Ano 47 Nº 454 - 2011
Europa € 3,90
Brasil R$13,90

www.sabereletronica.com.br

SABER ELETRÔNICA

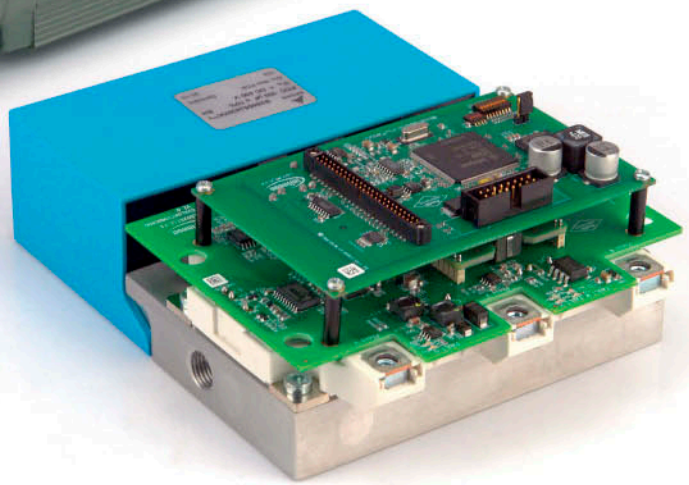
http://twitter.com/editora_saber

Industrial

E-Kart

Como funcionam os motores elétricos e o kit de controle de velocidade





Minicurso Arduino
parte 1

Minicurso LabView
parte 4

ISSN 0101-6717

Saiba mais sobre os tipos de Toroides, a Proteção Crowbar, e o uso de Cristais

Controlador Digital de Temperatura com PID

10 Circuitos Práticos de Optoeletrônica

Os Mais Confiáveis Dispositivos de Aquisição de Dados Agora Sem Fio!



Apresentando o Novo NI Wi-Fi DAQ - os dispositivos para aquisição de dados (DAQ) sem fio da National Instruments que simplificam aplicações de monitoração remota de fenômenos físicos, mecânicos, elétricos e acústicos. Os mais de 20 anos de experiência em aquisição de dados da National Instruments tornaram possível o desenvolvimento dos novos NI Wi-Fi DAQ, que integram conectividade direta com sensores, a flexibilidade da programação do NI LabVIEW e a maior segurança de rede disponível comercialmente para atender as necessidades das suas aplicações de monitoração estrutural, ambiental e industrial.

>> Conheça os novos dispositivos Wi-Fi acessando **ni.com/wifi** **(11) 3149-3149**

©2008 National Instruments. All rights reserved. LabVIEW, National Instruments, NI, and ni.com are trademarks of National Instruments.
Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. 2008-9486-301-101

NATIONAL INSTRUMENTS

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

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

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Diretor Técnico
Newton C. Braga

Conselho Editorial
João Antonio Zuffo,

Redação
Elizabete Rossi

Revisão Técnica
Eutíquio Lopez

Colaboradores
Cezar Manieri
Eutíquio Lopez
Luis Fernando Bernabe
Marcio Rogério Godoy
Newton C. Braga
Felipe Pereira
Danilo I. Brandão
Eduardo V. Liberado
Helmo K.M. Paredes
Fernando P. Marafão

Designers
Carlos Tartaglioni,
Diego M. Gomes

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

Capa
Arquivo Editora Saber

Impressão
Parma Gráfica e Editora

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

ASSINATURAS

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

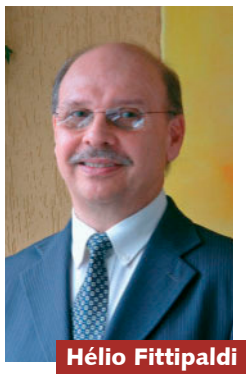
Edições anteriores (mediante disponibilidade de estoque), solicite pelo site ou pelo tel. 2095-5330, ao preço da última edição em banca.

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

Associada da:

anatec
www.anatec.org.br

Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas



Hélio Fittipaldi

Nesta edição tratamos de mais um capítulo da série E-Kart, projeto desenvolvido e montado pela Infineon da Alemanha. Nos primeiros capítulos mostramos o projeto original, procurando também evidenciar que a família de *kits* colocados no mercado pela Infineon, possibilita uma gama enorme de projetos e aplicações para vários setores.

Nestes tempos de turbulência mundial, onde o que mais se ouve é sobre a desindustrialização do Brasil, necessitamos entender bem os fatos que acontecem para tomarmos a melhor resolução que viabilize a continuidade do negócio de cada um. Assim, procuramos mostrar em nossas páginas diversos artigos que podem ser uma boa ideia a ser explorada pelos leitores.

Neste caso do E-Kart, na apresentação da série mostramos que podem ser desenvolvidos projetos como robôs industriais e militares, cadeiras de rodas, carros híbridos, empilhadeiras, próteses humanas de braços e pernas, etc. Quem sabe, isto não precisa ser fabricado aqui mesmo no Brasil, em vez de sê-lo na China !?

Por tudo isso, acreditamos que deveríamos tentar montar um protótipo deste E-Kart aqui no Brasil para mostrarmos ao público as dificuldades que pode encontrar.

É óbvio que temos muitos contatos que nos ajudam e que o leitor não teria, mas relatando tudo, sabemos que você que nos lê, terá um claro caminho a seguir.

Em princípio pensamos que nossa dificuldade maior seria com o chassi e a bateria. Agora que já firmamos acordo com: a Infineon (projeto completo), a GB & Tec (serviços de engenharia eletrônica e articulista da série), a Birel (chassi), a SEW (servomotor), a Honeywell (sensores), a National Instruments (instrumentação e software), a Samtec (conectores), a SAE (20º Congresso e Exposição Internacional SAE BRASIL de Tecnologia da Mobilidade) e outras com as quais estaremos fechando acordo nos próximos dias, sabemos que a grande dificuldade passa pela bateria de Li–Íon.

A ideia é mostrar aos leitores, passo a passo, a montagem e as dificuldades que enfrentamos para viabilizar o protótipo. Se você que nos lê, puder contribuir de alguma forma, além de comprar a revista e divulgar entre os amigos e conhecidos, escreva-nos contando para: redacao@editorasaber.com.br

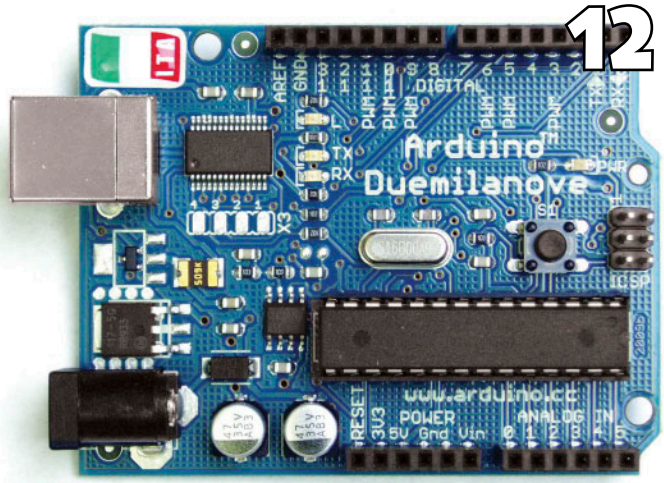
Submissões de Artigos

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.

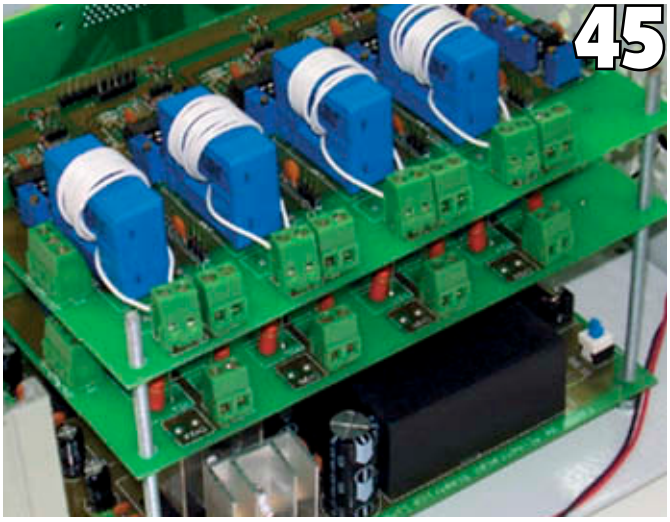
índice



12



16



45



50

Eletrônica Aplicada

12 Curso sobre Arduino – Parte 1
16 E-Kart – Parte 3

Circuitos Práticos

27 Proteção Crowbar
30 Conheça a Deriva Térmica
34 10 Circuitos de Optoeletrônica

Instrumentação

40 Fácil Medição de Tensões Parasitas com Multímetro Digital U 1272 A
42 Controlador Digital de Temperatura com Algoritmo PID
45 Ferramenta para Análise da Qualidade da Energia Elétrica
50 Minicurso LabVIEW – Parte 4

Componentes

56 Cristais
62 Toroides

Editorial 03

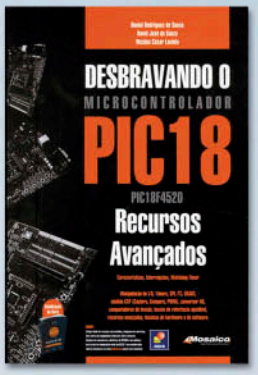
Acontece 06

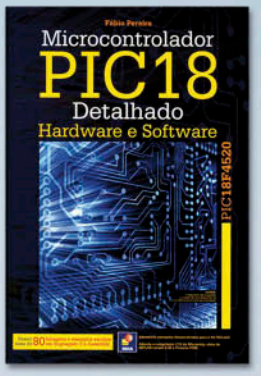
Índice de anunciantes

Nova Saber 5
Texas Instruments 9
Anatec 11
Tato 15
Arne 15
Honeywell 25
Globtek 29
Metaltex 55
National Instruments ..... 2ª capa
Cyka ..... 3ª capa
Samtec ..... 4ª capa

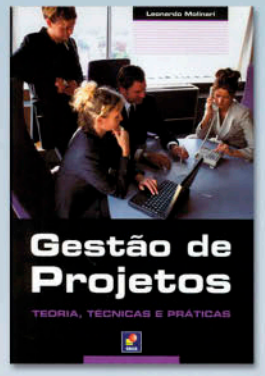
Ótimos livros por um excelente preço



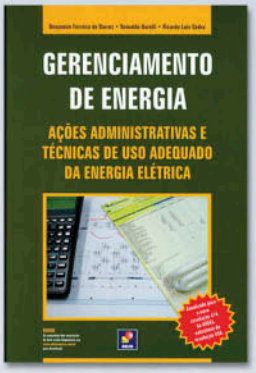


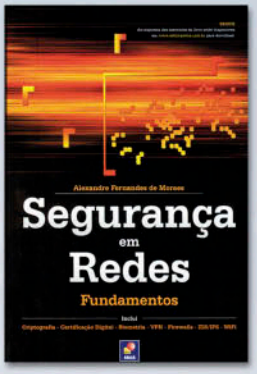




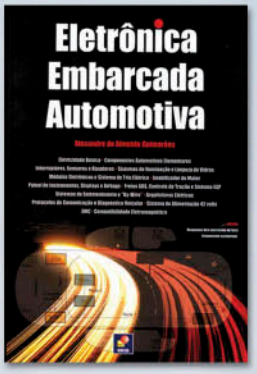


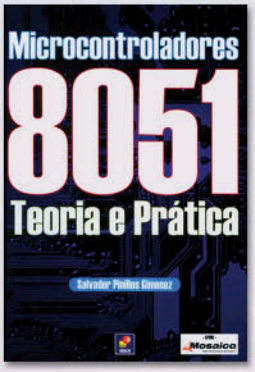


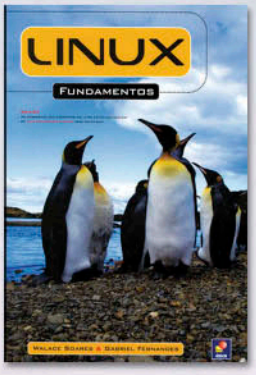


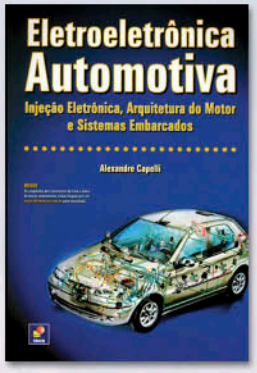












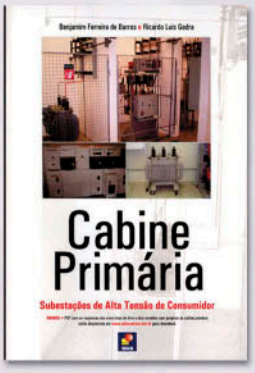














novasaber
www.novasaber.com.br

Dispositivo de gerenciamento de bateria

em um único chip para aplicações de ferramentas elétricas e e-bikes

Dispositivo independente e altamente integrado oferece proteção completa e balanceamento de células para conjuntos de baterias de lítio de 4 a 10 células

A Texas Instruments apresentou recentemente a primeira solução totalmente integrada de proteção e balanceamento de células para conjuntos de baterias Li - Íon e de fosfato férrico de lítio. O dispositivo de gerenciamento e proteção de baterias bq77910 é capaz de gerenciar conjuntos de baterias de 4 a 10 células, e dois dispositivos podem ser empilhados para proteger conjuntos de 11 a 20 células. O dispositivo simplifica os projetos de conjunto de baterias para bicicletas elétricas (e-bikes), patinetes/motocicletas elétricas, ferramentas de jardinagem portáteis, ferramentas elétricas e fontes de alimentação ininterrupta (UPS), e também pode ser usado na substituição de baterias de chumbo ácido. Para amostras e módulos de avaliação, acesse www.ti.com/bq77910-pr.

O bq77910 protege o conjunto de baterias ao monitorar a tensão de cada célula, e usa dois transistores Power MOSFETs de canal N para interromper o fluxo de corrente em situações de falha. A detecção de falhas e os critérios de recuperação do dispositivo são totalmente programáveis em memória não volátil para adequarem-se a todos os tipos de sistemas de baterias de lítio.

Principais recursos e benefícios do bq77910:

- Gerenciamento e proteção de baterias de lítio de 4 a 10 células: o monitoramento individual de cada célula e balanceamento com transistores de efeito de campo (FETs) maximiza a vida útil e o desempenho do conjunto de baterias.
- Operação em baixa potência: a corrente quiescente baixa (em geral 50 uA, 2,5 uA em modo desligado) minimiza a descarga da bateria durante a armazenagem ou períodos de inatividade para otimizar a vida útil da bateria.
- Suporte a combinações químicas adicionais nas baterias de lítio: limiares de detecção de falhas e atrasos programáveis (EEPROM) tornam o bq77910 adaptável a todas as variações de sistemas de lítio, incluindo LiCoO2 e LiFePO4.
- Solução integrada e independente não requer um controlador ou processador externo.

HetchTech apresenta tecnologia inovadora

em lousas eletromagnéticas na Office PaperBrasil 2011

A HetchTech, líder nacional na fabricação de lousas interativas, apresenta sua mais nova tecnologia na 25ª edição da Office PaperBrasil Escolar, importante feira destinada à produtos e suprimentos para escolas, papelarias e escritórios. Trata-se da lousa interativa eletromagnética, de baixo custo. A solução, destinada principalmente ao ambiente educacional, mas estendendo-se ao corporativo; possibilita que dois usuários a utilizem ao mesmo tempo, facilitando a interatividade dos usuários. Desse modo, professor e aluno podem receber o estímulo que precisavam para desenvolver o conteúdo e estabelecer uma relação mais próxima, desenvolvendo valores não só no campo curricular, mas também no que diz respeito à moral e aos bons valores. Esse lançamento HetchTech, além de toda a linha de TVs e lousas da empresa, estarão presentes nesse evento que acontecerá dos dias 22 a 24, de agosto, das 13 às 21h e no dia 25, das 11 às 18h no Parque de Exposições Anhembi, em São Paulo

Além da interatividade, a lousa eletromagnética oferece inúmeros recursos de uso sem que isso transforme sua utilização em algo difícil. A lousa eletromagnética é de fácil manuseio, com um software desenvolvido para atuar de maneira intuitiva, permitindo que professor e aluno aprendam juntos. Essa solução ainda possibilita que toda a aula seja gravada (ou reunião, no caso do ambiente corporativo), permitindo que tanto a parte escrita quanto falada seja repassada aos presentes através de e-mail ou pelo site da instituição.

"Esperamos atingir cerca de 50% no crescimento de vendas nesse segundo semestre. Os contatos que uma feira desse nível proporcionam são muito produtivos. Encontramos pessoas que realmente se preocupam com a educação no país e ao se depararem com as inovações da HetchTech ficam positivamente surpreendidas", ressaltou Adriana Damus, diretora da empresa.

A Office Paper e a HetchTech se completam. Por se tratar da maior feira do continente americano em produtos, suprimentos e acessórios para escritórios, papelarias e escolas; seus ideais casam perfeitamente com os da HetchTech. No século XXI, os estudantes e profissionais são constantemente bombardeados com inovações tecnológicas e informações advindas desses produtos. Dessa maneira, a empresa resolveu aliar o útil ao agradável, trazendo a tecnologia para as empresas e as salas de aula, tornando as aulas mais práticas e possibilitando que o conteúdo passado seja transmitido com maior eficiência, sem que se percam os valores tradicionais. Assim como a Office Paper, a HetchTech supre as demandas corporativas e educacionais, através da versatilidade de suas inovações.

Macros Periféricos para Controle de
Motor de Alta Precisão

A Fujitsu também implementou uma ampla variedade de macros periféricos para satisfazer as necessidades do controle de motores de alta precisão, aumentando assim o número de funções periféricas já existentes na família de microcontroladores FR.

Por exemplo, os µCs FM3 são dispositivos com três conversores A/D de 12 bits, independentes, de alta velocidade e precisão (conversão de +/- 2LSB 1,0 µs) que possibilitam um controle afinado de motores. O verdadeiro potencial deste projeto só é demonstrado quando os chips FM3 são empregados em servomotores de alta velocidade e precisão para aplicações de automação industrial. Além disso, decodificadores de quadratura utilizados no sensoriamento de posição do rotor reduzem a carga de trabalho da CPU.

Novos mouses da C3 Tech garantem
comodidade e estilo para os usuários

A C3 Tech, marca da fabricante brasileira de periféricos Coletek, anuncia o lançamento de dois novos modelos de mouses de sua família sem fio.

Os novos mouses, M-W950 e M-W200, são ideais para quem deseja livrar-se do incômodo dos fios, que sempre ficam embolados atrás da CPU ou atrapalham o trabalho em notebooks e netbooks. Os novos modelos da marca têm design moderno para agradar aos mais variados estilos e gostos. O modelo M-W200 está disponível em quatro lindas cores (prata, preta, vermelha e azul) além do seu design slim, o que garante estilo aos "geeks".

Uma vantagem dos aparelhos é o raio de alcance do sensor, o modelo M-W950 funciona até 10 metros de distância, e o M-W200 opera em um raio de até seis metros, o que permite muito mais comodidade para o usuário. Além disso, ambos os mouses possuem botão de rolagem, tecnologia a laser e receptor nano para uso na porta USB do computador. E mais, com a tecnologia de transmissão operando em 2,4 GHz, torna os produtos imunes a ruídos evitando que os mouses sofram interferências de outros eletrônicos.

O modelo M-W950 tem dimensões de 60 x 36 x 109 mm e possui botão de liga/desliga, o que mantém a durabilidade da bateria do equipamento por maior tempo. Para auxiliar neste fim, o mouse tem um indicador que sinaliza o nível de carga da bateria (Low Battery Indicator). Vale lembrar que este modelo é alimentado com duas pilhas AAA. Para maior conforto no uso, o mouse permite selecionar dois tipos de empunhadura apenas com a troca da sua tampa superior, de acordo com a preferência do usuário. Possui botão para seleção de velocidade (DPI), navegação (Voltar e Avançar), botão de rolagem emborrachado de alta sensibilidade e sensor com tecnologia nano "Plug and Forget".

Já o modelo M-W200 mede 60 x 25 x 102 mm. O mesmo é ambidestro com tecnologia óptica, conexão Wireless em 2,4 GHz, resolução de 1000 DPIs, botão de rolagem e possui também o sensor com tecnologia nano "Plug and Forget".

Shell elege Endress+Hauser
como fornecedora para a instrumentação de campo e serviços

A Endress+Hauser fornecerá para empresa global de energia integrada , a Shell, instrumentos de medição e controle de processo, engenharia e serviços. As empresas assinaram acordo (EFA – Enterprise Framework Agreement) com duração inicial de cinco anos.

Cooperação em escala global. A Shell elege a Endress+Hauser para o fornecimento mundial de instrumentos e tecnologias para medição de vazão, pressão, nível, temperatura e para a análise de líquidos. A especialista no fornecimento de soluções em instrumentação para automação de processos industriais, Endress+Hauser, empresa de origem suíço-alemã será a principal fornecedora de toda a instrumentação, além do gerenciamento de projetos, engenharia, manutenção, reparos e serviços nas instalações da Shell em todo o mundo.

A Endress+Hauser e a Shell desfrutam de uma estreita relação de negócios há alguns anos. Ambas empresas cooperam em uma série de grandes projetos, incluindo o projeto Pearl GTL, a maior planta no Qatar para transformação de gás para líquidos.

"Congratulamo-nos com esta oportunidade de continuar trabalhando com a Shell, diz Thomas Vogel, diretor de Negócios Internacionais da Endress+Hauser. "Estamos ansiosos para desenvolver produtos e soluções para os projetos e plantas da Shell. Temos certeza que iremos superar as expectativas e metas estabelecidas no acordo".

O acordo (EFA) abrange todas as unidades de negócios em todo o mundo, tanto em atividades do upstream (exploração e produção) quanto de downstream (refino e logística). O contrato tem um prazo de cinco anos, com opção de prorrogação por mais cinco anos.

Núcleo ARM Cortex-M3
da Fujitsu

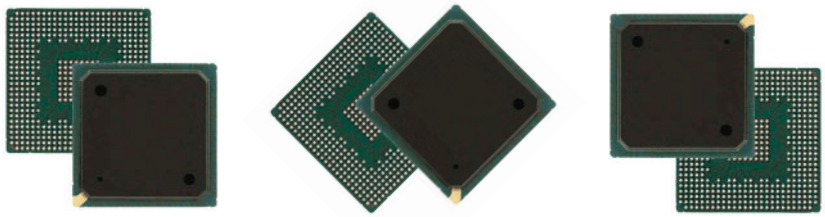
A Fujitsu Semiconductor da Europa estendeu o seu amplo portfólio de microcontroladores de 32 bits general-purpose, introduzindo 52 novos produtos desenvolvidos para eletrodomésticos, automação industrial & comercial, aparelhos e produtos de consumo digitais.

Os novos µCs fazem parte da família FM3, anunciada em novembro de 2010. Esses componentes, que são construídos em torno do núcleo global-standard ARM Cortex- M3, incorporam uma ampla variedade de características periféricas refinadas ao longo de vários anos de desenvolvimento da Fujitsu para os seus microcontroladores RISC (FR) de 32 bits.

Os 52 novos dispositivos pertencem à Linha Básica das séries MB9A310 e MB9A110. Juntamente com os µCs lançados anteriormente na Linha de Alta Performance, a família FM3 completa contém agora um total de 96 modelos para responder a uma ampla gama de exigências e necessidades dos projetos de sistemas eletrônicos.

Essa família proporciona maior liberdade de projeto e, ao mesmo tempo, uma excelente relação custo-benefício em aplicações como aparelhos eletrodomésticos, equipamentos de áudio/vídeo, aparelhos portáteis, equipamento de fábrica, produtos para área médica e, também, produtos para automação de escritórios.

"As séries MB9A310 e MB9A110 apresentam um excelente balanço entre o consumo de potência (baixo) e a relação custo-desempenho", afirmou Wolf Fronauer, que acrescentou ainda: "cada modelo das séries foi desenvolvido visando os segmentos de aplicações em rápido crescimento, a exemplo do controle de inversor usado nos principais eletrodomésticos atuais; do controle do motor e sistema em automação industrial; e do controle de outros aparelhos similares. Ao usarem os chips das séries FM3, os projetistas de sistemas eletrônicos obterão uma alta performance de processamento e um desenvolvimento de software eficiente, juntamente com uma maior possibilidade de escolha de µCs".



ChipSESD:
dispositivo de proteção contra ESD

A Tyco Electronics (TE) anunciou o aumento do seu portfólio de produtos de proteção Silício ESD (contra descarga eletrostática) com o lançamento dos dispositivos de tamanhos 0201 e 0402, os quais são mais fáceis de instalar e retrabalhar do que os tradicionais modelos ESD encapsulados como semicondutores. O invólucro do Chip SESD combina as vantagens de um componente de silício ativo com a tradicional configuração para encapsulamento passivo SMT (Surface – Mount Technology).

O funcionamento bidirecional dos dispositivos SESD0201PIBN – 090 e SESD0402PIBN – 0450 – 090 facilita a colocação na placa de circuito impresso (PCI) sem as obrigações de orientação, eliminando a necessisdade de inspeção de polaridade. Ao contrário do encapsulamento do diodo ESD convencional, com recheio embaixo do componente, o invólucro passivo dos dispositivos ChipSESD permite, inclusive, uma fácil inspeção da solda após sua montagem na PCI.

As especificações do ChipSESD mostram um "surge rating" de 2,0 A sob 8 x 20 µs e um "ESD rating" de 10 kV de descarga de contato. Sua baixa corrente de fuga (1,0 µA máx.) reduz o consumo de potência e o seu rápido tempo de resposta (menor que 1 ns) permite que o aparelho passe no Teste nível 4 da IEC 1000 –4 -2. As capacitâncias de entrada de 4,0 pµ (para o 0201) e 4,5 pµ (0402) tornam os dispositivos adequados para ajudar na proteção de:

- Telefones celulares e aparelhos eletrônicos portáteis;
- Câmeras digitais e camcorders;
- Portas I/O de computadores;
- Teclados, linhas de baixa tensão CC, alto-falantes, fones de ouvido, e microfones.

"A crescente tendência de miniaturização dos componetes discretos traz dificuldades e desafios para os projetistas, principalmente quanto ao tempo gasto com prototipagem e retrabalho, bem como em relação às questões do controle de processo de fabricação", atesta a gerente de Produto Nicole Palma. Os novos dispositivos ChipSESD da TE ajudam a resolver os desafios de fabricação e montagem e a acelerar o tempo de marketing. Eles demonstram também o compromisso da TE em fornecer um portfólio amplo com as soluções SMT de mais alta performance (na menor escala) para os consumidores da indústria eletrônica.

CHEGANDO ONDE NENHUM MICROCONTROLADOR JAMAIS ESTEVE

FRAM DA TEXAS INSTRUMENTS. MUDANDO PARA SEMPRE A MEMÓRIA DE ULTRA-BAIXO CONSUMO



TEXAS INSTRUMENTS

- Líder em consumo ultra-baixo operando a 100µA/MHz
- Retenção de gravação ilimitada
- Garantia de Gravação
- Gravação no modo "No Power"
- Acesso mais rápido à memória
- Estabilidade Superior
- Resistente à radiação
- Maior confiabilidade
- Compatível com os códigos de todos os dispositivos MSP430 anteriores



Disponibilizado para você pela linha de microcontroladores MSP430 da Texas Instruments. – O Microcontrolador de menor consumo de energia do mundo.

www.ti.com/fram



9º TI TECH DAY 2011

Seminários e Showcase de Tecnologias digitais e analógicas para a nova geração de seus produtos

- ***8 Seminários Técnicos** ministrados por experts da TI*
- ***6 Hands on** de novas Tecnologias*
- ***Showcase** dos diversos produtos da TI, dos parceiros de desenvolvimento e Third Parties*
- ***Distribuidores** para ajudar no desenvolvimento de seus projetos e viabilizar a compra de produtos*

RESERVE ESTA DATA: 31 de Agosto das 8h as 18h no São Paulo Center

Av. Lineu de Paula Machado, 1088 / 1100 - Cidade Jardim - SP
(em frente às tribunas especiais do Jockey Club)

Não perca esta oportunidade!

Aumente a visibilidade de sua empresa, faça novos contatos e concorra a diversas ferramentas de desenvolvimento.

Acesse nosso site e participe: www.ti.com/brasil

TEXAS INSTRUMENTS

A Série de Terminais de Entretenimento
de "Cuidados com a Saúde", da Advantech:

Seguindo as bem-sucedidas interfaces para Windows Embedded, Windows 7, e as distribuições Ubuntu e Fedora Linux, a Divisão de Terminal de Entretenimento Aplicado da Advantech anunciar que concluiu a conversão da série de Terminal de Entretenimento de Cuidados com a Saúde (HIT) para o Android 2.2 (Froyo) OS kernel. Isto marca a primeira série de produto Advantech que suporta a crescente plataforma Android. Um Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) com aplicativo pronto e com drivers também estão disponíveis para o sistema operacional Android, tal como sistemas de entretenimento, restauração eletrônica de dados, sistemas de identificação de paciente e home care.

Em apenas dois anos, o Android se tornou um sistema operacional móvel amplamente utilizado, suportando tudo, desde notebooks até smartphones e tablets. Primeiramente, os dispositivos de jogos e de entretenimento adotaram o Android, mas conforme o sistema operacional cresceu na popularidade, muitos novos "apps" criativos e úteis chegaram ao mercado.

Em uma ação assertiva, o Google recentemente se associou com o MasterCard e o Citigroup para trazer o Sistema de Pagamento NFC para os Estados Unidos, lançando um programa nas áreas da Baía de São Francisco e de Nova Iorque. Em breve, os clientes usuários dos cartões Citigroup poderão ativar um "app" projetado especificamente para os smart phones Android habilitado para NFC. O "app" permitirá que os usuários paguem suas compras passando seus celulares em um leitor de lente de contato.

Com os sensores de leitura/escrita RFID embutidos, e agora com a força do Android, os sistemas da série HIT estão perfeitamente equilibrados para tirar vantagem dos novos "apps" de Pagamento NFC lançados no mercado. E com outras características como Wi-Fi embutido e leitor de Smartcard, os produtos da série HIT são uma excelente escolha para os terminais de serviço em cloud nos lugares públicos. Eles podem se conectar aos dispositivos Android pessoais e processar pagamentos e transações com a agitação da mão.

Os terminais de Entretenimento de "Cuidados com a Saúde" da Advantech são projetados para satisfazer a crescente demanda por rapidez, segurança e sistemas de comunicação mais confiáveis, elevando a qualidade do serviço e aumentando a eficiência em hospitais e outras instalações relacionadas ao cuidado com a saúde. A completa linha de produtos consiste em terminais de 12,1", 15,6" e 18" que estarão no mercado na primeira metade de 2011.

Equipamentos Instrutherm
para segurança do trabalho na Expo Proteção 2011

A Instrutherm na Expo Proteção, feira segmentada que acontece de 10 a 12 de agosto em São Paulo, no Expo Center Norte, pavilhão verde. A empresa lança seu novo detector de fuga de gás e demonstra a utilização de alguns dos equipamentos mais procurados pelo setor.

O DFG-5000, a novidade, tem a função de detectar a presença de gás natural e GLP no ambiente, com sensor semicondutor, frequência de alarme de 200 Hz-05 KHz, modo de alarme LED e sonoro, temperatura de operação de 0 a 50 graus celsius, umidade de operação inferior a 85% U.R. e fonte de alimentação a bateria interna de 3,7V-300mA/h.

Já entre os aparelhos mais procurados para segurança do trabalho, o DOS-500 é o carro-chefe do portfólio da Instrutherm. Em nova versão, o dosímetro de ruído tem função de pausa durante a dosimetria, capa protetora, projeção de resultados para 8 horas e bloqueio de teclado. Trata-se de um aparelho que mede em decibéis o nível de ruído a que o trabalhador está constantemente exposto, a fim de preservar a saúde do profissional.

"Esse dosímetro é um equipamento de configurações e tecnologia únicas da nossa marca. Sendo de fornecimento exclusivo da Instrutherm para atuar no mercado nacional. Oferecemos assistência técnica, garantindo a qualidade do produto, que passa por um rigoroso controle de qualidade", ressalta Evair Menezes Caetano, gerente geral da companhia.

Também estará em destaque o medidor de stress térmico, modelo TGD-400, que emite relatórios em lista e gráficos, e possui função de anemômetro, que mede a velocidade do ar auxiliando no cálculo da temperatura efetiva, característica essa que destaca o instrumento frente aos demais do mercado. O TGD-400 é indicado aos profissionais que trabalham em ambientes expostos ao frio ou calor insalubre. Tem função data logger e capacidade para armazenar 65 mil leituras, que posteriormente podem ser visualizadas em listas e gráficos.

Além disso, a Instrutherm apresenta o medidor de vibração do corpo humano MV-100, utilizado em situações em que o indivíduo está sujeito a altos níveis do fenômeno, influenciando diretamente no seu bem-estar e saúde, como operadores de britadeiras no ramo da construção civil, motoristas de ônibus ou máquinas agrícolas, entre outros.

LIGHT



Publicações segmentadas. Leia quem escreve sobre o que você precisa saber.

Prefira sempre uma publicação especializada no seu setor de atividade. Ela vai tratar com maior profundidade dos temas que mais interessam a você. Saiba mais sobre as revistas segmentadas: www.anatec.org.br – 011 3034 4566 e 3034 2550. Nós entendemos disso há 25 anos.

25 anos

anatec
www.anatec.org.br

Curso sobre Arduino

•Arduino Duemilanove•

Parte 1

Primeiro artigo de uma série correspondente a um Curso sobre a Tecnologia Arduino. Tratamos aqui da aplicação "Arduino Duemilanove", recente placa microcontroladora USB lançada em 2009

Filipe Pereira
filipe.as.pereira@gmail.com

Apresentação do Arduino Duemilanove: É uma placa microcontroladora baseada no µC ATmega 328 (*datasheet*). Ela tem 14 pinos I/O digitais, 6 entradas analógicas, um oscilador de 16 MHz (a cristal), uma conexão USB, um jaque de alimentação, um header ICSP, e um botão de reset. Ela contém tudo o que é necessário para o suporte do µC, ligando-a simplesmente a um computador através de um cabo USB, ou alimentando-a com um adaptador AC/AD (ou bateria) para dar a partida.

Duemilanove (que significa dois mil e nove, em italiano) é o mais recente modelo do Arduino. Analisemos suas especificações na **tabela 1.**

Alimentação

O Arduino Duemilanove pode ser alimentado pela ligação USB ou por qualquer fonte de alimentação externa. A fonte de alimentação é selecionada automaticamente.

Alimentação externa (não USB) pode ser tanto de uma fonte como de uma bateria. A fonte pode ser ligada com um plugue de 2,1 mm (centro positivo) no conector de alimentação. Cabos vindos de uma bateria podem ser inseridos nos pinos GND (massa) e Vin (entrada de tensão) do conector de alimentação.

A placa pode funcionar com uma alimentação externa de 6 a 20 volts.

Entretanto, se a alimentação for inferior a 7 volts, o pino 5 V pode fornecer menos de 5 volts e a placa poderá ficar instável. Se a alimentação for superior a 12 volts, o regulador de tensão poderá sobreaquecer e avariar a placa. A alimentação recomendada é de 7 a 12 volts.

Os pinos de alimentação são:

- **VIN** - Entrada de alimentação para a placa Arduino quando uma fonte externa for utilizada. Poder-se-á fornecer alimentação por este pino ou, se for usar o conector de alimentação,empregar a alimentação por este pino.
- **5V** - A fonte de alimentação utilizada para o microcontrolador e para outros componentes da placa pode ser proveniente do pino Vin através de um regulador *on-board*, ou ser fornecida pelo USB ou outra fonte de 5 volts.
- **3V3** - Alimentação de 3,3 volts fornecida pelo *chip* FTDI. A corrente máxima é de 50 mA.
- **GND** - Pino terra ou massa.

Memória

O ATmega328 tem 32 KB de memória flash para armazenar código (dos quais 2 KB são utilizados pelo *bootloader*), além de 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*), que pode ser lida e escrita através da biblioteca EEPROM.

Entrada e Saída

Cada um dos 14 pinos digitais do Duemilanove pode ser utilizado como entrada ou saída, usando as funções de pinMode(), digitalWrite(), e digitalRead(). Eles trabalham com 5 volts. Cada pino pode fornecer ou receber um máximo de 40 mA e tem uma resistência de *pull-up* interna (vem desligada de fábrica) de 20-50 kΩ. Além disso, alguns pinos têm funções específicas, a saber:

- **Serial:** 0 (RX) e 1 (TX) – são usados para receber (RX) e transmitir (TX) dados série, TTL. Estes pinos são ligados aos pinos correspondentes do chip serial FTDI USB-to-TTL
- **External Interrupts: 2 and 3** - Estes pinos podem ser configurados para ativar uma interrupção por um baixo valor, uma elevação ou *falling edge* ou uma mudança de valor. Veja a função attachInterrupt() para mais pormenores.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, e 11** - Fornecem uma saída analógica PWM de 8-bit com a função analogWrite().
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)** - Estes pinos suportam

Microcontrolador	ATmega328
Tensão de funcionamento	5 V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12 V
Tensão de entrada (limites)	6-20 V
Pinos E/S digitais	14 (dos quais 6 são saídas PWM)
Pinos de entrada analógicos	6
Corrente DC por pino E/S	40 mA
Corrente DC por pino 3.3 V	50 mA
Memória Flash	32 KB, sendo 2 KB utilizados pelo bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

T1. Especificações técnicas.

comunicação SPI, que embora compatível com o hardware, não está incluída na linguagem do Arduino.

- **LED: 13** - Há um LED já montado e ligado de origem ao pino digital 13. Quando o pino está no valor HIGH, o LED acende; quando o valor está em LOW, ele apaga. O Duemilanove tem 6 entradas analógicas e cada uma delas tem uma resolução de 10 bits (i.e. 1024 valores diferentes). Por padrão, elas medem de 0 a 5 volts, embora seja possível mudar o limite superior usando o pino AREF e um pouco de código de baixo nível. Adicionalmente alguns pinos têm funcionalidades específicas, a saber:
- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL) -** Suportam comunicação I²C (TWI) usando a biblioteca Wire (documentação no *site* do WIRE).

Há ainda mais alguns pinos na placa:

- AREF - Referência de tensão para entradas analógicas. São usados com o analogReference().
- Reset - Envia o valor LOW para efetuar o RESET ao microcontrolador. É tipicamente utilizado para adicionar um botão de *reset* aos *shields* que bloqueiam o que há na placa.

Analise o diagrama de blocos entre os pinos do Arduino e as portas do ATmega 168 e referência do ATmega328. Veja, na **figura 1,** a representação esquemática do Arduíno Duemilanove.

É ainda importante referir que a corrente máxima por cada pino analógico e digital é de 40 mA, com exceção da saída que providencia 3,3 V, que permite correntes máximas de 50 mA.

De acordo com Sousa and Lavinia, 2006, a capacidade de utilizar *Pulse Width Modulation* (PWM) é muito importante, pois permite obter uma tensão analógica a partir de um sinal digital, ou seja, de um sinal que apenas pode assumir o estado lógico 0 (0 V) ou 1 (5 V). O conceito de PWM é usado para referir sinal que possua uma frequência constante e um "duty-cicle" variável.

Comunicação

Com o Arduino Duemilanove, a comunicação com um computador, com outro Arduino ou com outros microcontroladores é muito simplificada. O ATmega328 permite comunicação série no padrão UART TTL (5V), que está disponível nos pinos digitais 0 (RX) e 1 (TX), vide **figura 2**. Um chip FTDI FT232RL na placa encaminha esta comunicação série através do USB e os drives FTDI (incluído no software do Arduino) fornecem uma porta COM virtual para o software no computador. O software Arduino inclui um monitor série que permite que dados simples de texto sejam enviados à placa Arduino.

Os LEDs RX e TX da placa piscam quando os dados estão para ser transferidos para o computador pelo chip FTDI. Pela ligação USB não dá quando há comunicação série pelos pinos 0 e 1.

A biblioteca SoftwareSerial permite a comunicação série por quaisquer dos pinos digitais do Duemilanove.

O ATmega328 também oferece suporte aos padrões de comunicação I²C (TWI) e SPI. O software do Arduino inclui uma biblioteca Wire para simplificar o uso do bus I²C; para usar a comunicação SPI, veja a folha de informações do ATmega328.

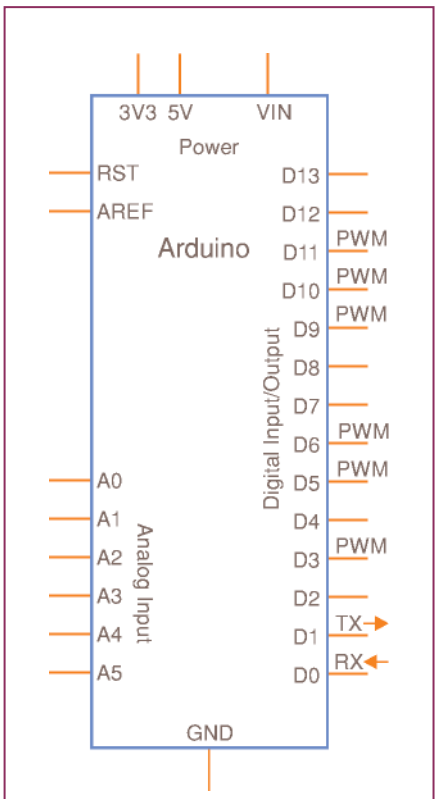
Programação

O Arduino Duemilanove pode ser programado com o software Arduino (*download*).

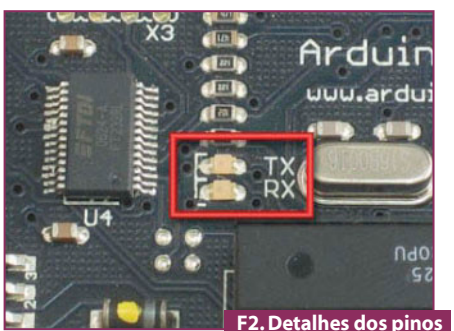
O ATmega328 no Arduino Duemilanove vem pré-gravado com um bootloader que permite enviar novos programas sem o uso de um programador de hardware externo. Ele se comunica utilizando o protocolo original STK500 (referência, C header files). Também poder-se-á programar o ATmega328 através do ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) header;

Reset automático (Software)

Algumas versões anteriores do Arduino requerem um reset físico (pressionando o botão de reset na placa) antes de carregar um *sketch*. O Arduino Duemilanove é projetado de modo a permitir que isto seja feito através do software que esteja correndo no computador a que está ligado. Uma das linhas de controle de hardware (DTR) do FT232RL está ligada ao reset do ATmega328 por via de um condensador de 100 nF.



F1. Representação esquemática.

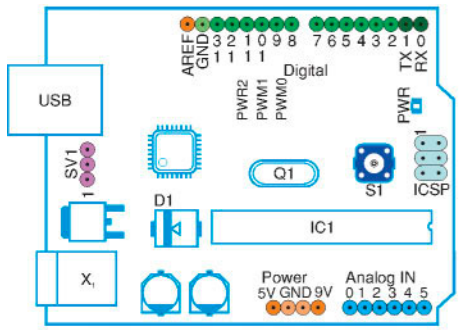


F2. Detalhes dos pinos digitais TX e RX.

Quando é feito reset a esta linha (ativo baixo), o sinal cai por tempo suficiente para efetuar o reset ao chip. O software Arduino usa esta característica para permitir carregar o programa simplesmente pressionando-se o botão "upload" no ambiente Arduino. Isto significa que o "bootloader" pode ter um "timeout" mais curto, já que a ativação do DTR (sinal baixo) pode ser bem coordenada com o início do "upload".

Esta configuração tem outras implicações. Quando o Duemilanove está ligado a um computador com o Mac OS X ou Linux, ele faz o reset cada vez que a ligação é feita por software (via USB). No próximo

meio segundo aproximadamente, o bootloader estará rodando no Duemilanove. Considerando que é programado para ignorar dados espúrios (i.e. qualquer coisa a não ser um "upload" de um novo código), ele interceptará os primeiros bytes dos dados que são enviados para a placa depois que a ligação for aberta. Se um "sketch" rodando na placa receber uma configuração de uma vez, ou outros dados ao inicializar, dever-se-á assegurar que o software está em comunicação e espere um segundo depois de aberta a ligação, antes de enviar estes dados.



-Analog Reference pin-AREF (Laranja)
-Digital Ground (Verde Claro)
-Digital Pin 2-13 (Verde)
-Digital Pins 0-1/Serial In/Out-TX/RX (Verde Escuro)(*)
-Botão de Reset - S1 (Azul Escuro)
-In-Circuit Serial Programmer-ICSP (Azul verde)

(*) Ester Pinos não podem ser usados para digital i/o (digitalRead e digitalWrite) se estiver usando comunicação serial (Serial begin).

F3. Vista da placa.

Proteção contra sobrecorrente USB

O Arduino Duemilanove tem um fusível que protege a porta USB do seu computador contra curto-circuito. Apesar da maioria dos computadores possuírem proteção interna própria, o fusível proporciona uma proteção extra. Se mais de 500 mA foram aplicados na porta USB, o fusível irá automaticamente interromper a ligação até que o curto ou a sobrecarga seja eliminada.

Características físicas

O comprimento e largura máximos do Duemilanove são 2,7" (68,50 mm) e 2,1" (53,34 mm) respectivamente, com o conector USB e o *jack* de alimentação indo um pouco além destas dimensões. Três furos de fixação permitem a montagem da placa numa superfície ou caixa. Note que a distância entre os pinos de entrada e saídas digitais nº 7 e nº 8 é de 160 mil (milésimos de polegada), não é sequer múltiplo do espaçamento de 100 mil dos outros pinos. Observe na **figura 3**.

O que são Shields?

São "Escudos", extensões do Arduino que permitem interagirem com tecnologias diversas facilmente. Acompanhe alguns exemplos ilustrados na **figura 4**.

Como usar as Shields?

Conecta-se sobre o Arduino quantas se quiser. Veja a **figura 5**.

Conversão A/D

Este fator é de grande interesse e a sua compreensão é fundamental para perceber os valores obtidos nos pinos analógicos.



F4. Exemplos de "shields" para extensões com outras tecnologias.

O microcontrolador utilizado possui um conversor analógico digital de 10 bits, fazendo as contas:

$$2^{10} = 1024$$

Como a tensão máxima de referência, por definição, se encontra nos 5 V, correspondendo ao valor 1023, obtemos a seguinte resolução:

$$\frac{5}{1024} \cong 0{,}00488\,V \cong 5\,mV$$

O que significa que só se conseguirá "detectar" variações superiores a 5 mV, ou seja, o valor lido pelo Arduino só se altera a cada 5 mV de variação do sinal analógico de entrada.

Em caso de aplicações que possuam sensores analógicos, por vezes 5 mV não é uma resolução aceitável - existindo uma grande perda de resolução. Uma possível solução, sem recorrer a eletrônica externa, é apresentada a seguir.

Para a resolução da questão, existe um pino de entrada denominado AREF, que significa "Analog Reference". Este pino permite mudar a referência analógica do standard 5V para o valor de entrada, ficando todas as entradas analógicas com a referência introduzida.

Simplificando, se for introduzido no pino AREF a tensão de 2 V obtém-se a seguinte resolução:

$$\frac{2}{1024} \cong 1{,}953\,mV \cong 2\,mV$$

É importante ter em conta que todos os pinos analógicos ficam com esta referência, sendo necessária também a sua declaração por Software pela forma "analogReference (tipo)". A referência analógica pode ser de três tipos (**tabela 2**).

Basicamente, faz-se a configuração do conteúdo do registro ADMUX (páginas 205 e 206 do respectivo datasheet). É importante, por vezes, fazer uma interligação entre a função em C, uma linguagem de alto nível (com um nível de abstração elevado, mais perto da "linguagem humana"), e o *assembly*, uma linguagem de baixo nível. É

então fundamental tentar perceber o que acontece na configuração do microcontrolador e não apenas ver os resultados, embora sejam estes que nos interessam, não será isso que se pretende na compreensão do funcionamento do microcontrolador e, posteriormente, do Arduino.

É igualmente válido referir que após configurar o Arduino para o uso do pino AREF, ele deixa de ter disponíveis os pinos de 3,3V e 5V; sendo estes desligados é necessário recorrer à alimentação externa, caso se queiram utilizar essas tensões de alimentação.

O Arduino possui capacidade de operar alimentado, quer pela porta USB ou por uma entrada PWR (do tipo "Power-Jack"), sendo recomendada a sua alimentação (PWR) entre os 7 e os 12 V, possibilitando uma operação do tipo "Standalone".

O pino Vin não foi referido juntamente com os outros tipos de alimentação, pois possui um comportamento duplo. Ou seja, pode servir para alimentar o Arduino na gama de valores especificada ou, caso se alimente o Arduino recorrendo a uma das alimentações especificadas anteriormente, pode-se ter disponível um pino com a tensão utilizada na entrada (p.ex. se for alimentado o Arduino recorrendo a uma alimentação externa de 9 V, no pino Vin estarão acessíveis os 9 V da alimentação).



F5. Exemplo de uma conexão de "shield" sobre o Arduino.

Conclusão

Com este primeiro material apresentado, encerramos a 1ª lição do Curso. Continuaremos na próxima edição. Até lá!

Default	Mantém a referência por definição (5V)
Internal	Altera a referência para 1,1 V (ATMEGA168)
External	A tensão introduzida no pino AREF é tomada como referência.

T2. Modos de configuração.





E-Kart

Parte 3

Aliando as informações apresentadas nas partes anteriores à parte mais prática, descreveremos a partir deste episódio e, em detalhes, como funciona a tecnologia de acionamento dos motores elétricos do E-Kart e os detalhes do Kit da Infineon que faz o controle de velocidade deles.

De fato, além das baterias, os motores elétricos são componentes-chave neste tipo de veículo. Seu acionamento depende de diversos fatores que, se definidos corretamente, influenciarão diretamente no desempenho do veículo. Esta parametrização é muito facilitada com o uso do kit e é realizada através de sua interface JTAG.

Com a atual tecnologia dos semicondutores, com softwares de controle e automação cada vez mais eficientes, o desempenho destas máquinas elétricas está cada vez melhor. Com a aplicações destas tecnologias de última geração, os componentes e o sistema de controle dos motores, não são mais um fator restritivo a sua aplicação em veículos elétricos em geral

Luis Fernando Bernabe
Cezar Manieri

Descrição do Servomotor SEW

Com a disponibilidade de materiais magnéticos com elevada capacidade de produzir campos magnéticos remanentes (superior a 1 Tesla) com volumes reduzidos e altas forças coercitivas (da ordem de 7000 A/cm), como encontradas por exemplo nas ligas de Samário-Cobalto (Sm-Co) ou Neodímio-Ferro-Boro (Nd-Fe-B), os motores síncronos de ímã permanente se tornaram uma opção bastante atrativa para acionamentos na faixa de 10 kW. Estes materiais, baseados em terras-raras, requerem menos volume para a construção dos motores e praticamente não podem ser desmagnetizados por uma elevada corrente de curto-circuito acidental. Estes motores apresentam ainda uma relação peso/potência superior à de motores CC, maior até do que os encontrados em motores de indução; estes possuem a desvantagem principal de depender de correntes no rotor para a produção de torque.

Por estas e mais algumas vantagens, escolhemos usar este tipo de motor industrial em nosso projeto. Consideramos também a facilidade da aplicação, alta capacidade de resposta dinâmica e o fato que no projeto destes motores não existe a necessidade de um sistema de refrigeração. Para este tipo de motor a refrigeração é feita diretamente na carcaça, é um motor fechado sem ventilação, o que facilita a isolação de fatores ambientas como poeira, e umidade.

Um fator comercial restritivo na especificação deste tipo de motor foi o fato de que não há no mercado, ainda, um leque de motores específicos para aplicações automotivas. Outro ponto negativo é ainda o custo elevado deste tipo de máquina elétrica.

Como motor do E-Kart será utilizado o servomotor da SEW. A partir de um sinal elétrico em sua entrada, podem ter seu eixo posicionado em uma determinada posição angular. O kit controla também a velocidade com que o eixo atinge esta determinada posição angular, via programa e controles dos IGBTs. O motor para, se o eixo estiver no ângulo correto, se não, o motor é ativado até atingir o ângulo desejado.

Nas engrenagens de um servomotor existe um limitador que atua no giro do eixo fazendo com que este varie de 0° a 180°; porém, é possível retirar esse limitador, fazendo com que o servomotor trabalhe como um motor com caixa de redução e eixo girante de 360°.

O servomotor será utilizado com altas variações dinâmicas, por isso ele deve possuir as seguintes características gerais:

- Alta capacidade dinâmica de torque e rápido controle de corrente;
- Alta capacidade de controle de velocidade e baixo momento de inércia, o que eletricamente significa baixas indutâncias em situações de alto torque máximo;
- Alta capacidade de sobrecarga mecânica e boa rigidez mecânica;
- Alta capacidade térmica mesmo diante de condições de tempos longos de sobrecarga mecânica e de corrente sem sobreaquecimento;
- Alto torque contínuo;
- Característica torque x velocidade linear, mesmo em sobrecargas;
- Larga faixa de controle de velocidade. O E-Kart não possui câmbio.
- Operação suave, mesmo em baixas velocidades;
- Alta precisão de posicionamento;
- Projeto compacto e elevada relação peso/potência;
- Alta confiabilidade, baixa manutenção e longa vida útil;
- Inexistência de ressonâncias mecânicas, o que faz com que seu acionamento tenha baixo ruído;

- Alto rendimento, o que permite baterias menores e mais leves,
- Relação custo/desempenho aceitável;
- Possibilidade de funcionamento com gerador para acionamento do KERS (*Kinectic Energy Recovery System*) e tempos curtos de mudança de função motor/gerador.
- Dimensões reduzidas.
- Custo

O servomotor que melhor atende as características descritas acima é o servomotor CA, por ter um comportamento idêntico ao motor de corrente contínua.

Os tipos de servomotores mais utilizados são os de corrente contínua, corrente alternada síncrona e corrente alternada assíncrona.

Os servomotores de corrente contínua são os de custo mais elevado. Esses servomotores apresentam um rotor cujas espiras formam sua armadura e por um estator dotado de ímãs permanentes, que fornecem o campo de excitação da máquina, estabelecendo-se um fluxo magnético radial em relação ao rotor. O torque produzido é proporcional à corrente de armadura, a velocidade é proporcional a força contraeletromotriz induzida e o campo é constante pois é gerado pelos ímãs permanentes.

Os servomotores podem ser construídos com e sem escovas. O controle dos servomotores de corrente contínua pode ser feito por um servoconversor relativamente simples. Um fator limitante deste tipo de motor é o fato de que este modelo possui um consumo de energia, devido a sua corrente de armadura, que não é útil diretamente no movimento do motor, o segundo é o seu preço, como dissemos acima. Uma apresentação didática pode ser vista nos links: **youtu.be/Xi7o8cMPI0E e youtu.be/9WorrR828MM**

Se o leitor quiser montar um motor didático simples, assista o vídeo de apresentação: **youtu.be/Hwv4I0-Xx1M**

O servomotor de corrente alternada trifásico possui um enrolamento no estator em configuração estrela. O mesmo não foi projetado para ser ligado a rede trifásica comum, este enrolamento especial foi projetado para proporcionar ao motor características especiais de torque, velocidade e posicionamento. No rotor do servomotor existe um conjunto de ímãs permanentes em uma extremidade e um gerador de sinais instalado para fornecer dados de velocidade e posicionamento do eixo.

O servomotor de corrente alternada assíncrono é de construção robusta e simples, o seu rotor é formado por barras de alumínio curto-circuitadas, formando uma gaiola, também é conhecido por "gaiola de esquilo" (*squirrel cage motor*). O modelamento do servomotor é complexo e é constituído por um sistema de múltiplas grandezas físicas acopladas entre si, dentre as quais, grandezas internas do motor como o fluxo magnético e o torque.

Informações didáticas sobre motores podem ser vistas no link: **youtu.be/_ZkwMLVPIro, youtu.be/TXUWXgqEvXo e youtu.be/x6_iN4Pj1-A**

O servomotor de corrente alternada síncrono é constituído por um estator com enrolamentos das fases distribuídas de forma semelhante aos de uma máquina assíncrona. Como o próprio nome diz, é síncrona porque a rotação do seu eixo é determinada pela frequência da tensão de alimentação. Com os modernos materiais magnéticos, o fluxo de excitação pode ser criado através de ímãs de pequena espessura e baixa densidade. Deste modo, o rotor pode ser construído com pequeno diâmetro e o seu momento de inércia torna-se bastante inferior ao de um motor de indução trifásico de mesma potência. O controle deste tipo de máquina requer sempre a presença de um sensor de posição, por exemplo, um encoder ou resolver como detalharemos mais abaixo.

As diferenças básicas entre os tipos de motores Assincronos e Síncronos são apresentadas num interessante vídeo disponível na internet, se o leitor tiver acesso a este meio de aprendizado, vale a pena assistir: **youtu.be/I8o_6RdwRVE**

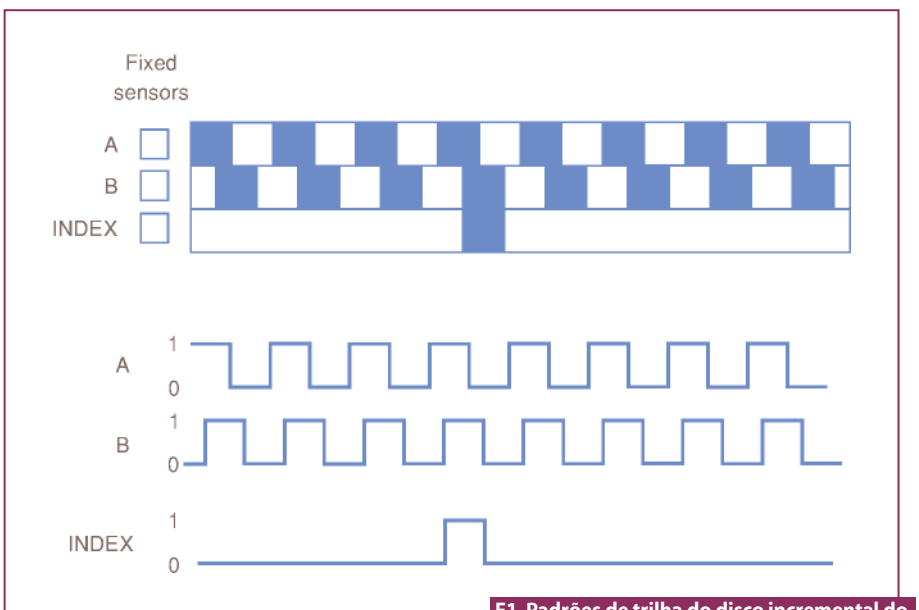
Caracteristicas construtivas

O Hybrid Kit necessita de informações de posição e/ou velocidade para o controle do servomotor. Estas informações são importantes para o precesso de realimentação e podem ser estímadas ou medidas. Nas aplicações de maior precisão (como em máquinas-ferramentas), impõe-se o emprego da medição por meio de sensores. Os principais tipos destes sensores são descritos a seguir:

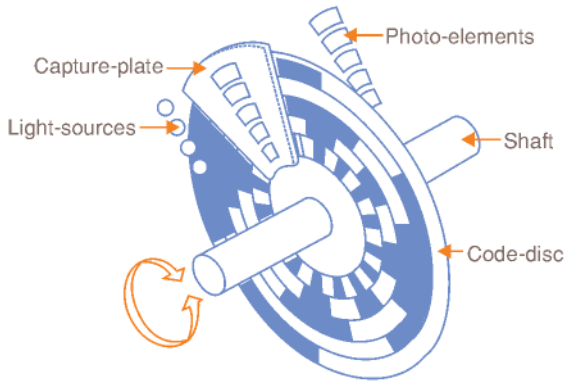
Os Encoders

Os sensores chamados "encoders" podem ser de dois tipos: incrementais ou absolutos.

O "encoder" incremental apresenta construção mais simples. Neste tipo de sensor são gerados pulsos (A e B na **figura 1**) oriundos de duas marcações radiais, igualmente espaçadas, que permitem a detecção da posição, pela sua contagem, e do sentido de rotação, pelo defasamento das faixas A e B. Uma marca de zero, localizada em uma terceira circunferência, fornece a indicação do término de uma volta e do início da contagem.

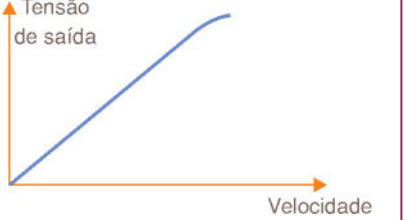


F1. Padrões de trilha do disco incremental do encoder, ressaltando o índice de referência.

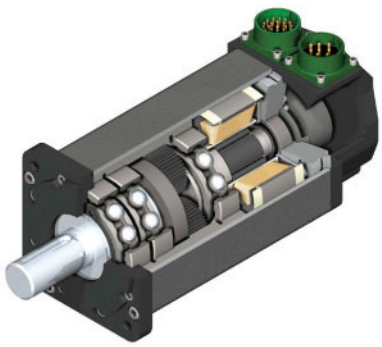


Dec	Hex	Bin	Bin
0	0	0000	0000
1	1	0001	0001
2	2	0010	0011
3	3	0011	0010
4	4	0100	0110
5	5	0101	0111
6	6	0110	0101
7	7	0111	0100
8	8	1000	1100
9	9	1001	1101
10	A	1010	1111
11	B	1011	1110
12	C	1100	1010
13	D	1101	1011
14	E	1110	1001
15	F	1111	1000

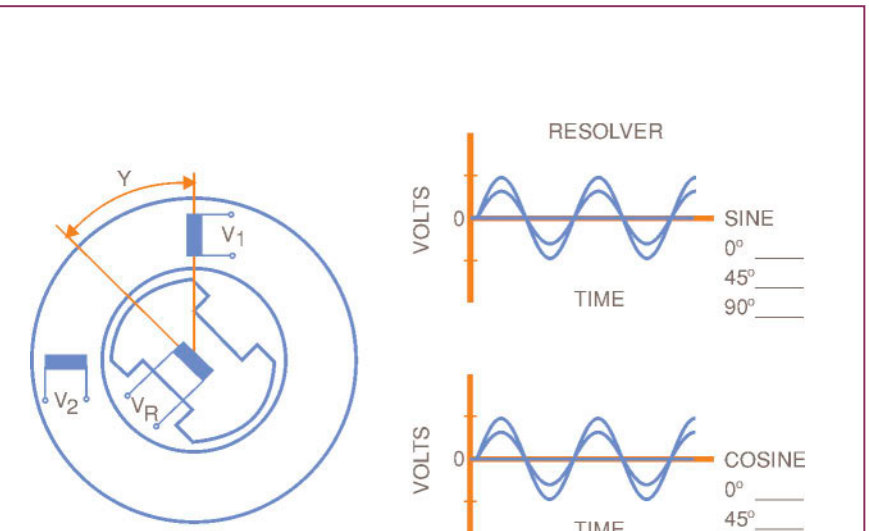
F2. Apresentação interna do encoder absoluto e sua tabela de códigos.



F3. Gráfico da tensão de saída x velocidade, num tacogerador.



F4. Resolver comercial/ desenho em corte.



F5. Diagrama interno do resolver e os gráficos das tensões de saída.

No "encoder" absoluto, cada posição do disco corresponderá a uma combinação de sinais, em geral fornecidos por sensores óticos ou magnéticos que percebem a passagem pelas marcas do disco. É preferível empregar uma codificação tal que só ocorra a mudança de um "bit" a cada alteração de posicionamento, como acontece no código Gray (**Figura 2**) Isto evita ambiguidades, facilitando a detecção de erros. Por ocasião de uma perda de energia ou desligamento, o sensor incremental necessita da passagem pela marca de zero para reiniciar sua contagem após o religamento.

Já o sensor absoluto pode disponibilizar ainformação da posição logo que energizado. Há dispositivos comercializados que chegam a ter resolução superior a 10 "bits". A informação da velocidade pode ser facilmente obtida a partir da derivada da informação da posição, programada digitalmente.

Os Tacogeradores

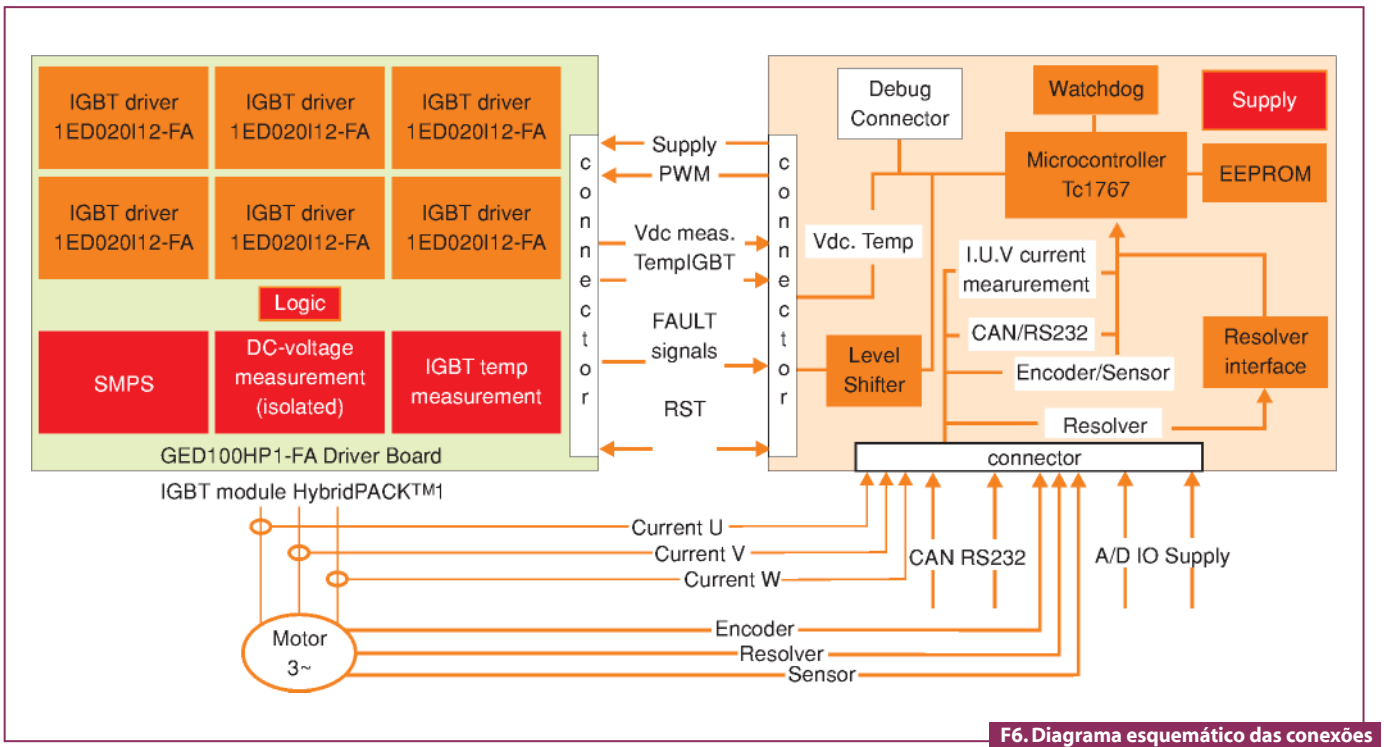
Os tacogeradores são geradores CC de ímã permanente ou geradores síncronos CA, também de ímãs permanentes, conhecidos como alternadores. Os tacogeradores CC apresentam uma tensão proporcional à velocidade, positiva ou negativa, dependendo do sentido de rotação e, como toda máquina CC, trabalham com escovas. **Figura** 3.

Os alternadores não necessitam de escovas, o que representa uma grande vantagem no seu tempo de vida útil e na manutenção. Em geral, a tensão de saída é retificada por uma ponte de diodos, o que faz com que a tensão retificada tenha sempre o mesmo sinal, independentemente do sentido de rotação.

Os Resolvers

Os "resolvers" são transformadores de alta frequência (5 a 10 KHz). Conceitualmente não transdutores de posição e velocidade. O primário está situado no rotor e existem dois secundários em quadratura no estator, como mostrado na **figura 4**.

As amplitudes e fases das tensões induzidas nos secundários são função da posição do rotor. Um circuito condicionador processa as tensões induzidas nos secundários fornecendo uma tensão proporcional à posição. Então produzem um conjunto de ondas seno/cosseno **figura**



F6. Diagrama esquemático das conexões do servomotor com o kit.

5 (tensão analógica) indicando a posição absoluta dentro de uma única volta, estes sinais são convertidos em sinais digitais através de uma interface no Kit.

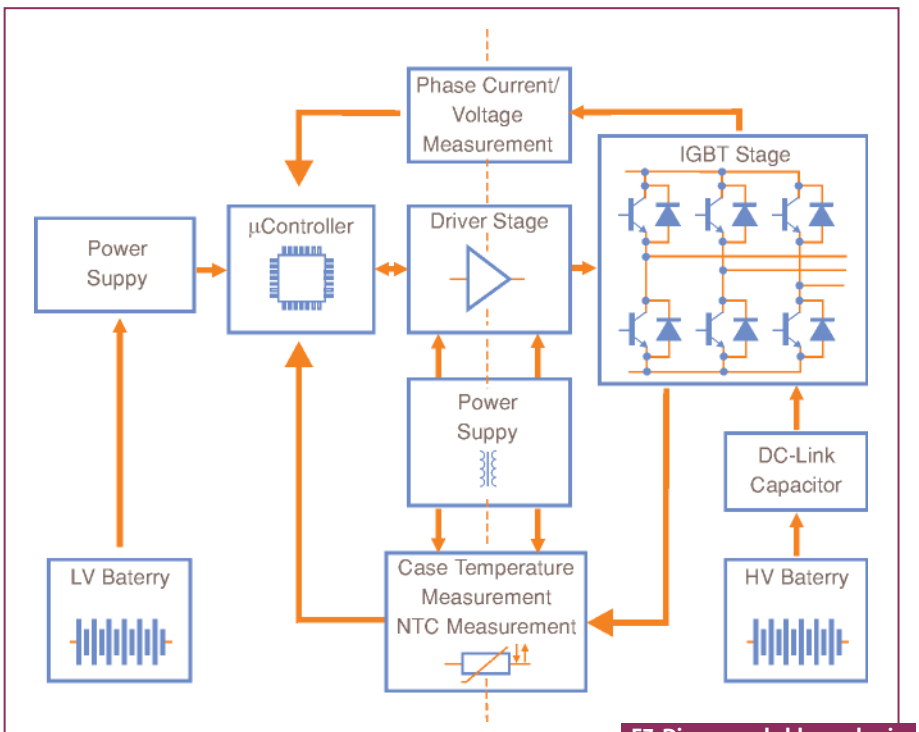
No nosso caso, existe um conector na placa lógica que irá receber os dados do *resolver*. (Detalhes na próxima edição).

Descrição do Hybrid Kit

Para acionar o nosso servomotor é necessário um *driver*, servocontrole ou servoconversor, que possui um controle eletrônico e uma interface GUI para acionamento e ajustes das variáveis do servomotor.

O driver é a parte eletrônica que recebe a energia elétrica da rede, ou de uma fonte (no nosso caso das baterias), e fornece esta energia de uma forma controlada ao servomotor, de acordo com um sinal de referência de velocidade proveniente do controlador de posição. De uma forma geral, o nosso Hybrid Kit controla a corrente nominal, a dinâmica, a velocidade do servomotor, permite o controle da malha de velocidade e realiza a supervisão dos IGBTs.

A **figura 6** apresenta o esquema de ligação do nosso kit ao servomotor. A **figura** 7 apresenta o diagrama em blocos simplificado do Kit



F7. Diagrama de blocos do circuito eletrônico do E-Kart.

Constituição básica do controlador eletrônico (inversor)

Os inversores são circuitos eletrônicos usados na transformação de tensões contínuas em alternadas. Um dos principais usos dos inversores é para fornecer uma excitação controlada para motores CA controlados por frequência. O princípio fundamental de operação de um inversor é a interrupção periódica de uma tensão contínua para gerar uma onda quadrada somada á uma senoide.

Na maioria das aplicações em potência, os componentes de controle são os IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor, Transistor Bipolar de Porta Isolada*). O IGBT é um semicondutor de potência que alia as caracteristicas de chaveamento dos transistores bipolares com a alta impedância os MOSFETs, apresentando baixa tensão de saturação e alta capacidade de corrente. Destaca-se por possuir alta eficiência e rápido chaveamento. Atualmente é muito utilizado em equipamentos modernos como carros elétricos, híbridos, trens, aparelhos de ar condicionado e fontes chaveadas de alta potência. Devido a seu projeto que permite rápido chaveamento, encontra aplicações também em amplificadores e geradores que necessitam sintetizar formas de onda complexas através de PWM e filtros passa-baixa.

O IGBT é uma invenção recente. A primeira geração de dispositivos desse tipo foi criada na década de 1980 e início dos anos 90. Possuiam chaveamento relativamente lento e seu desligamento, corte na condução, não ocorria enquanto existisse corrente fluindo (*Latchup*). A segunda geração dos IGBTs apresentava maiores velocidades de comutação e atualmente, os dispositivos de terceira geração são muito melhores, com velocidade de chaveamento equiparada a dos MOSFETs, além de excelente tolerância a sobrecarga e durabilidade necessárias á aplicações embarcadas com alto nível de segurança.

Basicamente, o IGBT pode ser analisado como um MOSFET acionado por um transistor bipolar. Este arranjo apresenta um "tiristor parasita", que normalmente é desprezado devido ao avanço tecnológico realizado na construção do IGBT, que praticamente eliminou este efeito.

Sistema de acionamento do motor

Em muitas aplicações industriais, é importante ajustar as caracteristicas operacionais de um motor às condições de carga. Muitas vezes a carga mecânica aplicada ao motor é variável, como no nosso caso com o E-Kart, nestes casos é imprescindível a aplicação de um sistema de controle de torque.

Um sistema de acionamento do motor se refere à combinação do motor, circuitos, elementos de controle de rotação e potência associados. Os inversores CA são usados para controlar a velocidade de motores de indução síncronos. Como a velocidade síncrona destas máquinas é proporcional à frequência aplicada, assim variando-se a frequência da aplicação da energia, controlamos a sua velocidade. Se usarmos uma fonte alternada de energia, da rede elétrica por exemplo, teremos que utilizar antes do inversor uma unidade retificadora que, converte esta tensão da rede para CC e numa etapa posterior conseguirmos alterar a sua frequência pelo sistema de controle de torque.

No nosso Kit, o elemento retificador foi suprimido e entramos diretamente com a tensão CC proveniente das baterias. Depois, um circuito inversor reconverte esta tensão CC numa onda CA, cuja frequência é controlada pelos pulsos aplicados nos circuitos de disparo dos IGBTs.

Para o E-Kart, o inversor principal do Hybrid Kit é fornecido completo para aplicações em veículos elétricos leves e/ou híbridos de até 20 KW. Ele contém:

- Modulo IGBT qualificado automotivo HybridPACK™1 – 650V/400A IGBT & Diode chip set
- CI Driver 1ED020I12-FA qualificado automotivo
  - Baseado na tecnologia transformador "coreless"
  - Até 1200 V e com 2A de capacidade de driver de corrente
  - Com VCE sat – detection
- Um Microcontrolador Família TriCore™ de 32-bit TC1767, este componente é parte integrante da família de produtos AUTO FUTURE, projetados especialmente para aplicações automotivas com altos níveis de segurança.
- Possibilita o uso de diferentes interfaces de posição e velocidade do motor: encoder e resolver.

Placa de acionamento

O 6ED100HP1-FA é a placa do acionamento do IGBT de seis canais, especialmente concebidos para o HybridPACK ™ 1.

Placa Lógica

A placa lógica contém todos os componentes necessários para o controle do sistema. Além disso, oferece as conexões com o sistema de posicionamento do motor (resolver ou encoder) e ao sistema de medição corrente.

KIT Hybrid Pack 1

O Kit é um módulo de potência projetado para aplicações em veiculos híbridos elétricos leves (HEV) para um máximo tensão de saída de 450 V e uma faixa de potência de até 20 kW, projetado para uma temperatura de operação de junção de 175 °C. O módulo acomoda uma configuração de seis blocos de IGBTs de 3 ª geração chamado de Trench-Field-Stop, com emissor controlado por diodos e capazes de operar numa faixa de até 400 A/650 V. São construídos baseados na tecnologia TRENCHSTOP IGBT™ da Infineon, que oferece condução e perdas de comutação menores. HybridPACK™ 1 é um módulo de base e pode ser parafusado diretamente a um dissipador de calor a água ou de ar com ventilação forçada.

Este é um inversor de design compacto, e o estágio da PCI de acionamento pode ser facilmente soldado na parte superior do módulo. Todas as ligações de potência são realizadas com terminais de parafuso.

Os kits da Infineon citados acima são apresentados no documento que pode ser copiado no link: **migre.me/5nqfV**

Capacitor do Link DC

O B25655J4307K é um capacitor eletrônico de potência da empresa Epcos AG (ver **figura** 7) seu uso é extremamente recomendado, tanto que está incluso no kit. Por favor, consulte o *datasheet* da Epcos para mais detalhes. Explicaremos melhor os detalhes de seu funcionamento quando começarmos a montagem detalhada do E-Kart: **migre.me/5nqhA**

Elemento de resfriamento

Para aplicações automotivas que exigem controle de altas potências mesmo com os modernos IGBTs, é necessário o uso de um elemento de refrigeração devido ao fato de que operam em temperaturas mais elevadas. A **figura 9** mostra um sistema de arrefecimento a agua, de baixo custo e que já está incluído no kit, é parafusado diretamente no HybridPACK™ 1 .

A **Figura** 10 ilustra os desenhos com as dimensões mecânicas do conjunto dos IGBTs.

O dissipador de calor para refrigeração de ar também é uma solução possível, mas será de um tamanho maior do que este dissipador de calor de água apresentado. O sistema de arrefecimento, tipo radiador, é fornecido junto com o chassi do veiculo por ser utilizado em motor a explosão.

Principais Características

A placa do HybridPACK ™ 1 oferece os seguintes recursos:

- Seis acionamentos via módulo IGBT
- Sistema elétrica e mecanicamente adequados para 600 V do Módulo IGBT HybridPACK ™ 1. Inclui fonte de alimentação DC / DC
- Medição da tensão isolada
- Proteção contra curto-circuito com toff <6 ms
- Bloqueio de subtensão IGBT via driver IC
- A lógica positiva com 5 níveis CMOS V para sinais de PWM e falha
- Um sinal de falha para cada driver (LED de sinalização) e suas combinações
- Design de acordo com a IEC-60664-1

Configuração do conector K1 e sua pinagem

A **figura 11** mostra a pinagem para o conector externo (K1) na placa de acionamento do IGBT. Ele inclui todos os sinais necessários para manter a placa em funcionamento, ou seja, fonte de alimentação, parte de controle e monitoramento do sistema.

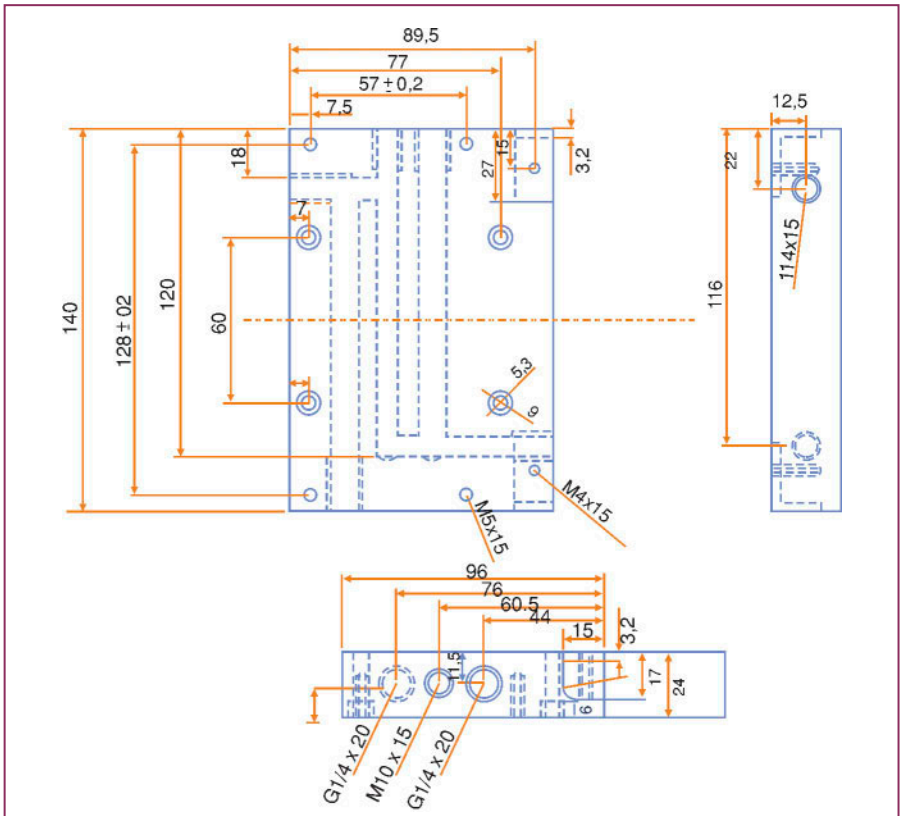
Os pinos de 1 a 6 fornecem o sinal da fonte de alimentação. O driver tem que ser alimentado por uma fonte externa DC regulada. A tensão de entrada deve ser mantida entre 8 V e 18 V e o consumo de corrente dependerá de diferentes fatores (placa lógica, frequência de PWM, etc. Os pinos 7 e 8 fornecem os 5 V da fonte de tensão analógica e podem ser usados em diversos dispositivos gerais usados com o Hybrid Kit HybridPACK™1 tipo: medidores de corrente, conversores analógicos digitais e as interfaces do motor. Nos pinos 9, 10, 15 e 19 são conectados os sinais de monitoramento : medição da tensão do link-DC e a medição das 3 diferentes fases



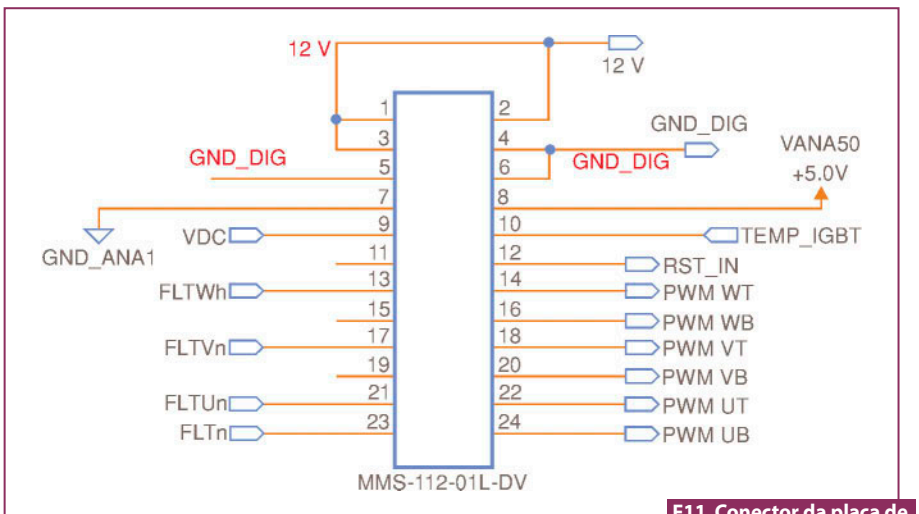
F8. Módulo completo de acionamento c/ IGBTs utilizado no E-Kart.



F9. Dissipador de calor refrigerado a água.



F10. Desenho mecânica do dissipador refrigerado a água p/ os IGBTs.

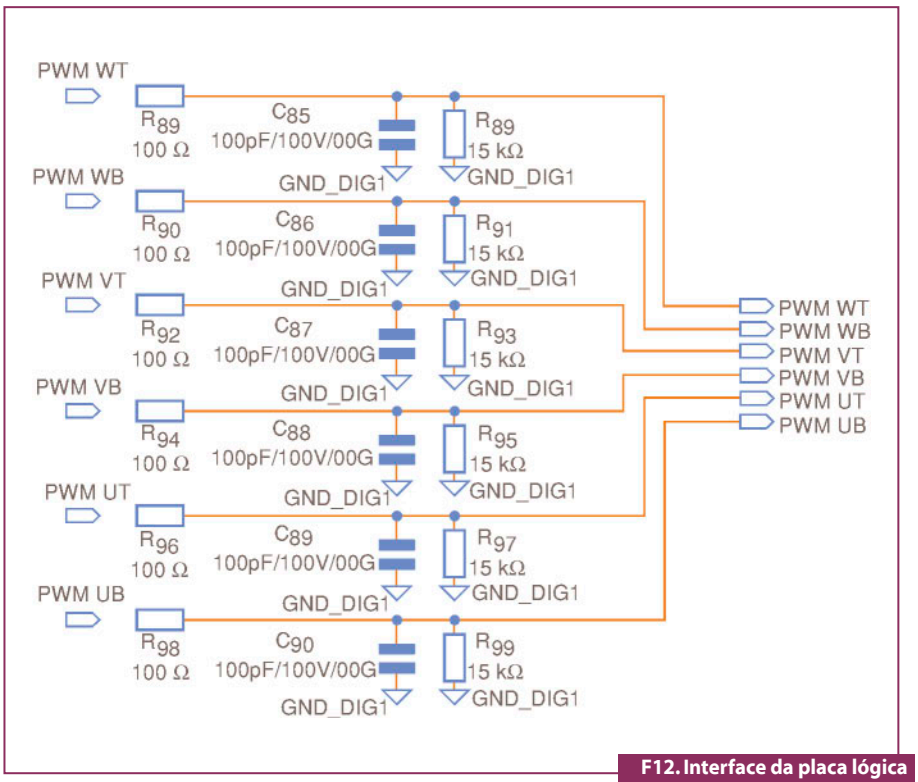


F11. Conector da placa de acionamento dos IGBTs.

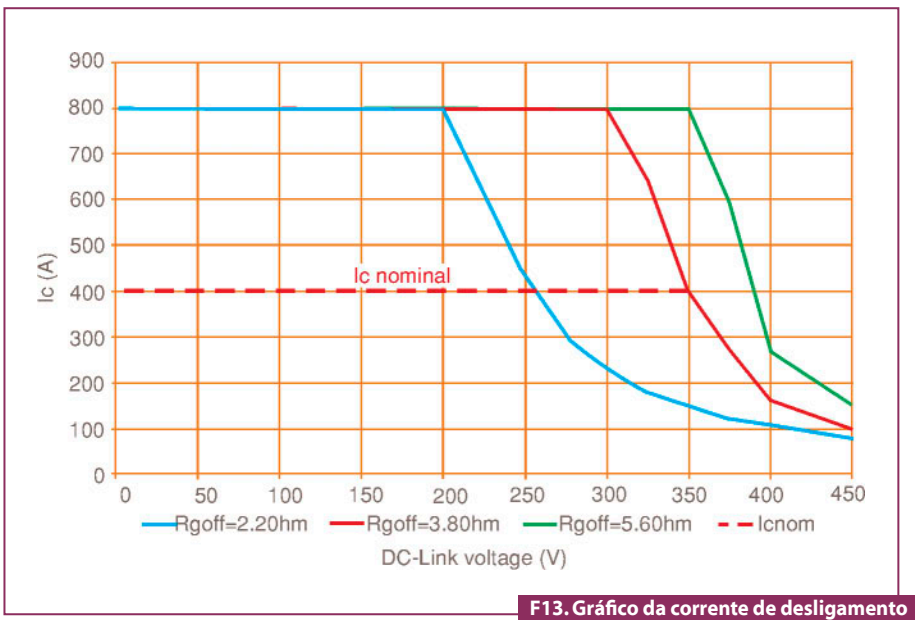
dentro do módulo IGBT. Os pinos 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22 e 23 possuem os sinais lógicos que controlam os 6 drivers da placa que são os sinais PWM, deteção de falha e o sinal de reset.

Switching Mode Power Supply (SMPS)

A placa de acionamento tem um conversor DC/DC integrado que gera uma fonte de tensão secundária assimétrica e isolada de +15/-8V. Estas tensões são independentemente geradas através do uso de uma tensão de entrada unipolar de 12 V. Uma fonte de tensão adicional de 5 V é gerada e enviada para o conector externo (K1) desta forma ela pode ser usada para alimentar os componentes externos do sistema (medidores de corrente, motor interface etc.)



F12. Interface da placa lógica com os gates d IGBTs.



F13. Gráfico da corrente de desligamento x resistência de gate dos IGBTs.

Entrada Lógica

A placa de acionamento é um sistema dedicado para o módulo IGBT, por isso é necessário o uso de 6 sinais PWM separados. Os desenhos esquemáticos apresentam o bloco de entrada lógica com a lógica positiva de +5V. O bloco é feito de filtros RC para cada sinal de PWM com o objetivo de reduzir o ruído. Adicionalmente, estes sinais são "pulled-down" justamente para evitar acionamentos indesejáveis dos drivers. Tenha em mente que o Kit não fornece o tempo morto automaticamente. Cabe ao usuário gerar os sinais PWM com o tempo morto correto, por meio de software.

Comportamento de desligamento dos IGBTs

Devido às indutâncias parasitas do sistema, *overshoots* de tensão podem ocorrer durante o desligamento do IGBT. Tais overshoots são adicionados à tensão do link-DC, de modo que a tensão máxima de bloqueio do IGBT ou do capacitor pode ser ultrapassada causando danos em ambos os componentes (DC capacitor link e módulo IGBT). A fim de evitar tais riscos um circuito ativo de ajuste é utilizado. Sem estes métodos de proteção, a corrente máxima seria limitada apenas pela tensão do link DC e a tensão de overshoots de desligamento.

A sobretensão pode ser minimizada através do aumento da resistência do "gate", que vai reduzir o valor di/dt. A **Figura** 13 mostra o máximo valor de corrente de desligamento em diferentes tensões do Link DC-link para um diferente valor de resistencia do *gate*. Estes resultados foram obtidos com o capacitor do link DC descrito neste artigo.

Máxima frequência de chaveamento

A frequência de chaveamento do IGBT é limitada pela energia disponível e pela temperatura da PCI. De acordo com a teoria, as perdas de energia geradas nos resistores de gate são uma função de uma etapa do gate de carga, tensão na saída do condutor e comutação de frequência. A energia é dissipada, principalmente através do PCI e eleva a temperatura ao redor dos resistores do gate. Quando a energia disponível do conversor DC / DC não é

excedida, o fator limitante para a mudança da frequência é a temperatura máxima absoluta para o material FR4. A temperatura de operação permitida é de 105 °C.

Geralmente as perdas de energia gerada nos resistores de gate podem ser calculadas de acordo com a equação(1):

$$P_{dis} = P_{RGEXT} + P_{RGIANT} = \Delta V_{out} . F_s . Q_{ge}$$

Na Equação(1), Fs representa a frequência de comutação, Dv representa o degrau de tensão na saída do driver, Pdis é a potência dissipada, Qge é o valor do da carga do gate do IGBT correspondente a operação de comutação +15V/-8V. Este valor pode ser aproximadamente calculado a partir da folha de dados multiplicando-a por 0,77; que é portanto, a frequência máxima limitada pela potência disponível, calculando será:

$$F_{smax} = \frac{4,6W}{(23V . 3,31\mu C)} = 60,4\ kHz$$

Como a temperatura está diretamente relacionada com a frequência de comutação dos IGBTs, a frequência de trabalho do kit está limitada à temperatura da placa de circuito impresso que é de 75°C.

Booster

Dois transistores para cada Driver são usados para amplificar os sinais. Desta forma o IGBTs terão corrente suficiente para conduzir, mesmo que os circuitos integrados isoladamente não consigam entregar mais corrente. Um transistor NPN é usado para ligar o IGBT e outro transistor PNP para desligar o IGBT.

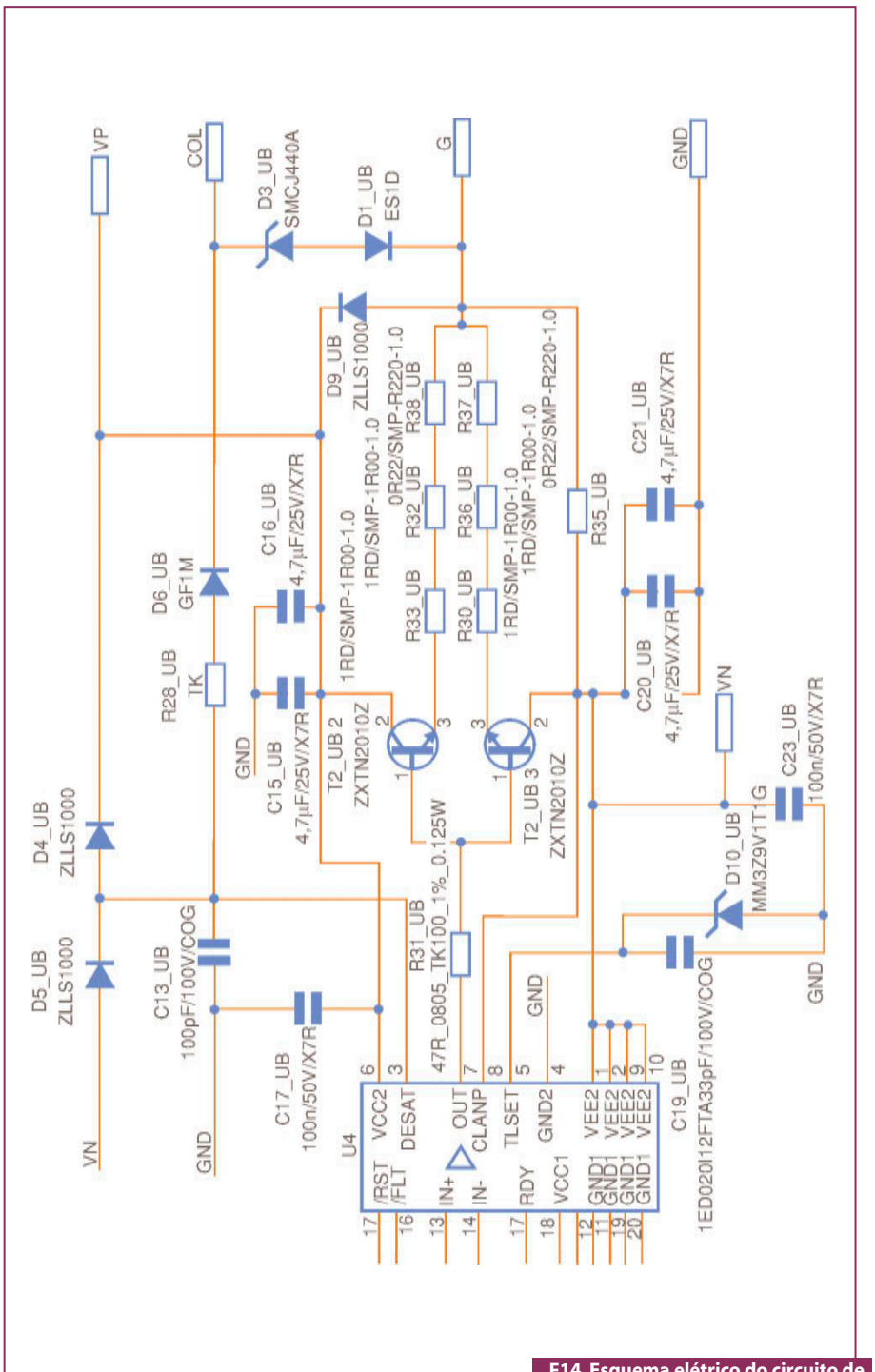
Os transistores são dimensionados para ter pico de corrente suficiente para conduzir os módulos HybridPACK™ 1. Corrente de pico pode ser calculada como na Equação (2):

$$I_{peak} = \frac{\Delta V_{out}}{(R_{Gint} + R_{gext} + R_{Driver})}$$

Proteção contra curto circuito e Função Grampo (clamping)

A proteção de curto-circuito do driver basicamente depende da detecção de um nível de tensão mais elevado que 9 V no pino desat do IC Driver 1ED020I12-FA , assim função de grampo se torna ativa. Graças a este modo de operação, a sobretensão coletor-emissor, que é um resultado da indutância direta e da inclinação , a borda da corrente de coletor, é limitada. A **figura** 14 mostra as partes do circuito necessárias para a função de dessaturação e da ativação do grampo "clamping".

No caso de um curto-circuito, a tensão de saturação coletor-emissor subirá, assim o condutor detecta a ocorrência do curto-circuito para proteger o IGBT que tem que ser desligado. Como consequência do processo de desligamento do IGBT, não ocorrerá a superação de tensão devido à indutância do filete da placa de circuito impresso do módulo e o DC-link. Esta superação de tensão tem que ser menor



F14. Esquema elétrico do circuito de acionamento e proteção dos IGBTs.

do que a tensão de bloqueio máxima do IGBT. Portanto, o driver tem uma função ativa de aumentar a tensão diretamente sobre o gate.

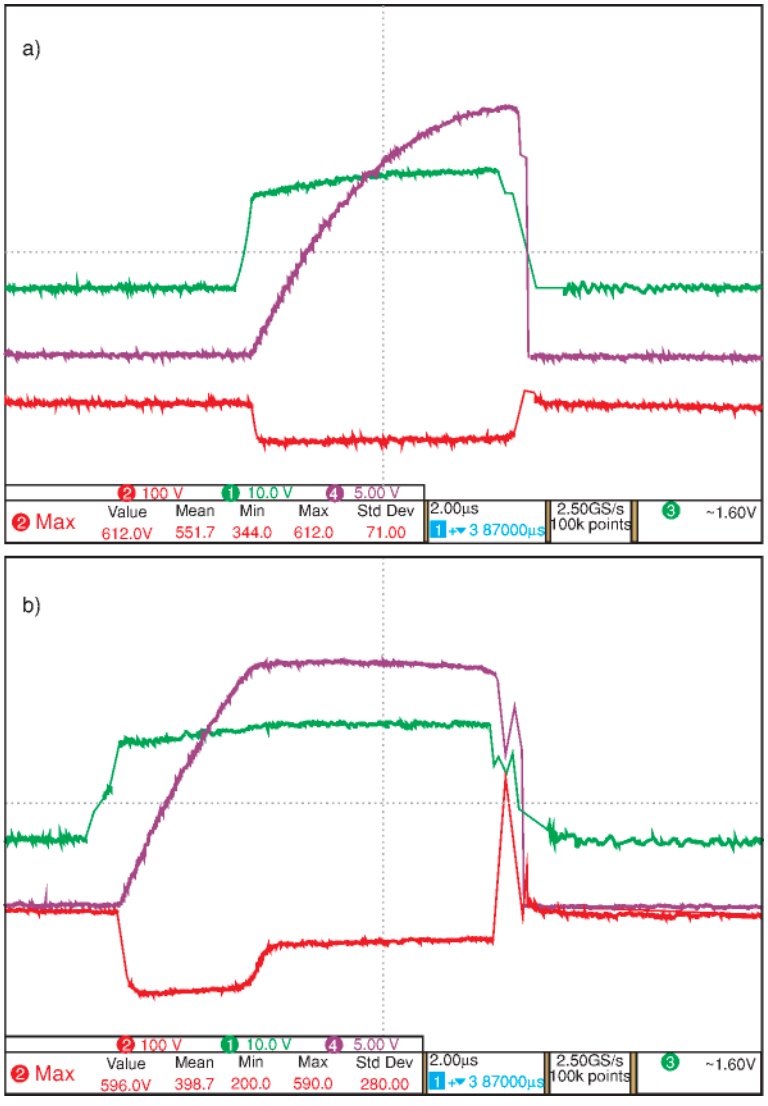
A forma de onda de desligamento típica, sob condição de curto-circuito e temperatura ambiente de um módulo HybridPACK™ 1, sem quaisquer funções adicionais de proteção, é mostrado na **figura** 15A.

A forma de onda típica sob condição de curto-circuito com a função de fixação ativa a temperatura ambiente é mostrado na **figura** 15B.

Como pode ser visto, sobretensão sem grampeamento ativo em uma tensão DC de 71 V está próxima da tensão máxima de bloqueio do IGBT do HybridPACK™ 1 (650 V), que pode danificar os dispositivos. No projeto estão implementados diodos de clamping de 440 V. O nível de tensão deve ser ajustado dependendo da aplicação.

Saída de Falha

Quando ocorre um curto-circuito, a tensão VCE é detectada pela proteção de dessaturação do 1ED020I12-FA e então o IGBT é desligado. A falha é relatada para o lado primário do driver, enquanto não houver sinal de *reset* aplicado. O sinal de falha (/ FLT) é ativo em sinal baixo - o esquema do projeto implementado na placa pode ser visto na **figura** 16.



F15. Formas de onda de deslizamento típicas: sem função de proteção (a) e com a função de fixação ativa (b) .

O sinal de falha (/ FLT) estará em estado Low se um curto-circuito ocorrer e até quando o sinal / RST é forçado para baixo. No driver cada um dos IGBTS tem seu próprio sinal de falha (FAULT_UTn, FAULT_UBn, FAULT_VTn, FAULT_VBn, FAULT_WTn, FAULT_WBn). Um LED irá avisar em caso de condição falha em um IGBT. Os sinais de falha são conectados em um circuito de lógica e a saída deste é encaminhado para o conector externo (K1).

Medição de temperatura

O módulo IGBT HybridPACK ™ 1 inclui um NTC integrado, sensor que simplifica as medidas térmicas em inversores de forma significativa. O NTC está localizado sobre o mesmo substrato de cerâmica junto com o IGBT e *chips* de diodo. O módulo é preenchido com gel de silicone para fins de isolamento e sob condições normais de operação os requisitos mínimos de isolamento de tensões são atendidos. A capacidade de isolamento do NTC é testado com 2,5 KV AC no teste final por 1 minuto para 100% dos módulos. O NTC é ligado ao conector principal K1 (pino 10), por meio do circuito mostrado na **figura** 17.

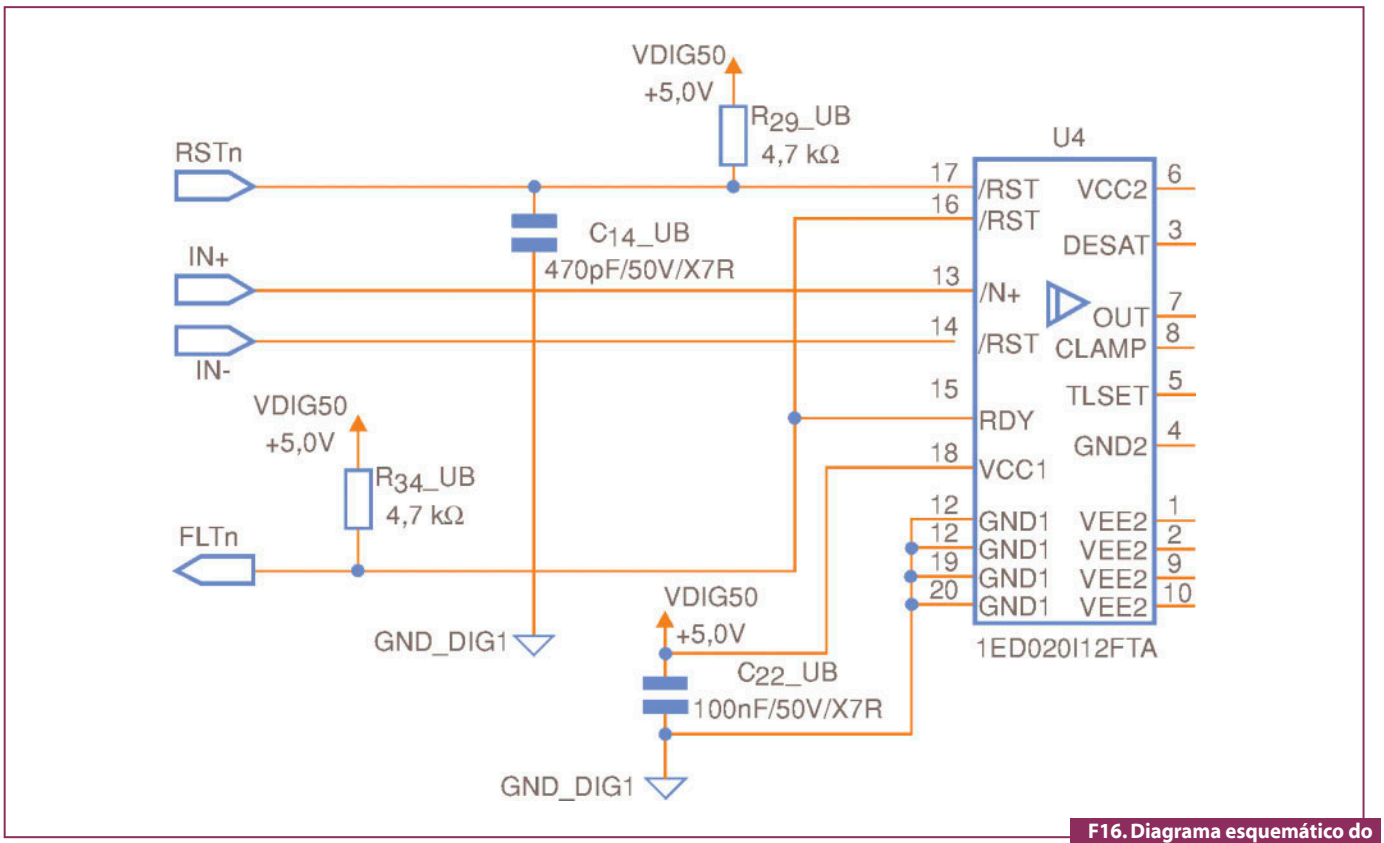
Na **figura** 18 é mostrada a relação entre a temperatura do IGBT (em volts) lida pelo sensor e a temperatura em graus Celsius (°C) em cada módulo (TEMP_IGBT, K1.10).

Medição de tensão DC

No Kit HybridPACK ™ 1, a tensão no link DC é medida por meio de um amplificador de isolamento que oferece a isolação galvânica necessária. A saída deste circuito é ligada ao conector externo (Vdc, K1.9). **Figura 19** mostra a relação entre tensão do link DC e sinal de saída Vdc.

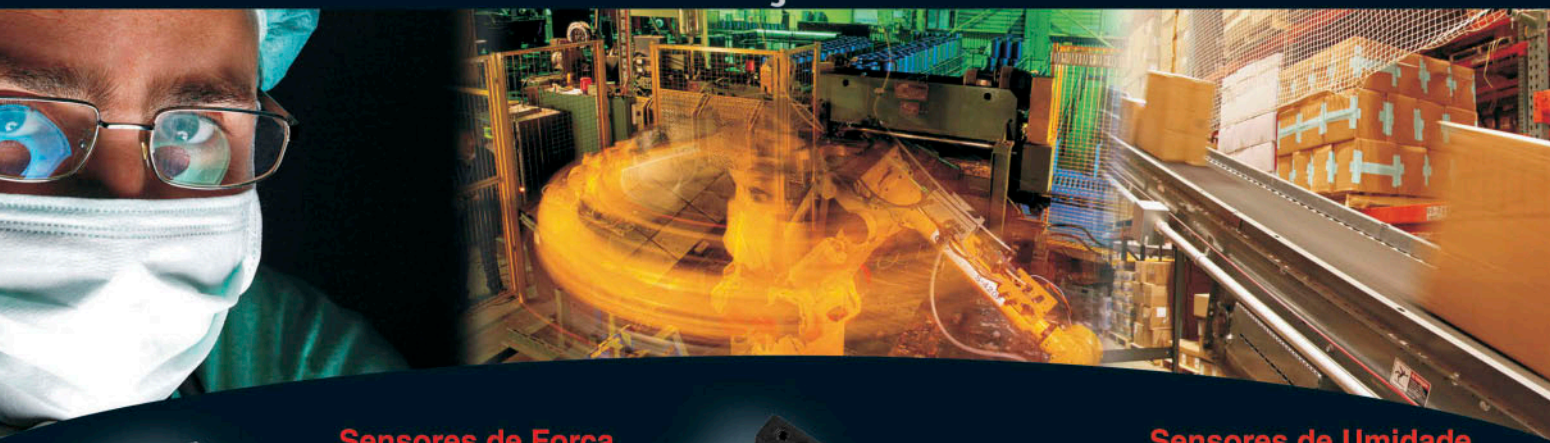
Perdas de comutação

Perdas de comutação podem ser diferentes em comparação com os valores indicados no *datasheet* do módulo do IGBT. A principal razão para esta discrepância é que as tensões de comutação usadas no Driver (+15 V para ativar-se e -8 V para desativar) diferem das tensões de comutação (15 V/-15 V). As perdas devem ser próximas dos valores do datasheet do ™ HybridPACK 1, mas como mencionado,



F16. Diagrama esquemático do circuito de detecção de falhas.

soluções em sensoriamento

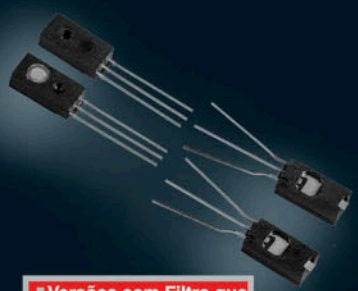




Sensores de Força

Range de força: 0 a 1500g (0 a 14.7N);
Encapsulamento: SIP ou SMD;
Temperatura de trabalho: -40 °C a 85 °C;
Tensão de alimentação: 3 Vdc a 12 Vdc;
Sinal de saída: não amplificado (mV);
Linearidade: 0,10% (típ.);
Tempo de Resposta: 1 ms;
O acoplamento mecânico direto entre a esfera e o elemento reduz os erros de engate e mantém a histerese mecânica em um valor mínimo.

■ Versão disponível em SMD
■ Opções com baixa tensão de alimentação (3Vdc)



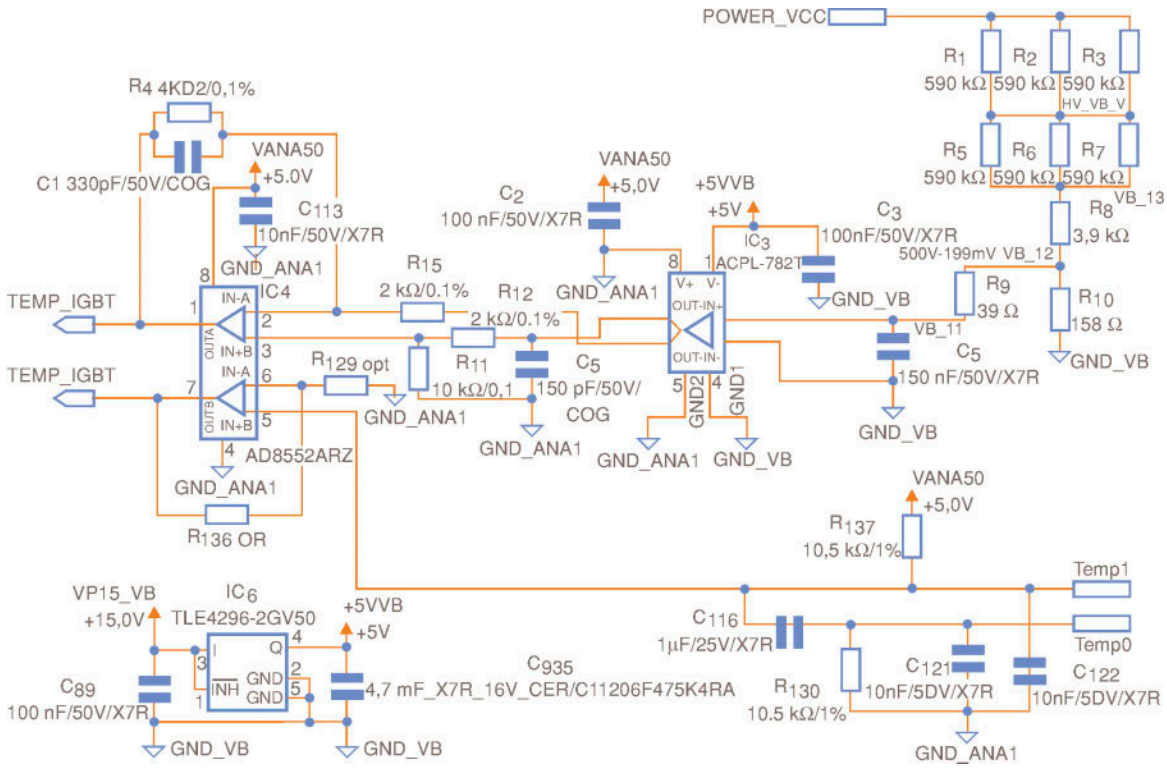
■ Versões com Filtro que elevam a resistência à condensação

Sensores de Umidade
SÉRIES HIH4010/4020/4021

Disponíveis modelos com filtro para elevar a resistência à condensação;
Sinal de saída amplificado;
Range de umidade: 0 a 100%RH;
Tensão média de alimentação (5 Vdc);
Quimicamente resistentes;
Modelos disponíveis com dados de calibração impressos.
Precisão de +/-3.5%;
Sinal de saída em Vdc.

Honeywell

Para mais informações sobre estes e outros produtos da Honeywell Sensing & Control, ligue
TELS: (11) 3475-1961 / 3475-1857
ou visite www.honeywell.com/sensing
Sensing.Control.Brasil@honeywell.com

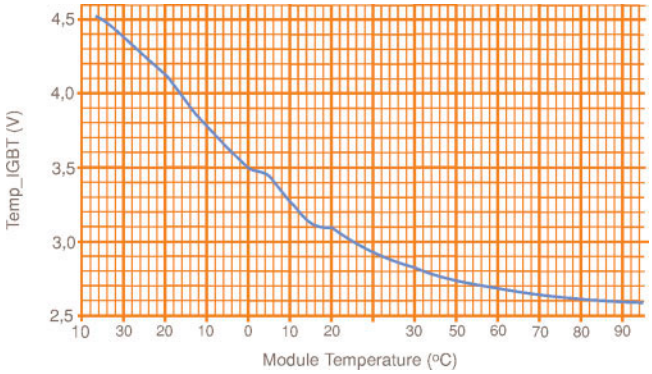


F17. Diagrama esquemático do circuito do termômetro NTC.

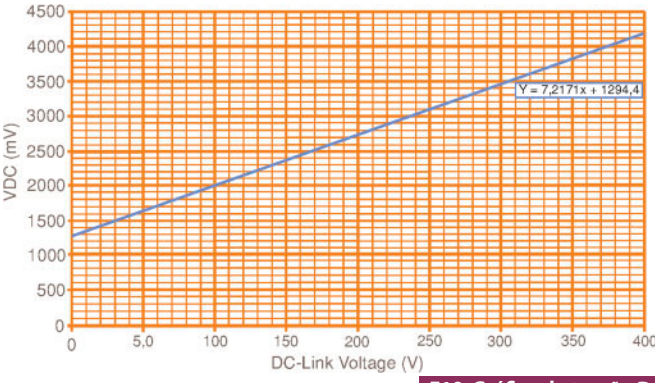
estes serão diferentes para as perdas de desligamento. Em geral, estas perdas dependem das indutâncias de dispersão do link DC e do aumento linear da tensão. No caso do driver, as perdas de desligamento não aumentam linearmente, devido ao fato de que o recurso de grampeamento ativo aumenta as perdas devido à diminuição do di / dt.

Conclusão

Como pudemos ver, este é um assunto que não se esgota. É incrível ver para onde o universo da mobilidade está nos levando. Estudem este artigo, procurem por mais detalhes na internet. Neste meio vocês podem encontrar "papers" completos com informações relevantes e explicações sobre chaveamento de dispositivos de potência, IGBTs e acionamento de motores elétricos. A teoria é vasta e às vezes é necessário ir fundo na física, na mecânica e no eletromagnetismo para entedimento de determinados detalhes aqui apresentados. Na próxima edição avançaremos em uma direção mais prática. A montagem. É o que queremos. E esperamos vocês junto conosco para vencer mais este desafio.



F18. Gráfico da temperatura IGBT (em V) x temperatura do módulo (em °C)



F19. Gráfico da tensão DC Link (em V) x tensão do capacitor (mV).

Proteção Crowbar

Saiba mais sobre essa clássica proteção eletrônica

Um dos circuitos de proteção que o leitor deve aprender como funciona, dada a sua importância em muitos equipamentos industriais e de laboratório, é o crowbar ou "pé-de-cabra", pela sua analogia com essa ferramenta em forma de alavanca. Forçando a queima de um fusível de forma rápida, ele corta a alimentação de uma carga antes que o excesso de corrente possa causar danos. Veja, neste artigo, como funciona o circuito de proteção crowbar e a maneira de projetá-lo.

Newton C. Braga

Um problema que pode ocorrer num equipamento com defeito é que, quando a anormalidade de funcionamento se manifesta, a subida da intensidade da corrente até o ponto em que o fusivel se queima, é lenta. No intervalo que decorre desde a manifestação do problema até o ponto em que o fusível se queima podem acontecer sérios danos no equipamento alimentado.

Para evitar esse fato, acelerando a queima do fusível quando o problema se manifesta, existem os *circuitos crowbar*.

Conforme mostra o gráfico da **figura 1**, quando a anormalidade se manifesta, um circuito sensor acelera o crescimento da corrente no circuito, colocando-o praticamente em curto, de modo que o fusível se queima rapidamente evitando maiores problemas para os componentes.

Podemos comparar o efeito desse circuito a uma alavanca ou "pé-de-cabra", que interrompe rapidamente o circuito em caso de excesso de corrente, mesmo que esse excesso seja apenas um pouco maior que o limite previsto e que, por isso, faria com que o fusível não tivesse uma ação suficientemente rápida. O nome "crowbar", em inglês, designa a ferramenta que conhecemos como pé-de-cabra.

Como Funciona

O *circuito crowbar* básico consiste de uma chave que é acionada por um circuito sensor de corrente, conforme ilustra a **figura 2**.

A chave é ligada de tal forma que, ao ser acionada, coloca em curto o circuito de modo a provocar a rápida queima do fusível.

Dessa forma, o circuito sensor que aciona a chave poderá ser programado para ter uma ação muito rápida quando a corrente no circuito ultrapassar um valor programado.

A chave pode ser mecânica como, por exemplo, os contatos de um relé, ou de estado sólido como um SCR ou mesmo um TRIAC.

Visto que a ação de colocar em curto e provocar a queima do fusível é muito rápida, até mesmo SCRs de correntes relativamente baixas podem ser utilizados na proteção de circuitos de correntes mais elevadas.

Os *circuitos crowbar* são úteis na proteção de máquinas industriais, fontes de alimentação e diversos outros equipamentos, que possam ser sensíveis à elevação da corrente.

Circuitos Práticos

1. Circuito com Transistor

Na **figura 3** temos um primeiro *circuito crowbar* simples que faz uso de um transistor e de um relé.

O resistor R é calculado para que, com a corrente programada, leve o transistor à condução e com isso ao fechamento dos contatos do relé. Nestas condições, o relé coloca momentaneamente em curto o circuito que alimenta a carga, provocando a queima do fusível F.

O relé deverá ter uma bobina de acordo com a tensão de alimentação do circuito e uma corrente de até 100 mA para o transistor indicado. Os seus contatos devem ser capazes de suportar a corrente elevada instantânea que irá circular pelo circuito na condição de curto-circuito.

R é calculado para provocar uma queda de tensão da ordem de 0,7 V com a corrente de disparo do sistema de proteção. A fórmula será:

$$R = 0,7/I$$

Onde:

R é a resistência, em ohms

I é a corrente, em ampères.

Por exemplo, para uma corrente de 2 ampères, temos:

$$R = 0,7/2 = 0,35 \text{ ohms.}$$

A dissipação será dada por:

$$P = R \times I^2$$

Para 2 ampères, temos:

$$P = 0,35 \times 2 \times 2 = 1,4 \text{ W}$$

Na prática, usamos um resistor com pelo menos o dobro desta capacidade de dissipação.

Observamos que os valores indicados não são exatos, pois os transistores na verdade começam a conduzir entre 0,6 e 0,7 V, o que significa que o ideal é pré-ajustar este circuito fazendo testes e escolhendo o melhor valor de R nas proximidades do valor calculado.

2. Circuito com SCR

Na **figura 4** exibimos um outro circuito em que usamos um SCR para colocar diretamente em curto a linha de alimentação da carga.

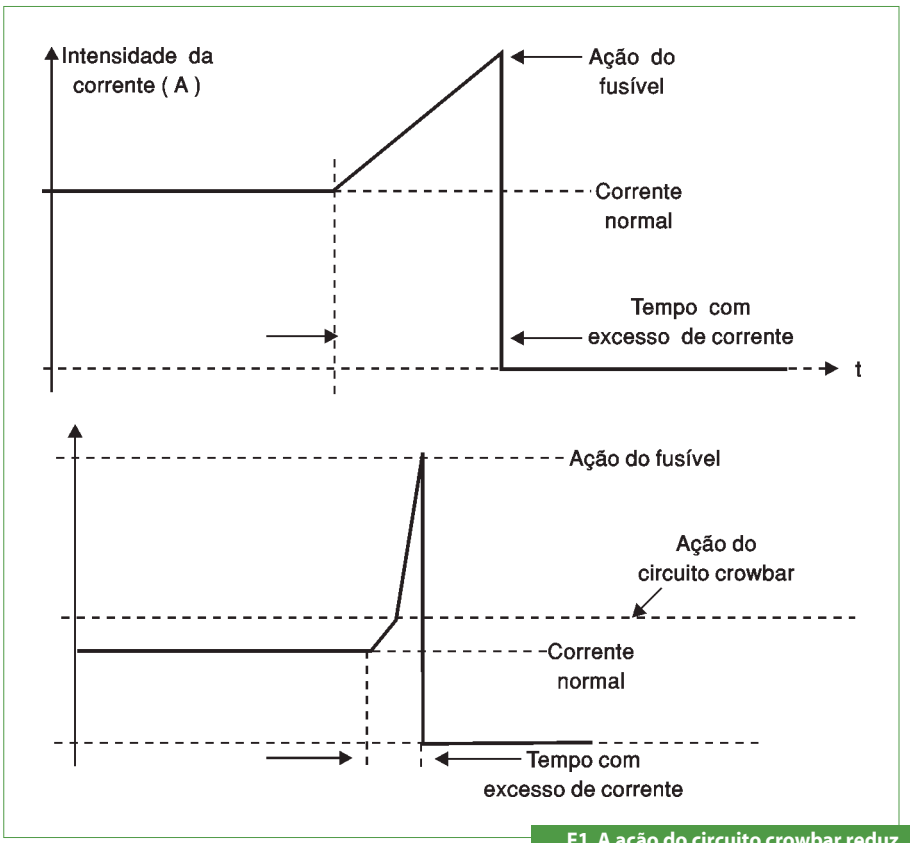
Quando a corrente atingir o valor que provoca sobre R o aparecimento da tensão de disparo do SCR, ele conduzirá colocando em curto a linha de alimentação e, com isso, provocando a queima rápida do fusível.

O valor do resistor R é calculado da mesma forma que no caso do transistor, com a diferença de que em lugar dos 0,7 V da tensão de disparo, nos SCRs comuns ela pode variar entre 0,7 e 1,2 V conforme o tipo.

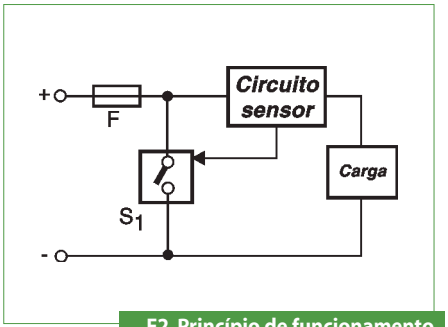
Também recomendamos que, neste caso, o projetista faça antes os testes de determinação de valores para o SCR escolhido.

O SCR deverá ser capaz de suportar a tensão de alimentação do circuito na aplicação e ter uma corrente de pico maior do que a necessária à queima do fusível.

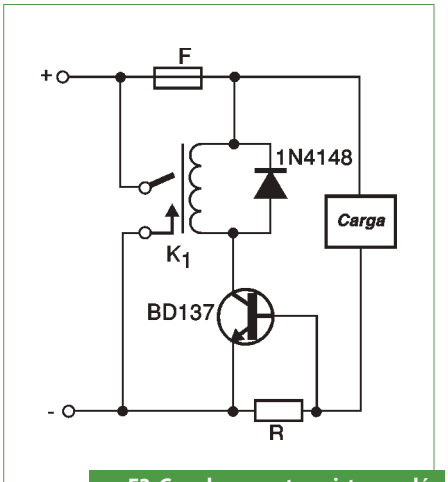
Veja que não será preciso montar o SCR num dissipador de calor, uma vez que a corrente irá circular através dele por um intervalo de tempo muito pequeno.



F1. A ação do circuito crowbar reduz o tempo com excesso de corrente.



F2. Princípio de funcionamento do cirucito crowbar.



F3. Crowbar com transistor e relé.

3. Circuito com SCR e Relé

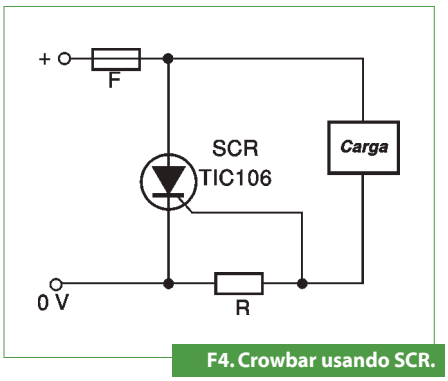
Podemos usar um SCR de corrente relativamente pequena para disparar um relé que tenha corrente de contato mais elevada num circuito de proteção *crowbar*.

Na **figura 5** mostramos como isso pode ser feito.

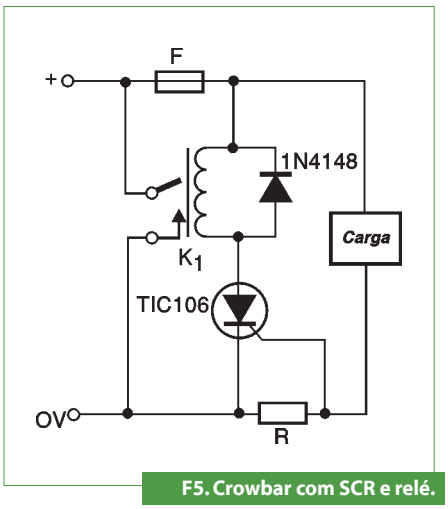
O resistor R deve ser calculado da mesma forma que nos casos anteriores.

Devemos ainda considerar que num SCR em condução ocorre uma queda de tensão no sentido direto, da ordem de 2 V, o que deve ser compensado na escolha do relé empregado na aplicação, principalmente se ele for inferior a 12 V.

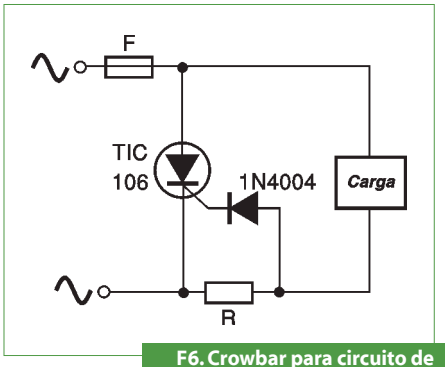
A bobina do relé utilizado pode ter correntes entre 50 mA e 500 mA.



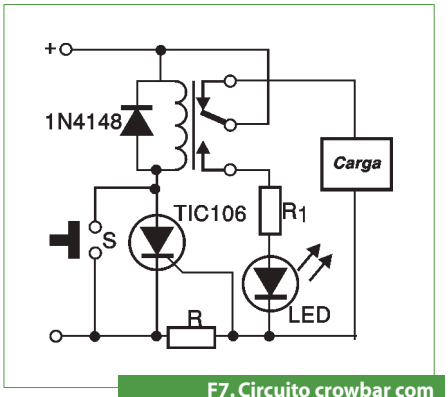
F4. Crowbar usando SCR.



F5. Crowbar com SCR e relé.



F6. Crowbar para circuito de corrente alternada.



F7. Circuito crowbar com desligamento automático.

4. Circuito Para Corrente Alternada

Na **figura 6** temos um circuito de proteção que utiliza um SCR para operação em uma rede de corrente alternada com tensões a partir de 12 V.

O resistor R é calculado da mesma forma que nos casos anteriores. Também devemos considerar que além dos 0,7 V a 1,2 V de disparo do SCR, temos ainda que vencer a polarização direta do diodo 1N4004. Deve ser somado ao valor entre 0,7 V e 1,2 V mais 0,7 V da condução do diodo para o cálculo de R.

Tipicamente, teremos:

$$R = 1,4/I$$

Onde:

R é a resistência, em ohms

I é a corrente desejada para o disparo, em ampères.

Dada a condução muito rápida do SCR, ele não precisará ser dotado de radiador de calor.

5. Circuito com Desligamento Automático

O circuito apresentado na **figura 7** tem a vantagem de desligar automaticamente a fonte de alimentação com a corrente programada e, além disso, fazer acender um LED de aviso. Quando a corrente superar o valor programado por R, o relé fechará seus contatos desligando a carga, e assim permanecendo. Uma vez que o problema da carga seja sanado, basta pressionar S por um momento para que o circuito seja rearmado.

Em lugar do LED indicador podemos ainda usar algum tipo de alarme sonoro.

O relé deverá ter bobina de 50 mA a 500 mA e uma tensão de acordo com a alimentação. Deve ser compensada a queda de tensão de 2 V no SCR, quando ele dispara.

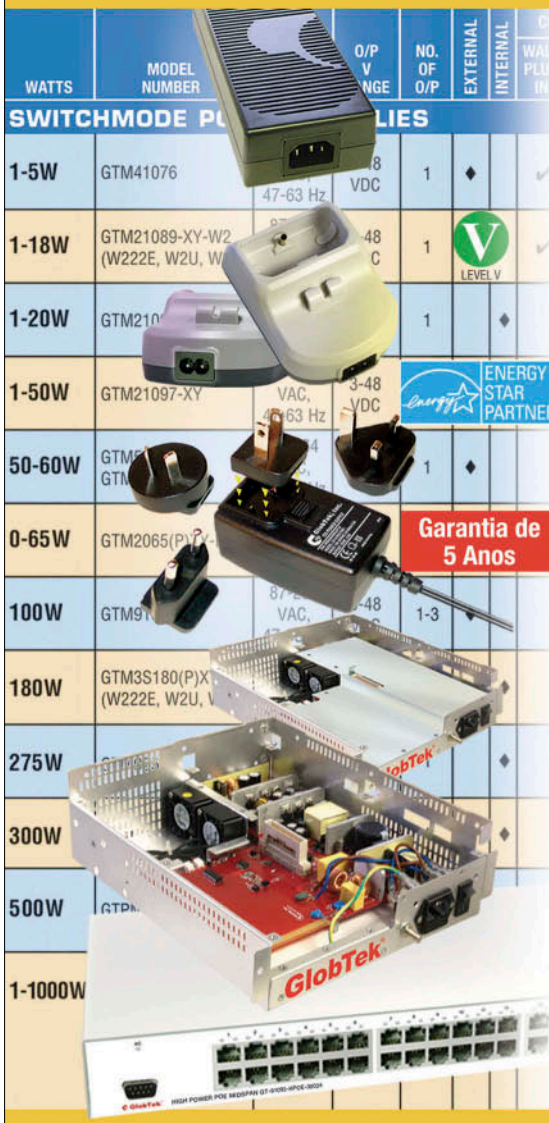
A corrente dos contatos deve ser compatível com a carga controlada.

Conclusão

Os circuitos de proteção *Crowbar* são extremamente eficientes em muitos tipos de aplicações, podendo evitar sérios problemas de queimas de componente caros nos aparelhos. A sua ação muito rápida evita que os problemas de um equipamento se agravem com a queima de componentes onerosos.

Soluções em Energia para a Indústria de Equipamentos Médicos e TI

Projetos Personalizados a partir de um modelo Padrão.
Projeto & Desenvolvimento Personalizados.
Time-to-Market reduzido.



GlobTek®

sales@globtek.com
+1.201.784.1000
+1.201.784.0111

www.globtek.com

CERTIICADO ISO 9001:2008

CB EISA CEC

Conheça a Deriva Térmica

Entenda como funcionam os circuitos de compensação de temperatura

Um dos fatores preponderantes que provoca a destruição dos componentes eletrônicos é a falta de cuidado com a dissipação do calor que é gerado por eles próprios. O fenômeno da deriva térmica ou "thermal drift", que acelera a destruição do componente (quando tudo parece estar perfeito) a partir de uma pequena sobrecarga ou desequilíbrio de funcionamento que dá início a um processo cumulativo, pode comprometer muitos projetos especialmente os de alta potência. Como acontece a deriva térmica e a forma de evitar os problemas decorrentes dela são os assuntos deste artigo.

Newton C. Braga

Quando estudamos a dinâmica dos corpos (Física) aprendemos que há três modos de um corpo estar em equilíbrio estático, os quais são mostrados na **figura 1**.

Na primeira condição temos o chamado equilíbrio indiferente (a), pois em qualquer posição do plano em que a esfera seja colocada ela certamente pode ficar parada (ou em equilíbrio), sem problemas, em uma condição de equilíbrio estático, portanto.

Na segunda condição, temos uma situação de equilíbrio estável (b), que é conseguida somente na posição mais baixa da calha. Se tentarmos tirar a esfera dessa posição, colocando-a em outra, ela não poderá permanecer e tenderá a voltar à posição original no fundo da calha.

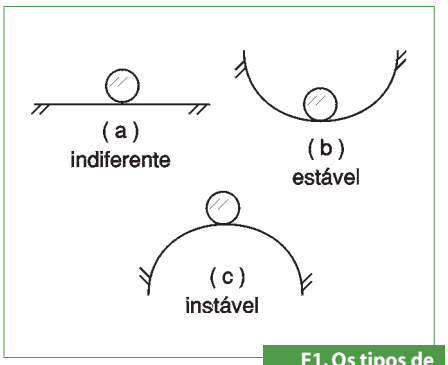
Finalmente, temos uma condição de equilíbrio instável (c), que é justamente a que servirá de ponto de partida para o estudo do nosso problema eletrônico. Nessa condição a esfera fica equilibrada, mas de modo muito crítico na posição indicada. No entanto, qualquer movimento, por menor que seja, para um lado ou para outro, e que tenda a deslocar a esfera dessa posição, fará com que entrem em ação forças que levarão essa esfera a se afastar rapidamente do ponto de equilíbrio para nunca mais voltar de maneira expontânea.

Na eletrônica ocorre um fenômeno que pode ser analisado de maneira análoga, que é a deriva térmica.

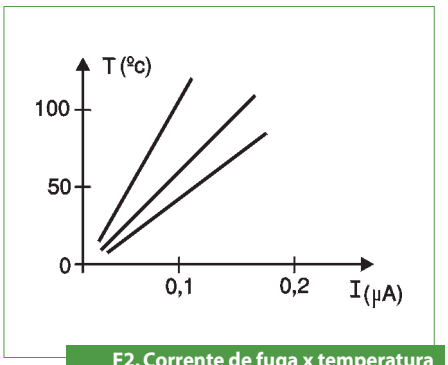
Passando para a Eletrônica

A maioria dos componentes eletrônicos é bastante sensível às mudanças de temperatura. Por menores que sejam, essas mudanças acabam por afetar as características elétricas da maioria deles de modo mais ou menos acentuado conforme cada um.

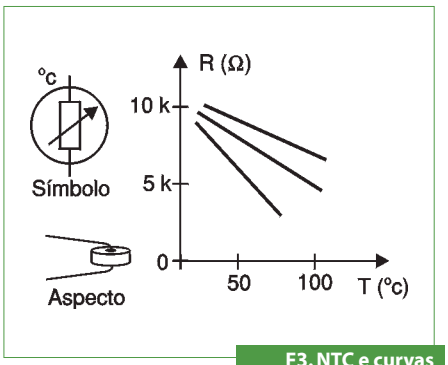
Os transistores, diodos e semicondutores em geral, têm suas correntes de fuga aumentadas sensivelmente quando a temperatura de suas junções aumenta, conforme ilustra o gráfico da **figura 2**.



F1. Os tipos de equilíbrio.



F2. Corrente de fuga x temperatura em semicondutores.



F3. NTC e curvas características.

Em outras palavras, a resistência (no sentido inverso) das junções dos semicondutores diminui quando a temperatura aumenta.

Entretanto, outros componentes, a exemplo dos resistores, possuem coeficientes positivos de temperatura, ou seja, sua resistência aumenta quando a temperatura aumenta.

Podemos falar também dos NTCs (*Negative Temperature Coefficient*) que são componentes cuja resistência diminui com o aumento da temperatura; veja a **figura 3**.

Em um circuito eletrônico, tal qual uma etapa de saída de potência de um amplificador operacional ou ainda de um amplificador de pequena potência do tipo mostrado na **figura 4**, as correntes de repouso estão, na verdade, fixadas de um modo crítico para uma condição de funcionamento no que se considera uma temperatura normal.

Todavia, na prática, as temperaturas dos componentes desse circuito variam, tanto em função da temperatura dos locais onde eles funcionam como também pelo próprio calor gerado devido ao seu modo de funcionamento.

Quando exigido a trabalhar em plena potência, o transistor tende a gerar mais calor e, com isso, a se aquecer a ponto de mudar as condições de operação ideais do próprio circuito em que ele se encontra.

Da mesma forma que aquela esfera ficava nas condições de equilíbrio (exemplo da dinâmica dos corpos), o funcionamento de uma etapa eletrônica deste tipo também pode tender a três condições distintas.

Os componentes podem ter características tais e estarem ligados de tal forma que, não importando a temperatura de operação (dentro de uma faixa de valores que não implique em sua destruição), um eventual aumento de uma resistência seja compensado pela diminuição de outra de modo a manter constantes as correntes e, portanto, a polarização do circuito.

Neste caso, não se alteram as intensidades médias de corrente nos diversos componentes e as quantidades de calor geradas por eles. Nestas condições, o equilibrio térmico do aparelho pode ser considerado indiferente.

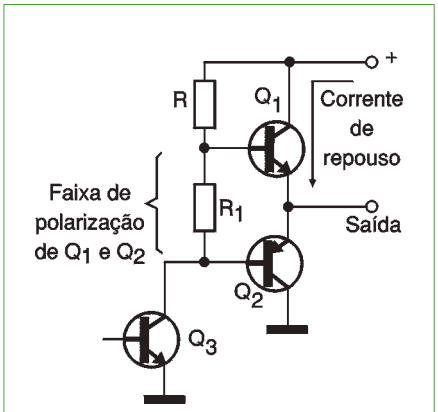
A complexidade da maioria dos circuitos (tanto em função da elevação da temperatura quanto do número de componentes) e a variedade de comportamentos que não são lineares com a temperatura tornam esta condição muito difícil de ser obtida na prática.

Veja que seria interessante dispormos de um aparelho cujas características de funcionamento fossem totalmente indiferentes à temperatura ambiente, pois os problemas que justamente estamos analisando aqui, não ocorreriam.

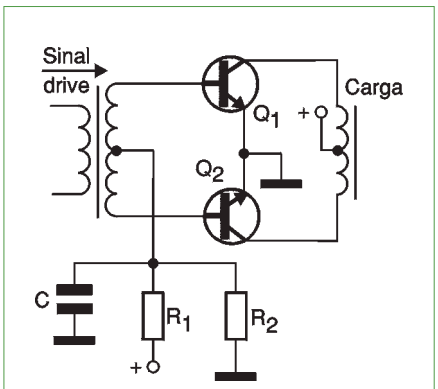
No entanto, o que se torna perigoso para a integridade de qualquer aparelho, é que podemos ter uma condição de equilíbrio térmico instável.

Tomemos por exemplo uma etapa de saída de um amplificador de áudio em *push-pull*, conforme configuração apresentada na **figura 5**. Esse tipo de circuito também pode ser encontrado em controles de máquinas acionando solenoides ou mesmo motores de corrente alternada e inversores.

Os componentes que polarizam as bases dos transistores são calculados para um valor que produza uma corrente de repouso que não comprometa os transistores de saída e que, ao mesmo tempo, com a aplicação de um sinal de áudio, permita uma amplificação com o rendimento e fidelidade desejados.

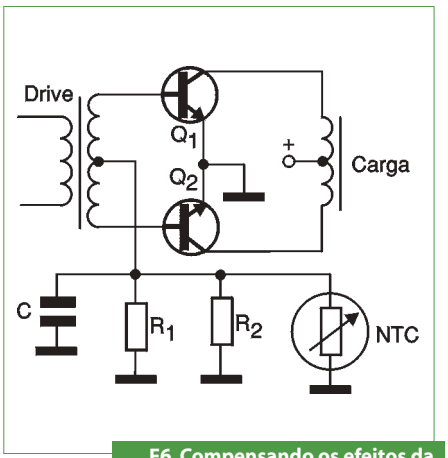


F4. A corrente de repouso desta etapa é muito sensível à temperatura.

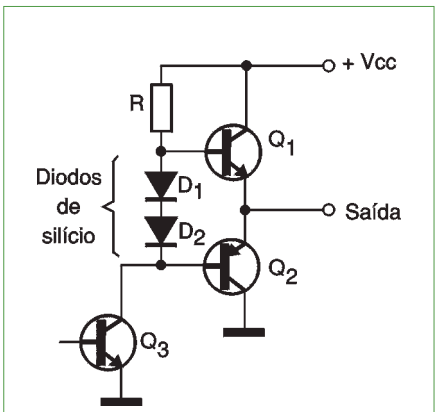


F5. Uma etapa de saída com transistores em " Push-Pull".

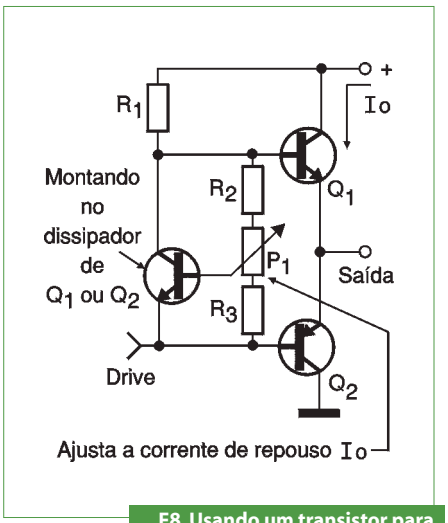
Vamos supor, entretanto, que, por algum motivo, o amplificador seja levado a uma operação num local de temperatura maior do que a prevista como normal. Isso poderá ainda ser agravado por uma condição de ventilação deficiente (alguém colocou alguns CDs e objetos justamente tampando os furos de ventilação do aparelho sobre a caixa, coisa muito normal para esse tipo de equipamento).



F6. Compensando os efeitos da temperatura com um NTC.



F7. Usando diodos de silício na polarização para compensar os efeitos da temperatura.



F8. Usando um transistor para compensar a temperatura.

Com a elevação da temperatura, aumenta a corrente de fuga dos transistores que se soma com a corrente de base. O resultado é que a corrente de coletor é determinada pela corrente de base e, com o aumento da primeira, a consequência é um aumento da corrente de coletor em condição de repouso.

O aumento da corrente de coletor produz um efeito importante: faz com que o transistor gere mais calor, e ele tem que dissipar esse calor. Ora, para dissipar mais calor, o transistor se aquece mais e o resultado da elevação adicional da temperatura não poderia ser outro: aumenta a corrente de fuga que se soma à corrente de base. O fenômeno é semelhante ao de uma "bola de neve" ou "reação em cadeia": aumentando a corrente de base, aumenta a de coletor; aumenta a temperatura e novamente a corrente de base, e o resultado final é catastrófico: a corrente no componente se torna tão intensa, assim como o calor gerado, que a queima dos componentes é inevitável!

Note, então, que bastará um "empurrãozinho" inicial para que o processo vá tomando corpo, com uma "deriva térmica" que fará o circuito fugir das condições ideais de funcionamento, levando os componentes mais sensíveis à queima.

Para um circuito como esse é preciso agregar recursos que impeçam que tal fenômeno aconteça.

Um modo simples para compensar os efeitos da elevação da temperatura (que tende a aumentar a corrente nos transistores) é conseguido com o uso de um termistor ou NTC, ligado de acordo com o circuito da **figura 6**.

O termistor ou resistor com coeficiente negativo de temperatura (Negative Temperature Coefficient) é um componente que, conforme o nome diz, diminui de resistência quando a temperatura aumenta. Ligado entre a base do transistor e o emissor (através do enrolamento do transformador, nesta aplicação) ele tende a diminuir a tensão de polarização e, com isso, reduzir a corrente de base quando a temperatura aumenta. Ora, isso faz com que a corrente total no transistor se mantenha constante e ele não tenda a aquecer mais, obtendo-se uma condição de equilíbrio térmico estável.

Nos amplificadores de áudio e de uso industrial de potências elevadas com transistores bipolares ligados na configuração de simetria complementar ou "quasi-complementar", temos duas outras possibilidades para manter o equilíbrio térmico e, consequentemente, evitar a deriva térmica. Essas possibilidades são mostradas no circuito da **figura 7**.

São usados diodos comuns de silício para polarizar as bases dos transistores de tal forma que sua resistência diminui com o aumento da temperatura. Na verdade, o que sucede é uma elevação da corrente nesses componentes quando a temperatura aumenta e, assim, temos um efeito semelhante ao obtido pelo NTC.

A grande vantagem dessa configuração é que os diodos tendem a manter intrinsecamente entre seus terminais a mesma tensão base-emissor que precisamos para polarizar o transistor.

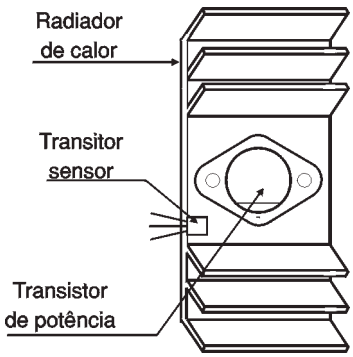
Alguns amplificadores de potências elevadas fazem o mesmo, porém usando um transistor de uso geral de baixa potência como sensor, conforme mostra a **figura 8**. Para "sentir" a temperatura dos transistores de saída, que são justamente os que devem dissipar mais calor e por isso operam nos limites (levando a deriva térmica a ser um elemento de grande perigo para sua integridade), a montagem do sensor (transistor) é feita no próprio dissipador de calor; veja a **figura 9**.

Os transistores empregados como sensores, neste caso, são colados com epoxi ou outra cola forte no dissipador de calor dos transistores de saída do amplificador.

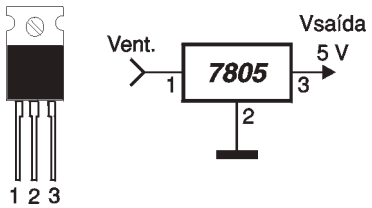
A operação deste "sistema de segurança" é simples: quando aumenta a temperatura e a corrente de coletor dos transistores de potência também tende a aumentar, cresce da mesma forma a condução do transistor utilizado como sensor, desviando assim a corrente de base, que é reduzida automaticamente. Nessas condições, com a corrente de polarização diminuindo, também é reduzida a corrente entre o coletor e o emissor e, com isso, a potência desenvolvida no transistor, responsável pela elevação de sua temperatura.

Mas, não é somente com os circuitos transistorizados que esse problema pode ocorrer. Na verdade, com os circuitos integrados, o problema pode ser considerado ainda mais grave, uma vez que todos os componentes estão numa mesma pastilha de silício e qualquer aquecimento excessivo de um deles reflete-se imediatamente nas características dos outros.

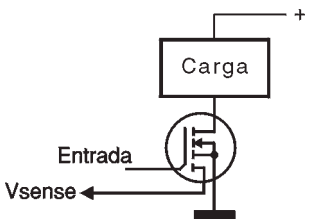
Dessa forma, um cuidado especial é tomado nos projetos, principalmente nos



F9. Montagem do sensor de temperatura no radiador de calor.



F10. O 7805 possui proteção térmica.



F11. FET com sensor de corrente.

dos circuitos integrados que trabalham com correntes elevadas, no sentido de se agregar proteções internas térmicas que evitem o problema da deriva, compensando qualquer possibilidade de elevação excessiva de correntes pela elevação da temperatura.

Os circuitos integrados reguladores de tensão, por exemplo, possuem configurações internas que evitam que a corrente aumente caso a temperatura se eleve e, em alguns casos, eles até fazem o corte total da corrente de saída quando essa temperatura ultrapassa um valor considerado perigoso (denominado *thermal shutdown* em inglês, ou desligamento térmico). O CI 7805, esquematizado na **figura 10**, é um exemplo de circuito integrado com esses recursos.

Para os amplificadores de áudio integrados ou amplificadores operacionais de potência usados no controle de motores e solenoides, temos também circuitos internos de proteção contra os problemas causados pela deriva térmica. Esses circuitos evitam a queima em caso de uma tendência de aumento das correntes, o que provocaria um aquecimento excessivo do componente.

Finalmente, temos o caso dos "sensiFETs", que são transistores de efeito de campo de potência que possuem um terminal no qual se pode obter uma tensão proporcional à corrente que eles conduzem; acompanhe a **figura 11**.

Essa tensão poderá ser aplicada para acionar os circuitos de proteção ou ainda para agir no próprio circuito, reduzindo assim a corrente através dos componentes mais sensíveis.

Conclusão

Mesmo que obtenhamos uma condição aparentemente ideal de funcionamento de um circuito na temperatura ambiente, nem sempre podemos garantir que o projeto está pronto para uso numa faixa de temperaturas que encontramos normalmente no dia a dia, ou mesmo em condições extremas.

A temperatura ambiente elevada ou mesmo a temperatura do circuito acima do normal (causada por problemas de ventilação ou funcionamento prolongado) podem ser fontes de grandes problemas para um circuito.

Um simples "empurrãozinho" no sentido de tirar dos circuitos as condições de repouso que mantêm sua estabilidade de funcionamento, poderá levar o sistema a sair do controle com a elevação de correntes em pontos perigosos e isso poderá culminar com a queima de componentes.

Aparelhos que tenham etapas que operem com potências elevadas são os mais críticos, mas isso não significa que os demais estejam imunes. Se o equilíbrio da polarização de um circuito for crítico, precauções deverão ser tomadas para se obter as devidas compensações. Sem isso, a deriva térmica poderá pôr a perder o melhor dos projetos. E



10 Circuitos de Optoeletrônica

Atualmente, os circuitos que trabalham com sensores ou emissores de luz são cada vez mais comuns em diversos tipos de aplicações. O profissional que desenvolve ou repara esses circuitos frequentemente precisa de ideias práticas para resolver pequenos problemas que vão do interfaceamento com fibras ópticas, sensores de movimento até links de sinais. Nesta seleção de pequenos circuitos, damos muitas ideias práticas que podem ser usadas em conjunto com circuitos mais complexos, ou ainda como solução para pequenos problemas

Newton C. Braga

Se bem que existam circuitos integrados especialmente desenvolvidos para aplicações ópticas, há casos em que precisamos de soluções simples que podem ser resolvidas com componentes discretos ou mesmo circuitos integrados comuns tais como amplificadores operacionais.

Na seleção dada a seguir visamos a simplicidade da solução imediata, o que pode ser importante no desenvolvimento de um projeto, na resolução de problemas de equipamentos de todos os tipos ou mesmo para experimentação de dispositivos sensores ou emissores.

Esses circuitos, em sua maioria foram obtidos de fabricantes como a Texas Instruments, Motorola, etc., que fornecem sempre boas sugestões de aplicativos em sua vasta literatura técnica. É claro que o mérito do artigo é justamente evitar que o leitor perca um tempo enorme localizando tais circuitos nas fontes originais, além do que essas informações encontram-se em inglês, nem sempre totalmente dominado pelos leitores.

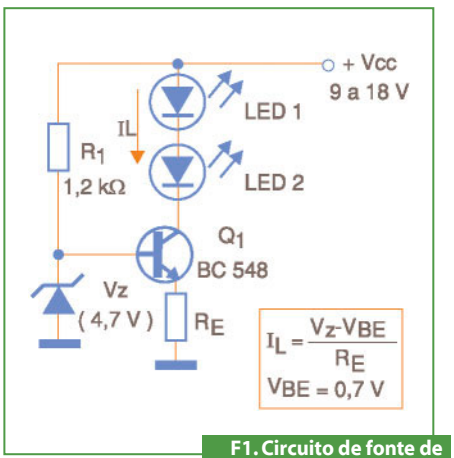
Fonte de corrente constante para LEDs

O circuito mostrado na **figura 1** fornece uma corrente constante (IL) para dois ou mais LEDs usando para essa finalidade um transistor e um diodo zener.

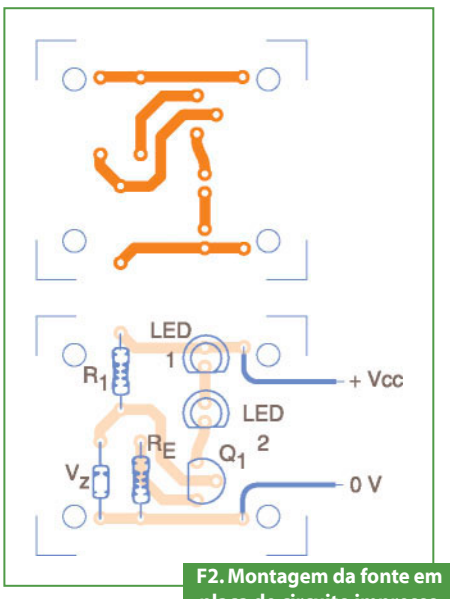
A intensidade da corrente depende do valor do diodo zener e é calculada pela fórmula junto ao diagrama. Podem ser usados diodos zeners de tensões diferentes da indicada.

O número máximo de LEDs ligados em série depende da tensão de alimentação, uma vez que cada um irá representar uma queda de tensão de 1,6 a 2,2 V (dependendo da cor). A soma das quedas de tensão não pode se aproximar muito da tensão da alimentação, pois é preciso deixar uma tensão de pelo menos 2,5 V para que o transistor opere satisfatoriamente como regulador.

Na **figura 2** temos uma sugestão de placa de circuito para implementação deste regulador.



F1. Circuito de fonte de corrente p/ LEDs.



F2. Montagem da fonte em placa de circuito impresso.

Lista de Materiais 1

- **Q_1** – BC548 ou equivalente – transistor NPN de uso geral
- **V_Z** – diodo zener de 2,7 a 5,6 V x 400 mW
- **LED1, LED2** – LEDs comuns – ver texto
- **R_1** – 1,2 k x 1/8 W – resistor
- **RE**- resistor conforme a corrente nos LEDs (47 a 560) – ver texto

Diversos:
Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

Transistores equivalentes podem ser empregados e a corrente típica nos LEDs pode ficar entre 10 e 70 mA.

Receptor para radiação modulada

O circuito apresentado na **figura 3** pode ser usado como um receptor para luz modulada em baixa frequência (visível ou infravermelho) até algumas dezenas de quilohertz.

O sensor pode ser qualquer fotodiodo ou fototransistor comum. Observe que a fonte de alimentação deve ser simétrica. O ganho é dado pelo resistor R_1, que pode ter seu valor aumentando conforme a aplicação, até mais de 1 Mohms.

Na **figura 4** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para implementação deste receptor.

Amplificadores operacionais equivalentes podem ser utilizados, inclusive tipos que sejam capazes de operar com frequências mais altas que o 741.

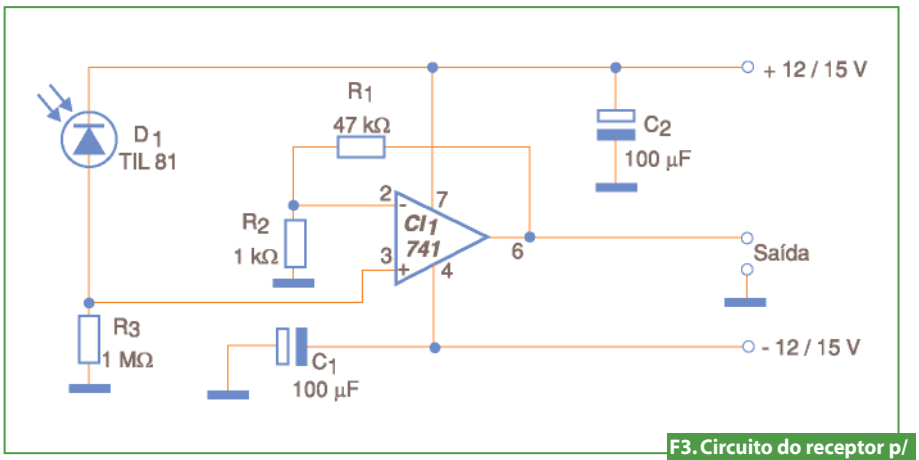
Fototiristor

A finalidade do circuito ilustrado na **figura 5** é simular um tiristor, com o disparo pela luz.

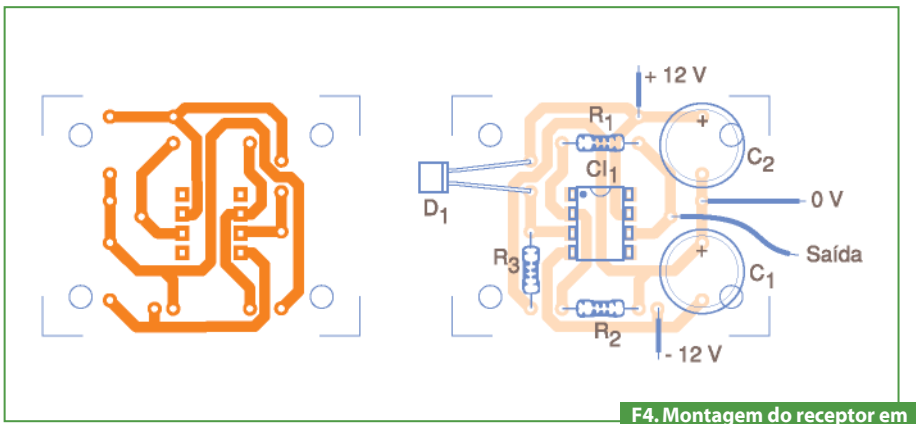
Lista de Materiais 2

- **CI_1** – 741 ou equivalente – amplificador operacional
- **D_1** – Fotodiodo (TIL81 ou equivalente)
- **R_1** – 447 k x 1/8 W – resistor
- **R_2** – 1 k x 1/8 W – resistor
- **R_3** – 1 M x 1/8 W – resistor
- **C_1, C_2** – 100 µF x 16 V – capacitores eletrolíticos

Diversos:
Placa de circuito impresso, fonte simétrica, fios, solda etc.



F3. Circuito do receptor p/ radiação modulada.



F4. Montagem do receptor em placa de circuito impresso.

Quando a luz incide em Q_2, este transistor conduz, polarizando Q_1 no sentido de também fazê-lo conduzir. Com isso, Q_1 realimenta Q_2 e temos um processo muito rápido de disparo para o circuito que vai à plena condução. Podemos dizer que esse circuito é equivalente ao de um SCR disparado pela luz.

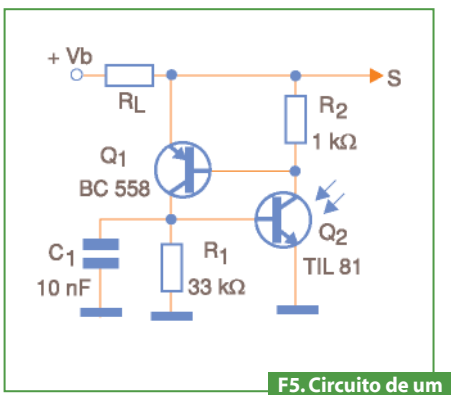
O resistor de carga pode ter valores entre 100 e 1000 ohms e a tensão de alimentação deve ficar na faixa dos 9 aos 15 V.

Fototransistores equivalentres ao indicado podem ser empregados. Lembramos apenas que trata-se de um dispositivo de baixa capacidade de corrente. Essa capacidade é a corrente máxima que pode circular pela junção base/emissor do fototransistor usado.

Na **figura 6** temos uma placa de circuito impresso para implementação desse circuito.

Emissor para link óptico

O circuito da **figura 7** modula um LED emissor de infravermelho a partir

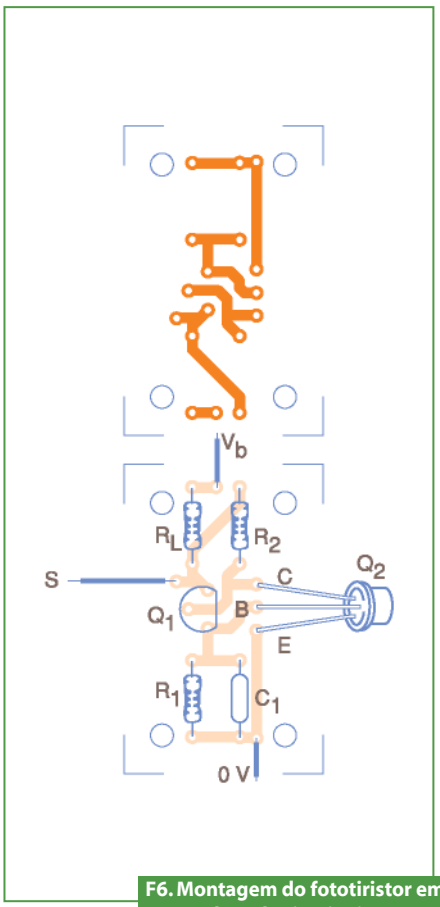


F5. Circuito de um fototiristor.

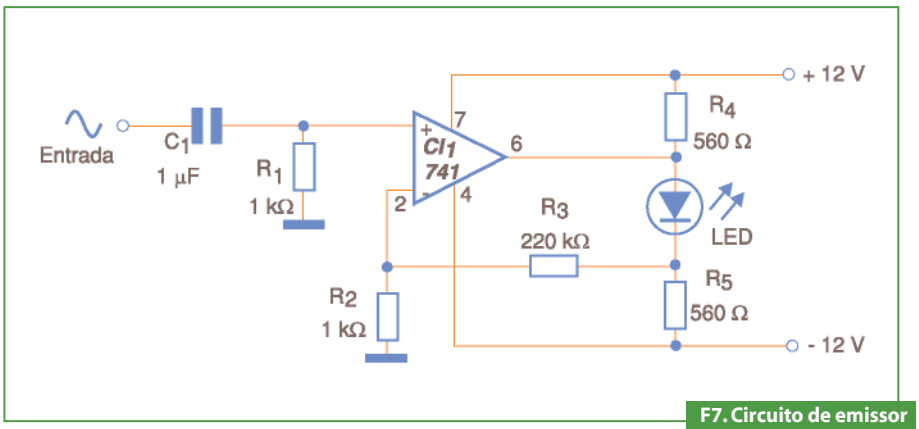
Lista de Materiais 3

- **Q_1** – BC558 ou equivalente – transistor PNP de uso geral
- **Q_2** – TIL81 ou qualquer fototransistor
- **RL** – ver texto
- **R_1** – 33 k x 1/8 W – resistor
- **R_2** – 1 k x 1/8 W – resistor
- **C_1** – 10 nF – capacitor cerâmico ou poliéster

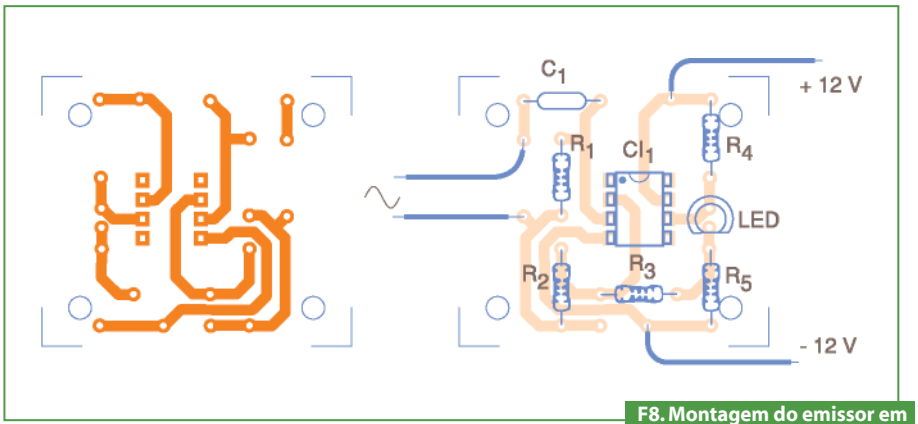
Diversos:
Placa de circuito impresso, fios, solda etc.



F6. Montagem do fototiristor em placa de circuito impresso.



F7. Circuito de emissor para link óptico



F8. Montagem do emissor em placa de circuito impresso.

de sinais de áudio, ou dados de baixa frequência aplicados à sua entrada.

A fonte de alimentação deve ser simétrica e amplificadores operacionais equivalentes podem ser empregados, inclusive tipos com resposta de frequência maior do que o 741. O ganho do circuito é determinado pela relação entre R_3 e R_2. R_2 pode ser alterado em função da intensidade do sinal usado na modulação. O LED pode ser de qualquer tipo infravermelho.

Na **figura 8** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para implementação desse emissor.

Lista de Materiais 4

- **CI_1** – 741 – amplificador operacional
- **LED** – LED emissor infravermelho comum
- **R_1, R_2** – 1 k x 1/8 W – resistores
- **R_3** – 220 k x 1/8 W – resistor
- **R_4, R_5** – 560 x 1/8 W – resistores
- **C_1** – 1 µF – capacitor de poliéster

Diversos:

Placa de circuito impresso, fonte de alimentação simétrica, fios, solda, recursos ópticos etc.

Recursos ópticos, como lentes, podem ser utilizados para se concentrar a radiação numa única direção, e assim obter-se maior alcance.

Os circuitos da **figura 3** e da **figura 9** podem ser usados como receptores para este emissor. Suas saídas devem ser ligadas a amplificadores apropriados.

Receptor para sinais ópticos modulados

O circuito da **figura 9** pode ser empregado como receptor para o bloco anterior. Seu sensor é um fotodiodo ou fototransistor de qualquer tipo.

O transistor de efeito de campo de junção pode ser de qualquer tipo. Este circuito consegue trabalhar com sinais modulados até algumas centenas de quilohertz. Recursos ópticos devem ser usados para concentrar a radiação no fotosensor e assim ser obtido maior alcance para o *link*.

Uma placa de circuito impresso para a montagem é apresentada na **figura 10**.

Lista de Materiais 5

- **Q_1** – BF245 ou equivalente – FET de junção (JFET)
- **FD** – Foto-diodo ou foto-transistor
- **R_1** – 100 kΩ x 1/8 W – resistor
- **R_2** – 1 M xΩ 1/8 W – resistor
- **R_3** – 10 k xΩ 1/8 W – resistor
- **C_1** – 10 nF – capacitor cerâmico ou poliéster
- **C_2** – 100 nF – capacitor cerâmico ou poliéster

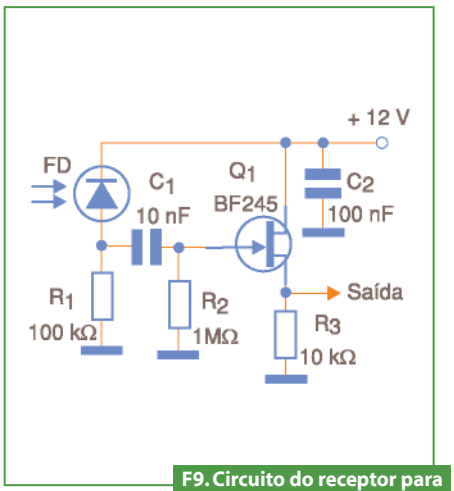
Diversos:

Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

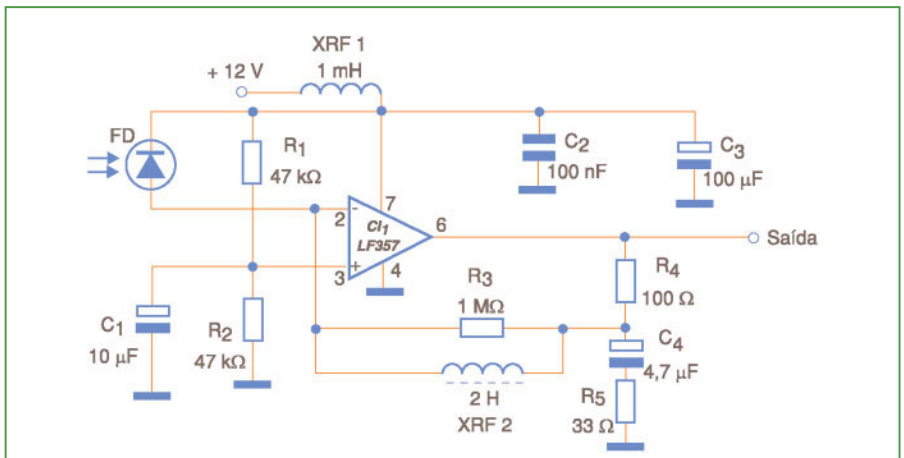
Fotorreceptor para 40 KHz

Com o circuito apresentado na **figura 11**, sinais modulados em frequências até 40 kHz podem ser recebidos com facilidade. Trata-se de bloco ideal para poder receber sinais modulados de controles remotos de TV.

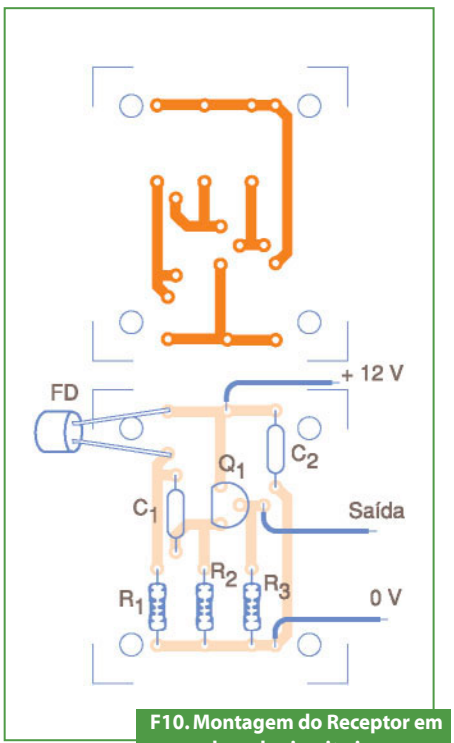
Amplificadores operacionais equivalentes podem ser empregados. A fonte de alimentação não precisa ser simétrica e o fotodiodo deve ser de tipo capaz de operar com a frequência dos sinais a serem recebidos.



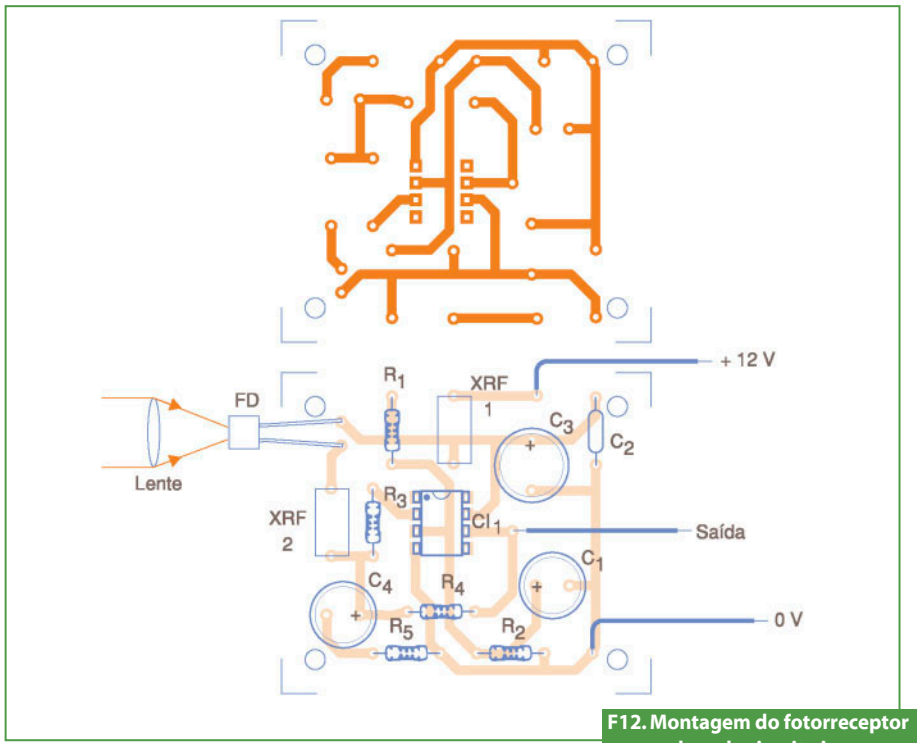
F9. Circuito do receptor para sinais ópticos modulados.



F11. Circuito do fotorreceptor de 40 KHz.



F10. Montagem do Receptor em placa de circuito impresso.



F12. Montagem do fotorreceptor em placa de circuito impresso.

Os choques de RF são importantes, sendo possível o uso de tipos comerciais. O choque de 2 H pode ser o enrolamento primário de um pequeno transformador comum de alimentação. Devem ser feitas experiências com este componente para obter a melhor resposta.

Na **fig. 12** damos uma placa de circuito impresso para a montagem do receptor.

O fotossensor deve ser dotado de recursos ópticos como lentes, que concentrem a radiação recebida de modo a se obter maior sensibilidade e diretividade. O resistor R_3 determina o ganho do circuito, podendo eventualmente ser alterado.

LED como fotossensor

Na falta de um fototransistor ou de um fotodiodo numa aplicação de emergência, ou mesmo para solucionar um pequeno problema de optoeletrônica, um LED comum pode ser usado como fotossensor sensível. O circuito da **figura 13** mostra como fazer isso.

P_1 ajusta o ponto de disparo ou de condução do transistor. O sensor é um LED

Lista de Materiais 6

- **CI_1** – LF357- amplificador operacional
- **FD** – fotodiodo comum
- **R_1, R_2** – 47 k x 1/8 W – resistores
- **R_3** – 1 MΩ x 1/8 W – resistor
- **R_4** – 100 Ω x 1/8 W – resistor
- **R_5** – 33 Ω x 1/8 W – resistor
- **C_1** – 10 µF x 16 V – capacitor eletrolítico
- **C_2** – 100 nF – capacitor cerâmico
- **C_3** – 100 µF x 16 V - capacitor eletrolítico
- **C_4** – 4,7 µF x 16 V – capacitor eletrolítico
- **XRF1, XRF2** – choques de RF – ver texto

Diversos:

Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

Lista de Materiais 7

- **CI_1** – 741 ou equivalente – amplificador operacional
- **Q_1** – BF245 – transistor de efeito de campo de junção (JFET)
- **LED** – LED comum de qualquer cor – ver texto
- **R_1, R_2** – 47 k x 1/8 W – resistores
- **R_3** – 1 M x 1/8 W – resistor
- **P_1** – 1000 k – *trimpot*

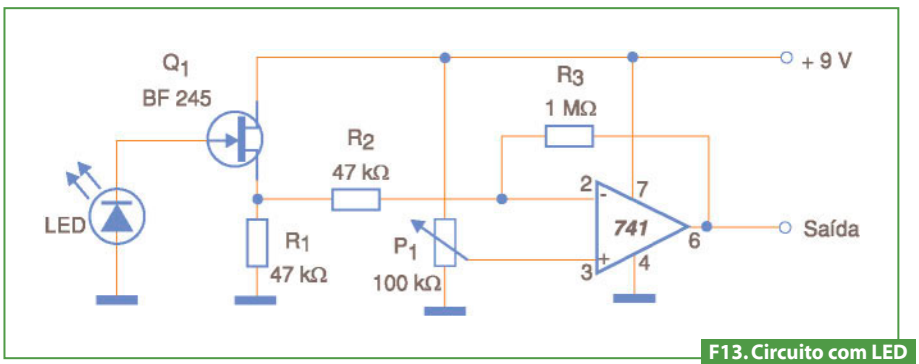
Diversos:
Placa de circuito impresso, fios etc.

comum e a resposta de frequência para a cor da luz depende justamente do tipo de LED utilizado.

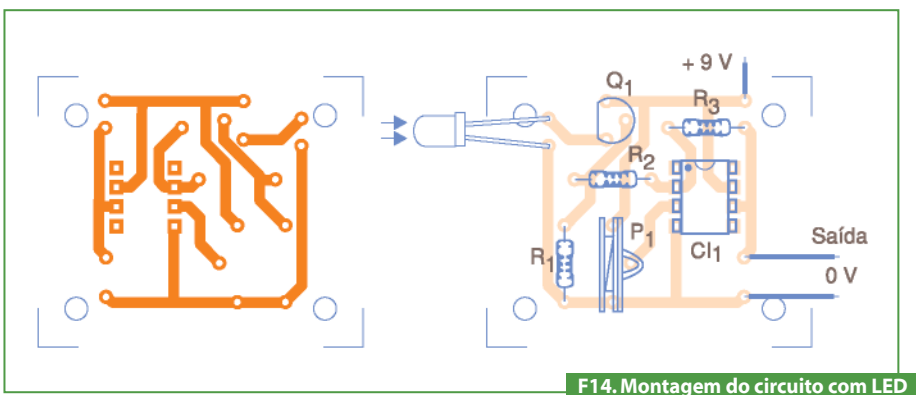
O ganho do circuito é dado por R_3 que pode ser aumentado para até 4,7 M ohms de modo a se obter o máximo, sem problemas de instabilidade. A fonte de alimentação não precisa ser simétrica e transistores de efeito de campo de junção equivalentes podem ser empregados, assim como amplificadores operacionais. A resposta de frequência deste circuito é da ordem de algumas dezenas de quilohertz.

Na **figura 14** observamos uma sugestão de placa de circuito impresso para implementação deste sensor com LED. Recursos ópticos devem ser usados para concentrar a luz no LED e assim obter-se maior diretividade e sensibilidade.

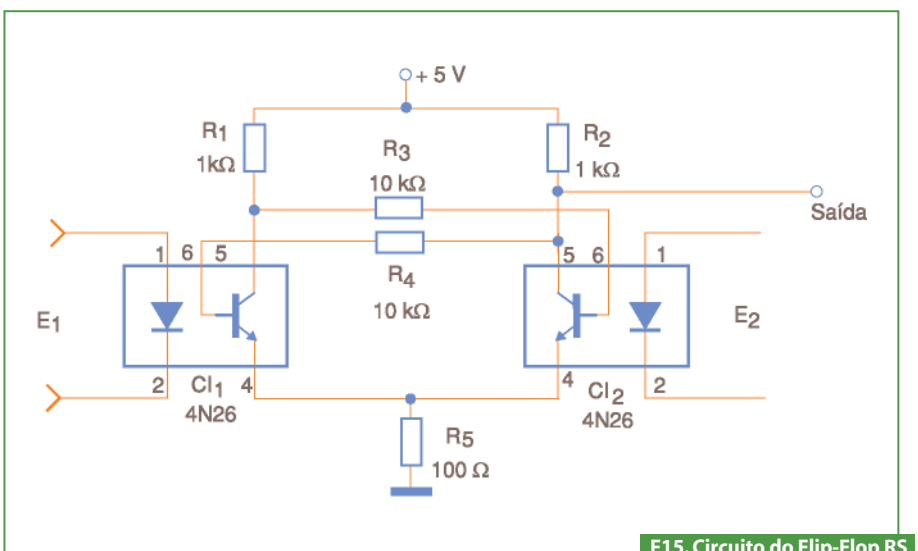
A saída pode ser ligada a etapas de potência com transistores para acionamento de relés ou outras cargas de potência. Essa saída será da ordem de 1 a 2 V no nível baixo e de 7 a 8 V no nível alto, conforme iluminação do LED.



F13. Circuito com LED como fotossensor



F14. Montagem do circuito com LED em placa de circuito impresso.



F15. Circuito do Flip-Flop RS com acopladores ópticos.

Flip-Flop R-S com Acopladores ópticos

Este circuito também pode ser implementado com chaves ópticas para acionamento a partir de *encoders* ou outros dispositivos mecânicos. A configuração ilustrada na **figura 15** se baseia nos conhecidos acopladores ópticos 4N25 ou equivalentes, e tem saída compatível com lógica TTL.

Trata-se de um fip-flop R-S onde os sinais aplicados nos LEDs dos acopladores devem ter as características necessárias à sua excitação. Para excitação com lógica TTL, um resistor de 100 ohms deve ser ligado em série com os LEDs emissores.

A alimentação é feita com tensão de 5 V e a ação de realimentação que trava o circuito vem dos resistores R_2 e R_3. Esses

Lista de Materiais 8

- **CI_1, CI_2** – 4N26 ou equivalentes – acopladores ópticos
- **R_1, R_2** – 1 k x 1/8 W – resistores
- **R_3, R_4** – 10 k x 1/8 W – resistores
- **R_5** – 100 x 1/8 W – resistor

Diversos:
Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

Lista de Materiais 9

- **CI_1** – 7413 – circuito integrado TTL
- **CI_2** – 7474 – circuito integrado TTL
- **CI_3** – 7410 – circuito integrado TTL
- **LED1, LED2** – LEDs comuns – ver texto
- **Q_1, Q_2** – fototransistores comuns
- **R** – ver texto – resistor
- **R_1, R_2** – 10 k x 1/8 W – resistores
- **R_3** – 330 x 1/8 W – resistor
- **C_1** – 47 nF – capacitor de poliéster ou cerâmico

Diversos:
Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

componentes devem ser alterados se outros acopladores forem usados, de modo a casar com suas características.

Na **figura 16** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para implementação deste *flip-flop* R-S.

Sensor óptico de direção

O circuito exibido na **figura 17** pode ser usado em sistemas de automação que exigem o reconhecimento do sentido de movimentação de uma peça ou de um disco codificador (*encoder*).

São usados dois LEDs emissores ligados em série com um único resistor limitador (R) que depende da corrente exigida. No entanto, outras configurações excitadoras podem ser empregadas, inclusive com tensões de alimentação maiores.

Os sensores são fototransistores que excitam circuitos integrados de tecnologia TTL. A saída consta de pulsos no nível baixo cuja presença depende do sentido do movimento do circuito. O resistor de 330 ohms e o capacitor de 47 nF formam uma configuração monoestável que determina o tempo de reconhecimento do movimento.

Como o circuito é implementado como parte de outros projetos e as portas usadas podem ser intercambiadas, principalmente no caso do 7413 e 7410, a placa não é dada, ficando por conta do leitor elaborá-la segundo *layout* que lhe seja mais favorável. Da mesma forma, os *flip-flops* do 7474 podem ser intercambiados, facilitando assim o projeto de uma placa.

Interface óptica TTL

A finalidade do circuito mostrado na **figura 18** é fornecer sinais compatíveis com tecnologia TTL a partir de sinais ópticos captados pelo fotodiodo.

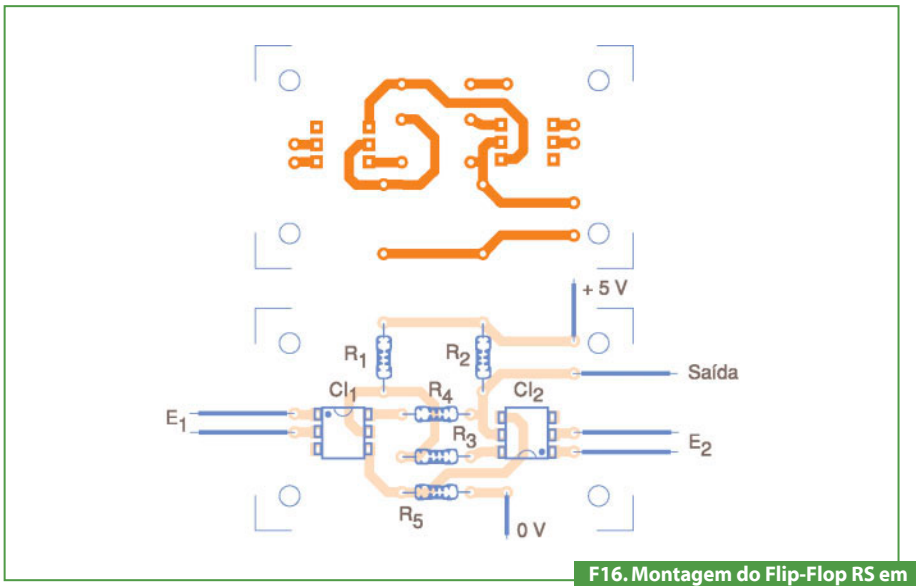
O ganho do circuito é determinado por R_3, componente que pode ter seu valor alterado em função dos sinais de excitação. Observe que a fonte de alimentação para o amplificador operacional precisa ser simétrica. O 7413 é um disparador que garante que o sinal aplicado ao circuito externo seja livre de repiques.

Como as portas TTL do 7413 podem ser intercambiadas, deixamos por conta do leitor elaborar uma placa de circuito impresso para esse aplicativo.

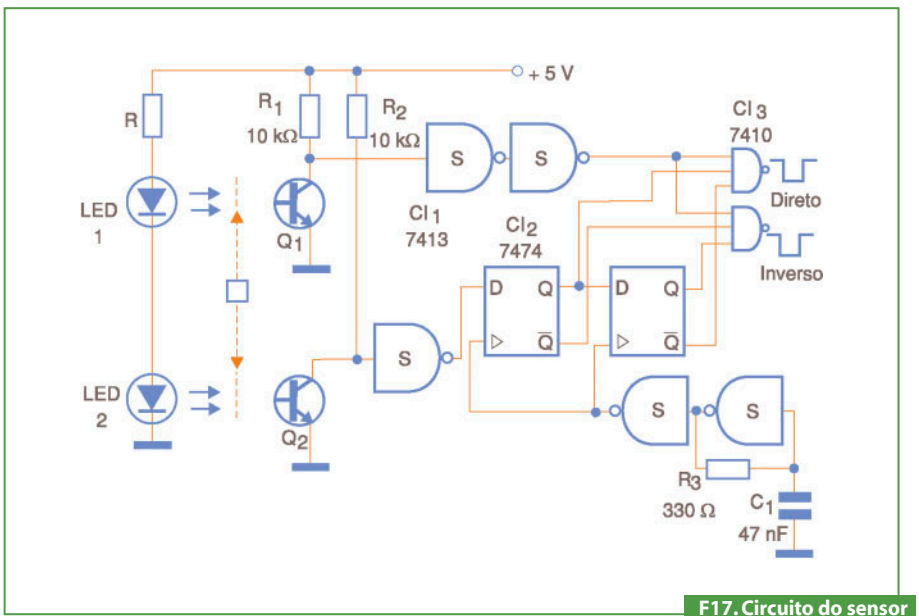
Lista de Materiais 10

CI_1 – 741 – amplificador operacional
CI_2 – 7413 – circuito integrado TTL
FD – fotodiodo
R_1, R_3 – 100 kΩ x 1/8 W – resistores
R_2 – 1 kΩ x 1/8 W – resistor
R_4 – 75Ω x 1/8 W – resistor

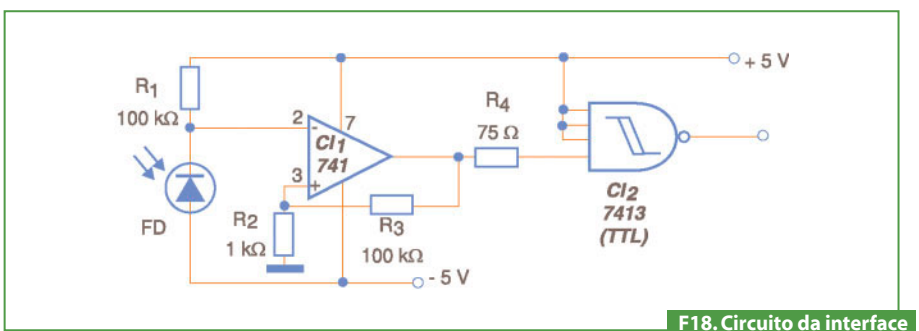
Diversos:
Placa de circuito impresso, fios, solda etc.



F16. Montagem do Flip-Flop RS em placa de circuito impresso.

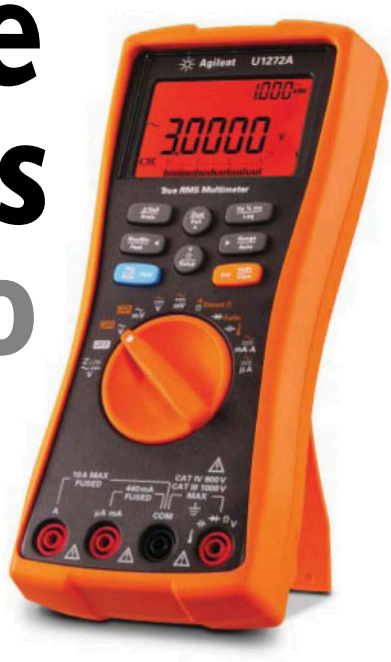


F17. Circuito do sensor óptico de direção.



F18. Circuito da interface óptica TTL.

Fácil medição de tensões parasitas com o multímetro digital U1272 A



Tradução: Eutíquio Lopez

Tensões parasitas ou *stray voltages*, muitas vezes referidas como tensões fantasmas, são tensões que surgem num condutor elétrico (fio), mesmo após ele ter sido desligado de um circuito elétrico. Eletricistas e técnicos encontram frequentemente essas tensões nos sistemas elétricos, quando da medida de tensões CA em circuitos que foram desconectados. Medindo-se o circuito com um multímetro digital portátil de alta impedância, pode ficar difícil diferenciar essas "stray voltages" das leituras verdadeiras. Numa situação dessas, identificar e resolver a fonte das tensões parasitas poderá custar tempo, esforço e dinheiro.

Este "application note" apresenta uma ferramenta alternativa para a identificação da presença de tensões parasitas: o multímetro digital portátil U1272 A, da Agilent. O documento explica também como a característica Z_{Low} do instrumento facilita o trabalho de técnicos e eletricistas de qualquer nível de experiência, no tocante à identificação da presença de "stray voltages" em todos os tipos de instalações elétricas. Para ilustrar as diferenças entre as ferramentas de medida de tensões, este A.N. aborda uma situação real onde tensões parasitas foram identificadas.

Encontrando "Stray Voltage"

Conforme mostra a **figura 1**, um eletricista está instalando lâmpadas numa instalação de baixa tensão em um depósito equipado com 2 fios que correm paralelamente no conduíte. Um deles é para a lâmpada A, que está acesa, e o outro par de fios será usado para instalar uma nova lâmpada empregando uma nova extensão de cabo que corre paralelo com a lâmpada A.

Antes de iniciar a instalação, o eletricista verifica a tensão no fio usando o seu multímetro portátil de alta impedância (em azul, na ilustração). Ele lê uma tensão de 40 V, mesmo com a linha desligada pelo interruptor principal, o que o faz suspeitar de fios em contato provocando um curto-circuito e originando uma tensão que escoa através da isolação dos condutores. No entanto, após uma investigação completa, ele não encontra nenhum curto-circuito para a terra.

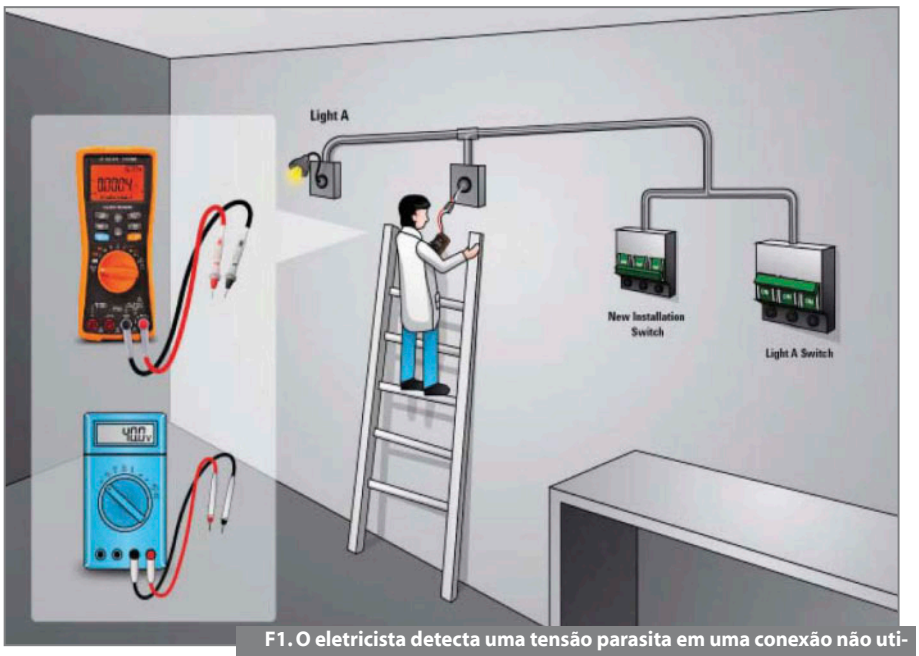
Causas da "Stray Voltage"

Leituras de tensão parasita , tal qual a encontrada pelo eletricista em nosso exemplo, poderão ser causadas pelo acoplamento capacitivo dos fios energizados com um condutor não utilizado que corre paralelamente a eles numa distância próxima. Essa capacitância aumenta com o comprimento do condutor. Quanto maior o comprimento do fio, mais fácil de detectar uma tensão parasita. A corrente no circuito ativo também pode gatilhar a leitura da "stray voltage": quanto maior a intensidade da corrente, maior o valor da tensão parasita. Leituras assim, causadas por circuitos energizados, podem variar entre alguns volts e uma tensão alta similar às tensões dos condutores adjacentes.

Devemos lembrar que de acordo com o *Underwriters Laboratories*, Inc. - UL - a " stray voltage" não é uma tensão real e não pode causar qualquer dano físico a uma pessoa . O UL especifica, inclusive, que deve ser tomado cuidado para garantir que a leitura de tensão seja mesmo uma "stray voltage" e não o resultado de um defeito no cabo ou instalação imprópria, situações que podem resultar em perigo de choque elétrico.

Impedância versus Precisão de Medida

A maior parte dos multímetros digitais portáteis possui impedância de entrada alta quando comparada à impedância do circuito que está sendo



F1. O eletricista detecta uma tensão parasita em uma conexão não utilizada com o seu multímetro de alta impedância de entrada.

medida. Esses HH DMMs foram projetados para detectar cargas baixíssimas no circuito em teste e, por isso, a tensão parasita é medida pelo DMM. Tipicamente esses multímetros portáteis têm impedância de entrada maior do que 1 MΩ, sendo que esse valor depende do projeto do DMM.

Para trabalhar em sistemas elétricos, medidores (testes) com baixa impedância de entrada a exemplo do teste de solenoide ou do teste de Wiggington, são preferidos pelos eletricistas porque eles não captam "stray voltage", ao contrário dos multímetros digitais de alta impedância. No entanto, com uma eletrônica sensível ocorre que a baixa impedância de entrada irá afetar a corrente que flui pelo circuito e poderá danificar realmente os componentes em prova ou alterar a leitura medida.

Se um multímetro de baixa impedância for usado para realizar uma medida de tensão CA no caso do nosso exemplo, o eletricista não encontrará virtualmente nenhuma tensão parasita, isso porque a "stray voltage" é um fenômeno físico que envolve valores baixíssimos de capacitância, os quais não podem energizar uma carga.

A Solução Híbrida

Torna-se impraticável e caro para o eletricista ter dois multímetros (um de alta e outro de baixa impedância de entrada) para identificar a "stray voltage". O instrumento U1272A da Agilent, com a sua função Z_{Low} única, consiste numa solução que permite aos usuários chavearem do modo de alta impedância para o modo de baixa impedância para checar a presença da tensão parasita.

A função Z_{low} atua como um indicador de tensão *backup*, eliminando a necessidade de carregar outras ferramentas adicionais para executar o serviço. No caso de ser medida uma tensão real utilizando-se a função Z_{Low} do UL1272A, o termistor PTC que foi projetado como um protetor contra sobrecorrente irá garantir que o multímetro opere sempre no modo de alta impedância de entrada.

Resumo

Tendo em vista que os sistemas elétricos e eletrônicos tornam-se gradualmente mais sofisticados a cada dia que passa, os eletricistas e técnicos tenderão a optar por multímetros digitais mais precisos e fáceis de operar para executarem suas tarefas diárias com mais eficiência. Eles querem que seus serviços sejam feitos com segurança, convenientemente, e com medidas confiáveis. O multímetro digital U1272 A, da Agilent, é a ferramenta certa, equipada com toda a funcionalidade e proteção requeridas no ambiente industrial. E



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

Controlador Digital de Temperatura com Algoritmo PID

(dsPIC PID TEMP)

Dentre os métodos de estabilização de malhas de controle de processos, o Algoritmo PID se destaca como o mais utilizado hoje nos vários setores industriais. Este artigo demonstra um Controlador Digital de Temperatura que faz uso deste algoritmo.

Márcio Rogério de Godoy

A Microchip disponibiliza para a sua família de Controladores Digitais de Sinais (DSCs), dsPIC30F, a biblioteca DSP.h que possui funções para processamento digital de sinais como operações com vetores, matrizes, filtros FIR e IIR, FFT e o Algoritmo PID, que é demonstrado neste projeto.

A função do circuito é controlar a temperatura de um resistor modulando a sua potência. Esta é uma aplicação simples para aprendermos a utilizar o algoritmo PID.

O diagrama de interligação entre o DSC e os periféricos do circuito com os respectivos sinais pode ser visto na **figura 1.**

O DSC escolhido foi o dsPIC30F4013 que possui todos os periféricos necessários para a interface já integrados, como conversor A/D de 12 bits, saída PWM e módulo UART para comunicação serial.

O dsPIC recebe o sinal de temperatura de 10 mV/ °C de um sensor linear de temperatura LM35 através da entrada analógica AN9. Esta é a Variável de Processo (PV), como é conhecida no ramo de automação industrial. O Valor Desejado, ou *Set-Point* (SP), é ajustado pelo usuário através de três teclas e um display gráfico GLCD 128x64 padrão KS108B, que é utilizado como IHM (Interface Homem-Máquina). Os três parâmetros do PID: Proporcional (kp), Integral (ki) e Derivativo (kd), que definem a resposta do controle também podem ser ajustados pelo usuário. O controlador então executa o algoritmo PID que fornece a Saída do controle, e a converte em um sinal PWM (Modulação por Largura do Pulso) que através de um *driver* com MOSFET controla a potência do resistor, que é a Variável Manipulada (MV). A face do sensor de temperatura é fixada junto ao corpo do resistor e fornece o *feedback*, ou realimentação, para o controle.

A **figura 2** mostra o diagrama de blocos do sistema de controle com a função de transferência de cada ação do controlador PID. O termo z^{-1}, no domínio da frequência, aparece devido a termos um controle discreto no tempo, isto é, baseado em amostragens.

O cálculo executado pelo algoritmo PID é expresso como:

Saída [n] = Saída [n-1] +
+ Erro [n] * Coeficiente_a +
+ Erro [n-1] * Coeficiente_b +
+ Erro [n-2] * Coeficiente_c

Sendo:

Coeficiente_a = (Kp + Ki + Kd)
Coeficiente_b = - (Kp + 2 * Kd)
Coeficiente_c = Kd

Onde:

Saída [n] é a saída do controle para o aquecimento.

Erro é a diferença entre o *set-point* e a PV (temperatura atual).

Kp, **Ki** e **Kd** são os parâmetros do PID.

[n], **[n-1] e [n-2]** são o *N-ésimo* valor da variável armazenada na memória e identifica este como um controle no tempo discreto.

Obs.: Todos os dados estão em valores fracionários, isto é, numa escala de -1 a 1, para a execução das instruções *assembler* de DSP do dsPIC. Todo o algoritmo PID é executado em 60 ciclos de máquina, possibilitando a execução de Controles em Tempo Real.

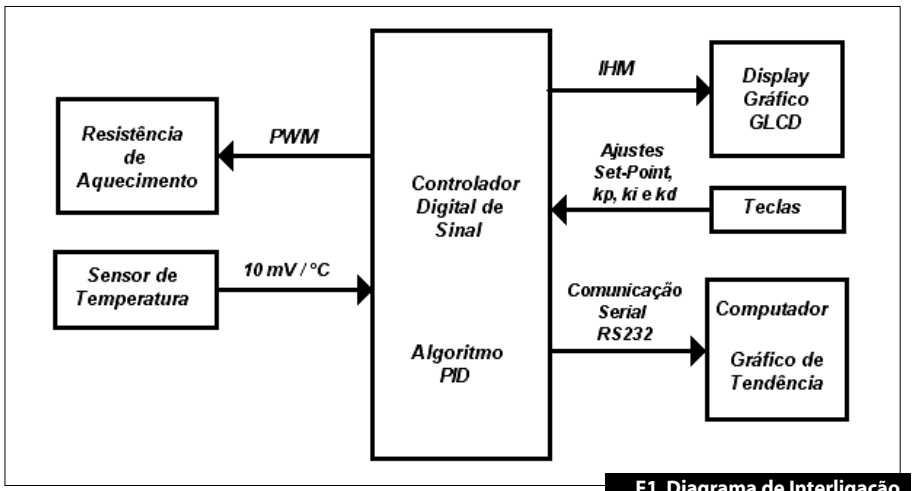
O programa foi desenvolvido na linguagem C no ambiente MPLAB IDE. São utilizadas 3 funções da biblioteca para os cálculos do algoritmo PID:

- *PIDInit ( )*: inicializa o algoritmo, limpa o histórico e a saída do controlador PID;
- *PIDCoeffCalc ( ):* gera os coeficientes a, b e c do algoritmo. É executada sempre que o valor de kp, ki ou kd é alterado;
- *PID ( ):* executa os cálculos do algoritmo propriamente dito a cada 0,5 segundos.

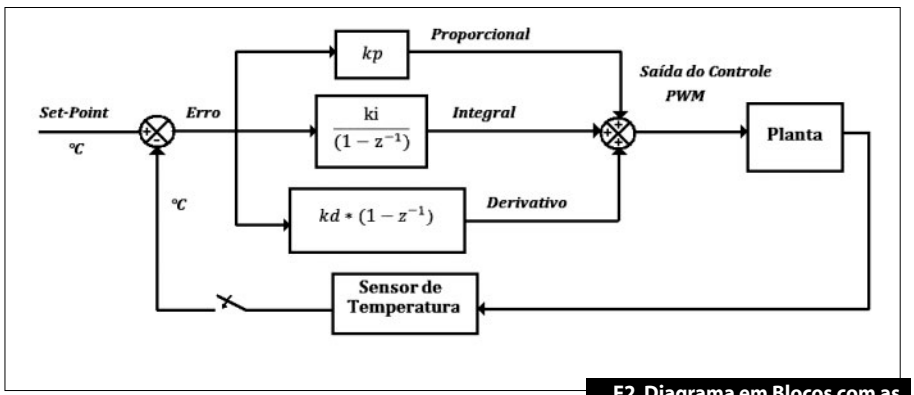
No início do programa são configurados os PORTs de I/O e iniciados os periféricos em *glcd_inicializa ( ), uart_init ( ),init_adc12 ( ), pwm_init ( ) e PIDInit ( ).* O programa passa então a um *loop* executando a função *PID( )*, lendo as teclas e atualizando a tela do display GLCD.

O arquivo *main.c* contém o programa principal. *DSP.h* e *PID.s* pertencem à biblioteca da Microchip para executar os cálculos do PID. *PID_GLCD.hex* é o arquivo gerado pelo compilador para ser gravado no dsPIC.

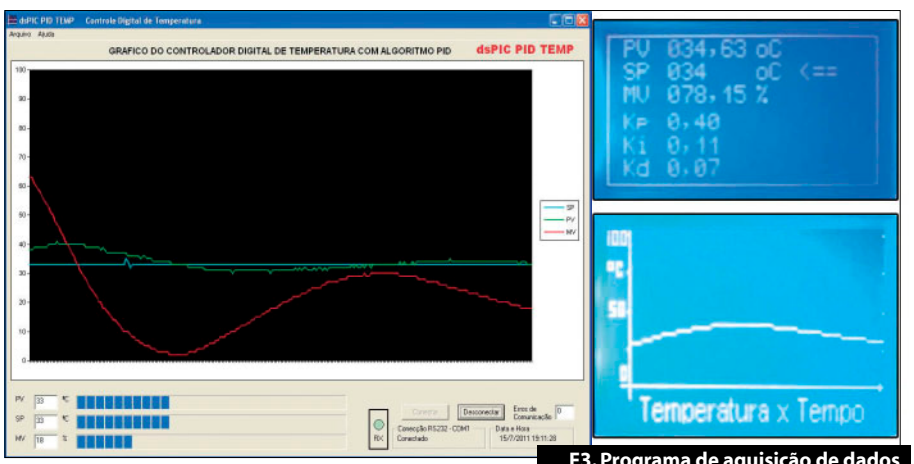
Para a análise do desempenho do controle e da verificação da estabilidade do sistema,



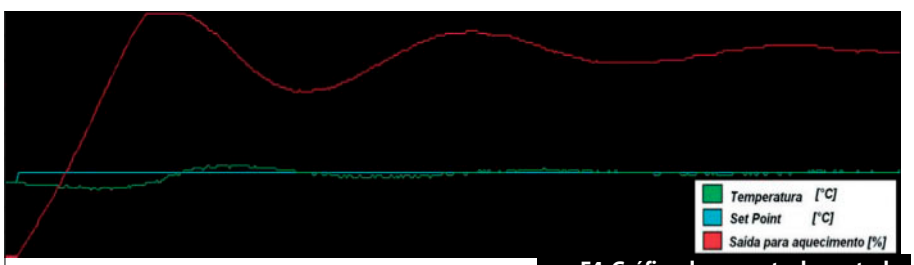
F1. Diagrama de Interligação entre o DSC e os periféricos.



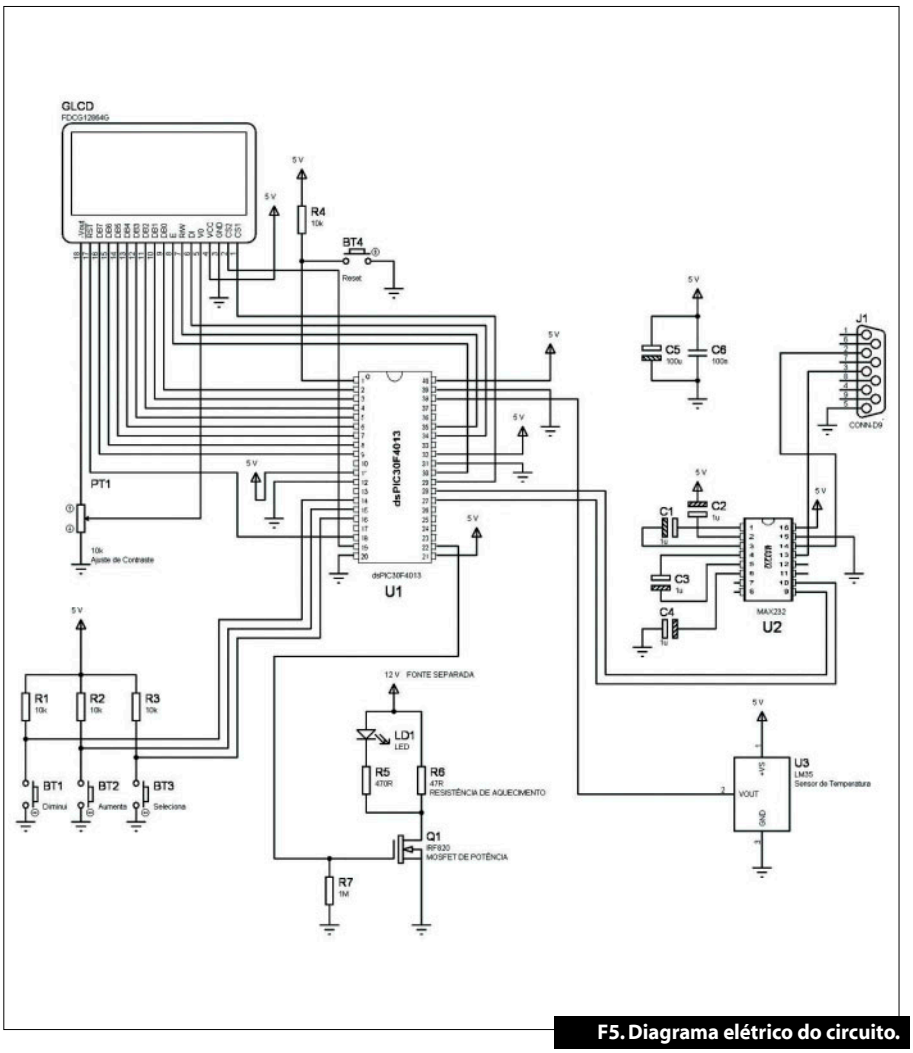
F2. Diagrama em Blocos com as Funções de Transferência.



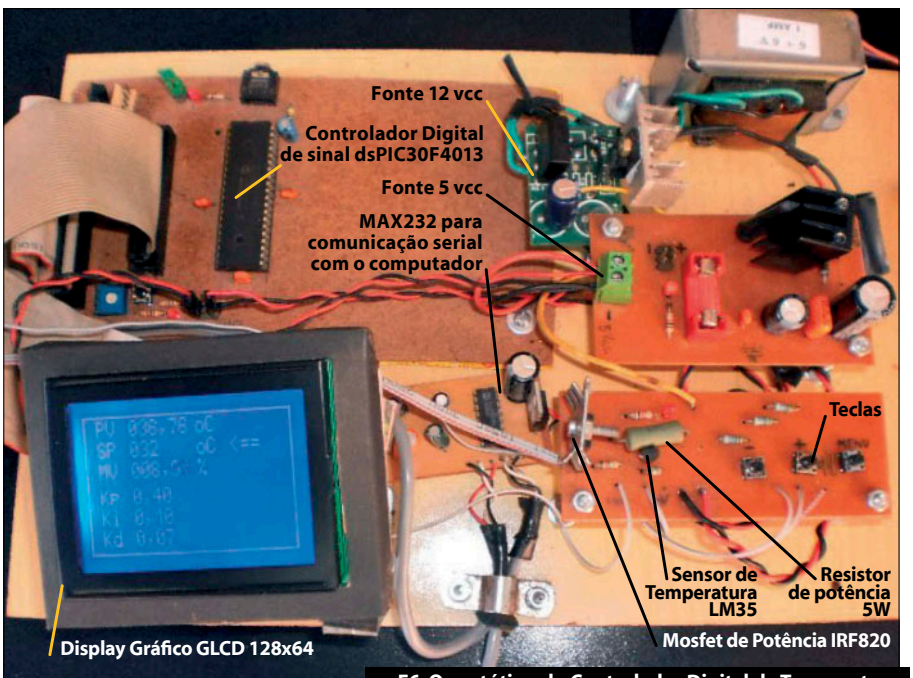
F3. Programa de aquisição de dados e IHM do controlador PID.



F4. Gráfico da resposta do controle a uma variação de entrada.



F5. Diagrama elétrico do circuito.



F6. O protótipo do Controlador Digital de Temperatura com Algoritmo PID (dsPIC PID TEMP).

os dados de temperatura, *set-point* e saída do PWM são enviados para o computador a cada 2 segundos e apresentados em um gráfico em tempo real por um programa desenvolvido em Visual Basic, que recebe estas informações do Controlador pela porta serial RS-232, utilizando o CI MAX232 para conversão dos níveis de sinais. Um gráfico da temperatura também pode ser visualizado no display gráfico GLCD.

A **figura 3** exibe o gráfico gerado no programa em VB e no display GLCD.

Para não se perderem os dados de *set-point*, kp, ki e kd ajustados pelo usuário, após uma desenergização, os mesmos podem ser salvos na memória EEPROM do dsPIC através da opção "salvar dados" disponível no menu do display gráfico.

A **figura 4** apresenta a resposta do controlador a uma variação da entrada. O gráfico foi gerado pelo programa com os parâmetros kp em 0,4, ki em 0,10 e kd em 0,04.

Na **figura 5** pode ser visto o diagrama elétrico do Controlador Digital de Temperatura e na **figura 6** ilustramos a montagem do protótipo realizado.

Conclusão

Devido a sua simplicidade, baseando-se em apenas três constantes das ações P (Proporcional), I (Integral) e D (Derivativo), o algoritmo PID é o método de controle para estabilidade de processos mais utilizado nas indústrias e pode ser facilmente implementado nos projetos através da biblioteca disponível para os dsPICs conforme foi demonstrado neste artigo.

Bibliografia

Nise, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, pp. 364 - 373, 277- 279, 356-399, 2009.

Ogata, H. **Engenharia de Controle Moderno**. 4 ed. São Paulo: ABDRC, pp. 49 -55, 230 -235, 557 - 573, 2007.

PID Control Library. Disponível em: **www.microchip.com** Acesso em 21 maio 2011.

Desenvolvimento de Programas em Visual Basic. Disponível em: **www.macoratti.net** Acesso em 21 maio 2011.

Ferramenta para Análise da Qualidade da Energia Elétrica

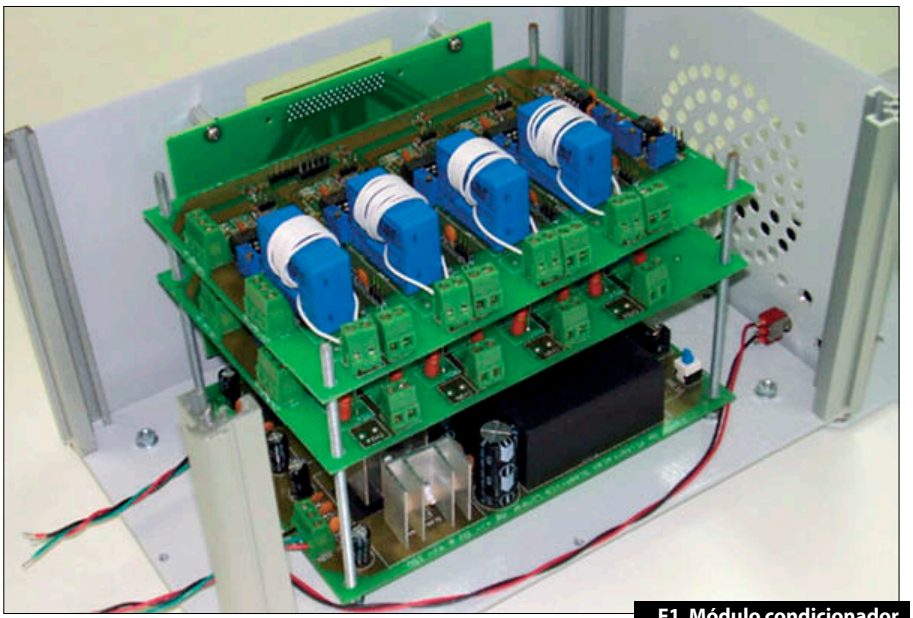
Utilizando Instrumento Virtual e a Teoria de Potência Conservativa

Este artigo apresenta uma proposta de instrumento virtual flexível, capaz de realizar distintas análises dos circuitos elétricos, inclusive, no que diz respeito à qualidade de energia elétrica em cargas industriais. Além disto, permite auxiliar na avaliação de novas propostas de metodologias de tarifação de energia. Com base nas análises possíveis, também permite a proposição de condicionadores de energia para compensação de distúrbios na rede elétrica.

Danilo I. Brandão
Eduardo V. Liberado
Helmo K. M. Paredes
Fernando P. Marafão

Para demonstrar a capacidade de análise do instrumento proposto, será apresentada a análise de um circuito elétrico não linear, com base nas recentes decomposições dos sinais propostas pela Teoria de Potência Conservativa[1], bem como uma possível abordagem para tarifação de instalações com formas de onda não senoidais e/ou desequilibradas.

Até algumas décadas atrás, a maioria das cargas elétricas de corrente alternada, quando alimentadas com tensão senoidal, provocavam a circulação de corrente também senoidal. Com o avanço da eletrônica industrial e de potência (retificação, inversão, chaveamento, etc.) e o uso de técnicas não lineares de controle eletrônico, as formas de onda das correntes têm se tornado cada vez mais não senoidais. Em consequência, aumentam as dificuldades do controle de reativos, bem como do balanceamento das redes elétricas, e cria-se a necessidade de análise e controle das distorções harmônicas de corrente provocadas pelas cargas não lineares. A circulação das correntes



F1. Módulo condicionador de tensão e corrente.

Corrente	Ativa balanceada (i^b_a)	Reativa balanceada (i^b_r)	Residual ou nula (i_v)	Desbalanceada (i_u)
Potência	$P = U.I^b_a$	$Q = U.I^b_r$	$V = U.I_v$	$N = U.I_u$
Característica causadora	Conversão de energia útil	Defasagem entre tensão e corrente (tipicamente através de armazenadores de energia)	Não linearidades das cargas	Desbalanço das cargas, podendo ser dividido em parte ativa e reativa

T1. Decomposição das correntes e da potência de acordo com a TPC e, as respectivas associações com as características dos circuitos.

não senoidais pode provocar não apenas a sobrecarga dos sistemas elétricos, mas também, uma série de outros distúrbios, tais como: ressonâncias e/ou distorções das tensões (através da queda de tensão provocada na impedância das linhas).

Neste contexto, a análise das correntes, tensões e potência com o objetivo de propor sistemas de condicionamento de energia elétrica, ou mesmo, atribuir responsabilidades na tarifação da energia torna-se essencial para indústrias e concessionárias fornecedoras de energia [2,3].

Os métodos de compensação passiva (filtros sintonizados e bancos de capacitores) têm-se mostrado ineficientes para compensar todos os distúrbios presentes no sistema elétrico. Já os filtros eletrônicos (filtros ativos de potência) são eficientes, entretanto, possuem custos de instalação elevados. Por causa desses obstáculos, eficiência e custos, torna-se cada vez mais importante a análise detalhada dos circuitos em termos da decomposição das tensões, correntes e potência, para assim propor formas adequadas (eficientes e economicamente viáveis) para a compensação da(s) porção(ões) crítica(s) das correntes da carga.

Com relação à tarifação, o único indicador de qualidade de energia considerado atualmente é o fator de potência (para o setor industrial), enquanto diversos outros distúrbios poderiam ser quantificados e, eventualmente, tarifados. Além disso, é importante adotar um critério de atribuição de responsabilidades sobre os distúrbios, considerando o lado dos fornecedores de energia e o lado dos consumidores de energia, de forma que o consumidor não seja tarifado por um distúrbio provocado ou propagado pela rede da concessionária.

Nesse sentido, este artigo descreve o instrumento virtual desenvolvido para fornecer dados para a análise das tensões, correntes e potência, de forma a auxiliar na proposta de condicionadores de energia para uma determinada instalação elétrica [4], e também, para dar subsídios a novas metodologias de tarifação da energia elétrica [5].

A Teoria de Potência Conservativa (TPC)

A TPC é fundamentada na aplicação das Leis de Kirchhoff das Tensões e Correntes e no Teorema de Tellegen (ou Teorema da Conservação de Energia), podendo ser aplicada para qualquer sistema polifásico (sem ou com condutor de retorno) em qualquer configuração e/ou tipo de carga. Além disso, é uma teoria no domínio do tempo, de reduzida complexibilidade e com uma decomposição da corrente e da potência elétrica em parcelas relacionadas às características intrínsecas dos circuitos analisados (fenômenos físicos). Por estes motivos, a TPC pode tornar-se interessante para aplicações de compensação e de tarifação de energia elétrica.

Basicamente, a TPC relaciona parcelas da decomposição das correntes e potência com alguma característica do circuito (distúrbio ou fenômeno físico). A **tabela 1** apresenta as parcelas de correntes e potência decompostas, relacionado-as aos seus respectivos fenômenos físicos causadores (detalhes sobre os equacionamentos necessários em[1]). A partir da identificação dos distúrbios presentes nas tensões e nas correntes é possível escolher o tipo e a estratégia de compensação necessária, utilizando-se das próprias parcelas de potência da TPC para projetar os compensadores [4,6].

Com relação à tarifação, os autores da TPC propõem que os distúrbios presentes na corrente elétrica são causados pelas cargas e, portanto, de responsabilidade dos consumidores, enquanto os distúrbios contidos na tensão são de responsabilidade dos fornecedores. Sendo assim, para o cálculo das parcelas de potência a serem tarifadas, dever-se-ia considerar apenas a componente fundamental de sequência positiva das tensões (que pode ser obtida através de filtragem analógica ou digital), a qual representa a tensão que deveria ser fornecida aos consumidores [5].

Instrumento desenvolvido

O instrumento virtual é composto por placas de sensoriamento e condicionamento de sinais, bloco conector, cabo de transmissão, placa de aquisição de dados, microcomputador e software para programação de distintos algoritmos. As placas de sensoriamento e condicionamento foram desenvolvidas pelos autores utilizando-se

sensores de corrente (LA-55P) e tensão (LV-25P), ambos da LEM, como ilustra a **figura 1**. Estas placas foram inseridas dentro de uma caixa metálica para melhor manuseio e transporte, denominada módulo condicionador. O módulo condicionador tem por objetivo medir as tensões e correntes, e posteriormente atenuá-las, amplificá-las, filtrá-las e/ou limitá-las para que o conversor analógico-digital da placa de aquisição de dados possa reconhecê-las. O bloco conector (CB-68LP) e o cabo de transmissão (SHC68-68-EPM), ambos da National Instruments, são os dispositivos responsáveis pela transmissão do sinal do módulo condicionador para a placa de aquisição de dados, inserida no microcomputador.

A placa de aquisição de dados (DAQmx-PCI-6143-S), também da National Instruments, é inserida internamente ao microcomputador e realiza a conversão analógico-digital dos sinais provenientes do cabo de transmissão. As placas da série *S* são completamente "*plug and play*" para computadores com barramento PCI e possuem oito entradas analógicas, em modo diferencial, com um conversor analógico-digital (ADC) de 16 bits dedicados para cada canal. A frequência máxima de amostragem desta placa é 250 kS/s/canal. Neste projeto, a frequência de amostragem será de 12,6 kHz por canal, garantindo o teorema de Nyquist, com 210 amostras por ciclo da frequência fundamental de 60 Hz. A placa de aquisição recebe sinais em uma faixa de ±5 V e, sendo assim, deve-se ajustar os ganhos dos circuitos condicionadores dos sensores de tensão e corrente de forma a adequar a faixa de valores dos sinais elétricos medidos à faixa de valores da placa de aquisição, para não danificá-la. Importante destacar que todas as calibrações do sistema foram realizadas utilizando-se o osciloscópio DPO 3014 da Tektronix.

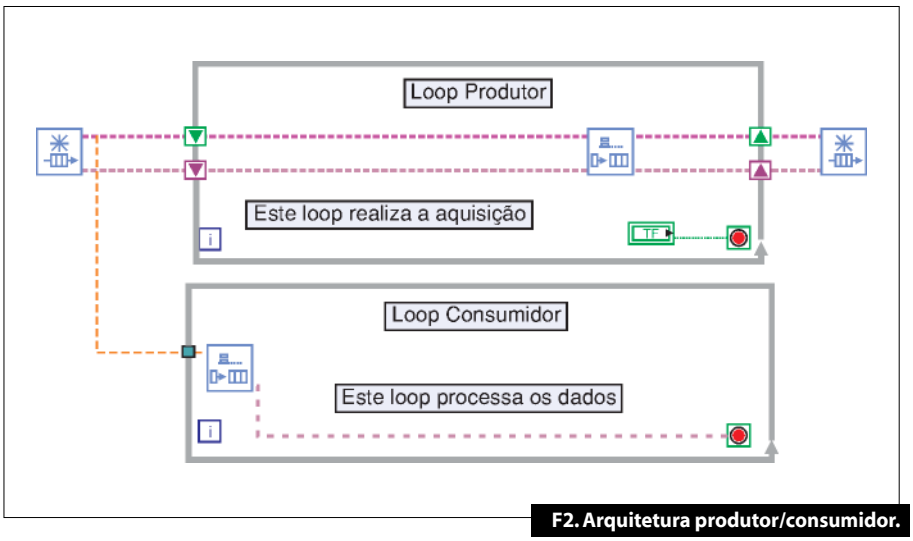
Software implementado

O algoritmo implementado em LabVIEW 7.1, é baseado na arquitetura produtor/consumidor mostrada na **figura 2**, onde existem dois *loops* trabalhando simultaneamente, sendo o primeiro responsável pela aquisição de dados (*loop* produtor) e o segundo por processá-los, apresentá-los e salvá-los em formato de planilha (*loop* consumidor). A vantagem desta estrutura é que não é necessário esperar o término do processo para realizar uma nova aquisição. A aquisição de dados foi realizada pelo bloco "*DAQ Assistant*" e todo equacionamento da decomposição das correntes e potência pela TPC foi escrito em linguagem *C* e compilado em uma DLL (*Dynamic Link Librarpoty*), a qual é interpretada pelo LabVIEW. As chamadas da DLL ocorrem através do bloco "*Call Library Function Node*", inserido em um laço de repetição.

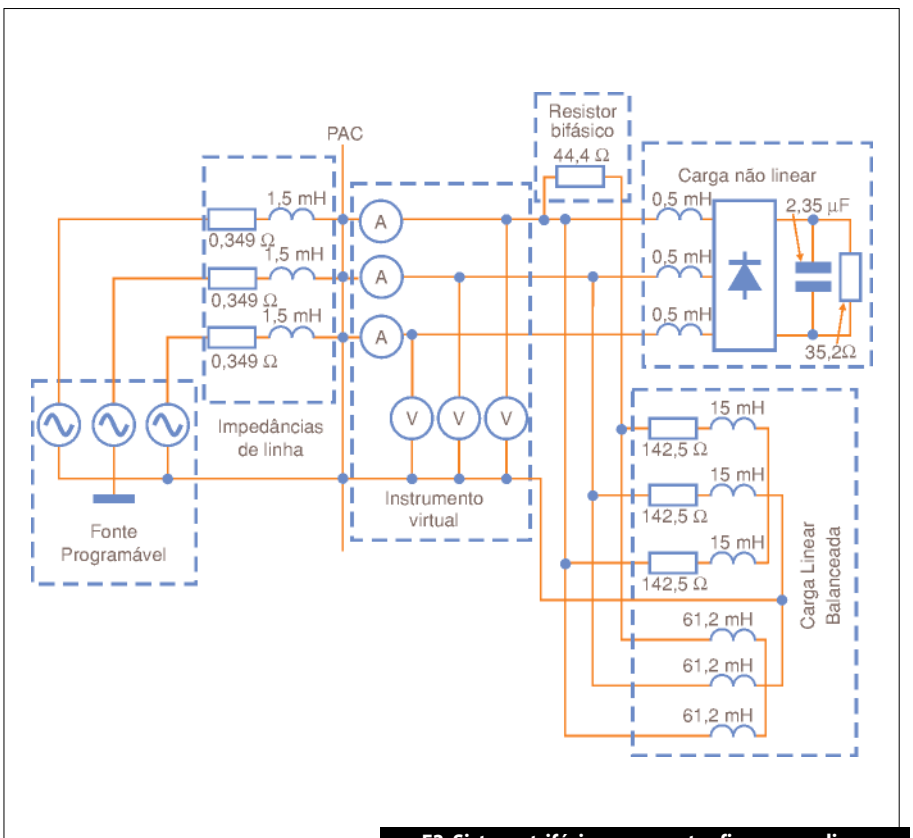
Resultados

Para exemplificar o funcionamento da ferramenta, um sistema trifásico com quatro fios, contendo cargas lineares balanceadas, desbalanceadas e cargas não lineares, **figura 3**, foi alimentado por uma fonte de tensão programável, AC Power Source 9000Ls da California Instruments.

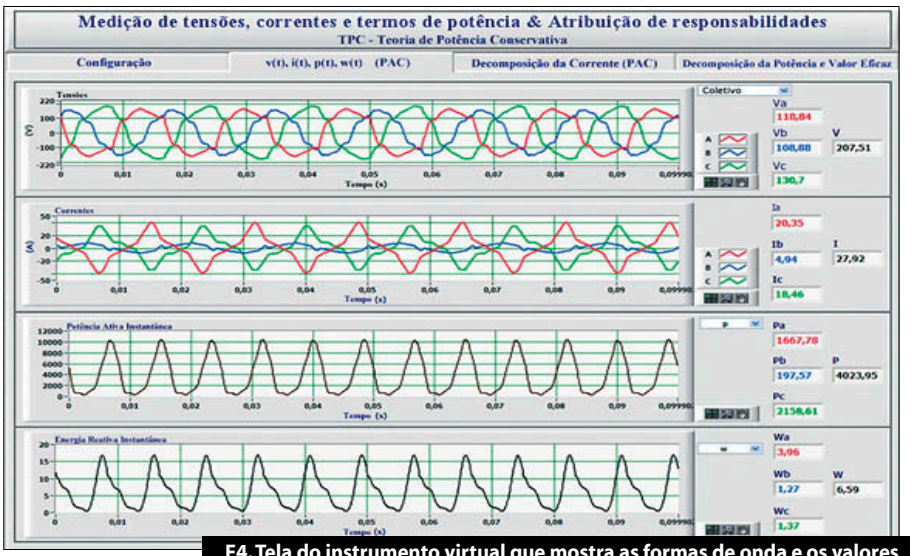
As **figuras 4**, **5** e **6** mostram a interface do software durante as medições para uma



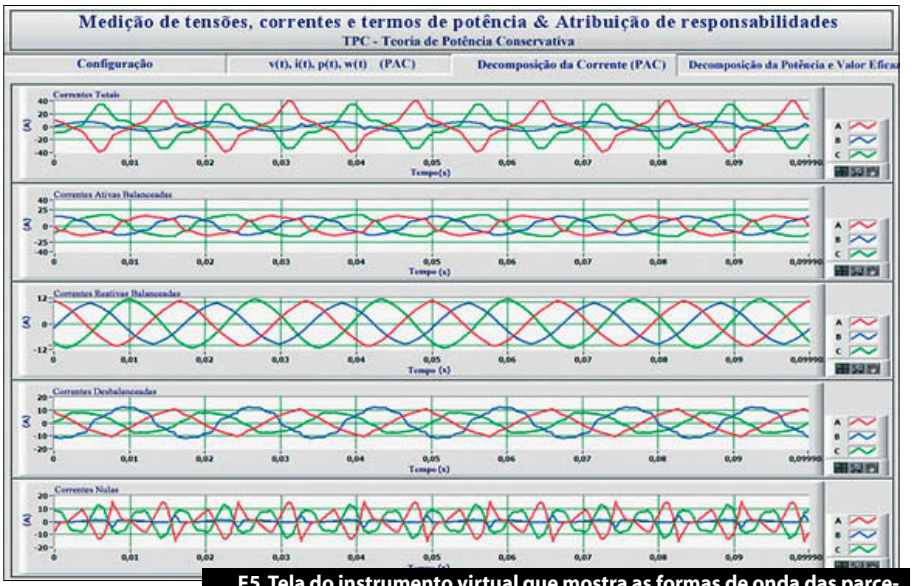
F2. Arquitetura produtor/consumidor.



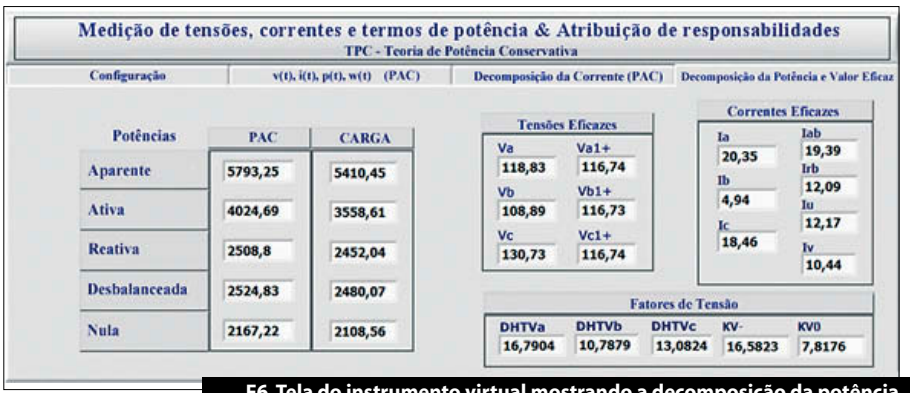
F3. Sistema trifásico com quatro fios, cargas lineares balanceadas, desbalanceadas e cargas não lineares.



F4. Tela do instrumento virtual que mostra as formas de onda e os valores RMS. Na sequência de cima para baixo: tensões medidas no PAC, correntes medidas no PAC, potência ativa instantânea e energia reativa instantânea.



F5. Tela do instrumento virtual que mostra as formas de onda das parcelas extraídas das correntes medidas. Na sequência de cima para baixo: correntes medidas no PAC, correntes ativas balanceadas, correntes reativas balanceadas, correntes desbalanceadas e correntes residuais (nulas).



F6. Tela do instrumento virtual mostrando a decomposição da potência calculada a partir das tensões e correntes medidas (PAC) e calculadas segundo a proposta de tarifação dos autores da TPC (CARGA).

tensão de alimentação contendo harmônicos. A **figura 4** apresenta as formas de onda da tensão, corrente, potência ativa instantânea e energia reativa instantânea, respectivamente.

Na **figura 5**, nota-se a presença das correntes reativas balanceadas, de desbalanço e residuais (nulas), o que era esperado, uma vez que a carga contém indutores, é desbalanceada e possui cargas não lineares. Além disto, pode-se observar que as correntes ativas balanceadas têm formas semelhantes as das tensões impostas (proporcionais as tensões).

A **figura 6** indica a diferença no cálculo das parcelas de potência quando calculadas de acordo com as tensões medidas (valores PAC), as quais, para este exemplo, estão distorcidas e assimétricas e, quando calculadas considerando somente a tensão fundamental de sequência positiva (valores CARGA), sendo estas últimas potências, as que de fato deveriam ser tarifadas de acordo com os autores da TPC. Notar que a potência ativa é menor para o caso dos valores "CARGA", consequentemente, o consumidor não seria penalizado (pagaria menos) por esta energia fornecida com tensões deterioradas.

Nesta figura também são indicados os valores eficazes (RMS) das tensões e correntes, bem como alguns indicadores de qualidade de energia, tais como: distorção harmônica total (DHT) e desequilíbrio (KV).

Análises adicionais do instrumento e exemplos de aplicação podem ser encontradas em [5,7].

Conclusão

Com um instrumento virtual compacto, rápido, de fácil manuseio e de aquisição em tempo real, é possível realizar a análise da decomposição da corrente da carga e assim identificar quais parcelas da decomposição são mais prejudiciais à instalação elétrica. Conhecendo-se as parcelas mais prejudiciais ao sistema, é possível definir um tipo e estratégia de compensação eficiente e economicamente viável para um específico sistema elétrico. Além disso, este artigo também demonstrou que é possível a análise de novas propostas de tarifação de energia, como por exemplo, através da TPC, agregando mais funcionalidades ao instrumento.

Agradecimentos

À FAPESP, Fundunesp e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Danilo Iglesias Brandão
Aluno de graduação da UNESP – Universidade Estadual Paulista – Campus de Sorocaba
Eduardo Verri Liberado
Aluno de mestrado da UNESP – Bauru/Sorocaba
Helmo Kelis Morales Paredes
Pesquisador doutor na UNESP – Sorocaba
Fernando Pinhabel Marafão
Docente efetivo da UNESP – Sorocaba

Bibliografia

[1] Tenti, P., Mattavelli, P., Paredes, H. K. M., "Conservative Power Theory, Sequence Components and Accountability in Smart Grids", Proc. of International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation, Lagow, Poland, 2010.

[2] Agência Estado, "Audiência pública da Aneel discutirá troca de medidores de energia", acesso em 30/09/2010. http://economia.estadao.com.br/noticias/not_37340.htm

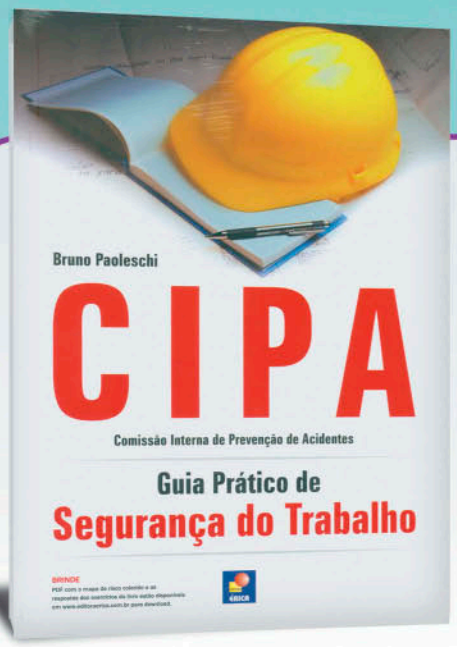
[3] Marafão, F. P., Liberado, E.V., Paredes, H. K. M., Silva, L. C. P., "Three-Phase Four-Wire Circuits Interpretation by means of Different Power Theories", Proc. of International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation, pp. 104-109, Poland, 2010.

[4] Marafão, F. P., Paredes, H. M., Brandão, D. I., Silva, L. C. P., "Possible Shunt Compensation Strategies Based on Conservative Power Theory", Proc. of International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation, pp. 98-103, Poland, 2010.

[5] Tenti, P., Paredes, H. K. M., Marafão, F. P., Mattavelli, P., "Accountability and Revenue Metering in Smart Micro-Grids", Proc. of International Workshop on Applied Measurements for Power System, Germany, 2010.

[6] Paredes H. K. M., Costabeber A., Tenti, P., "Application of Conservative Power Theory to Cooperative Control of Distributed Compensators in Smart Grids", Proc. of International School on Nonsinusoidal Currents and Compensation, pp. 190-196, Poland, 2010.

[7] Paredes, H. K. M, Marafão, F. P., Brandão, D. I., Diniz, I. S., "Conservative Power Theory Discussion and Evaluation by Means of Virtual Instrumentation", Proc. of the Brazilian Power Electronics Conference, pp. 423-430, Brazil, 2009.



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

Minicurso LabVIEW: Aprenda Fazendo

Parte 4

Chegamos à quarta parte do nosso Curso e daqui por diante os nossos objetivos serão mais visíveis e cada vez mais práticos! Nas páginas seguintes abordaremos um conjunto mnemônico de instruções muito utilizado em instrumentação, o padrão SCPI (Standard Commands for Programmable Instrumentation, Comandos Padronizados para Instrumentação Programável), fechando o assunto de apresentação de comandos; enviaremos alguns deles ao "multímetro digital" Data Acquisition/Switch Unit 34970A para teste de comunicação e verificação de instalação correta.

Luis Fernando F. Bernabe

Os SCPIs

Os Comandos Padronizados para Instrumentação Programável são, como o próprio nome diz, comandos-padrão entre instrumentos programáveis ou seja, podemos ter vários instrumentos com interfaces diferentes numa mesma bancada de testes se eles tiverem os mesmos SCPIs, posso dizer que os comandos em comum são os mesmos dentro da mesma classe de instrumentos, não tenho que aprender uma série de comandos básicos para cada instrumento mesmo sendo de fabricantes diferentes ! Pensando assim, é mais simples o processo de substituição de instrumentos até por fabricantes diferentes!

Para que isso acontecesse, foi implantado o *SCPI Consortium* no qual os seus participantes se comprometeram a desenvolver e compartilhar uma linguagem COMUM entre os instrumentos e os computadores. Este "consórcio" foi criado com base nas aplicações voltadas para o padrão "GPIB", um padrão de interface desenvolvido no final dos anos 60 pela Hewlett-Packard (onde era chamado de HP-IB) para conectar e controlar instrumentos programáveis da Hewlett-Packard, atual Agilent. Hoje, a HP é uma outra empresa do grupo sendo conhecida por sua linha de produtos de informática: **www.ivifoundation.org/scpi/default.aspx** ou **www.home.agilent.com/agilent/editorial.jspx?cc=BR&lc=por&ckey=1688330&id=1688330**

Essa linguagem é específica para controle de instrumentos e define a maneira como um software instalado em PC se comunica com os instrumentos de medida.

Com a introdução de controladores digitais e equipamentos de teste programáveis nesta época nas áreas aeroespacial, aeronáutica e industrial, aumentou significativamente a necessidade de uma interface-padrão de alta velocidade para a comunicação entre instrumentos e controladores de vários fornecedores. No nosso artigo sobre Retrabalho e SMD (*Surface Mounted Devices*) comentamos que a origem dos SMDs se deve à necessidade de alta capacidade de integração da eletrônica embarcada no Saturno V, em 1960/65!

Em 1975, o Instituto de Engenheiros

Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) publicou o padrão ANSI/IEEE 488-1975, *IEEE Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation*, que continha as especificações elétricas, mecânicas e funcionais para esta interface e o seu barramento. O IEEE 488-1975 original foi revisado em 1978. Este barramento é usado hoje no mundo todo e é conhecido por três nomes: General Purpose Interface Bus (GPIB), Hewlett-Packard Interface Bus (HP-IB), IEEE 488 Bus.

SCPI Learning Page: **www.home.agilent.com/agilent/editorial.jspx?cc=BR&lc=por&ckey=1688330&id=1688330**.

Quando da sua implantação, o IEEE488 não possuía orientações para uma sintaxe fechadas, as instruções eram (e ainda são) *strings* de texto em ACSII, e nem convenções de formato de dados; os trabalhos de especificação continuaram para melhorar a compatibilidade de sistema, aumentando a estabilidade e a capacidade de configuração entre os mesmos com aplicações voltadas para teste e medição, mantendo essas características. Esses trabalhos resultaram em padrões mais elaborados, o IEEE 488.2, Códigos, Formatos, Protocolos, e Comandos Comuns para serem usados com IEEE 488 (que foi renomeado para IEEE 488.1).

A versão 2 não é a substituta da versão 1, pelo contrário, o IEEE 488.2 foi criado sobre o padrão IEEE 488.1, mantendo a compatibilidade do mais novo com o mais antigo, definindo um conjunto mínimo de funcionalidades de interface com os dispositivos, um conjunto comum de códigos e de formatos de dados, um protocolo de mensagens, um conjunto genérico de comandos comuns e um novo modelo para reportar *status*.

O SCPI define comandos específicos que cada classe de instrumentos de vários fabricantes membros devem seguir para manterem a compatibilidade entre si.

Classes de Instrumentos: **www.ivifoundation.org/about/instrument_classes.aspx**

Quem gostou do assunto e tem um interesse maior, siga o *link* da biblioteca do IVI Foundation para um " Guia de Introdução Rápida", Getting Started Guide (6 MBytes): **www.ivifoundation.org/downloads/IVI_GSG%20v1.01.pdf**

Em 1990, as especificações do IEEE 488.2 incluíam o documento Standard Commands for Programmable Instrumentation (SCPI) - a linguagem da qual estamos tratando aqui.

A História do GPIB: http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/9925
O Futuro do GPIB: http://digital.ni.com/worldwide/brazil.nsf/web/all/07F064230BE90D5B862576F500605A5E

A National Instruments é membro deste Consortium sobre instrumentação e os seus padrões de comunicação e linguagem e, para se ter uma ideia da importância deste grupo, cito alguns de seus membros integrantes, salientando que em cada uma destas empresas existe um funcionário responsável direto, com todas as suas informações de contato abertas para que se possa contatá-lo sem burocracia; em ordem alfabética as empresas patrocinadoras são as seguintes: Agilent Technologies, National Instruments e Rohde & Schwarz; os "GENERAL MEMBERS" em ordem alfabética são os seguintes: Aeroflex Corporation, BAE Systems, Bustec Ltd., DRS Technologies (Finmeccanica Company), Keithley Instruments, MathWorks, Nokia, Pacific MindWorks, Inc., Pacific Power Source, Inc., Rockwell Collins, Tektronix, EADS North America Test and Services, VTI Instruments, entre outros. Observe o perfil das empresas, são grandes companhias fortemente ligadas a teste e medição em sistemas aeronáuticos, defesa, comunicação e energia.

IVI Foundation, current members: www.ivifoundation.org/membership/current_members.aspx

Talvez os leitores não percebam as diferenças entre os equipamentos que possuem SCPIs e um outro que não tenha esta preocupação, atualmente estou desenvolvendo algumas aplicações em LabVIEW com equipamento que NÃO segue esta padrão de linguagem. As instruções são muito diferentes, por exemplo, no SCPI: *RST (só isso mesmo!), que é a instrução reset com a sua execução, neste equipamento em questão é JOX, a instrução é " JO" e o comando execute é o "X", ou seja, a linguagem é muito diferente e o modo de como operar as instruções também é muito diferente. Talvez tenha que fazer um "conversor" de instruções: entra SCPI e sai a do fabricante do equipamento.

A História dos Produtos GPIB, da National Instruments

A National Instruments foi fundada em 1976 e estava dedicada a produzir ferramentas de software e hardware compatíveis com o padrão IEEE 488-1975.

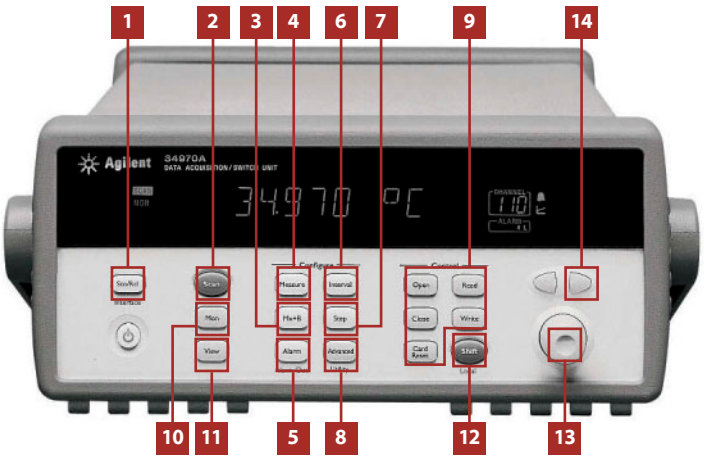
Em 1977, ela lançou sua primeira interface GPIB. Desenvolveu também seus próprios chips controladores compatíveis com o padrão IEEE 488.2, que determinaram o padrão de desempenho do barramento GPIB, além de desenvolver uma variedade de soluções de hardware GPIB que estão atualmente no mercado.

Aqui no Brasil, nesta época, não se previa as possibilidades de utilização de instrumentos de bancada com interfaces de comunicação e nem que estes fossem controlados por um computador. Por volta desses anos o computador dominante era de 8 bits baseado em um Z80 que podia carregar um compilador BASIC que, como unidade de armazenamento de dados, utilizava um gravador de fitas cassete tendo a TV como monitor! Querido por muitos até hoje, o top de linha desta época era o MSX, o TK90, etc.

A National Instruments aposta no padrão GPIB junto com outros fabricantes, tendo um horizonte de mais de 5.000 diferentes modelos de instrumentos, desde os equipamentos básicos como fontes até geradores de sinais, osciloscópios e simuladores de central telefônica em GSM ou CDMA. A empresa mantém a compatibilidade de seus produtos com interfaceamento facilitado com PC/Mac, integrando a todos os seus softwares as interfaces do mercado, com simplicidade e compatibilidade entre sistemas diferentes de teste e medição.

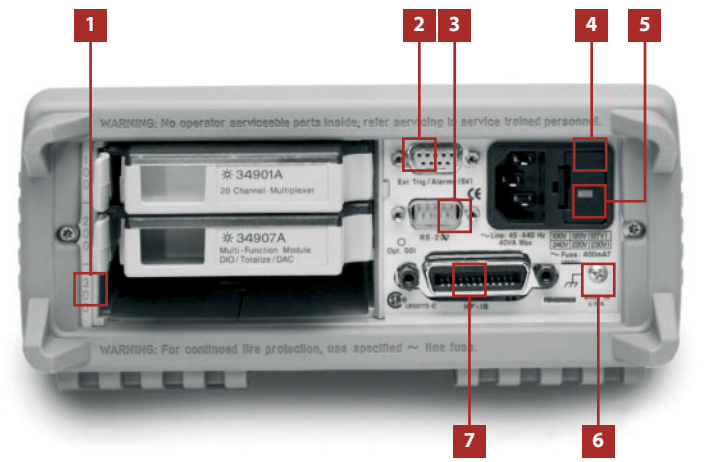
Breve configuração do 34970A/2A

O ideal é que o leitor que nos acompanha, consiga também seguir a sequência dada no Guia do Usuário do 34970A/2A (**http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/34972-90001.pdf**; 9 MBytes) e Command Reference Help (**www.home.**



Painel Frontal - Descrição dos botões:
1 - Condições Memória / Menus de Interface Remota
2 - Início e Parada de Varredura (para parar, segure o botão)
3 - Menu de Configuração de Medidas
4 - Menu de Configuração de Varredura
5 - Menu de Configuração de Alarme e Acionamento em Alarme
6 - Menu de Intervalos entre Varreduras
7 - Apresentação das variáveis dos canais selecionados para varredura, um a um
8 - Medições Avançadas / Menu de Utilidades
9 - Botões de Controle de Módulos, nível de hardware
10 - Botão de Liga / Desliga de Monitoração de Canal
11 - Apresentação de dados lidos, Alarmes, Menu de Erros
12 - Botão Shift / Acesso Local (painel frontal)
13 - Knob (giratório)
14 - Botões de seta para navegação dentro dos menus

Painel Traseiro - Descrição dos botões:
1 - Identificador dos Slots (100, 200 ou 300)
2 - Entrada de gatilho (disparo) externo, saídas de alarmes, entrada avançada de canal e saída de canal
3 - Conector da interface serial RS-232C
4 - Conector de entrada de energia, com portafusíveis
5 - Ajuste do fusível de entrada (110 V / 220 V) a tensão é automática
6 - Terminal de aterramento
7 - Conector do barramento GPIB



F1. Painel frontal e traseiro da unidade 34970A.

agilent.com/agilent/redirector.jspx?action=ref&cname=AGILENT_EDITORIAL&ckey=1838042&lc=por&cc=BR&nfr=-11143.0.00&pselect=SR.GENERAL); aqui considerarei que os leitores tenham esta oportunidade de acesso e estejam lendo as etapas de configuração de modo mais completo nestes manuais. Os manuais se encontram em inglês, ótima oportunidade para desenvolver seu inglês técnico. Boa sorte!

A configuração que nos foi gentilmente emprestada é uma unidade de aquisição de dados, a 34970A com um módulo de 16 canais analógicos multiplexados com compensação interna para termopares, o código deste módulo é 34902A, 16-Channel Reed Mux with T/C Compensation. Algumas de suas características são muito interessantes para a nossa aplicação inicial, como por exemplo:

- Capacidade de chavear até 16 canais com até 300 Volts.
- Junção de referência para termopares, inclusa.
- Velocidade de comutação de até 250 canais por segundo.
- Conexão direta com o multímetro digital (tem módulos que são independentes, ex: módulo matriz de comutação).
- Medição de resistências em 2 e 4 fios (conexão comum ou em Ponte Kelvin para baixas resistências)
- Além do muito mais do que básico, multímetro de 6 e ½ dígitos, com interface (no caso nosso a GPIB) e função de datalogger interna para 50 mil medições.

Para continuarmos será interessante que o leitor esteja familiarizado com alguns comandos de operação pelo teclado do instrumento e com a programação dos mesmos, antes de iniciar a leitura dos comandos por operação remota.

Para uma visualização do instrumento, seguem alguns de seus desenhos do painel frontal e traseiro (**figuras 1 e 2**).

Apresentação do cartão, sua montagem e instalação: na **figura 3**.

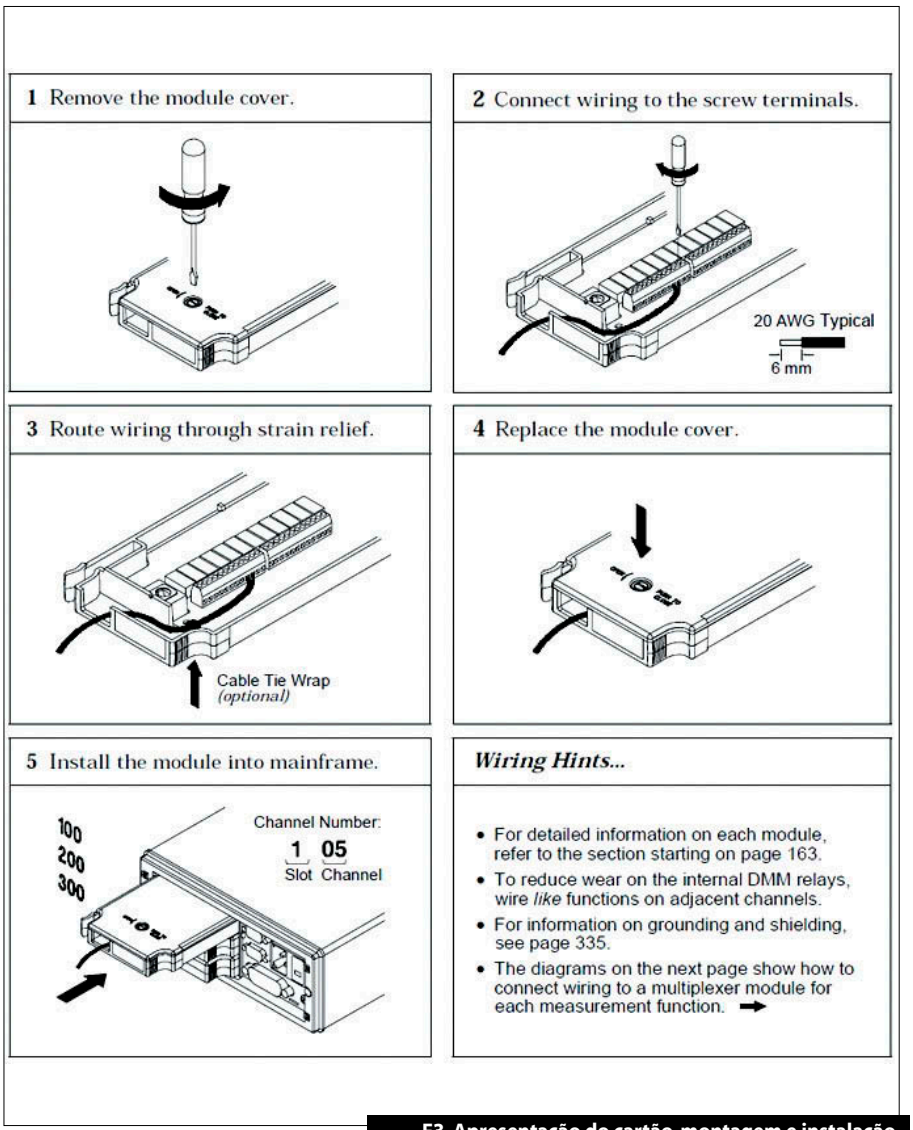
Para testarmos os comandos e suas ações precisamos de uma interface GPIB de qualquer fabricante. Claro que limitei as possibilidades entre os fabricantes que têm distribuidores no Brasil, tenham um bom produto com software amigável e possuam

um bom suporte no pós-venda, para sanarmos as dúvidas de instalação e uso.

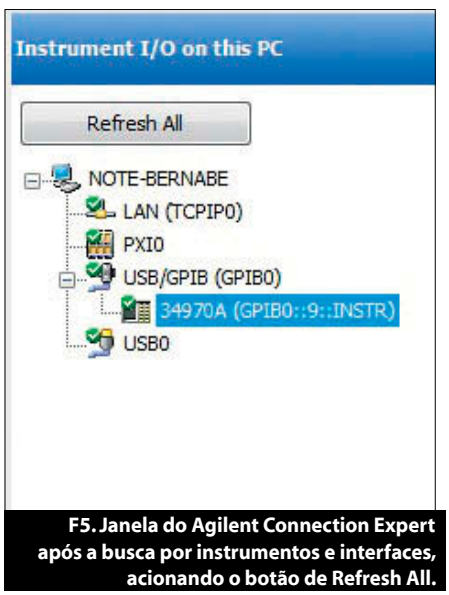
Aqui optei por fechar o leque de possibilidades em duas empresas e vou dizer porquê: uma é a Agilent, a fabricante do instrumento (o 34970A), a outra é a National, fabricante do LabVIEW. As duas empresas são excelentes em qualidade dos softwares e hardwares utilizados nesta série, embora haja outras, e isso depende muito das ferramentas que temos à disposição. Se já temos a interface até sobrando, por que vamos comprar mais uma? Só por ser de fabricante diferente? Analise as condições de suporte e de utilização por outros programas (C, C++, Matlab, etc) que talvez você possa vir a usar, atualização de *drivers* para o seu sistema operacional, etc. Tem driver compatível com o LabVIEW?

Pense em custos. Lembre-se de que no ato da compra tanto do instrumento quanto do programa, sempre é possível pedir um desconto por adquirir os dois produtos, neste caso talvez compense ter interfaces atualizadas para aplicações atuais e de médio prazo.

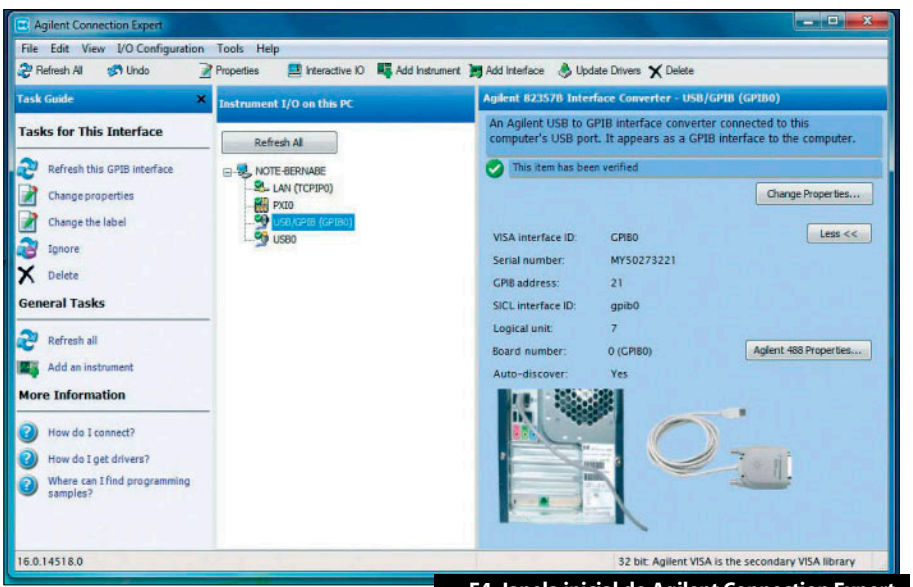
Com o LabVIEW instalado, como dissemos em partes anteriores (a última versão tem *download* gratuito no *site* da National por trinta dias), se você optar pela interface Agilent, instale o IO Libraries Suite atualmente na versão 16.1 (**www.home.agilent.com/agilent/product.jspx?nid=-34466.977662.00&lc=por&cc=BR**) e siga as instruções do vídeo "Learn how to configure



F3. Apresentação do cartão, montagem e instalação.



F5. Janela do Agilent Connection Expert após a busca por instrumentos e interfaces, acionando o botão de Refresh All.



F4. Janela inicial do Agilent Connection Expert.

your Agilent GPIB connectivity products in NI LabVIEW" no Youtube.com (**www.youtube.com/watch?v=GmLtJtRh4e8**), este vídeo apresenta a configuração do IO Libraries Suite para ser utilizado com o LabVIEW da National, está apresentado em uma versão anterior a qual você vai instalar, sem problemas, os menus têm poucas diferenças entre estas versões. O inglês não é complicado e o engenheiro da Agilent explica devagar, passo a passo, aproveite.

Como estamos utilizando interfaces GPIB/USB para comunicação do 34970A com o micro executando o LabVIEW, seria interessante o leitor estar familiarizado com as interfaces que cada um destes fabricantes disponibiliza para venda em seus respectivos sites:

GPIB National Interface:

http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/201586

GPIB Agilent Interface:

www.home.agilent.com/agilent/product.jspx?cc=BR&lc=por&ckey=851808&nid=-34193.426029.00&id=851808&pselect=SR.GENERAL

Pelo que vi nos sites acima, me pareceu que a National Instruments tem os preços em dólar no Brasil e a Agilent tem os preços já em reais, acredito que os impostos e o frete estejam inclusos (CIF, em português, Custo de Seguro e Frete) nas duas cotações, confira antes de comprar.

Conectando a interface ao PC e ao multímetro

Proceda sempre desta forma e nunca desconecte a interface sem desligar o micro, é como um *pendrive* bem utilizado.

Instale o IO Libraries Suite, reinicie o micro e conecte a interface na porta USB. Com o MULTÍMETRO DESLIGADO, conecte a porta GPIB em seu painel traseiro. Clique duas vezes no Agilent Connection Expert e aparecerá em alguns segundos a janela seguinte (**figura 4**). Ligue o multímetro. Clique no botão de Refresh All, o programa irá atualizar os instrumentos e interfaces conectadas ao micro - **figura 5**.

Um Quick Start do Multímetro

Como busquei os instrumentos conectados à interface e o multímetro estava ligado e conectado a ela, o instrumento muda de condição para o modo remoto (RMT no *display*), tecle a tecla Shift (Local) e o instrumento sairá da conexão com o micro. Para retornar ao modo remoto, clique Refresh All.

Há alguns modos de se iniciar a utilização do multímetro. Gostaria de começar configurando apenas um canal qualquer inicialmente, e depois disso vamos apresentar a sua leitura no display. E, em seguida, vamos configurar o segundo canal para, depois, efetuar uma varredura utilizando os mesmos canais que acabamos de configurar.

Para configurar qualquer canal, basta selecioná-lo com o Knob, no canto direito do display há um campo em vermelho Channel, lembre-se que o número possui 3 dígitos, o da centena é o do Slot e os da dezena e unidade são os dos canais. Aqui vou configurar o canal 10 do slot 1, o número que aparece é 110. Pressione o botão Measure (submenu Configure), selecione a variável a ser medida (Temperatura, Ohms, DCV, ACV, Frequência, Período ou desative o canal, Channel OFF); selecionado isso (ACV, por exemplo), pressione o botão Measure novamente, aparecerá no display AUTORANGE, use o Knob para selecionar a escala, se não for automática, pressione o botão Measure pela última vez e você terá um canal configurado para medir tensões AC em escala automática (por ex.).

BOX1 : Procedimento XXXXXX

```
-> *IDN?
<- HEWLETT-PACKARD,34970A,0,13-2-2
Pelo Command Reference Help do multímetro a estrutura da resposta é:
******************
Description
This query reads the instrument's identification string, which includes the manufacturer
name, the model name and firmware version information.
Return Format
For the 34970A, the query returns a string with the following format:
HEWLETT-PACKARD,34970A,0,XX-Y-Z
where:

For the 34972A, the query returns a string with the following format:

XX      Measurement processor firmware version
Y       I/O processor firmware version
Z       Front panel processor firmware version

Agilent Technologies,34972A,<serial#>,i.ii-o.oo-fp-fpga
where:

i.ii    I/O processor firmware version
o.oo    Measurement processor firmware version
fp      Front panel processor firmware version
fpga    FPGA version

Typical Response: HEWLETT-PACKARD,34970A,0,13-2-2
**********************************
```

Configure o próximo canal, o 111, para DCVolts, em escala de 100 mVolts, com 4 e ½ dígitos. Agora, com o Knob pode-se selecionar qual canal se deseja apresentar no display.

No Connection Expert, veja o ícone do 34970A, clique nele com o esquerdo, selecione e clique com o direito, se tudo estiver instalado perfeitamente na janela que irá abrir, a sua última opção será o botão "Send Commands To This Instrument" . O programa abrirá uma outra janela (**figura 6**) com um painel de instruções que utilizaremos para teste de comunicação, por enquanto.

Note que o programa está pronto querendo saber se quer enviar a instrução *IDN, identifique-se. Já está em SCPI, tecle Send Command, depois clique em Read Response, é apenas o envio e recebimento de passos de instruções, uma a uma.

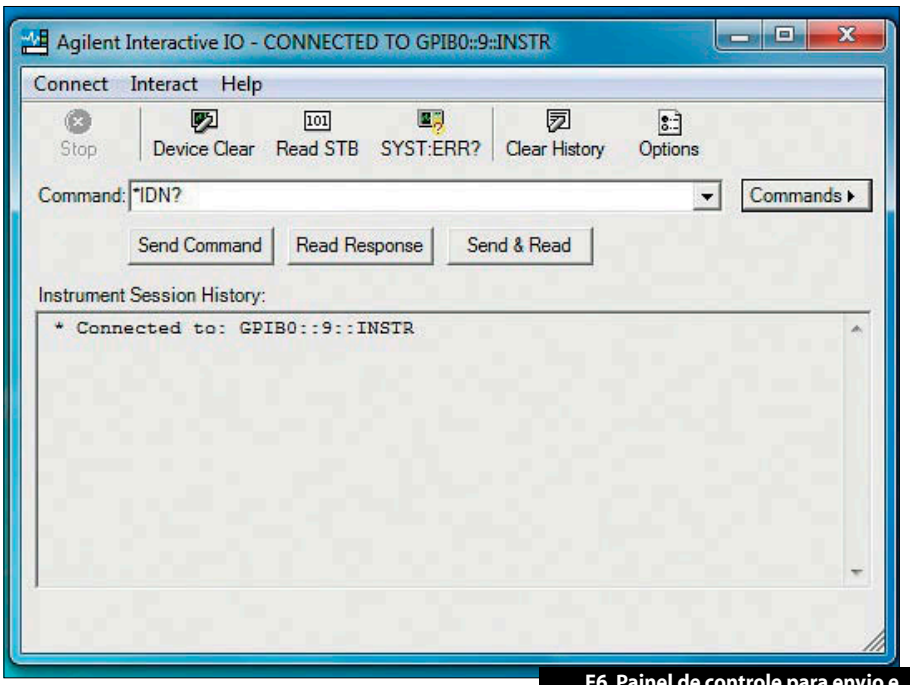
Na área de Instrument Session History aparecerá o seguinte procedimento (**box 1**).

Ou seja, enviamos um comando (identifique-se), solicitamos a execução e em seguida o envio da resposta. COM DOIS BOTÕES e como veremos na próxima parte, com quatro instruções, fazemos isso tranquilamente. Comunicação testada. Equipamento pronto para uso.

Teste as seguintes instruções mais simples: DISPLAY OFF, DISPLAY ON, etc.

Tente testar outros comandos de uma instrução, e estude a sintaxe e funções que podemos enviar ao multímetro. Na próxima parte estaremos novamente avançando na programação, e passaremos a enviar comandos via LabVIEW diretamente, controlando e coletando os lidos pelo instrumento.

Agradeço ao Laboratório de Sensores a Fibra Óptica da Divisão de Fotônica (EFO-S) pelo empréstimo do equipamento de teste e medição para a realização destes artigos e ao Pesq. Gustavo, Gerente do Laboratório de Caracterização de Dispositivos Semicondutores (LCDS) da Divisão de Física Aplicada (EFA-E) pela infraestrutura e apoio, ambos os laboratórios são pertencentes ao Instituto de Estudos Avançados (IEAv). O IEAv é um braço de Pesquisa e Desenvolvimento do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) da Aeronáutica, parte integrante do Ministério da Defesa do Brasil. Para mais informações sobre estes órgãos visitem: **www.ieav.cta.br/efo/efo_S.php**, **www.ieav.cta.br** ou **www.cta.br**



F6. Painel de controle para envio e recebimento de instruções e dados.

METALTEX

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

RELÉS MINIATURA DE POTÊNCIA

SOLUÇÕES COMPACTAS PARA APLICAÇÕES ROBUSTAS

A empresa possui uma ampla variedade de relés que vão desde os de uso geral em eletrônica até os mais específicos; e oferece sua ampla linha de componentes eletroeletrônicos e automação industrial. Além dos diferenciais: entrega imediata, filiais e distribuidores por toda a extensão do país e suporte técnico da Engenharia de Aplicações.

www.metaltex.com.br

SÃO PAULO: (11) 5683-5704
CAMPINAS: (19) 3741-3590
ESPIRITO SANTO: (27) 3340-7967
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

Cristais:
Saiba como utilizá-los corretamente em seus projetos

Newton C. Braga

Dentro de muitos equipamentos eletrônicos bate um "coração invisível" que determina com um ritmo preciso o seu funcionamento. Nos relógios, cronômetros, computadores, equipamentos de comunicações e muitos outros aparelhos, minúsculos cristais de quartzo vibram com precisão garantindo que seus circuitos funcionem de maneira totalmente ordenada e sincronizada. É difícil prever o que seria da Eletrônica em nossos dias sem a presença desses elementos.

A importância dos cristais de quartzo e seu funcionamento configuram o tema central desse artigo, útil para todos os profissionais de Eletrônica ou daqueles, de uma forma ou de outra, utilizam equipamentos eletrônicos em seu trabalho.

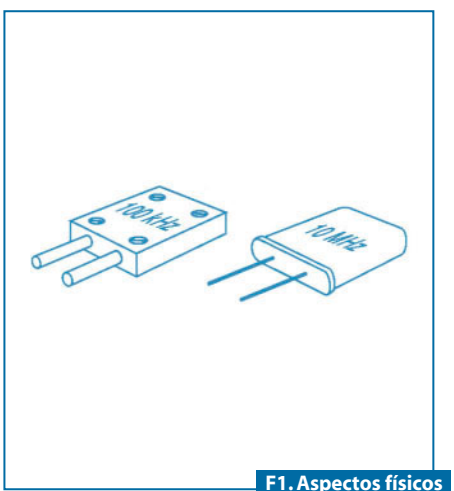
O que faz com que um relógio eletrônico mantenha seu ritmo exato, independentemente das variações das condições ambientais, das diversas situações em que ele deve funcionar e até mesmo do próprio estado da sua bateria?

O que faz com que todas as operações de um computador sejam totalmente sincronizadas em uma velocidade enorme, com um mínimo de variações?

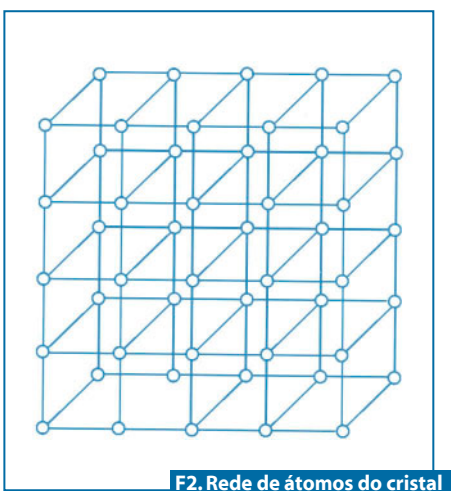
O que faz com que os transmissores das estações de rádio e TV e das estações de telecomunicações mantenham suas frequências com grande precisão, não interferindo umas nas outras, permitindo que o leitor as sintonize sempre no mesmo ponto do mostrador de seu rádio, ou sempre que tocar a mesma tecla de seu televisor, ou ainda quando utilizar seu telefone celular?

Se o leitor respondeu que é o cristal de quartzo, acertou, mas acreditamos que na maioria dos casos, essa resposta deve estar acompanhada de uma grande interrogação: mas como um cristal de quartzo pode fazer isso?

A maioria dos equipamentos eletrônicos que exija alguma espécie de sincronismo preciso, ou seja, um "relógio interno" para funcionar, aproveita as propriedades dos cristais de quartzo.



F1. Aspectos físicos dos cristais.



F2. Rede de átomos do cristal dispostos ordenadamente.

Esses cristais são instalados em invólucros que possibilitam seu acoplamento a um circuito e, normalmente, podem ser encontrados com as aparências mostradas na **figura 1.**

Evidentemente, os tamanhos e as formas podem variar bastante em função da aplicação, da frequência e do tamanho do próprio cristal.

O funcionamento da pequena peça de cristal trasparente que é colocada nesses invólucros é algo que pode maravilhar tanto pela sua simplicidade como pelo seu significado. Mais uma vez, a Natureza manifesta (em coisas simples) propriedades que podem ser sofisticadas a ponto de significar todo o sincronismo das operações que seu computador realiza ou a eficiência com que seu telefone celular pode ser comunicar com uma estação rádio-base.

O Cristal de Quartzo

Os cristais são estruturas em que os átomos se dispõem de uma forma ordenada que se repete em toda a sua extensão. Assim, forma-se uma espécie de rede de átomos com uma disposição totalmente ordenada em toda sua extensão, conforme ilustra a **figura 2.**

Os átomos de um cristal não precisam ser, necessariamente, todos do mesmo elemento. Um cristal pode ser formado por átomos de dois tipos como, por exemplo, de um metal como o silício, o alumínio, etc., e o oxigênio como elemento "intruso".

Muitos cristais de grande efeito decorativo e também muito valiosos, como o rubi, a turmalina etc., são estruturas formadas por átomos de dois tipo, normalmente um deles sendo o oxigênio.

A maioria dos cristais apresenta um estrutura perfeitamente simétrica, o que significa que as forças de natureza elétrica manifestadas pelos átomos no seu interior são balanceadas, e nada de anormal acontece ou é notado em termos de seu comportamento.

No entanto, dependendo da disposição dos átomos que formam o cristal, pode ocorrer que haja uma assimetria em relação às forças elétricas manifestadas entre partículas. O resultado disso é a manifestação de forças de naturaza elétrica em determinadas condições.

Assim, existem os casos em que essa assimetria se manifesta de tal maneira que as faces do cristal predominem cargas de determinadas polaridades, ou seja, o material permanece constantemente carregado com cargas estáticas, de acordo com a **figura 3**.

Um material desse tipo é denominado piroelétrico, ou seja, trata-se de um eletreto. As cargas que esse material manifesta são intrínsecas, bem diferente das cargas que um corpo acumula quando, por exemplo, o atritamos com outro.

Mas, o caso que nos interessa é um pouco diferente: existem cristais que em condições normais não manifestam qualquer desequilíbrio elétrico no seu interior. Entretanto, quando esses cristais sofrem algum tipo de deformação homogênea, tal como uma compressão, extensão ou torção, aparecem cargas elétricas localizadas, ou seja, eles se tornam polarizados.

Qualquer cristal que não possua um centro de simetria, apresenta essa propriedade, que é a de ser piezoelétrico.

A intensidade com que o efeito se manifesta depende da direção do deslocamento que os átomos sofrem com a deformação em relação às suas posições originais de equilíbrio.

O efeito contrário também pode ser observado: se aplicarmos às faces de um cristal esse tipo de tensão elétrica, ele se deformará.

Um material que pode manifestar essa propriedade é o quartzo, isso quando seus cristais são cortados de determinada maneira, o que é indicado na **figura 4**.

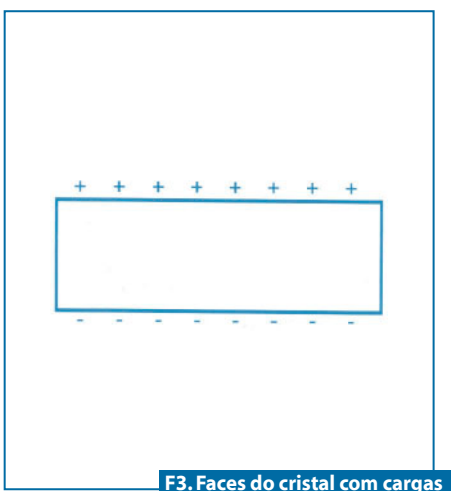
Desse modo, o corte de um cristal de quartzo comum, que é uma forma de óxido de silício (SiO_2), em qualquer das maneiras mostradas na figura, resulta em cristais piezoelétricos.

Ressonância

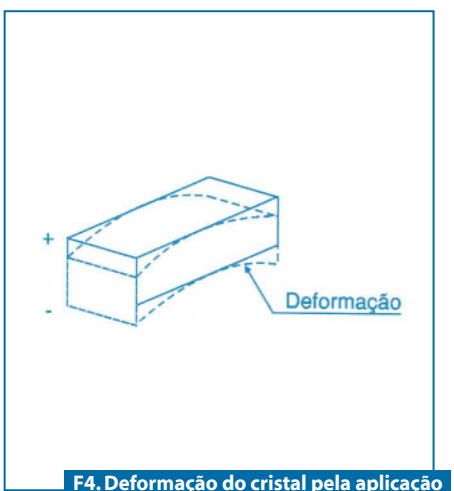
Os cristais piezoelétricos de quartzo, em consequência do fato de apresentarem uma polarização elétrica em suas faces devidos às deformações, têm outras propriedades importantes que relatamos a seguir. Uma dessas propriedades é a ressonância.

Qualquer corpo possui uma frequência natural de vibração. Quando batemos numa lâmina de metal presa numa morsa, vide **figura 5**, esta lâmina tende a vibrar numa única frequência que depende de seu formato, tamanho e material de que é feita.

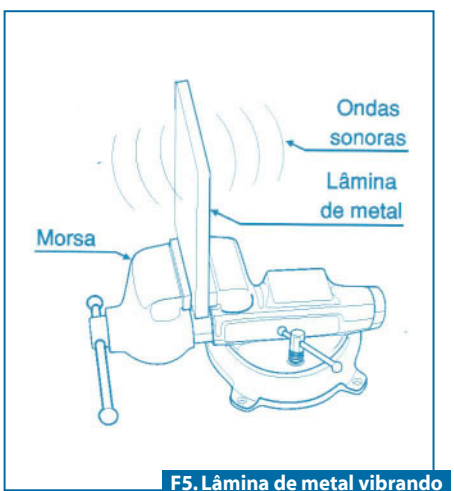
As vibrações mecânicas fazem com que forças elásticas entrem em ação determinando o modo como essas vibrações se realimentam e, portanto, a frequência natural com que o corpo tende a oscilar.



F3. Faces do cristal com cargas de polaridade oposta.



F4. Deformação do cristal pela aplicação de uma tensão elétrica em suas faces.



F5. Lâmina de metal vibrando em uma única frequência.

Esse é o princípio de funcionamento do diapasão que produz sempre a mesma nota musical quando excitado mecanicamente, ou das teclas de um xilofone, conforme mostra a **figura 6**.

Até o ar no inteior de um tubo de órgão ou de um instrumento musical, vibra em frequência que depende de suas dimensões, o que resulta no princípio de funcionamento de todos os instrumentos musicais de sopro.

No caso do cristal de quartzo, as suas dimensões e também as forças elásticas que agem no seu interior, e que dependem da direção de sua atuação determinada pelo corte, fazem com que ele tenda a vibrar sempre em uma única frequência quando excitado mecanicamente ou eletricamente.

Em outra palavras, podemos dizer que um cristal de quartzo se comporta, quando excitado, como um diapasão elétrico.

Para termos então correntes elétrica ou sinais de determinadas frequências a partir de um cristal de quartzo, basta cortar esse cristal com as dimensões apropriadas e excitá-lo eletricamente de modo que ele entre em vibração.

As vibrações então ocorrerão na sua frequência de ressonância, ou ainda num múltiplo dessa frequência, ou seja, em frequências harmônicas.

O que sucede em relação às frequências harmônicas pode ser entendido tomando por sua base uma corda de violão, observe a **figura 7**.

Uma corda de violão quando excitada, pode vibrar somente de determinadas maneiras, as quais são determinadas por seus pontos fixos, ou seja, pelos nodos, conforme mostra a figura.

Assim, a frequência mais baixa que ela pode produzir é a denominada fundamental, que é aquela em que temos os dois nodos nos pontos de fixação da corda e um ventre em seu meio.

Mas, a vibração poderá ocorrer também de tal forma que tenhamos um segundo nodo no meio, o que corresponde ao dobro da frequência, ou à segunda harmônica.

Da mesma forma, podemos ter três, quatro, cinco, etc., nodos que permitirão que a corda vibre sempre em frequências múltiplas da fundamental.

O mesmo acontece com um cristal, pois ele pode ser forçado a operar em modos de vibração que venham a produzir frequências harmônicas da denominada fundamental.

Esta possibilidade é interessante se considerarmos que, quanto maior for a frequência que um cristal deve produzir, menor devem ser suas dimensões, o que nos leva a um ponto em que o componente se torna muito pequeno e o cristal tão fino que fica extremamente delicado.

Podemos, então, usar os cristais dessa forma para produzir sinais que tenham frequências muito mais elevadas que a fundamental e que, de outra forma, exigiriam componentes extremamente finos e delicados.

Os Cortes

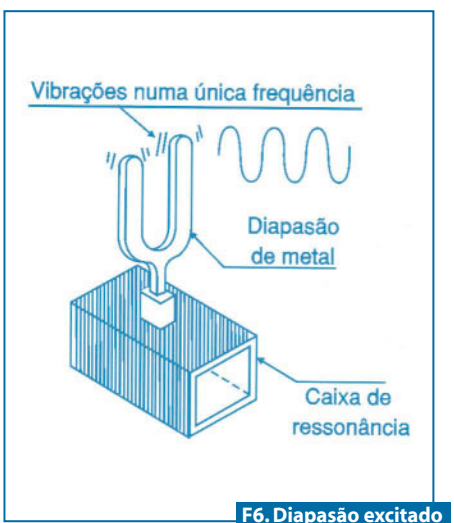
Ao explicarmos no início que o modo como um cristal é cortado influi na maneira como ele pode vibrar e na intensidade com que o efeito piezoelétrico se manifesta, devemos ter apenas três orientações possíveis.

Na prática, a Eletrônica pode aproveitar muito mais orientações e assim existem muitos tipos de cortes, os quais resultam em cristais com aplicações específicas.

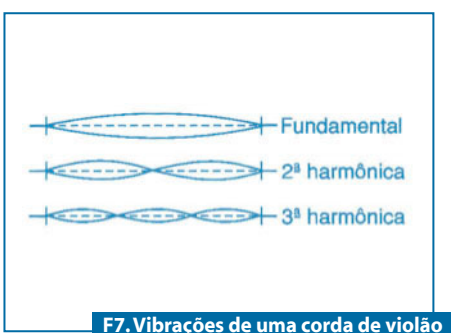
Na **figura 8** temos uma ilustração onde são mostrados todos os tipos de corte com as suas respectivas denominações.

Esses cortes irão determinar não só o modo segundo o qual o cristal vibra quando excitado, na sua aplicação principal, como também a faixa de frequências e o uso a que se destina. Temos, então, os seguintes cortes principais:

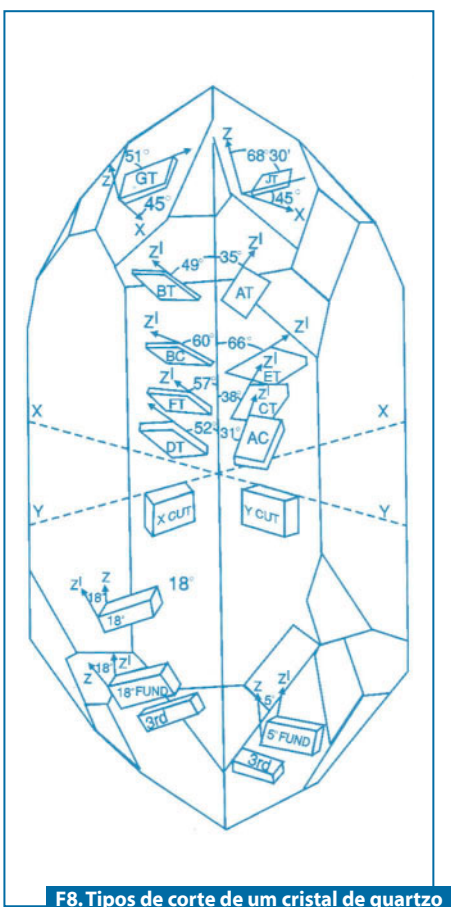
- Duplex 5 X – Designação J: Nesse corte, o cristal vibra no sentido de seu comprimento e pode operar em frequências entre 0,8 e 10 kHz. Trata-se, pois, de um corte para baixas frequências, obtendo-se um coeficiente nulo de temperatura na temperatura ambiente.
- XY: Nesse corte, o cristal pode vibrar tanto no sentido do comprimento quanto na largura, numa faixa de frequência entre 3 e 50 kHz. Também temos neste caso um corte destinado a operação em baixas frequências.



F6. Diapasão excitado mecanicamente.



F7. Vibrações de uma corda de violão excitada mecanicamente.



F8. Tipos de corte de um cristal de quartzo com suas respectivas denominações.

- NT – designação N: Os cristais com este corte vibram no sentido de seu comprimento em frequências entre 4 e 150 kHz, sendo indicados para aplicações em osciladores de baixa frequência e filtros. Uma estabilidade de frequências de 0,0025% pode ser obtida na temperatura ambiente sem a necessidade de controles de temperatura.
- +5 X – designação H: O cristal neste corte vibra no sentido de flexionar-se numa faixa de frequências de 5 a 140 kHz. As variações relativamente grandes da frequência deste cristal com a temperatura, limitam suas aplicações a filtros em ambientes com temperaturas controladas. Dentre as dificuldades que podem ser citadas para este cristal está a relacionada com sua fabricação, visto que ele deve ser uma barra fina e longa fixada em suporte especial.
- BT – designação B: Nesta modalidade de corte o cristal vibra no sentido de sua espessura e em uma faixa de frequências ompreendida entre 1 e 75 kHz. Dentre as dificuldades apresentadas por este tipo de cristal está também a relacionada à sua fabricação.
- -18-1/2 X – designação F: Neste corte, o cristal vibra no sentido de seu comprimento em uma faixa de frequências que pode ficar entre 50 e 250 kHz. Este tipo de cristal é utilizado em filtros e pode ser encontrado em aplicações multieletrodos.
- +5 X – designação E: Os cristais que apresentam este corte vibram no sentido de seu comprimento numa faixa de frequências de 50 a 250 kHz, sendo empregados em aplicações como filtros de baixa frequência graças a seu baixo coeficiente de temperatura, que lhe dá uma boa estabilidade.
- DT – designação D: Este tipo de cristal tem suas oscilações rentes às faces e pode operar em frequências na faixa de 80 a 500 kHz. Ele é usado como calibrador e base de tempo em frequencímetros, além de trasmissores de FM e TV. No entanto, ele não pode operar satisfatoriamente acima de 500 kHz.
- MT – designação M: As vibrações neste tipo de cristal acontecem ao longo de sua extensão numa faixa de frequência de 50 a 250 kHz. Seu baixo coeficiente de temperatura torna-se ideal para controle de osciladores e filtros. Todavia, trata-se de um tipo de cristal pouco usado porque existem unidades mais compactas que o substituem.
- GT – designação G: Neste cristal as vibrações ocorrem no sentido de sua extensão em uma faixa de frequência de 85 e 400 kHz. É o tipo de corte que apresenta a maior estabilidade, não variando sua frequência em mais que uma parte por milhão em um faixa de 100 graus Celsius. É utilizado em padrões de frequência nos quais a estabilidade sem o controle de temperatura seja essencial. A desvantagem está no seu preço, uma vez que é o mais caro de todos os tipos devido ao grande trabalho que existe em se encontrar a direção exata de seu corte
- CT – designação C: As vibrações neste cristal manifestam-se rentes à superfície de suas faces numa faixa de frequências de 300 kHz a 1,1 MHz. Trata-se de um cristal com coeficiente de temperatura nulo na baixas frequências. É utilizado em filtros e osciladores que não necessitam do controle de temperatura de funcionamento. Entretanto, como desvantagem, ele é difícil de ser fabricado em frequências muito baixas devido às suas dimensões.
- X: Neste corte, o cristal vibra ao longo de suas extensão podendo fazer isso em uma faixa de frequência que vai de 350 kHz a 20 MHz. Trata-se de um tipo de cristal mecanicamente estável e de baixo custo. No entanto, além de coeficiente de temperatura algo elevado, ele tem tendência a mudar seu modo de oscilação.
- SL: As vibrações deste cristal ocorrem rentes à face, mas acopladas à flexão, isso numa faixa de frequências entre 300 e 800 kHz. As características elétricas deste cristal são similares às do corte DT, porém, ele é maior, possui melhor Q e uniformidade de características acima de 300 kHz. Estas características o tornam ideal para uso em filtros.
- Y – designação Y: Este cristal vibra com ondas superficiais acopladas por flexão numa faixa de frequências que vai de 500 kHz a 20 Mhz. Este tipo de cristal é o mais ativo.
- AT – designação A: Este tipo de corte faz com que o cristal vibre no sentido de sua espessura em uma faixa de frequências de 550 kHz a 20 MHz para o modo fundamental, e de 10 MHz a 60MHz nos modos em terceiro sobretom. As características excelentes de temperatura e frequência fazem deste tipo de corte o escolhido para os casos onde a frequência não deva se alterar com as variações de reatância do oscilador. Estas características tornam-se bastante usadas no controle de osciladores de altas frequências. Dentre as desvantagens apresentadas podemos citar a dificuldade de fabricação.

Os Osciladores

Um cristal sozinho não pode entrar em vibração espontaneamente. A excitação que coloca um cristal em oscilação e depois a mantém, é obtida por meio de um circuito especial. Esse circuito, conforme sugere a **figura 9**, nada mais é do que um amplificador que tem um elo de realimentação. Ao conjunto assim obtido denominamos "oscilador".

Dessa forma, os circuitos que produzem sinais com certas frequências e são controlados por cristais de quartzo, são denominados osciladores controlados por cristal, ou simplesmente osciladores a cristal (utiliza-se também a abreviação XTAL-OSC).

Para que tenhamos um oscilador a cristal é preciso que o circuito empregado na excitação tenha um certo ganho, ou seja, que o sinal obtido na sua saída seja maior do que aquele que se requer para excitar o cristal.

Se isso não ocorrer, o sinal de saída que serve para excitar de novo o cristal, ficará cada vez mais fraco, e o que teremos é a produção de uma oscilação amortecida, conforme ilustra a **figura 10**.

Com um ganho maior que 1,0, "sobra" sempre um pouco de sinal necessário à realimentação que mantém as oscilações e que pode ser usado no circuito externo.

Existem centenas de aplicações eletrônicas em que os cristais controlam a frequência de osciladores, cujos sinais, (que são correntes de determinadas frequências) são os responsáveis pelos seus ritmos de funcionamento.

Aplicações para cristais

Algumas aplicações dos cristais se destacam. Por isso, será interessante que os leitores as conheçam.

Relógios

O ritmo de um relógio mecânico é dado pelo balanço de um mecanismo controlado por uma mola. A tensão dessa mola determina o ritmo das oscilações.

Os relógios modernos são eletrônicos e seu ritmo é dado por um cristal. Mesmo que exista um micromotor acionando os ponteiros, veja a **figura 11**, seu ritmo e portanto a precisão do relógio dependem do cristal.

Evidentemente, o cristal de um relógio não tem a frequência mínima que estamos acostumados a visualizar, que é a de 1 Hz, ou um impulso por segundo. Seria muito difícil fabricar um cristal com essa frequência (e ele também seria muito grande). Assim, os relógios utilizam cristais de frequências mais altas, sendo elas divididas por circuitos apropriados de modo a se obter um ritmo que seja ideal para o andamento do relógio.

A precisão obtida num sistema deste tipo é excelente, com pequenas variações que normalmente ocorrem em vista das diferentes temperaturas que o relógio encontra nos ambientes em que trabalha.

O anúncio de que um relógio é de quartzo refere-sejustamente à presença deste elemento no circuito, determinando assim seu ritmo preciso de funcionamento.

Devido ao espaço limitado que existe num relógio de pulso, evidentemente, os cristais usados devem ter dimensões muito pequenas, o que implica também que eles não consigam oscilar em frequências muito baixas. Assim, os minúsculos cristais dos relógios produzem oscilações de vários megahertz para a divisão posterior pelos circuitos de que já falamos.

Computadores

Os computadores de tipo PC e mesmo outros, possuem circuitos que operam segundo o que se denomina lógica sincronizada.

Todos os circuitos devem operar sincronizados por um determinado sinal de frequência única, denominado "clock", o qual determina quando cada um deve realizar uma determinada operação, atender uma interrupção ou estar pronto para emitir o resultado de uma operação.

Se isso não fosse feito, uma determinada etapa de um computador poderia estar já somando o valor de um dado a outro armazenado numa célula, antes mesmo que o outro tivesse chegado, dando com resultado um valor completamente errado.

Todos os circuitos de um computador são sincronizados por um oscilador único que determina seu ritmo de andamento.

Dessa forma, quando dizemos que um computador "roda" a 3 GHz e portanto é muito mais rápido que outro que só "roda" a 2 GHz , estamos nos referindo à frequência do clock, que é justamente determinada por um oscilador por cristal, observe a **figura 12**.

A velocidade de um computador não pode ser alterada simplesmente pela troca de sinal de seu clock. A escolha de um determinado valor de frequência para um cristal de um computador depende da capacidade de seus circuitos operarem com tal frequência.

Se um computador que utiliza componentes projetados para operar com frequência máxima de 20 MHz, receber um sinal de clock de 40 MHz , ele não irá conseguir operar satisfatoriamente.

Um problema que surge na operação em velocidade maior (denominada *overclock*) é que há uma dissipação de calor maior. Esse fato justifica a existência de uma chave "turbo".

Em muitos computadores antigos que os dotam de duas velocidades: uma é a frequência original do clock dada pelo cristal, e a outra dada por um divisor por 2 que permite a operação na metade da velocidade.

Em condições limites, num ambiente quente ou quando o computador tiver que funcionar por horas seguidas, se não estivermos com um programa que necessite de alta velocidade, será interessante aliviar os circuitos de um aquecimento maior com a operação em menor velocidade.

Podemos dizer, de uma forma geral, que o oscilador de clock de um computador funciona como um "maestro"que determina seu ritmo e funcionamento de modo que tudo corra em harmonia. A quebra da harmonia poderá significar erros graves e a própria inoperância do aparelho.

É importante observar que nos computadores mais modernos existe um oscilador de frequência única que determina a frequência básica de operação de um circuito de entrada. Através de programações por meio de *jumpers* ou ligações, é possível modificar os circuitos que ele controla de modo a se programar a velocidade do processador. Dessa forma, o profissional da Informática pode perfeitamente alterar a velocidade de um processador sem mexer no oscilador, apenas mudando a programação.

É claro que o risco de se fazer esta operação de "overclock" é o que já explicamos: rodando mais rápido que o recomendado, pode-se levar o circuito a falhas ou mesmo sobreaquecimento.

Existem instrumentos de medida onde a precisão da medida depende fundamentalmente da precisão com que se pode estabelecer um intervalo de tempo de referência.

Esse é o caso de frequencímetros em que a medida de uma frequência é feita contando-se o número de ciclos num intervalo de tempo conhecido, conforme mostra a **figura 13**.

Por exemplo, num frequencímetro comum podemos fixar em 1/10 de

segundo o intervalo de contagem dos pulsos ou "amostragem". Assim, se nesse intervalo, para um sinal de frequência a ser medida, forem contados 5000 ciclos, então a frequência desse sinal (projetada no mostrador) será de 50 kHz.

Os próprios circuitos internos fazem a multiplicação de valor ou a colocação do ponto decimal, desprezando os dígitos menos significativos, quando necessário.

Outra aplicações

Telefones sem fio, telefones celulares, instrumentos de medida de diversos tipos, *walk-talkies*,televisores em cores, videocassetes e DVDs são alguns outros exemplos de aparelhos em que encontramos os cristais exercendo funções decisivas relacionadas com o controle de frequência.

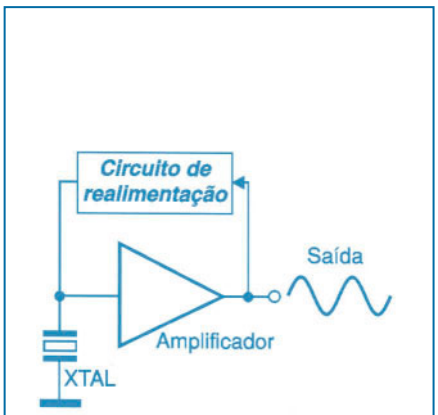
Nos telefones sem fio, os cristais determinam a frequência de operação das estações garantindo, assim, uma estabilidade que de outra forma não poderia ser obtida. Se o ajuste da frequência fosse feito por circuitos sintonizados comuns (LC), a possibilidade de "escape" do sinal seria muito maior, resultando na necessidade constante de reajuste do aparelho com a consequente perda da confiabilidade.

Nos walk-talkies, os cristais determinam com precisão o canal em que os aparelhos devem operar, fixando a frequência tanto do receptor quanto do transmissor.

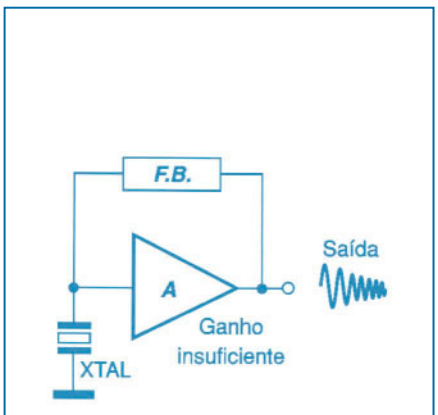
Finalmente, nos televisores, encontramos cristais nas etapas de processamento de cores, fixando a frequência dos circuitos de modo a detectar esse sinal com precisão.

Conclusão

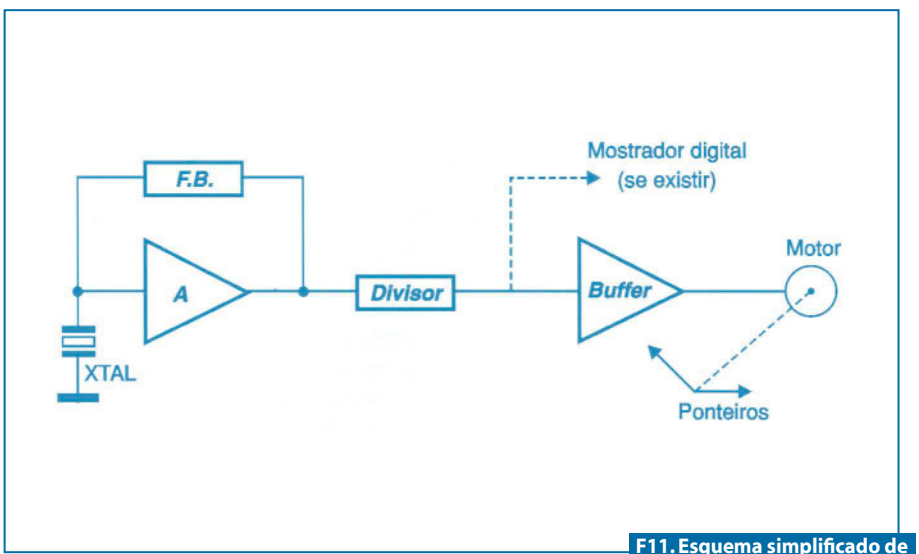
O leitor teve, neste artigo, apenas uma amostra da importância dos cristais de quartzo na Eletrônica. Um aprofundamento maior poderá ser importante se o leitor for trabalhar com esses componentes. A variedade de tipos de frequências leva à necessidade de conhecer todas as propriedades específicas de cada um para que a escolha de um novo projeto seja aquela que o leve ao melhor desempenho. E



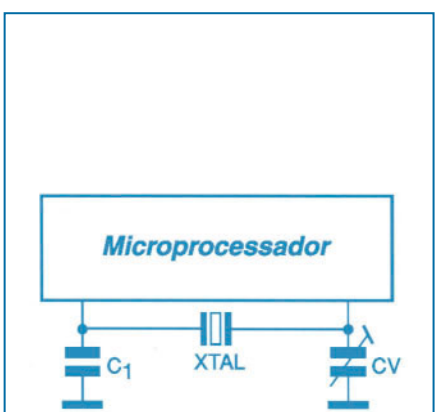
F9. Circuito de um oscilador.



F10. Oscilação amortecida na saída do oscilador.



F11. Esquema simplificado de um relógio eletrônico.



F12. Oscilador a cristal determina a frequência de clock.



F13. Medida da frequência de um sinal com um frequencímetro.

Toroides

Saiba tudo sobre eles

Os núcleos com formatos toroidais oferecem uma excelente possibilidade de escolha para o projetista de indutores e transformadores. Os tipos com núcleos de ferrite e pó de ferro, em especial, são indicados para as aplicações de médias e altas frequências que vão desde a filtragem e bloqueio de transientes até transformadores de fontes chaveadas. Neste especial abordaremos os núcleos de ferrite e o modo de usá-los, com indicações sobre o enrolamento dos indutores.

Newton C. Braga

Conforme o nome sugere, os núcleos toroidais têm o formato de toroides (veja a **figura 1**) e podem ser encontrados numa ampla faixa de materiais, diâmetros e espessuras.

A escolha do tipo e do tamanho dependem de fatores tais como a intensidade do sinal, a indutância desejada e também a frequência do sinal que deve ser trabalhado.

Vantagens e Desvantagens

Os núcleos dos indutores são usados para concentrar as linhas de força do campo magnético.

Na forma tradicional do solenoide cilíndrico, mostrado na **figura 2**, o bastão cilíndrico de material ferroso concentra as linhas de força do campo criado.

No entanto, conforme podemos ver, esse tipo de núcleo traz problemas que podem se tornar sérios em algumas aplicações.

As linhas de força "escapam" da bobina e se espalham pelo espaço. Este fato, além de significar uma perda na maior indutância que será possível obter com a bobina e o núcleo, significa também a possibilidade do campo magnético criado interferir em circuitos próximos.

Com a finalidade de aumentar a indutância concentrando as linhas de força, uma saída consiste em utilizar núcleos com formatos que "fechem" as linhas de força do campo magnético.

Assim, podemos utilizar núcleos com os formatos da **figura 3**, tanto em E x I quanto em forma de copos.

Esses núcleos "fecham" as linhas de força dos campos criados pelas bobinas, aumentando seu rendimento e também evitando que elas se espalhem interferindo em circuitos próximos.

Um tipo de núcleo que "fecha" o campo magnético, permitindo assim que sejam obtidos indutores e transformadores de excelente rendimento, é o toroidal.

Na **figura 4** mostramos alguns exemplos de enrolamento de indutores e transformadores usando esse tipo de núcleo.

Na prática, encontramos indutores e transformadores com núcleos toroidais que vão desde pequenos indutores de alguns milímetros de diâmetro empregados em filtros e circuitos de altas frequências até transformadores pesados de vários quilogramas usados em fontes de alimentação de alta potência.

Os toroides têm vantagens e desvantagens em relação aos outros tipos de núcleos:

a) Vantagens

- Indutância elevada em relação ao tamanho que ocupam;
- Faixa de aplicações entre 20 kHz a 3 MHz;
- Não apresentam interação sensível com os circuitos adjacentes como ocorre com indutores de outros tipos;
- Podem ser obtidos em diversas permeabilidades;
- Valores muito altos de fator Q, quando enrolados corretamente e quando os núcleos apropriados são selecionados;
- Os núcleos podem ser obtidos em uma gama muito grande de tamanhos e espessuras;
- Baixo custo;
- Simples de montar e têm uma instalação mecânica segura.

b) Desvantagens

- Não é possível variar a indutância;
- Estão sujeitos a uma certa deriva térmica.

Na **tabela 1** abaixo damos as comparações de desempenho para os diversos tipos de núcleos disponíveis quando comparados aos tipos toroidais.

Aplicações e Tipos

Os toroides apresentam uma elevada eficiência magnética pelo fato de não terem um abertura de ar por onde as linhas do campo possam escapar ocorrendo perdas, conforme ilustra a **figura 5**.

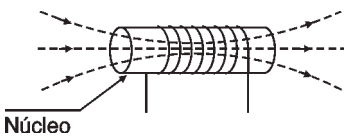
Os núcleos para bobinas de médias e altas frequências de pó de ferro e ferrite, são obtidos normalmente em tamanhos na faixa de 2,5 mm a 15 cm de diâmetro, aproximadamente. Tamanhos diferentes também podem ser obtidos sob encomenda.

Em alguns casos, para facilitar o enrolamento das bobinas e proporcionar maior isolamento para aplicações em altas tensões os núcleos de toroides podem ser dotados de uma capa isolante utilizando diversos materiais como:

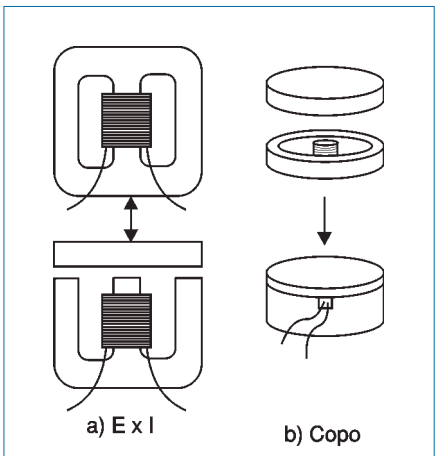
a) Parylene C - trata-se de um material usado por algumas indústrias com uma espessura que varia entre 0,0005 a 0,002 polegadas. Esta cobertura pode isolar tensões de até 600 V.



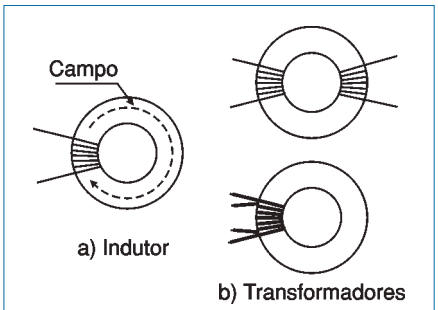
F1. Núcleos toroidais de diversos tamanhos.



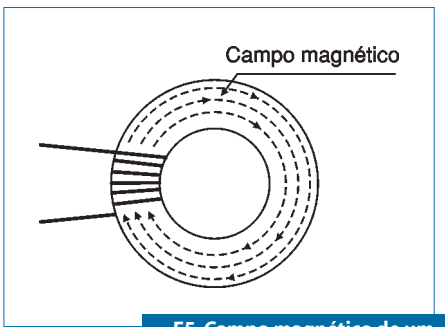
F2. Campo magnético num solenoide.



F3. Alguns outros tipos de núcleos.



F4. Indutor e transformadores com núcleos toroidais.



F5. Campo magnético de um solenoide toroidal.

	NÚCLEO					
	POT	E	EC,ETD e EER	PQ	EP	TOROIDES
Custo do núcleo	$$$	$	$$	$$$	$$	$
Custo da bobina	$	$	$$	$$$	$$$	$
Custo do processo de enrolamento	$	$	$	$	$	$$$
Flexibilidade ao enrolar	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆	
Montagem	🛠	🛠🛠	🛠🛠	🛠	🛠	🛠
Dissipação de calor	☆	☆☆☆	☆☆	☆☆	☆	☆☆
Blindagem	☆☆☆	☆	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆

$ = Baixo
$$ = Médio
$$$ = Alto

☆ = Ruim
☆☆ = Boa
☆☆☆ = Excelente

🛠 = Fácil
🛠🛠 = Razoável
🛠🛠🛠 = Difícil

T1. Comparação de desempenho entre os toroides e outros tipos de núcleos.

Frequência (MHz)					
0,1	1	7	14	21	28
250	150	57	42	36	30
***Desidade de Fluxo AC** (gauss)*					

Obs.: 10 000 gauss = 1 tesla

T2. Limites de densidade de fluxo, em gauss.

b) Grey - consiste numa cobertura econômica de 0,004 a 0,08 polegadas de espessura com boa adesão e isolamento. A tensão de isolamento mínima desta cobertura é de 1000 volts.

c) Laquê preto - consiste numa cobertura barata de 0,0005 a 0,002 polegadas de espessura com boas características de isolamento e facilidade de enrolamento.

Como usar

Os toroides comuns podem ser obtidos em tamanhos que variam de 2 mm a 15 mm, sendo os tamanhos mais comuns para aplicações gerais aqueles que variam de 6 a 50 mm de diâmetro.

Em frequências acima de 100 kHz, os tipos de ferrite e pó de ferro têm seu desempenho limitado mais pela elevação da temperatura do que pela saturação.

Os núcleos de ferrite podem apresentar mudanças de temperatura após serem submetidos a um fluxo magnético de alta intensidade, enquanto que os núcleos de pó de ferro retornam aos seus valores normais de permeabilidade depois que esfriam.

A saturação não ocorre normalmente em circuitos com potências inferiores a 500 mW, mas pode ser um fator a considerar num circuito com um nível de potência acima de 1 W. Por esse motivo, é importante que no projeto seja usado sempre o maior núcleo possível que caiba no espaço disponível para esse componente.

A **tabela 2** dá alguns limites para a densidade de fluxo para núcleos de ferrite e de pó de ferro:

Um ponto crítico em qualquer projeto que envolve núcleos toroidais é a frequência. Um núcleo que opera satisfatoriamente em uma frequência de 1 MHz pode, no entanto, queimar-se numa frequência de 20 ou 30 MHz com a mesma potência.

Como os núcleos de ferro têm menor permeabilidade, para se obter a mesma indutância de outro que use núcleo de ferrite, são necessárias mais espiras. Por isso, os núcleos de pó de ferro podem manusear maior potência, uma vez que a densidade de fluxo será menor para uma determinada tensão que seja aplicada.

Para se evitar que a densidade de fluxo aumente devido ao menor número de espiras de um núcleo de ferrite, a tensão aplicada deverá ser reduzida.

Os dois tipos de materiais podem ser colocados na elaboração de transformadores, mas ambos têm suas limitações e vantagens.

Os núcleos de ferrite exigem menos voltas dos enrolamentos das bobinas, mas cada volta de fio terá uma impedância maior resultando em maior acoplamento.

Os núcleos de pó de ferro requerem mais voltas, mas teremos uma impedância menor por volta e um acoplamento menor, porém, em compensação eles podem trabalhar com maior potência.

Tipo de Fio (AWG) x Espiras (*)												
Tamanho do Núcleo	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
FT - 23	0	0	2	4	7	11	15	21	28	37	48	62
FT - 37	2	4	7	11	15	21	28	36	48	61	79	100
FT - 50	7	10	14	19	26	34	45	58	75	95	121	154
FT - 50 A	8	13	19	22	30	39	51	65	84	106	135	171
FT - 50 B	8	13	19	22	30	39	51	65	84	106	135	171
FT - 82	18	22	32	41	53	69	88	112	143	180	288	288
FT - 87	19	25	34	43	56	72	92	118	150	188	239	302
FT - 114	29	38	49	63	80	100	131	166	211	263	334	420
FT - 140	36	42	60	77	97	125	158	201	255	318	403	507
FT - 150	29	38	46	63	80	100	131	166	211	263	334	420
FT - 193	53	68	86	109	139	176	223	282	357	445	562	707
FT - 240	60	77	98	123	156	198	250	317	400	499	631	793

(*) Enrolamento camada única

T3. Relação: nº de espiras x nº AWG (fio) para um núcleo toroidal de ferrite.

Tipo de Fio (AWG) x Espiras (*)												
Tamanho do Núcleo	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
T - 12	0	0	0	0	1	3	5	8	11	15	20	26
T - 16	0	0	0	1	2	4	6	9	13	17	22	29
T - 25	0	1	3	5	7	10	14	18	24	31	41	52
T - 37	4	6	9	12	17	22	29	37	48	60	78	98
T - 50	8	12	16	22	28	37	47	59	76	94	121	151
T - 68	12	16	21	28	36	46	59	74	94	117	150	187
T - 80	17	23	30	39	51	64	82	103	129	161	204	255
T - 94	21	27	35	45	58	74	94	117	148	183	233	290
T - 106	21	27	36	46	59	74	95	118	149	185	235	293
T - 130	31	40	51	65	83	105	133	165	208	257	326	406
T - 157	39	50	64	81	103	129	164	204	256	316	401	499
T - 184	38	50	63	81	102	129	163	202	254	314	398	496
T - 200	53	67	86	108	137	172	217	270	338	418	529	658

(*) Enrolamento camada única

T4. Relação: nº de espiras x nº AWG (fio) para um núcleo toroidal de pó de ferro.

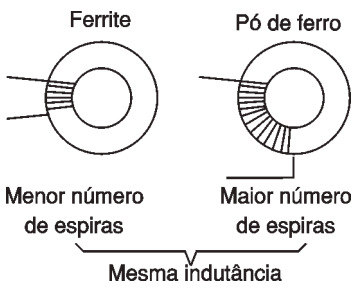
Escolhendo o Material

No projeto de qualquer aplicação de médias e altas frequências que envolva o uso de núcleos toroidais, talvez o ponto mais importante a ser considerado seja a escolha do material.

Os tipos mais comuns são os feitos de pó de ferro e ferrite que, conforme vimos, apresentam características diferentes.

Assim, a escolha entre qual dos dois deve ser usado em uma aplicação leva em primeiro lugar à largura da faixa de frequências em que ele deve ser usado.

Para um determinado tamanho, os núcleos de ferrite saturam com fluxo menor do que os de pó de ferro. Enquanto as permeabilidades dos núcleos de ferrite variam



F6. Núcleos de ferrite têm maior permeabilidade.

entre 20 e 5000, a permeabilidade dos núcleos de pó de ferro variam entre 2 e 75.

Como uma regra simples a ser adotada, quanto maior for a permeabilidade, maior será o coeficiente de temperatura do material.

Assim, se tivermos de usar o núcleo num circuito de banda estreita (sintonizado) será interessante optar pelo tipo de pó de ferro, que permanecerá dentro da sintonia numa faixa maior de temperaturas, o que pode não acontecer com os núcleos de ferrite.

Nas aplicações de banda larga como, por exemplo, em *baluns*, a escolha de um ou de outro já não é tão importante.

Para circuitos de banda larga, os núcleos de ferrite são preferidos dada a sua alta permeabilidade, que possibilita a obtenção de uma indutância mais alta com menor número de espiras; observe a **figura 6**.

O tipo de ferrite a ser selecionado para uma determinada aplicação deve ter pequenas perdas na faixa de frequências de operação.

Uma regra comum adotada pelos projetistas de transformadores e indutores de banda larga com núcleos toroidais, é que a reatância (X_L) de um enrolamento não deve ser menor do que 4 vezes a impedância da fonte (na frequência mais baixa de operação).

Com a seleção apropriada de materiais é possível construir transformadores de banda larga capazes de cobrir uma década de frequências, por exemplo, entre 3 e 30 MHz.

Na **tabela 3** temos a relação entre o número de espiras que cabem em um núcleo toroidal de ferrite (dos tipos mais comuns) e o número (AWG) do fio usado.

Para as aplicações de banda estreita, normalmente são usados núcleos de pó de ferro que têm ainda a vantagem de proporcionar um fator Q elevado nas freqüências mais altas da faixa de VHF. Esse tipo de núcleo é especialmente importante nos projetos de osciladores e filtros.

Na **tabela 4** apresentamos a relação entre o número de espiras que cabem num núcleo toroidal de pó de ferro (dos tipos mais comuns) em função do número (AWG) do fio usado.

Os núcleos de ferrite podem ser divididos em dois grupos: aqueles cuja permeabilidade inicial é menor que 100, sendo fabricados de compostos de níquel e zinco, e os que possuem uma permeabilidade maior que 1000, que são compostos de manganês e zinco.

Número do Núcleo x Valor de AL (em mH/1000 Voltas)

Tamanho do Núcleo	Material ( )									
	43	61	63	67	68	72	75	77	F	J
FT - 23 - ( )	165	248	*	7.8	4.0	*	990	356	*	*
FT - 37 - ( )	375	55.3	*	19.7	8.8	*	2110	884	*	*
FT - 50 - ( )	470	68.0	*	22.0	11.0	1100	*	990	*	2750
FT - 50A - ( )	510	75.0	*	24.0	12.0	*	*	1080	*	2990
FT - 50B - ( )	1025	150.0	*	48.0	24.0	*	*	2160	*	*
FT - 82 - ( )	500	75	*	22.4	11.7	*	*	1060	*	*
FT - 87 - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3020
FT - 87A - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	3700	6040
FT - 114 - ( )	540	79.3	*	25.4	12.7	*	*	1270	1902	3170
FT - 114A - ( )	*	146.0	*	*	*	*	*	2340	*	*
FT - 140 - ( )	952	140.0	*	45.0	*	*	*	2250	*	*
FT - 140A - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6736
FT - 150 - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	2640	4400
FT - 150A - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	5020	8370
FT - 193 - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	3640	6065
FT - 193A - ( )	*	*	*	*	*	*	*	*	4460	7435
FT - 240 - ( )	1160	173.0	53.0	53.0	*	*	*	2725	*	6845

(*) Não disponível

T5. Tabela para o cálculo de indutância para toroide de ferrite.

Número do Núcleo x AL (em µH/100 Voltas)

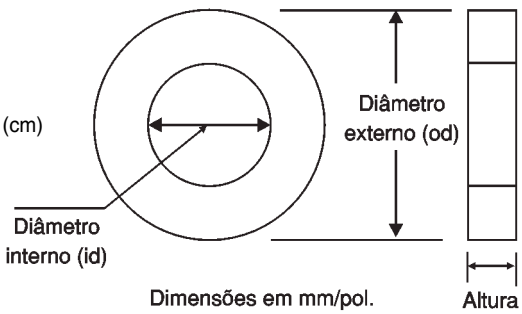
Tamanho do Número	Material ( )								
	26	3	15	1	2	6	10	12/17	0
T - 12 - ( )	*	60	50	48	20	17	12	7.5	2.4
T - 16 - ( )	145	61	55	44	22	19	13	8	3
T - 20 - ( )	185	76	65	52	25	22	16	10	3.5
T - 25 - ( )	245	100	85	70	34	27	19	12	4.5
T - 30 - ( )	335	140	93	85	43	36	25	16	6
T - 37 - ( )	285	120	90	80	40	30	25	15	4.9
T - 44 - ( )	370	180	160	105	52	42	33	18.5	6.5
T - 50 - ( )	330	175	135	100	49	40	31	18	6.4
T - 68 - ( )	435	195	180	115	57	47	32	21	7.5
T - 80 - ( )	460	180	170	115	55	45	32	22	8.5
T - 94 - ( )	600	248	200	160	84	70	58	*	10.6
T - 106 - ( )	930	450	345	325	135	116	*	*	19
T - 130 - ( )	810	350	250	200	110	96	*	*	15
T - 157 - ( )	1000	420	*	320	140	115	*	*	*
T - 184 - ( )	1690	720	*	500	240	195	*	*	*
T - 200 - ( )	920	425	*	250	120	100	*	*	*
T - 200A - ( )	1600	*	*	*	218	*	*	*	*

(*) Não disponível

T6. Tabela para o cálculo de indutância para toroide de pó de ferro.

Propriedades Físicas e Magnéticas						
Tamanho do Núcleo	o.d.	i.d.	hgt.	l_e (cm)	A_e (cm)^2	V_e (cm)^3
FT - 23 - ( )	5.84/.230	3.05/.120	1.52/.060	1.340	.021	.029
FT - 37 - ( )	9.53/.375	4.75/.187	3.18/.125	2.150	.076	.163
FT - 50 - ( )	12.7/.500	7.14/.281	4.78/.188	3.020	.133	.401
FT - 50A - ( )	12.7/.500	7.92/.312	6.35/.250	3.680	.152	.559
FT - 50B - ( )	12.7/.500	7.92/.312	12.7/.500	3.180	.303	.693
FT - 82 - ( )	21.0/.825	13.1/.516	6.35/.250	5.260	.246	1.290
FT - 87 - ( )	22.1/.870	13.7/.540	6.35/.250	5.420	.261	1.414
FT - 87A - ( )	22.1/.870	13.7/.540	12.7/.500	5.420	.315	1.710
FT - 114 - ( )	29.0/1.142	19.0/.750	7.49/.295	7.420	.375	2.783
FT - 114A - ( )	29.0/1.14	19.0/.750	13.8/.545	7.420	.690	5.120
FT - 140 - ( )	35.6/1.40	23.0/.900	12.7/.500	9.020	.806	7.270
FT - 140A - ( )	35.6/1.40	23.0/.900	15.0/.590	9.020	.951	8.580
FT - 150 - ( )	38.1/1.50	19.0/.750	6.35/.250	8.300	.519	4.905
FT - 150A - ( )	38.1/1.50	19.0/.750	12.7/.500	8.300	1.110	9.213
FT - 193 - ( )	49.1/1.932	31.8/1.250	15.9/.625	12.310	1.360	16.742
FT - 193A - ( )	49.1/1.932	31.8/1,250	19.0/.750	12.310	1.620	19.942
FT - 240 - ( )	61.0/2.40	35.6/1.40	12.7/.500	14.400	1.570	22.608

Id - diâmetro interno
od - diâmetro externo
hgt - altura
ie - comprimento médio do toroide (cm)
Ae - área da secção reta (cm^2)
Ve - volume (cm^3)



Dimensões em mm/pol.

Propriedades Físicas e Magnéticas						
Tamanho do Núcleo	o.d.	i.d.	hgt.	l_e (cm)	A_e (cm)^2	V_e (cm)^3
T - 12 - ( )	3.18/.125	1,58/.062	1.27/.050	.75	.010	.008
T - 16 - ( )	4.06/.160	1.98/0.78	1.52/.060	.93	.015	.014
T - 20 - ( )	5.1/.200	2.24/.088	1.78/.070	1.15	.023	.026
T - 25 - ( )	6.48/.255	3.5/.120	2.44/.096	1.50	.037	.055
T - 30 - ( )	7.8/.307	3.84/.151	3.25/.128	1.84	.061	.110
T - 37 - ( )	9.53/.375	5.21/.205	3.25/.128	2.31	.064	.147
T - 44 - ( )	11.2/.440	5.82/.229	4.04/.159	2.68	.099	.266
T - 50 - ( )	12.7/.500	7.7/.303	4.83/.190	3.19	.112	.358
T - 68 - ( )	17.3/.690	9.4/.370	4.83/.190	4.23	.179	.759
T - 80 - ( )	20.2/.795	12.6/.495	6.35/.250	5.14	.231	1.19
T - 94 - ( )	23.9/.942	14.2/.560	7.93/.312	5.97	.362	2.16
T - 106 - ( )	26.9/1.06	14.5/.570	11.1/.437	6.49	.659	4.28
T - 130 - ( )	33.0/1.30	19.8/.780	11.1/.437	8.28	.698	5.78
T - 157 - ( )	39.9/1.57	24.1/.950	14.5/.570	10.1	1.06	10.7
T - 184 - ( )	46.7/1.84	24.1/.950	18.0/.710	11.2	1.88	21.0
T - 200 - ( )	50.8/2.00	31.8/1.25	14.0/.550	13.0	1.27	16.4
T - 200A - ( )	50.8/2.00	31.8/1.25	25.4/1.00	13.0	2.32	30.0

T7. Dimensões físicas dos núcleos toroidais de ferrite e de pó de ferro.

Os ferrites de níquel-zinco apresentam resistividade elevada e estabilidade de temperatura moderada, exibindo fatores de qualidade altos na faixa de frequências entre 0,5 e 100 MHz. Esses materiais são indicados para aplicações de baixa potência e alta indutância.

Já o grupo dos ferrites de manganês-zinco tem uma resistividade relativamente baixa e uma densidade de fluxo de saturação moderada. Esses materiais resultam em componentes com fatores Q elevados na faixa de freqüências de 1 kHz a 1 MHz, e alguns são apropriados para usar em transformadores de fontes chaveadas em frequências na faixa de 20 kHz a 100 kHz.

Para calcular facilmente as indutâncias com os diversos tamanhos de núcleos, fornecemos duas tabelas (**tabela 5** e **tabela 6**).

Nessas tabelas temos o valor A_L que é empregado pelos fabricantes para indicar o índice de indutância do núcleo.

Esse índice diz para os núcleos de pó de ferro o número de microhenry (μH) para cada 1000 voltas de fio que se obtém. Para os núcleos de ferrite, ele é indicado normalmente pelo número de milihenry (mH) que se alcança para cada 1000 espiras de fio.

Observamos que alguns fabricantes costumam expressar essa tabela de outra forma como, por exemplo, nH/t^2, onde nH é a indutância e t é o número de espiras

Finalmente, completamos este artigo com mais duas **tabela 7** em que damos as dimensões físicas (em milímetros e polegadas) para os principais tipos de núcleos de ferrite e pó de ferro comumente empregados na maioria das aplicações práticas.

Conclusão

Calcular transformadores e indutores empregando núcleos toroidais de ferrite ou pó de ferro, é algo que muitos profissionais não sabiam fazer, sendo cada vez mais necessário nas aplicações industriais onde esses componentes tornam-se cada vez mais comuns.

Esperamos que com as informações dadas neste artigo, os leitores não só tenham aprendido um pouco mais sobre esse componente (o toroide), como também tenham recolhido informações importantes que facilitem seus futuros projetos envolvendo a tecnologia do núcleo toroidal.

microcontroladores
FLASH
de Baixo Custo

HOLTEK

Holtek lança nova série

HT66Fxx
HT68Fxx

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



Características:

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

HOLTEK
ANYTEK conectores
FORDATA FOR DATA DISPLAY
módulos RF WENSHING
GlobalSat Wired by Wireless
APLUS CI reprodutor de sons
FAGOR
SIMCom A company of SIM Tech

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:
www.holtek.com

Cika Eletrônica
Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2693-6428 / Fax: 55 11 2693-8805
vendas@cikaeletronica.com
www.cikaeletronica.com

VARIEDADE.
VERSATILIDADE.
VELOCIDADE.

PRODUTO

- Ampla variedade de interconexões de placas com empilhamento
- Passo de 0,4 mm a 5,08 mm
- Perfil baixo (4 mm) a elevado (30 mm)
- Sistemas robustos
- Alimentação para a placa
- IDC, fiação discreta, circuitos flexíveis
- Alta velocidade e micro

CONNECTORS
MICRO
SIGNAL INTEGRITY
CUSTOMS
CABLES
PANEL & I/O
RUGGED
SUDDEN SERVICE®

ATENDIMENTO

WORLD DIRECT

- Remessas diretas para todo o mundo, 3-4 dias úteis até sua porta
- Os menores prazos de entrega da industria
- Liberação na alfândega pela Samtec America Latina
- Preços globais/amostras globais
- Todas as amostras enviadas em 24 horas
- Solutionator on-line de projeto/construção/ pedidos

SUDDEN samtec SAMPLE

SOLUTIONATOR®
DESIGN IN A MINUTE • SHIP IN A WEEK



www.samtec.com

SAMTEC AMERICA LATINA COMERCIO EXTERIOR LTDA
Rua Alagoas Nr 1460 • Sala 805 • Bairro Savassi • 30130-160 Belo Horizonte / MG • Brasil
Tel: +55 31 3786 3227 • Fax: +55 31 3786 3229 • E-mail: brazilsales@samtec.com