinais
- Algoritmos de controle
- Temporização customizada
- Trigger customizado
- Conectividade com atuadores
- Armazenamento embarcado
- Redes industriais
- Sistema de expansão

A plataforma de hardware NI CompactRIO executa suas aplicações de medição e controle melhor que outros sistemas comerciais, portanto você não precisa perder tempo desenvolvendo uma solução específica. A alta qualidade das medições, associada a uma construção extremamente robusta e a capacidade de configurar o hardware pelo software de desenvolvimento de sistemas NI LabVIEW, oferece a você todos os benefícios da customização e a conveniência de uma plataforma comercial.

>> Para saber mais sobre CompactRIO, visite **ni.com/compactRIO** **(11) 3149-3149**

NATIONAL INSTRUMENTS

©2012 National Instruments. Todos os direitos reservados. CompactRIO, 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. 05053