ELETRÔNICA TOTAL

SABER
Ano 23 - Nº 154
Europa € 4,30 Brasil **R$ 12,90**



Relés
de Estado Sólido
O que são e onde são empregados

Seleção de Amplificadores de Áudio Analógicos
Solucione problemas de amplificação de áudio de maneiras tradicionais



ISSN 0103-4960

Inglês para Eletrônicos
Analisamos um texto de um livro técnico e mostramos alguns termos específicos da área

5 Soluções Práticas
Combinador linear, divisor programável, controle para servomotores, sensor de umidade e conversor D/A



SEQUENCIAL
CENTRO TÉCNICO PROFISSIONALIZANTE

Seja um profissional de sucesso

Registro no CREA

Estude Eletrônica, Eletrotécnica ou Telecomunicações na Sequencial

Na Sequencial, você aprende na prática e tem à sua disposição uma infraestrutura especialmente projetada para garantir o seu futuro profissional. Professores altamente qualificados, laboratórios com os mais modernos equipamentos e bibliotecas com acervo especializado garantem um ambiente de aprendizado rico e multidisciplinar.







Conheça os outros cursos técnicos da Sequencial:

Segurança do Trabalho - Estética
Enfermagem - Farmácia
Radiologia - Informática

www.sequencialctp.com.br



Unidade I
Estr. de Itapecirica, 3777 • Capão Redondo
CEP 05854-110 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 5511-1717



Unidade II
Av. Teotonio Vilela, 3161 • Cid Dutra
CEP 04801-010 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 5663-2828



Unidade III
Av. Marechal Tito, 6084 • Itaim Paulista
CEP 08115-000 • São Paulo, SP
Tel.: (011) 2156-1040

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

ELETRÔNICA TOTAL

www.eletronicatotal.com.br
twitter.com/editora_saber

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

Conselho Editorial
Luiz Henrique C. Bernardes;
Newton C. Braga

Revisão Técnica
Eutíquio Lopez

Designers
Carlos C. Tartaglioni;
Diego M. Gomes

Redação
Augusto Heiss;
Rafaela Turiani

Publicidade
Caroline Ferreira;
Nikole Barros

Colaboradores
Alexandre Capelli;
Eduard Montgomery Meira Costa;
Filipe Pereira;
Francisco Bezerra Filho;
Inácio Moacir Callou Júnior;
James Neves da Silva;
Newton C. Braga;
Riccardo L. Delai

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

Capa
Arquivo Editora Saber

Impressão
Neograf Indústria Gráfica e Editora Ltda.

Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Logista tel.: 121 926-7800

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

Eletrônica Total é uma publicação bimestral da Editora Saber Ltda, ISSN 0103-4960. Redação, administração, publicidade e correspondência: Rua Jacinto José de Araújo, 315, Tatuapé, CEP 03087-020, São Paulo, SP, tel./ fax (11) 2095-5333. Edições anteriores (mediante disponibilidade de estoque), solicite pelo site www.sabermarketing.com.br, ou pelo tel. 2095-5330, ao preço da última edição em banca.

Associada da:

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

Editorial


Hélio Fittipaldi

O Brasil está atravessando mudanças significativas nos últimos anos devido ao avanço rápido das novas tecnologias e, também, em virtude da mudança dos centros de poder dos países mais adiantados da Europa e dos EUA para os BRICs.

Mas, o que tudo isso tem de a ver conosco? É simples, caro leitor. Cada vez mais irão surgir oportunidades de trabalho na área eletrônica em nosso país. Como informação adicional, o México, por exemplo, já está sendo mais competitivo que a Ásia em vários produtos. Fábricas de empresas norte-americanas estão sendo transferidas da Ásia para o México, que fez ajustes internos para baixar os custos, assim como parece que se está fazendo aqui no Brasil. A diferença de câmbio da moeda chinesa está diminuindo e os salários dos chineses estão aumentando.

Tudo isso, se aliado à diminuição dos impostos, ao combate da corrupção e a juros do sistema financeiro mais civilizados, fará com que o nosso país cresça nos próximos anos em melhores condições que outros. Só precisamos que os políticos honestos trabalhem e que o povo não eleja mais aqueles que não têm estudo, pois do jeito que a tecnologia evoluiu, governar um país também ficou mais sofisticado a ponto de exigir gente muito bem preparada e madura para fazer o melhor para todos nós. Isto é tão importante que deveria haver uma lei proibindo a candidatura de pessoas despreparadas, semianalfabetas ou envolvidas em corrupção.

Isto posto, diremos ainda que já há falta de profissionais com conhecimento técnico adequado para assumir os empregos oferecidos. Muitas empresas não estão encontrando os candidatos que saíram das escolas sem os conhecimentos exigidos por elas. E não é só por causa do currículo ou dos professores, é que muitos estudantes ainda levam os estudos na brincadeira. Portanto, estude sempre, se quiser ter uma vida melhor!

Hélio Fittipaldi

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.

Índice

Teoria da Oscilação Senoidal 08
O que é Visão Robótica? 10
A Sucata Tecnológica e sua Utilização em Estudos de Robótica 14
Inglês para Eletrônicos 18
Conversão de Tensão para Corrente 20
10 Amplificadores para Sensores e Transdutores 23
Seleção de Amplificadores de Áudio ... 27
5 Soluções Práticas 35
Modulação e Transmissão em SSB 39
Conversão de Frequência 44
Relés de Estado Sólido 47
Os Tiristores GTO e IGCT 52
Filtros Especiais para Operação em Altas Frequências 57
Técnicas de Projeto e Montagem de Placas de Circuito Impresso 60

Atendimento ao Leitor: atendimento@eletronicatotal.com.br

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, bem como a industrialização e/ou comercialização dos aparelhos ou ideias oriundas dos textos mencionados, sob pena de sanções legais. As consultas técnicas referentes aos artigos da Revista deverão ser feitas exclusivamente por cartas, ou e-mail (A/C do Departamento Técnico). São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista, mas não assumimos a responsabilidade legal por eventuais erros, principalmente nas montagens, pois tratam-se de projetos experimentais. Tampouco assumimos a responsabilidade por danos resultantes de imperícia do montador. Caso haja enganos em texto ou desenho, será publicada errata na primeira oportunidade. Preços e dados publicados em anúncios são por nós aceitos de boa fé, como corretos na data do fechamento da edição. Não assumimos a responsabilidade por alterações nos preços e na disponibilidade dos produtos ocorridas após o fechamento.

Globalcode aposta em robótica
para atrair estudantes e jovens programadores

O Brasil apresenta índices alarmantes de falta de mão de obra qualificada, com destaque para profissionais de nível técnico e engenheiros. Segundo a ManPower, empresa de RH, o país está em 3º lugar no *ranking* mundial entre os que mais têm dificuldade de obter colaboradores para determinadas funções. Por outro lado, de acordo com uma pesquisa recente da agência WMcCann, a inclusão digital cada vez mais faz parte do cotidiano dos brasileiros da nova classe média, que já somam quase a metade do número de internautas no Brasil. Segundo a pesquisa, 69% dos entrevistados acessam a internet com o intuito de obter renda e 58% deles para progresso social.

Tendo em vista a falta de mão de obra especializada no mercado brasileiro em contraste com o acesso cada vez maior à tecnologia, a Globalcode, rede de ensino especializada em soluções educacionais de TI, vem promovendo cursos de capacitação em eletrônica, robótica e automação residencial para públicos jovens. Com uma abordagem lúdica, a iniciativa Elétron Livre já esteve presente em instituições de ensino, como nos Colégios Dante Aligueri, de São Paulo, Fernão Gaivota, de Alphaville, e na Escola Municipal Tancredo Neves, de Ubatuba.

Robôs que se movimentam, e até voam, e bússolas digitais para exercícios de seno e cosseno, são alguns dos exemplos trabalhados em sala de aula. Para Vinicius Senger, diretor de inovação da Globalcode e idealizador do programa, a motivação para a criação do projeto, em 2009, veio da constatação de que a maioria dos jovens começa a aprender informática já em casa. "Devemos orientar e fornecer informações para que saibam otimizar o uso das tecnologias a favor da sua carreira", argumenta.

Os cursos foram criados por especialistas em programação, eletrônica e engenharia. Focam desde conhecimentos básicos e chegam a conteúdos mais avançados, que abrangem todos os fundamentos e teorias necessárias para desenvolvimento de software. A didática é promovida por meio de disciplinas que auxiliam o aluno a destrinchar o funcionamento de um computador.

Diferentemente da maioria das abordagens de ensino tradicionais em robótica, a Globalcode adota apenas tecnologias abertas, livres de patentes. Isso significa que a empresa produz *kits* próprios, com plataformas que podem ser modificadas e manipuladas livremente, sem que o estudante dependa de uma marca de componentes específica. Um dos principais é o Arduino, uma placa eletrônica de baixo custo, capaz de interagir com dispositivos eletrônicos, como lâmpadas, sensores e motores, e programar seu funcionamento via software.

A Globalcode desenvolveu algumas plataformas de estudo, como o robô BR1, que pode ser programado para várias atividades como desviar de objetos, seguir pessoas, fazer medições etc. Foi com este robô que o colégio Dante Alighieri participou da Olimpíada Brasileira de Robótica e recebeu premiações internacionais. Já o jHome é uma plataforma completa para automação residencial livre, com ele é possível controlar tomadas e luzes, monitorar sensores de presença, abrir e fechar portões elétricos etc.

Com base em eletrônica, lógica e programação, a Elétron Livre permite a criação e programação dessas ou demais plataformas, cujo controle pode ser feito por meio de internet, telefone, celular, redes sociais, twitter etc.

Para ter mais informações acesse **http://www.eletronlivre.com.br/** e também o **http://blog.eletronlivre.com.br/**



Contruído com tecnologias abertas, o Robô seguidor de linha, BR1.

BenQ lança no Brasil os primeiros projetores a laser com tecnologia BlueCore Light e SmartEco Avançado

A BenQ, empresa global que atua nos segmentos de monitores, projetores, câmeras digitais e filmadoras, anuncia a chegada da nova linha de projetores a *laser* com BlueCore Light e SmartEco Avançado ao país, os LX60ST e LW61ST. Trata-se de aparelhos que se utilizam da incomparável qualidade da "fonte de luz a laser" – a nova geração de luz – com a tecnologia BlueCore Light para aumentar a eficiência energética e a qualidade de projeção. Os produtos diferenciam-se, ainda, por contarem com sistema SmartEco Avançado, tecnologia que reduz o consumo de energia da lâmpada em até 90%.

"Esses novos projetores são os primeiros a incorporarem essa tecnologia e por serem livres de mercúrio; são soluções que garantem projeção imediata de alto nível, além de consistirem na opção mais segura e ecológica para o meio ambiente", afirma o diretor comercial, Marcelo Café.

Desenvolvidos para dar mais vida às imagens, mantendo a melhor relação custo-benefício, os projetores LX60ST e LW61ST com BlueCore, tecnologia própria da BenQ, são Lamp Free. Isso significa que não é necessário trocar de lâmpada. Eles fornecem 20.000 horas de brilho no modo Eco e relação de contraste de 80000:1, ultraelevada, assegurando imagens claras e nítidas impressionantes sem a necessidade de ter de esperar que o projetor se aqueça.



Economia de energia

Os dispositivos contam, ainda, com uma extraordinária capacidade de economizar energia. "Isto significa que mesmo que a fonte de luz a laser perca 10% de seu brilho, o BlueCore otimizará o seu desempenho, garantindo a alta qualidade da projeção", explica o diretor comercial. "Nosso objetivo é trazer maiores níveis de liberdade, produtividade e simplicidade para as atividades com projeção. O BlueCore mostra que entendemos as reais demandas do mercado e conseguimos atendê-las".

Com 2000 ANSI lumens de brilho, resolução XGA/WXGA, 0,6/0,49 projeção Short-Throw, 2 alto-falantes de 10 W, entrada para microfone, força standby de 0,5 W, suporte *wireless* para iPhone e iPad, LAN Display, entrada USB e projeção inclinada de 360°, os projetores LX60ST e LW61ST com BlueCore e SmartEco Avançado consistem na solução ideal para educadores e executivos.

Seu foco é atender as demandas de profissionais que se encontram diante da difícil decisão de escolher um projetor a laser de curta distância, que apresente alta qualidade de projeção e excelente custo-benefício. "Como líder em projetores com a tecnologia DLP®, nos tornamos ativamente parte dessa solução", finaliza Café.

Veja no Portal: www.sabereletronica.com.br

Veja gratuitamente uma seleção de matérias da Eletrônica Total.

Aviso Luminoso de Chamada de Quatro Vias: Podemos dar como exemplo o seu uso num consultório entre a recepção e a sala de atendimento. **www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1361**

Curso Rápido de Telecom - Parte 1: Aqui abordaremos desde a invenção do telefone até as ideias que estão sendo conhecidas agora pelo grande público, como o VoIP e a telefonia IP: **www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1386**

Substituição da unidade ótica de CD/DVD Players: Após alguns anos da revolução do CD, substituindo as antigas fitas cassete (que muitos de nossos leitores nem imaginam o que sejam) e um pouco mais recentemente, a revolução do DVD substituindo as antigas fitas VHS, também pouco conhecidas dos leitores mais jovens, o que se vê são CD Players e DVD Players que parece possuírem uma vida útil bem curta, ou seja, após algum tempo de utilização, esses aparelhos simplesmente não conseguem mais ler nossos CDs ou DVDs, ou ainda, no caso dos DVD players leem apenas CDs e não conseguem ler DVDs, e às vezes, conseguem ler apenas os DVDs originais. O momento em que isso acontecerá, dependerá da frequência de utilização do equipamento e do tipo de mídia (qualidade e tipo de CD ou DVD) que utilizamos no mesmo, mas a verdade é que, mais cedo ou mais tarde, o aparelho apresentará esse problema.**www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1629**

O que você precisa saber para automatizar sua residência: Neste artigo, serão apresentadas resumidamente as principais soluções de automação residencial existentes no mercado, informações sobre preços e funcionamento, informações para quem deseja automatizar residências já construídas, ou em fase de projeto, e informações para quem quer desenvolver sua própria solução de automação residencial. **www.sabereletronica.com.br/secoes/leitura/1395**

Um toque de tecnologia e inteligência
para diversos tipos de ambientes

A On Eletrônicos, de olho nessa tendência, apresenta o moderno interruptor com sistema de toque tipo *touchscreen*, o OneTouch.

O interruptor digital utiliza tecnologia touchscreen com um belo *design*. A linha se compõe de Interruptores Simples, Paralelos e Intermediários, Dimmers, Campainhas, Tomadas e Acessórios.

Com um simples toque, liga ou desliga a iluminação do ambiente. Possui LED Noturno que acende automaticamente. Sua baixa luminosidade pode ser vista apenas no escuro, sinalizando sua posição sem incomodar.

O OneTouch possui superfície lisa, o que previne o acúmulo de bactérias. Por não conter o botão saliente de liga e desliga como nos antigos interruptores, facilita a higienização. Por isso é uma excelente opção para uso em ambientes como hospitais e clínicas, onde a preocupação com a limpeza é ainda maior, e se evita a contaminação cruzada.

O Interruptor segue o mesmo padrão de tamanho e encaixe dos interruptores comuns, substituindo-os assim com facilidade. Tem também a vantagem do sistema de encaixe sem parafusos no espelho.

Características

As principais características presentes nos interruptores são as seguintes:

- Acionamento com apenas um toque
- LED que facilita a localização no escuro
- Design inovador
- Fácil higienização
- Maior durabilidade
- Instalação Simples e Fácil
- Facilidade na troca do espelho
- Tamanho padrão 4x2
- Bivolt Automático – 127 V / 220 V
- Garantia de 1 ano

Mais informações: **www.oneletronicos.com.br**



LED noturno para visualizar a posição do interruptor.



Estética/Design do Interruptor.



Interruptores com sistema de toque touchscreen.

Incrições para Cursos
de Aprendizagem Industrial do SENAI/SP

O Curso é gratuito e destinado a candidatos que buscam capacitação para o primeiro emprego, que tenham concluído o ensino fundamental.

É ofertado para quem tenha, no mínimo, 14 anos na data de início do curso e, no máximo, idade que lhe permita concluir o curso antes de completar 18 anos, exceção feita aos cursos Construtor de Carrocerias de Ônibus, Construtor Residencial, Eletricista Instalador, Instalador Hidráulico, Soldador, Operador Polivalente de Tecelagem Plana, Operador de Processos de Beneficiamento Têxtil, Operador de Processos de Tecimento e Serralheiro em que é exigido, no mínimo, 18 anos na data de início do curso e, no máximo, idade que lhe permita concluir o curso antes de completar 24 anos.

Forma profissionais qualificados para as áreas de: Alimentos, Automobilística, Calçados, Construção Civil, Couro e Sintético, Eletricidade, Gráfica, Informática, Mecânica, Metalurgia, Mobiliário e Vestuário.

Errata TO153

Página 56 – No terceiro Box onde está escrito o título "Box 3", leia-se "Box 4".
Página 57 – No Box que está escrito o título "Box 4", leia-se "Box 5".



Sensores biométricos Lumidigm
instalados em caixas eletrônicos

A Lumidigm apresentou a sua tecnologia de leitura de impressão digital conveniente, segura e confiável no estande 40 da CELAES - conferência sobre segurança de banco da FELABAN, nos dias 20 e 21 de setembro, no Hotel InterContinental, em Miami, Flórida. Já em uso por bancos em toda a América Latina, a tecnologia de impressão digital fornece aos clientes bancários uma maneira fácil de acessar suas contas com uma segurança cada vez maior, de forma bastante clara.

A Caixa Econômica Federal do Brasil (CAIXA) está instalando caixas eletrônicos equipados com sensores de impressão digital, que substituem as senhas que os clientes do banco usam para autenticar sua identidade e acessar suas contas. Além disso, um dos maiores bancos privados da América Latina está instalando as primeiras 12.000 unidades de uma rede de 33.000 caixas eletrônicos com leitores de impressão digital multiespectral para minimizar, de maneira conveniente, os problemas de roubo de identidade e reduzir o desperdício, o risco de fraude e o abuso que são predominantes com as senhas.

"Os aplicativos bancários exigem uma performance superior de biometria, proteção contra *spoofing* (mascaramento) para operações autônomas, como as que acontecem nos terminais de autoatendimento, e confiabilidade sob diversas condições ambientais e ciclos de trabalho", diz Juan Carlos Tejedor, diretor de vendas da Lumidigm para a América Latina. "Esses e outros requisitos fazem da nossa empresa o fornecedor de biometria preferido no segmento de aplicativos bancários."

Os sensores de impressão digital empregam a tecnologia de imagens multiespectrais, que lê impressões digitais tanto da superfície da pele quanto de uma camada interna que reproduz o mesmo padrão. Essa tecnologia utiliza um conjunto mais rico de dados biométricos para o maior desempenho biométrico e passa os benefícios para os clientes do banco, que obtêm acesso conveniente e intuitivo ao sistema. Aos bancos, a tecnologia provê a garantia de uma operação segura.

A América Latina está adotando rapidamente a tecnologia de impressão digital como a maneira preferida de proporcionar segurança e acesso conveniente a recursos financeiros através de caixas eletrônicos. Os sensores de impressão digital também estão em projetos bancários na Ásia e África.





Teoria da Oscilação Senoidal

Eng. Filipe Pereira,

Conceito de realimentação

A realimentação num amplificador consiste na reintrodução de uma parte do sinal de saída na entrada. Este conceito pode ser ilustrado pelo diagrama de blocos representado na **figura 1**. Onde:

- X_f representa uma fração do sinal de saída X_o
- X_S representa a grandeza de entrada
- X_i representa a grandeza de entrada no amplificador básico
- X_o representa a grandeza de saída
- X_f é comparada com a grandeza de entrada X_S, sendo a sua diferença aplicada ao amplificador.

$$X_i = X_s - X_f$$

Onde as grandezas X_f e X_o valem respectivamente:

$$X_f = F \cdot X_o$$
$$X_o = A \cdot X_i$$

Ganho do atenuador x Ganho do amplificador

O ganho de amplificador realimentado é, assim, dado por (1):

1
$$A_f = \frac{X_o}{X_s}$$

Substituindo pelas expressões apresentadas, virá (2):

2
$$A_f = \frac{X_o}{X_s} = \frac{A \cdot X_i}{X_i + X_f} = \frac{A \cdot X_i}{X_i + F \cdot X_o}$$
$$A_f = \frac{A \cdot X_i}{X_i + F \cdot A \cdot X_o} = \frac{A}{1 + F \cdot A}$$

Se a parcela (F. A) for muito maior do que 1, podemos simplificar a expressão (3):

3
$$A_f = \frac{1}{F}$$

O que evidencia a independência do ganho, relativamente ao amplificador básico. Isto é importante porque podemos controlar com precisão o ganho F do atenuador, normalmente construído com elementos passivos, tornando-o muito pouco sensível à temperatura, tensões de alimentação etc., fatores estes influentes no ganho A do amplificador básico.

Tipos de Realimentação

Negativa: Quando o sinal X_f está em fase com o sinal de entrada X_S, o sinal a aplicar ao amplificador básico, X_i torna-se menor do que o sinal de entrada, pois este é a diferença dos dois. O ganho A_f torna-se menor do que A. Características:

- Diminui a dependência do ganho do amplificador básico – Estabilização do ganho
- Diminuição do ganho
- Redução do ruído
- Aumento da resistência de entrada e diminuição da resistência de saída

Positiva: Se o sinal X_f está em oposição com o sinal de entrada X_S, o sinal a aplicar ao amplificador básico, X_i torna-se maior do que o sinal de entrada. O ganho A_f é maior do que A. Características:

- Aumento do ganho
- Usado quando é necessário transições rápidas entre níveis bem definidos.

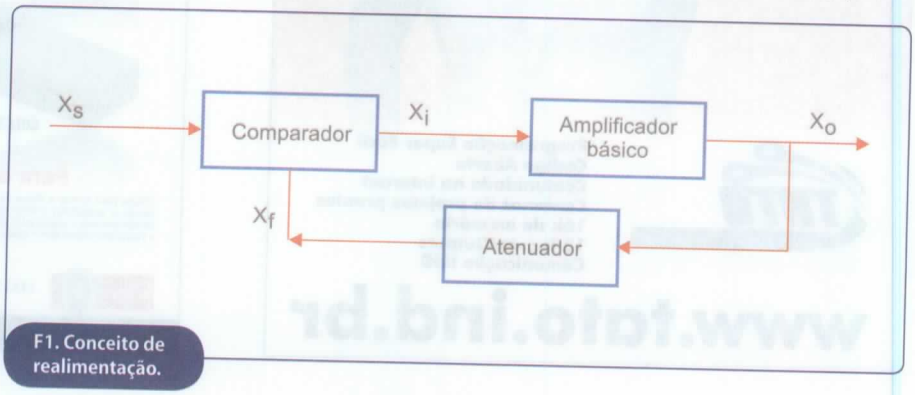
Obs.: Se $X_i = X_f$ o circuito é um oscilador, pois com $X_S = 0$ obtemos X_o.

Teoria dos osciladores senoidais

Para construir um oscilador senoidal, precisamos de um amplificador com uma realimentação positiva. A ideia consiste em usar o sinal de realimentação no lugar de um sinal de entrada. Se o sinal de realimentação for suficientemente grande e possuir uma fase correta, haverá um sinal de saída, mesmo que não haja sinal externo na entrada.

Em outras palavras, um oscilador é um amplificador que foi modificado pela realimentação positiva para fornecer o seu próprio sinal de entrada.

A **figura 2** mostra uma fonte de tensão U_i aplicada aos terminais de entrada de um amplificador básico.A tensão de saída amplificada é (4):



F1. Conceito de realimentação.

4 $U_0 = A \cdot U_i$

Esta tensão alimenta a malha de realimentação que, geralmente, é um circuito ressonante. Por isso, obtemos realimentação máxima numa certa frequência. A tensão de realimentação que volta ao ponto x é dada por (5):

5 $U_f = F \cdot U_0 = F \cdot A \cdot U_i$

Se o deslocamento de fase através do amplificador e do circuito de realimentação for 0°, então, F . A . U_i , estará em fase com o sinal U_i aplicado nos terminais de entrada do amplificador.

Suponhamos que ligamos o ponto x ao ponto y e simultaneamente retiramos a fonte de tensão U_i. Então, a tensão de realimentação F . A . U_i está aplicada diretamente aos terminais de entrada do amplificador, como ilustra a **figura 3.**

A tensão de saída será:

Se F.A for menor do que 1 → F . A . U_i será menor do que U_i e o sinal de saída desaparecerá **(figura 4)**.

Se F.A for maior do que 1 → F . A . U_i será maior do que U_i e o sinal de saída aumentará **(figura 5)**.

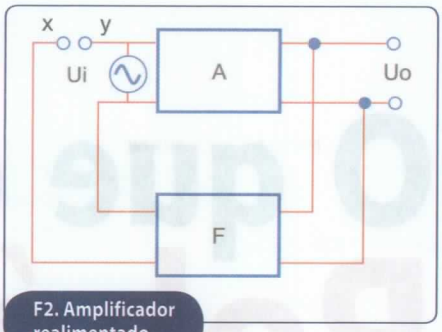
Se F.A for igual a 1 → F . A . U_i será igual a U_i e o sinal de saída será uma onda senoidal estável, como se representa a seguir **(figura 6)**.

Num oscilador, o valor do ganho do circuito F.A é maior do que 1 logo após a ligação do circuito. Uma pequena tensão de partida é aplicada aos terminais de entrada e a tensão de saída cresce. Depois que a tensão de saída atinge um nível desejado, o valor de F.A automaticamente diminui até 1 e a amplitude / tensão de saída permanece constante.

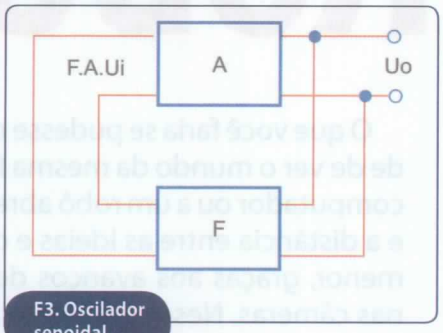
Em suma, as duas condições a serem satisfeitas para que surjam oscilações senoidais serão:

O deslocamento de fase através do amplificador e do circuito de realimentação deverá ser 0°.

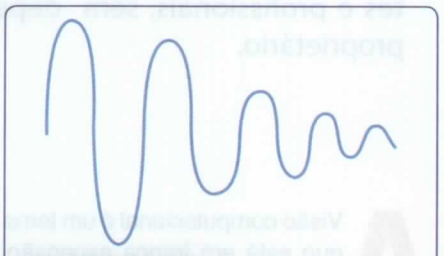
A amplitude do ganho do amplificador e do circuito de realimentação deve ser 1, F . A=1.

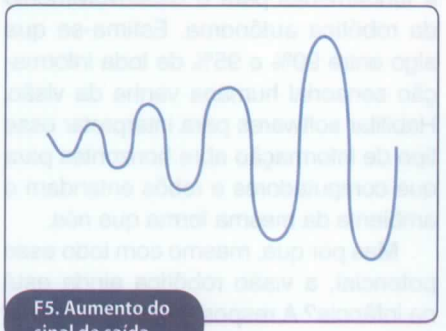


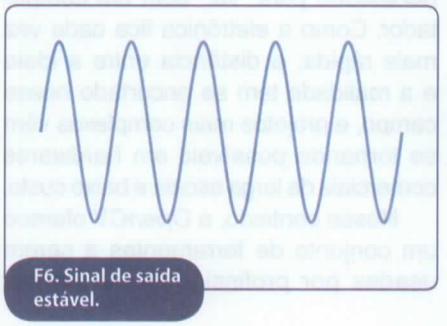
F2. Amplificador realimentado.



F3. Oscilador senoidal.


F4. Diminuição do sinal de saída.


F5. Aumento do sinal de saída.


F6. Sinal de saída estável.

Farnell Newark element14

theknode element14

A Farnell Newark está evoluindo para element14

Nossa evolução para uma marca global incluindo uma nova onda de produtos de tecnologia para você, inovações como "The Knode".

Tudo que gosta na Farnell Newark continua em vigor, incluindo o nosso excelente serviço pessoal.

Pesquisa
theknode
Pesquisa Eletrônica
Soluções de Design

Desenvolvimento
Kits de Desenvolvimento
Software
Ferramentas de Desenvolvimento

Design
Esquemática & Software de Layout

Protótipo/ Montagem
Parceria com Centros de Montagem PCB e Fornecedores de Protótipos

Teste
Instrumentos de Teste e Medição

Produção
Atendimento à Pequenas Produções

Ligue para nós: 4066-9400 ou
e-mail: vendas@farnellnewark.com

www.farnellnewark.com.br
www.element14.com/knode



O que é Visão Robótica?

O que você faria se pudesse dar a um computador a capacidade de ver o mundo da mesma forma que você? Dar "olhos" a um computador ou a um robô abre um horizonte de possibilidades, e a distância entre as ideias e os projetos está ficando cada vez menor, graças aos avanços de hardware nos processadores e nas câmeras. Nesse ambiente, a plataforma aberta OpenCV dá as ferramentas para explorar essas capacidades para estudantes e profissionais, sem depender de hardware ou software proprietário.

Riccardo L. Delai

A Visão computacional é um tema que está em franca ascensão. Tornar um programa capaz de interpretar informação visual é fundamental para o desenvolvimento da robótica autônoma. Estima-se que algo entre 90% e 95% de toda informação sensorial humana venha da visão. Habilitar softwares para interpretar esse tipo de informação abre horizontes para que computadores e robôs entendam o ambiente da mesma forma que nós.

Mas por que, mesmo com todo esse potencial, a visão robótica ainda está na infância? A resposta está na enorme capacidade de processamento que é necessária para "ver" com um computador. Como a eletrônica fica cada vez mais rápida, a distância entre a ideia e a realidade tem se encurtado nesse campo, e projetos mais complexos vêm se tornando possíveis em hardwares comerciais de larga escala e baixo custo.

Nesse contexto, a *OpenCV* oferece um conjunto de ferramentas a serem usadas por profissionais ou até por interessados que queiram se aventurar na área. A biblioteca open-source, com interfaces em C, C++, Python e com Java a caminho, trata da interface com a(s) câmera(s) até as rotinas sofisticadas de inteligência artificial, passando pelo tradicional processamento de imagem e vídeo.

Visão Computacional

"Enxergar" não é tão trivial para um computador quanto é para um ser humano. Na realidade, "ver", por si só, é uma habilidade que já foi incorporada no mundo digital por câmeras cada vez mais sofisticadas e com resoluções maiores. Mas entender o que está sendo visto é muito mais complexo.

Há um longo caminho desde a captura de uma imagem até que se retire alguma informação realmente valiosa dela (por exemplo, se a foto é de um carro, quantas pessoas aparecem, etc). Ele começa no elemento fotossensível da câmera e geralmente termina na saída de algum nó de inteligência arti-

ficial dentro do processador. No meio do caminho existe o processamento de imagem, que trata a figura para extrair dela dados de cor e geometria que sejam relevantes para o entendimento da imagem.

Para trazer resultados práticos, por exemplo em robôs autônomos (sem interface humana) ou em sistemas de vigilância inteligentes, é preciso trabalhar em tempo real, ou seja, o tempo entre a obtenção da imagem e a decisão final do programa deve ser menor que o tempo que o contexto leva para mudar. Uma vigilância inteligente não pode demorar tanto para soar o alarme que o ladrão já tenha fugido, ou um robô jogador de futebol não pode mover a perna depois que a bola já tenha passado.

Isso é extremamente árduo computacionalmente, porque envolve processar muita informação em pouco tempo. Uma imagem de baixa resolução é uma tabela de 640 linhas por 480 colunas, cada célula com uma cor, um pixel. Cada pixel em uma imagem colorida simples tem 3 bytes, identificando a cor em sua composição RGB (*Red*, *Green*, *Blue* ou Vermelho, Verde e Azul). Assim, cada imagem tem 900 KBytes de informação descomprimida. Se considerarmos uma cadência baixa de 12 fps (quadros por segundo) teremos 10,8 MBytes por segundo, chegando a mais de 1 GB em menos de 2 minutos. Para comparar, um arquivo de áudio descomprimido teria 122 vezes menos informação, tudo isso frente a um vídeo de baixa resolução.

Assim, é possível entender por que a visão computacional está começando a ser aplicada de forma mais difusa apenas agora, com a redução de custo do hardware. Alguns efeitos decorrentes de pesquisa nessa área já estão nas mãos dos consumidores finais, por exemplo nas câmeras fotográficas que buscam rostos para melhorar o foco antes de tirar uma foto.

A aplicação na robótica autônoma ainda está começando. Grupos de pesquisadores norte-americanos desenvolveram veículos que se dirigem sozinhos, sem interação humana, guiados em grande parte por câmeras. Eles disputaram três corridas, com prêmios milionários oferecidos pelo Departamento de Defesa. Na primeira corrida, em 2004, nenhum veículo terminou a prova. Nas demais, menos da metade dos veículos inscritos, apesar dos investimentos milionários, completaram a prova dentro do tempo previsto. Este tipo de utilização ainda está bem longe de se tornar comum, também porque a maior parte dos carros autônomos transportava poderosos servidores para processar as informações vindas dos sensores e das câmeras.

Em competições de robótica, é comum existirem facilitadores bem claros para reduzir a complexidade do uso das câmeras. Em partidas de futebol robótico, é comum ver restrições de cor para os robôs e para o campo, além de uma bola uniforme e com cor bem característica, de forma que ela possa ser facilmente vista no campo apenas com um filtro de cor.

Existem utilizações da visão computacional na área da segurança que já estão em uso. Em alguns dos principais aeroportos do mundo, as câmeras são capazes de identificar se alguém abandonou algum objeto e se afastou dele por muito tempo, como no caso de uma bomba em uma mochila, por exemplo.

Há também lojas que categorizam anonimamente as pessoas que olham para suas vitrines, com o objetivo de determinar sexo, idade e outras características relevantes para ver se o que está exposto está realmente atraindo seu público-alvo.

Mas como são obtidas informações úteis através da análise de imagens?

Filtros

O processo começa na obtenção da imagem, que geralmente vem de um sensor (CCD ou CMOS) de uma câmera. Nenhum sensor é ideal, e as câmeras digitais estão longe disso. O próprio processo de captação é ruidoso, o que pode comprometer a análise mais adiante. Isso pode ser percebido facilmente ao se apontar uma *webcam* para uma parede branca: ao invés de uma imagem estática, o que se tem são pequenas, mas perceptíveis, variações de cor no mesmo pixel de um quadro para o outro. E não é incomum aparecerem distorções bem piores aleatoriamente, como um ponto mais verde e outro mais vermelho na mesma parede que deveria ser idealmente branca.

Para amenizar isso, existem os filtros, que atuam da mesma forma que os filtros elétricos de circuito, mas em duas dimensões – vertical e horizontal. Um ponto com cor muito diferente dos demais (uma descontinuidade) pode ser visto como uma frequência alta, análoga a pico de tensão momentâneo em um circuito. Assim, da mesma forma que exitem filtros passa-altas e passa-baixas para sinais elétricos, existem os mesmos para imagens. O problema é que as figuras são dados bidimensionais, enquanto a tensão ou corrente em um circuito é unidimensional. Além disso, as imagens são discretas (uma série de pontos independentes), enquanto um circuito é contínuo (linhas contínuas), o que complica a matemática envolvida.

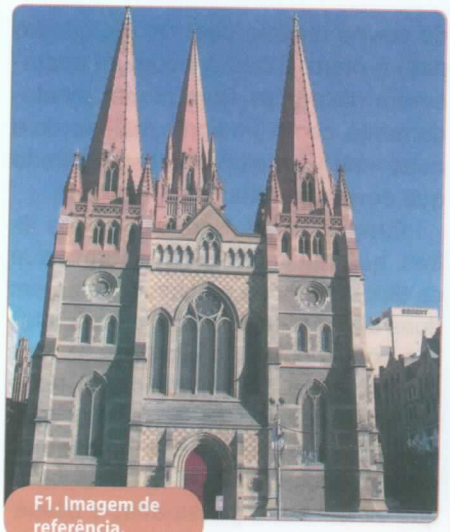
Os filtros não melhoram a qualidade da imagem. Na realidade, eles diminuem a quantidade de informação presente, com o objetivo de retirar esses elementos indesejados. É importante perceber que uma vez que a imagem foi captada, não existe forma de melhorá-la, e toda operação feita sobre ela perde algum tipo de informação. O que se pode fazer é deixá-la visualmente mais agradável, realçando esta ou aquela característica, mas não há como obter uma informação nova que não estava originalmente lá. Ou seja, toda operação feita sobre uma figura digital perde alguma coisa. Por isso é preciso pesar a influência de cada ação ao longo do processo de análise, pois enquanto se melhora algo (por exemplo, reduzindo ruído espúrio através de um filtro), sempre se perde em algum lugar.

A **figura 1** mostra uma imagem de referência e o resultado da aplicação de um filtro passabaixas (**figura 2**) sobre ela. As regiões constantes (como o céu, por exemplo) permanecem inalteradas, enquanto as descontinuidades (interface entre o céu e a estrutura) ficam mais suaves.

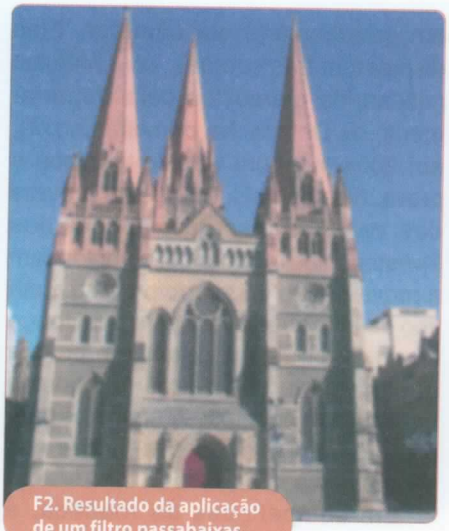
mais diversos lugares. Por exemplo, eles podem representar a proporção de uma dada cor na imagem ou a quantidade de

em uma única biblioteca principal, sem ter o trabalho de fazer partes distintas do programa conversarem entre si.

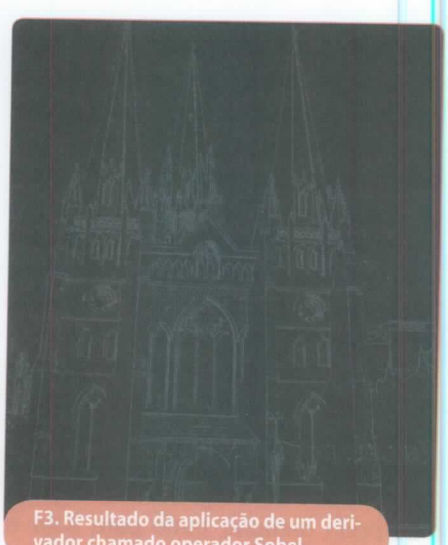
Entendidos os conceitos e a teoria envolvida com a visão computacional, a *OpenCV* é uma excelente opção para



F1. Imagem de referência.



F2. Resultado da aplicação de um filtro passabaixas.



F3. Resultado da aplicação de um derivador chamado operador Sobel.

Segmentação

Depois que a imagem foi filtrada, buscamos características de interesse. O que está sendo procurado depende muito do objetivo do programa, mas geralmente o interesse está nas regiões que contêm maior informação: as descontinuidades.

Em um programa que procure um objeto em uma imagem, é comum começar procurando pelas laterais (arestas) deste objeto, ou seja, por aquilo que o distingue do fundo ou por alguma textura interna dele. Quinas e arestas são especialmente úteis nesses casos.

Já em um outro que identifica objetos abandonados em espaços públicos, estamos tentando localizar uma descontinuidade súbita e permanente, mas não na imagem e sim no vídeo. Durante muito tempo (desde que o sistema foi ligado), o objeto não estava lá, e de repente ele é deixado lá, criando uma descontinuidade em relação à visão da parede vazia que existia antes. Em ambos os casos, estamos em busca de algo que é bastante diferente de seus vizinhos (pixels ou quadros inteiros).

Especificamente para imagens, além de localizar regiões de interesse, a busca por descontinuidades também permite segmentar a imagem e quebrá-la em partes diferentes. Isso é muito importante, pois permite concentrar a análise em apenas uma parte da figura que seja útil e descartar o resto, simplificando as operações realizadas e reduzindo o custo computacional.

A **figura 3** é resultado da aplicação de um derivador (gradiente) chamado operador Sobel. Através dele é possível manter as descontinuidades (alta variação, derivada de módulo alto) e descartar as regiões constantes (baixa derivada). Esse processo é análogo a um filtro passa-altas (mas não igual).

Existem diversas formas de se segmentar uma imagem, que dependem muito do objetivo final. Uma delas seria preencher essas regiões delimitadas pelas descontinuidades, e considerar cada uma como uma região de interesse. O programa que procura objetos perdidos pode "apreender" o fundo (por exemplo através de uma inteligência artificial) até que seja capaz de identificar o que é parte dele e o que não é, e identificar alguma alteração.

No caso de um leitor automático de livros, a solução pode ser mais simples. Basta separar o preto (texto) do branco (página), e "transformar" todo o cinza entre eles ou em preto ou em branco, com base em um limiar pré-determinado (operação chamada *thresholding*). Veja a **figura 4**.

Inteligência Artificial

Após separarmos as imagens em regiões de interesse, queremos entender o sentido maior por trás dos pixels, abstrair a informação dos dados.

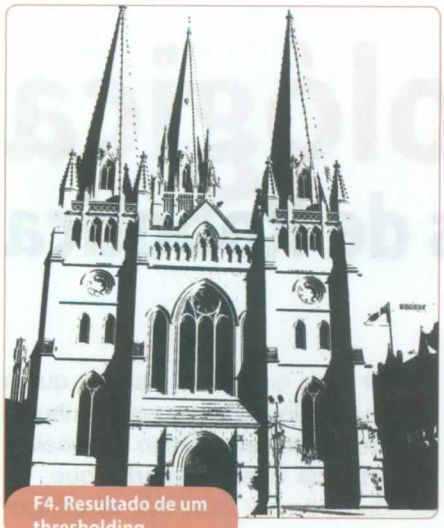
Muitas vezes essa informação é muito fácil de ser obtida. Se quisermos ter uma aproximação do período do dia em que uma foto foi tirada, podemos tirar a cor média da parte superior da imagem. Se for escura, é noite, se for azul ou branca, é um dia de sol, se for alaranjada, entardecer ou amanhecer.

Mas em diversos casos, é bastante difícil encontrar ou até mesmo definir o que queremos. Suponha que estejamos contando o número de pessoas presentes em uma foto. Uma opção seria rodar algoritmos já conhecidos e testados, por exemplo de detecção de rostos. Mas nem todas as pessoas vão estar necessariamente de frente, olhando para a câmera. Pode haver gente parcialmente oculta atrás de uma árvore ou um carro, das quais a foto captou apenas uma parte do corpo. Para um projeto bem sucedido é preciso ter um conhecimento claro da informação que se quer extrair e também daquilo que será desconsiderado para simplificar o algoritmo.

Dito isso, outro componente de grande importância para a visão computacional é a inteligência artificial. É através dela que se consegue obter uma ideia abstrata (carro, pessoa, árvore) a partir de uma informação concreta.

Existem diversos sistemas de inteligência artificial, cada um com suas peculiaridades a ajustes específicos. Mas na maior parte dos casos utilizados em visão computacional, elas geralmente seguem uma linha de uso comum.

Suponha que nossa inteligência artificial, dada a foto de uma fruta, identifique que fruta está na imagem. Primeiro, o algoritmo é treinado com dados conhecidos: são apresentadas fotos separadas e pré- segmentadas de bananas, maçãs e laranjas, e é dito à IA o que está sendo



F4. Resultado de um thresholding.

mostrado (a resposta). Nessa etapa é feito o aprendizado, e a IA gera seus modelos internos para avaliar e "entender" os dados. Isso deve ser feito com uma base de tamanho considerável, e que depende em grande parte da complexidade do problema envolvido e do método de inteligência artificial que se usa.

Feito isso, a IA deve ser capaz de prever, com alguma margem de acerto, qual a fruta em uma nova imagem, que não tenha sido mostrada antes. Claro que isso ocorre apenas com o que foi treinado. Se for mostrada a foto de um limão, ela não conseguirá identificar a fruta.

No entanto, os algoritmos de IA não trabalham diretamente em imagens. A maioria deles utiliza um vetor de números, que são as características que foram extraídas da figura. Ou seja, antes de chamar a IA precisamos segregar o que é importante, e obter números que qualifiquem essas características, chamados descritores.

Estes descritores podem vir dos mais diversos lugares. Por exemplo, eles podem representar a proporção de uma dada cor na imagem ou a quantidade de pixels presente dentro de uma determinada faixa de cor. Eles também podem representar geometrias, através dos momentos, como o momento de inércia por exemplo, que pode ser calculado para uma imagem. Muitos algoritmos usam resultados das derivadas das imagens (como na figura 3) para obter descritores, buscando por exemplo a orientação dominante e o módulo do gradiente em uma dada região.

Mas ao utilizar uma inteligência artificial não precisamos nos limitar apenas às imagens. Como os algoritmos são abertos a todo o tipo de dado, podemos fornecer informações vindas de sensores, áudio e das mais diversas fontes para compor um resultado ainda mais preciso. Por exemplo, um sistema que conta a quantidade de pessoas que vê a vitrine de uma loja pode usar informações do relógio do sistema como uma entrada importante, já que é menos provável que alguém esteja olhando a vitrine de madrugada do que de tarde.

Muitas das aplicações com visão robótica seguem essa linha de raciocínio. Captam uma imagem, a filtram, separam o que é importante e definem regiões de interesse, obtêm números para descrever essas regiões e usam uma inteligência artificial para abstrair alguma informação desses dados.

OpenCV

A *OpenCV* é uma biblioteca *open source* para visão computacional, distribuída sob a licença BSD para uso acadêmico e comercial. Ela está sediada em http://opencv.willowgarage.com, e pode ser baixada gratuitamente para Linux, Mac, Windows e Android, e está disponível nos repositórios de algumas das principais distribuições de Linux. Ela vem acompanhada de um conjunto de exemplos de código que demonstram suas funções. Seu foco está na programação para aplicações em tempo real.

A biblioteca facilita a vida do desenvolvedor, ao implementar diversos algoritmos de processamento de imagem e inteligência artificial. Assim, o projeto fica mais consistente, podendo se basear em uma única biblioteca principal, sem ter o trabalho de fazer partes distintas do programa conversarem entre si.

Em primeiro lugar, com a OpenCV é muito fácil trabalhar com câmeras e arquivos de imagem e vídeo. Ela atua de forma a ser completamente transparente, sem que o desenvolvedor tenha que se preocupar com os pormenores de ler a câmera ou conhecer o formato do arquivo de imagem a ser lido. Uma vez carregadas, todas as imagens são tratadas da mesma forma.

Além disso, há mais de 500 funções no conjunto de ferramentas da biblioteca. Entre suas utilidades estão ferramentas para visão estéreo (uso de duas câmeras para perceber profundidade), descrições geométricas (formas e contornos), fluxo ótico (que possibilita seguir um objeto em seu campo de visão), além das tradicionais funções e filtros utilizados no processamento de imagem.

A implementação destas funções é baseada em grande parte em artigos publicados por especialistas, e passam por um refinamento de código para reduzir ao máximo sua complexidade de execução. Assim, não é preciso reinventar a roda para cada operação de visão.

Há documentação e exemplos disponíveis na internet com pequenos programas e exemplos usando a biblioteca. A documentação oficial é bem completa e útil em conjunto com os exemplos, mas isso do ponto de vista de código. Para entender bem o assunto e se aventurar mais a fundo no tema, um bom livro ainda é a melhor opção.

Dois bons exemplos são "*Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*", de Gary Bradski e Adrian Kaehler, O'Reilly Media, 1ª edição (2008), cujos autores são contribuidores da *OpenCV*. A biblioteca caminhou bastante desde a publicação do livro, principalmente quanto à forma de programar. Mas suas lições ainda são válidas quanto ao que a *OpenCV* pode fazer e como são implementados os algoritmos dentro dela.

O outro, "*The Image Processing Handbook*" por John C. Russ, CRC Press; 6ª edição (2011) é mais denso e mais teórico, sem exemplos de código. Há diversos outros livros no assunto, cada um com enfoque mais específico nesta ou naquela área.

Entendidos os conceitos e a teoria envolvida com a visão computacional, a *OpenCV* é uma excelente opção para se aventurar no campo, especialmente para os curiosos ou os que querem fazer algo independente de plataformas proprietárias.

Em um futuro não tão distante, as câmeras poderão se tornar os sensores mais importantes para os robôs mais sofisticados. E seria muito interessante se o software que obtém, processa e compreende essas imagens fosse baseado em um sistema aberto e livre.

A Sucata Tecnológica e sua Utilização em Estudos de Robótica

Este artigo visa mostrar a importância da reutilização dos componentes que formam o lixo eletrônico, ou sucata tecnológica.

Eduard Montgomery Meira Costa
Inácio Moacir Callou Júnior
James Neves da Silva

Embora o termo conhecido por lixo eletrônico remeta ao excesso de mensagens eletrônicas nas caixas de *e-mails*, o mesmo também se refere ao perigoso subproduto do rápido desenvolvimento tecnológico, e que não tem sido adequadamente administrado, tanto pelos usuários quanto pelos vendedores de tecnologia, refletindo em grandes prejuízos ao meio ambiente.

Como é de se esperar, o melhor caminho para equipamentos obsoletos e que, muitas vezes, nem funcionam mais, é o reaproveitamento por parte de seus fabricantes através de um processo de reciclagem ou remanufatura, minimizando a dispersão de materiais nocivos ao meio ambiente, tais como o chumbo e o estanho, e a necessidade da exploração de minérios como cobre e ouro, presentes em fios e placas de circuito impresso dos equipamentos eletrônicos. Porém, apenas alguns fabricantes recolhem alguns dos seus materiais eletrônicos, o que representa uma ínfima parcela de todo o material obsoleto levado ao lixo no mundo todo.

Por mais que possa parecer que a sucata tecnológica não possui nenhuma utilidade, o presente artigo evidencia a importância desse material que, na realidade, é uma fonte rica de componentes eletrônicos, mecânicos e eletromecânicos (Cesar e Bonilla, 2007, p.4).

Nesse contexto, o aproveitamento da sucata tecnológica se justifica como uma alternativa, tanto para o problema do lixo eletrônico no meio ambiente, quanto para casos onde há dificuldade financeira e de disponibilidade de material no mercado, o qual pode ser utilizado em termos educacionais da área (VALLIM, 2000; RESNICK et al., 1996).

Principais fontes de materiais úteis em montagens de sistemas robóticos

Uma das maiores dificuldades técnicas em montagens de sistemas robóticos é a aquisição de materiais como sensores, peças mecânicas e eletromecânicas (motores e relés). Entretanto, materiais desse tipo podem ser adquiridos, em especial, a partir de velhas impressoras, copiadoras,



F1. Motores de impressoras e Relé.

(*)Eduard Montgomery Meira Costa é Prof. do Colegiado de Engenharia Elétrica da UNIVASF, James Neves da Silva e Inácio Moacir Callou Júnior são alunos de Iniciação Científica PIBIC/FAPESB, Colegiado de Engenharia Elétrica da UNIVASF.

scanners, estabilizadores, aparelhos de som, sucatas de scanners e impressoras, tanto matriciais quanto jato de tinta e a *laser*.

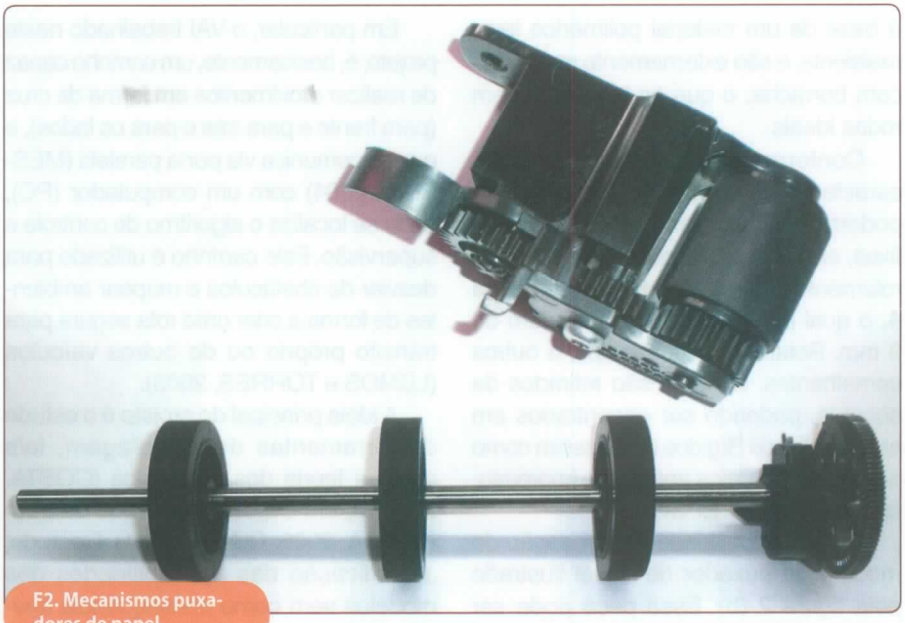
Por exemplo, na **figura 1** são apresentados, respectivamente, alguns modelos de motores encontrados em impressoras, e um tipo de relé utilizado para travar e destravar mecanismos.

Além dos mecanismos, as placas eletrônicas desses equipamentos sucateados, em especial impressoras matriciais e computadores muito antigos, abrigam circuitos integrados TTL (*buffers*, amplificadores operacionais, inversores, portas lógicas, multiplexadores, demultiplexadores) que são dedicados ao controle de motores de passo, além de uma infinidade de outros componentes que podem ser reutilizados e que, novos, custam caro, como é o caso de certos circuitos integrados dedicados, transformadores abaixadores de tensão, e os próprios motores de corrente contínua e de passo. E também, outros dispositivos são encontrados nas sucatas, como transistores e diodos de potência, LDRs, LEDs e receptores de infravermelho, chaves de toque, bornes, e uma variedade de componentes para conexão elétrica que podem ser reutilizados.

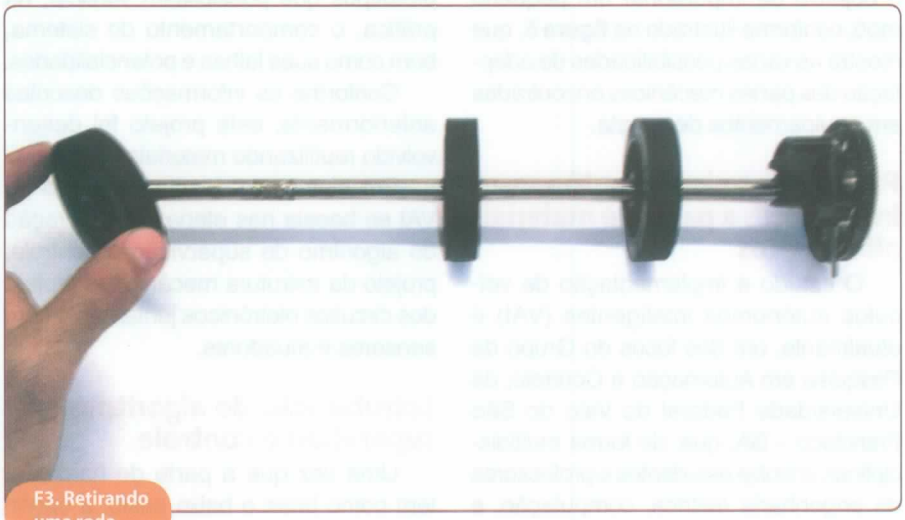
Adaptando peças mecânicas de sucata ao uso em montagens de protótipos robóticos

Em boa parte dos casos as peças mecânicas encontradas nas sucatas necessitam de ajustes, de modo a adaptá-las às necessidades específicas de cada projeto. Entretanto, as possibilidades são ilimitadas e variam de acordo com o material que se tem em mãos, e com a criatividade do projetista. Para ilustrar algumas dessas possibilidades básicas de adaptação, pode-se citar a utilização de mecanismos puxadores de papel, presentes em impressoras jato de tinta da HP® (**figura 2**), para a montagem de rodas.

Neste sentido, as peças plásticas vistas no puxador de papel ilustrado pela figura 2 podem ser utilizadas como rodas em protótipos locomotores robóticos quando retiradas do eixo (conforme visto na **figura 3**). Essas peças são feitas



F2. Mecanismos puxadores de papel.



F3. Retirando uma roda.



F4. Pequeno rolamento de HD e sua adaptação.

à base de um material polimérico leve, resistente, e são externamente revestidas com borracha, o que as transforma em rodas ideais.

Conforme as necessidades e as características do projeto, essas rodas podem ser adaptadas a eixos móveis ou fixos, exigindo a utilização de pequenos rolamentos, como o indicado na **figura 4**, o qual possui diâmetro da ordem de 9 mm. Rolamentos desse tipo, e outros semelhantes, também são retirados de sucatas, podendo ser encontrados em antigos Discos Rígidos (HD), assim como em alguns modelos antigos de impressoras matriciais da EPSON®.

Outra possibilidade é a utilização do modelo de puxador de papel ilustrado pela figura 2 (b). Essa peça pode ser combinada com um pequeno motor, com o objetivo de impulsionar um pequeno robô, conforme ilustrado na **figura 5**, que mostra as várias possibilidades de adaptação das partes mecânicas encontradas em equipamentos de sucata.

Projeto de veículos autônomos inteligentes a partir de materiais alternativos

O estudo e implementação de veículos autônomos inteligentes (VAI) é atualmente, um dos focos do Grupo de Pesquisa em Automação e Controle, da Universidade Federal do Vale do São Francisco – BA, que, de forma multidisciplinar, envolve estudantes e professores da engenharia elétrica, computação, e mecânica.

Em particular, o VAI trabalhado neste projeto, é, basicamente, um carrinho capaz de realizar movimentos em forma de cruz (para frente e para trás e para os lados), e que se comunica via porta paralela (MESSIAS, 2004) com um computador (PC), onde se localiza o algoritmo de controle e supervisão. Este carrinho é utilizado para desviar de obstáculos e mapear ambientes de forma a criar uma rota segura para trânsito próprio ou de outros veículos (LEMOS e TORRES, 2003).

A ideia principal do projeto é o estudo de ferramentas de modelagem, tais como a teoria dos autômatos (COSTA, 2005) e, em especial, as redes de Petri (COSTA, 2006; COSTA, 2011). Contudo, a verificação das aplicabilidades dos modelos vem como consequência imediata, requerendo a montagem de tais protótipos que possibilitam verificar, na prática, o comportamento do sistema, bem como suas falhas e potencialidades.

Conforme as informações descritas anteriormente, este projeto foi desenvolvido reutilizando materiais de sucata.

Em síntese, o desenvolvimento do VAI se baseia nas etapas: estruturação do algoritmo de supervisão e controle, projeto da estrutura mecânica, e projeto dos circuitos eletrônicos juntamente com sensores e atuadores.

Estruturação do algoritmo de supervisão e controle

Uma vez que a parte de hardware tem como base o baixo custo, a opção mais conveniente foi o interfaceamento do mesmo via porta paralela, com um computador pessoal (PC), ao invés de um sistema embarcado que utilizasse microcontrolador. Então, como em tal caso o quesito "memória" não é um parâmetro crítico, optou-se por desenvolver e compilar o algoritmo em linguagem C.

Projeto da estrutura mecânica

A estrutura mecânica do VAI consta, exclusivamente, de materiais advindos de sucata, em especial de impressoras e copiadoras antigas, das quais algumas peças como rodas, engrenagens e eixos puderam ser adaptadas.

A base da estrutura mecânica, ou chassi, é constituída de uma placa quadrada de madeira leve, com 150 mm de lado, e 60 mm de espessura. A parte da tração fica por conta de um conjunto puxador de papel, adaptado conforme mostrado anteriormente na figura 5, e por um par de rodas de apoio, dotadas de pequenos rolamentos, e montadas sobre um eixo de metal.

Todas essas partes, inclusive os eixos, tiveram de ser submetidos a um processo de usinagem para adequá-las.

Projeto dos circuitos eletrônicos e adaptação de sensores e atuadores

Os circuitos de controle do VAI também são relativamente simples, e são subdivididos em um setor de potência, responsável pelo acionamento e controle direto dos motores, um circuito PWM, que atua no sentido de controlar a velocidade e torque dos motores, e, por fim, um circuito de comunicação, que é a interface entre o PC que contém o algoritmo de supervisão e controle, ou seja, contém a parte inteligente do sistema, os mecanismos e os sensores do robô. Este último circuito é apenas um buffer associado com alguns resistores e um soquete DB 25, para a conexão via cabo paralelo com o PC.

Os sensores são pequenas chaves de toque, utilizadas como sensores de tampa aberta e fim de curso em impressoras e copiadoras. Para tais componentes, não se faz necessário a criação de nenhum outro circuito adicional, bastando conectá-los devidamente às entradas do buffer, para que possam ser lidos pela porta paralela do PC.



F5. Utilização dos motores para tração de um pequeno robô.

Depois de projetados e simulados em software específico, os circuitos foram montados em placas de circuito impresso, e, posteriormente, acondicionados na estrutura do VAI. Toda a estrutura do robô construído está apresentada na **figura 6**, em que se podem ver os circuitos de controle e de comunicação com o PC.

O controle do robô foi desenvolvido em linguagem C (COSTA, 2006b), utilizando as estratégias de controle fundamentadas na teoria das redes de Petri (COSTA, 2006; COSTA, 2011) e nos Sistemas a Eventos Discretos (COSTA, 2005).

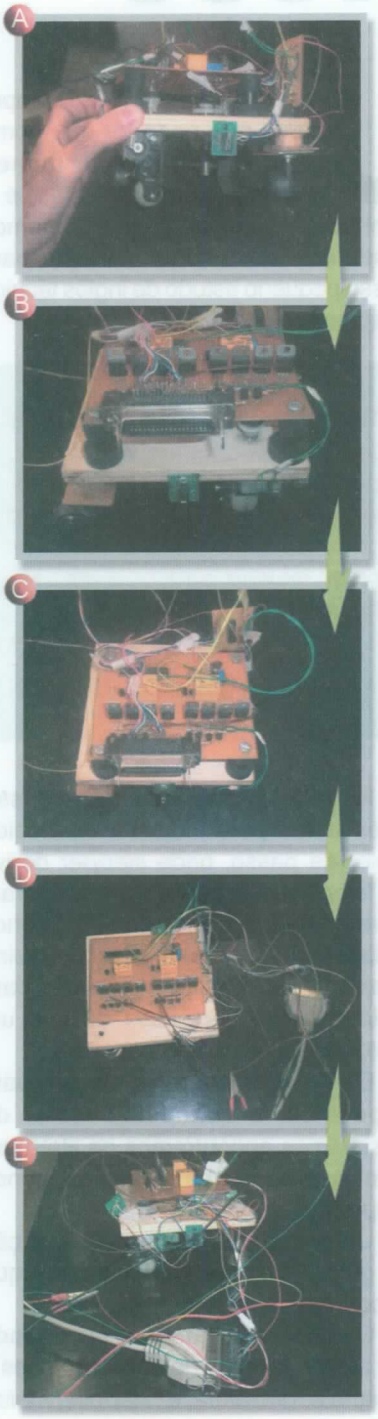
Conclusão

A reciclagem e reaproveitamento do lixo eletrônico (ou materiais de sucata) fecham um ciclo de fabricação e recuperação beneficiando o equilíbrio do meio ambiente, bem como diminui a dispersão de materiais nocivos, como o chumbo e o estanho, presentes principalmente nas soldas desses materiais e nas baterias. A utilização apresentada aqui na montagem de pequenos robôs com intuito de aprendizagem da área, dá um direcionamento a esse lixo eletrônico, que também pode vir a ser aproveitado como base para novas tecnologias, brinquedos eletrônicos e outras especificidades.

Embora o reaproveitamento da sucata eletrônica em montagens de protótipos como o aqui citado não possa, por si só, resolver o crescente problema do lixo eletrônico, pode ser uma alternativa para estudos científicos ou técnicos que demandam a construção de protótipos ou até mesmo de ferramentas para testes e simulações, uma vez que as dificuldades tanto financeiras quanto de disponibilidade de materiais no mercado brasileiro é uma realidade latente, e que os materiais encontrados em sucata se mostraram como soluções tecnológicas em potencial.

Como afirmação de tal potencial da sucata tecnológica, podemos citar, além dos bons resultados obtidos na construção do VAI pelo grupo de pesquisa citado nesse artigo, vários projetos de cunho educacional, que utilizam os conceitos da robótica e da automação de processos para estimular e complementar o aprendizado de estudantes de diversas faixas etárias, tanto da rede privada quanto da pública (Filho e Gonçalves, 2008, p.264).

Tais projetos, frente aos problemas financeiros e de disponibilidade de material no mercado acabam se apoiando em componentes de sucata, para baratear custos e tornar possíveis muitos projetos envolvendo robótica e automação de processos.



F6. Estrutura do protótipo de robô, construído com materiais de sucata.

Guias Mangás

Cada título desta coleção de sucesso foi produzido combinando a ilustração de mangás com conhecimentos científicos e matemáticos, tornando a leitura e o estudo técnico divertido e agradável.



novasaber
www.novasaber.com.br

Inglês para Eletrônicos

Newton C. Braga

Mesmo em países de língua inglesa, existem termos técnicos adotados para indicar certos componentes, que podem ser grafados de diversas formas. Como proceder diante de tais casos e qual termo utilizar, são questões que todo profissional precisa saber. O problema se agrava quando pequenas diferenças na forma de expressar um determinado componente podem estar associadas às características específicas e ao seu uso.

Um caso interessante de componente que pode ter seu nome grafado de diversas maneiras num texto em inglês, é o conhecido motor de passo. Tomemos o seguinte texto como exemplo para nosso pequeno estudo de inglês técnico desta edição:

> **Texto:** *"Stepper motors may be used for locomotion, movement, positioning, and many functions where we need precise control of the position of a shaft, lever, or other moving part of a mechatronic device".*
>
> Texto do livro "Mechatronics Sourcebook" - Newton C. Braga - Thomson - Delmar Learning - 2002.

Neste texto usamos a palavra "*stepper motor*" para indicar o conhecido motor de passo, onde *stepper* deriva de "*step*" que significa passo, degrau, além de outros termos que são menos utilizados na literatura técnica. Assim, "*stepper*" na realidade é usado para indicar " o que dá o passo", ou seja, um motor que avança aos passos.

Esse é o termo mais comum para especificar o conhecido motor de passo, mas encontramos na literatura técnica duas outras variações menos empregadas.

Uma delas consiste na utilização da própria palavra *step*, caso em que encontramos grafado "*step motor*".

Outra forma, também encontrada em alguns folhetos de especificações e mesmo em literatura, é " *stepping motor*", onde o " *stepping*" tem o significado de caminhante, ou que avança aos passos.

As três formas podem ser usadas, mas a mais comum é a primeira.

Neste mesmo texto encontramos ainda outros termos importantes que o leitor precisa conhecer:

O primeiro é "*shaft*".

A palavra *shaft*, se procurada em um dicionário terá vários significados como flecha, seta, lança, cano de chaminé. No entanto, nos texto técnicos relacionados com mecatrônica e mecânica seu significado é "eixo".

Ela serve para designar o eixo do motor, ou o dispositivo que faz o acoplamento mecânico do motor a um sistema externo.

Uma outra palavra que tem um sentido específico na literatura técnica e que aparece também no texto é "*lever*".

Lever é utilizada aqui com o significado de alavanca.

Finalmente, devemos comentar algo sobre o uso da expressão "*may be*" (que não deve ser confundida com *maybe* = talvez).

"*May be*" é utilizado para expressar alguma coisa que pode ocorrer (pode ter acontecido, pode ser feita, etc.). Assim, no texto, quando dizemos que "*stepp motors may be used...*" estamos indicando que eles podem ser usados em uma aplicação e não que, necessariamente, sejam empregados nela.

Levando em consideração o que analisamos, podemos traduzir o texto em questão da seguinte forma:

"Motores de passo podem ser usados para locomoção, movimento, posicionamento e em muitas outras funções onde precisamos de controle preciso da posição de um eixo, alavanca ou outra parte móvel de um dispositivo mecatrônico".

Vocabulário

Stepper Motor: motor de passo
Locomotion: locomoção
Movement: movimento
Positioning: posicionamento
Shaft: eixo
Lever: Alavanca (braço)

Acrônimos

PWM - Pulse Width Modulation: Modulação de Largura de Pulso
USM - Unipolar Stepper Motor: Motor de Passo Unipolar
BSM - Bipolar Stepper Motor: Motor de Passo Bipolar
PM - Permanent Magnet: Ímã Permanente
FS - Full Step: Passo Completo
HS - Half Step: Meio Passo
VRMC - Variable Resolution Microstep Control: Controle de Micropasso de Resolução Variável

Perguntas e Respostas mais Frequentes sobre Componentes Eletrônicos

Parte 2

Newton C. Braga

Existem componentes com datas de validade?

Muitos componentes, se bem que não tenham datas de validade marcadas (como é o caso de eletrolíticos) possuem códigos de fabricantes que indicam a que lote pertencem e, logo, quando foram fabricados. Para os circuitos integrados, junto ao tipo pode haver um código em que o ano de fabricação é indicado, mas este código nem sempre é simples de entender.

Onde encontrar fios esmaltados?

Os fios esmaltados para recuperação de um componente ou para uma montagem podem ser obtidos de muitos componentes fora de uso. Transformadores, solenoides, relés e indutores consistem em uma excelente fonte destes fios. O cuidado principal que o montador deve tomar ao tentar aproveitar os fios esmaltados de componentes velhos é verificar se não há sinais de estarem queimados.

Se o componente foi inutilizado por um aquecimento excessivo (queima), o isolamento do fio esmaltado certamente estará comprometido. Podemos perceber isso se o componente estiver cheirando a queimado, o que se acentua quando o desmontamos, e o fio esmaltado em lugar de sua capa marrom brilhante clara se encontrar enegrecido.

O que significa o fato de um eletrolítico ser "indutivo"?

Os capacitores eletrolíticos são componentes "tubulares" onde folhas de alumínio são as armaduras e o dielétrico é uma folha de papel embebida num eletrólito. Este conjunto é enrolado de modo a formar um tubo, ou seja, é uma bobina de certa indutância. Isso significa que os capacitores eletrolíticos possuem uma indutância parasita interna que afeta seu funcionamento nos circuitos de alta frequência.

É por este motivo que nos circuitos de altas frequências, nos capacitores eletrolíticos de filtro das fontes, são ligados em paralelo capacitores cerâmicos adicionais para"desacoplar" a RF, já que elas não podem passar pelos eletrolíticos, sendo desviadas para a terra.

Por que não podemos usar capacitores de poliéster em alguns circuitos, principalmente os de alta frequência?

Os dielétricos usados nos capacitores podem ter propriedades que dependem da frequência. Os dielétricos plásticos como, por exemplo, o poliéster, não respondem aos sinais de altas frequências. Isso significa que estes capacitores não podem ser usados de forma eficiente em circuitos que operem em frequências acima de alguns mega-hertz. Para altas frequências, os capacitores usados podem ser de mica, cerâmica ou policarbonatos.

Como saber o número AWG de um fio esmaltado?

O número AWG de um fio esmaltado aumenta à medida que sua espessura (diâmetro) diminui. Como para os fios mais usados em montagens eletrônicas, que estão entre os números 16 e 34, os diâmetros são muito pequenos, dificultando o uso de uma régua, existem alguns artifícios para determinar sua espessura. Enrolamos umas 10 ou 20 espiras deste fio num lápis e medimos o comprimento da bobina (as espiras devem estar bem encostadas umas nas outras). Dividindo o comprimento da bobina pelo número de espiras temos o diâmetro do fio. Depois, é só consultar a tabela.

Como entender os códigos dos fabricantes de equipamentos?

Um dos problemas dos técnicos reparadores é entender os códigos de componentes de alguns fabricantes. Existem muitos fabricantes de equipamentos que usam componentes encomendados para seu uso específico com um código próprio deles. Às vezes o componente é um simples 555 ou um BC548, mas o fabricante prefere adotar seu código esquisito, coisas como XYZ3219.544 de modo que somente as oficinas autorizadas podem fazer sua troca!

O técnico que saiba analisar os diagramas, muitas vezes conseguirá perceber a função de tais componentes e, com isso, saber qual é o tipo comum que o substitui, mas na maioria dos casos isso não é nada fácil.

Conversão de Tensão para Corrente

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

Newton C. Braga

A entrada de CLPs no modo corrente lê faixas de corrente de 4 a 20 mA, numa de suas programações. Isso significa que se usarmos transdutores que forneçam saídas no modo tensão, precisaremos ter um circuito de interface que faça a conversão. Os circuitos que fazem essa conversão podem se basear em amplificadores operacionais comuns, conforme veremos a seguir.

Interface de Corrente

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

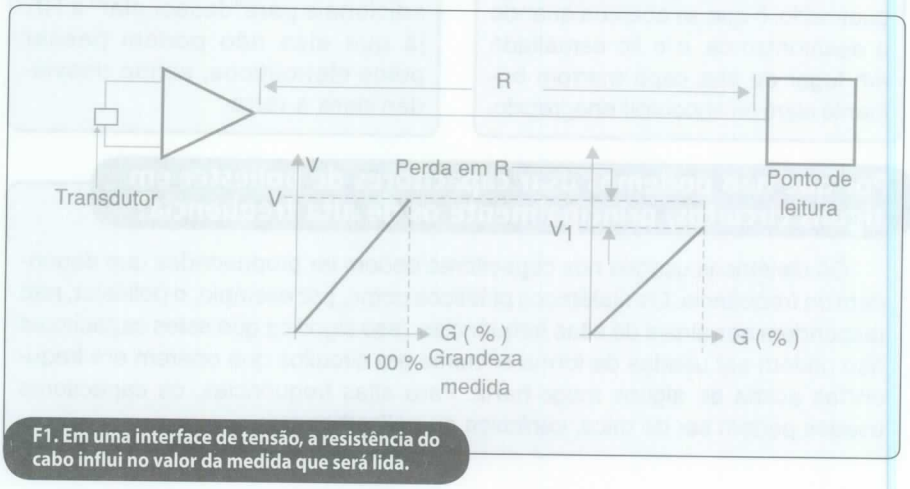
Compensando a resistência dos cabos, a corrente na carga terá sempre a mesma faixa de correntes independentemente de seu valor.

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

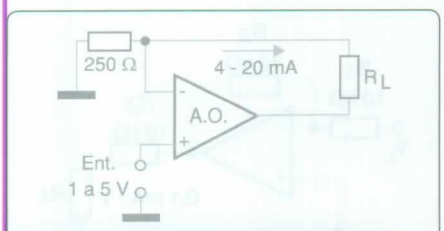
A ideia básica ao se empregar um circuito para converter uma faixa de tensões numa faixa de correntes com base num amplificador operacional, é justamente ter um *loop* de realimentação que permita que o A.O. funcione como uma fonte de corrente.

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

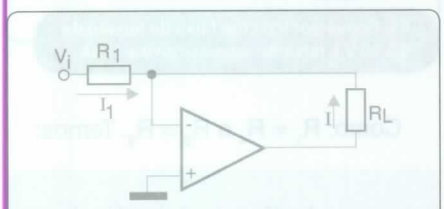
Podemos elaborar um circuito simples para esta finalidade com base em qualquer amplificador operacional, conforme ilustra a **figura 2**.



F1. Em uma interface de tensão, a resistência do cabo influi no valor da medida que será lida.



F2. Conversor de tensão para corrente com uso de um amplificador operacional.



F3. Configuração básica do Conversor com Carga Flutuante.

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

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

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

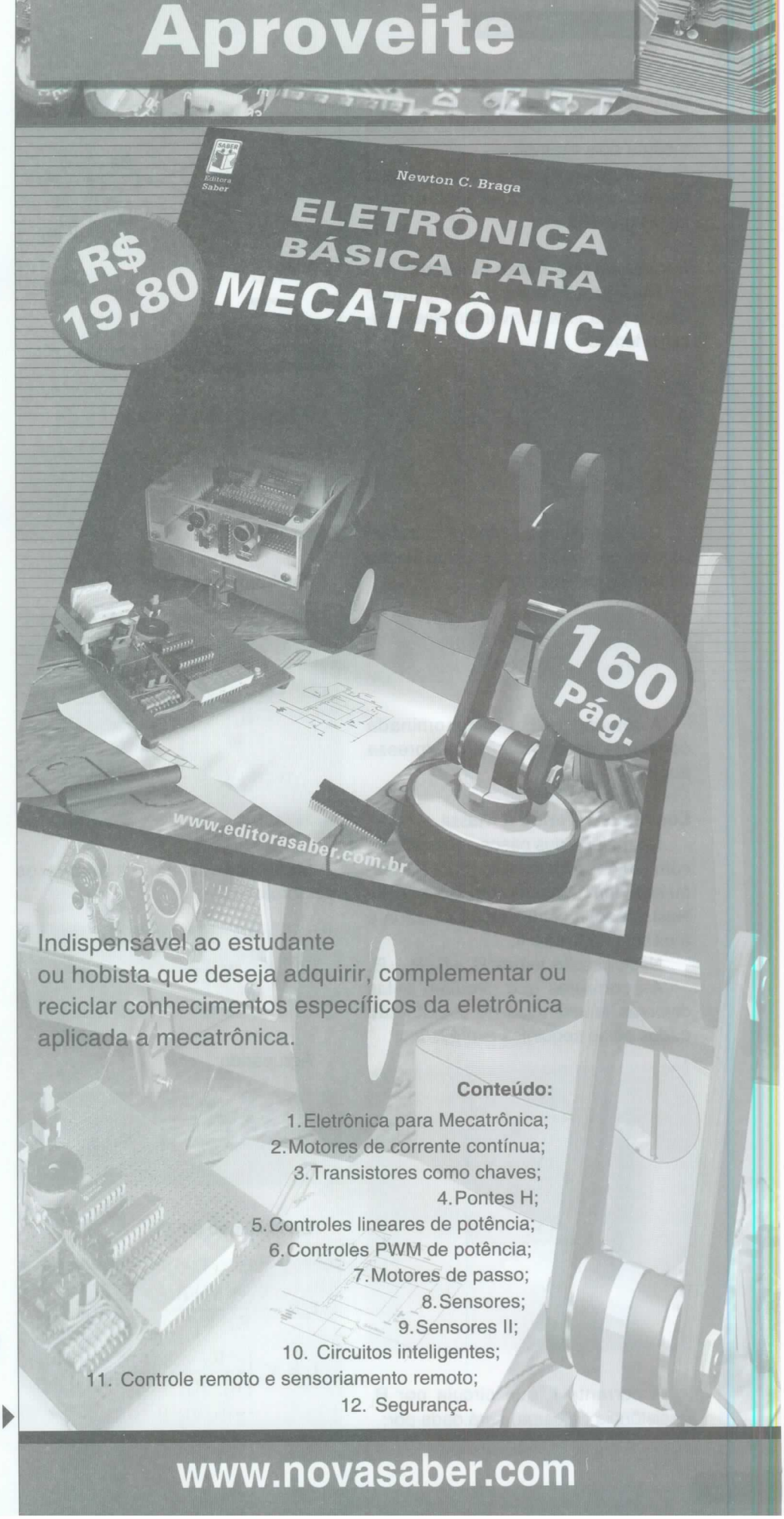
Aqui não importa qual é a resistência dos fios que interligam o sistema pois, desde que a tensão fornecida ao amplificador operacional seja suficiente, ele conseguirá manter esta corrente.

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

Projetando um Conversor Vxl

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

Aproveite



Indispensável ao estudante ou hobista que deseja adquirir, complementar ou reciclar conhecimentos específicos da eletrônica aplicada a mecatrônica.

Conteúdo:

1. Eletrônica para Mecatrônica;
2. Motores de corrente contínua;
3. Transistores como chaves;
4. Pontes H;
5. Controles lineares de potência;
6. Controles PWM de potência;
7. Motores de passo;
8. Sensores;
9. Sensores II;
10. Circuitos inteligentes;
11. Controle remoto e sensoriamento remoto;
12. Segurança.

www.novasaber.com

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

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

Conversor com Carga Flutuante

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

$$V_i = R_1 \cdot I_1$$

e

$$I_1 = -I$$

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

$$I = \left(\frac{-I}{R_1}\right) \cdot V_i$$

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

Conversor referido à Massa

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

Neste circuito, temos: $R_1 = R_4$; $R_2 = R_3$

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

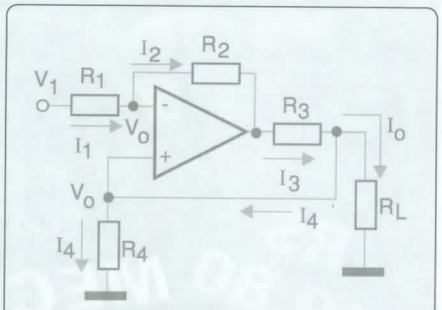
$$I_1 = \frac{(V_1 - V_0)}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{(V_0 - V_C)}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{(V_C - V_0)}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{V_0}{R_4}$$

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



F4. Conversor Vxl referido à massa.

A corrente em R_1 será:

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

Também temos que:

$$I_1 = I_3$$

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

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

Multiplicando por -1 ambos os membros:

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

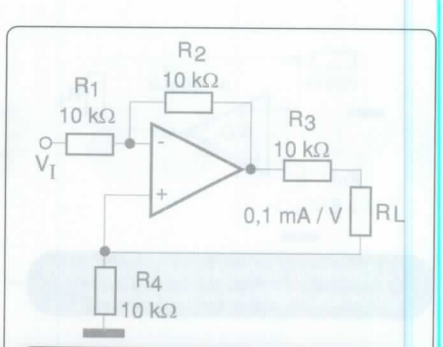
Agrupando:

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

Substituindo em (1):

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

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



F5. Conversor Vxl com faixa de tensão de 0 a 10 V e faixa de corrente de 0 a 1 mA.

Como: $R_1 = R_4$ e $R_2 = R_3$. Temos:

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

Simplificando:

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

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

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

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

Conclusão

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

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

www.sabereletronica.com.br

No Portal da Saber Eletrônica você poderá se aprofundar mais no tema abordado no artigo.

10 Amplificadores para Sensores e Transdutores

Escolhemos 10 circuitos de amplificadores especialmente indicados para serem usados com sensores e transdutores. Esses circuitos se baseiam em amplificadores operacionais e comparadores da National Semiconductor, embora equivalentes possam ser usados.

Newton C. Braga

Sensores e transdutores são elementos fundamentais no interfaceamento de máquinas e processos com circuitos eletrônicos de controle e monitoramento. No entanto, nem todos os sensores e transdutores têm as mesmas características, o que exige para cada um deles um circuito específico de amplificação ou condicionamento dos sinais produzidos.

Os amplificadores operacionais e os comparadores de tensão são os circuitos mais usados nesse interfaceamento e, dependendo do tipo de sensor ou transdutor empregado, eles devem apresentar configurações e características específicas.

Na seleção de circuitos que damos a seguir os amplificadores são dimensionados para aplicações próprias, podendo ser levemente alterados em função de cada caso. Em algumas situações são usados componentes de precisão para que as saídas sejam adaptadas às escalas das grandezas que devem ser medidas.

Amplificador para Fotodiodo

Os fotodiodos podem ser empregados no sensoriamento de objetos em movimento como, por exemplo, chaves ópticas e *encoders*. No circuito apresentado na **figura 1**, usamos um amplificador operacional para fornecer uma tensão de 10 V para cada microampère de corrente (no sentido inverso) no diodo utilizado como sensor.

O circuito integrado aplicado é um LM108 que utiliza dois tipos de transistores NPN no mesmo chip. Lembramos que existem supertransistores com ganhos de 5000 e uma tensão de ruptura de 4 V, e transistores convencionais com ganhos de 200 vezes e uma tensão de ruptura de 80 V.

A configuração desses transistores permite obter um alto grau de rejeição em modo comum com uma boa performance geral. Dessa forma, é possível conseguir com transistores bipolares um desempenho até melhor do que o obtido com amplificadores operacionais que empregam transistores de efeito de campo.

O circuito aceita duas formas de compensação de frequência . Em uma delas basta conectar um capacitor de 30 pF entre a saída do segundo estágio amplificador e o terra, e na segunda forma entre os terminais de compensação.

O projeto que indicamos na figura 1 usa o primeiro método de compensação, enquanto que o segundo circuito que sugerimos utiliza o segundo método. O ganho do circuito pode ser alterado com a modificação dos valores de R_1 e R_2. Veja que são colocados resistores de precisão para manter a resposta do circuito em 10 V/ µA. A fonte de alimentação deve ser simétrica.

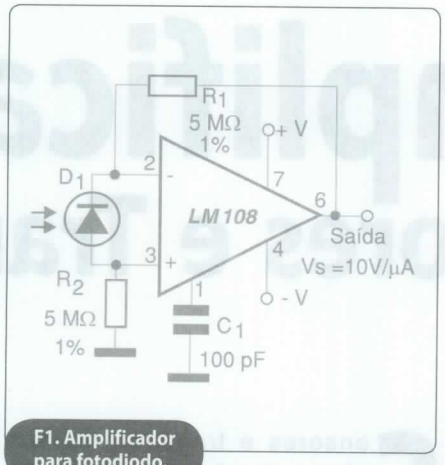
A faixa de tensões de operação do circuito integrado vai de 5 a 20 V, e a corrente máxima que se pode obter na saída com uma alimentação de 15 V chega aos 8 mA. A velocidade máxima de resposta, de alguns megahertz, depende do amplificador operacional usado.

Amplificador para Transdutor Piezoelétrico

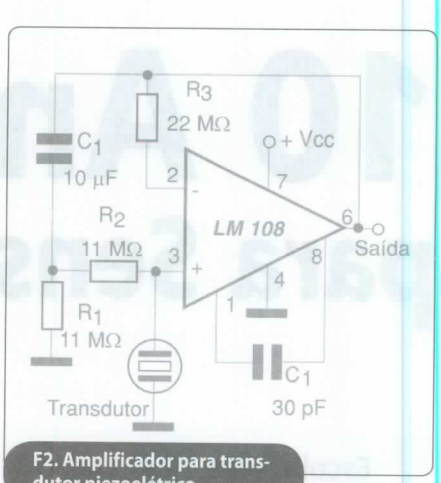
O circuito ilustrado na **figura 2** pode ser usado para detectar vibrações, ou ainda para fornecer sinais acústicos amplificados captados por um transdutor piezoelétrico.

Neste circuito também utilizamos o amplificador operacional LM108 cujas características foram descritas no primeiro projeto.

O ganho do circuito depende basicamente de R_3, que pode ser alterado conforme a aplicação a as características do transdutor usado. A fonte de alimentação não precisa ser simétrica. Os resistores R_1 e R_2 formam um divisor de referência para a polarização da entrada não inversora. Outros valores de resistores, desde que iguais, podem ser testados.



F1. Amplificador para fotodiodo.



F2. Amplificador para transdutor piezoelétrico.

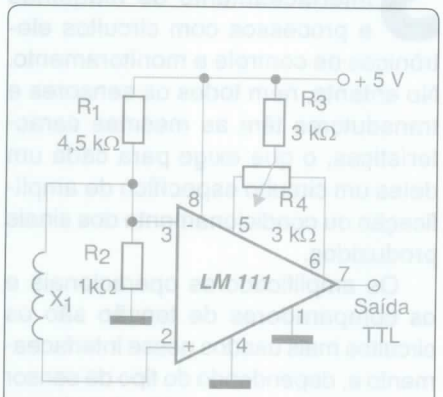
Amplificador para Transdutor Indutivo

O circuito mostrado na **figura 3** é indicado para aplicações que usem transdutores indutivos como, por exemplo, sensores de passagem ou posição.

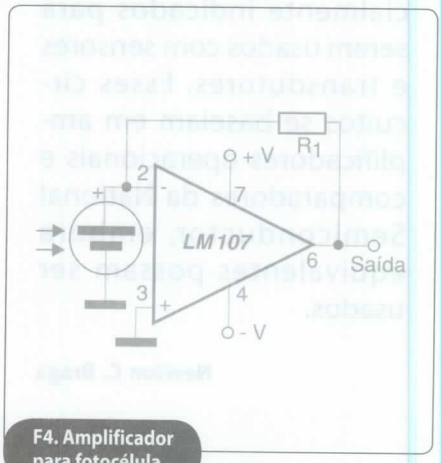
A base deste circuito é o amplificador operacional LM111, que tem características que o tornam especialmente indicado para o interfaceamento de circuitos digitais.

O ganho é de 100 V/ mV e a corrente máxima de saída de 50 mA. A saída é compatível com lógica TTL quando a alimentação do circuito é feita com 5 V. O *trimpot* é um ajuste de nulo, que serve para determinar o ponto de maior sensibilidade ao disparo.

O transdutor a ser utilizado deve ser de baixa resistência e a fonte de alimentação não precisa ser simétrica.



F3. Amplificador para transdutor indutivo.



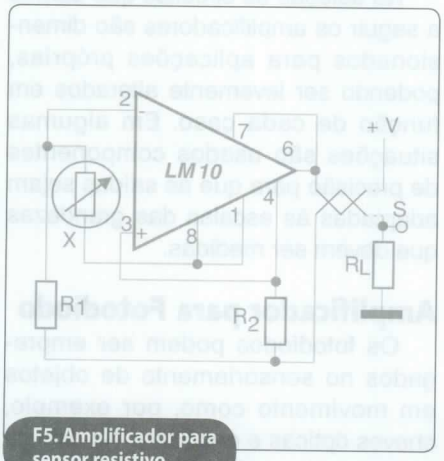
F4. Amplificador para fotocélula.

Amplificador para Fotocélulas

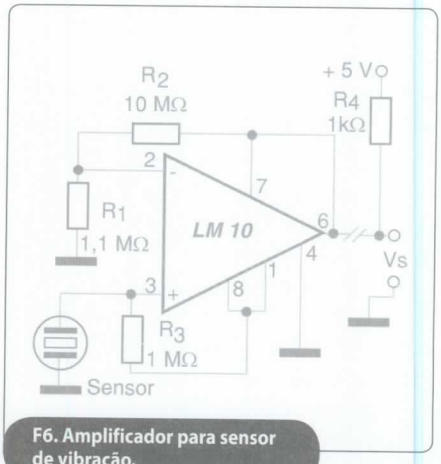
Células fotoelétricas podem ser usadas como sensíveis sensores de luz. No entanto, a baixa tensão que geram quando as fontes de luz são fracas exige um bom circuito de amplificação. Na **figura 4** apresentamos um circuito especialmente indicado para esta finalidade.

O resistor R_1, que pode ter valores entre 10 kohms e 1 Mohm, irá determinar a amplificação do circuito na aplicação desejada. Uma boa prática pode ser o uso de um trimpot para se conseguir o ajuste com a sensibilidade desejada.

A fonte de alimentação deve ser simétrica de 5 a 12 V, e a célula sensora deve fornecer uma tensão máxima de 1,5 V.



F5. Amplificador para sensor resistivo.



F6. Amplificador para sensor de vibração.

Amplificador para Sensor Resistivo

O amplificador exibido na **figura 5** é indicado para operação com transdutores resistivos como sensores de pressão, temperatura, ou luz.

Este circuito, assim como os demais, se baseia em um amplificador operacional da National de características excepcionais, que é o LM10.

Este amplificador operacional pode operar com tensões a partir de apenas 1,1 V. O LM10 usa transistores PNP na entrada com ganho de 100 vezes com uma corrente de apenas 1 µA, uma vez que este tipo de componente permite

um casamento melhor do que quando se utiliza transistores NPN. Ele é basicamente indicado para operar como comparador, mas a sua configuração em aplicações que exigem a operação linear também é possível.

Nessa modalidade se destacam os amplificadores remotos em que a alimentação do próprio operacional pode ser feita pelo cabo de sinal, como acontece neste caso. O uso de amplificadores na fonte de sinal (e não na sua chegada) elimina os problemas de capacitâncias, indutâncias, ruídos, além de outros que podem degradar a qualidade do sinal e afetar a precisão do sistema.

Os resistores R_1 e R_2 dependem tanto das características do sensor quanto do ganho desejado. Assim, R_1 deve ter a mesma ordem de grandeza do sensor na sua condição de centro de escala. O resistor R_2, por outro lado, deve ter valores que juntamente com R_1 irão determinar o ganho do circuito.

A resistência de carga depende do circuito interfaceado. Observe que este circuito pode ser empregado para se monitorar um sensor remoto através de cabo trançado com a alimentação feita do lado do receptor.

Amplificador para Sensor Piezoelétrico de Vibração

Na **figura 6** mostramos um circuito para sensoriar vibrações, usando para esta finalidade um sensor piezoelétrico.

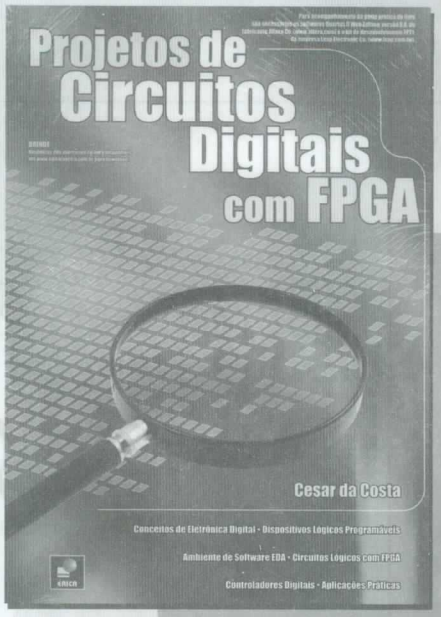
O ganho do circuito é dado basicamente por R_2, enquanto que o resistor R_1, juntamente com R_2 determinam a tensão de referência para comutação. O circuito pode ser alimentado com tensão de 5 V, o que torna sua saída compatível com lógica TTL, e um resistor de *pull-up* no lado do receptor é usado.

Observe que esse circuito pode ser utilizado no sensoriamento remoto, empregando cabos comuns.

Amplificador para Par Termoelétrico

Na **figura 7** temos um amplificador para par termoelétrico com base no amplificador operacional LM10.

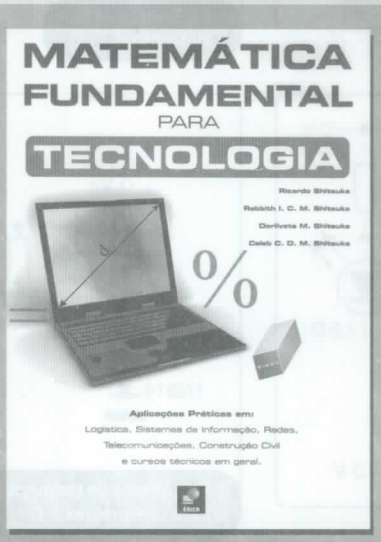
O par termoelétrico é alimentado por um segundo circuito integrado



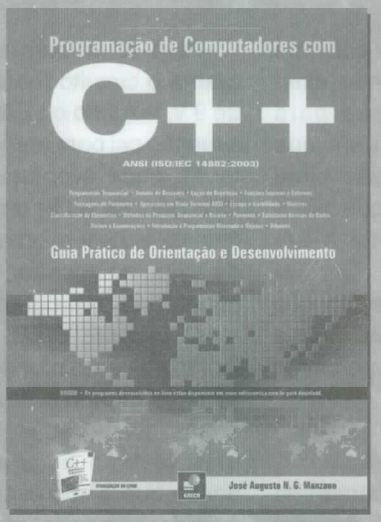
Projetos de Circuitos Digitais com FPGA

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

Outros Destaques

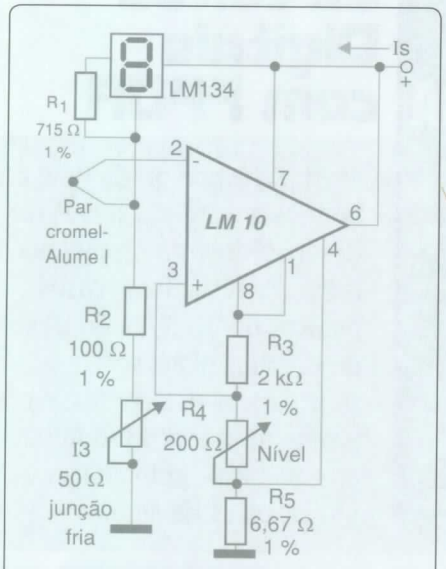




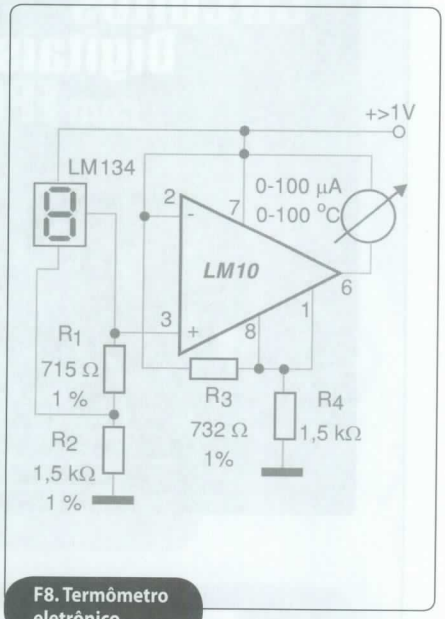




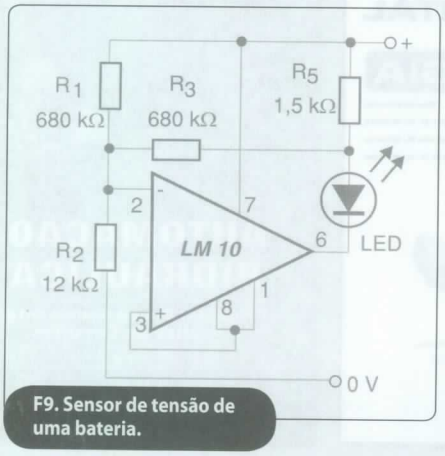
novasaber
www.novasaber.com.br



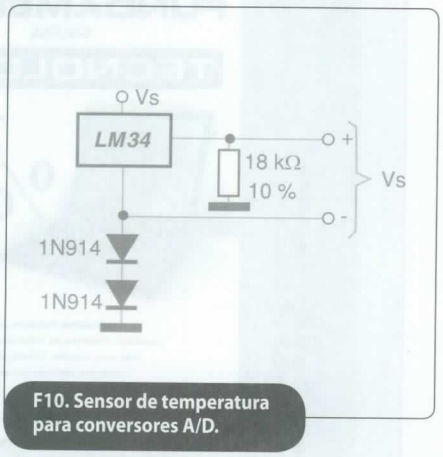
F7. Amplificador para par termoelétrico.



F8. Termômetro eletrônico.



F9. Sensor de tensão de uma bateria.



F10. Sensor de temperatura para conversores A/D.

que funciona como fonte de corrente constante. Os dois ajustes que existem são do ponto de tensão para a junção fria e para o nível em que ocorre o nível do sinal. Esse sinal consiste numa corrente I_S que pode ser transmitida remotamente a um circuito de interface.

Os componentes de precisão são necessários para se garantir que a corrente seja linearmente proporcional na saída.

Sensor de Tensão

A finalidade do circuito ilustrado na **figura 8** é monitorar a tensão de uma bateria, acendendo um LED se ela cair para um valor abaixo do determinado pelos componentes usados na rede de referência.

Para os valores indicados no diagrama o circuito monitora uma bateria de 9 V, fazendo o LED acender quando a tensão cai para menos de 7 V. O resistor R_3 pode eventualmente ser removido para se obter um ganho maior do circuito e, assim, uma transição rápida de brilho ao acender, quando a tensão atingir o valor programado.

O circuito pode ser modificado facilmente para monitorar baterias com tensões menores. Tensões tão baixas quanto 1,7 V podem ser programadas para fazer o acionamento do LED, desde que o tipo usado seja capaz de acender com esse valor de alimentação.

Termômetro Eletrônico

O circuito exibido na **figura 9** usa um indicador analógico de corrente de 100 µA de fundo de escala para formar um termômetro capaz de indicar linearmente temperaturas na faixa de 0 a 100 ºC.

O sensor é um circuito integrado especial termométrico do tipo LM 134, cuja polarização permite sua operação na escala desejada. Observe que a alta precisão dos resistores é necessária para se obter uma escala de temperaturas precisa.

A tensão de alimentação do circuito é baixa, podendo ser feita com fontes a partir de 1 V.

Sensor de Temperatura para Conversores A/D

A configuração indicada na **figura 10** é indicada para servir de entrada para conversores analógico-digitais de temperatura.

O circuito fornece valores escalonados de temperatura de 0 a 128 ºF, o que o torna muito compatível com a entrada de conversores A/D que tenham 128 degraus de conversão (7 bits). A alimentação do circuito é feita com tensão de 5 V, tornando sua saída compatível com conversores TTL ou CMOS que operem com essa tensão.

Conclusão

No *site* da National Semiconductor (www.national.com) pode-se obter informações detalhadas sobre os amplificadores operacionais apresentados neste artigo, assim como Applications Notes detalhando alguns desses circuitos, incluindo elementos para cálculos.

O que vimos aqui é apenas uma pequena amostra de circuitos que podem ser úteis no interfaceamento de transdutores e sensores com CLPs, microprocessadores, microcontroladores e outros circuitos, feito de forma simples com componentes tradicionais.

A adoção de qualquer dessas soluções, evidentemente, depende da disponibilidade de componentes no momento, uma vez que é mais fácil encontrar no comércio especializado e no próprio estoque de um laboratório de componentes desse tipo do que soluções mais avançadas, ou mesmo aquelas que possam exigir a programação de um microcontrolador ou microprocessador.

Seleção de Amplificadores de Áudio Analógicos

Daremos uma seleção de circuitos para quem deseja solucionar um problema de amplificação de áudio da maneira tradicional, com amplificadores analógicos que trabalhem de forma linear com os sinais que devem amplificar.

Essas soluções se beneficiam da facilidade de obtenção de componentes, que são tradicionais, além de terem um custo menor.

Newton C. Braga

Existem aplicações em que não precisamos de uma solução sofisticada para o processamento de um sinal. Uma solução mais imediata, que use componentes tradicionais mais fáceis de obter e de menor custo, pode atender perfeitamente às nossas necessidades.

Isso ocorre com os amplificadores de áudio em que, num dado projeto precisamos de um simples amplificador para excitar um alto-falante, ou um transdutor numa máquina, avisando-nos de algum evento e monitorando um som remoto, onde uma solução tradicional tem o mesmo efeito que uma solução mais moderna.

O uso de um amplificador com transistores ou mesmo CIs tradicionais não muda muito o resultado final e até pode ser mais interessante, se precisarmos de uma montagem numa situação de emergência.

Para implementar a amplificação de sinais de áudio com potências que vão de fração de watts a dezenas de watts, o leitor pode contar com uma ampla gama de soluções analógicas ou lineares. Pares de transistores complementares, transistores Darlington de média e alta potência, MOSFETs de potência e circuitos integrados comuns (ou híbridos) consistem em algumas soluções que estão há anos em uso, e que ainda podem ser interessantes para a sua aplicação.

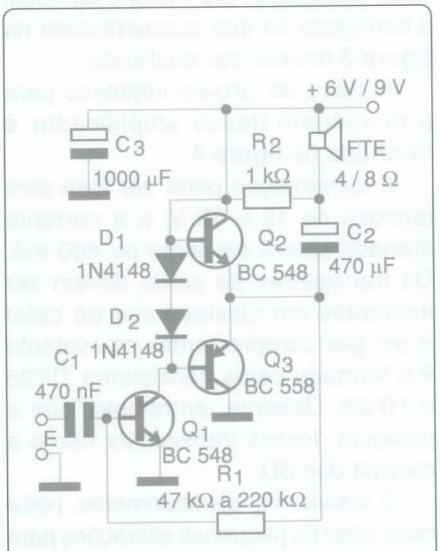
Neste artigo focalizaremos alguns destes circuitos, partindo de versões até muito simples, mas que podem estar esquecidas pelos leitores que vivem dentro de um mundo de nova tecnologia. Por que usar um avião a jato para ir até a esquina, quando uma bicicleta ou mesmo uma velha carroça nos atende da mesma forma e talvez com vantagens?

Amplificador de Baixa Potência com BC548/BC558

Se utilizamos os velhos transistores de uso geral BC548 e BC558 para resolver uma infinidade de problemas gerais de eletrônica, eles não poderiam estar ausentes das soluções de áudio. Além disso, esse transistores podem ser encontrados com extrema facilidade em qualquer lugar.

Assim, se o leitor precisar de um pequeno amplificador de áudio para um sistema de aviso em um intercomunicador, para acionar um transdutor em um alarme, onde a potência fique na faixa dos 20 aos 200 mW, na **figura 1** temos uma solução interessante.

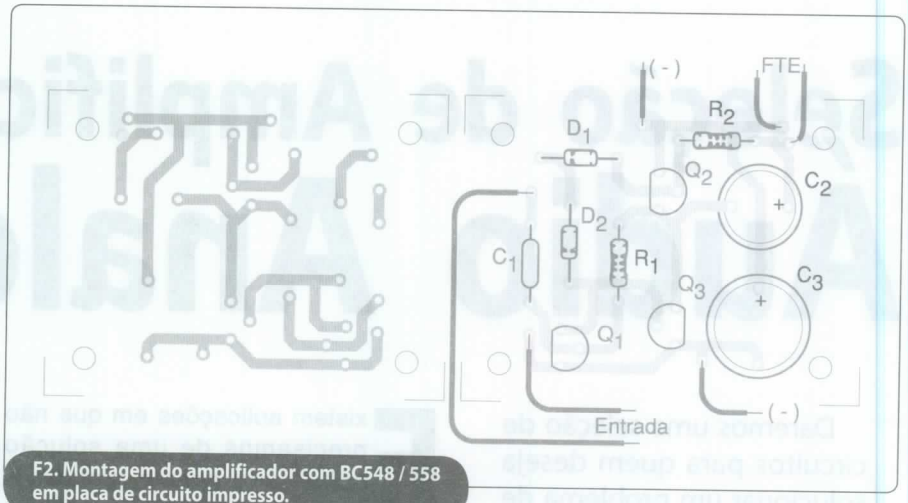
Na **figura 2,** damos uma sugestão de placa de circuito impresso para a montagem desse amplificador.



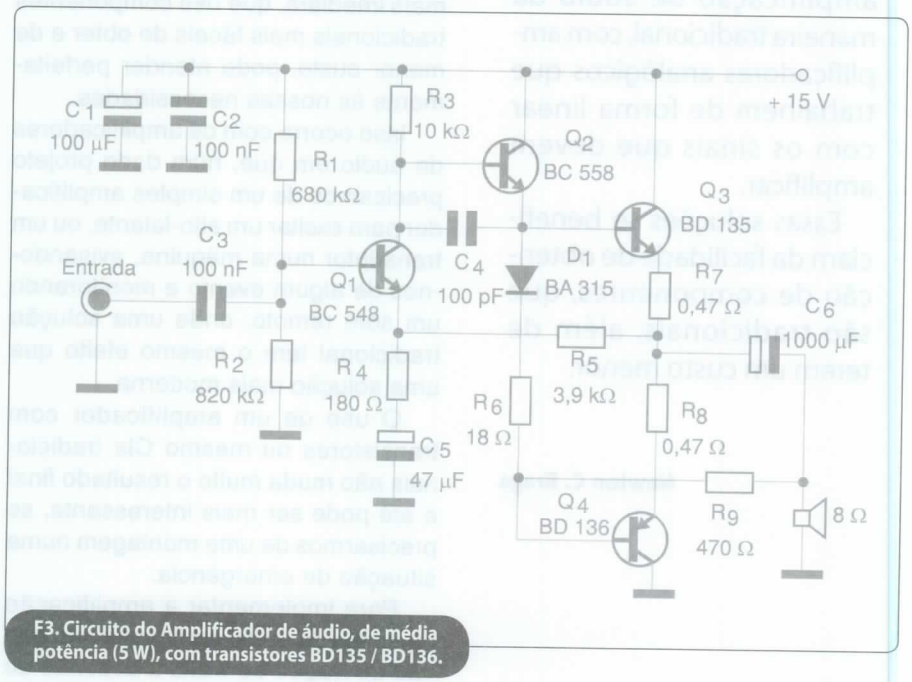
F1. Circuito do Amplificador de áudio de baixa potência, com transistores BC548 / BC558.

O resistor de realimentação negativa tanto determina o ganho do circuito quanto a corrente de repouso e a distorção, devendo seu valor ser obtido experimentalmente na faixa indicada de valores, conforme a tensão de alimentação usada. Como a potência é pequena, não será preciso usar dissipador de calor nos transistores de saída.

Dois desses amplificadores constituem em uma excelente solução de amplificador para PC ou para um *CD-player*. Os alto-falantes devem ser de boa qualidade para garantir boa fidelidade do som. Se for usada fonte de alimentação, ela deverá ter excelente filtragem para que não ocorram roncos. A impedância de entrada é da ordem de 10 k ohms e a sensibilidade da ordem de 100 mV.



F2. Montagem do amplificador com BC548 / 558 em placa de circuito impresso.



F3. Circuito do Amplificador de áudio, de média potência (5 W), com transistores BD135 / BD136.

Amplificador com BD135/BD136, de 5 W

Uma solução de maior potência, empregando componentes discretos e que foi muito usada em equipamentos comerciais de décadas passadas, é a baseada no par complementar BD135/BD136. Proporcionando excelente qualidade de som, ela foi adotada em muitos amplificadores comerciais pela sua facilidade de implementação e fidelidade.

Se o leitor precisar de uma etapa de média potência para uma aplicação, e desejar uma solução analógica bastante tradicional, até mesmo didática, a configuração que apresentamos na **figura 3** merece ser analisada.

A placa de circuito impresso para a montagem desse amplificador é mostrada na **figura 4**.

A alimentação pode ser feita com tensões de 12 a 15 V, e a corrente drenada estará em torno de 800 mA. Os transistores de saída devem ser montados em dissipadores de calor e um par complementar equivalente é o formado pelos transistores TIP28 e TIP29. Observe, entretanto, que a pinagem desses transistores não é a mesma dos BD.

O resistor R_5, eventualmente, pode necessitar de pequenas alterações para se fixar a corrente de repouso, ganho e melhorar a simetria do sinal. O alto-falante deve ser de 8 ohms com pelo menos 10 cm de diâmetro, para se obter a melhor qualidade de som.

Power-MOSFET de Alta Potência

Uma solução discreta, mas atual, é a que faz uso de transistores de efeito de campo de potência (Power-MOSFETs). Segundo os adeptos desta tecnologia, os MOSFETs de potência têm uma característica que se aproxima das válvulas antigas usadas nos amplificadores de áudio ultralineares.

Tais amplificadores, de acordo com esses adeptos, possuem uma pureza de som que não é alcançada pelos equipamentos que fazem uso de transistores bipolares, circuitos integrados ou mesmo por outros que empregam tecnologias digitais. Segundo eles, esse tipo de amplificador tem uma qualidade de som muito mais pura, com uma taxa de distorção extremamente baixa.

Para os leitores que desejam ter qualidade de som, não importando a tecnologia, trazemos o circuito de um amplificador que tem uma solução interessante: um MOSFET de potência e um Darlington de Potência, dada justamente a dificuldade de se obter os MOSFETs de canal P. Alertamos, entretanto, que o par de transistores usado poderá não ser

muito fácil de obter, o que deve ser levado em conta pelos montadores antes de iniciarem qualquer tipo de trabalho prático.

Esse circuito consiste em um seguidor de tensão com dreno comum e uma fonte de corrente com o Darlington NPN. A partir de uma corrente fixada em 2,2 A, ele pode fornecer uma potência de 17 W em um alto-falante de 8 ohms. No entanto, seu rendimento é baixo, pois ele precisa de algo em torno de 80 W da fonte para fornecer essa potência.

Na **figura 5** temos o diagrama do circuito, que deve ser alimentado por fonte de 40 V com pelo menos 3 A de capacidade.

Como os transistores dissipam boa quantidade de calor devido ao baixo rendimento do circuito, eles devem ser montados em excelentes radiadores de calor. Uma sugestão de placa de circuito impresso é apresentada na **figura 6**.

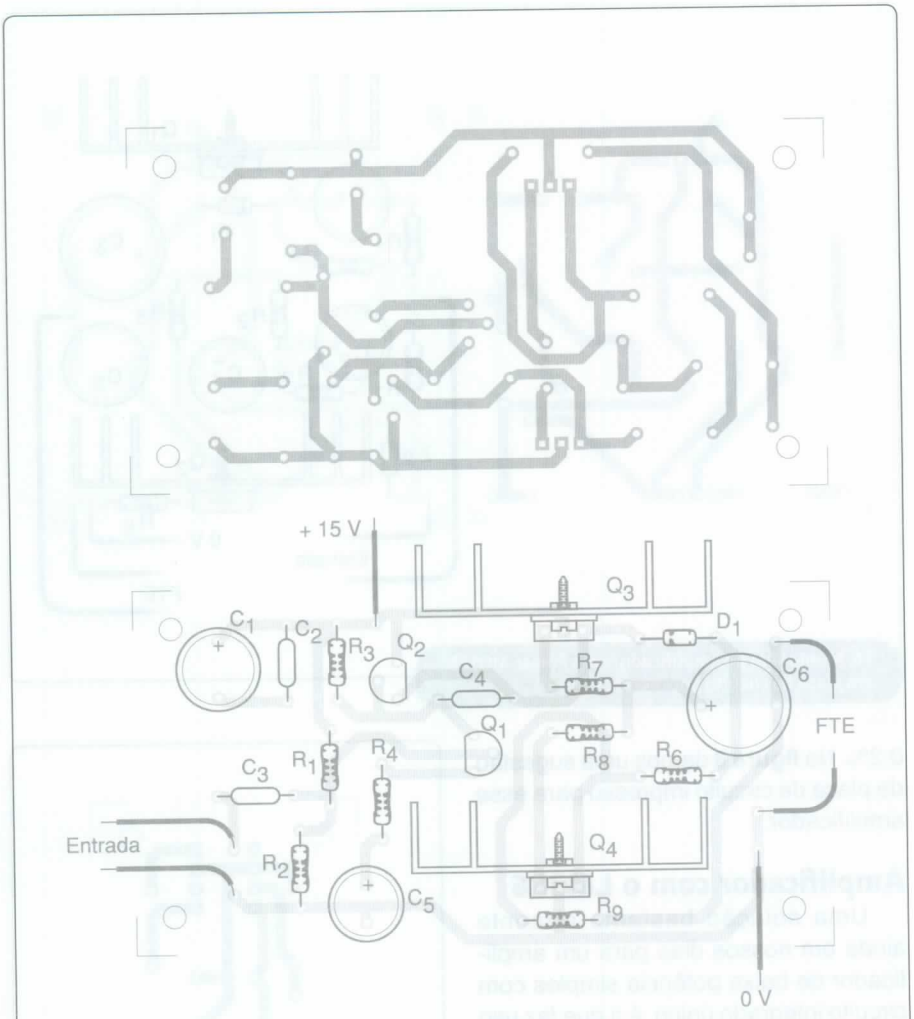
Observe que o capacitor C_5 deve ser do tipo despolarizado e que os diodos zener são de 1 W. As tensões nos principais pontos do circuito são indicadas no diagrama.

Amplificador Integrado de Baixa Potência TDA7052

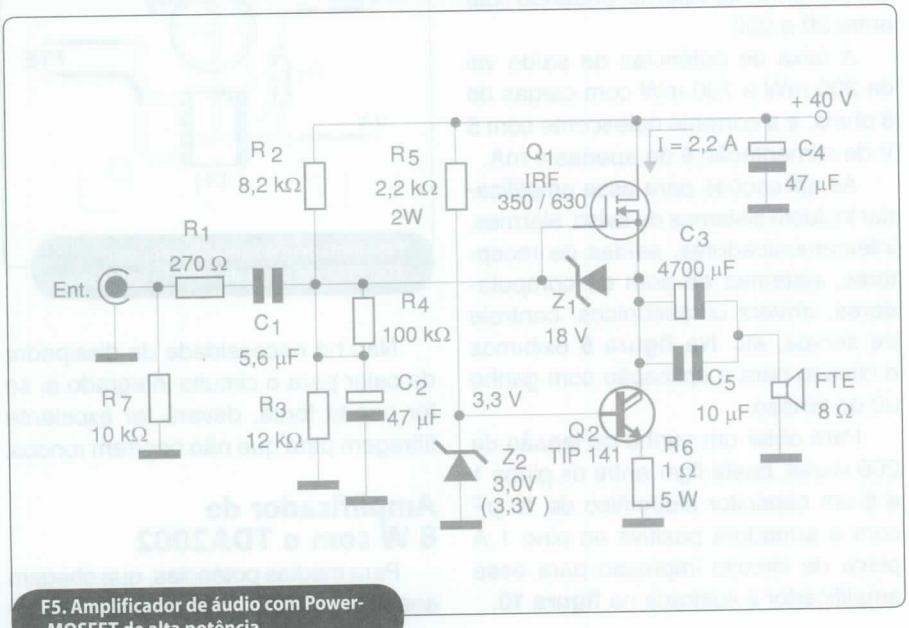
Existem centenas de circuitos integrados dedicados que possibilitam a implementação de pequenos amplificadores de áudio com um mínimo de componentes externos. Na família dos analógicos, destacamos o TDA7052 da Philips Componentes que, apesar de algo antigo, ainda pode ser encontrado em alguns fornecedores de componentes.

A grande vantagem de se usar este CI em pequenos amplificadores está na sua simplicidade, uma vez que apenas dois capacitores e um resistor externo são necessários à sua implementação. Na **figura 7** temos o circuito completo desse amplificador, que pode funcionar com tensões de 3 a 18 V. A potência de 1,2 W é obtida com uma alimentação de 6 V e carga de 8 ohms.

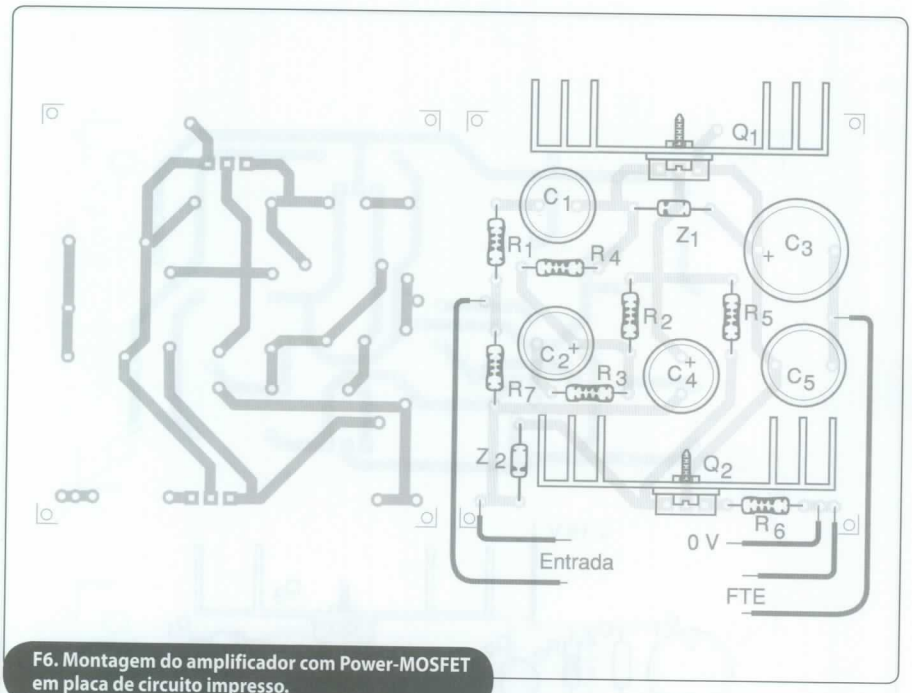
A impedância de entrada é de 100 k ohms e a corrente quiescente com alimentação de 6 V é de 4 mA. O ganho de tensão é de 40 dB e a taxa de distorção harmônica com 6 V de alimentação é de



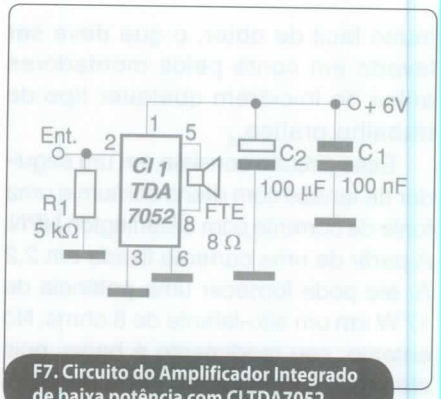
F4. Montagem do amplificador com BD135 / BD136 (5 W) em placa de circuito impresso.



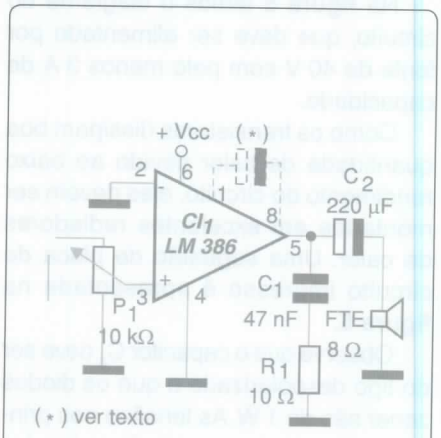
F5. Amplificador de áudio com Power-MOSFET de alta potência.



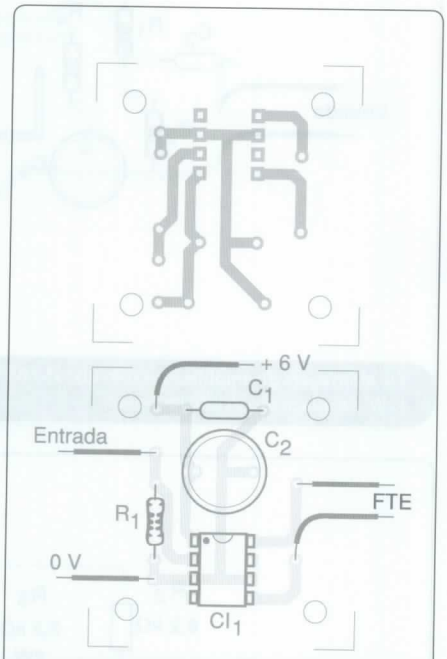
F6. Montagem do amplificador com Power-MOSFET em placa de circuito impresso.



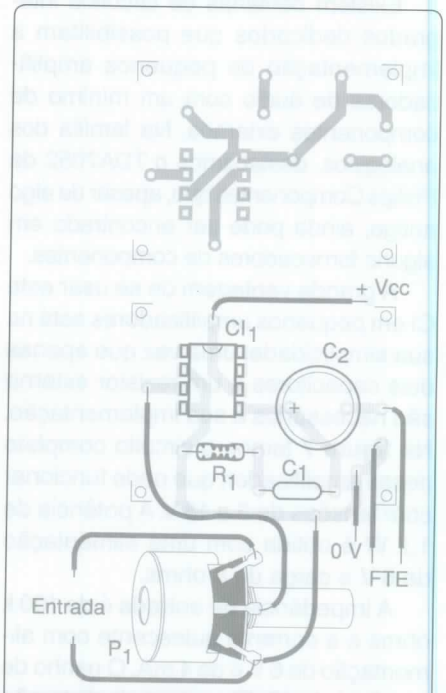
F7. Circuito do Amplificador Integrado de baixa potência com CI TDA7052.



F9. Circuito do Amplificador de áudio, de baixa potência, com o CI LM386.



F8. Montagem do amplificador com TDA7052 em placa de circuito impresso.



F10. Montagem do amplificador com CI LM386 em placa de circuito impresso.

0,2%. Na **figura 8** damos uma sugestão de placa de circuito impresso para esse amplificador.

Amplificador com o LM386

Uma solução bastante atraente ainda em nossos dias para um amplificador de baixa potência simples com circuito integrado único, é a que faz uso do LM386 da National Semiconductor. Além do baixo custo e da possibilidade de operar com tensões de 4 V a 12 V, este CI tem o ganho programado por um componente externo, podendo ficar entre 20 e 200.

A faixa de potências de saída vai de 200 mW a 700 mW com cargas de 8 ohms, e a corrente quiescente com 5 V de alimentação é de apenas 4 mA.

As aplicações para esse amplificador incluem sistemas de aviso, alarmes, intercomunicadores, saídas de receptores, sistemas de som de computadores, *drivers* ultrassônicos, controle de servos, etc. Na **figura 9** exibimos o circuito para a aplicação com ganho 20 de tensão.

Para obter um ganho de tensão de 200 vezes, basta ligar entre os pinos 1 e 8 um capacitor eletrolítico de 10 µF com a armadura positiva no pino 1. A placa de circuito impresso para esse amplificador é ilustrada na **figura 10**.

Não há necessidade de dissipador de calor para o circuito integrado e, se for usada fonte, deverá ter excelente filtragem para que não ocorram roncos.

Amplificador de 8 W com o TDA2002

Para médias potências, que chegam aos 40 W PMPO, uma solução econô-

mica costumeira, que é encontrada em muitos autorrádios e tocafitas tradicionais de carro, é a que faz uso do circuito integrado TDA2002. Justamente por ser um componente amplamente empregado pelo mercado de reposição, além de fácil de encontrar, tem um preço bastante acessível.

Esse amplificador pode ser alimentado com tensões de 8 a 18 V, e pelo seu rendimento, consiste numa solução interessante para os casos em que se deseja som com volume capaz de chamar a atenção de muitas pessoas, tais como alarmes, sistemas de aviso, etc.

Dois destaques adicionais no uso desse amplificador: é fácil de trabalhar, pois usa invólucro TO-220 (como um transistor de potência), e precisa de poucos componentes externos para implementação do amplificador.

Na **figura 11** temos o circuito da versão básica com ganho de tensão igual a 100.

O ganho de tensão é determinado pela relação entre os valores de R_1 e R_2.

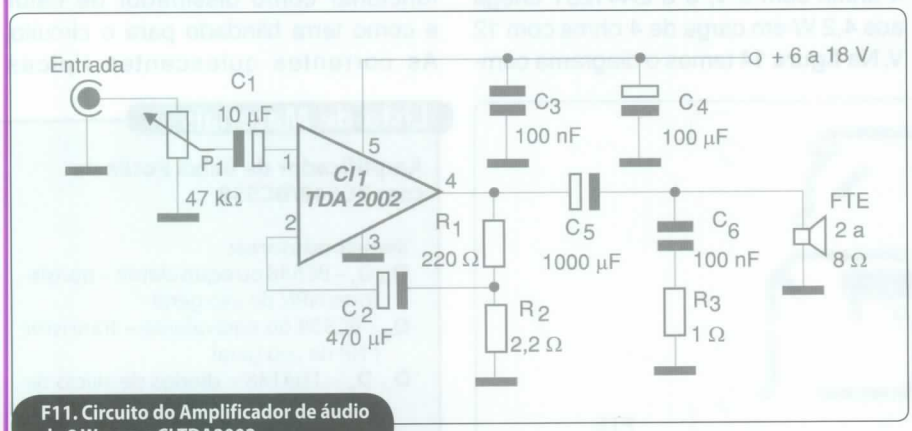
A corrente de repouso é de 45 a 80 mA, e a corrente de pico chega aos 1,8 A. A fonte deve ser capaz de fornecer essa corrente.

Na **figura 12** temos a placa de circuito impresso para a montagem desse amplificador.

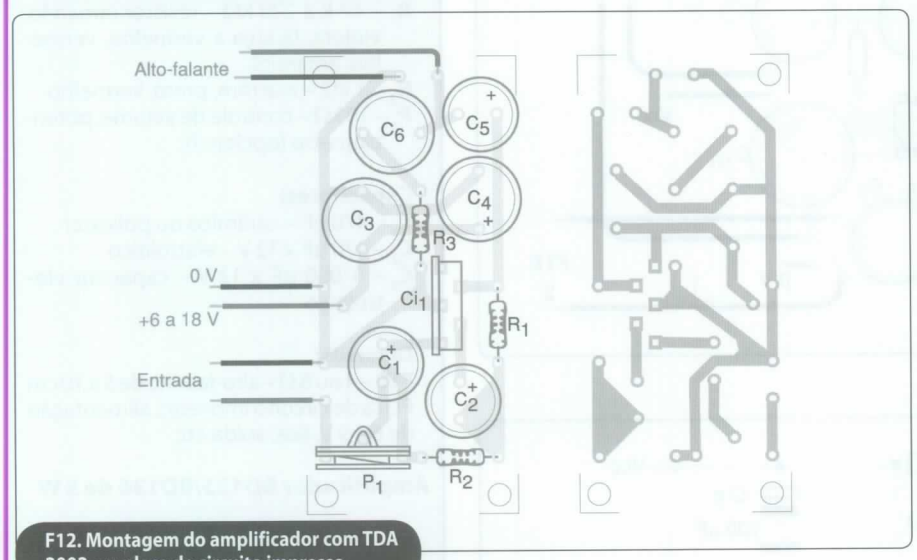
Observe que o circuito integrado deve ser dotado de um bom radiador de calor. Outras características desse amplificador são a resposta de frequência de 40 a 15.000 Hz, e a sensibilidade de 50 mV para potência de 8 W com carga de 2 ohms.

Na **figura 13**, observamos uma fonte de alimentação para esse amplificador.

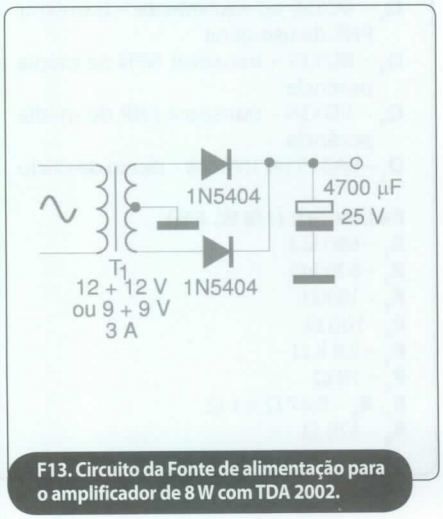
Para uma versão estéreo, a capacidade de corrente do transformador e dos diodos deve ser dobrada. O capacitor eletrolítico também deve ser aumentado para, nesse caso, se obter boa filtragem.



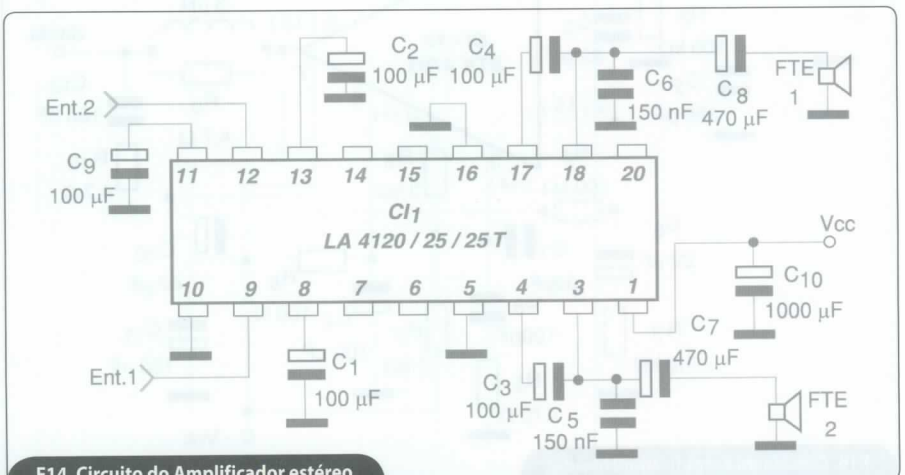
F11. Circuito do Amplificador de áudio de 8 W com o CI TDA2002.



F12. Montagem do amplificador com TDA 2002 em placa de circuito impresso.



F13. Circuito da Fonte de alimentação para o amplificador de 8 W com TDA 2002.



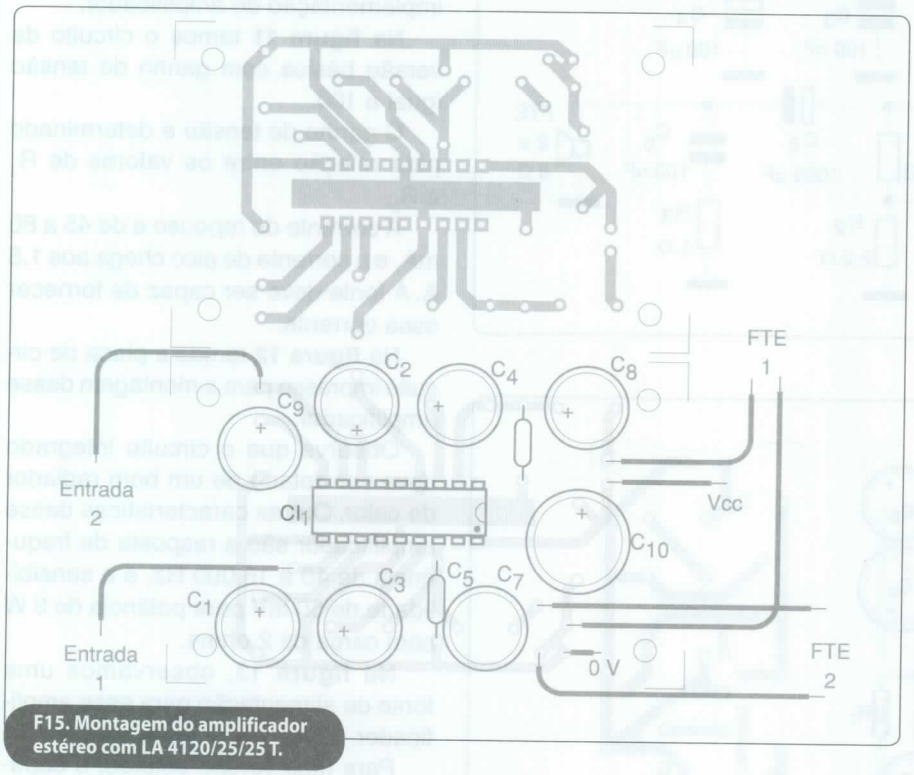
F14. Circuito do Amplificador estéreo com o CI LA4120/25/25 T.

Amplificador Estéreo com o LA4120/25/25T

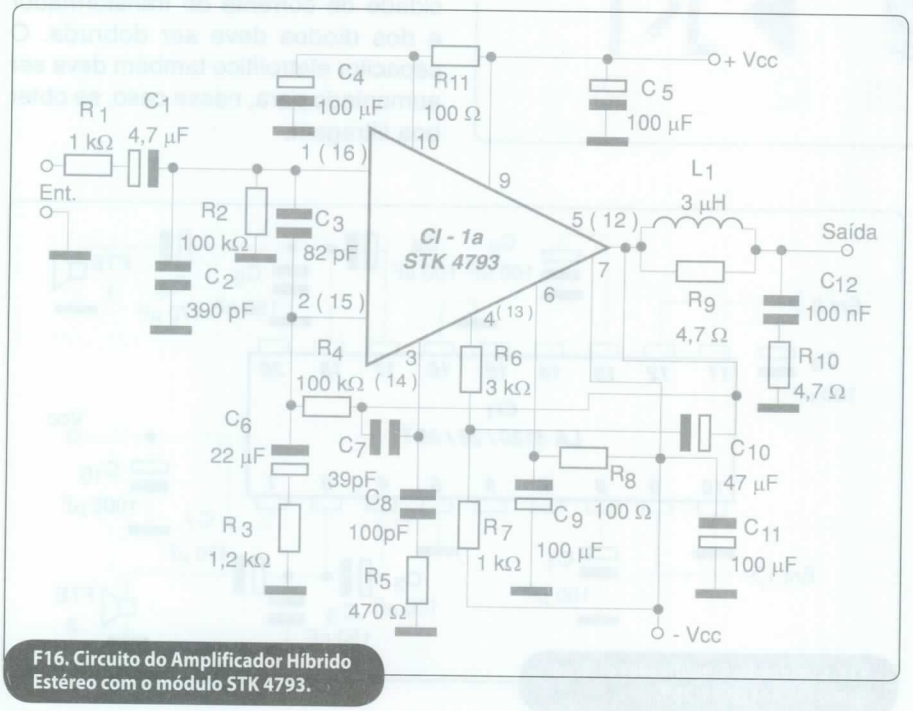
Essa solução de baixa potência faz uso de circuitos integrados da Sanyo, que também são encontrados em equipamentos comerciais, por isso possíveis de obter no mercado de componentes de reposição. Rádios, gravadores e outros equipamentos de som de pequena e média potência empregam um desses CIs.

O LA4120 fornece uma potência de 1 W em configuração simples monofônica em carga de 4 ohms com 6 V. O LA4125 proporciona 2,4 W em carga de 4 ohms com 9 V, e o LA4125T chega aos 4,2 W em carga de 4 ohms com 12 V. Na **figura 14** temos o diagrama completo do amplificador, observando-se que temos dois canais de amplificação.

Na **figura 15** mostramos a placa de circuito impresso para a montagem, observando-se a grande área cobreada que é deixada propositalmente para funcionar como dissipador de calor e como terra blindado para o circuito. As correntes quiescentes típicas



F15. Montagem do amplificador estéreo com LA 4120/25/25 T.



F16. Circuito do Amplificador Híbrido Estéreo com o módulo STK 4793.

Lista de Materiais

Amplificador de Baixa Potência com BC548/BC558

Semicondutores:
- Q_1, Q_2 – BC548 ou equivalente – transistores NPN de uso geral
- Q_3 – BC558 ou equivalente – transistor PNP de uso geral
- D_1, D_2 – 1N4148 – diodos de silício de uso geral.

Resistores: (1/8 W, 5%)
- R_1 – 47 k a 220 kΩ – resistor (amarelo, violeta, laranja a vermelho, vermelho, amarelo)
- R_2 – 1 kΩ – marrom, preto, vermelho
- P_1 – 10 kΩ – controle de volume, potenciômetro (opcional)

Capacitores:
- C_1 – 470 nF – cerâmico ou poliéster
- C_2 – 470 µF x 12 V – eletrolítico
- C_3 – 1 000 µF x 12 V – capacitor eletrolítico

Diversos:
FTE – 4 ou 8 Ω – alto-falante de 5 a 10 cm
Placa de circuito impresso, alimentação de 6 a 9 V, fios, solda etc.

Amplificador BD135/BD136 de 5 W

Semicondutores:
- Q_1 – BC548 ou equivalente – transistor NPN de uso geral
- Q_2 – BC558 ou equivalente – transistor PNP de uso geral
- Q_3 – BD135 – transistor NPN de média potência
- Q_4 – BD136 – transistor PNP de média potência
- D_1 – BA315 ou 1N4148 – diodo de silício

Resistores: (1/8 W, 5%)
- R_1 – 680 kΩ
- R_2 – 820 kΩ
- R_3 – 10 kΩ
- R_4 - 180 Ω
- R_5 – 3,9 k Ω
- R_6 – 18 Ω
- R_7, R_8 – 0,47 Ω x 1 Ω
- R_9 – 470 Ω

variam de 35 a 45 mA, e o ganho de tensão típico está em torno de 50. A resistência de entrada típica é de 30 k ohms.

Amplificador Híbrido Estéreo com o STK4793

Os amplificadores híbridos podem ser uma excelente solução para quem deseja alta potência com simplicidade. Esses módulos da Sanyo foram usados em muitos equipamentos comerciais durante longo tempo, e por isso ainda podem ser encontrados no mercado de reposição, conforme verificamos.

Assim, um desses módulos é o STK4793, que fornece uma potência de 20 W rms em carga de 4 ohms e 15 W em carga de 8 ohms, que correspondem a potências PMPO de 80 e 60 W respectivamente, com excelente qualidade de som, isso por canal.

A alimentação deve ser feita com fonte simétrica de 22 V e deve-se ter o máximo cuidado com o *layout* da placa, dada a sensibilidade do circuito aos ruídos. O circuito tem uma reposta de

Capacitores:
C_1 - 100 µF x 16 V – eletrolítico
C_2, C_3 – 100 nF – cerâmico ou poliéster
C_4 – 100 pF – cerâmico
C_5 – 1 000 µF x 16 V – eletrolítico

Diversos:
FTE – 8 x 10 cm, ou maior alto falante
Placa de circuito impresso, fonte de alimentação, fios, solda etc.

Power-MOSFET de Alta Potência

Semicondutores:
Q_1 – IRF350 ou equivalente – Power-MOSFET
Q_2 - TIP141 – Transistor Darlington NPN de potência
Z_1 - 18 V x 1 W – diodo zener
Z_2 - 3V0 ou 3V3 – diodo zener de 1 W

Resistores:
R_1 – 270 Ω x ½ W
R_2 – 8,2 kΩ x 1/8 W
R_3 - 12 kΩ x 1/8 W
R_4 – 100 kΩ x 1/8 W
R_5 – 2,2 kΩ x 2 W
R_6 – 1 Ω x 5 W – fio
R_7 – 10 kΩ x 1/8 W

Capacitores:
C_1 – 5,6 µF x 100 V – poliéster
C_2 – 47 µF x 35 V – eletrolítico
C_3 - 4 700 µF x 50 V – eletrolítico
C_4 – 47 µF x 50 V – eletrolítico
C_5 – 10 µF x 100 V – poliéster

Diversos:
FTE – 8 Ω x 40 W – alto-falante
Placa de circuito impresso, fonte de alimentação de 40 V x 3 A, fios, solda etc.

Amplificador Integrado de Baixa Potência TDA7052

Semicondutores:
CI_1 – TDA7052 – circuito integrado

Resistor:
R_1 – 5 kΩ x 1/8 W

Capacitores:
C_1 – 100 nF – cerâmico
C_2 – 100 µF – eletrolítico

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

Amplificador com o LM386

Semicondutores:
CI_1 – LM386 (–N, -1 ou -3) – circuito integrado.

Resistores: (1/8 W, 5%)
R_1 – 10 Ω
P_1 – 10 kΩ – controle de volume, potenciômetro, opcional

Capacitores:
C_1 – 47 nF – cerâmico
C_2 – 220 µF x 12 V – eletrolítico

Diversos:
FTE – 8 Ω x 10 cm – alto-falante
Placa de circuito impresso, fonte de alimentação, fios, solda etc.

Amplificador de 8 W com o TDA2002

Semicondutores:
CI_1 – TDA2002 (uPC2002) – circuito integrado

Resistores: (1/8 W, 5%)
R_1 – 220 Ω
R_2 – 2,2 Ω
R_3 – 1 Ω
P_1 – 47 k ohms – log - potenciômetro

Capacitores:
C_1 – 10 µF x 16 V – eletrolítico
C_2 – 470 µF x 16 V – eletrolítico
C_3, C_6 – 100 nF – poliéster ou cerâmico
C_4 – 100 µF x 16 V – eletrolítico
C_5 – 1 000 µF x 25 V – eletrolítico

Diversos:
FTE – Alto-falante de 2 ou 4 Ω x 10 cm, ou maior
Placa de circuito impresso, fios, radiador de calor para o circuito integrado, solda, material para a fonte de alimentação etc.

Amplificador Estéreo com o LA4120/25/25T

Semicondutores:
CI_1 – LA4120, 4125 ou 25T – circuito integrado

Capacitores:
C_1, C_2, C_3, C_4, C_9 – 100 µF x 10 V – eletrolíticos
C_5, C_6 – 150 nF – filme de poliéster
C_7, C_8 – 470 µF x 16 V – eletrolíticos
C_{10} – 1 000 µF x 16 V – eletrolítico

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

Amplificador Híbrido Estéreo com o STK4793

Semicondutores:
CI_1 – STK4793 – Módulo Híbrido – Sanyo

Resistores: (1/8 W, 5%)
R_1, R_7 – 1 k Ω
R_2, R_4 – 100 kΩ
R_3 – 1,2 k Ω
R_5 – 470 Ω
R_6 – 3,3 k Ω
R_8, R_{11} – 100 Ω
R_9 – 4,7 Ω x 2 W
R_{10} – 4,7 Ω

Capacitores:
C_1 – 4,7 µF x 16 V – eletrolítico
C_2 – 390 pF – cerâmico
C_3 – 82 pF – cerâmico
C_4, C_5, C_9, C_{11} – 100 µF x 25 V – eletrolítico
C_6 – 22 µF x 25 V – eletrolítico
C_7 – 39 pF – cerâmico
C_8 – 100 pF – cerâmico
C_{10} – 47 µF x 25 V – eletrolítico
C_{12} – 100 nF – cerâmico

Diversos:
L_1 – 3 µH – ver texto
Placa de circuito impresso, radiador de calor para o circuito híbrido, fios, solda, material para fonte de alimentação etc.

frequência que vai dos 10 Hz aos 100 mil Hz com uma distorção de apenas 0,02%. A resistência de entrada é de 32 k ohms.

Na **figura 16** temos o diagrama de um amplificador usando este módulo.

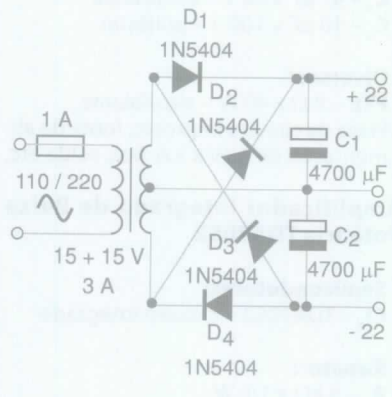
Observe que trata-se de um amplificador estéreo. É muito importante manter no desenho da placa as conexões de sinais e desacoplamento (capacitores e resistores à terra), as mais curtas possíveis. Capacitores como os dos pinos 9, 10, 6 e 7 devem ser montados o mais próximo possível desses pinos para que não ocorram roncos e instabilidades.

Da mesma forma, as trilhas de alimentação ligadas aos pinos 9 e 7 devem ser largas, compatíveis com as correntes que devem conduzir, assim como as trilhas de saída do pino 5. Isto também e válido para as ligações correspondentes do outro canal.

O *choke* (indutor) de saída pode ser obtido enrolando-se 10 espiras de fio 22 em um bastão de ferrite de 0,8 cm a 1 cm de diâmetro com 4 cm de comprimento.

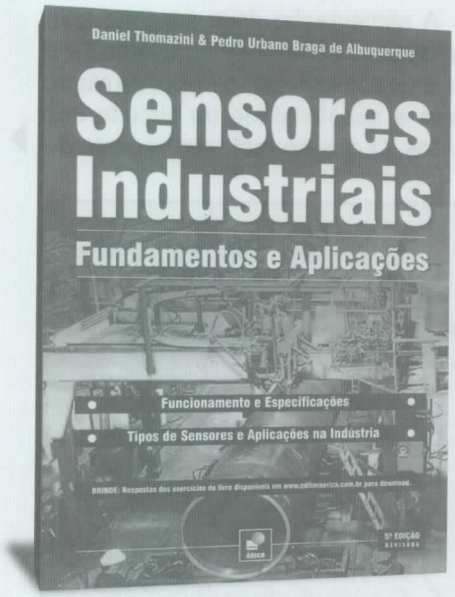
As tensões de trabalho dos eletrolíticos devem ser uns 50 % a mais que a tensão de alimentação, principalmente nos casos em que a conexão é direta à fonte. Os números de pinos entre parênteses correspondem ao segundo canal, para o qual o circuito deve ser repetido.

Na **figura 17** damos uma sugestão de fonte de alimentação simétrica para este amplificador.



F17. Circuito de fonte simétrica para o amplificador híbrido estéreo STK 4793.

Sensores Industriais
Fundamentos e Aplicações



Essa obra é destinada a alunos de graduação em engenharia ou tecnologia, técnicos e engenheiros que atuam em processos de automação de sistemas. Apresenta os tipos de sensores utilizados na indústria e alguns de uso doméstico. Aborda tanto o fundamento físico aplicado a eles quanto algumas de suas aplicações em campo.



Mecatrônica
Industrial

A tecnologia de automação integrou-se definitivamente aos processos de produção industrial. Hoje, a necessidade de alta produtividade em conjunto com a "excelência" da qualidade somente pode ser atendida com equipamentos rápidos, precisos e confiáveis.



Injeção eletrônica
de motores diesel

O conteúdo dessa obra refere-se aos sistemas de Gerenciamento Eletrônico dos motores Diesel, e basicamente estão apresentados de forma cronológica. Pretende colaborar com os Técnicos que atuam com motores de ciclo Diesel, discorrendo sobre funcionamento, Características, Regulagens, Diagnósticos.

novasaber
www.novasaber.com.br

5 Soluções Práticas

Combinador linear, divisor programável, controle para servomotores, sensor de umidade para painéis, e conversor D/A como controle de velocidade

Newton C. Braga

Esta série visa fornecer pequenos circuitos para soluções de problemas em diversos setores profissionais como indústria, telecomunicações, instrumentação etc.

Os circuitos apresentados foram previamente testados, e os resultados finais na aplicação específica dependerão apenas da qualidade dos componentes usados e da habilidade do montador.

A ideia básica desta série é oferecer soluções simples baseadas em componentes tradicionais, e que por isso podem ser desenvolvidas facilmente em um tempo mínimo e sem a necessidade de recursos especiais para cálculo e simulação.

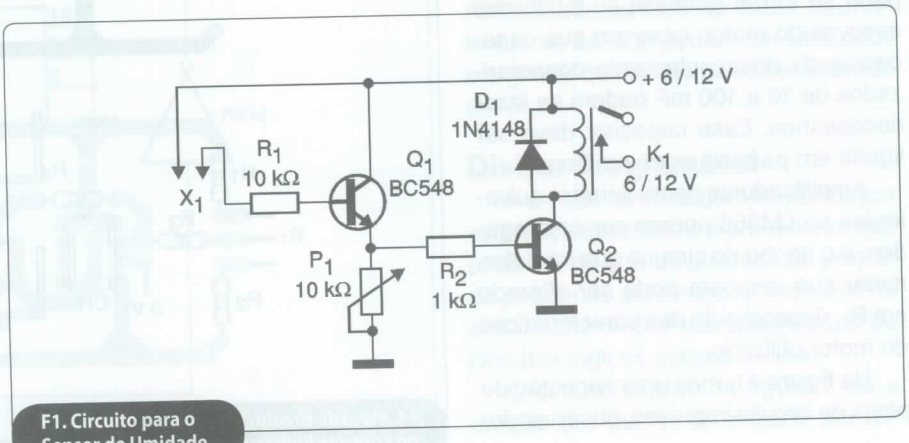
Sensor de Umidade

O circuito mostrado na **figura 1** consiste numa ótima aplicação para painéis elétricos, com a possibilidade do sinal ser enviado para uma IHM (Interface Homem-Máquina) acionando sistemas de aviso e proteção. O tipo de sensor utilizado depende da aplicação.

Para detectar a presença direta de líquidos pode ser empregado como sensor um par de fios descascados. Quando o líquido tocar nos dois fios ao mesmo tempo, a queda da resistência irá polarizar os transistores no sentido de levar o relé ao disparo.

Outro tipo de sensor pode ser uma pequena almofada, ou um pedaço de tecido poroso que tenha alto grau de absorção de umidade, colocado entre duas pequenas telas de arame ou cobre nos quais são ligados os fios de sinal. Quando a resistência deste sensor baixar, pela absorção de umidade o circuito irá disparar, fechando os contatos do relé.

Na condição de espera, com uma corrente praticamente nula fluindo pelo



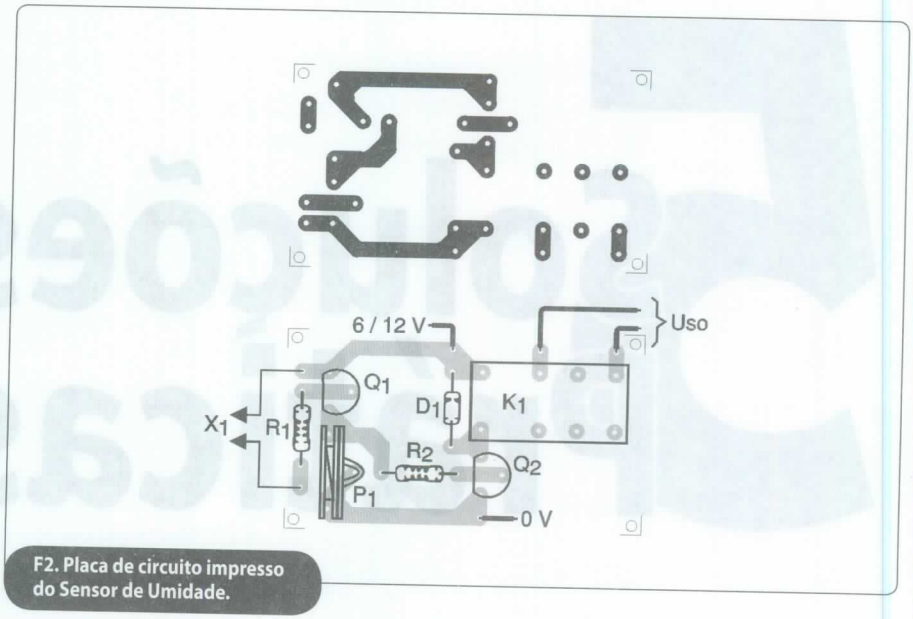
F1. Circuito para o Sensor de Umidade.

sensor, a corrente consumida pelo circuito é muito baixa. O *trimpot* P_1 faz o ajuste do ponto de disparo. No entanto, à medida que a umidade cresce, e o ponto de disparo se aproxima, a corrente consumida aumenta chegando ao ponto que corresponde ao necessário para disparar o relé.

Outras aplicações para este circuito incluem a detecção e alarme de vazamentos, controle automático de bombas de água, detector de chuva, etc.

Na **figura 2** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para a montagem, levando em conta a utilização de um soquete *Dual In Line* para o relé.

Para outros tipos de relés, o desenho da placa deve ser alterado. A alimentação depende do relé, que deve ser do tipo sensível com uma corrente máxima de disparo de 100 mA.



F2. Placa de circuito impresso do Sensor de Umidade.

Controle Bidirecional DC para servoposicionamento

O circuito exibido na **figura 3** tem por finalidade controlar a potência de um motor de corrente contínua, inclusive seu sentido de rotação.

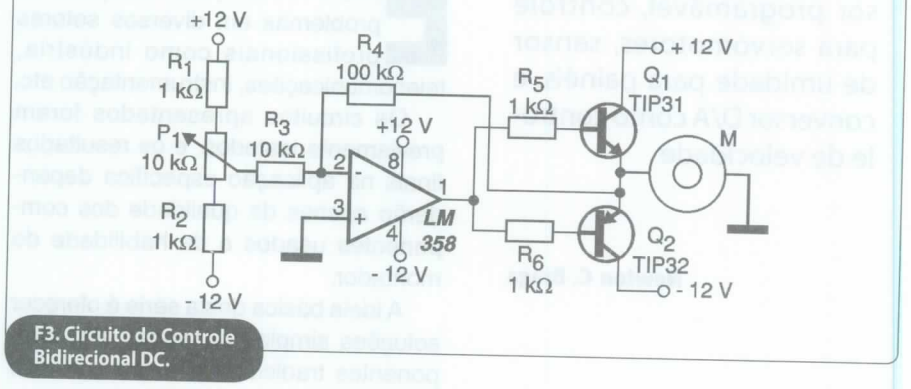
Dentre as aplicações possíveis, sugerimos o uso em posicionamento de servos utilizados em aplicações industriais de controle de movimento. Os dois transistores devem ser montados em radiadores de calor compatíveis com a potência do motor.

Com os transistores utilizados pode-se controlar motores de corrente contínua especificados para tensões entre 6 e 12 V com correntes até 2 A.

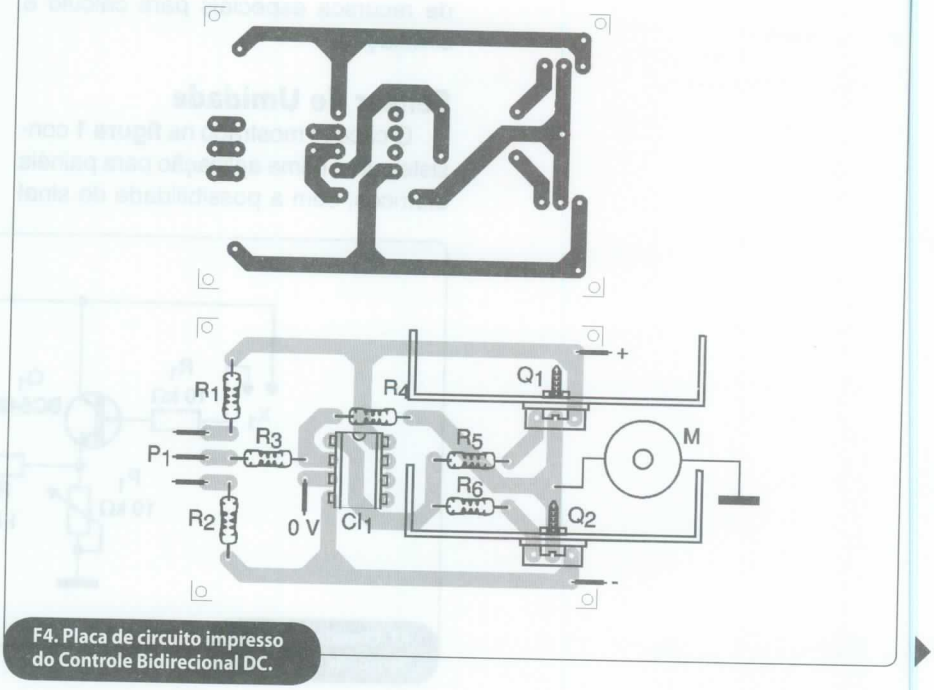
A fonte de alimentação deve ser simétrica, de acordo com a tensão do motor. Conforme a aplicação, o circuito pode se tornar sensível ao ruído das escovas do motor, caso em que capacitores de desacoplamento despolarizados de 10 a 100 mF podem se fazer necessários. Esse capacitor deve ser ligado em paralelo com o motor.

Amplificadores operacionais equivalentes ao LM358 podem ser empregados, e o ganho do circuito que irá determinar sua resposta pode ser alterado em R_4, dependendo das características do motor utilizado.

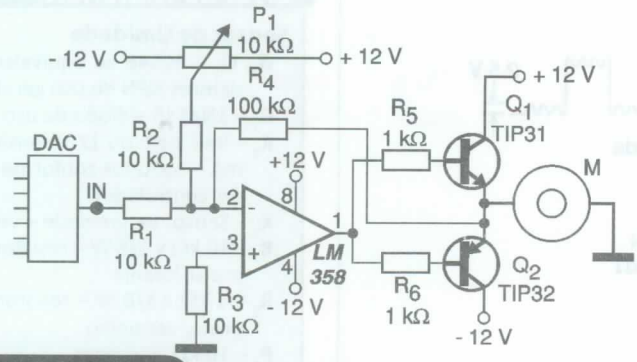
Na **figura 4** temos uma sugestão de placa de circuito impresso, observando-



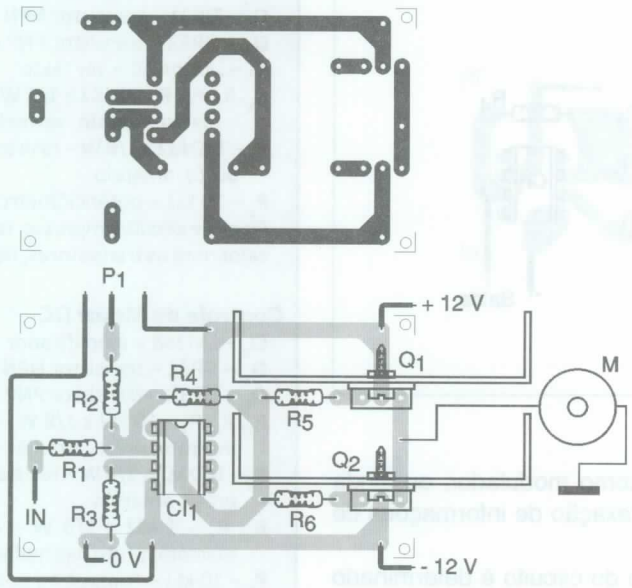
F3. Circuito do Controle Bidirecional DC.



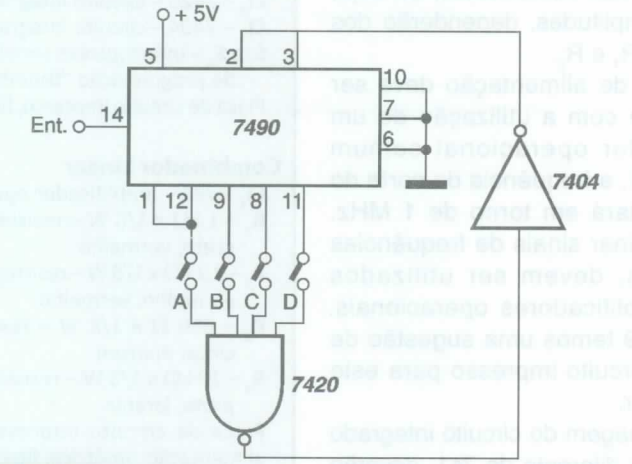
F4. Placa de circuito impresso do Controle Bidirecional DC.



F5. Circuito do Controle de Motor DC com conversor D/A.



F6. Placa de circuito impresso do Controle de Motor DC com conversor D/A.



F7. Circuito do Divisor Programável.

-se o espaço deixado para os dissipadores de calor dos transistores.

Na montagem, mantenha as trilhas das correntes principais largas o suficiente para que possam trabalhar com a corrente exigida pelo motor.

Controle de Motor DC por Conversor D/A

O controle de um motor de corrente contínua diretamente a partir de sinais digitais através de um conversor digital para analógico pode ser implementado com o circuito ilustrado na **figura 5**.

Neste circuito, os sinais analógicos (tensão) obtidos na saída do conversor D/A determinarão a condução dos transistores, e com isso tanto a potência aplicada ao motor como seu sentido de rotação.

A resolução do conversor D/A utilizado irá determinar a precisão no controle, lembrando que a faixa de valores de saída será simétrica, com o centro da escala significando 0 V ou motor parado. Isso ocorre porque a alimentação do motor é simétrica.

O ajuste correto dessa faixa pode ser conseguido através do *trimpot* ou potenciômetro de ajuste P_1. O circuito está especificado para motores de 12 V, mas motores de outras tensões na faixa de 6 a 15 V podem igualmente ser empregados.

A corrente máxima do motor para os transistores indicados é de 2 ampères.

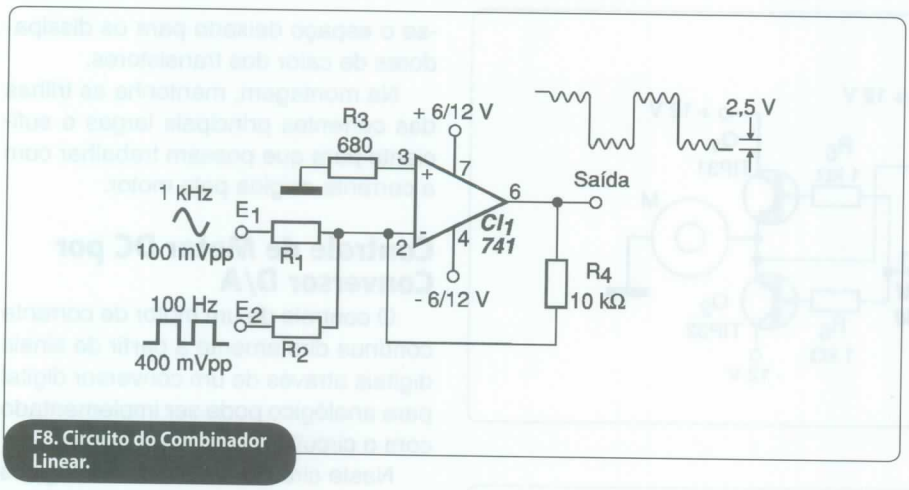
Na **figura 6** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para a montagem deste controle.

Observe que as trilhas que trabalham com as correntes mais intensas para o motor devem ser mais largas. Amplificadores operacionais equivalentes ao LM358 podem ser utilizados e o ganho do circuito pode ser alterado em R_4.

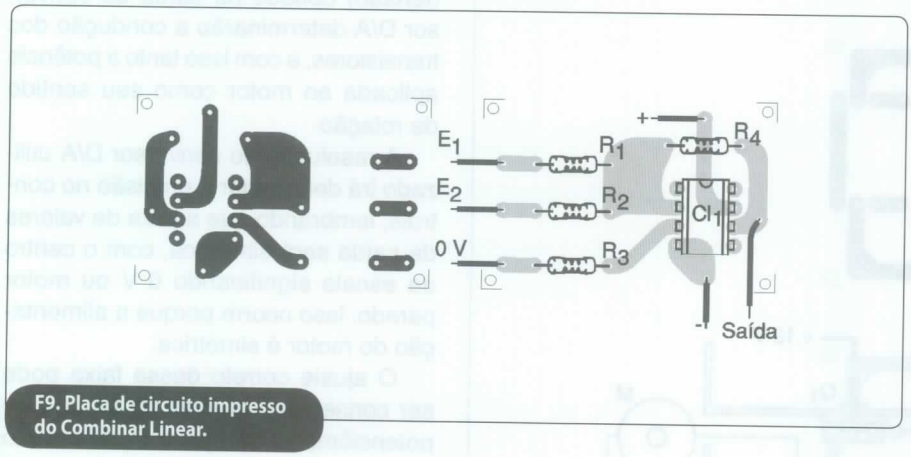
Divisor Programável

A divisão da contagem de pulsos por valores programáveis é um recurso que pode ser de grande utilidade no projeto de pequenas automações, inclusive na elaboração de CLPs simples a partir de circuitos lógicos convencionais.

O circuito exibido na **figura 7** faz a divisão dos pulsos de entrada por um



F8. Circuito do Combinador Linear.



F9. Placa de circuito impresso do Combinar Linear.

valor que depende da programação das chaves BCD: A, B, C e D.

Como o circuito utiliza componentes da família TTL, a alimentação deve ser feita com uma tensão de 5 V. A mesma ideia, entretanto, pode ser facilmente transferida para circuitos equivalentes de tecnologia CMOS, lembrando que o 7490 é contador divisor por 10.

Para os componentes indicados com TTLs rápidos a frequência máxima de entrada pode chegar aos 125 MHz. Como se trata de circuito para ser implementado como parte de outros projetos, não fornecemos a placa de circuito impresso.

Lembramos também que as portas não utilizadas do 7420 e 7404 podem ser aproveitadas com outras finalidades no mesmo projeto.

Combinador Linear

O circuito ilustrado na **figura 8** combina sinais de duas frequências, podendo ser empregado em instrumentação como modulador, ou ainda para multiplexação de informações de sensores.

O ganho do circuito é determinado pela relação entre R_4 e R_3, podendo o valor de R_4 ser alterado conforme a aplicação e a intensidade dos sinais de entrada. A maneira como os sinais de entrada são combinados, ou seja, as suas amplitudes, dependerão dos valores de R_1 e R_2.

A fonte de alimentação deve ser simétrica e com a utilização de um amplificador operacional comum como o 741, a frequência de corte do circuito estará em torno de 1 MHz. Para combinar sinais de frequências mais altas, devem ser utilizados outros amplificadores operacionais. Na **figura 9** temos uma sugestão de placa de circuito impresso para este combinador.

Se a pinagem do circuito integrado utilizado for diferente do 741, deverão ser feitas alterações na placa. T

Lista de Materiais

Sensor de Umidade

- Q_1, Q_2 – BC548 ou equivalentes – transistores NPN de uso geral
- D_1 – 1N4148 – diodo de uso geral
- K_1 – Relé de 6 ou 12 V sensível (até 100 mA – contatos conforme o circuito a ser controlado)
- X_1 – Sensor de umidade – ver texto
- R_1 – 10 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, laranja
- R_2 – 1 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, vermelho
- P_1 – 10 kΩ – trimpot

Fonte de alimentação, placa de circuito impresso, fios, solda, soquete para o relé etc.

Controle Bidirecional DC

- CI_1 – LM358 – amplificador operacional
- Q_1 – TIP31 – transistor NPN de potência
- Q_2 – TIP32 – transistor PNP de potência
- M – Motor DC – ver texto
- R_1, R_2, R_5, R_6 – 1 kΩ x 1/8 W – resistores – marrom, preto, vermelho
- R_4 – 100 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, amarelo
- P_1 – 10 kΩ – potenciômetro linear

Placa de circuito impresso, radiadores de calor para os transistores, fios, solda etc.

Controle de Motor DC

- CI_1 – LM358 – amplificador operacional
- Q_1 – TIP31 – transistor NPN de potência
- Q_2 – TIP32 – transistor PNP de potência
- R_1, R_2, R_3 – 10 kΩ x 1/8 W – resistores – marrom, preto, laranja
- R_4 – 100 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, amarelo
- R_5, R_6 – 1 kΩ x 1/8 W – resistores – marrom, preto, vermelho
- P_1 – 10 kΩ – trimpot ou potenciômetro

Placa de circuito impresso, radiador de calor para os transistores, fios, solda etc.

Divisor Programável

- CI_1 – 7490 – circuito integrado TTL
- CI_2 – 7420 – circuito integrado TTL
- CI_3 – 7404 – circuito integrado TTL
- S_1 a S_4 – Interruptores simples, ou chave de programação "thumbwell" BCD

Placa de circuito impresso, fios, solda etc.

Combinador Linear

- CI_1 – 741 – amplificador operacional
- R_1 – 1 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, vermelho
- R_2 – 2,2 kΩ x 1/8 W – resistor – vermelho, vermelho, vermelho
- R_3 – 680 Ω x 1/8 W – resistor – azul, cinza, marrom
- R_4 – 10 kΩ x 1/8 W – resistor – marrom, preto, laranja

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

Modulação e Transmissão em SSB

O modulador balanceado é a peça fundamental no processo de modulação em SSB. Há diversos tipos, sendo que o modulador balanceado em anel é o mais usado, como será visto no artigo. Além dessa função, também é muito utilizado em equipamentos profissionais, seja em moduladores, misturadores/conversores de frequência, multiplexadores para sistemas de transmissão de FM-estéreo e em muitas outras aplicações.

Francisco Bezerra Filho

Principais Características da Modulação em Amplitude – AM

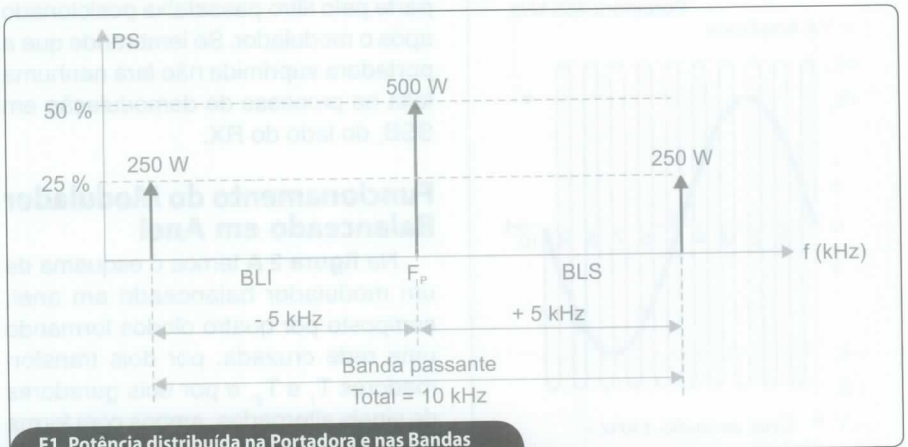
Quando modulamos uma portadora de RF em AM, considerando-se o índice de modulação de 100%, com uma potência total transmitida de 1000 W (1kW), neste caso, a potência será assim distribuída: 250 W em cada banda lateral e 500 W na portadora, totalizando os 1000 W, vide **figura 1**. Por outro lado, a transmissão AM ocupa uma largura no espectro de frequência de 10 kHz em torno da portadora, sendo 5 kHz para cada lado.

Só lembrando: na modulação AM, a informação a ser transmitida está contida nas duas bandas laterais, isto é, as duas bandas laterais contêm a mesma informação. Já no processo de demodulação AM, a portadora e uma das bandas laterais são eliminadas, sendo aproveitada só uma delas onde está contida a mensagem a ser recuperada.

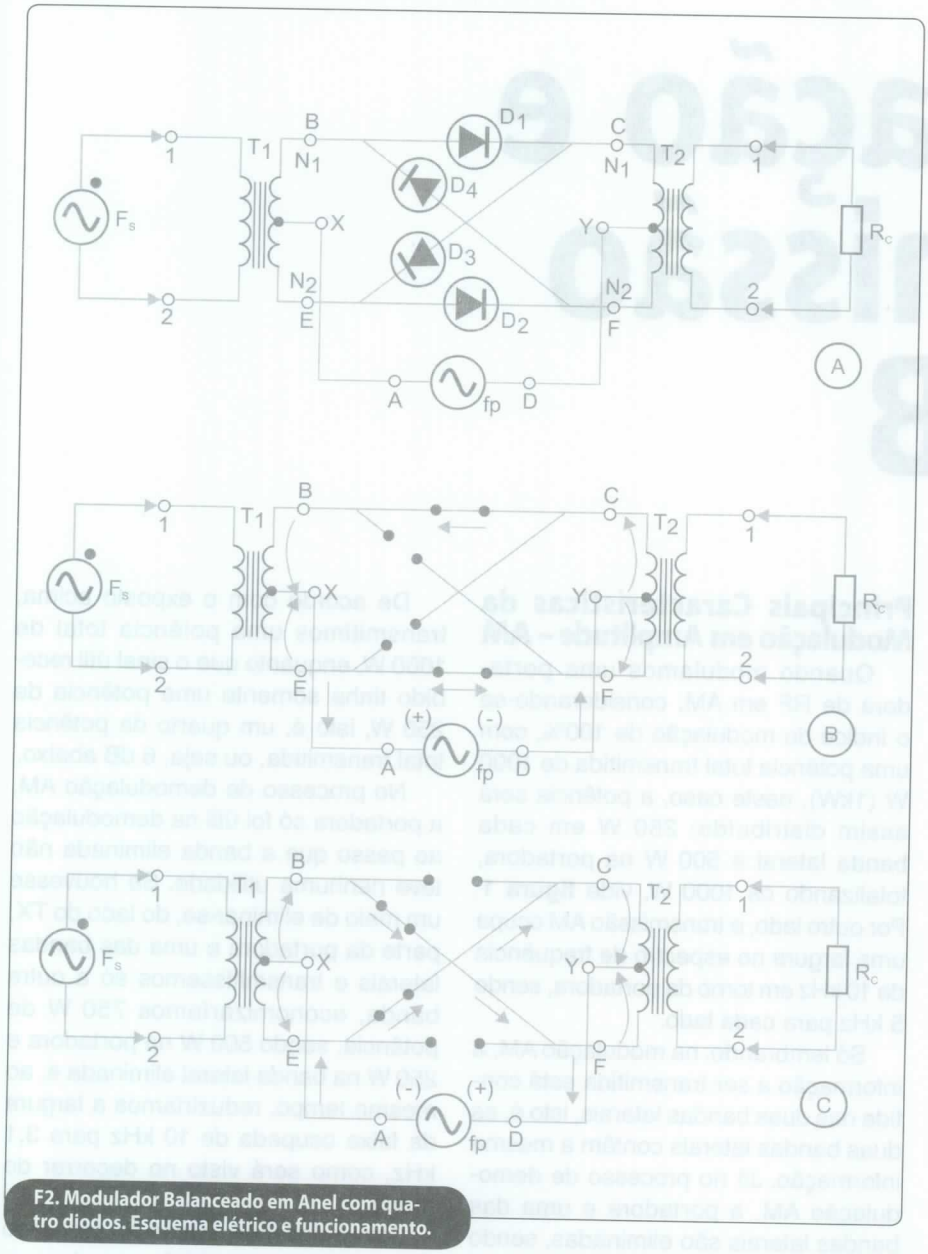
De acordo com o exposto acima, transmitimos uma potência total de 1000 W, enquanto que o sinal útil recebido tinha somente uma potência de 250 W, isto é, um quarto da potência total transmitida, ou seja, 6 dB abaixo.

No processo de demodulação AM, a portadora só foi útil na demodulação ao passo que a banda eliminada não teve nenhuma utilidade. Se houvesse um meio de eliminar-se, do lado do TX, parte da portadora e uma das bandas laterais e transmitíssemos só a outra banda, economizaríamos 750 W de potência, sendo 500 W na portadora e 250 W na banda lateral eliminada e, ao mesmo tempo, reduziríamos a largura da faixa ocupada de 10 kHz para 3,1 kHz, como será visto no decorrer do artigo.

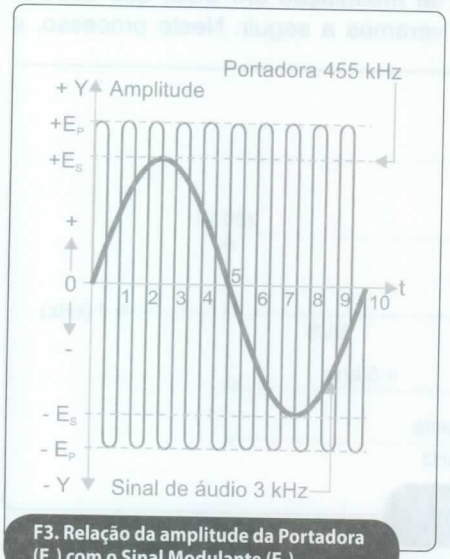
Isto é possível graças ao processo de modulação em SSB, que descreveremos a seguir. Neste processo, a



F1. Potência distribuída na Portadora e nas Bandas Laterais, e a Faixa ocupada. (Para P_S = 1000 W).



F2. Modulador Balanceado em Anel com quatro diodos. Esquema elétrico e funcionamento.



F3. Relação da amplitude da Portadora (E_P) com o Sinal Modulante (E_S).

supressão da portadora é realizada em parte pelo modulador balanceado e em parte pelo filtro passafaixa posicionado após o modulador. Só lembrando que a portadora suprimida não fará nenhuma falta no processo de demodulação em SSB, do lado do RX.

Funcionamento do Modulador Balanceado em Anel

Na **figura 2 A** temos o esquema de um modulador balanceado em anel, composto por quatro diodos formando uma rede cruzada, por dois transformadores T_1 e T_2, e por dois geradores de sinais alternados, ambos com forma de onda senoidal. O gerador Fs, aplicado ao primário de T_1, simula o sinal modulante Fs, e o gerador Fp, ligado aos pontos intermediários XY, simula a portadora. O transformador de entrada T_1 tem um CT (*Center Tap*) que divide o enrolamento do secundário em duas partes iguais, o mesmo acontecendo com o primário de T_2.

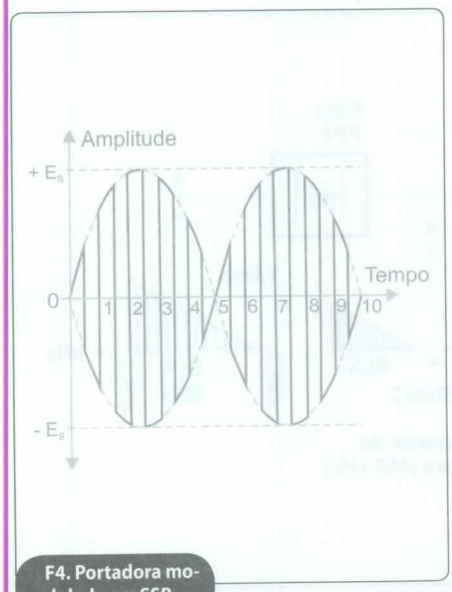
Para que a portadora seja cancelada é necessário que as duas metades dos enrolamentos, principalmente o primário de T_2, sejam exatamente iguais, não só em número de espiras como em capacitância distribuída em cada metade, indutância, resistência etc. Os dois transformadores são especiais, projetados para operar em alta frequência em torno de 455 kHz, para isso usam núcleos especiais, de ferroxcube ou de permaloide.

O sinal da portadora é injetado no ponto médio (CT), ponto XY dos dois transformadores, ao passo que o sinal modulante Fs é aplicado na entrada, ou seja, no primário de T_1. Para que os diodos sejam chaveados corretamente é necessário que a amplitude da portadora seja maior que a amplitude do sinal modulante (**figura 3**).

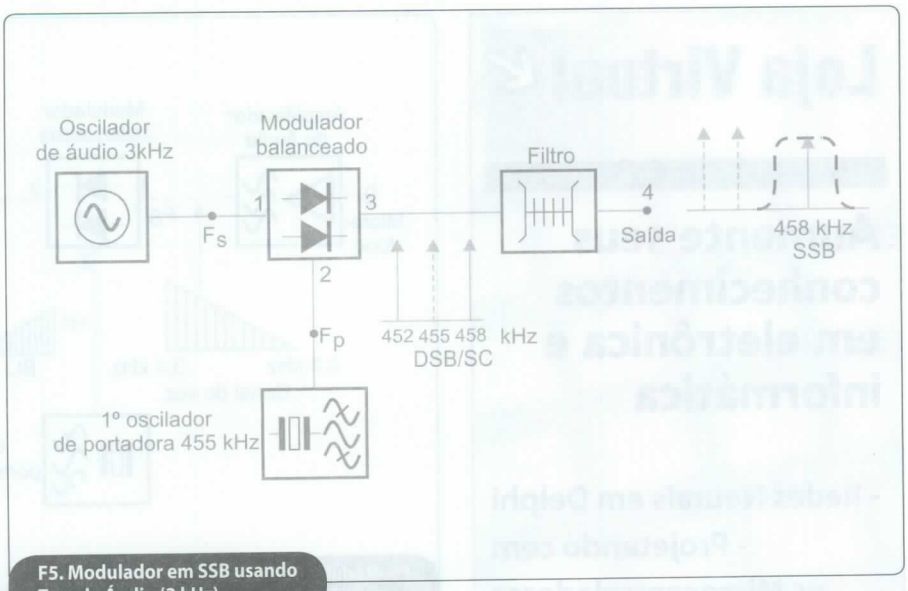
No semiciclo da portadora em que o polo A fica positivo e o D negativo, os diodos D_1 e D_2 ficam polarizados diretamente, conduzindo, equivalente a uma chave fechada e, ao mesmo tempo D_3 e D_4, estão polarizados inversamente, equivalente uma chave aberta (**figura 2 B**).

Nesta condição, a corrente da portadora irá circular através do circuito, saindo do polo D para o A. No ponto Y ela se divide em duas partes iguais, uma metade irá circular pela metade do enrolamento superior de T_1 e T_2 (malha DCBA) e a outra metade da corrente pela metade inferior, malha DFEA, juntando-se novamente no ponto X.

Supondo-se que os enrolamentos N_1 e N_2 do primário de T_2 sejam exatamente iguais ($N_1 = N_2$), como vimos acima, a corrente da portadora que irá circular por cada metade será igual em amplitude, mas defasadas de 180º, sendo que uma cancela a outra, com isso não haverá tensão da portadora induzida no secundário de T_2. A tensão que irá aparecer sobre a resistência de carga R_C, neste caso, será mínima.



F4. Portadora modulada em SSB.



F5. Modulador em SSB usando Tom de Áudio (3 kHz).

Pelo fato de D_1 e D_2 estarem conduzindo, torna-se um caminho de baixa resistência para o sinal modulante, aplicado no primário de T_1. Este passará do primário de T_1 para o secundário de T_2, aparecendo na saída sobre a resistência de carga R_C. No semiciclo seguinte da portadora, os polos do gerador inverterão a polaridade, ficando agora o polo A negativo e o D positivo (**figura 2 C**), os diodos D_1 e D_2 abertos e D_3 e D_4 conduzindo. Uma metade da corrente irá circular pela malha ABFD e a outra metade pela malha AECD, juntando-se novamente no ponto Y.

Pelo mesmo motivo visto acima, mais uma vez, a portadora será cancelada, aparecendo na carga, muito atenuada. Observe que neste semiciclo, o sinal modulante Fs passa para a saída através de D_3 e D_4, aparecendo na carga com polaridade oposta em relação ao semiciclo anterior (**figura 4**).

Pelo fato do sinal da portadora ser de alta frequência, Fp = 455 kHz, para cada ciclo do sinal modulante Fs = 3,4 kHz, temos aproximadamente dez ciclos da portadora, todos com polaridades alternadas, vide **figuras 3 e 4**. A função da tensão da portadora no processo de modulação em SSB é simplesmente chavear os diodos, permitindo que o sinal Fs aplicado à entrada apareça na saída, mas convertido por batimento em outras frequências, como será visto a seguir.

Modulação em SSB usando tom de Áudio

Na **figura 5** temos um circuito usado na modulação em SSB, formado por um modulador balanceado, por um oscilador de portadora operando em 455 kHz, por um oscilador de áudio operando em 3 kHz e por um filtro passafaixa.

Na entrada 1 do modulador é injetado a frequência do sinal modulante e na entrada 2 é injetado o sinal da portadora. Na saída 3 teremos três frequências, sendo: uma amostra da portadora de 455 kHz suprimida e as duas bandas laterais, sendo a banda lateral superior (BLS) formada pela soma de Fp e Fs: BLS = Fp + Fs = (455 + 3) = 458 kHz e pela banda lateral inferior (BLI) resultante da diferença: BLI = Fp – Fs = 455 – 3 = 452 kHz. Na saída do modulador, ponto 3, temos o sinal modulado em DSB/SC(*Double Side Band/Supressed Carrier*) ou seja, banda lateral dupla com a portadora suprimida.

Como podemos observar, na saída do demodulador, ponto 3, não aparece nem a frequência da portadora, mas sim, combinações por soma e subtração entre elas, resultando em duas outras frequências; 452 e 458 kHz. O filtro passafaixa, colocado logo após o modulador, elimina uma das bandas laterais, que pode ser tanto a superior como a inferior, juntamente com o residual da portadora. Normalmente os filtros, tanto o filtro mecânico como a cristal, muitos usados em modulação em SSB, já vêm cortados para selecionar a banda lateral superior.

Assim, na saída do filtro (ponto 4) já temos o sinal modulado em SSB (*Single Side Band*), ou seja, banda lateral singela. A portadora juntamente com a banda lateral inferior foram eliminadas, só restando a banda lateral superior com frequência de 458 kHz.

Modulação em SSB usando canal de voz

Na **figura 6** temos um exemplo de um modulador em SSB, que ao invés de tom de áudio, é modulado por um canal de voz com frequência reduzida de 0,3 a 3,4 kHz. Na saída do modulador, mais uma vez, teremos duas bandas laterais, sendo a superior formada pela soma da portadora com o canal de voz, ocupando uma faixa de 455,3 a 458,4 kHz e a outra, a inferior, formada pela diferença entre a portadora e o canal de voz, ocupando uma faixa de 454,7 a 451,6 kHz.

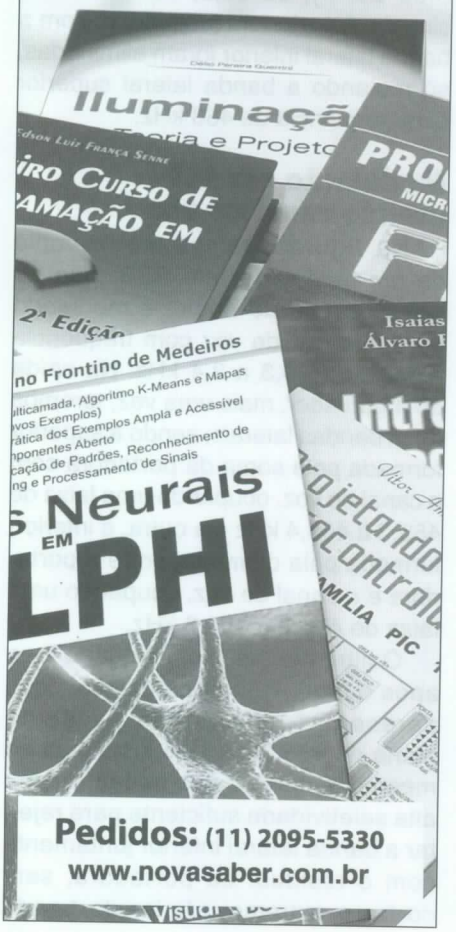
O filtro passafaixa, colocado logo após o modulador, neste caso, deve apresentar uma banda passante plana de 455,3 a 458,4 kHz, mas ao mesmo tempo, deve apresentar uma alta seletividade suficiente para rejeitar a banda lateral inferior juntamente com o residual da portadora, sem cortar o extremo inferior da banda

Loja Virtual

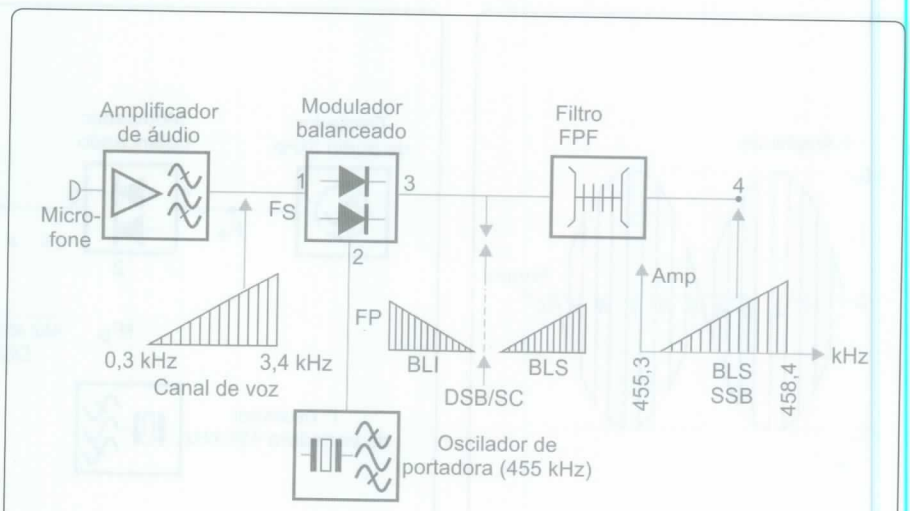
Aumente seus conhecimentos em eletrônica e informática

- Redes Neurais em Delphi
- Projetando com os Microcontroladores
- Iluminação
- Programando Microntroladores PIC
- Programação em C

e muito mais



Pedidos: (11) 2095-5330
www.novasaber.com.br



F6. Modulador em SSB usando Canal de Voz.

lateral superior. Na saída do modulador, ponto 3, temos as duas bandas laterais com a portadora suprimida, sinal modulado em DSB/SC. Após o filtro, ponto 4 (figura 6), já temos o sinal modulado em SSB pronto para ser transmitido.

Transmissor de Sinais Modulados em SSB

Na **figura 7** temos o diagrama em blocos de um transmissor para transmitir sinais modulados em SSB. Na entrada, ao invés de um oscilador de áudio, temos um microfone que capta o sinal de voz a ser transmitido. O amplificador de áudio posicionado na entrada tem três funções, que são: amplificar o sinal captado pelo microfone, equalizá-lo, ou seja, deixar a resposta a mais plana possível e por último, reduzir, através de um filtro limita faixa interno, o canal de voz de 20 Hz a 20 kHz para 0,3 a 3,4 kHz.

O controle de nível ou de "profundidade" da portadora, controla o nível do sinal de voz, aplicado ao modulador. O canal de voz com a faixa reduzida é aplicado a entrada 1 do modulador balanceado, na entrada 2 é injetado o sinal da portadora, na saída 3 temos novamente o sinal modulado em DSB/SC, o filtro colocado a seguir converte-o em SSB. O sinal da BLS, após ter sido selecionado, é amplificado através de um amplificador de FI sintonizado, com banda passante de 455,3 a 458,4 kHz, para um nível mais elevado.

Como esta frequência ainda não está dentro da faixa de onda curtas (3-30) MHz, o sinal de FI é aplicado a um segundo conversor de frequência, onde o sinal de FI é deslocado para a faixa de ondas curtas. O sinal modulado em SSB é aplicado a um amplificador de potência final de RF, sintonizado, sendo o sinal elevado para uma potência desejada entre 10 a 100 W (PEP) de onde é transmitido para o espaço.

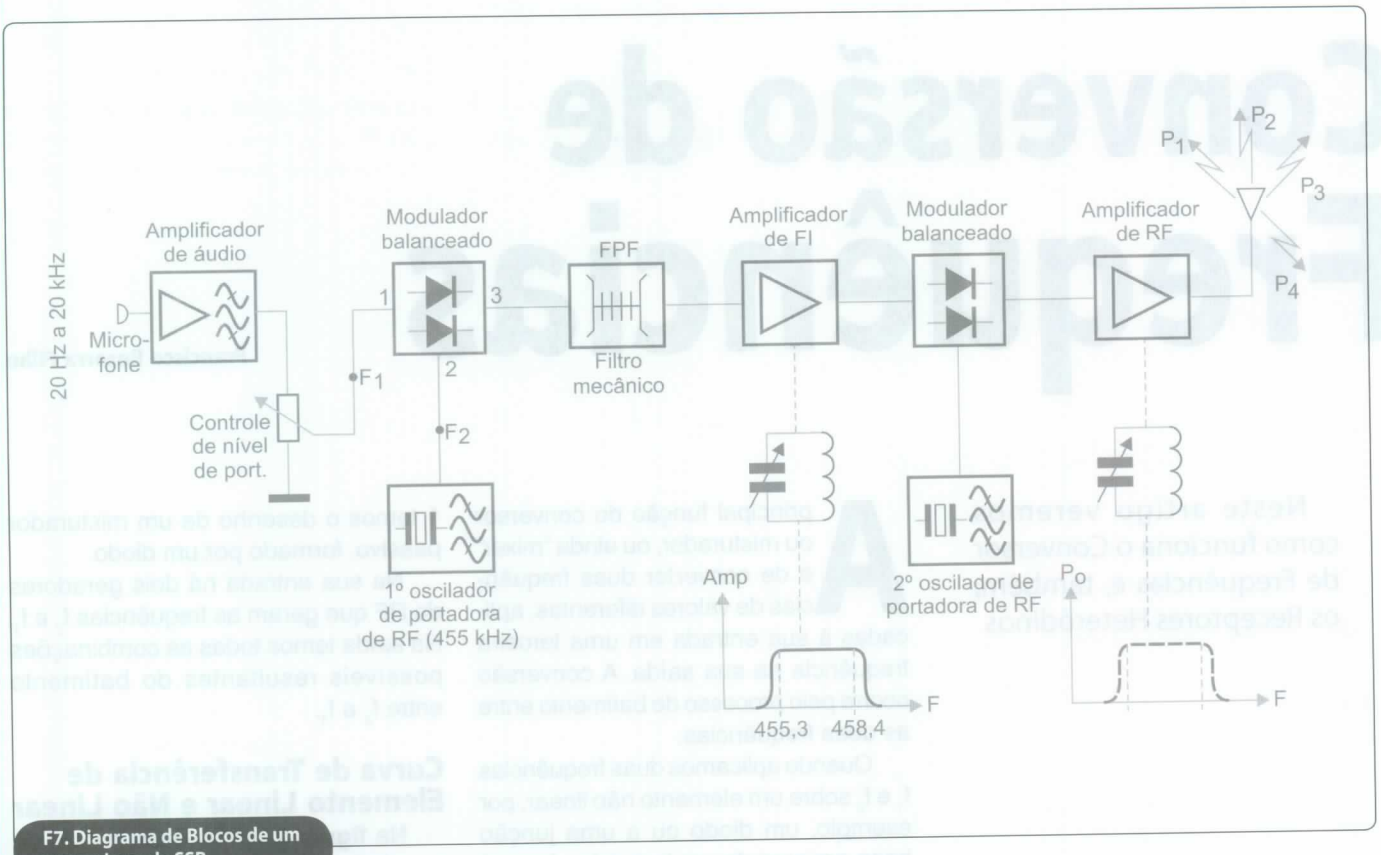
Conclusões

Veja nos itens que seguem as considerações finais deste artigo.

Faixa usada na comunicação em SSB

A comunicação em SSB é muito usada em ligações a longa distância, via rádio, como por exemplo em navios petroleiros ou de cargas, navegando em alto mar, para comunicar-se com suas bases em terra. Também é empregada por aviões de pequeno porte para comunicar-se com aeroportos distantes.

Por outro lado, a comunicação em ondas curtas não é confiável, não é a toda hora que se consegue completar a ligação. A comunicação dependerá da hora do dia, da altura e da densidade das camadas ionosféricas. Estas, por



F7. Diagrama de Blocos de um transmissor de SSB.

sua vez, são influenciadas diretamente pelas estações do ano e pelas manchas solares.

Economia na Potência Transmitida

Devido ao fato de que, durante o processo de modulação em SSB, a portadora e uma das bandas laterais terem sido eliminadas, a potência transmitida foi reduzida para um quarto da potência total, o que corresponde a uma redução de potência de 6 dB. Considerando-se que a faixa ocupada pelo sinal modulado em SSB é de apenas 3,1 kHz (3,4 – 0,3 = 3,1 kHz), reduzimos a faixa em 3 dB em relação à banda de AM (que era de 10 kHz) (figura 1). Por exemplo, para cobrir uma certa distância usando um TX modulado em AM, com 1 kW de potência, podemos cobrir a mesma distância com outro TX, modulado em SSB, com uma potência de apenas 100 W (PEP) ou menor.

A redução da potência é muito importante, principalmente em equipamento móveis ou embarcados, cuja o consumo de energia e peso são fatores muito importantes.

Faixa Ocupada no Espectro de Frequências

Como vimos, a comunicação em SSB era feita na faixa de ondas curtas. Nesta faixa há diversos sistemas operando um ao lado do outro, por exemplo radioamadores, empresas de exploração de petróleo e de mineração, emissoras de radiodifusão operando em ondas curtas e muitos outros serviços, ocupando todo o espectro de frequência, o que torna a faixa muito congestionada, com muitos sinais interferindo na mensagem recebida.

Conforme foi visto no processo de modulação AM, este ocupava uma faixa total de 10 kHz em torno da portadora, enquanto que a modulação em SSB ocupava uma faixa só de 3,1 kHz. Isto significa que no espectro de frequência, onde operava um sistema AM, podem operar dois sistemas em SSB funcionando em frequências diferentes.

Por outro lado, o sistema modulado em SSB opera em *semi-duplex*, tanto o TX como o RX de um mesmo lado operam na mesma frequência. Cada um opera em intervalos alternados.

Redução da Potência do Sinal Modulante

Na modulação AM, considerando-se a portadora de RF sem modulação, com uma potência de 1 kW, para que ocorra a modulação de 100 %, a potência do sinal modulante aplicado à entrada do modulador AM também deve ser de 1 kW.

Em SSB, a modulação ocorre em baixo nível, a amplitude do sinal modulante aplicado à entrada 1 do modulador balanceado (figura 6), é só de alguns volts, o que corresponde a uma enorme economia de potência.

Sigilo na Comunicação em SSB

Pelo fato do sistema modulado em SSB (TX + RX) usar tanto os moduladores como demoduladores especiais, o sinal modulado em SSB não pode ser recebido por qualquer receptor convencional, mas só por receptores apropriados para demodular sinais modulados em SSB, o que torna a comunicação em SSB altamente sigilosa. T

Conversão de Frequências

Francisco Bezerra Filho

Neste artigo veremos como funciona o Conversor de Frequências e, também, os Receptores Heteródinos

A principal função do conversor ou misturador, ou ainda "mixer" é de converter duas frequências de valores diferentes, aplicadas à sua entrada em uma terceira frequência na sua saída. A conversão ocorre pelo processo de batimento entre as duas frequências.

Quando aplicamos duas frequências f_1 e f_2 sobre um elemento não linear, por exemplo, um diodo ou a uma junção base-emissor de um transistor, haverá batimento entre as frequências. O batimento ocorre tanto pela soma, $f_2 + f_1$, como pela subtração, $f_2 - f_1$, aparecendo na saída além de f_2 e f_1, diversas outras frequências resultantes do batimento entre f_2 e f_1 também aparecem, assim como: $f_2 + f_1$; $f_2 - f_1$; $nf_2 + nf_1$ e $nf_2 - nf_1$, sendo *n* qualquer número inteiro maior ou igual a 2 ($n \geq 2$).

Os conversores são classificados em passivos, quando é usado como elemento não linear um diodo discreto, e ativos, quando é usado um transistor. Em ambos os casos, o elemento básico é qualquer elemento com característica de transferência não linear. Na **figura 1** temos o desenho de um misturador passivo, formado por um diodo.

Na sua entrada há dois geradores de RF que geram as frequências f_2 e f_1. Na saída temos todas as combinações possíveis resultantes do batimento entre f_2 e f_1.

Curva de Transferência de Elemento Linear e Não Linear

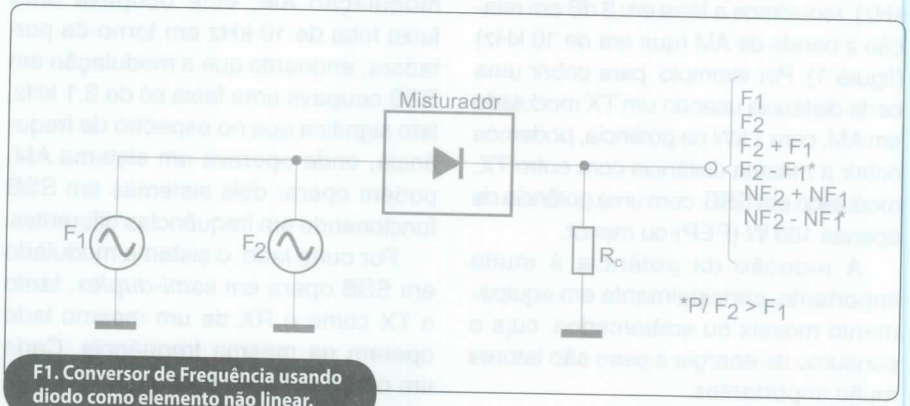
Na **figura 2** temos duas curvas de transferência, tensão vs. corrente, sendo a curva A válida para elemento linear e a curva B para elemento não linear. No eixo y ou vertical, temos a corrente que circula através do elemento em teste, e no eixo x ou horizontal vemos a tensão aplicada sobre o mesmo.

A reta A é válida para um elemento linear, um resistor ideal por exemplo, pois neste a corrente aumenta proporcionalmente à tensão aplicada sobre ele, resultando em uma reta ou uma linha, daí vem a expressão linear. Pelo fato da curva de transferência (V x I) de um resistor, tido como elemento linear, ser uma reta, ele não serve como conversor de frequência.

Adquira o mais completo livro sobre manutenção de fornos de micro-ondas do Autor, à venda na Gráfica D&F:

Rua Santa Efigênia, nº 295
1º andar – Sala 103

Fone: (011) 3337-2391
(falar com Fábio)



F1. Conversor de Frequência usando diodo como elemento não linear.

Já a curva B, por sua vez, representa a curva de transferência de um elemento não linear, um diodo ideal por exemplo. Como podemos observar, para as baixas tensões entre os intervalos 1 e 7, a corrente aumenta muito pouco com o aumento da tensão aplicada, só a partir do ponto 7 é que a corrente circulando através do diodo aumenta bruscamente com o aumento da tensão.

Como se vê na figura 2, a curva B, ao contrário da curva A, não é uma reta, mas sim, uma semi-hipérbole, servindo perfeitamente como um elemento conversor de frequências.

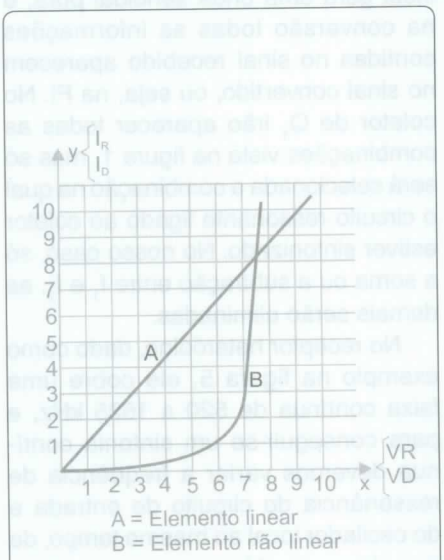
Funcionamento do Conversor de Frequências

Quando aplicamos duas frequências sobre um diodo, ambas senoidais, de preferência com a mesma amplitude, sendo f_2 diferente de f_1, considerando-se f_2 maior que f_1, neste caso, o diodo funciona como um somador algébrico de tensões, como se vê na **figura 3 B**.

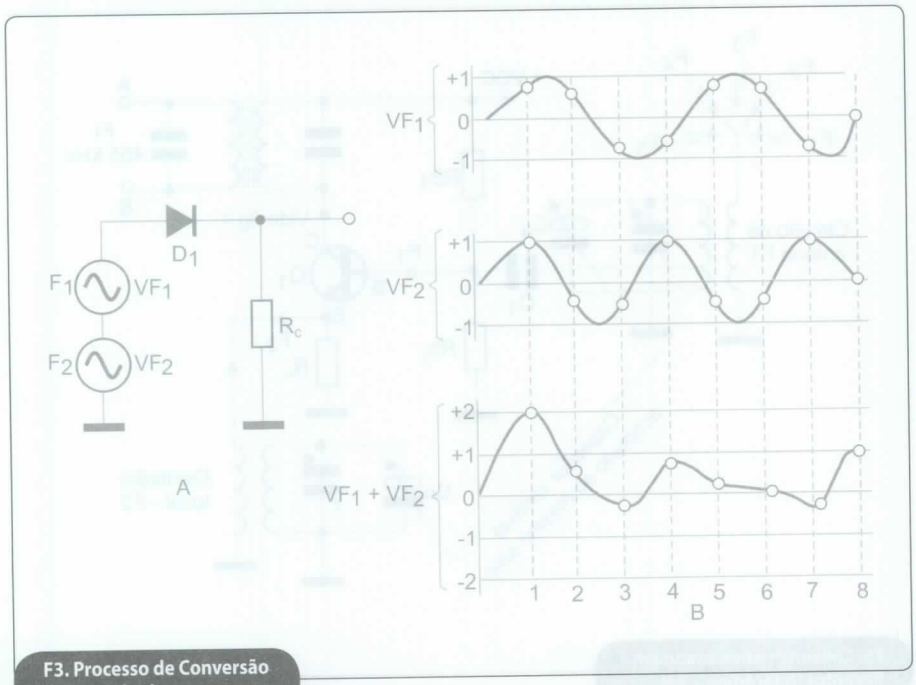
Na **figura 3 A**, temos o exemplo de um conversor de frequências funcionando como um somador algébrico, onde Vf_1 representa a amplitude do sinal f_1 e Vf_2 a amplitude do sinal f_2.

Quando os sinais senoidais são distribuídos aleatoriamente no tempo, se os níveis forem somados nos pontos de cruzamento das linhas verticais com as horizontais, vamos ter como resultado da soma uma onda senoidal toda deformada, como se observa na figura 3 B.

Quando decompomos uma onda senoidal deformada através de um analisador de espectro ou de um medidor de nível seletivo, vamos perceber que a mesma é formada por diversas frequências múltiplas inteiras de f_1 e f_2. De acordo com a análise da série de Fourier, o sinal resultante da soma e



F2. Curva de Transferência (VxI) válida para elemento linear e não linear.



F3. Processo de Conversão de Frequências.



da subtração entre f_1 e f_2, é formado por diversas combinações, compondo um espectro contínuo, conforme mostra a **figura 4**.

As combinações de frequências que estão posicionadas acima de f_1 e f_2, resultantes do batimento entre elas, são formadas pela soma; e as que estão abaixo são formadas pela subtração.

Se a resistência de carga R_C, vista na figura 1, fosse substituída por um circuito LC ressonante paralelo, sintonizado em uma das combinações de frequência, só esta seria selecionada e as demais rejeitadas.

Funcionamento dos Receptores Heteródinos

Nos receptores heteródinos também é usado o processo de batimentos de frequências, com o objetivo de reduzir a frequência recebida na antena para um frequência de valor mais baixo, pois, em uma frequência mais baixa é bem mais fácil o processo de amplificação e de filtragem da mesma.

Os receptores heteródinos de uma maneira geral, assim como os de AM, FM e os de TV, operam pelo processo de batimento entre a frequência do sinal recebido na antena com o sinal gerado pelo oscilador local (posicionado dentro do receptor), resultando em uma frequência intermediária (FI) mais baixa na saída.

Na **figura 5** temos um exemplo de receptor heteródino recebendo sinais modulados em AM, operando na faixa de 520 a 1625 kHz. Na base de Q_1 é injetada a frequência f_1 recebida na antena e no emissor é injetada a frequência f_2, gerada pelo oscilador local com forma de onda senoidal pura.

Só lembrando que: a junção base-emissor em um transistor (onde os sinais são injetados) é formada por um diodo, portanto um elemento não linear, onde ocorre a conversão. Na maioria dos receptores heteródinos, o transistor Q_1, visto nessa figura, exerce três funções ao mesmo tempo: amplificador de RF, oscilador e misturador.

Quando o batimento é por cima, o oscilador local deve operar 455 kHz acima da frequência do sinal recebido. Por exemplo, se o sinal recebido opera na frequência de 1000 kHz, neste caso, o oscilador local deve operar em: fo = (1000 + 455) = 1455 kHz.

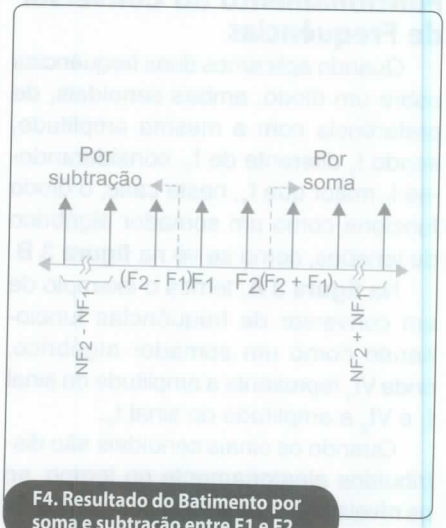
Se o batimento é por baixo, o oscilador local deve operar 455 kHz abaixo da frequência do sinal recebido, neste caso temos: fo = 1000 – 455 = 545 kHz.

Nos receptores heteródinos as informações estão contidas no sinal recebido na antena, por sua vez, o oscilador local gera uma onda senoidal pura, e na conversão todas as informações contidas no sinal recebido aparecem no sinal convertido, ou seja, na FI. No coletor de Q_1 irão aparecer todas as combinações vista na figura 1, mas só será selecionada a combinação na qual o circuito ressonante ligado ao coletor estiver sintonizado. No nosso caso, só a soma ou a subtração entre f_1 e f_2, as demais serão eliminadas.

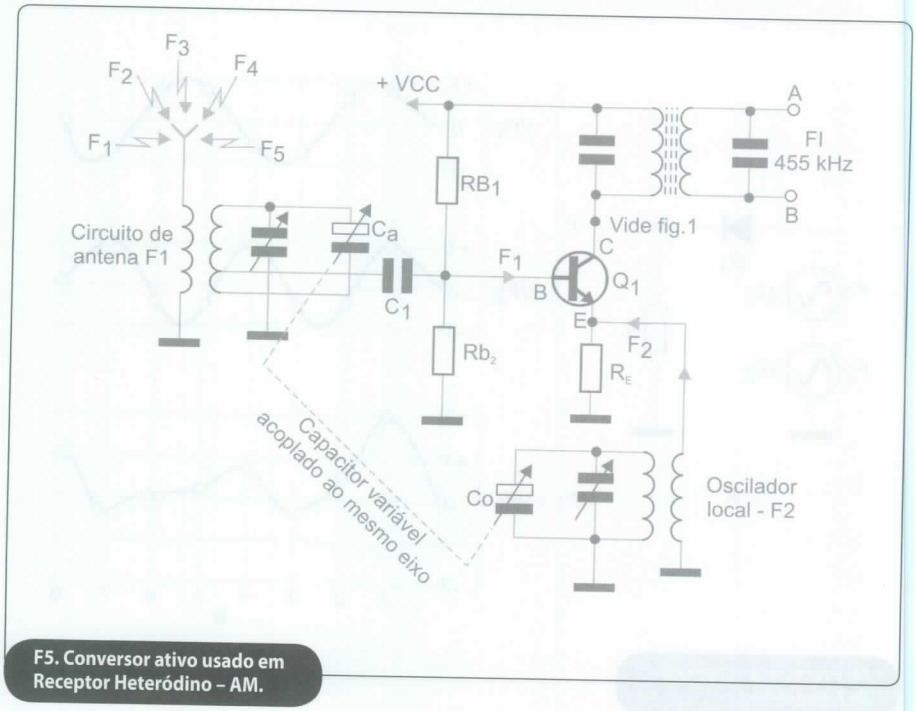
No receptor heteródino, dado como exemplo na figura 5, ele cobre uma faixa contínua de 520 a 1625 kHz, e para conseguir-se um sintonia contínua devemos variar a frequência de ressonância do circuito de entrada e do oscilador local ao mesmo tempo, de maneira que a diferença entre as duas frequências seja sempre de 455 kHz.

Para alcançarmos esse objetivo, devemos variar ao mesmo tempo a capacitância do capacitor variável, que faz parte dos circuitos ressonantes, tanto o da entrada como o oscilador local. Neste tipo de capacitor, as duas secções são comandadas pelo mesmo eixo mecânico, com isso, quando variamos o valor de uma secção, variamos o da outra também, de maneira que a diferença entre a frequência do sinal recebido e do oscilador local seja sempre constantes, elas variam juntas.

O exemplo dado acima era para receptor AM, mas o mesmo é válido para qualquer tipo de receptor heteródino, não importando a faixa de frequências em que ele opere.



F4. Resultado do Batimento por soma e subtração entre F1 e F2.



F5. Conversor ativo usado em Receptor Heteródino – AM.

Relés de Estado Sólido

Veja, neste artigo, o que são os relés de estado sólido e onde eles são empregados.

Newton C. Braga

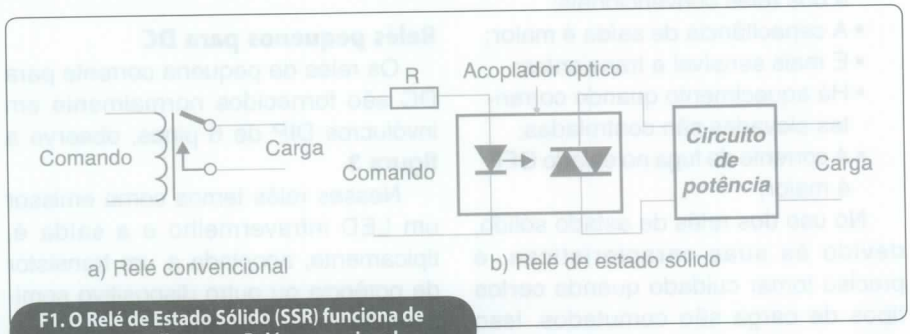
Os Relés de Estado Sólido, ou se adotarmos o nome em inglês *Solid-State Relays* (com a sigla SSR) são dispositivos semicondutores que têm as mesmas funções dos relés eletromecânicos convencionais: comutar circuitos de potências elevadas a partir de sinais de pequenas intensidades, conforme ilustra a **figura 1**.

Os relés de estado sólido derivam dos conhecidos optoacopladores ou "opto-couplers" que consistem em um emissor de luz (normalmente um LED infravermelho) e um fotossensor que pode ser um fototransistor, fotodiac, fotodiodo, ou qualquer outro dispositivo sensível à luz.

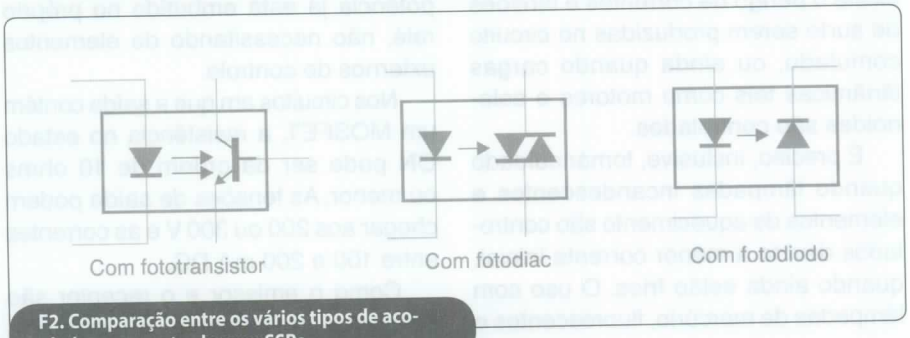
Originalmente utilizados para transferir sinais, os optoacopladores podem também ser usados para comutar cargas, e, então, temos o que se denomina de "relé de estado sólido".

No tipo comum de relé de estado sólido a bobina é substituída por um fotoemissor, geralmente um LED infravermelho e os contatos são substituídos por um dispositivo semicondutor sensível à luz como um fototransistor, fotodiodo, fotodiac, etc. O elemento sensível pode, nesse caso, ser usado para comutar um dispositivo de maior potência como, por exemplo, um TRIAC, um SCR ou mesmo um MOSFET de potência. Na **figura 2** vemos vários tipos de acopladores.

Os relés de estado sólido possuem características elétricas importantes em razão da velocidade de comutação e do isolamento, embora também



F1. O Relé de Estado Sólido (SSR) funciona de maneira semelhante ao Relé convencional.



F2. Comparação entre os vários tipos de acopladores encontrados nos SSRs.

tenham desvantagens. Assim, se compararmos os relés de estado sólido com os relés eletromecânicos tradicionais, veremos que os primeiros têm as seguintes vantagens:

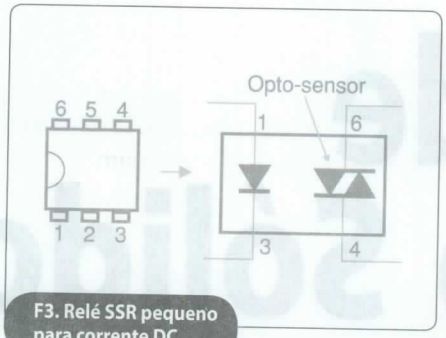
- Não possuem partes móveis;
- Não existem contatos que possam provocar arcos;
- Não existem materiais que se desgastam com o uso;
- Não há o problema do repique dos contatos (*bouncing*);
- Não há ruído acústico;
- Não há produção de EMI na comutação;
- A velocidade de comutação é maior;
- A vida útil é maior;
- Possuem uma faixa de tensões e correntes de operação maior;

No entanto, há também as desvantagens a serem consideradas, tais como:

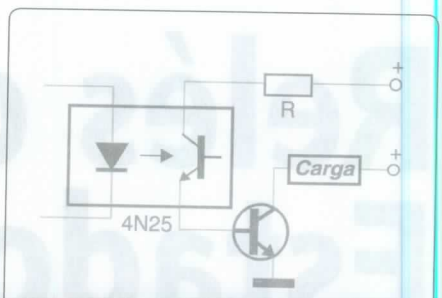
- O circuito de saída é sensível, podendo ser danificado por sobretensões;
- A saída precisa de tensão e corrente mínimas para operar;
- Em alguns casos, podem ser mais caros que os relés convencionais;
- Geralmente, está restrito à operação com um único polo;
- A resistência ON é maior do que a dos relés convencionais;
- A capacitância de saída é maior;
- É mais sensível a transientes;
- Há aquecimento quando correntes elevadas são controladas;
- A corrente de fuga no estado OFF é maior;

No uso dos relés de estado sólido, devido às suas características, é preciso tomar cuidado quando certos tipos de carga são comutados. Isso é válido para cargas indutivas, onde existe o perigo de correntes e tensões de surto serem produzidas no circuito comutado, ou ainda quando cargas dinâmicas tais como motores e solenoides são controlados.

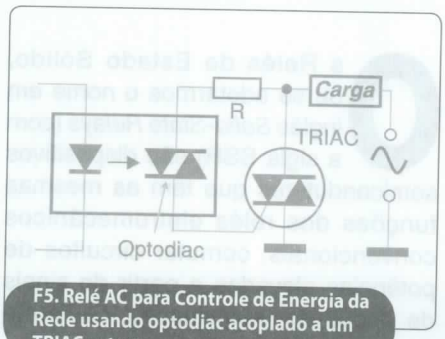
É preciso, inclusive, tomar cuidado quando lâmpadas incandescentes e elementos de aquecimento são controlados devido à menor corrente inicial, quando ainda estão frios. O uso com lâmpadas de mercúrio, fluorescentes e outros circuitos chaveados com altas indutâncias deve ser evitado.



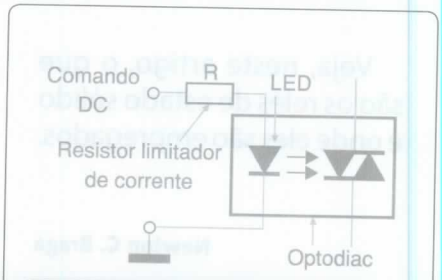
F3. Relé SSR pequeno para corrente DC.



F4. Aplicação do relé de estado sólido acoplado a um transistor de potência.



F5. Relé AC para Controle de Energia da Rede usando optodiac acoplado a um TRIAC externo.



F6. A escolha do resistor limitador de corrente para o relé depende do valor da sua tensão de controle.

Tipos de Relés de Estado Sólido

Há, basicamente, dois tipos de relés de estado sólido que são especificados de acordo com a aplicação. Vamos abordá-los nos itens a seguir.

Relés pequenos para DC

Os relés de pequena corrente para DC são fornecidos normalmente em invólucros DIP de 6 pinos, observe a **figura 3**.

Nesses relés temos como emissor um LED infravermelho e a saída é, tipicamente, acoplada a um transistor de potência ou outro dispositivo semicondutor, veja a **figura 4**.

Há casos em que o elemento de potência já está embutido no próprio relé, não necessitando de elementos externos de controle.

Nos circuitos em que a saída contém um MOSFET, a resistência no estado ON pode ser da ordem de 10 ohms ou menor. As tensões de saída podem chegar aos 200 ou 300 V e as correntes entre 100 e 200 mA DC.

Como o emissor e o receptor são acoplados opticamente, a resistência de isolamento é extremamente elevada, chegando a mais de 500 MΩ com tensões da ordem de 2 000 V ou mais.

Relés AC para Controle de Energia a partir da Rede

Os relés de estado sólido para aplicações em AC usualmente possuem *optodiacs* para serem ligados a um TRIAC externo. Na **figura 5** temos um dispositivo desse tipo. Em alguns casos, o TRIAC já pode estar embutido no próprio dispositivo.

A etapa de saída, quando possui um TRIAC embutido, normalmente pode manusear tensões de 24 a 250 V com correntes da ordem de 1 a 4 ampères.

Nos tipos em que existe o TRIAC embutido, deve ser considerado que há uma queda de tensão de 1 a 1,5 V nesse componente quando em condução. Esse fato é importante para se determinar o calor gerado no dispositivo ao controlar uma carga. Para efeitos de cálculo, pode-se estimar uma potência de 1,2 W para cada ampère de corrente conduzida.

A tensão de controle para esses relés varia tipicamente entre 3 e 30 V, dependendo dessa tensão a escolha do resistor limitador de corrente, conforme ilustra a **figura 6**.

A corrente de acionamento está entre 8 e 16 mA, tipicamente.

Da mesma forma que nos relés DC, como o acoplamento entre o emissor e o receptor é feito por luz, temos uma tensão de isolamento extremamente alta que pode ser da ordem de 2 000 volts ou mais.

Detector de Passagem Por Zero

Quando se trabalha com controles de potência ligados à rede de energia (AC), um fator importante no projeto é o instante em que a tensão passa por zero. Trata-se do ponto de "zero crossing" ou cruzamento por zero, observado na **figura 7**.

A detecção desse instante é importante porque ele serve de referência para a medida do ângulo de retardo ou ângulo de fase para o disparo do TRIAC, ou de outro elemento de controle. Os relés eletromecânicos não conseguem fazer essa detecção, mas para um relé de estado sólido isso é perfeitamente possível, veja o circuito simples da **figura 8**.

SCR e TRIAC como Relés

Os SCRs e TRIACs podem ser usados como relés controlando correntes alternadas mais intensas a partir de acopladores que possuam os elementos apropriados internamente, ou diretamente a partir de sinais aplicados às suas comportas (*gates*). Para o caso dos SCRs, como eles conduzem a corrente em um único sentido, precisamos empregar um artifício para o controle dos dois semiciclos.

Assim, na **figura 9** temos um circuito de relé semicondutor usando um SCR na configuração de meia onda e outro de onda completa.

Para o caso do TRIAC, temos um circuito de aplicação típico indicado na **figura 10**.

O tempo de comutação do circuito com TRIAC é extremamente rápido, menor que alguns microssegundos para cargas AC comuns. O valor de R_1 deve ser calculado de tal modo a se obter a corrente de disparo do TRIAC no início do semiciclo. O TRIAC utilizado neste circuito deve ter uma tensão de pico de pelo menos 200 V, se a rede for de 110 V, e pelo menos 350 V, se a rede for de 220 V.

Circuitos Práticos com Optoacopladores

No circuito anterior não existe um isolamento do componente controlado do circuito de controle, como acontece com um relé comum.

Para obtermos esse isolamento, é importante o uso do optoacoplador.

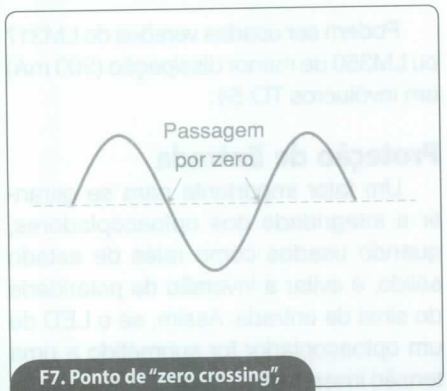
Assim, um primeiro cuidado para se projetar um relé de estado sólido é saber como o optoacoplador deve ser excitado.

A configuração mais simples para essa excitação é a exibida na **figura 11**.

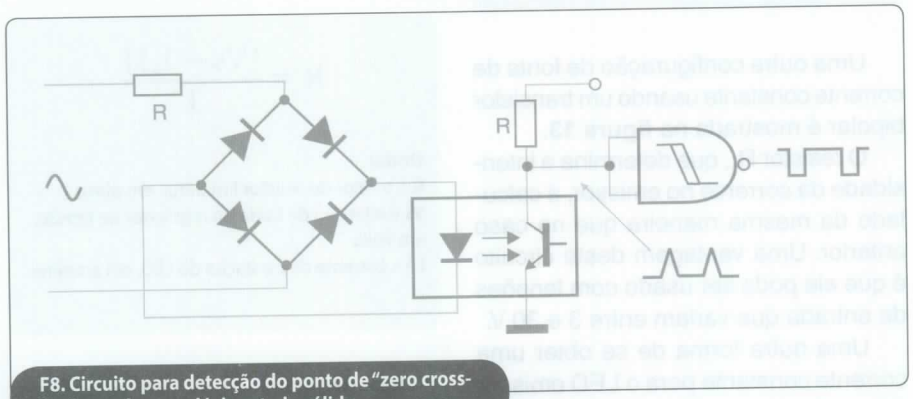
Levando em conta que a queda de tensão no LED emissor interno é da ordem de 1,5 V, o resistor R_1 é calculado pela seguinte fórmula:

$$R_1 = \frac{(V - 1{,}5)}{I}$$

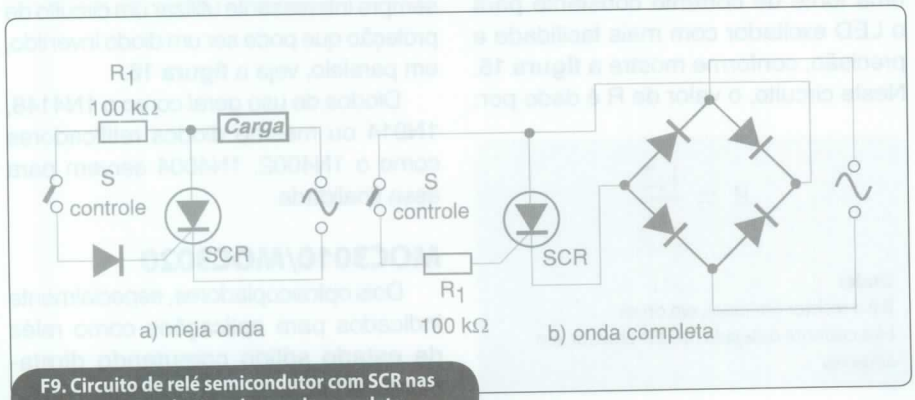
Onde:
R_1 é o valor da resistência de entrada, em ohms
V é a tensão de entrada
I é a corrente necessária à excitação do fotossensor do optoacoplador.



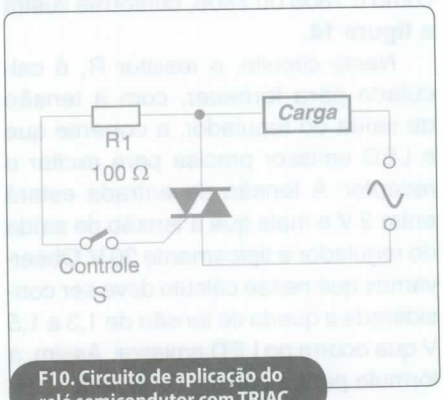
F7. Ponto de "zero crossing", ou cruzamento por zero.



F8. Circuito para detecção do ponto de "zero crossing" usando um relé de estado sólido.



F9. Circuito de relé semicondutor com SCR nas configurações de ½ onda e onda completa.



F10. Circuito de aplicação do relé semicondutor com TRIAC.

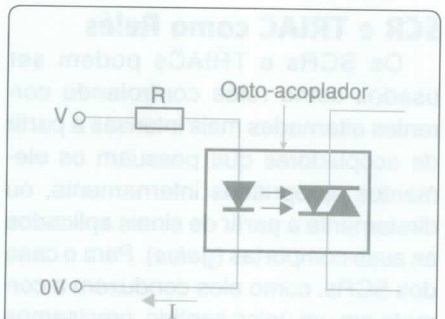
Observe que nesta aplicação é preciso que o sinal de controle (V) seja fixo, uma vez que uma variação muito grande pode implicar na não excitação do relé, ou ainda numa sobrecarga do LED emissor.

O ideal, para permitir que o emissor trabalhe com uma faixa mais ampla de tensões de entrada, consiste em se ter um circuito excitador que forneça uma corrente constante. Para isso, existem diversas possibilidades. A primeira delas é a mostrada na **figura 12** e faz uso de um transistor NPN de uso geral como o BC548.

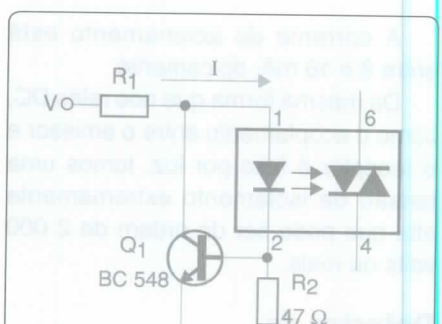
Neste circuito, o resistor R_2 determina a intensidade da corrente, o que significa que seu valor deve ser determinado a partir das características do emissor do optoacoplador. R_2 é calculado pela seguinte fórmula:

$$R_2 = \frac{0,7}{I}$$

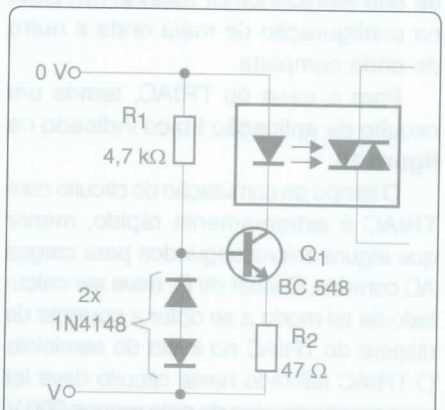
Onde:
R_2 é a resistência (em ohms) deste componente
I é a intensidade da corrente no LED emissor.



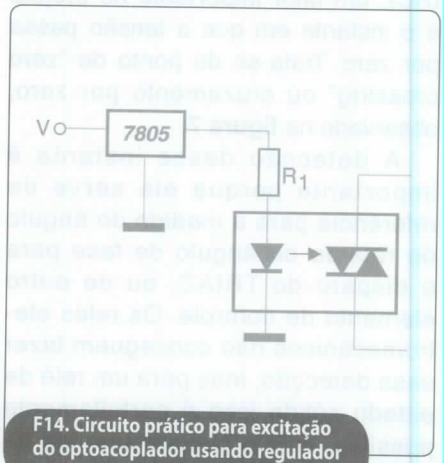
F11. Circuito simples para excitação do optoacoplador.



F12. Circuito prático para excitação do optoacoplador.



F13. Circuito prático com fonte de corrente constante através de um transistor NPN.



F14. Circuito prático para excitação do optoacoplador usando regulador fixo de tensão.

Uma outra configuração de fonte de corrente constante usando um transistor bipolar é mostrada na **figura 13**.

O resistor R_2, que determina a intensidade da corrente no emissor, é calculado da mesma maneira que no caso anterior. Uma vantagem deste circuito é que ele pode ser usado com tensões de entrada que variam entre 3 e 30 V.

Uma outra forma de se obter uma corrente constante para o LED emissor é usando um regulador fixo de tensão como o 7805 ou 7806, conforme ilustra a **figura 14**.

Neste circuito, o resistor R_1 é calculado para fornecer, com a tensão de saída do regulador, a corrente que o LED emissor precisa para excitar o receptor. A tensão de entrada estará entre 2 V a mais que a tensão de saída do regulador e tipicamente 30 V. Observamos que nesse cálculo deve ser considerada a queda de tensão de 1,3 a 1,5 V que ocorre no LED emissor. Assim, a fórmula para o cálculo de R será:

$$R = \frac{(Vs - 1,5)}{I}$$

Onde:
R é o valor do resistor limitador, em ohms
Vs é a tensão de saída do regulador de tensão, em volts
I é a corrente de excitação do LED, em ampères.

No entanto, com um regulador ajustável de tensão, é possível elaborar uma fonte de corrente constante para o LED excitador com mais facilidade e precisão, conforme mostra a **figura 15**. Neste circuito, o valor de R é dado por:

$$R = \frac{1,2}{I}$$

Onde:
R é o resistor limitador, em ohms
I é a corrente desejada no LED emissor, em ampères

Podem ser usadas versões do LM317 ou LM350 de menor dissipação (200 mA) em invólucros TO-54.

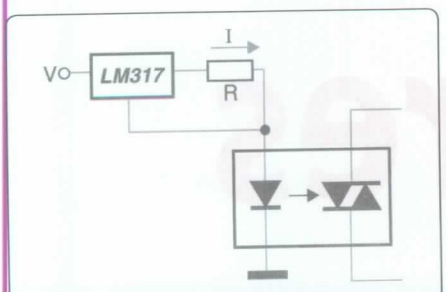
Proteção de Entrada

Um fator importante para se garantir a integridade dos optoacopladores, quando usados como relés de estado sólido, é evitar a inversão da polaridade do sinal de entrada. Assim, se o LED de um optoacoplador for submetido a uma tensão inversa de mais de 3 V, ele poderá queimar-se. Para evitar que ocorra isso, é sempre interessante utilizar um circuito de proteção que pode ser um diodo invertido, em paralelo, veja a **figura 16**.

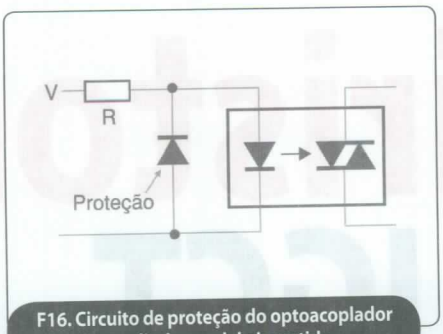
Diodos de uso geral como o 1N4148, 1N914 ou mesmo diodos retificadores como o 1N4002, 1N4004 servem para essa finalidade.

MOC3010/MOC3020

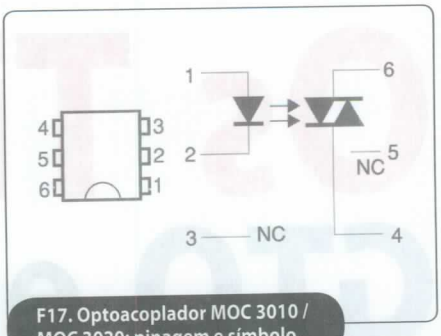
Dois optoacopladores, especialmente indicados para aplicações como relés de estado sólido comutando diretamente TRIACs de alta potência, são os



F15. Circuito de excitação do optoacoplador com um regulador ajustável de tensão.



F16. Circuito de proteção do optoacoplador usando um diodo paralelo invertido.

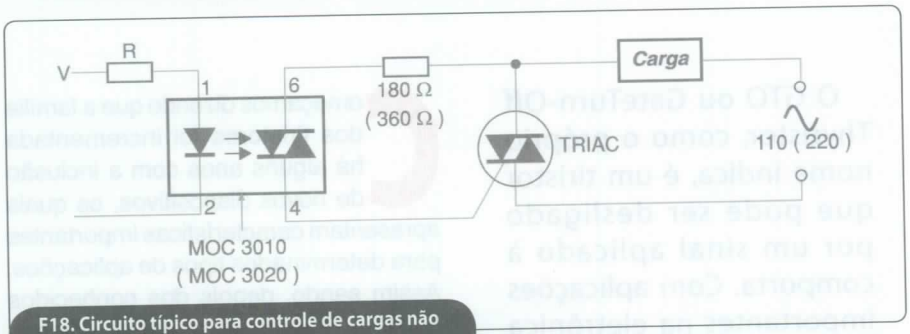


F17. Optoacoplador MOC 3010 / MOC 3020: pinagem e símbolo.

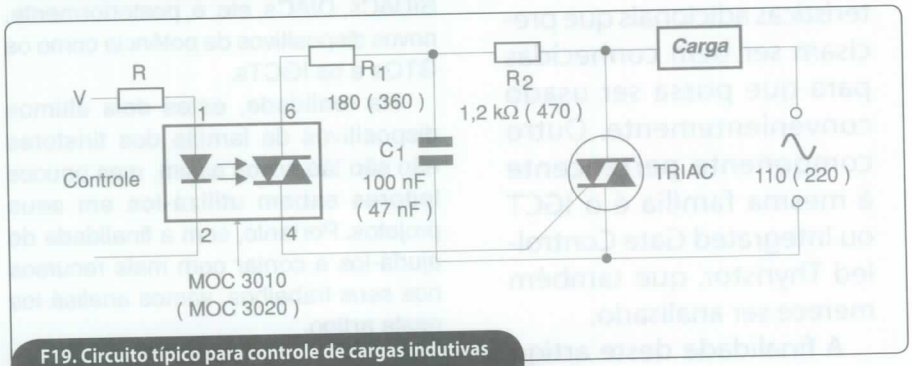
MOC3010 e MOC3020. O MOC3010 é indicado para aplicações na rede de 110 V, enquanto que o MOC3020 para a rede de 220 V. Esses componentes, cuja pinagem e circuito equivalentes são mostrados na **figura 17**, possuem algumas variações que se diferenciam apenas pela corrente no LED para a excitação.

Conforme podemos ver, esses componentes possuem optodiacs que são disparados diretamente pela luz emitida pelo LED infravermelho. O MOC3010 precisa de uma corrente de 8 mA para produzir o disparo (os de números mais altos são mais sensíveis, chegando a 3 mA para o MOC3012). Para o MOC3020, a corrente é 15 mA.

Para o MOC3010 e para o MOC3020, temos o circuito típico para cargas não indutivas apresentado na **figura 18**. Os valores entre parênteses são para o caso do MOC3020. Se a carga for indutiva, deverá ser usado o circuito da **figura 19**.



F18. Circuito típico para controle de cargas não indutivas com o MOC 3010 (ou MOC 3020).



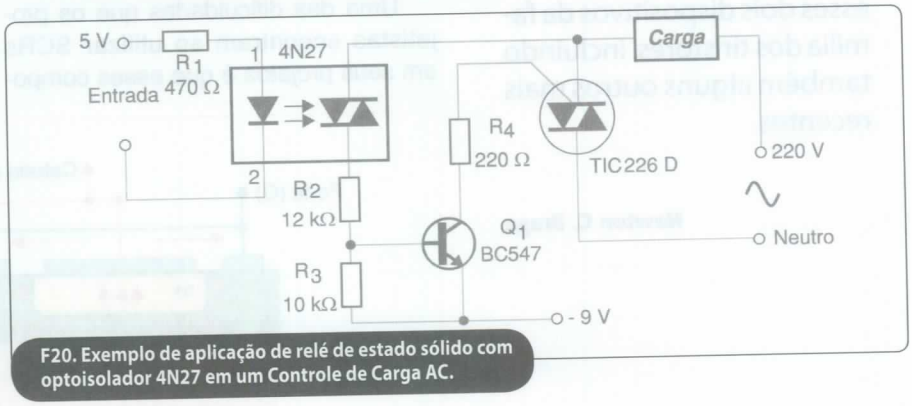
F19. Circuito típico para controle de cargas indutivas com o MOC 3010 (ou MOC 3020).

Configurações com Semicondutores Comuns

Optoisoladores como o 4N27, que usa em seu interior como elemento receptor um transistor comum, também podem ser usados em relés de estado sólido.

Na **figura 20** temos um circuito típico em que um BC547 é utilizado para amplificar o sinal do fototransistor e disparar um TRIAC ligado na rede de 220 V.

Observe que este circuito precisa de uma alimentação auxiliar de 9 V para alimentar o circuito excitador. Ele precisa de uma corrente da ordem de 60 mA para disparar o TRIAC.



F20. Exemplo de aplicação de relé de estado sólido com optoisolador 4N27 em um Controle de Carga AC.

Conclusão

Os relés de estado sólido têm uso cada vez mais frequente nos equipamentos industriais de todos os tipos. Conhecendo suas configurações básicas, o profissional não só pode saber como fazer o diagnóstico de seu circuito, mas também projetar um relé para uma aplicação mais específica. Mais do que isso, ele será capaz de substituir um relé convencional (eletromecânico) por um relé de estado sólido com vantagens, quando isso for possível.

Vimos neste artigo foi apenas um apanhado das configurações possíveis em que esses relés podem ser encontrados. T

Os Tiristores
GTO e IGCT

O GTO ou GateTurn-Off Thyristor, como o próprio nome indica, é um tiristor que pode ser desligado por um sinal aplicado à comporta. Com aplicações importantes na eletrônica de potência, ele têm características adicionais que precisam ser bem conhecidas para que possa ser usado convenientemente. Outro componente pertencente à mesma família é o IGCT ou Integrated Gate Controlled Thyristor, que também merece ser analisado.

A finalidade deste artigo é mostrar como funcionam esses dois dispositivos da família dos tiristores, incluindo também alguns outros mais recentes.

Newton C. Braga

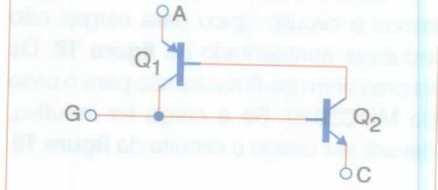
Começamos dizendo que a família dos tiristores foi incrementada há alguns anos com a inclusão de novos dispositivos, os quais apresentam características importantes para determinados tipos de aplicações. Assim sendo, depois dos conhecidos SCRs e TRIACs, surgiram os dispositivos de disparo como os SBSs, SUS, SIDACs, DIACs, etc. e, posteriormente, novos dispositivos de potência como os GTOs e os IGCTs.

Na realidade, estes dois últimos dispositivos da família dos tiristores não são tão novos assim, mas poucos leitores sabem utilizá-los em seus projetos. Portanto, com a finalidade de ajudá-los a contar com mais recursos nos seus trabalhos, vamos analisá-los neste artigo.

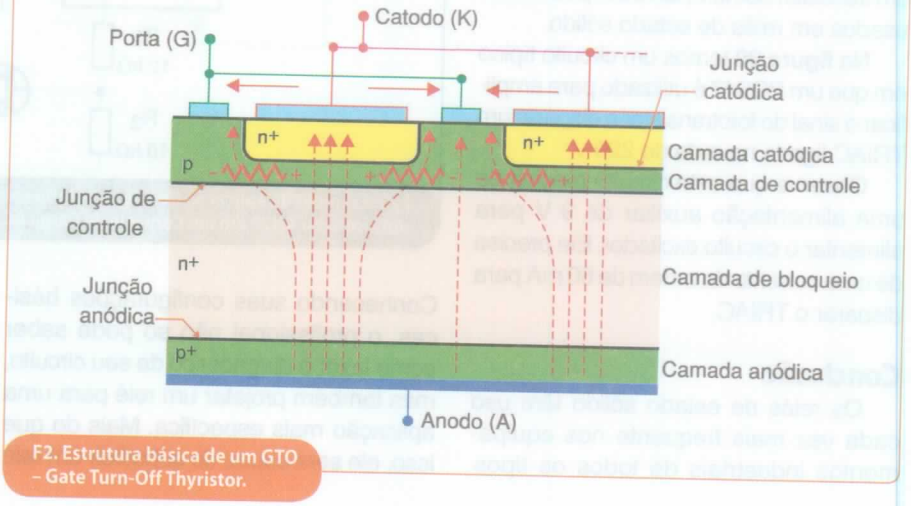
O GTO

Uma das dificuldades que os projetistas encontram ao utilizar SCRs em seus projetos é que esses componentes, uma vez disparados, assim se mantêm mesmo depois que o sinal de comporta tenha desaparecido. Esse comportamento deve-se justamente à sua estrutura, equivalente a dois transistores que se realimentam, observe a **figura 1**.

Conforme podemos ver, não adianta aplicar uma corrente negativa na comporta, pois ela simplesmente não atua sobre o transistor equivalente de realimentação de modo a impedir que ele continue conduzindo. O único meio de



F1. O SCR é equivalente a dois transistores que se realimentam.



F2. Estrutura básica de um GTO – Gate Turn-Off Thyristor.

se desligar esse circuito é fazendo com que a corrente principal caia abaixo do valor de manutenção.

No caso de um GTO, o que se faz é estruturar o componente de uma forma diferente de um SCR comum, conforme ilustra a **figura 2**.

Essa estrutura leva a um componente que apresenta as seguintes diferenças em relação a um SCR comum:

As interconexões das camadas de controle são mais finas, minimizando a distância entre a porta e o centro das regiões catódicas e aumentando assim o perímetro das regiões da porta.

Existem regiões n- que curto-circuitam as regiões anódicas de modo a acelerar o desligamento.

A tensão de ruptura inversa é muito baixa.

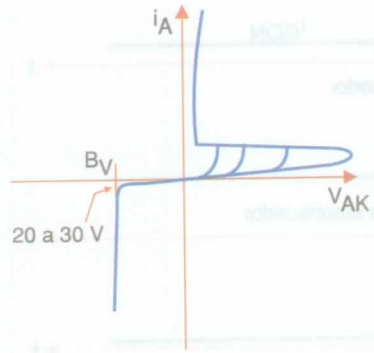
O resultado disso é o GTO, um componente cujas curvas características são apresentadas na **figura 3**.

Como se trata de um tipo especial de SCR, o seu símbolo é semelhante ao deste, observando-se apenas a indicação de que ele pode ser desligado por um sinal aplicado à comporta. Na **figura 4** exibimos os dois símbolos adotados para representar esse componente.

O disparo de um GTO, assim como seu desligamento, devem ser feitos com circuitos e formas de onda apropriadas. Na **figura 5** temos o circuito usado para essa finalidade, onde se observa a necessidade de uma tensão negativa para o desligamento. Assim, nos circuitos com GTOs devem ser utilizados circuitos de disparo simétricos.

A **figura 6** mostra as formas de onda que devem ser aplicadas para que tenhamos a melhor maneira de disparar um GTO. Veja que, para disparar o GTO é preciso aplicar um sinal que tenha uma subida rápida, ou seja, um di/dt elevado. Se o sinal for lento, apenas uma parte do dispositivo entrará em condução, com uma distribuição desigual da energia, o que poderá causar a queima do dispositivo.

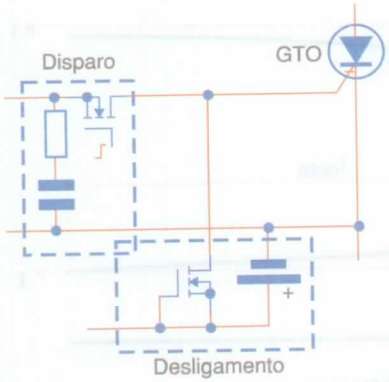
Uma vez que a condução esteja estabelecida, deixa-se uma corrente I_{GON} de manutenção circulando, para se assegurar que o dispositivo não desligue espontaneamente. Para levar o GTO ao corte, deve ser aplicada



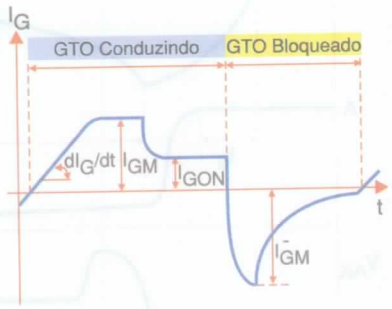
F3. Curvas características de um GTO.



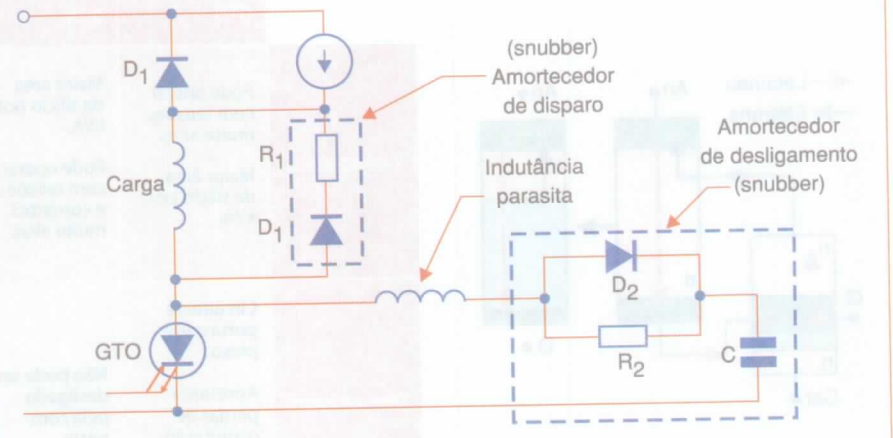
F4. Os dois símbolos adotados para representar um GTO.



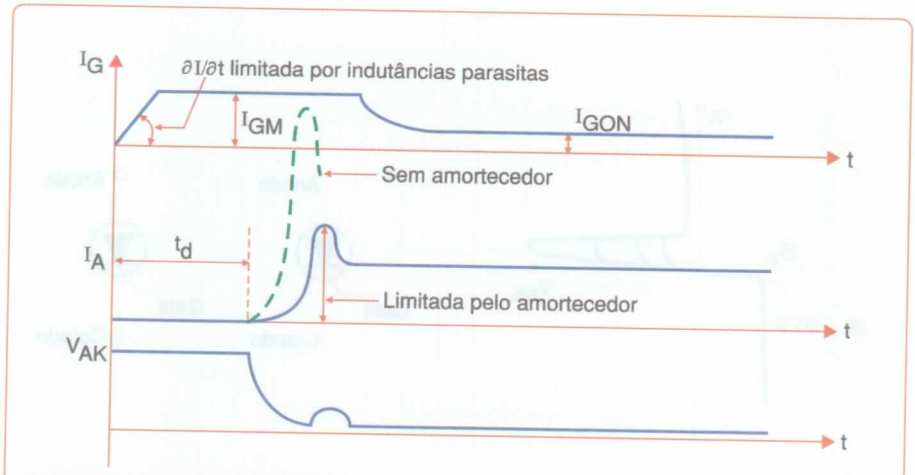
F5. Circuito para disparo e/ou desligamento de um GTO.



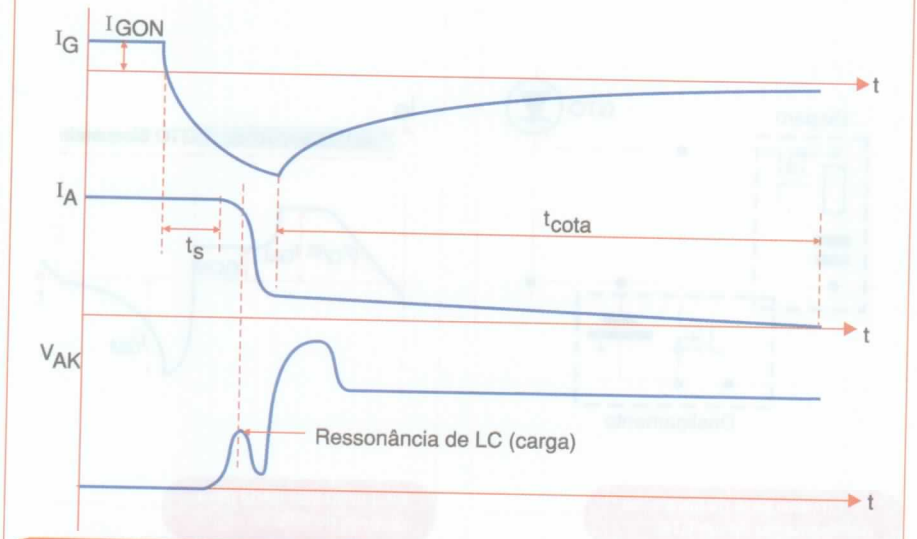
F6. Formas de onda para disparo do GTO.



F7. Circuito de aplicação do GTO com carga indutiva.



F8. Formas de onda num circuito com GTO quando ele é disparado.



F9. Formas de onda num circuito com GTO quando ele é desligado.

uma corrente I_G elevada, cuja intensidade depende das características do dispositivo.

Essa corrente é interrompida tão logo o dispositivo desligue. No entanto, deve ser mantida por algum tempo uma tensão negativa na comporta, para se evitar que o GTO venha a ligar de forma espontânea.

Na **figura 7** temos um circuito típico para aplicação de um GTO, em uma carga indutiva.

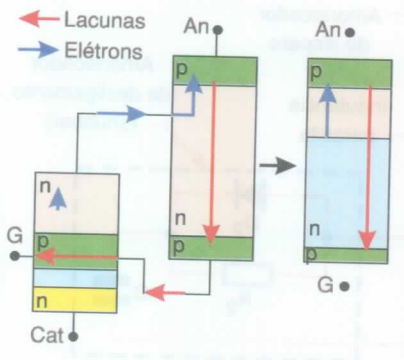
Observe a existência de dois circuitos amortecedores ou "snubbers" nessa aplicação. O primeiro deles é ligado em paralelo com a carga e tem por finalidade limitar a velocidade de subida da corrente anódica no disparo. Valores muito altos dessa corrente podem levar a pastilha a um curto .

O segundo é ligado em paralelo com o GTO e consiste de um amortecedor para o desligamento, como ocorre normalmente nas aplicações com tiristores. Sua finalidade é limitar a velocidade de subida da tensão anódica, quando uma carga indutiva é desligada.

Na **figura 8** detalhamos as formas de onda que aparecem num circuito com GTO, quando ele é disparado.

Observe que a taxa de crescimento da corrente de comporta I_G é limitada pela presença de indutâncias parasitas em seu circuito.

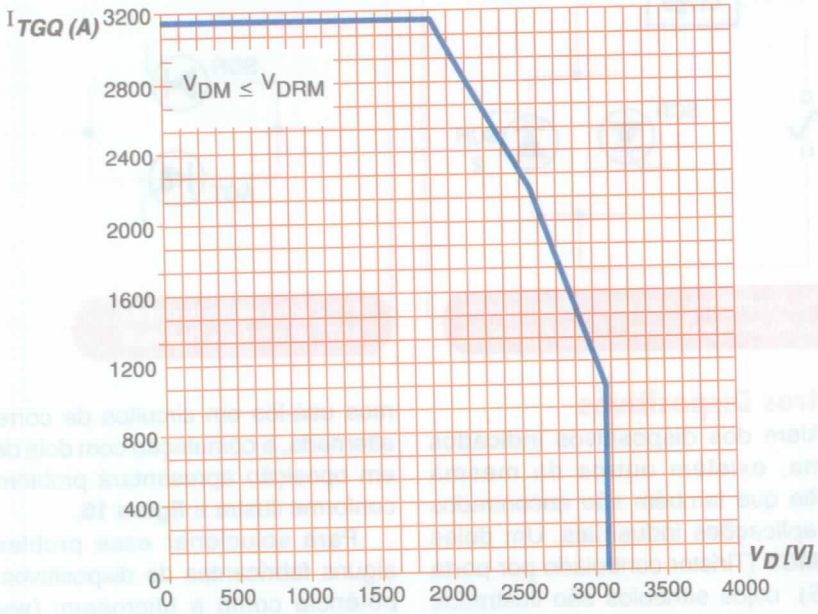
A corrente de anodo (I_A), por outro lado, tem seu valor limitado pelo circuito amortecedor. Para o desligamento,



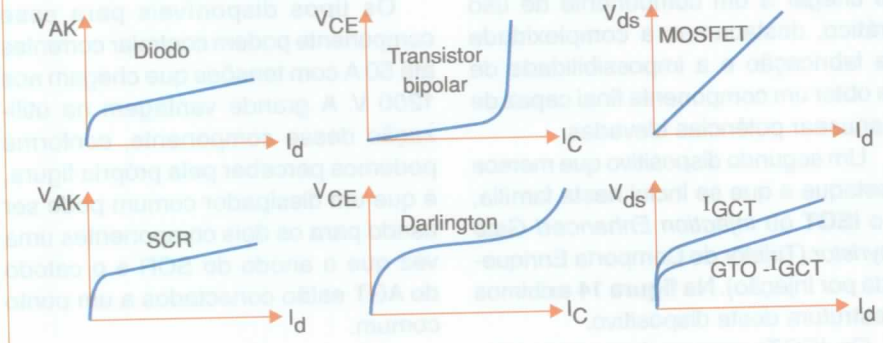
F10. Estrutura básica de um IGCT – Integrated Gate Controlled Thyristor.

T1. Vantagens e desvantagens

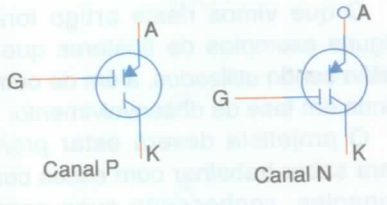
	GTO	SCR	IGBT	MOSFET de Potência	IGCT
Vantagens	Pode operar com tensões muito altas. Maior área de silício por kVA.	Maior área de silício por kVA. Pode operar com tensões e correntes muito altas.	Maior área de silício por kVA. Fácil de controlar. Não precisa de snubber.	Fácil de controlar. Tem boa velocidade. Baixo custo. Apresenta saída linear.	Pode operar com potências elevadas. Tem boa velocidade.
Desvantagens	Circuito de porta complexo. Apresenta perdas de comutação. Exige o uso de snubbers.	Não pode ser desligado pela comporta.	Apresenta perdas de condução. Dificuldade de operação acima de 50 kHz.	Alto custo por kVA para tensões acima de 300 V.	Precisa de circuito snubber.



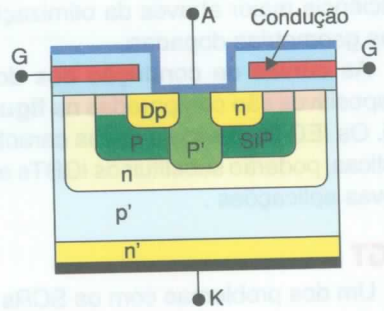
F11. Curva de operação segura (SOAR) de um IGCT.



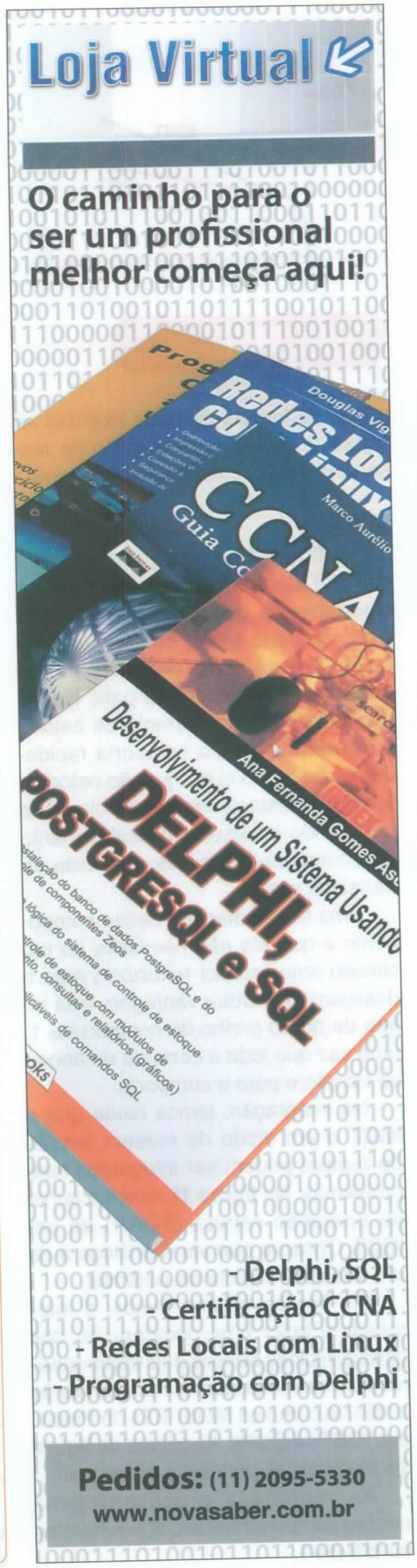
F12. Comparação das Curvas VxI para os diversos componentes de potência.

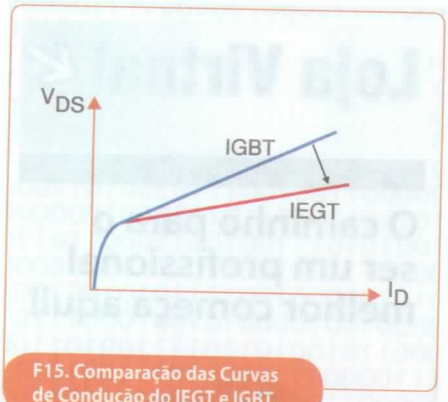


F13. Símbolos adotados para representar um MCT (Tiristor controlado por Porta MOS).

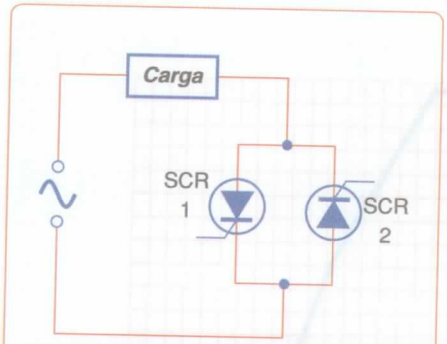


F14. Estrutura básica de um IEGT – Injection Enhanced Gate Thyristor.

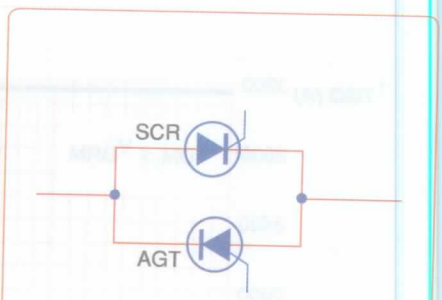




F15. Comparação das Curvas de Condução do IEGT e IGBT.



F16. A comutação com dois SCRs em oposição, no caso de circuitos CA, não é possível.



F17. Configuração básica do AGT – Anode Gate Thyristor.

temos as formas de onda exibidas na **figura 9**. Atente para o efeito da ressonância do circuito no desligamento.

O IGCT

Na **figura 10** é ilustrada a estrutura do IGCT. Conforme podemos observar, o sistema de disparo que é formado pela comporta (*gate*) contém também o catodo (*cat*), daí a denominação do dispositivo de "integrated gate". Nesse dispositivo, toda a corrente de catodo é transferida para a comporta rapidamente de modo que a junção catódica fica quase instantaneamente polarizada no sentido inverso, e o desligamento do componente reduzido ao corte do transistor npn.

Uma das vantagens desse componente é que ele não necessita de um circuito amortecedor (*snubber*) para o desligamento. Outra vantagem está no fato de que o ganho de comporta é 1, uma vez que toda a corrente de anodo se transfere para a comporta.

Na integração, temos ainda que o IGCT e um diodo de mesma tensão de ruptura podem ser integrados sem problemas. Na **figura 11** temos a curva de operação segura (SOAR) de um IGCT. Observe que ela é análoga à de um transistor bipolar de potência.

Em função do que vimos, é interessante fazer uma comparação das características desses dois componentes com os componentes tradicionais de potência como os MOSFETs de Potência, IGBTs e SCRs. As curvas da **figura 12** mostram as principais diferenças.

As vantagens e desvantagens desses componentes são apresentados na **tabela 1**.

Outros Dispositivos

Além dos dispositivos indicados acima, existem outros da mesma família que também são encontrados em aplicações industriais. Um deles é o **MCT** (Tiristor controlado por porta MOS), cujos símbolos são ilustrados na **figura 13**.

O transistor indicado nessa figura é de canal P. O dispositivo, na verdade, consiste de um SCR com dois transistores MOS que são usados para ligá-lo e desligá-lo. Dentre os obstáculos para se chegar a um componente de uso prático, destacamos a complexidade de fabricação e a impossibilidade de se obter um componente final capaz de manusear potências elevadas.

Um segundo dispositivo que merece destaque e que se inclui nesta família, é o **IEGT** ou *Injection Enhanced Gate Thyristor* (Tiristor de Comporta Enriquecida por Injeção). Na **figura 14** exibimos a estrutura deste dispositivo.

Os IEGTs apresentam vantagens de condução em relação aos IGBTs pela sua própria estrutura. No IGBT, a injeção de portadores da fonte é limitada. No caso do IEGT consegue-se com que a capa da fonte tenha uma eficiência maior através da otimização das geometrias dopadas.

As curvas de condução dos dois dispositivos são comparadas na **figura 15**. Os IEGTs, devido a essas características, poderão substituir os IGBTs em novas aplicações .

AGT

Um dos problemas com os SCRs é que, sendo disparados somente pelo catodo, no momento em que desejarmos usá-los em circuitos de corrente alternada, a comutação com dois deles em oposição apresentará problemas, conforme ilustra a **figura 16**.

Para solucionar esse problema, alguns fabricantes de dispositivos de potência como a Microsemi (**www.microsemi.com**), possuem o **AGT** ou *Anode Gate Thyristor,* ou Tiristor com Gate no Anodo. Com ele, conforme mostra a **figura 17**, é possível fazer o controle de onda completa de uma carga de uma maneira mais eficiente.

Os tipos disponíveis para esse componente podem controlar correntes até 50 A com tensões que chegam aos 1200 V. A grande vantagem na utilização desse componente, conforme podemos perceber pela própria figura, é que um dissipador comum pode ser usado para os dois componentes uma vez que o anodo do SCR e o catodo do AGT estão conectados a um ponto comum.

Conclusão

A presença da eletrônica nos Controles de Potência exige o emprego de dispositivos cada vez mais eficientes. Por isso, o enriquecimento da família dos tiristores com o aparecimento de novos componentes, é inevitável.

O que vimos neste artigo foram alguns exemplos de tiristores que já estão sendo utilizados, além de outros ainda em fase de desenvolvimento.

O projetista deverá estar pronto para saber trabalhar com esses componentes, conhecendo suas características, vantagens e limitações. Uma breve visão sobre eles foi o que oferecemos aqui.

Filtros Especiais para Operação em Altas Frequências

Neste artigo, apresentaremos alguns tipos de filtros, e explicaremos com mais detalhes o filtro de um quarto de onda (λ/4)

Francisco Bezerra Filho

Quando operamos em frequências acima de 30 MHz, incluindo-se as faixas de VHF, UHF e SHF, os filtros convencionais do tipo LC tornam-se impraticáveis, pois os valores da bobina e do capacitor para sintonizar tais frequências seriam muitos pequenos: a bobina seria ≤ 3 μH e o capacitor ≤ 2 pF ou menores.

Os valores seriam tão pequenos a tal ponto que a própria capacitância entre os terminais de ligações, além da capacitância da junção do transistor seriam bem maiores que o valor necessário para sintonizar-se estas frequências. O mesmo acontece com a bobina: a indutância dos próprios fios já seria bem maior que o valor necessário.

Mesmo que fosse usado filtro discreto do tipo LC, nestas faixas de frequências haveria muitas perdas, tanto na bobina quanto no capacitor e, em consequência disso, a seletividade seria nula.

Assim, podemos concluir que é impossível usar-se filtro discreto acima de 30 MHz. Acima dessa faixa são usados outros tipos de filtros, entre os quais, destacamos os seguintes:

- Filtro de um quarto de onda (λ/4), operando principalmente na faixa de VHF;
- Filtro *STRIP-LINE*, operando principalmente na faixa de UHF;
- Filtro do tipo "cavidade ressonante", operando principalmente na faixa de SHF.

O comprimento da lâmbda(λ) de uma onda senoidal, como visto na **figura 1** é determinado em função da velocidade da propagação da luz no espaço livre, sendo esta de 300.000 km/s (3 x 10^{+8} m/s) e da frequência de operação em questão, dada na fórmula a seguir:

$$\lambda(m) = \frac{\text{Velocidade da luz (m/s)}}{\text{Frequência dada (Hz)}}$$

Por exemplo, dada uma frequência de 300 MHz (3 x 10^{+8} Hz), temos um comprimento de lâmbda (λ) de:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^{+8}\,\text{m/s}}{3 \cdot 10^{+8}\,\text{Hz}} \rightarrow \lambda = 1\,\text{metro}$$

O comprimento de λ/4, neste caso, seria de 25 cm.

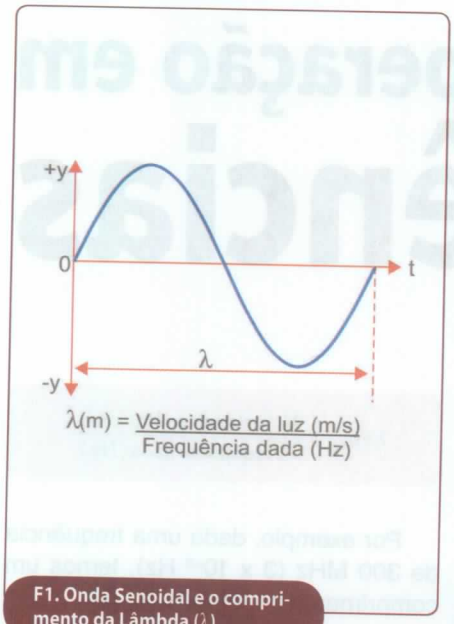
Principais Características de uma Linha de Transmissão terminada em Curto

Na **figura 2** temos uma linha de transmissão com um dos seus extremos terminado em curto, sendo esta alimentada no outro extremo por um gerador de RF, operando em altas frequências, acima de 30 MHz. O gerador fornece à linha uma corrente I_G e uma tensão E_G. No extremo em curto a corrente atinge o seu valor máximo, ao passo que a tensão atinge seu valor mínimo ou nulo.

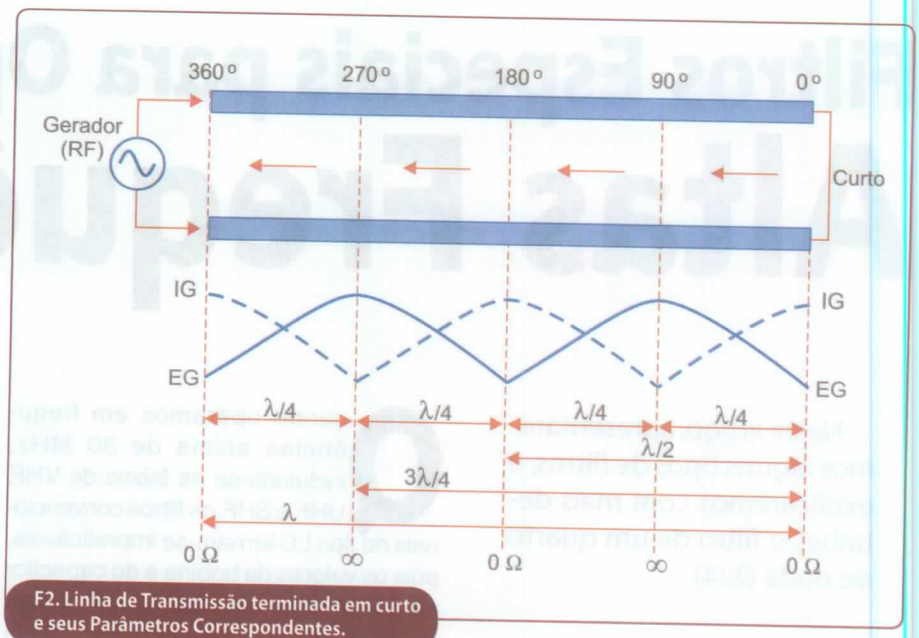
A cada intervalo de um quarto de onda (λ/4), a partir do ponto em curto, os pontos de máximo e mínimo da tensão e da corrente se alternam, isso se repete até o outro extremo da linha.

Os pontos onde a corrente atinge o seu valor máximo e a tensão seu valor mínimo, pontos 0°, 180° e 360° apresentam uma baixa impedância tendendo para zero → 0 Ω, equivalendo a um circuito ressonante-série.

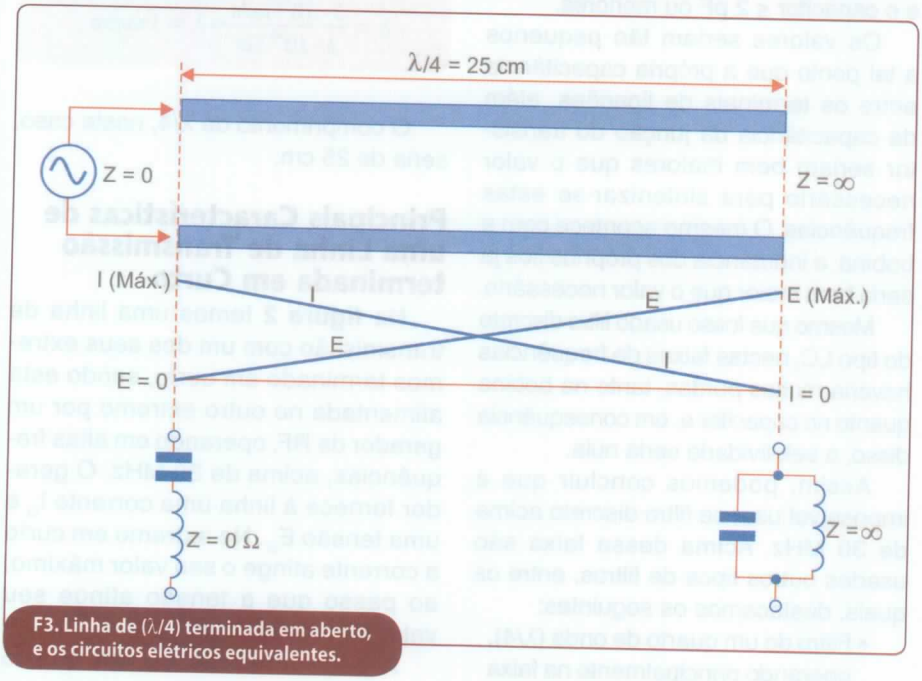
A um quarto de onda, a partir do primeiro ponto considerado, os valores da tensão e da corrente, pontos de



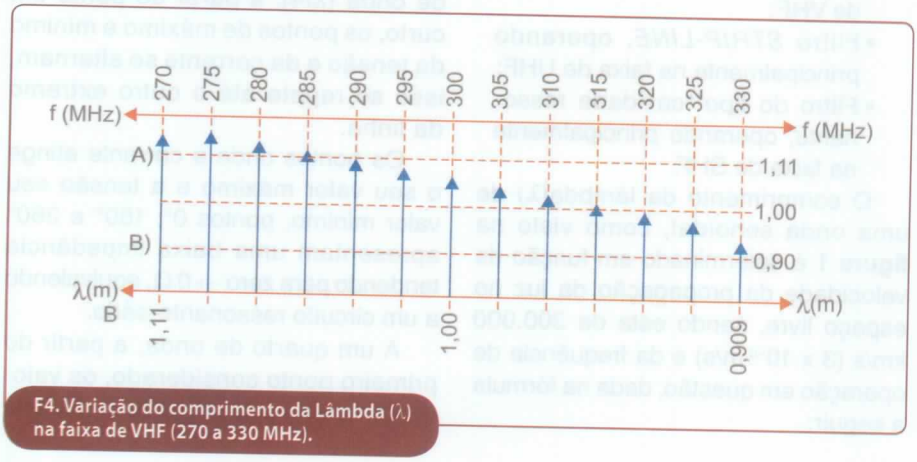
F1. Onda Senoidal e o comprimento da Lâmbda (λ).



F2. Linha de Transmissão terminada em curto e seus Parâmetros Correspondentes.



F3. Linha de (λ/4) terminada em aberto, e os circuitos elétricos equivalentes.



F4. Variação do comprimento da Lâmbda (λ) na faixa de VHF (270 a 330 MHz).

90° e 270°, mais uma vez se alternam, equivalendo a um circuito ressonante-paralelo com uma alta impedância, tendendo para infinito → ∞.

Funcionamento dos Filtros de um quarto de Onda (λ/4)

O funcionamento do filtro de λ/4 se baseia nas propriedades de uma linha de transmissão com um comprimento de λ/4, com um extremo em curto e o outro em aberto, a qual apresenta as seguintes características:

O extremo que está em curto equivale a um circuito ressonante-série, portanto, com uma baixa impedância, tendendo para zero (Z → 0 Ω). No ponto em curto a corrente é máxima e a tensão é mínima, vide **figura 3**.

O extremo em aberto, equivale a um circuito ressonante em paralelo com uma alta impedância, tendendo para infinito (Z → ∞). Neste ponto a corrente é mínima e a tensão é máxima.

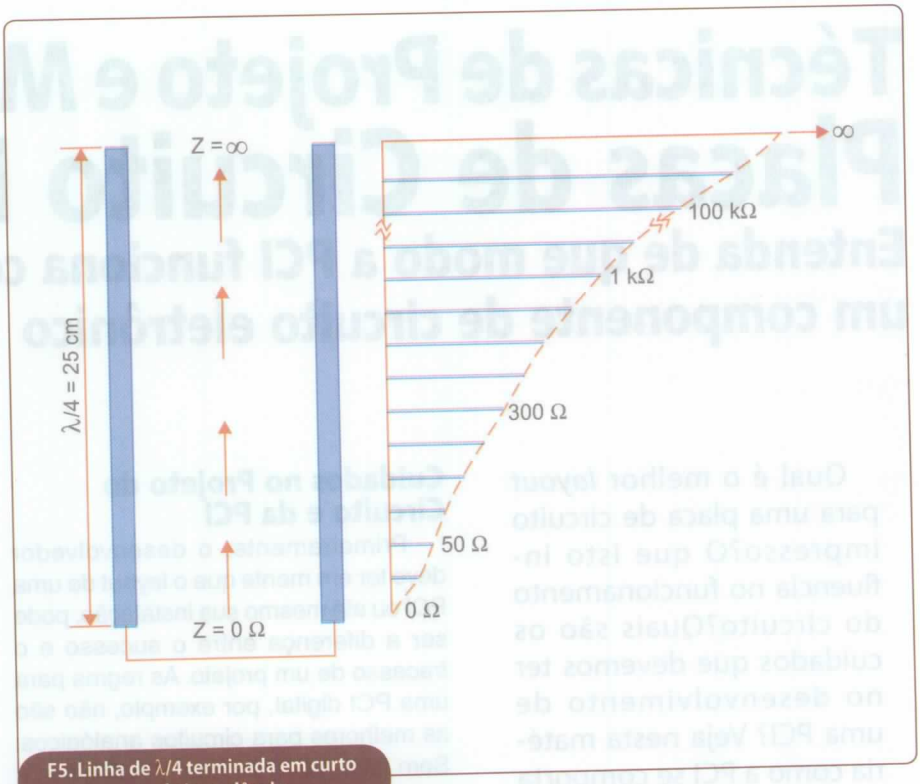
As propriedades descritas acima são muito importantes para entendermos o funcionamento dos filtros passa faixa, operando em altas frequências de λ/4. Só lembrando que estas propriedades são válidas somente para a frequência, cuja lâmbda equivale exatamente a um quarto de onda. Para as demais frequências que estão posicionadas acima e abaixo dela, as propriedades são inteiramente diferentes.

Então, qualquer pedaço de material condutor na forma de barra ou cilindro oco, sendo de: cobre, latão ou alumínio, pode ser usado como filtro passa faixa.

A grande vantagem dos filtros passa faixa do tipo λ/4 em relação a um filtro discreto do tipo LC, é que o primeiro opera em alta frequência, ocupando pouco espaço, com baixas perdas e com alta seletividade. Outra vantagem dele: quanto mais alta for a frequência de operação, menor será o comprimento da barra (**figura 4B**).

Por exemplo, na faixa de VHF, cujo espectro ocupado pelos serviços de telefonia pública vai de 270 a 330 MHz, o comprimento da lâmbda varia de 0,63 a 0,35 m (ou de 63 a 35 cm).

Já na faixa de SHF, onde a telefonia ocupa a faixa de 7,4 a 7,75 GHz, o comprimento da lâmbda varia de 4 a 3,8 cm.



F5. Linha de λ/4 terminada em curto e o aumento da Impedância.

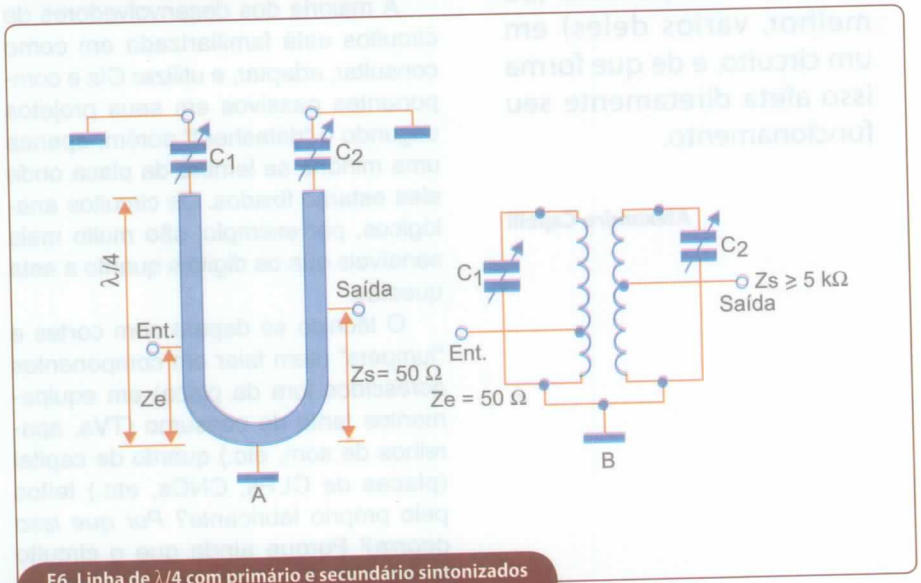
Variação da Impedância e Faixa de Frequência Sintonizada

No filtro de λ/4 o extremo em curto apresenta uma impedância de 0 Ω; à medida que nos afastamos do ponto em curto, a impedância aumenta gradativamente, e no extremo em aberto ela atinge o seu valor máximo, tendendo para infinito $Z \rightarrow \infty$, como nota-se na **figura 5**.

Para casar a impedância de entrada, que normalmente é baixa ($Zi \simeq 50\ \Omega$), variamos o ponto de conexão a partir do ponto em curto até conseguir-se a impedância desejada, no nosso exemplo, 50 Ω.

O mesmo acontece com a impedância de saída, esta é normalmente alta, acima de 5 kΩ, para isso escolhemos um ponto de conexão bem acima em relação o extremo em curto.

Quando desejamos cobrir uma faixa de frequências mais ampla com o mesmo filtro, por exemplo de 270 a 330 MHz, colocamos no extremo em aberto um capacitor variável (*trimmer*) de boa qualidade; variando-se o valor do capacitor equivale a variar o comprimento da barra, para mais ou para menos. Com isso, podemos cobrir toda a faixa de frequências desejada.



F6. Linha de λ/4 com primário e secundário sintonizados e o circuito elétrico equivalente.

Na **figura 6 A**, temos um filtro de λ/4 para operar em um amplificador com saída em *push-pull*, onde vemos os *trimmers* C_1 e C_2, ligados em série com as barras com comprimento de λ/4, assim como os pontos de conexões das impedâncias de entrada e de saída.

Na **figura 6 B** temos o circuito elétrico equivalente do filtro (visto na figura 6 A), ambos os enrolamentos sintonizados na mesma frequência e os pontos de conexões das impedâncias de entrada e de saída, assim como os trimmers C_1 e C_2.

Conclusão

Esperamos que o leitor tenha um melhor entendimento sobre os filtros especiais de alta frequência, como o de λ/4, com os dados apresentados neste artigo.

Técnicas de Projeto e Montagem de Placas de Circuito Impresso:

Entenda de que modo a PCI funciona como um componente de circuito eletrônico

Qual é o melhor *layout* para uma placa de circuito impresso?O que isto influencia no funcionamento do circuito?Quais são os cuidados que devemos ter no desenvolvimento de uma PCI? Veja nesta matéria como a PCI se comporta como um componente (ou melhor, vários deles) em um circuito, e de que forma isso afeta diretamente seu funcionamento.

Alexandre Capelli

Cuidados no Projeto do Circuito e da PCI

Primeiramente, o desenvolvedor deve ter em mente que o layout de uma PCI ou até mesmo sua instalação, pode ser a diferença entre o sucesso e o fracasso de um projeto. As regras para uma PCI digital, por exemplo, não são as melhores para circuitos analógicos. Sem falar nas "híbridas" (analógicas e digitais).

A maioria dos desenvolvedores de circuitos está familiarizada em como consultar, adaptar, e utilizar CIs e componentes passivos em seus projetos segundo o "datasheet", porém, apenas uma minoria se lembra da placa onde eles estarão fixados. Os circuitos analógicos, por exemplo, são muito mais sensíveis que os digitais quanto a esta questão.

O técnico se depara com cortes e "jumpers" (sem falar em componentes acrescidos fora da placa) em equipamentos tanto de consumo (TVs, aparelhos de som, etc.) quanto de capital (placas de CLPs, CNCs, etc.) feitos pelo próprio fabricante? *Por que isso ocorre?* Porque ainda que o circuito tenha sido simulado em um software dedicado ou até mesmo em um protótipo, ao ser produzido em série, fatores não previstos comprometeram seu bom funcionamento. Vamos, então, aos cuidados básicos do projeto:

Fontes de ruído

Os ruídos elétricos são conduzidos aos circuitos analógicos por meio das suas conexões com outros circuitos. Na realidade, os circuitos analógicos são as "portas" para o mundo externo, e têm, pelo menos: uma conexão com o terra, outra com o positivo da alimentação, uma entrada e uma saída. E é através desses caminhos (entre outros) que o ruído "entra".

Além da condução (através dos fios), o ruído pode ser irradiado de várias fontes externas.

As mais comuns, aliás, podem estar na mesma PCI através de circuitos digitais de alta velocidade (frequência). *Clocks* altos geram uma considerável RFI (*radio frequency interference*).

Outros exemplos são: fontes chaveadas, telefones celulares (razão pela qual seu uso é vetado em aeronaves, visto que podem interferir nos instrumentos de voo), estações transmissoras de rádio e TV ("broadcast"), lâmpadas fluorescentes, e descargas atmosféricas.

Escolhendo o melhor material para sua placa de circuito impresso

Qual é o melhor material para uma PCI? Não há uma única resposta para todos os casos. Contudo, o desenvolvedor deve atentar para os seguintes parâmetros, independentemente do material, considerando que uma placa de fenolite pode ter mais qualidade do que a de uma de fibra de vidro, e vice-versa:

- Resistência mecânica;
- Resistência à vibração mecânica;
- Valor da rigidez dielétrica;
- Temperatura de operação.

A NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) classifica ainda a placa quanto a sua susceptibilidade a combustão (*FR – flammability ratings*).

O "FR" varia de 1 a 5, sendo o 1 o mais inflamável e o 5, o menos. Como não há normas definidas para isto, o padrão (*Standard*) adotado pela indústria é FR=2.

De todos os fatores, a temperatura de operação é um dos mais importantes, pois um componente que entra em curto-circuito, por exemplo, pode atingir temperaturas altas antes do circuito de proteção atuar. O ideal é que a placa não se "queime" nesta situação que, afinal, não é rara de acontecer.

Qual o melhor número de faces?

Embora a placa de única face seja a primeira opção que nos surge na mente quando projetamos uma PCI, talvez ela não consista na melhor solução.

Como não podemos cruzar trilhas, *jumpers* e fios são utilizados, o que é um atrativo para ruídos. Caso o circuito opere em baixa frequência, entretanto, esta técnica pode ser empregada sem maiores preocupações.

Se houver necessidade de operação em alta frequência, a melhor opção é partir para uma "dupla face".

Além da eliminação das "antenas" de ruído, podemos diminuir capacitâncias parasitas.

Um cuidado extra, tanto na placa de face única quanto na de dupla face, é a blindagem.

Quem já não viu uma placa de dupla face cujo circuito está impresso em apenas uma delas, permanecendo a outra sem corrosão (virgem)?

Esta técnica, além de aumentar a rigidez mecânica da placa, usa a face totalmente cobreada como uma malha de blindagem. Notem que, geralmente, esta vem aterrada.

O mesmo acontece para placas "dupla face" com circuito impresso em ambas. Agora, é claro, utiliza-se uma folha laminada de um lado (e isolada do outro) para esta função (**figura 1**).

Via de regra, para situações críticas (alta densidade de componentes e alta frequência de operação), as placas mais indicadas são as multifaces. Em circuitos de baixa sensibilidade e velocidade, placas de face única podem ser empregadas.

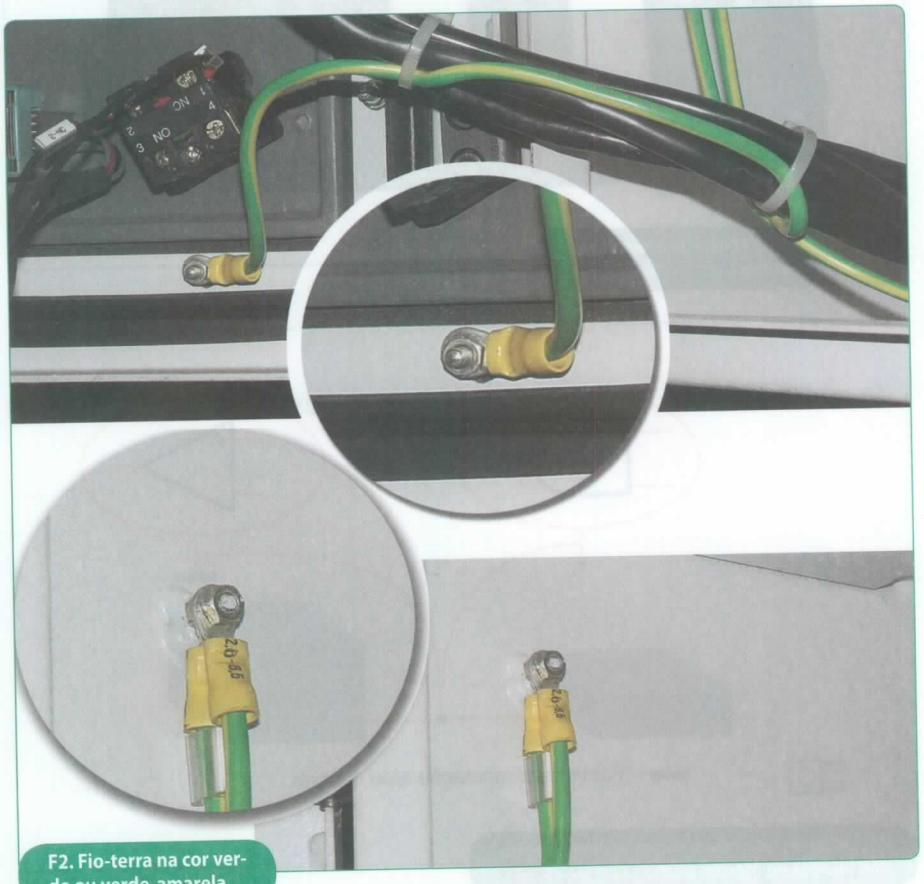
Terra

"Retorno", terra, ou "chassis"? "Terras" separados ou juntos? Vamos a alguns conceitos importantes, e que fazem uma grande diferença na performance do projeto.

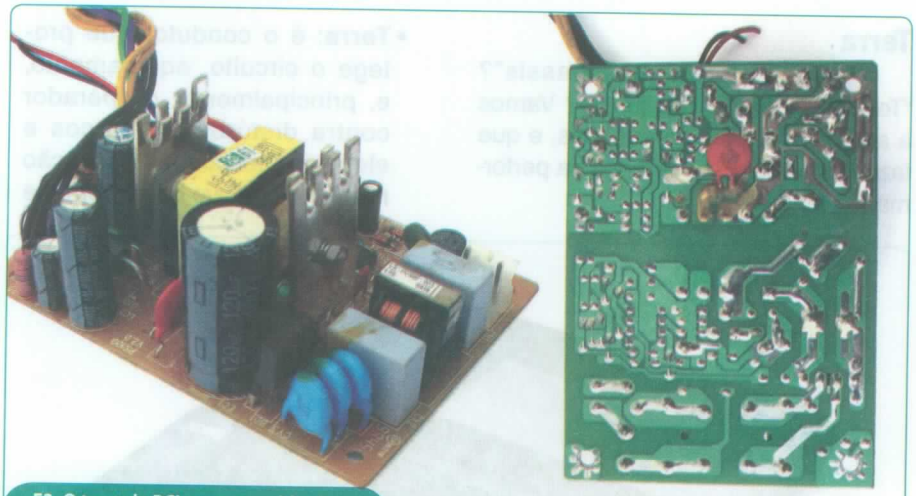
- **Terra**: é o condutor que protege o circuito, equipamento, e, principalmente, o operador contra distúrbios elétricos e eletromagnéticos. Em situação normal, não deve haver corrente



F1. Exemplar de uma placa de circuito impresso "dupla face".



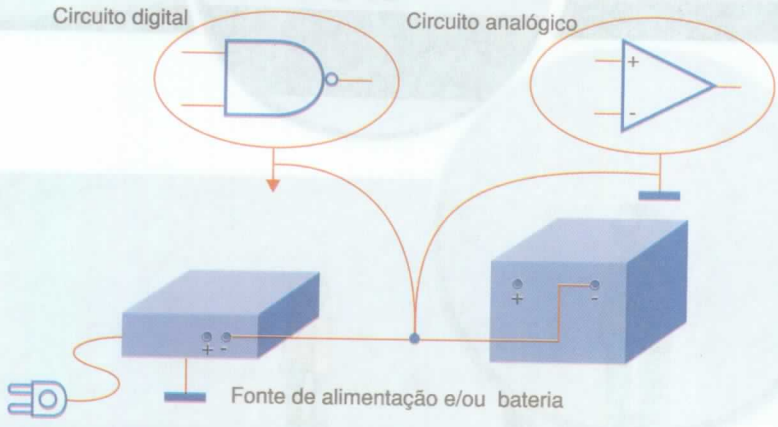
F2. Fio-terra na cor verde ou verde-amarela.



F3. O terra da PCI serve para blindagem e aterramento das partes metálicas.



F4. Aspecto do chassi de um aparelho valvulado antigo.



F5. Os terras do circuito digital e do analógico são ligados no mesmo ponto.

circulando por esse condutor. Em uma máquina ou instalação, este fio tem cor verde, ou verde e amarela (**figura 2**). Em uma PCI, o terra é colocado, na medida do possível, na periferia da placa, a fim de formar uma gaiola de Faraday (blindagem), e também nas partes metálicas (dissipadores de calor, lâminas de isolação de EMI em circuitos chaveados, etc. (**figura 3**).

- **Retorno**: é o condutor cuja corrente, após percorrer todo circuito, é "absorvida". Geralmente, seu potencial também é zero volt, como o terra, entretanto, a diferença entre ambos é que, por ele, circula corrente, e no terra não.
- **Chassis**: Com a evolução da Eletrônica este termo está obsoleto pois, quando foi criado, referia-se aos antigos equipamentos valvulados, cujos componentes eram montados sobre (e sob) um chassi metálico. Além de ser um ponto comum de ligação para o terra, ele servia como estrutura mecânica da montagem. (**figura 4**). Atualmente, esta palavra refere-se mais ao gabinete metálico do dispositivo ou máquina.

O chassi não deve necessariamente ser aterrado. Embora esta seja uma das situações mais comuns em campo, há casos em que o "terra" do chassi está isolado do "terra" do circuito. Alguns osciloscópios, por exemplo, utilizam esta técnica para possibilitar o uso das pontas de prova em redes alternadas sem perigo de curto-circuito ("terra isolado").

Embora o emprego do terra junto com o chassi dependa de cada aplicação, um cuidado é importante: "terras" em comum. A **figura 5** exibe um exemplo simples entre a conexão de um dispositivo digital a um analógico. Notem que o chassi do equipamento ligado à rede elétrica tem seu próprio "terra", oriundo da instalação predial. Porém, tanto o terra do circuito digital, como o do analógico, são ligados no mesmo ponto. Esta técnica evita o *loop* de terra.

Mas, o que vem a ser loop de terra? Na **figura 6** vemos um exemplo da mesma instalação, mas com uma dife-

rença: os terras estão ligados no mesmo condutor, entretanto, em pontos distintos. Como por esse condutor circula corrente, afinal ele é retorno (e não terra), há uma ddp gerada pela sua resistividade. Essa tensão residual é o que chamamos de loop de terra, e pode interferir no funcionamento do circuito.

Resumindo, "terras" ligados em um único ponto consistem numa técnica para combater mau funcionamento. Em uma máquina, geralmente, temos um barramento para esta função (**figura 7**).

"Overlap" de trilhas

Voltando à PCI, sempre que possível, devemos evitar a sobreposição ("*overlap*") de trilhas de circuito impresso entre faces, principalmente se estas forem grossas.

Conforme podemos observar na **figura 8**, a sobreposição gera capacitâncias parasitas que, em circuitos de alta frequência, funcionarão como verdadeiros "curto-circuitos".

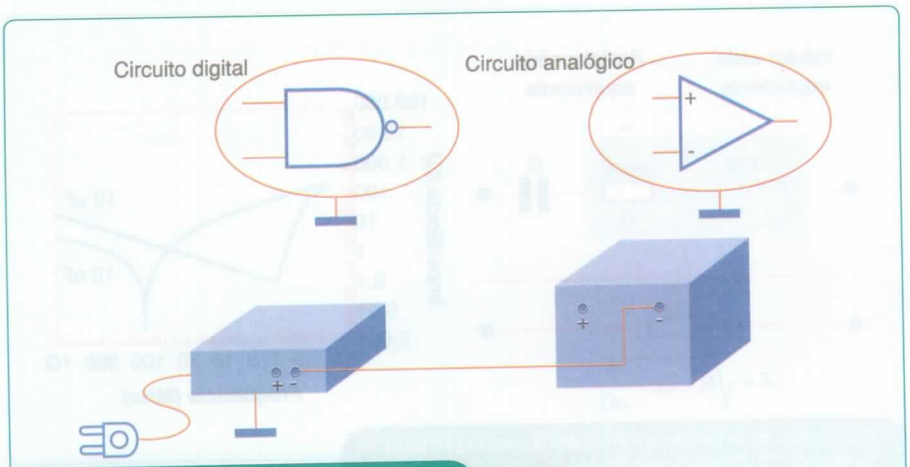
Isso explica porque muitos dispositivos funcionam bem em um determinado ambiente, e não em outro, pois esse "curto-circuito parasita" pode se formar através de uma fonte de alta frequência externa ao circuito. Em um local onde ela não esteja presente, portanto, o circuito funciona bem; em outro onde ela se faz presente, não.

Cuidado com as "armadilhas"

É importante manter os circuitos analógicos distantes dos digitais. Essa técnica evita que sinais de *clock* de alta frequência interfiram em circuitos analógicos sensíveis.

"Mas, e se isso não for possível?" Caso não seja possível estabelecer uma distância razoável entre circuitos analógicos e digitais, faça uma "cerca" com trilha de circuito impresso ao redor dos componentes digitais, ou dos analógicos (**figura 9**). Isso funcionará como uma gaiola de Faraday.

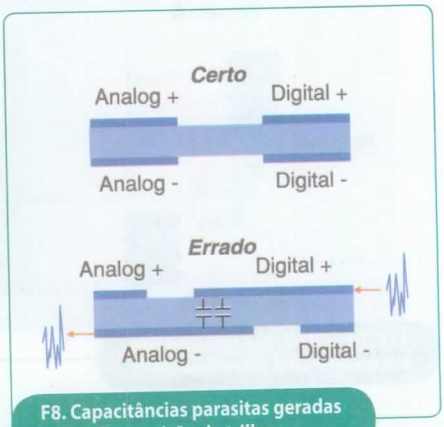
- Lembre-se que a frequência interferente não é apenas a do *clock*. Além da frequência fundamental, temos as harmônicas, que ocupam espectros bem mais altos.



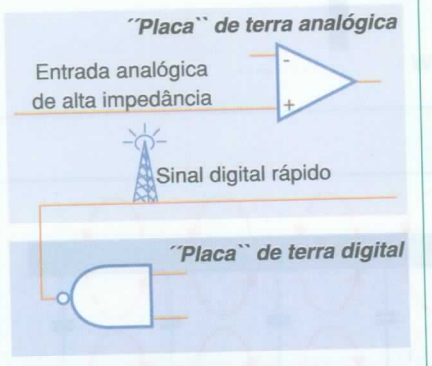
F6. Os terras do circuito digital e do analógico são ligados em pontos distintos.



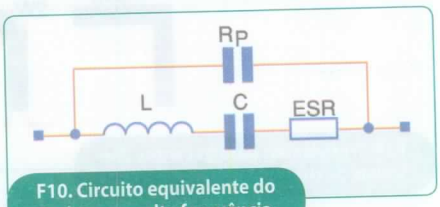
F7. Barramento de terra de uma máquina.



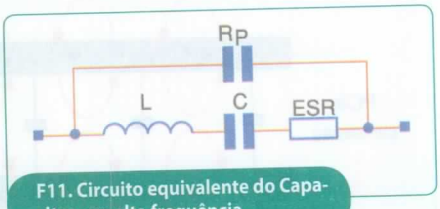
F8. Capacitâncias parasitas geradas pela sobreposição de trilhas.



F9. Cerca com trilha de CI ao redor dos componentes digitais (ou analógicos).



F10. Circuito equivalente do Resistor, em alta frequência.



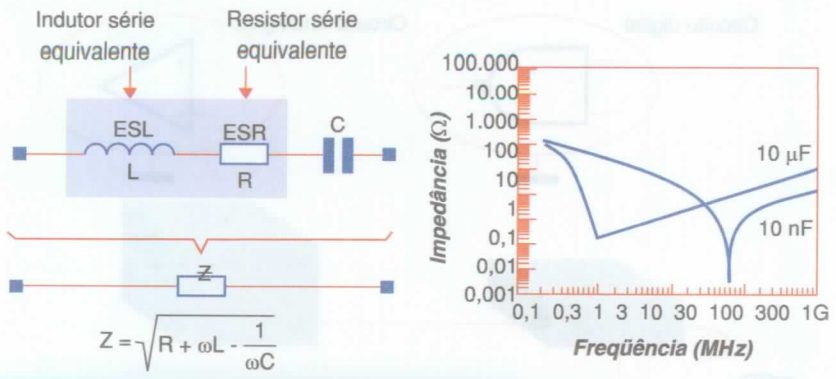
F11. Circuito equivalente do Capacitor, em alta frequência.

- É comum cairmos na tentação de projetarmos as trilhas da PCI as mais largas possíveis, uma vez que isso evita ruídos.

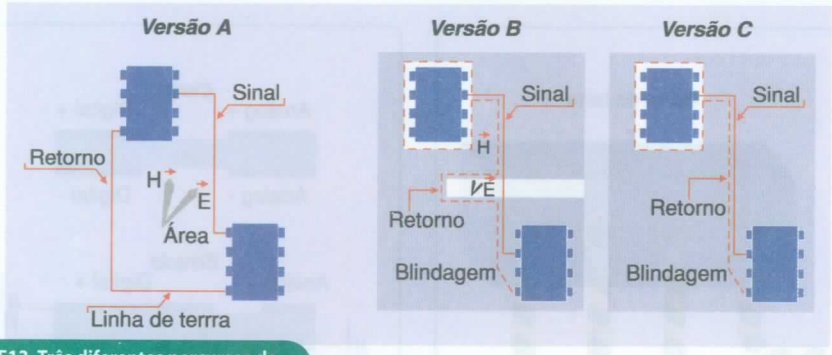
Cuidado, embora essa técnica funcione bem para alguns casos, não exagere. Ao mesmo tempo que aumentamos a largura das trilhas, diminuímos a resistência, todavia, aumentamos a capacitância entre trilhas paralelas. Em circuitos de alta velocidade isso pode gerar problemas.

Componentes passivos x frequência

Outro aspecto importante no desenvolvimento de circuitos é perceber a



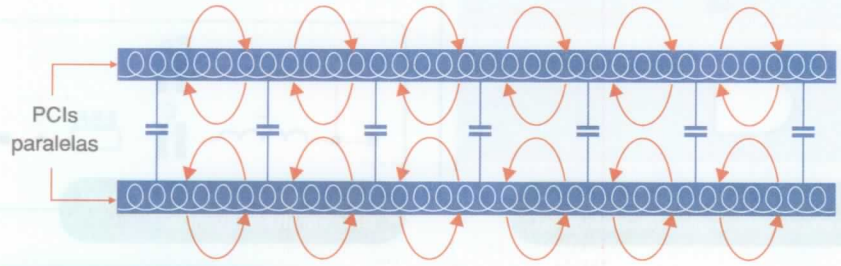
F12. Gráfico da Impedância x Frequência para Capacitores de tântalo (10 µF) e cerâmico (10 nF).



F13. Três diferentes percursos de um mesmo sinal entre dois CIs.



F14. Três versões para os cantos das trilhas de circuito impresso.



F15. Acoplamento capacitivo entre duas PCIs paralelas.

Tipo	Frequência
Eletrolítico de alumínio	Até 100 kHz
Tântalo	1 MHz
Mica	500 MHz
Cerâmico	1 GHz

T1. Capacitores recomendados sobre as frequências.

diferença de performance dos componentes passivos em baixa e alta frequência.

- **Resistores**: Eles podem ser construídos, basicamente, de três formas: fio resistivo, composição de carbono, e filme. Não precisa de muita imaginação para entender que as "espiras" formadas por esses materiais tornam-se um indutor em altas frequências. Da mesma forma, os terminais de conexão nos extremos do componente funcionam como um capacitor. Portanto, um resistor, em alta frequência, comporta-se como o circuito da **figura 10**.
- **Capacitores**: Os eletrolíticos têm várias camadas de filme metálico enroladas através de um isolante (dielétrico), o que causa uma indutância parasita, denominada: autoindutância. Ela é bem menor em capacitores cerâmicos e, portanto, esses são mais indicados para operarem com altas frequências.

Mas esse não é o único efeito indesejado. Também podemos encontrar nos capacitores uma corrente residual entre placas (Rp), o que se torna um "resistor parasita". Aliás, em altas frequências, o resistor parasita é o fator mais importante a ser considerado. O termo utilizado para essa característica é ESR (*Equivalent Series Resistance*). Capacitores de desacoplamento, por exemplo, devem ser do tipo que apresentem o menor ESR possível.

O fato é que um capacitor acaba se comportando como o circuito da **figura 11**. Esse parâmetro explica a razão pela qual a temperatura de operação dos capacitores vem muito bem determinada no seu encapsulamento, e é o motivo de preocupação de muitos desenvolvedores.

Na verdade, eles sabem que acima da temperatura nominal do componente sua vida útil está comprometida, mas muitos desconhecem o porque disto.

A resposta é a ESR, ou traduzindo, a resistência equivalente em série que existe dentro do componente. Quanto maior a temperatura, maior seu valor,

e, portanto, maior calor dissipado dentro do capacitor. A temperatura, então, chegará a ponto de destruí-lo.

E isso é tudo? Não. Alta frequência também gera um outro efeito em capacitores: a autorressonância.

*O que é isto?*Dependendo da frequência em que vamos utilizar esse componente, ele pode mudar seu valor. Para entender melhor, a **figura 12** ilustra um gráfico que representa a queda da capacitância segundo a frequência de operação, para capacitores de tântalo e cerâmicos.

Mas, o que isto tem a ver com o projeto da PCI? Nada, atente porém, para que a autorressonância do capacitor ocorra em uma frequência acima daquela cujo ruído deseja desacoplar (rejeitar). Caso contrário, o capacitor dimensionado por você poderá se tornar um indutor. Não assuma que o valor clássico de 0,1 mF rejeitará todos os ruídos. Capacitores menores podem rejeitar faixas maiores.

Mas, qual o melhor tipo de capacitor utilizar? A **tabela 1** mostra o melhor tipo de capacitor segundo a frequência de operação.

Trilhas que funcionam como Antenas na PCI

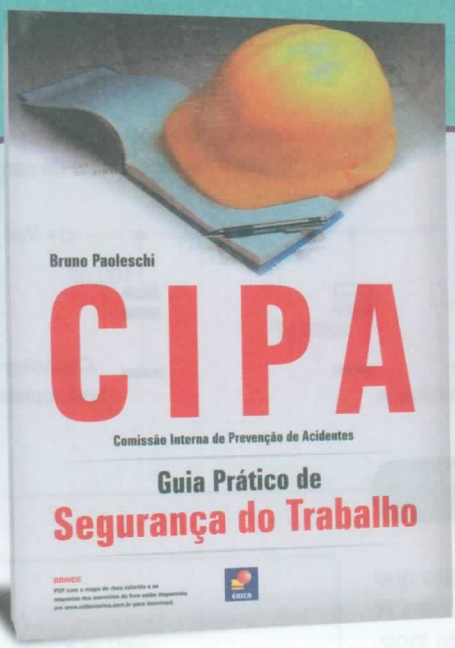
Fios comuns e trilhas têm indutâncias que variam de 6 a 12 nH por centímetro. Para frequências acima de 100 kHz, a maioria das trilhas é mais indutiva do que resistiva.

Como regra prática para "antenas", vemos que um acoplamento de energia significativo ocorre próximo a 1/20 do comprimento de onda do sinal recebido. Isso quer dizer que a trilha de 10 cm é uma ótima antena de ruídos em 150 MHz, por exemplo.

Lembre-se, em circuitos digitais, frequências ainda maiores que esse valor não são raras e, pior, cuja forma de onda dos sinais é quadrada. As harmônicas, por conseguinte, tornam essas antenas ainda mais eficientes.

Outro cuidado a ser tomado é a formação de "*loops*".

A **figura 13** apresenta três maneiras em que um mesmo sinal pode trafegar de um circuito integrado para outro, através de diferentes percursos das trilhas.



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

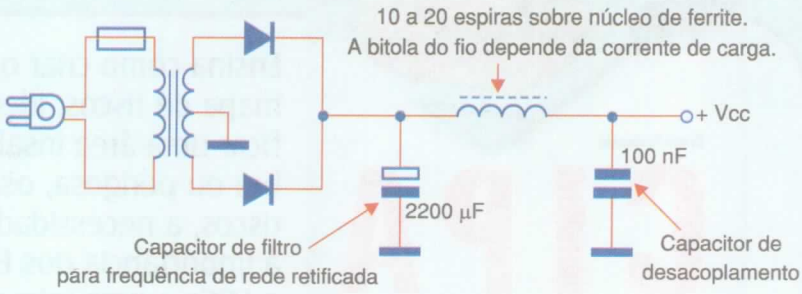
Indispensável a técnicos, tecnólogos e engenheiros que atuam nas áreas de automação, mecatrônica e eletrotécnica, além de profissionais que desejam manter-se atualizados. Apresenta exemplos resolvidos nos CLPs Allen-Bradley, Schneider Electric e Siemens, além de implementações em um controlador que segue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



F16. Pequeno indutor com núcleo de ferrite na saída da fonte de alimentação.



F17. Caixa metálica com furos formando uma gaiola de Faraday.

A versão A é a pior delas, visto que as trilhas compõem uma grande área "A" entre elas, ou melhor, um grande *loop*. Imediatamente, um campo elétrico "E" e seu respectivo campo magnético perpendicular "H" formam uma antena. A versão "B" é melhor, visto que a área do *loop* é menor, e a versão "C" é a ideal, uma vez que o *loop* é tão pequeno que pode ser desprezado.

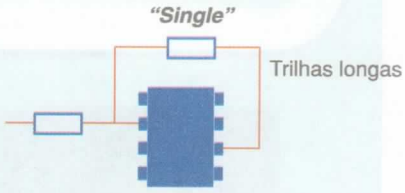
O modo como as trilhas fazem curvas também é importante. Novamente, a **figura 14** ilustra três versões, desta vez referindo-se à mudança de direção das trilhas.

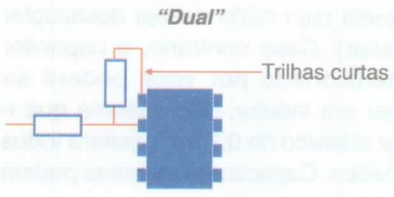
O pior caso é a curva em ângulo reto, pois, a ponta funciona como uma antena (transmissora e receptora de interferência). Já curvas feitas em ângulos obtusos (maiores que 90º) diminuem esse efeito, desde que a largura da trilha respeite a geometria mostrada. Mas a melhor opção é a curva de geometria "circular", onde não há pontas.

Até agora, tratamos apenas dos efeitos parasitas dentro de uma mesma PCI, porém, conforme podemos observar pela **figura 15**, placas paralelas também acoplam-se capacitivamente. Portanto, placas de alta velocidade devem ficar o mais distante possível das demais dentro de um painel ou gabinete elétrico.

Cuidados com a Fonte de Alimentação

Supondo que eu tenha tomado todos os cuidados acima, há algo mais que ainda possa ser feito? Sim. Na verdade, pelo menos mais dois: fonte de alimentação, e encapsulamento dos CIs.





F18. O CI "dual" (trilhas curtas) é preferível ao CI "single" (trilhas mais longas).

Fonte de alimentação

A fonte, além de prover a alimentação do circuito, também é um caminho para ruídos elétricos, conduzidos e irradiados.

Uma técnica interessante e que é uma primeira linha de defesa contra ruídos conduzidos, é adicionar um pequeno indutor feito sobre um núcleo de ferrite na saída da fonte. Porém, esse indutor deve estar antes do capacitor de desacoplamento, e não depois (**figura 16**).

Para as interferências irradiadas, a gaiola de Faraday é a melhor solução. A fonte não precisa estar totalmente enclausurada numa caixa sem ventilação. Pode-se colocar furos na caixa metálica, desde que o diâmetro deles não ultrapasse 1/20 do comprimento de onda do sinal interferente (**figura 17**).

Encapsulamentos

Muitas vezes, aliás na maioria delas, podemos escolher mais de um tipo de CI para fazer determinada função. Por exemplo, LM339 ou LM324, ou ainda LM358. Todos amplificadores operacionais.

De fato, dependendo da necessidade, tanto faz um como outro no que se refere ao aspecto puramente funcional. Entretanto, notem pela **figura 18** que o encapsulamento deve ser um dos fatores na decisão. O primeiro CI tem um encapsulamento tal que, para que se faça a mesma ligação, um tipo exige trilhas mais longas do que outro. Não é preciso, portanto, dizer como isso deve ser previsto na hora de escolher a melhor opção de encapsulamento para determinada placa de circuito impresso.

Conclusão

Com a constante exigência mercadológica quanto a custos e desempenho, o técnico ou engenheiro deve levar em conta cada vez mais parâmetros na hora do projeto ou assistência técnica. A melhor maneira de acompanhar este processo é manter-se sempre atualizado. Hoje, o mercado até já batizou essa prática de "educação continuada". T



novasaber

www.novasaber.com.br

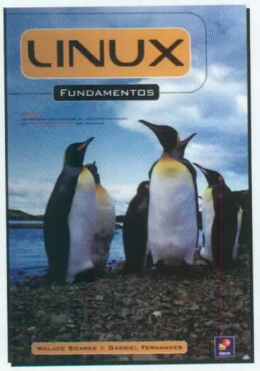
Sua loja de livros técnicos na internet

Promoções especiais e brindes

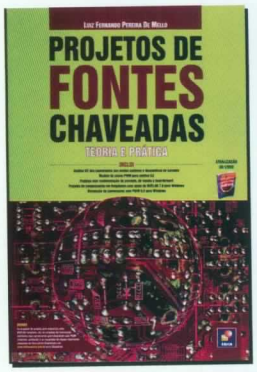




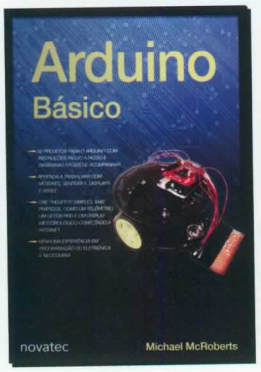




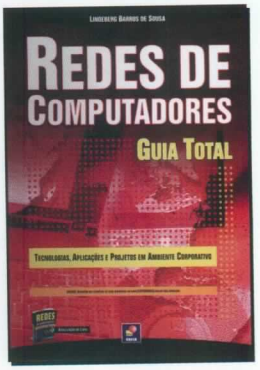






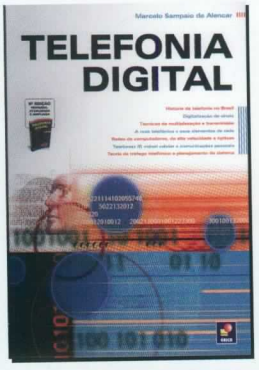






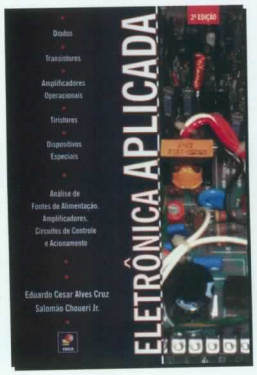






















MICROCONTROLADORES FLASH DE BAIXO CUSTO

HOLTEK LANÇA NOVA SÉRIE HT66Fxx - HT68Fxx

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

CARACTERÍSTICAS:

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

HOLTEK

ANYTEK conectores

FORDATA FOR DATA DISPLAY

módulos RF WENSHING

GlobalSat Wired by Wireless

APLUS CI reprodutor de sons

FAGOR

SIMCom A company of SIM Tech

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:

WWW.HOLTEK.COM

Cika Eletrônica

Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2693-6428 / Fax: 55 11 2693-8805

vendas@cikaeletronica.com

www.cikaeletronica.com