www.mecatronicafacil.com.br

Ano 6 - nº48 - R$ 6,50

MECATRÔNICA FÁCIL



Motores DC e Caixas de Redução

Conheça um pouco mais sobre esses mecanismos



Fundamentos de Robótica: Localização

Carros que andam sozinhos via GPS e muito mais

Circuitos de Mecatrônica e Robótica

Veja novas possibilidades para os seus projetos

Alimentando Projetos a partir do PC

Aprenda como utilizar a tensão das portas de conexão

ISSN 1676-0980

Faça parte desta comunidade tecnológica e troque informações, exponha suas idéias, mostre o que você conhece, converse com outros usuários on-line, combine a sua ida aos eventos com outros membros da comunidade e tenha a sua própria página, para fazer dela a sua apresentação ao mundo tecnológico.

Estamos esperando por você!
http://novasaber.ning.com

novasaber



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

MECATRÔNICA FÁCIL
www.mecatronicafacil.com.br

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi

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

Editor Técnico
Carlos Eduardo Bazela

Produção
Diego M. Gomes

Design Gráfico
Carlos C. Tartaglioni,
Diego M. Gomes,
Edimáldia Ferreira

Colaboradores
Alexandre Capelli,
Hamilton Badin Junior,
Newton C. Braga

Capa
Arquivo Editora Saber e Dodge.com

PARA ANUNCIAR: (11)2095-5339
atendimento@mecatronicafacil.com.br

ASSINATURAS
www.mecatronicafacil.com.br
Fone: (11) 2095-5335/Fax: (11) 2098-3366
Atendimento das 8:30 às 17:30 h

Associado da:

ANER
www.aner.org.br
Associação Nacional dos Editores de Revistas

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

editorial

Imagine que você, leitor da Mecatrônica Fácil, seja o feliz proprietário do Dodge Demon da capa. Agora, vamos um pouco além e suponhamos que ele poderá buscá-lo aonde quer que você esteja sem a necessidade de um motorista atrás do volante. Sim, dentro de pouco tempo isso poderá ser uma realidade e no artigo Fundamentos da Robótica: Localização, nós lhe mostraremos como.

Voltando ao nosso cotidiano, conheça um pouco sobre os "músculos" mais usados em projetos mecânicos e mecatrônicos em Motores DC e Caixas de Redução e como de costume, ponha a mão na massa e aprenda a utilizar as portas do seu PC como fonte de energia, com o artigo Alimentando Projetos a Partir do PC.

E mais: Semáforos Inteligentes, Ultrassons e o que acontece de novidade no mundo da tecnologia na seção Robonews.

Boa Leitura!

Carlos Eduardo Bazela



índice

14

Robonews 02

Uso de relés em Robótica e Mecatrônica 04
Sugestões de como aplicá-los em várias situações

Motores DC e Caixas de Redução 07
Conheça um pouco mais sobre esses mecanismos

Alimentando Projetos a partir do PC 10
Saiba como utilizar a tensão das portas de conexão do seu computador como fonte de energia

Fundamentos de Robótica: Localização 14
Carros que andam sozinhos via GPS e muito mais

Circuitos de Mecatrônica e Robótica 17
Veja novas possibilidades para os seus projetos

Controle de Movimento 22
Um dos pontos fundamentais da Mecatrônica

Aromatizador Eletrônico 26
Perfume o ambiente com um circuito de montagem simples

Semáforos Inteligentes 30
A Tecnologia chegou às ruas. Literalmente

Módulos de automação por sinais alternados 35
Monte um projeto simples para trabalhar com sinais de áudio

Conheça os Ultrassons 38
Que vibrações são essas que parecem sons mas não podemos ouvir?

Redes Neurais Artificiais – Parte 3 44
A última parte de nosso estudo sobre Redes Neurais

Robonews

Robôs sobem ao palco na Suíça


Musical robots


Wakamaru

Na Suíça, os robôs estão sendo usados em uma aplicação que é no mínimo inusitada: o teatro.

O musical Robots, que estreou dia 1° de maio e fica em cartaz até o dia 17 no Teatro Barnabe, em Servion, conta com a participação de três robôs (com visual semelhante aos que estrelam o filme Eu, Robô ao lado de Will Smith) desenvolvidos pela empresa BlueBotics juntamente com o Instituto Federal de Tecnologia, na cidade de Lausanne, que contracenam com os atores humanos Laurence Iseli e Branch Worsham.

A peça conta a história de um homem que mora com três robôs e recebe a visita de uma mulher, seu único elo com a humanidade, da qual se exilou.

Essa não é a primeira vez que um robô pisa no palco. Em 2008, o robô de forma humanóide Wakamaru, produzido pela Mistsubishi Heavy Industry, atuou com a atriz Minako Inoue interpretando o personagem Momoko numa peça escrita e dirigida pelo dramaturgo Oriza Hirata, em uma apresentação exclusiva para a imprensa na Universidade de Osaka, no Japão.

Pesquisadores japoneses desenvolvem “robô-criança”

Ele tem 1,3 m, pesa 33 kg e pele de silicone.

Obviamente, essas não são as características de uma criança normal, mas o CB2 criado pelos pesquisadores da Universidade de Osaka, no Japão, está sendo programado para se se comportar como uma.

A estrutura do CB2 conta com cinco motores, aliados com os 197 sensores táteis distribuídos pelo corpo do robô que ajudarão aos cientistas a tentar reproduzir a relação entre mães e filhos, como por exemplo analisar e classificar as expressões faciais das mães em sentimentos como alegria e tristeza.



Helicóptero procura plantações de maconha pelo cheiro



A polícia holandesa conta com mais um aliado no combate ao crime. Trata-se do Canna-Chopper, um pequeno helicóptero-robô equipado com câmeras e um sensor detector de odores para localizar plantações ilegais de maconha no país e já na sua primeira operação, realizada na periferia de Doetinchem, foi responsável pela prisão de sete pessoas e apreensão de alguns quilos da erva.

Na Holanda, onde é permitida a comercialização e cultivo da maconha, apenas 10% de toda a produção é distribuída de forma legal nas coffee shops do país. O restante, segundo a polícia, vai para os outros países na forma de contrabando.



Robô para idosos chegará ao mercado em três anos

Os cientistas do Instituto de Tenologia de Harbin, na China, desenvolveram um robô doméstico programado para cuidar de idosos que vivem sozinhos em casa.

Além de levar remédios e comida aos donos, o robô poderá enviar mensagens de texto e vídeo para a família e virá equipado com alarmes que acusam caso haja vazamento de gás ou dentro da casa. Para entreter os proprietários ele será capaz de jogar xadrez e até cantar.

Estima-se que o robô chegará ao mercado dentro de dois ou três anos e custará entre 30 e 50 mil iuanes (US$ 4 mil a US$ 7 mil).

O robô especialista em cuidar de idosos foi um projeto realizado a pedido do governo chinês para solucionar o problema do envelhecimento prematuro da população do país, onde os pais são orientados a ter apenas um filho por causa da alta densidade demográfica.

Hoje, a China possui mais de 150 milhões de pessoas com mais de 60 anos e 10 milhões de profissionais dedicados apenas a cuidar da população mais idosa, uma vez que os asilos não são populares no país.

Uso de relés em Robótica e Mecatrônica



Embora sejam componentes lentos e em alguns casos menos confiáveis que os dispositivos semicondutores de comutação, os relés oferecem uma infinidade de recursos para aplicações em projetos de Robótica e Mecatrônica.
Na verdade, existem situações em que o uso do relé pode ser até mais simples do que um circuito eletrônico que utilize um componente de estado sólido, o que nos leva a abordar algumas aplicações interessantes neste artigo.
Para os leitores que ensinam, estudam ou fazem projetos de Robótica e Mecatrônica, as sugestões de aplicações que damos neste artigo não devem ser desprezadas.

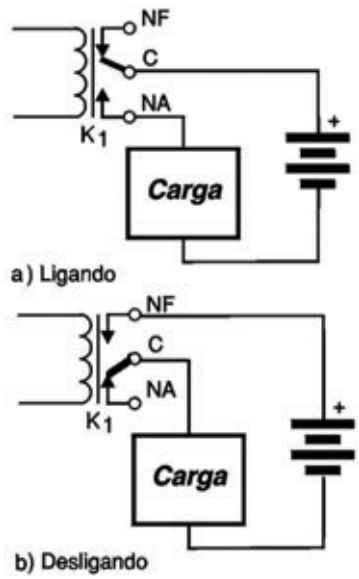
Newton C. Braga

Os relés comuns são interruptores ou chaves eletromecânicas. Com uma pequena corrente ou tensão aplicada a uma bobina podemos controlar uma ou mais correntes de intensidade muito maior através de seus contatos. O relé típico tem um ou dois contatos reversíveis que podem ser usados de modo independente, fator que nos leva a uma infinidade de aplicações interessantes.

Na aplicação básica podemos usar os contatos NA (Normalmente Aberto), NF (Normalmente Fechado) e C (comum) de diversas maneiras.

Na **figura 1** em **(a)** mostramos como usar os contatos C e o NA para ligar uma carga quando o relé tem sua bobina energizada. Em **(b)** vemos como desligar uma carga quando o relé for energizado. Em Robótica ou Mecatrônica, saber usar estas duas funções é importante. Podemos utilizar um sensor para ligar uma certa carga externa (um sistema de aviso) e, simultaneamente, desligar outro circuito (um motor) empregando a segunda configuração.

1 Usando relés com contatos NA e NF.R



Relés de dois contatos reversíveis

Os relés de dois contatos reversíveis DPDT (*Double Pole Double Through*), que funcionam como

chaves HH acionadas por um sinal aplicado a uma bobina oferecem possibilidades de aplicação bastante interessantes ao projetista de Robótica ou Mecatrônica. Uma primeira aplicação simples consiste no controle do sentido de rotação de um motor de corrente contínua, que é ilustrado na **figura 2**.

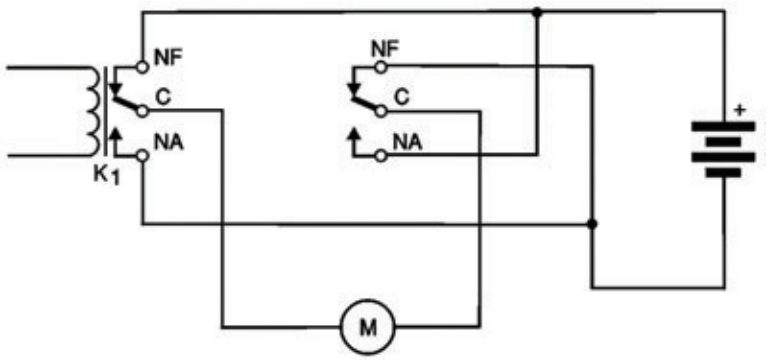
Com o relé desenergizado a corrente circula pelo motor num sentido. Quando o relé é energizado, o sentido de circulação da corrente pelo motor é invertido e ele passa a girar em sentido contrário. Um nível lógico no relé pode determinar, portanto, o sentido de rotação do motor, o que leva este circuito a substituir uma ponte H que, normalmente, precisa de pelo menos 4 transistores para cumprir com a mesma finalidade. Uma segunda aplicação interessante para um relé de duplo contato reversível é apresentada na **figura 3**.

Com o relé desenergizado a carga é alimentada pelas duas baterias em série, ou seja, com a tensão de B_1 mais a de B_2. Quando aplicamos uma tensão à bobina do relé e ele troca as posições dos contatos, as baterias são conectadas à carga em paralelo. Este tipo de circuito pode ser útil quando desejamos alimentar uma carga com duas tensões a partir de um controle externo. Outra aplicação derivada desta é mostrada na **figura 4**. Neste circuito, quando o relé está desenergizado as duas cargas são ligadas em série e alimentadas pela bateria, recebendo cada uma metade da tensão (se forem iguais). No entanto, no momento em que o relé é energizado, as cargas passam a ser conectadas em paralelo com a bateria.

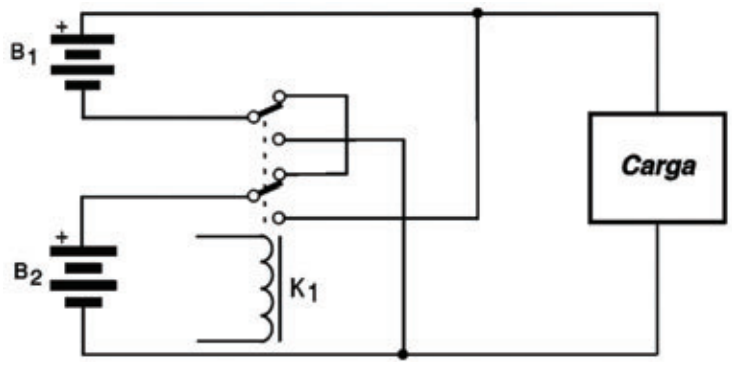
Circuitos de tempo

Os relés podem ser usados também no acionamento temporizado de cargas, desde que os intervalos desejados sejam bem pequenos. Isso pode ser necessário, por exemplo, quando um sensor deva ativar um relé, mas ele é acionado por um intervalo de tempo tão curto que não seja suficiente para mover o motor. Podemos prolongar o tempo de acionamento de um relé que controla um motor, por exemplo, usando o circuito mostrado na **figura 5**.

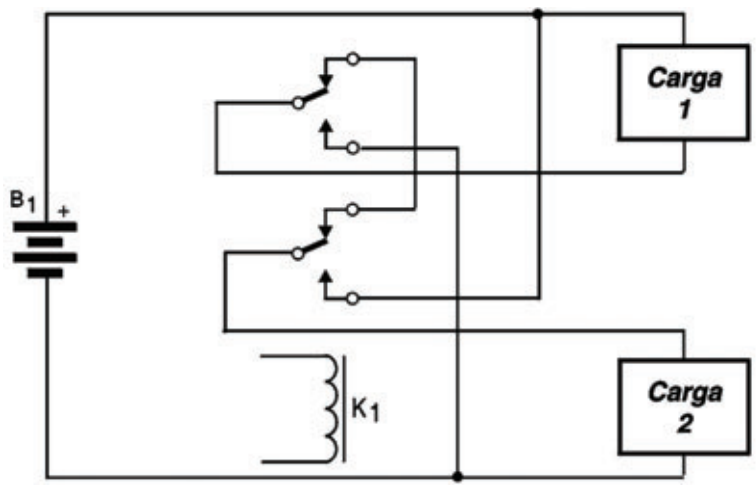
2 Reversão de um motor.



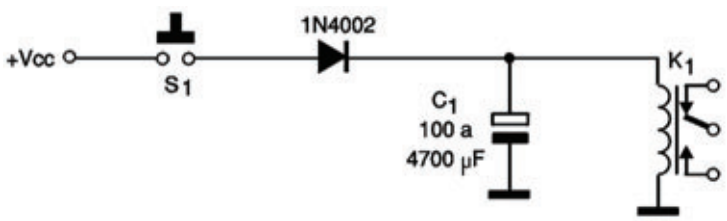
3 Série / Paralelo com relé.



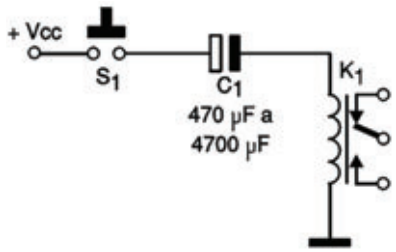
4 Série / Paralelo II.



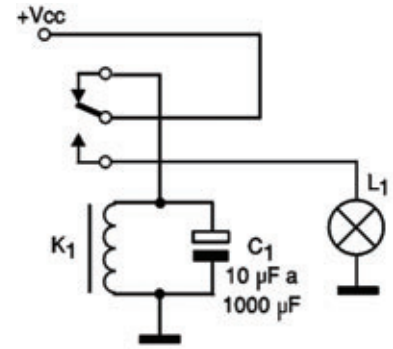
5 Acionamento temporizado.



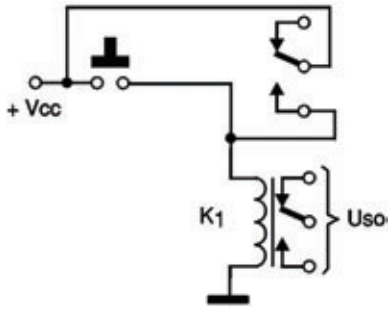
6 Acionamento limitado.



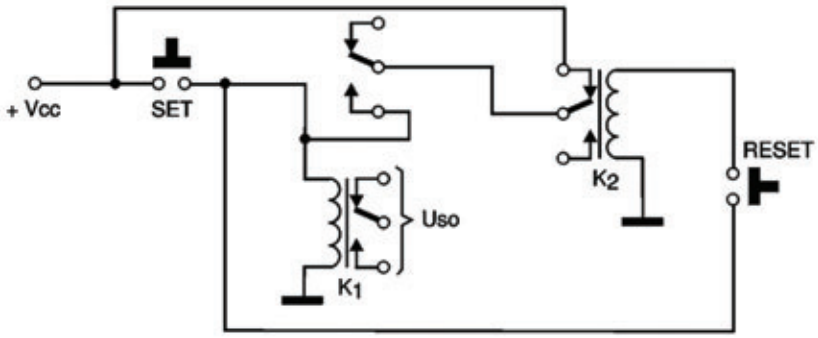
7 Pisca-Pisca.



8 Relé com trava.R



9 Set / Reset Flip-Flop.



Um leve pressionar da chave S_1 (que pode ser um sensor) é suficiente para carregar C_1 e fechar os contatos do relé.

Mesmo depois que S_1 foi desligada, a descarga de C_1 pela bobina do relé mantém o contato fechado por algum tempo. Este tempo dependerá da resistência ôhmica da bobina do relé e do valor do capacitor empregado, podendo se estender por alguns segundos. Um circuito deste tipo torna o tempo de acionamento de uma carga quase independente do tempo de acionamento do sensor ou interruptor S_1. Uma outra aplicação que envolve o uso de um capacitor e um relé é o acionamento por tempo limitado, apresentado na **figura 6**.

Este circuito limita o tempo de acionamento de uma carga tornando-o independente também do tempo em que o interruptor ou sensor fica fechado. O relé fecha seus contatos apenas pelo tempo de carga do capacitor. Este tempo é dado pela resistência ôhmica do enrolamento do relé e pelo valor do capacitor, podendo chegar a alguns segundos com os valores maiores.

Outros circuitos

Na **figura 7** temos uma outra configuração para um relé, que é um pouco diferente do normal.

Trata-se de um pisca-pisca ou intermitente cuja constante de tempo é dada pela resistência ôhmica do relé e pelo valor do capacitor. O funcionamento deste circuito é fácil de ser explicado.

Quando o circuito é alimentado, o capacitor carrega-se ao mesmo tempo que o relé comuta. Nesta comutação a alimentação da bobina é interrompida, mas o relé não é desarmado de imediato. Ele precisa de um tempo que corresponde à descarga do capacitor. Quando o capacitor tem sua carga reduzida a ponto de não conseguir mais manter o relé energizado, ele desliga e, novamente, o relé é armado e o capacitor carregado pelos contatos NF. Temos então a repetição do ciclo. O relé fica abrindo e fechando numa frequência que depende do capacitor e da bobina do relé.

Na **figura 8** temos um relé com trava. Basta um breve toque no interruptor, que também pode ser um sensor, para que o relé feche seus contatos e assim permaneça até que a alimentação seja desligada.

Se o relé tiver duplos contatos, o segundo poderá ser usado para controlar uma carga externa. Finalmente temos um circuito que, usando dois relés, faz as funções de um *flip-flop R-S* ou Reset-Set. Vide **figura 9**.

Com um toque no interruptor SET o circuito arma e K_1 trava. Para desarmar o circuito ou *ressetá-lo* basta dar um toque no interruptor RESET. Os interruptores podem ser substituídos por sensores num projeto de Robótica ou Automação.

Os relés usados

Em todos os projetos podem ser empregados relés comuns de uso geral, de 6 a 48 volts, com correntes de bobinas de até 50 mA.

Estes relés, pela baixa corrente de acionamento, consistem em elementos ideais para pequenos projetos de Robótica e Mecatrônica. Os relés da série G ou MCH, da Metaltex, são tipos recomendados para os circuitos mostrados neste artigo e podem controlar correntes de até alguns ampéres.

Da mesma forma podem ser usados *reed-relés* e outros tipos equivalentes.

Motores DC
e Caixas de Redução

A principal forma de propulsão de muitos dispositivos que tenham partes mecânicas como robôs, braços mecânicos, videocassetes, automatismos etc, é o motor elétrico. Existem basicamente dois tipos de motores: o DC e o motor de passo. Trabalhar com estes motores exige certas precauções e circuitos especiais. Neste artigo abordaremos o caso específico dos motores DC, alguns circuitos e informações que podem ser de grande utilidade para os leitores trabalham com equipamentos e partes mecânicas.

Newton C. Braga

Os motores de corrente contínua consistem numa forma simples e barata de se obter propulsão mecânica para dispositivos eletromecânicos. No entanto, sua variedade de características e o seu princípio de funcionamento exigem recursos especiais para que possam ser utilizados corretamente. Mostraremos tanto o aspecto mecânico do uso destes motores como também alguns controles eletrônicos.

Os Motores DC

Existem diversos tipos de motores DC, tais como os de ímã permanente, sem escovas ou ainda de relutância variável. Os mais comuns (e baratos), que podem ser encontrados numa enorme faixa de tamanhos e tensões de trabalho, são os que fazem uso de escovas. Neles, conforme mostra a **figura 1**, um conjunto de bobinas gira, apresentando sua corrente comutada por escovas que invertem o sentido da corrente a cada meia volta de modo a manter o movimento.

Estes motores possuem um rendimento razoável quando usados em projetos de Robótica e Mecatrônica, sendo por este motivo os preferidos de muitos projetistas. Eles podem ser encontrados numa ampla faixa de tensões nominais, tipicamente entre 1,5 e 48 volts.

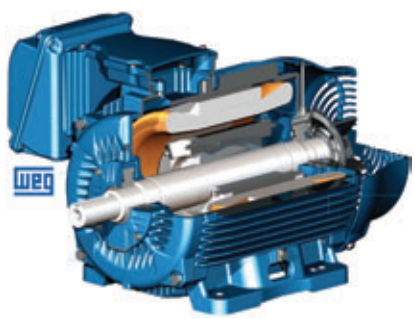
Os mais comuns nas aplicações de Robótica e Mecatrônica são, entretanto, os especificados para tensões de 1,5 a 12 V. Na **figura 2** ilustramos alguns destes motores.

O tamanho de cada um está associado à sua potência, e não somente à tensão de trabalho. É importante observar que esta tensão nominal não é obrigatoriamente a tensão de trabalho de um motor DC. Um motor de 6 volts funcionará com 3 ou 4 volts, mas certamente não rodará na mesma velocidade e nem terá a potência máxima esperada. Da mesma forma, este motor pode funcionar também com 9 V, porém deve-se evitar este procedimento.

Um motor DC poderá em alguns casos funcionar com tensões até 40 ou 50% maiores que a nominal, mas por curtos períodos de tempo. Se for submetido a uma tensão maior que a nominal por longos períodos, ocorrerá o aquecimento de sua bobina com um possível dano.

A corrente que um motor exige depende de sua potência e também da carga. Um motor girando livre terá maior velocidade do que um motor que tenha que deslocar algum tipo de mecanismo que exija maior força. A corrente exigida dependerá da "carga" ou do peso movimentado, conforme o gráfico da **figura 3**.

1 Motor DC em corte



2 Exemplo de motores DC



Em aplicações típicas, entre a corrente mínima com um motor rodando "em vazio" ou sem carga, e a corrente máxima que ocorre com o peso máximo que

ele consegue movimentar, pode haver uma relação de até 1:10 de valores. A velocidade é outro fator importante a ser observado no motor DC. O motor tem uma velocidade de rotação que depende da força que ele deve fazer, ou seja, da carga. Assim, é comum que os fabricantes dos pequenos motores especifiquem seus produtos pela velocidade "em vazio", ou seja, pela velocidade máxima que eles atingem, e novamente esta velocidade pode cair numa proporção de 10:1 quando ele atingir a potência máxima.

Os pequenos motores que normalmente encontramos com facilidade em muitas aplicações têm velocidades especificadas na faixa de 3000 a 10 000 rotações por minuto (RPM). Tipos especiais podem rodar com velocidades menores (faixa de 1500 a 2000 RPM), como os encontrados em toca-fitas e outras aplicações mais críticas.

Outra característica importante de um motor é o torque. De acordo com a **figura 4**, aplicando-se o princípio da alavanca a um motor, vemos que a "força" que ele pode exercer quando gira, depende não só das características do próprio motor, mas também do comprimento do braço da alavanca.

Considerando que o braço é uma variável, é mais correto levarmos em conta seu comprimento especificando a força que o motor pode fazer de uma forma absoluta pelo que se denomina torque.

O torque é o produto força x distância, e se mantém constante para um determinado motor, pois quando aumentamos a distância (comprimento da alavanca), a força diminui na mesma proporção.

Caixas de Redução

Os motores DC encontrados à disposição dos projetistas de Robótica e Mecatrônica são motores de alta rotação e pequeno torque, não servindo portanto para a maioria das aplicações. Se acoplarmos uma "roda propulsora" diretamente ao eixo de um motor DC comum para movimentar um robô, teremos duas possibilidades desagradáveis: ou o robô "dispara" em alta velocidade, se ele for suficientemente leve, ou então o motor não tem força para movimentá-lo e não consegue sair do lugar.

Para podermos empregar um motor DC comum em uma aplicação de Robótica ou Mecatrônica é preciso reduzir sua velocidade e, ao mesmo tempo, aumentar seu torque. Isso é feito acoplando-se ao motor algum sistema mecânico que possa realizar essas operações.

O sistema mais simples consiste de uma correia semelhante à **figura 5**.

A relação entre o diâmetro do eixo do motor e o diâmetro da roda maior que vai propulsionar ou realizar o movimento, nos dará a proporção em que a velocidade é reduzida e o torque é aumentado. Por exemplo, se acoplarmos um motor de 3000 RPM a uma roda propulsora com diâmetro 30 vezes maior, ela "rodará" a 100 RPM e fará uma força 30 vezes maior do que a obtida diretamente pelo eixo. Um motor que não movimente mais do que 20 gramas diretamente pelo eixo, poderá movimentar um robô de 600 gramas. Outra forma é por meio de engrenagens, observe a **figura 6.**

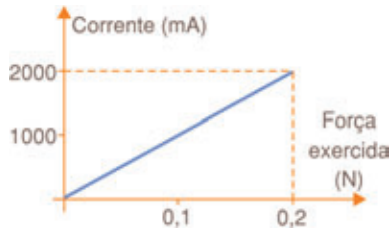
A relação entre os tamanhos e o número de dentes das engrenagens nos fornece a taxa de redução da velocidade e também de aumento da força obtida. Se acoplarmos ao motor uma engrenagem com 10 dentes e a esta uma maior com 50 dentes, teremos uma taxa de redução de 1:5. Poderemos obter uma taxa ainda maior, acoplando sucessivamente outras engrenagens, conforme ilustra a **figura 7**.

Nesta figura mostramos como temos uma taxa de 1:5 e depois uma de 1:8 e finalmente 1:10 obtendo-se uma taxa final de redução de 1 para 400!

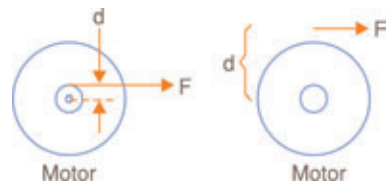
É claro que o aumento do torque e a redução da velocidade nestas taxas são teóricas, pois precisamos considerar uma pequena perda que ocorre pelo atrito das partes mecânicas. Na prática, é possível obter motores que já disponham de caixas de redução ou então as próprias caixas que podem ser acopladas aos motores.

Na **figura 8** temos o exemplo de uma caixa de redução que foi projetada especialmente para aplicações em Robótica. Esta caixa já vem com um motor de 3 V, mas pode ser trocado por outro dependendo da aplicação. Com este motor, a rotação do eixo principal após a redução será da ordem de 120 a 500 RPM, dependendo da carga. A força exercida pelo eixo diretamente puxando

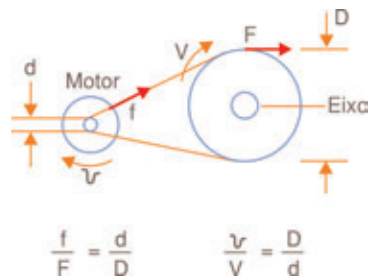
3 Carga x Corrente



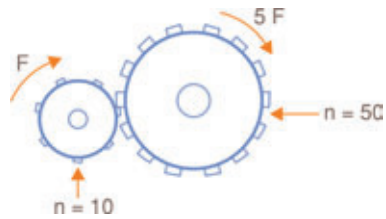
4 O tamanho da alavanca no cálculo do torque



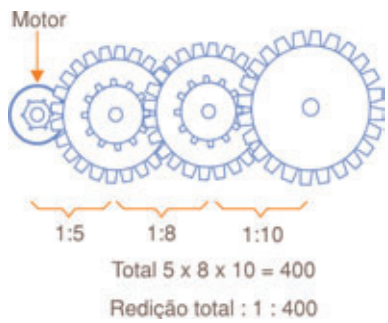
5 Usando o sistema de correias para diminuir a velocidade e aumentar o torque



6 Utilizando engrenagens ao invés de correias



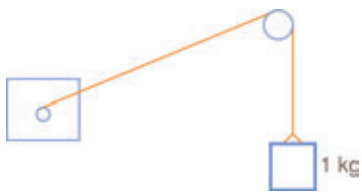
7 Aumentando o torque com um conjunto de engrenagens



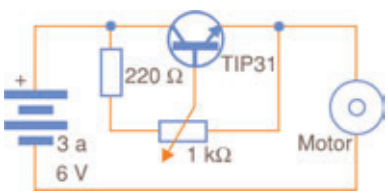
8 Caixa de redução



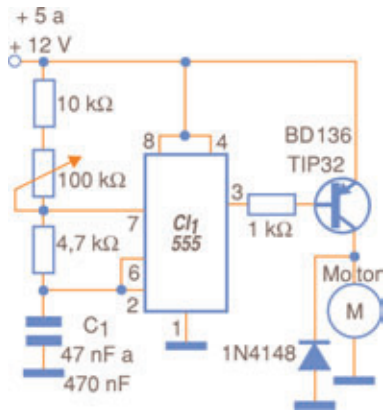
9 Aumentando o torque com ajuda de uma roldana



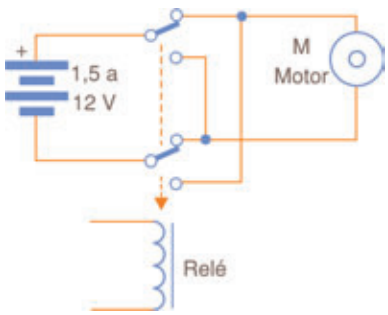
10 Controlando a velocidade através do circuit



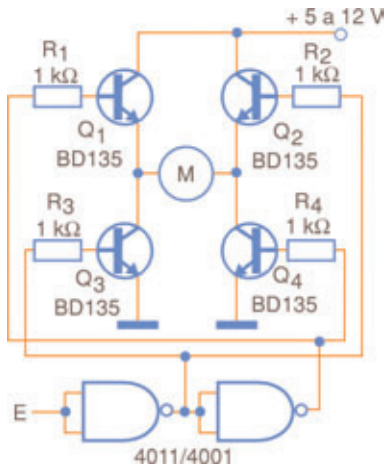
11 Utilizando o 555 no controle do motor



12 Alterando o sentido de rotação do motor



13 Utilizando uma ponte H ao invés de relé



um fio, permite levantar um peso de mais de 1/2 quilo. Veja a **figura 9**.

Com esta velocidade e força, a caixa pode ser utilizada com o motor para movimentar pequenos robôs, braços mecânicos, elevadores em maquetes e outros dispositivos de Mecatrônica.

Os Controles Eletrônicos

Em qualquer aplicação relacionada com movimento obtido a partir de motores é importante ter recursos para se controlar a velocidade e o sentido de rotação num motor DC. O sentido de rotação dependerá da polaridade da tensão aplicada, ou seja, do sentido da corrente pelos enrolamentos, enquanto que a velocidade pode ser controlada de duas maneiras: pela tensão aplicada de forma contínua ou na forma de pulsos (veja o artigo sobre PWM). O modo mais simples de controlar a velocidade é através de um controle linear ou reostato eletrônico, indicado na **figura 10**.

O circuito apresentado pode controlar motores com correntes de até 2 ampères.

Para obter um controle PWM temos um circuito básico utilizando o circuito integrado 555 na configuração de multivibrador astável, que é ilustrado na **figura 11**.

A relação entre a largura dos pulsos produzidos e a separação pode ser controlada pelo potenciômetro e determina a potência aplicada ao motor. Com este tipo de controle pode-se obter um comportamento mais linear em toda a faixa de ajuste de velocidade, principalmente nas baixas, onde o torque não é mantido com os controles lineares. O único cuidado que o montador deve ter é no sentido de encontrar o melhor valor de C_1 para o motor que está sendo usado.

Este capacitor deverá ter seu valor "casado" com as características do motor de modo que não vibre nas baixas velocidades, de forma inconveniente. Para reversão da velocidade pode ser utilizada uma meia ponte com base em relé, como a exemplificada na **figura 12**.

Com o relé aberto o motor gira em um sentido, e com o relé fechado, no sentido oposto. O sentido pode ser controlado pelo nível lógico do sinal aplicado à base do transistor que tem por carga o relé. Um circuito totalmente de estado sólido é a ponte H mostrada na **figura 13**, que pode ser usada para controlar motores de até 1 A.

Esta ponte também é controlada pelos níveis lógicos aplicados à sua entrada. Observe que os circuitos lógicos impedem que um estado "proibido" ocorra com os transistores. Em um estado proibido os dois transistores do mesmo lado da ponte conduziriam, colocando em curto a fonte de alimentação. Além da queima dos transistores, poderíamos ter também o esgotamento rápido da bateria que alimenta o dispositivo. Lembramos ainda que os transistores devem ser montados em radiadores de calor compatíveis com as correntes drenadas pelos motores a serem alimentados.

Conclusão

Para se utilizar um motor DC em dispositivos eletromecânicos não é preciso muito. Podemos obter motores de diversos tipos ou de aparelhos comuns fora de uso como em casas especializadas, o que simplifica bastante o trabalho do projetista de Robótica, Mecatrônica ou Automatismos diversos. Entretanto, é preciso saber trabalhar com estes pequenos motores respeitando suas características elétricas e mecânicas. Utilizando-se caixas de redução apropriadas e controles de velocidade e sentido, é possível obter qualquer tipo de movimento com estes motores, desde os mais suaves até o movimento rápido de propulsão de um veículo controlado à distância.

Alimentando projetos a partir do PC

Um dos problemas enfrentados pelos projetistas e experimentadores que gostam de montar aparelhos conectados ao PC, é como alimentar esses aparelhos usando a própria fonte de alimentação do computador. Se bem que a idéia básica dos PCs seja a de ter um aparelho para controlar "coisas" externamente, os projetistas falharam ao deixar de prever uma saída de alimentação a partir do próprio PC para essas coisas. Neste artigo mostramos aos leitores que desejam "pendurar" algum hardware em seu PC, como podem fazer isso sem precisar de uma fonte externa.

Newton C. Braga

Os leitores que trabalham ou fazem projetos nas áreas de Automação, Aquisição de Dados, Robótica etc. e que conectam suas placas diretamente ao PC (porta paralela ou serial) normalmente encontram problemas na sua alimentação, o que exige uma fonte externa.

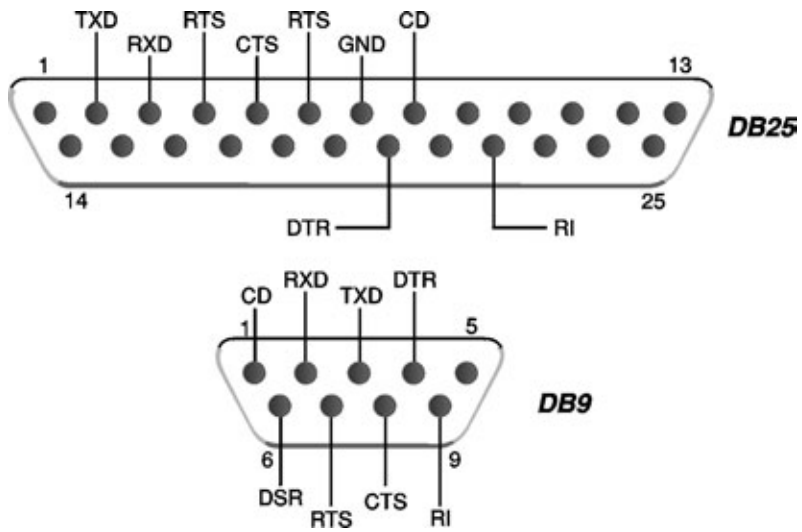
Não seria possível tirar esta alimentação do próprio PC? (Já que as fontes que existem nos computadores em alguns casos, são mais do que dimensionadas para aguentar um ou mais periféricos sem problemas).

Sim, isso é possível e existem diversos modos de fazê-lo. O único cuidado que o leitor deverá ter é saber escolher os locais e determinar se eles podem alimentar seus periféricos.

As fontes dos PCs

As fontes dos PCs fornecem tensões de 5 V e +/- 12 V com uma corrente bastante elevada, da ordem de muitos ampères, e que pode ser aproveitada para alimentar dispositivos externos. Deveremos ter cuidado apenas em saber exatamente quanto de corrente precisa o nosso dispositivo externo para ter uma ideia se ele irá ou não sobrecarregar a fonte.

1 Porta Serial



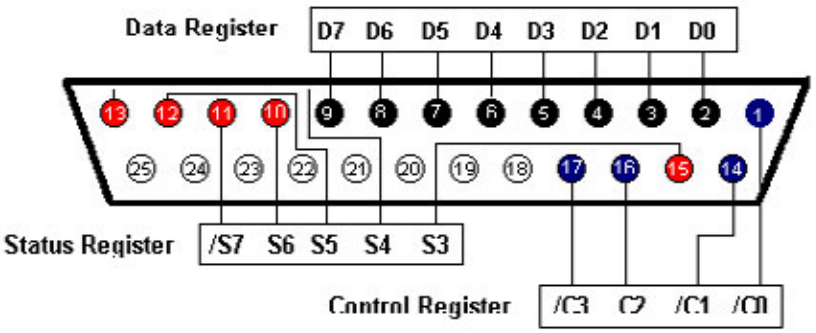
O grande problema é que nos acessos externos que temos à fonte, não é a sua corrente máxima que está disponível, e tal fato poderá trazer dificuldades aos leitores menos avisados.

Assim sendo, mesmo que a fonte do PC tenha alguns ampères a mais disponíveis na tensão de 5 V, numa porta em que tenhamos acesso a esta tensão, por exemplo, a corrente máxima poderá não superar alguns miliampères.

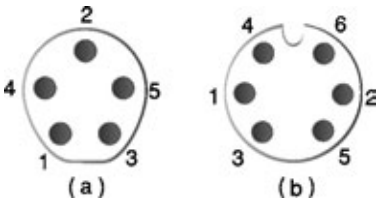
Local onde podemos tirar alimentações

O PC conta com uma série de portas e conectores de onde podemos ter acesso às tensões da fonte.

2 Porta Paralela



3 Conectores de teclado



O problema é que em alguns deles o acesso não é direto, e isso faz com que a corrente máxima disponível seja limitada.

Os principais pontos de acesso são:

a) Porta Serial

A porta serial não foi projetada originalmente para ser uma fonte de alimentação para circuitos externos. Mesmo assim, muitos fabricantes de dispositivos que são conectados a esta porta, fazem projetos em que eles são alimentados por ela.

Na operação normal, as linhas DTR e RTS são levadas a apresentar uma tensão de +12 V quando não carregadas.

Já a linha TD é mantida no nível de -12 V quando nenhum dado está sendo transmitido.

Estas tensões podem ser usadas para alimentar circuito externos, mas desde que o consumo seja baixo, pois não podem fornecer mais do que uns 10 mA de corrente.

Na verdade, como são projetadas para ter uma resistência de carga elevada de (3 a 7 kΩ), ocorre uma queda de tensão da ordem de 1 a 2 V para cada mA que seja exigido de uma destas saídas para alimentar alguma coisa externa.

Confira na **figura 1** onde obter estas tensões.

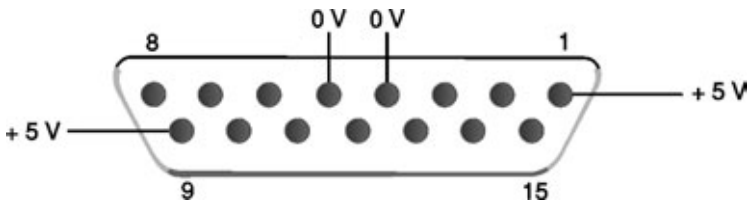
O circuito mostrado pode fornecer uma tensão de +5 V a partir dos +12 V das linhas RTS e DTR desde que a corrente não ultrapasse uns 10 mA.

Esta corrente poderá ser suficiente para alimentar um ou dois circuitos integrados TTL de baixo consumo.

Na figura temos o caso da tomada de 25 pinos (DB25), mas para a ligação na saída de 9 pinos (DB9) a conversão dos pinos será dada pela seguinte **tabela 1**.

Observe que este circuito pode fornecer tensões variáveis de -12 V a +12 V (sem regulagem, dependendo da carga) e fixa de 5 V (com carga limitada a 10 mA).

4 Conector de Joystick



b) Porta Paralela

Aqui também não foi previsto quando da criação do PC, que a porta paralela poderia ser usada para fornecer alimentação a algum dispositivo ligado a ela.

Alguns pinos do conector da porta paralela podem fornecer uma tensão de + 5 V, mas a corrente disponível estará também limitada a 1 mA aproximadamente, da mesma forma que no caso da porta serial, onde precisamos fazer isso por software.

Na **figura 2** mostramos quais são os pinos que podem ser utilizados para a alimentação.

c) Porta do Teclado

No conector do teclado existe um pino em que podemos obter uma tensão de 5 V com uma corrente que apenas é limitada pelo fusível interno, normalmente da ordem de 1 ampère.

O fusível do conector está junto ao próprio conector do teclado na placa-mãe e se assemelha a um resistor.

Na **figura 3** vemos o conector DIN típico usado nos teclados, observando- se que a tensão de +5 V é disponível no pino 5, enquanto que o terra é no pino 4.

d) Porta do Joystick

Este é um outro ponto do PC onde podemos obter uma tensão de 5 V, com uma vantagem: a corrente obtida aqui é a maior possível podendo chegar até a 20 A, se sua fonte tiver disponível esta corrente.

O grande problema a ser considerado é que esta corrente é suficientemente elevada para causar estragos nos circuitos, se houver algum problema de curto-circuito.

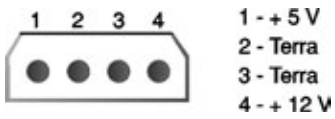
Na **figura 4** mostramos a pinagem desta porta.

Uma tensão de 5 V pode ser obtida tanto nos pinos 1 como 9, enquanto

T1

25 pinos	9 pinos
2	3
4	7
7	5
20	4

5 Conector de Drive de disquete



que o terra pode ser nos pinos 4 e 5.

Um ponto importante a ser observado é que em algumas placas de som, onde são ligados os conectores de joysticks podem ter tensões de 3,3 V em lugar de 5 V. O leitor deve verificar isso antes de pensar em conectar algum projeto a este ponto de seu PC.

e) Conector USB

Se o seu computador já é mais moderno e possui um conector para o *Universal Serial Bus*, ele também poderá ser usado para alimentar algum dispositivo externo com tensão de 5 V, desde que a corrente não seja superior a 100 mA.

O USB hospedeiro pode suprir uma corrente maior chegando a 500 mA com uma tensão de 4,75 V.

Alimentação de dentro do PC

Se não houver dificuldade para que o leitor retire a alimentação de seus projetos de dentro do próprio PC, as opções aumentam.

a) Conector do Drive de Disquete, CDs e DVDs

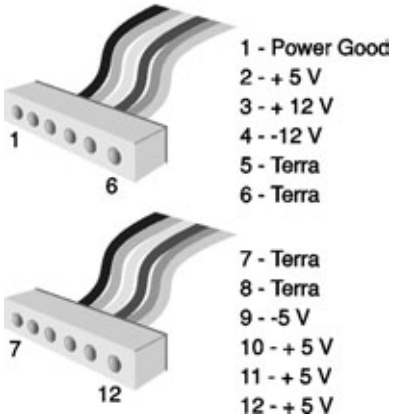
Nos conectores dos *drives* podemos obter tanto a tensão de +12 V (que é usada para o motor) quanto a de +5 V (que é usada para os circuitos lógicos).

Na **figura 5** você encontra um conector típico do drive de disquete observando-se que os pinos 2 e 3 são terras, no pino 1 obtemos +5 V e no pino 4 a tensão de +12 V.

Como este conector está na própria fonte, a corrente que podemos obter é algo elevada podendo chegar a alguns ampères, caso a fonte disponha dessa corrente em excesso.

Uma das vantagens de usar este ponto como alimentação para os projetos, é que instalando o circuito dentro do PC ele poderá aproveitar a ventilação existente.

6 Conector de placa-mãe



b) Conector da Placa-Mãe

No conector da placa-mãe podemos obter a tensão de 5 V com correntes que podem superar 10 ampères e a de +12 V com corrente de alguns ampères. As tensões negativas de -12 V e -5 V que são disponíveis nestes conectores, entretanto, não podem suprir correntes maiores do que algumas dezenas de miliampères.

Na **figura 6** vemos a pinagem de um conector típico de placa- mãe com as tensões disponíveis.

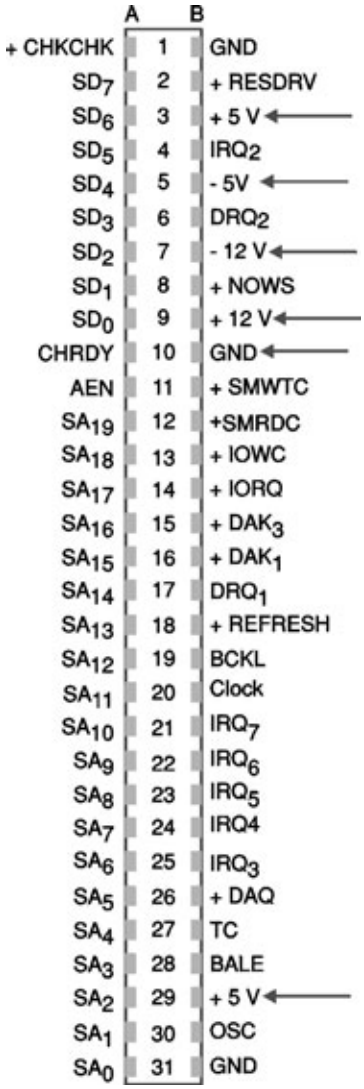
c) Barramento ISA

Outro ponto do PC em que podemos tirar a alimentação para projetos é o próprio barramento ISA. Em especial, este tipo de alimentação é inte ressante se estivermos trabalhando numa placa de projeto que vai ser inserida justamente nos *slots* desse barramento.

A possibilidade desta placa não precisar de alimentação externa é muito importante, mas é preciso levar em conta até quanto de potência poderemos obter de um projeto que será inserido num slot.

As tensões obtidas no barramento ISA são de +5 V, -5 V, +12 e -12 V com correntes algo elevadas, já que vêm da própria fonte através da placa-mãe sem passar por dispositivos intermediários.

7 Barramento ISA e onde estão as tensões

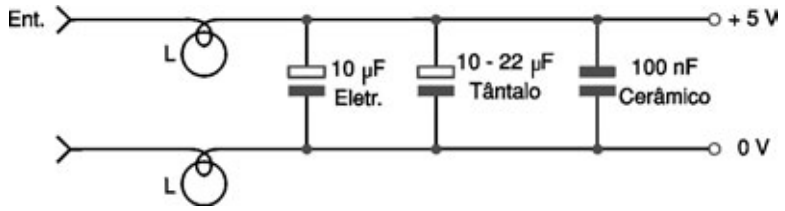


Observe na **figura 7** a pinagem do slot ISA com os pontos em que podemos obter as tensões indicadas.

Acontece entretanto que, devido aos diversos dispositivos que são alimentados pelas linhas de tensão deste barramento, a tensão disponível é ruidosa. Em alguns casos, o ruído presente nestas tensões poderá prejudicar a estabilidade de funcionamento dos circuitos ligados a este ponto.

Assim, sempre que algum periférico for alimentado diretamente pelo barramento é importante agregar um filtro, cujo diagrama é ilustrado na **figura 8**. Este filtro, conforme ilustra a figura, consiste em dois indutores que

8 Filtro



nada mais são do que ferrite beads (*) agregados à linha de alimentação e três capacitores em paralelo criado pela corrente que circula pelo fio atuando assim como uma indutância em série.

Esta indutância se opõe a variações (transientes) de corrente no fio em que ela está, servindo portanto como filtro.

Veja que são usados três tipos diferentes de capacitores, pois cada um apresenta uma resposta diferente aos diversos tipos de transientes que devem ser eliminados.

Enquanto que os eletrolíticos são eficientes em eliminar transientes longos, de altos valores, sua indutância elevada impede que sejam eficientes com transientes de curta duração.

Para estes, muito mais eficiente é o capacitor de 0,1 µF de cerâmica, daí serem usados os dois.

Outra possibilidade de se obter uma tensão mais limpa para alimentar os projetos ligados ao barramento ISA consiste em tirar os 5 V da linha de 12 V passando por um regulador integrado como o 7805, veja a **figura 9.**

Usando uma fonte de PC separada

Fontes de PCs podem ser conseguidas com facilidade tanto de computadores fora de uso como adquiridas em casas de suprimentos.

Estas fontes podem ter potências de 150 a 300 watts. No entanto, como sua eficiência varia entre 70 e 80% o leitor poderá obter menos na realidade, pois a diferença é convertida em calor. É por isso que são exigidas boas ventoinhas nos PCs.

Assim, para uma fonte de 200 watts com 80% de eficiência, poderemos dispor de até 240 watts de energia.

Uma fonte de 250 watts, por exemplo, poderá fornecer 12 V com correntes de até 8 ampères. Entretanto, não devemos ligar qualquer coisa na saída de uma fonte destas.

Para funcionar corretamente, elas precisam ser carregadas. Para o caso das fontes comuns, é preciso que elas forneçam pelo menos 20% da potência máxima a uma carga de modo a funcionarem eficientemente.

Assim, se você precisar de apenas alguns miliampères para seu projeto, vai ser necessário ligar uma "carga fantasma" na saída para carregá-la.

Esta carga pode ser um resistor de 1 ohm x 20 W, por exemplo, conforme visto na **figura 10**.

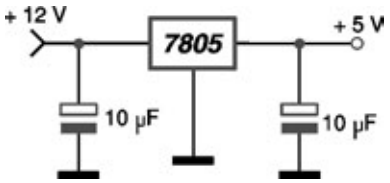
Este resistor vai absorver 5 ampères da fonte e dissipar pelo menos 25 watts (que serão convertidos em calor).

As fontes dispõem normalmente de dois conectores, que são mostrados na **figura 11**, e que podem ser identificados diretamente ou pelas cores dos fios.

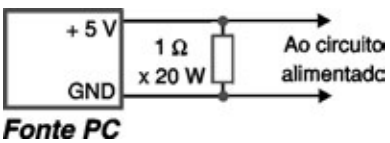
Conclusão

Existem outras possibilidades a serem consideradas como, por exemplo, a própria porta do *mouse*, mas as idéias que apresentamos acreditamos que já sejam suficientes. Dessa forma, antes de pensar em projetar uma fonte para o novo projeto que vai ser ligado ao seu PC, analise a possibilidade de tirar a alimentação do próprio micro. Na maioria dos casos isso é possível e fácil,

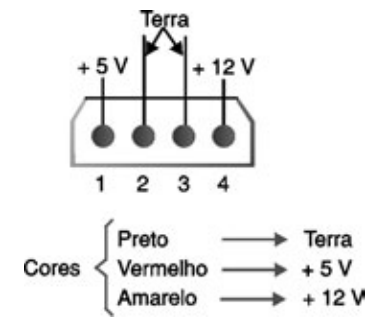
9 Usando regulador integrado



10 Usando uma carga se o aparelho alimentado for de baixo consumo



11 Conector e cores dos fios



economizando algum dinheiro e até mesmo evitando problemas. Um projeto que empregue um ou dois CIs de baixo consumo como, por exemplo, da linha LS e que não precise mais do que 1 mA, poderá dispensar uma fonte externa e ser alimentado por uma das portas disponíveis. A vantagem principal em usar a fonte de seu PC num projeto, além de reduzir os custos e simplificá-lo, está na confiabilidade.

As fontes dos PCs fornecem energia limpa e tensões que podem ser usadas com facilidade para alimentar seu novo projeto. Tudo dependerá de você fazer as coisas corretamente. f

(*) Os *ferrite beads* nada mais são do que pequenas contas de ferrite por onde passam os fios de alimentação. A presença destas contas concentra as linhas de força do campo.



Fundamentos de Robótica:
Localização

A Localização permite que robôs móveis autônomos determinem suas posições no ambiente. Um GPS (do inglês, *Global Positioning System*) parece ser ideal para a localização de robôs móveis, mas é necessário superar os seguintes desafios:

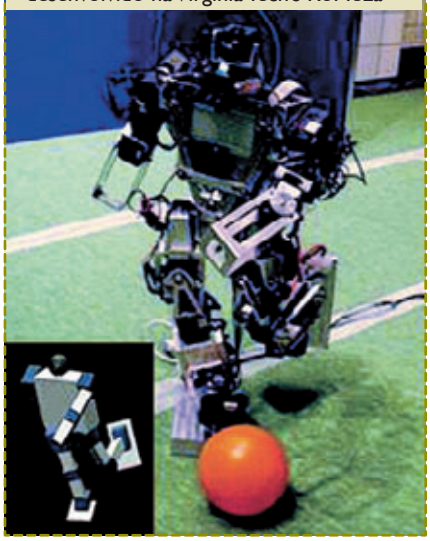
- As redes GPS existentes garantem precisão de alguns metros;
- As tecnologias baseadas em GPS não funcionam em ambientes fechados;
- O GPS identifica uma posição absoluta, mas não consegue identificar uma posição relativa respeitando outros objetos.

Para melhorar a localização de robôs móveis autônomos, as abordagens a seguir são comumente utilizadas: Navegação baseada em comportamento e Navegação baseada em mapas.

Navegação baseada em comportamento

Robôs baseados em comportamento utilizam sensores para reagir ao estado atual do ambiente, o oposto dos agentes de memória, que apresentam uma pré-concepção daquele ambiente. Um exemplo de robô baseado em comportamento é o DARwin, um robô jogador de futebol desenvolvido na Virginia Tech's RoMeLa. O DARwin utiliza localização para determinar sua posição no campo. Ele tem uma câmera para localizar o gol, percebendo simultaneamente as linhas do campo para que o software

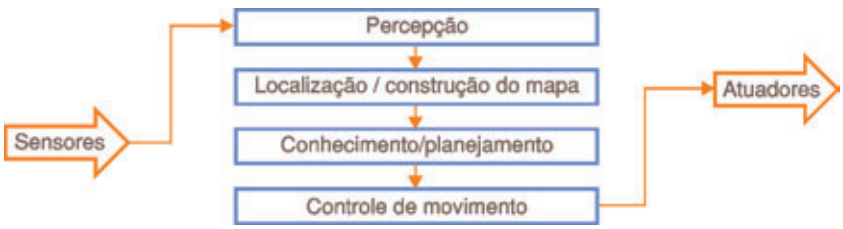
1 DARwin, um robô jogador de futebol desenvolvido na Virginia Tech's RoMeLa



2 Uma arquitetura para navegação baseada em comportamento



3 Uma arquitetura de navegação baseada em mapa



desenvolvido com o LabVIEW possa determinar onde DARwin está no campo (**figura 1**).

Odin, um veículo não tripulado criado pela equipe Victor Tango da Virgina Tech para competir no DARPA Urban Challenge 2007, também utiliza navegação baseada em comportamento. Apesar de Odin não usar apenas navegação baseada em comportamento, o componente do software de direção também emprega esse tipo de navegação. Este componente utiliza um comportamento baseado na arquitetura de máquinas de estado em LabVIEW responsável por seguir regras da estrada e guiar o veículo através da rota planejada.

Com uma arquitetura baseada em comportamento, as coordenadas se tornam vitais, uma vez que não existe um módulo de planejamento centralizado. O controle é dividido entre uma variedade de unidades de percepções-ações, ou comportamentos. Quando um robô tem um conflito de desejos, escolher a ação apropriada pode ser um problema. Por exemplo, se o robô é um veículo não-tripulado em um ambiente urbano, o desejo de dirigir na faixa da direita devido a uma curva futura à direita deve ter prioridade sobre o desejo de dirigir na faixa da esquerda em virtude de um veículo lento (**figura 2**).

Navegação baseada em mapa

Com a navegação baseada em mapas, robôs tentam se localizar coletando dados de sensores para que possam atualizar sua posição a respeito de um mapa do ambiente. A navegação baseada em mapas apresenta as seguintes vantagens:

- O conceito de se basear em mapas faz com que a posição do robô seja facilmente identificada pelos operadores humanos;
- O mapa pode ser utilizado como um meio de comunicação entre humanos e o robô.
- O mapa pode ser feito pelos robôs e utilizado pelos humanos (**figura 3**).

Veículos não-tripulados que competem no Desafio Urbano de DARPA utilizam navegação baseada em mapa conhecido como mapa inicial. Ele é carregado no robô no início da competição, e indica o *layout* estrutural e os acidentes geográficos mais acentuados. Para localizar, eles integram os dados tanto do mapa quanto dos sensores integrados e os combinam com o conhecimento do movimento do veículo. Um exemplo de robô com navegação baseada em mapas é o Victor Tango, um veículo não tripulado criado pela Virginia Tech para competir no DARPA Urban Challenge 2007 (**figura 4**).

4 O veículo não tripulado da Virginia Tech



Um dos maiores desafios deste tipo de localização é lidar com a incerteza da dirigibilidade e sensibilidade do veículo. Em geral, sensores têm um erro e portanto os dados que eles fornecem não são determinísticos. Estes dados precisam ser integrados de maneira ótima. Uma solução comum é utilizar um filtro Kalman.

O Filtro Kalman

Uma técnica poderosa para a fusão de um grande número de sensores é o filtro Kalman. Este filtro otimiza a fusão de sinais de sensores e conhecimento do sistema. O componente de localização utilizado pelo time do Victor Tango contém um filtro Kalman desenvolvido com o LabVIEW, que rastreia a orientação e posição do veículo.

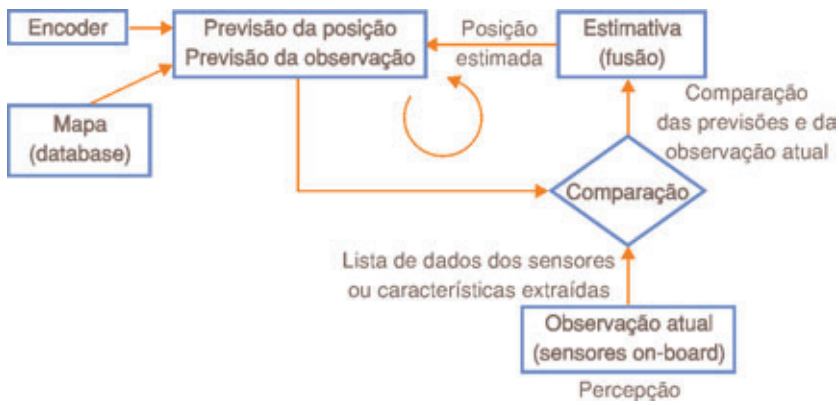
Ao utilizar um filtro Kalman, a percepção consiste em um processo com diversas etapas. A entrada dos sinais dos sensores do robô é tratada como um conjunto de características extraídas (linhas, árvores, portas, etc,) que se relacionam com os objetos do ambiente. Dado este conjunto de características possíveis, o filtro Kalman é utilizado para

calcular a distância estimada de cada característica com relação ao objeto correspondente no mapa. Os passos utilizados durante o processo de filtragem são listados abaixo:

- **Previsão da Posição do Robô –** a posição é prevista com base na realimentação de um *encoder*.
- **Observação –** o robô coleta dados dos sensores e extrai as características apropriadas.
- **Predição de Medição –** Baseado na posição prevista no mapa, o robô identifica as características esperadas e as suas respectivas posições.
- **Comparação –** O robô identifica as melhores combinações entre as características extraídas durante a observação e as características esperadas devido à predição da medição.
- **Estimativa –** O filtro Kalman une a informação de todas essas comparações para atualizar a posição que o robô acredita estar dentro do ambiente.

Os filtros Kalman podem ser facilmente implementados utilizando o Módulo LabVIEW *Control Design and Simulation*, o qual permite que o usuário projete, simule e implemente sistemas de controles com o LabVIEW. Este módulo fornece bibliotecas de filtros Kalman que podem ser utilizadas para construir um controlador e estimar estados. O diagrama de blocos mostra como projetar um filtro Kalman estimador com LabVIEW.

5 Esquemático do filtro Kalman para localização do robô móvel



Veja também:

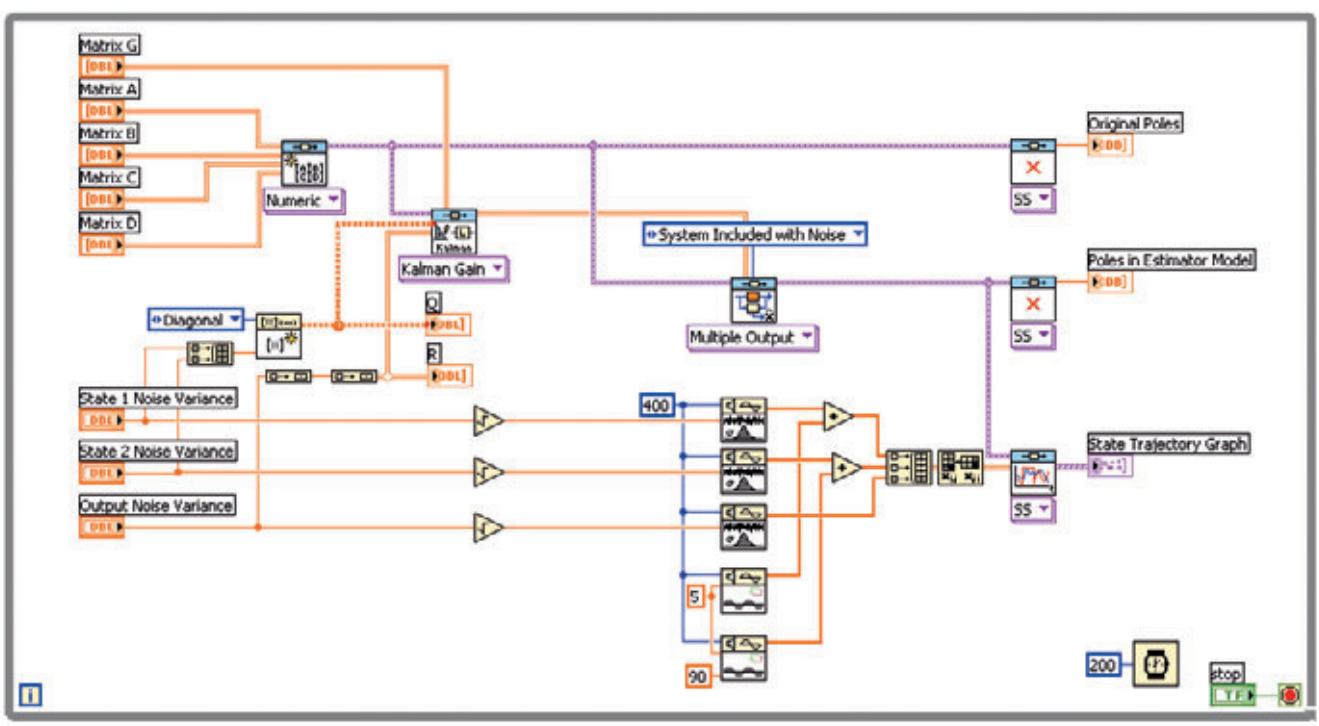
Módulo LabVIEW Control Design and Simulation.

Para aprender mais sobre robótica, veja a página Fundamentos da Robótica em **www.ni.com/zone**.

Referências

Siegwart, Roland and Nourbakhsh, Illah R. Introduction to Autonomous Mobile Robots, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004.

6 Exemplo de Filtro Kalman Estimador com LabVIEW



Circuitos de Mecatrônica e Robótica

Nos projetos de mecatrônica e robótica existe uma interface apropriada entre a parte eletrônica e a parte mecânica. Na maioria deles esta interface consiste num pequeno motor de corrente contínua. Se bem que estes motores possam ter características diferentes, o importante é o circuito que os controla e para isso há muitas possibilidades que nem sempre o projetista conhece.
Neste artigo descrevemos diversos circuitos de controles de motores de corrente contínua que podem ser usados em projetos de mecatrônica e robótica.

Newton C. Braga

Os motores de corrente contínua, com tensões de alimentação entre 3 e 12 volts e correntes de até 1 ampère, podem ser usados facilmente para movimentar braços mecânicos, elevadores, esteiras e até mesmo veículos de pequeno porte e robôs alimentados por bateria.

Além da parte mecânica que pode exigir polias, correias ou caixas de redução, um problema que o projetista destes dispositivos encontra é o controle elétrico e eletrônico dos motores.

Como o sentido de rotação do motor depende da polaridade da alimentação e a velocidade da tensão aplicada dentro da faixa permitida, o uso de circuitos eletrônicos não é difícil e para aqueles que conhecem alguns componentes básicos a montagem de controles é relativamente simples.

Damos a seguir diversos circuitos que podem ser adaptados para funcionar como motores de 3 a 12 volts e que exijam correntes de até 1 ampère.

Estes motores tanto podem ser conseguidos de eletrodomésticos ou aparelhos eletrônicos fora de uso (alimentados por pilhas e baterias) como de brinquedos, principalmente carrinhos que podem fornecer unidades de boa potência.

Circuito 1: Controle simples de motor

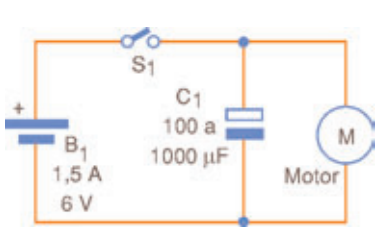
Para acionar um motor a partir de um conjunto de pilhas, bateria ou fonte de alimentação o circuito indicado é mostrado na **figura 1** onde a polaridade da ligação do motor vai determinar o seu sentido de rotação.

O capacitor é usado para amortecer as comutações das escovas do motor, tornando seu funcionamento mais suave e evitando a produção de pulsos de transientes no circuito alimentado.

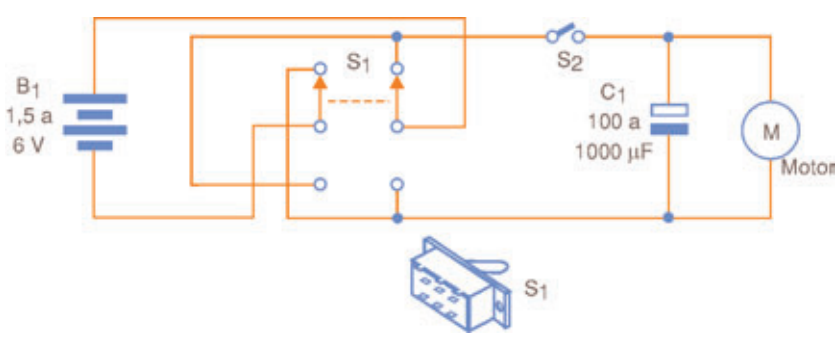
Este componente é especialmente importante quando a bateria empregada alimenta outros circuitos ao mesmo tempo, pois sem o capacitor pode ocorrer interferência capaz de instabilizar todo o sistema eletrônico.

Se o circuito usar um controle remoto, o capacitor é muito importante pois evita a irradiação de interferências. Valores entre 100 µF e 1000 µF com tensão de trabalho um pouco maior que a usada na alimentação podem ser usados, observando-se sua polaridade.

1 Controle simples de um motor de corrente contínua (DC)



2 Controlando o sentido de rotação de um motor DC



Circuito 2: Inversão do Sentido de Rotação

Na **figura 2** vemos como deve ser ligada uma chave de 2 polos x 2 posições (ou H) para fazer a inversão do sentido de rotação de um pequeno motor de corrente contínua.

Na mesma figura damos a identificação dos pólos desta chave que pode ser conseguida com facilidade em aparelhos fora de uso ou adquirida em casas especializadas.

Observe que o que esta chave faz é inverter o sentido da corrente que circula no motor. Como a corrente é invertida, o capacitor depois da chave deve ser de poliéster despolarizado de 100 nF. Para uma filtragem melhor com um capacitor eletrolítico de 100 a 1000 µF, sua ligação deve ser feita antes da chave.

Este circuito é indicado para o caso em que se faz o controle de um braço mecânico ou de um robô, e ele deve ter movimentos em dois sentidos. A chave pode ficar longe do sistema ligada por fios longos.

Circuito 3: Controle de dois motores

Dois motores podem ser ativados alternadamente com o circuito da **figura 3.**

Com a chave na posição 2 o motor M_1 é ativado e com a chave na posição 3 é o motor M_2 que é ativado. A chave de 1 polo x 2 posições pode ser conseguida em aparelhos fora de uso ou ainda pode ser usada uma chave HH. No caso desta última aproveitamos apenas metade como indicado na figura.

Este circuito combinado com o da **figura 2** possibilita o controle de dois motores com rotação nos dois sentidos, ou seja, podemos fazer qualquer um dos motores rodar no sentido desejado no momento em que quisermos.

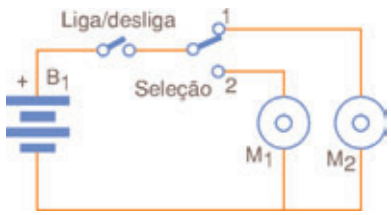
Circuito 4: Motor Pulsante

Este circuito é indicado para uma aplicação em que o motor não deve simplesmente rodar, mas dar um pequeno impulso em algum dispositivo pelo toque em um interruptor de pressão. Conforme ilustra a **figura 4**, o que temos é um capacitor de valor muito alto ligado em paralelo com o motor de corrente contínua.

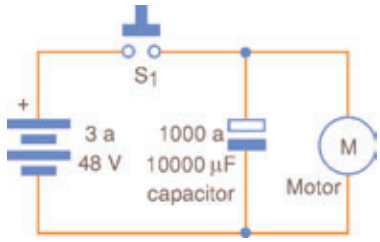
Quando damos um toque no interruptor de pressão o capacitor se carrega e, depois, descarrega-se pelo motor mantendo em funcionamento por alguns segundos, dependendo de sua corrente.

Em lugar de S_1 como interruptor comum de pressão podem ser usados sensores como e dispositivos de interfaceamento como, por exemplo, relés, *reed-switches*, *micro-switches* e outros dispositivos que produzam pulsos curtos de corrente.

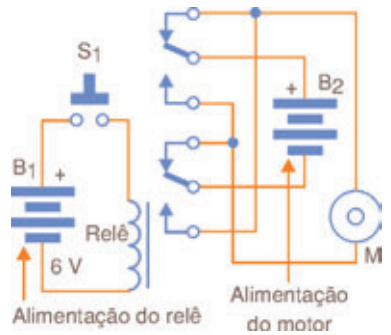
3 Controle de dois motores DC



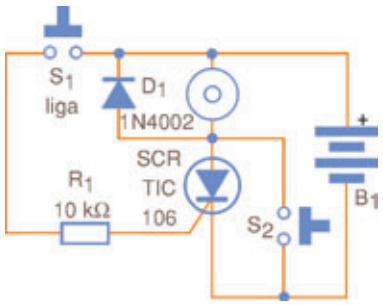
4 Motor pulsante



5 Reversão de motor com relé



6 Controle biestável usando SCR



Circuito 5: Reversão por Relé

O circuito exibido na **figura 5** inverte o sentido de rotação de um motor enquanto o interruptor S_1 for pressionado.

Veja que S_1 pode ser tanto um interruptor de pressão como um sensor de qualquer tipo (reed-switch, chave de fim-de-curso, sensor de toque, etc). O relé usado deve ter a mesma tensão empregada na alimentação do motor neste circuito, mas nada impede que o relé seja alimentado por um circuito externo de controle.

Se for necessário colocar um capacitor para amortecer os transientes devido à comutação do motor, ele deve ser ligado em paralelo com a alimentação.

Este circuito pode ser combinado com outros mostrados neste artigo de modo a se obter um comportamento mais complexo do sistema.

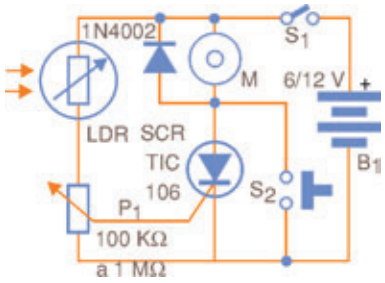
Circuito 6: Biestável de Controle

Com um toque no interruptor S_1 o motor liga, e assim permanece até que um toque no interruptor S_2 o desliga. O circuito dado na **figura 6** pode ser usado em muitas aplicações importantes de robótica e mecatrônica.

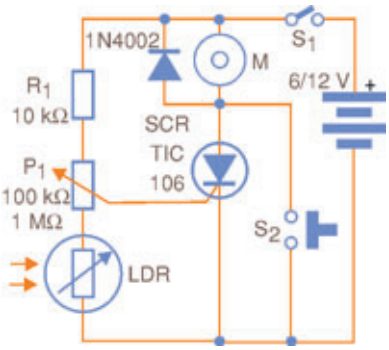
Como os interruptores S_1 e S_2 podem ser sensores, tais como reed-switches, chaves de fim-de-curso e outros sensores, as aplicações são ilimitadas.

Basta dar um toque num interruptor por exemplo, e uma esteira se move até transportar um objeto até seu final. No final, o sensor S_2 é ativado e a esteira pára de modo automático.

7 Motor acionado por luz



8 Acionamento de motor por sombra



O SCR não precisa de radiador de calor para motores até 500 mA. Acima disso será conveniente usar uma pequena chapinha de metal para esta finalidade.

O diodo D_1 serve como filtro para evitar que pulsos de transientes gerados na comutação das bobinas do motor apareçam sobre o SCR, causando seu desligamento em momento indevido.

Se houver tendência ao desligamento mesmo com o diodo, um capacitor eletrolítico de 100 µF a 1 000 µF deve ser ligado também em paralelo com este componente.

Um ponto importante que deve ser observado neste circuito é que há uma queda de tensão da ordem de 2 volts num SCR ligado. Isso quer dizer que a tensão de alimentação deve ser 2 V maior que a exigida pelo motor de modo a compensar esta perda. É por este motivo que a tensão mínima de entrada sugerida para estes circuitos é de 6 volts.

Circuito 7: Motor Acionado por Luz

Um *flash* de luz dirigido ao LDR faz com que o SCR dispare e o motor seja acionado no circuito da **figura 7**.

Para desligar, o que pode ser feito por um interruptor de pressão, chave de fim-de-curso, reed-switch ou outro tipo de sensor, deve-se ativar S_2.

A sensibilidade do circuito é ajustada em P_1.

Para se obter maior diretividade e sensibilidade do LDR evitando o acionamento pela luz ambiente, ele deve ser instalado num pequeno tubo opaco com uma lente convergente na sua frente.

Se houver tendência ao desligamento errático pela comutação do motor, um capacitor de 100 a 1 000 µF deve ser ligado em paralelo com o motor.

O SCR só precisará de um pequeno radiador de calor se o motor exigir correntes de mais de 500 mA. Este circuito pode controlar correntes de até 2 ampères.

Deve ser lembrada a queda de tensão de 2 volts produzida no SCR em condução.

Circuito 8: Motor acionado por Sombra

A passagem de um objeto diante do LDR de modo a causar uma sombra momentânea aciona o motor que assim permanecerá até que S_1 seja ativado. O circuito mostrado na **figura 8** usa como um sensor um LDR ou foto-resistor.

Da mesma forma que no circuito anterior, P_1 controla a sensibilidade, e para maior diretividade o LDR deve ser montado num tubinho opaco com uma lente a sua frente.

Este circuito pode ser usado para detectar a colocação de um objeto diante de um braço mecânico, acionando sua pinça de modo automático para prendê-lo.

Numa esteira, a colocação de um objeto faz seu acionamento até o momento em que uma chave de fim-de-curso (S_1) a desligue.

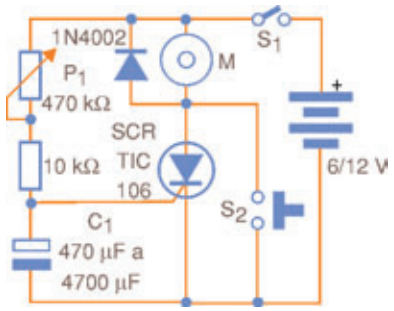
Devemos lembrar a queda de tensão de 2 volts no SCR em condução, compensando-a na alimentação.

Circuito 9: Circuito de Tempo para Motor

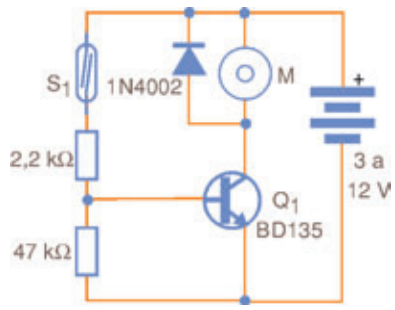
Este circuito pode ser usado como um automatismo de tempo para o



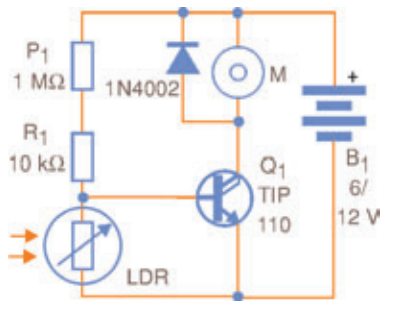
9 Circuito de tempo para motor



10 Interruptor de potência



11 Motor acionado por sombra



acionamento de motores em robótica e mecatrônica. O que temos na **figura 9** é um circuito que retarda o acionamento do motor, que ocorre um certo tempo depois que o interruptor S_1 foi fechado.

O tempo vai depender tanto do ajuste de P_1 como do valor de C_1, e pode ficar entre alguns segundos a alguns minutos.

Novamente temos pontos importantes a observar neste circuito:

O primeiro é que uma vez acionado, para desligar é preciso tanto abrir o interruptor S_1 como apertar S_2 por um instante.

O segundo é que deve ser compensada a queda de tensão da ordem de 2 volts que ocorre no SCR em condução.

Finalmente, se o SCR tender a um desligamento errático ou ainda a instabilidades, um capacitor de 100 a 1000 µF deve ser ligado em paralelo com o motor.

Circuito 10: Interruptor de Potência

Alguns sensores delicados como reed-switches ou mesmo sensores feitos com chapinhas de metal muito pequenas não suportam as correntes elevadas dos motores e tendem a queimar-se rapidamente, não operando mais ou ainda causando problemas de funcionamento intermitente.

Uma maneira de se evitar este problema consiste em usar um transistor como interruptor de potência e fazer seu acionamento por uma chave de baixa corrente, conforme visto no circuito da **figura 10**.

Neste circuito S_1 pode ser um reed-switch, um interruptor de lâminas de construção caseira ou uma chavinha de fim-de-curso que operar com alguns miliampères de corrente apenas.

O transistor usado deve ser dotado de um pequeno radiador de calor. Recomendamos o BD135 para motores até 500 mA ou o TIP31 para motores até 1 ampère.

Um ponto importante deste circuito é que diversos sensores podem ser ligados em paralelo para se obter um controle lógico do motor.

Circuito 11: Motor acionado por Sombra

A passagem de um objeto diante do LDR produzindo uma sombra ou ainda o apagamento da luz ambiente faz com que o transistor conduza e o motor seja acionado.

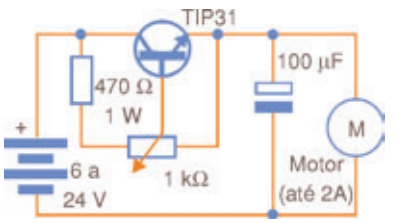
Veja que, diferentemente dos circuitos com SCRs em que basta um pulso de luz para se obter o acionamento que se mantém até que um botão de desarme seja acionado, este circuito não possui trava. O motor se mantém acionado apenas enquanto houver sombra sobre o LDR. (**figura 11**)

O potenciômetro P_1 serve para fazer o ajuste do ponto de acionamento.

Como nos demais circuitos que usam este componente, o LDR pode ser montado num tubinho opaco com lente para se obter maior sensibilidade e diretividade. O transistor deve ser dotado de um pequeno radiador de calor se o motor exigir mais de 500 mA de corrente.

Qualquer Darlington de potência NPN com corrente de coletor de 1 A ou mais pode ser colocado neste circuito.

12 Controle de velocidade I - analógico



Circuito 12: Controle de Velocidade

A maneira mais simples de se controlar a velocidade de um motor de corrente contínua é dosando a corrente que circula através dele. Isso pode ser feito com um potenciômetro ou reostato, mas esta configuração tem um problema: o reostato ou potenciômetro dissipa muita potência e tende a se aquecer.

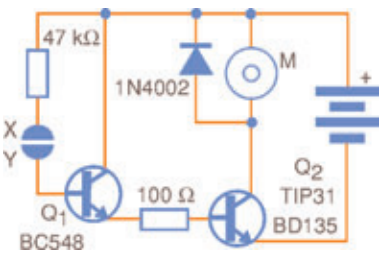
Isso significa que deve ser usado um componente especial que, além de caro, não é muito fácil de obter.

Uma possibilidade melhor consiste em utilizar um potenciômetro comum num circuito em que um transistor é quem dosa a corrente através do motor.

Esta configuração é ilustrada na **figura 12** e usa um transistor NPN de potência que deve ser montado num pequeno radiador de calor.

O potenciômetro P_1 controla a corrente de base do transistor (de pequena intensidade) que, por sua vez, controla a corrente de coletor que é a corrente principal do motor (de maior intensidade).

13 Motor acionado por toque



Combinando este circuito com o inversor de rotação podemos controlar de modo perfeito um motor, levando-o à qualquer velocidade em qualquer sentido de rotação.

Circuito 13: Motor acionado por Toque

O simples toque dos dedos num sensor faz com que este circuito acione um motor que entra em funcionamento imediato. O circuito mostrado na **figura 13** usa dois transistores na configuração Darlington.

O acionamento pode ser feito de duas formas:

A primeira consiste no toque simultâneo em duas chapinhas de metal, uma próxima da outra, ligadas em X e Y. A corrente circulante pelos dedos de quem toca é suficiente para acionar o circuito.

A segunda consiste em se ligar o ponto X à terra (qualquer objeto de metal de grande porte em contato com a terra). Neste caso, basta tocar em Y para que o motor entre em funcionamento.

O transistor Q_2 deve ser dotado de um pequeno radiador de calor, e conforme a sensibilidade desejada ou o ganho do transistor de potência, pode se necessário reduzir o resistor de 10 k ohms até um valor mínimo de 1 k ohms.

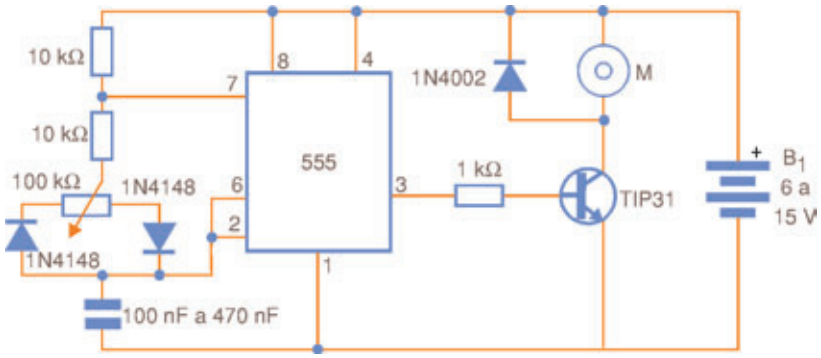
Circuito 14: Controle PWM

PWM é a abreviatura de *Pulse Width Modulation* ou Modulação por Largura de Pulso.

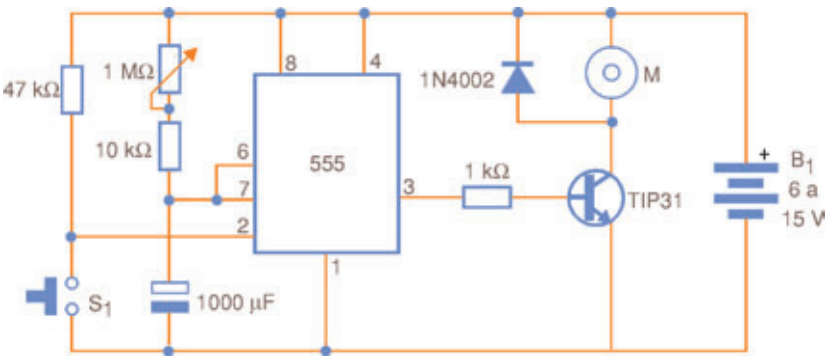
O que se faz neste circuito é aplicar pulsos de corrente no motor de modo que a potência total depende da duração desses pulsos.

Assim, se os pulsos forem curtos e bem espaçados, a potência é pequena e o motor gira devagar. Se a duração do pulso aumenta, aumenta a potência e motor gira mais rápido.

14 Controle PWM



15 Acionamento temporizado



A vantagem deste sistema é que, como os pulsos têm intensidade constante (só a duração muda), o torque do motor se mantém e consegue-se ajustar a velocidade em valores muito baixos, o que não é possível nos circuitos que usam reostatos.

O circuito mostrado na **figura 14** é então um oscilador que produz pulsos cuja duração pode ser ajustada em um potenciômetro.

Aplicando os pulsos num transistor de potência ele consegue controlar um motor de maneira bastante eficiente.

Os circuitos deste tipo são especialmente recomendados para os controles de precisão em que se necessita de baixas rotações sem a perda de torque como por exemplo em braços de robôs e robôs móveis.

O transistor usado pode ser qualquer PNP de potência com pelo menos 1 ampère de corrente de coletor e deve ser montado num radiador de calor, conforme o motor controlado.

O valor do capacitor C_2 deve ser escolhido conforme o tipo de motor de modo que não ocorram oscilações ou "soquinhos" no funcionamento. O próprio montador deve fazer experiências com diversos valores deste componente até obter o que dê melhor desempenho.

Circuito 15: Acionamento Temporizado

O circuito da **figura 15** consiste em um *timer* para motor que pode produzir acionamentos de até mais de 15 minutos.

Pressionando-se por um instante S_1 (que pode ser um sensor tipo reed-switch, uma chave de fim-de-curso ou outro) o circuito dispara e o motor entra em funcionamento por um tempo determinado pelo ajuste do potenciômetro.

O valor do capacitor C_2 também vai determinar o tempo e pode ficar entre 1 µF e 1 000 µF. Com o potenciômetro de 1 M ohms e um capacitor de 1 000 µF consegue-se um tempo máximo da ordem de 15 minutos.

Depois deste tempo o motor desliga-se automaticamente e fica a espera de um novo acionamento por S_1.

O transistor deve ser dotado de um pequeno radiador de calor e admite equivalentes.

Controle de Movimento

O movimento da maioria dos robôs e dispositivos de Mecatrônica é feito por meio de motores de corrente contínua ou de corrente alternada. Controlar estes motores é um ponto fundamental em qualquer projeto, e isso pode ser feito de maneira muito simples com o uso de recursos eletrônicos.
Neste artigo abordamos os controles do tipo liga-desliga (ON-OFF), que podem ser implementados com chaves, relés, diodos e capacitores. Os blocos que indicamos são ideais para cursos de Robótica como elementos básicos de projetos.

Newton C. Braga

Os motores de corrente contínua são os elementos propulsores da maioria dos projetos que envolvem robôs e automatismos, tais como os explorados nos cursos de Mecatrônica.

O controle destes motores pode ser feito de muitas formas, daí a sua ampla utilização.

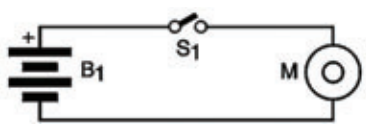
O que fazemos neste artigo é mostrar alguns blocos muito simples de controle, que podem servir de ponto de partida para projetos ou formarem ainda os blocos intermediários de projetos complexos.

Fundamentalmente, levamos em conta nestes projetos as propriedades básicas dos motores de corrente contínua com escovas, que são:

a) O sentido de rotação depende do sentido da corrente. Invertendo o sentido de circulação da corrente, invertemos também o sentido de rotação.
b) O torque depende da intensidade da corrente circulante, a qual é dada pela tensão aplicada.
c) A rotação depende da carga que o motor deve movimentar, e também é função tanto da corrente como da tensão aplicadas.

Partindo destes elementos, temos então as seguintes possibilidades de controle para analisar:

1 Controle liga/desliga



1. Controle simples ON-OFF

O modo mais simples de controlar um motor é através de um interruptor em série, conforme mostra a **figura 1.**

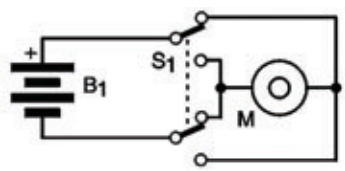
O interruptor, na verdade, pode ser um *reed-switch*, um *micro-switch*, um relé ou ainda um sensor de qualquer tipo que tenha a possibilidade de ligar ou desligar a corrente.

2. Inversão do sentido da corrente por chave reversível

Para inverter o sentido da corrente podemos usar diversas configurações. Na **figura 2** mostramos como uma chave 2 x 2 pode ser empregada para inverter o sentido da corrente e, portanto, o sentido de rotação do motor.

Na verdade, a chave pode ser substituída por um relé de 2 contatos reversíveis obtendo-se o mesmo tipo de ação. Com o relé energizado, o motor roda num sentido, e sem energização no sentido oposto. Um sensor acoplado ao relé fará com que o robô inverta seu sentido de movimento sempre que ele for ativado.

2 Inversão do sentido de rotação com chave (ou relé) 2 x 2



3. Controle seletivo de motores

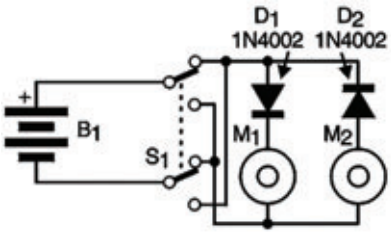
Aproveitando a propriedade dos diodos semicondutores de conduzir a corrente num único sentido, podemos acionar um motor ou outro por uma linha de corrente contínua empregando apenas dois fios de ligação.

Isso é feito de acordo com o esquema da **figura 3**.

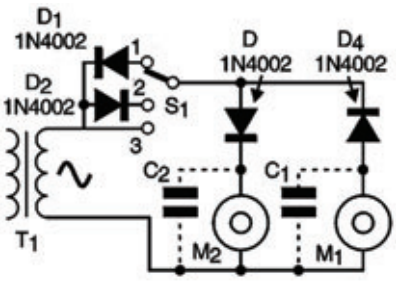
Quando a chave inversora de polaridade está numa posição, a corrente circula de modo a polarizar D_1 no sentido direto e, portanto, M_1 é acionado.

Quando o sentido da corrente é invertido na chave, o diodo D_2 é polarizado no sentido direto e o motor M_2 é acionado.

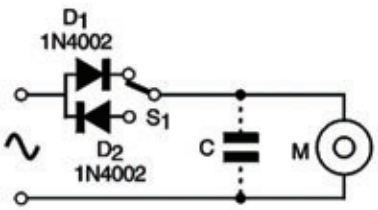
3 Controle seletivo de motores



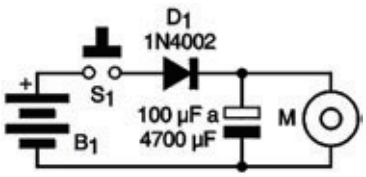
4 Controle duplo de motores



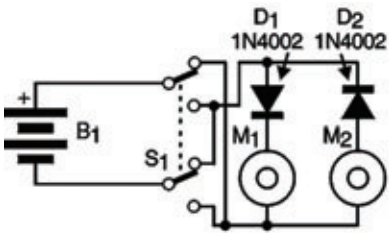
5 Reversão com diodos



6 Acrescentando inércia



7 Controle duplo com chave reversível



Veja que, nesta configuração, temos o acionamento de um motor ou outro apenas num sentido.

Podemos também levar em consideração a possibilidade da inversão do sentido da corrente ser feita por um relé.

4. Controle Duplo de Motores

Uma configuração muito interessante que pode ser usada para controlar dois motores de corrente contínua empregando-se apenas um par de fios é a mostrada na **figura 4**.

A fonte de alimentação neste caso é o secundário de um transformador de tensão de acordo com a exigida pelos motores (que devem ser de mesma tensão). O que acontece é que este circuito opera com tensões alternadas. Quando a chave está na posição 1 conectando o diodo D_1 no circuito, a corrente circula num sentido e o motor acionado é M_1. Quando a chave vai para a posição 2, o diodo D_2 é conectado e o motor 2 acionado. Na terceira posição, o sinal é alternado e os dois motores funcionam.

Observe que os motores são alimentados apenas com os semiciclos da tensão alternada. A instabilidade de funcionamento de cada motor pode ser eliminada com a ligação de capacitores eletrolíticos de 10 a 220 µF em paralelo. A tensão de trabalho destes capacitores deve ser um pouco maior do que a tensão usada na alimentação dos motores.

5. Reversão num controle por dois fios com diodos

O circuito apresentado na **figura 5** usa dois diodos para fazer a reversão do movimento de um motor alimentado por uma fonte de corrente alternada.

Quando a chave está na posição que conecta o diodo D_1, o motor gira num sentido, e quando a chave está na posição que conecta o diodo D_2, ele gira no sentido oposto. Na terceira posição da chave, o motor está desligado.

Um capacitor despolarizado de 10 a 100 µF em paralelo com o motor melhora seu desempenho, já que a operação ocorre apenas com os semiciclos da alimentação alternada e este componente proporciona filtragem.

6. Acrescentando inércia

Quando um motor de corrente contínua é alimentado ou desligado, a transição de funcionamento de uma condição para outra é muito rápida, caracterizando uma falta de inércia. Na parada de um robô ou outro tipo de mecanismo, este fato poderá implicar num movimento brusco que irá comprometer a estabilidade do projeto.

Uma idéia interessante a ser explorada é a adição de inércia, o que pode ser conseguido com o circuito da **figura 6**.

Quando o motor é desligado, o capacitor se descarrega através dele, mantendo-o em funcionamento por algum tempo. Com sua descarga, o motor reduz sua velocidade suavemente.

O valor do capacitor dependerá da potência do motor. Valores típicos estão entre 100 µF a 4700 µF, e podem ser experimentados.

7. Controle duplo com chave reversível

Um outro bloco de aplicação simples para o controle de dois motores é o mostrado na **figura 7**, que faz uso de diodos e de uma chave 2 x 2 ou relé, conforme a aplicação.

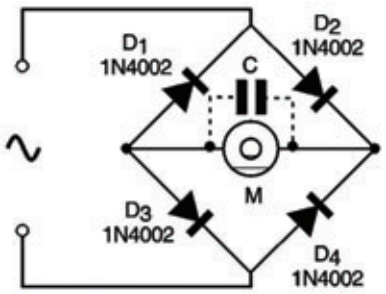
Quando a chave reversível está numa posição, o diodo D_1 é polarizado no sentido direto e o motor M_1 funciona. Quando a chave vai para a outra posição, o outro diodo é polarizado no sentido direto e o motor M_2 funciona.

8. Onda Completa

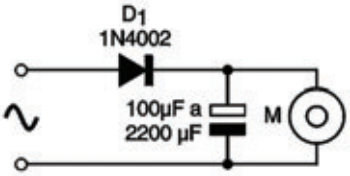
Para alimentar um motor de corrente contínua a partir de uma tensão alternada poderemos usar o bloco de ponte com diodos, mostrado na **figura 8**.

Um capacitor de filtro agregado em paralelo com o motor melhora seu desempenho, já que não só proporciona a filtragem, como estabiliza a tensão num valor mais constante.

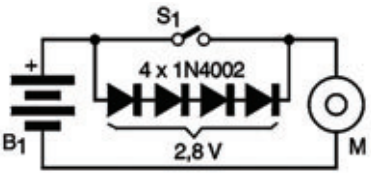
8 Circuito de alimentação de onda completa



9 Alimentação de meiaonda



10 Redução de velocidade



9. Alimentação de meia onda

Para alimentar um motor de corrente contínua a partir de uma fonte de tensão alternada poderemos usar um diodo e um capacitor, conforme mostra a **figura 9**.

O valor do capacitor dependerá da potência do motor, podendo ficar tipicamente entre 100 µF e 2 200 µF para pequenos motores de 3 a 6 V.

Observe que a tensão no motor ficará próxima da tensão de pico da tensão alternada, em função do valor do capacitor usado.

10. Redução de velocidade

Uma queda de tensão na alimentação fará com que o motor reduza sua velocidade (e torque também). O uso de resistores de fio ou potenciômetros de fio para este tipo de controle tem a desvantagem de exigir altas dissipações dos componentes usados. Poderemos, entretanto, obter reduções de potência com diodos, com dissipações muito menores, veja a **figura 10**.

Com a chave aberta, a queda de tensão nos diodos faz com que a velocidade do motor seja reduzida (ou normal). Para cada diodo de silício como o 1N4002, temos uma queda de tensão de aproximadamente 0,7 V. Fechando a chave, a alimentação será normal e a velocidade máxima.

Para 4 diodos de silício teremos uma queda de tensão de aproximadamente 2,8 V. Observe que a queda de tensão neste tipo de circuito independe praticamente da corrente do motor, o que não acontece com um redutor do mesmo tipo que use um resistor ou um potenciômetro.

11. Outro controle duplo

Uma outra configuração interessante para um controle de dois motores é mostrada na **figura 11**.

Neste circuito, com a chave numa posição o diodo D_1 é polarizado no sentido direto, colocando em curto o motor M_1. Nestas condições, quem funciona é o motor M_2. Na outra posição, o diodo que conduz é D_2 e quem funciona é o motor M_1.

12. Agregando som

O som da comutação das escovas de um motor de corrente contínua pode ser reproduzido diretamente por um alto-falante ligado em série, veja a **figura 12**.

O alto-falante deve ter uma bobina capaz de suportar a corrente exigida pelo motor. Um modo de proteger um pouco o alto-falante reduzindo a sua potência para o caso de motores de alta corrente, é com a ligação de diodos em paralelo com o alto-falante, conforme ilustra a mesma figura.

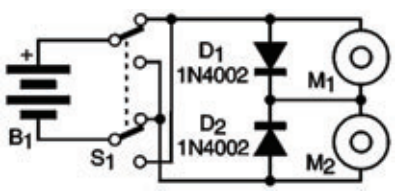
13. Duas velocidades

Com o circuito apresentado na **figura 13**, temos o motor "girando" com uma determinada potência, alimentado pela bateria B_2.

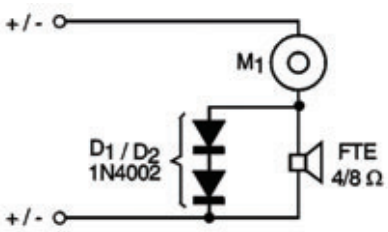
Quando S_1 é pressionado ou acionado, entra em ação a bateria B_1 de maior tensão, e o motor acelera. S_1 pode ser o contato de um relé ligado a algum tipo de sensor ou comando externo.

Devemos lembrar que o diodo D_1, que impede que a corrente da bateria de maior tensão circule pela de menor tensão, provoca também uma queda de tensão da ordem de 0,7 V na tensão da bateria B_2.

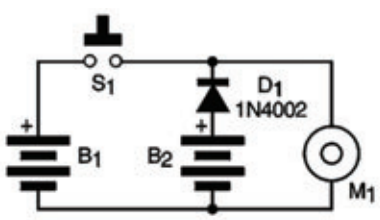
11 Outro controle duplo



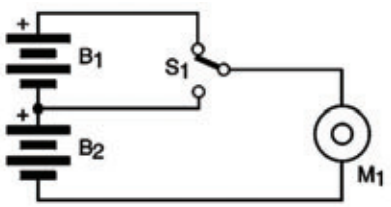
12 Agregando som



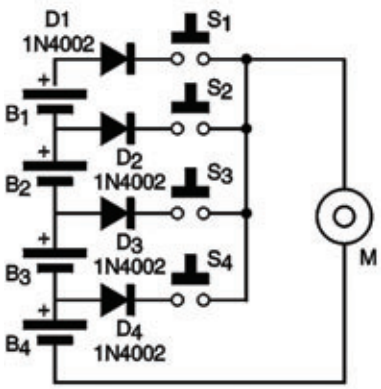
13 Duas velocidades



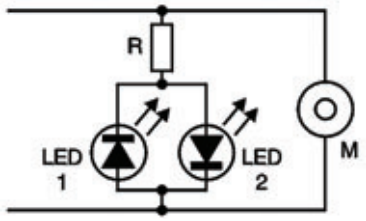
14 Duas velocidades II



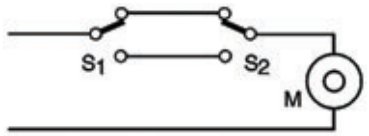
15 Diversas velocidades



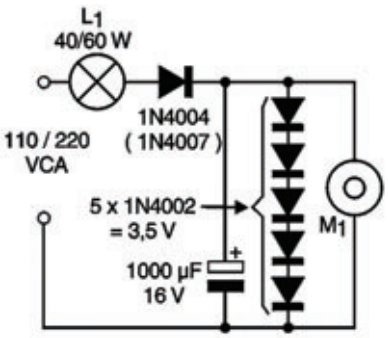
16 Indicador de sentido



17 Controle de duas vias



18 Redutor sem transformador



14. Duas velocidades (II)

Um outro circuito de duas velocidades para duas baterias iguais é ilustrado na **figura 14**.

Neste caso usamos uma chave de 1 polo x 2 posições para comutar as baterias e com isso obter duas velocidades para o motor, sem a necessidade de diodos.

15. Diversas velocidades

O circuito da **figura 15** permite escolher a velocidade de funcionamento de um motor pela seleção da tensão aplicada.

Conforme a chave acionada, teremos a aplicação de uma tensão diferente no motor e com isso uma velocidade. Se duas chaves forem pressionadas ao mesmo tempo, prevalecerá a tensão maior.

As chaves podem ser os contatos de relés ou *micro-switches* acionados por sensores de movimento, por exemplo.

16. Indicador de sentido

Para indicar o sentido de rotação de um motor podemos usar dois LEDs ligados em paralelo, conforme mostra a **figura 16**.

Dependendo do sentido de circulação da corrente, um ou outro LED é polarizado no sentido direto, acendendo e indicando de que modo gira o motor.

O valor do resistor R dependerá da tensão do motor, podendo ser usada a seguinte **tabela 1** para sua escolha.

17. Controle de duas vias

O mesmo tipo de circuito usado em instalações elétricas para controle de uma lâmpada a partir de dois pontos poderá ser usado com motores, observe a **figura 17**.

Neste circuito, dois sensores podem ligar ou desligar um motor, conforme sejam acionados de pontos diferentes.

18. Redutor sem transformador

Motores de corrente contínua de até 500 mA podem ser alimentados diretamente a partir da rede de energia sem o uso de transformador, com o redutor improvisado mostrado na **figura 18**.

A lâmpada de 40 W fornece até 400 mA na rede de 110 V, enquanto que uma lâmpada de 60 W poderá fornecer um pouco mais de 600 mA.

Este circuito não tem isolamento da rede de energia e só deve ser usado em aplicações em que este fato não comprometa a segurança do projeto. Uma aplicação é no teste de bancada de motores.

Conclusão

Os blocos de controle apresentados neste artigo são extremamente simples e diversas idéias podem surgir em torno de suas configurações. Porém, o importante é que eles não só podem ser usados sozinhos, como podem ser associados das mais diversas formas.

Um bloco de reversão de movimento, por exemplo, pode ser associado ao bloco de duas velocidades ou controle duplo, e neles ainda agregado o de efeitos de som e indicador de direção.

T1

Tensão do Motor	Valor de R
3 V	100 ohms
4,5 V	180 ohms
6,0 V	470 ohms
9 V	820 ohms
12 V	1,2 k ohms
15 V	1,8 k ohms
18 V	2,7 k ohms
24 V	3,3 k ohms

Para os leitores, o importante é ter em mãos as configurações prontas para seu projeto, sem a necessidade de ficar "quebrando a cabeça" para descobrir como isso pode ser feito.

Aromatizador Eletrônico

Cheiros de flores, frutas, comida em preparo ou aqueles que vocês escolher para alegrar, aliviar ou perfumar um ambiente podem ser "gerados" por este interessante aparelho. As aplicações práticas de um aromatizador eletrônico ficam a cargo da imaginação de cada um, indo desde um sistema multimídia para seu computador até um elemento de atração para os clientes de sua loja. Neste artigo, descrevemos a montagem de um circuito eletrônico simples que pode gerar cheiros de modo intermitente segundo programação.

Newton C. Braga

O que o leitor pensa de um aromatizador eletrônico?

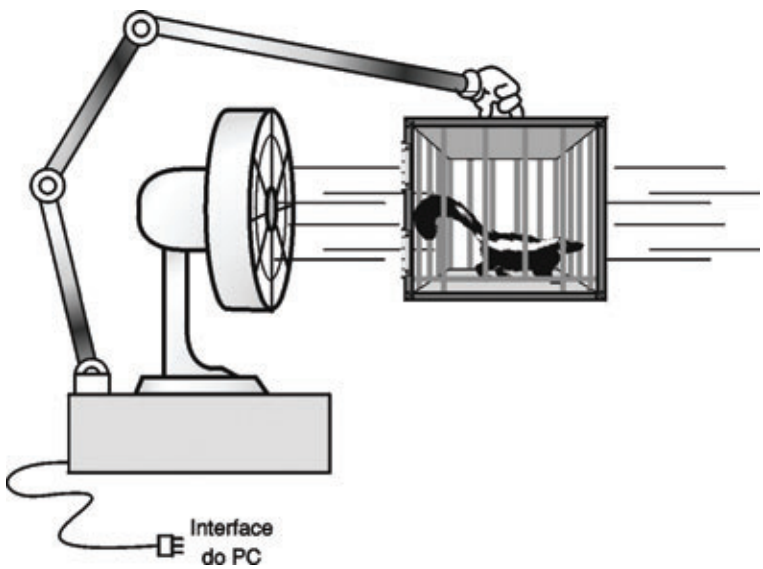
Tempos atrás a empresa DigiScents anunciava o lançamento de um *chip* de cheiro.

Ela estaria lançando o periférico de computador denominado Smell (*Smell* = cheiro), que funcionaria com um software capaz de reproduzir cheiros a partir do acesso a determinados *sites* da Internet, a partir de DVDs ou mesmo de determinados programas de TV.

Os mais imaginosos, dotados de um senso aguçado de humor, podem pensar logo numa caixa contendo algum tipo de substância ou espécimen capaz de produzir determinados aromas que seriam expelidos no momento oportuno por algum mecanismo controlado a partir da saída serial do PC, conforme sugere a **figura 1.**

Realmente, se o leitor pensa dessa forma não está muito longe de acertar o modo de funcionamento do periférico da DigiScents e do nosso projeto. A única diferença, naturalmente, está no espécimen produtor de aromas que dificilmente poderia ser enquadrado numa lista de materiais eletrônicos e, muito menos, comprado numa casa especializada!

1 Uma idéia engraçada do projeto



De qualquer forma, o nosso aromatizador realmente exala de tempos em tempos uma "nuvem" de aromas agradáveis (escolhidos pelo montador) tornando muito mais acolhedor seu escritório (normalmente viciado pelo cheiro de cigarros), sua sala de estar, ou ainda a própria cozinha, livrando-a dos cheiros de comida.

Em uma aplicação mais interessante, como já abordamos em estória de personagens que criamos: Professor Ventura, Beto e Cleto, podemos dar um realismo fora do comum a peças teatrais, filmes ou shows com algo mais que o som e imagem, numa aplicação diferente dos recursos da multimídia.

O aromatizador que descrevemos é totalmente automático e alimentado pela rede de energia, operando com essências comuns que podem ser obtidas em supermercados ou mesmo farmácias e drogarias.

Dentre as aplicações interessantes para ele, podemos citar:

a) Eliminação de aromas desagradáveis em locais de trabalho, tais como cheiros de queimado, comida, exalando um odor mais agradável. Em banheiros o aparelho também funcionaria de modo eficiente.

b) Produção de cheiros que possam atrair clientes como, por exemplo, em lojas de flores e perfumes.

c) Produção de aromas suaves em locais normalmente hostis como em garagens.

d) Produção de cheiros fortes em peças teatrais de acordo com as cenas.

Como funciona

Naturalmente, você não precisa começar sua montagem saindo por aí em busca de um gambá ou coisa parecida...

Partindo, então, do diagrama de blocos mostrado na **figura 2** podemos analisar o princípio de funcionamento do nosso aromatizador.

O primeiro bloco representa o circuito de tempo, que é formado por um astável que determina exatamente de quanto em quanto tempo deve ser expelido o aroma, e em que quantidade.

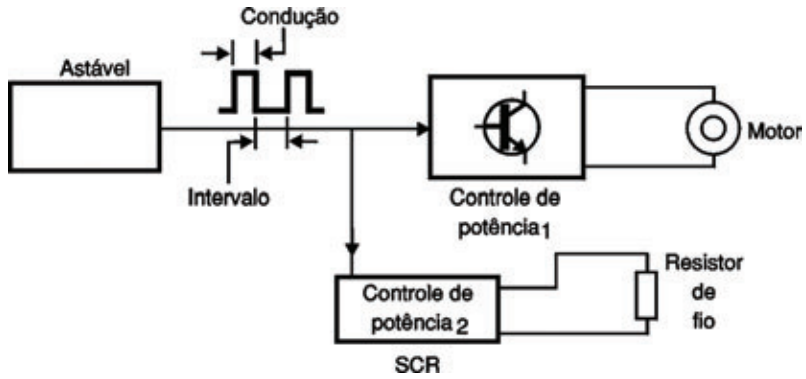
Este multivibrador tem dois tempos: de condução (que determina o tempo de exalação do aroma) e o de não condução (que determina o intervalo entre as exalações do aroma).

Isso é conseguido com a atuação sobre o ciclo ativo por meio de diodos, que têm potenciômetros de ajuste em série. Assim, o potenciômetro P_1 possibilita o ajuste do intervalo enquanto que o potenciômetro P_2 ajusta o tempo de exalação.

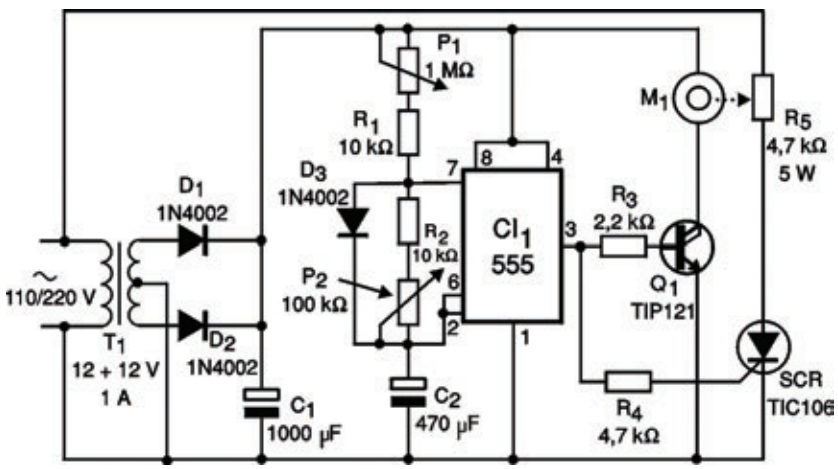
Intervalos de 1 a 5 minutos para a ação do perfumador com "borrifos" de 10 segundos a 1 minuto podem ser programados numa aplicação típica.

O circuito de tempo descrito aciona simultaneamente uma etapa de potência para alimentação do ventilador e o próprio sistema de produção de cheiros que será descrito mais adiante.

2 Diagrama de funcionamento



3 Circuito do aromatizador



O pequeno ventilador pode ser do tipo obtido de uma fonte chaveada de computadores fora de uso ou mesmo de algum brinquedo ou outro dispositivo que use um motor de corrente contínua com alimentação de 12 volts.

Este motor deve ter uma pequena hélice de plástico, que pode ser retirada de algum brinquedo ou mesmo fabricada pelos leitores mais habilidosos utilizando plástico ou algum metal maleável.

Outra sugestão mais fácil é o aproveitamento desses ventiladores de carro e caminhões, que são alimentados pela bateria e que já produzem uma boa corrente de ar.

O aromatizador propriamente dito consiste de um resistor de fio que é aquecido pelo circuito de tempo, ou seja, quando o multivibrador tem sua saída excitando a etapa de potência. Esta etapa de potência nada mais é do que um SCR que entra em condução quando a saída do astável 555 vai ao nível alto e um transistor de potência (Darlington ou Power-FET) que alimenta o motor.

Esta resistência tem uma espécie de "pavio", que é molhado constantemente com a essência que deve produzir o aroma. Com o aquecimento da resistência têm-se a rápida evaporação da essência e seu espalhamento pelo ventilador colocado nas proximidades.

Com a utilização de diversos "pavios" com essências diferentes, poderemos mudar os efeitos do aparelho.

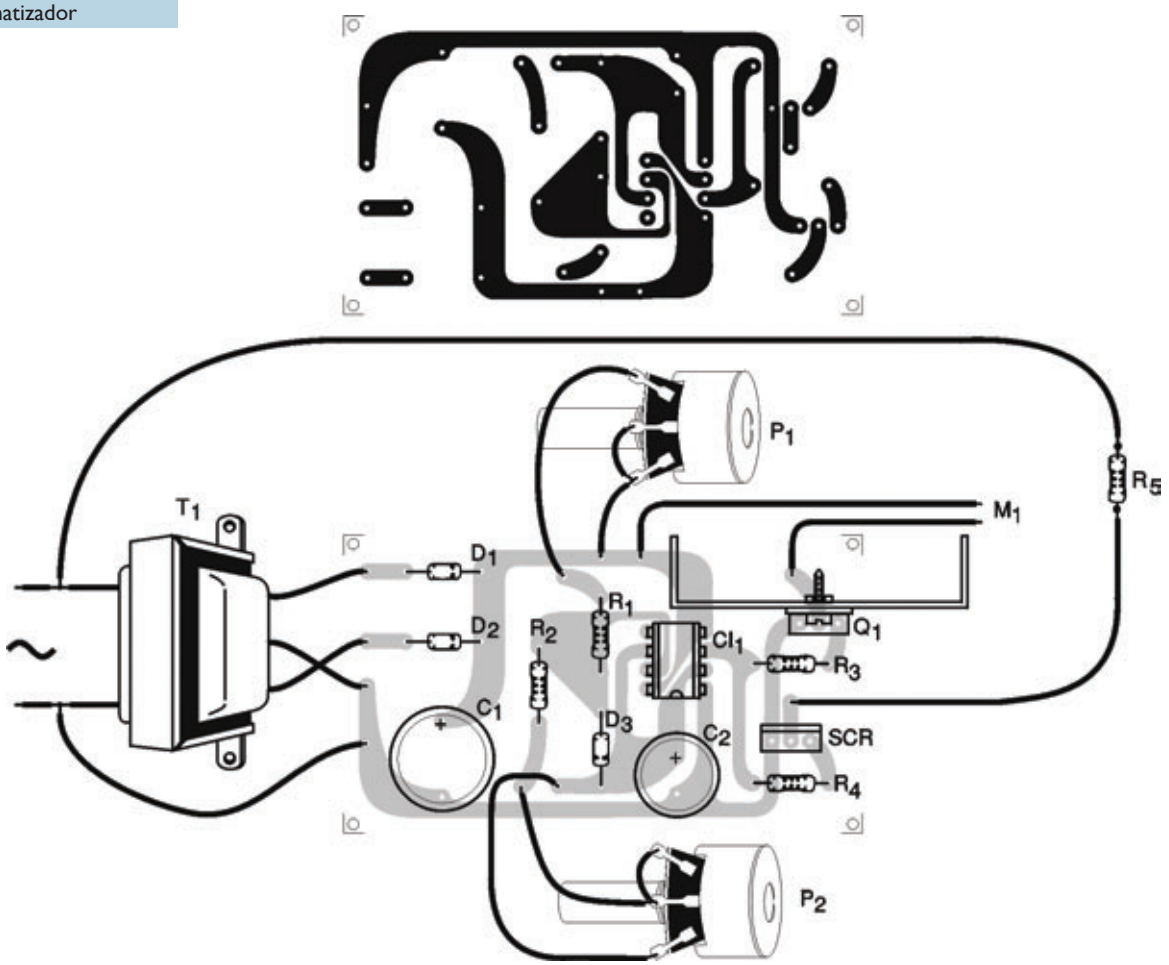
Os leitores mais criativos podem pensar numa "interface" que comute por um motor de passos os frascos de essências possibilitando a seleção por um software.

Montagem

Na **figura 3** temos o circuito completo do aromatizador.

Podemos realizar sua montagem tomando por base uma placa de circuito impresso com a disposição dos componentes ilustrada na **figura 4.**

4 Placa de circuito impresso do aromatizador



Além dos cuidados normais com posição, polaridade dos componentes, damos algumas sugestões sobre sua obtenção.

Os resistores são de 1/8 W, exceto o de fio que deve ter maior dissipação, conforme a lista de material, pois ele deve aquecer o pavio aromatizador. Este resistor pode ser de 3,9 kΩ ou 4,7 kΩ x 5 W se a rede for de 110 V e de 5,6 kΩ a 10 kΩ x 5 W se a rede for de 220 V. Na verdade, dependendo da quantidade de essência que deve ser vaporizada e de sua volatilidade, o leitor deverá fazer experiências no sentido de obter os melhores efeitos.

O SCR deve ter sufixo B se a rede for de 110 V, e sufixo D se a rede for de 220 V.

O motor é de 12 V ou então um ventilador de fonte chaveada de computadores, que pode ser obtido de sucata. Observe que o consumo de corrente do motor está relacionado diretamente com as especificações do transformador, sendo que um de 12 + 12 V com pelo menos 1 A é o mais indicado.

O transistor admite equivalentes e deve ser dotado de radiador de calor.

Os capacitores eletrolíticos têm as tensões mínimas de trabalho indicadas na relação de material. Podem ser usados Power-FETs como o IRF620, IRF640 ou equivalentes.

Os potenciômetros são comuns e um deles pode incorporar o interruptor geral para ligar e desligar o aparelho.

Na **figura 5** observamos o modo como o motor com hélice ou ventilador deve ser instalado junto ao pavio e vidro com essência.

Note que o pavio de tecido ou algodão envolve o resistor de fio e ao mesmo tempo penetra na essência do vidro para "chupá-la".

O resistor é montado sobre o vidro e na frente da hélice de forma que a essência evaporada possa ser espalhada.

A instalação mecânica do conjunto ficará dependente da aplicação, já que nenhum componente é crítico. É conveniente apenas não deixar expostos os fios do resistor R_5, já que ele é alimentado diretamente pela rede de energia podendo causar choques perigosos em quem o tocar.

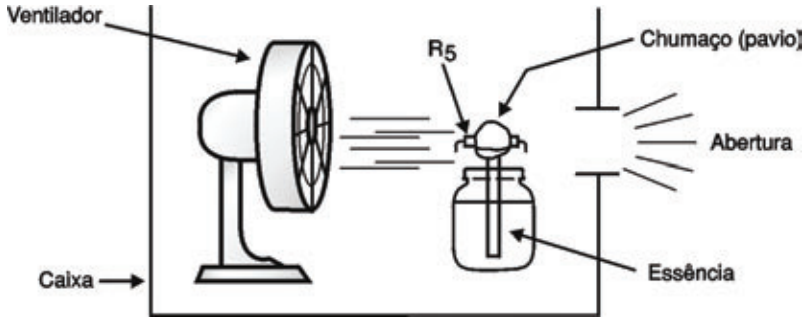
Prova e uso

Inicialmente, verifique o funcionamento do circuito de tempo. Para isso, basta ligar a alimentação e observar se o motor é acionado nos intervalos regulares previstos pelos ajustes de P_1 e P_2.

Note que P_1 ajusta o intervalo entre os acionamentos e P_2 o tempo de acionamento. Se perceber que estes intervalos não estão de acordo com o desejado, altere o valor do capacitor junto aos pinos 2 e 6 do 555.

Se o motor ficar acionado de modo permanente ou não funcionar, verifique os componentes do circuito

5 O ventilador e a essência ficam fechados em uma caixa com abertura



astável ou ainda os transistores de excitação. Se o motor funcionar com pouca força, veja se o consumo está de acordo com as especificações do transformador. Pode ser que a corrente exigida pelo motor seja muito maior do que a fornecida pelo transformador.

Verifique, em seguida, o aquecimento do resistor de fio, que deverá ocorrer sempre que o motor for acionado. Sua temperatura deve se elevar bastante nos pequenos intervalos de acionamento do motor. Se achar que o aquecimento não é suficiente para evaporar a essência na quantidade desejada, reduza o valor de R_5 uns 10% de cada vez até chegar no ponto pretendido. Lembre-se que um aquecimento excessivo pode causar sua queima, e que o limite é aproximadamente igual à metade dos valores mínimos indicados nas duas redes de energia.

Comprovado o funcionamento básico, procure uma essência de acordo com sua vontade. Nos mercados, podem ser obtidas essências de frutas como pêssego, abacaxi, baunilha, limão etc. e que colocadas diluídas no vidro produzirão os aromas correspondentes. Certos detergentes e produtos de limpeza podem ser usados para produzir cheiros de flores. Nas farmácias e drogarias é possível encontrar também essências usadas na fabricação de perfumes como, por exemplo, de flores.

Os leitores imaginosos, com vocação para a Química, podem fazer experiências no sentido de criar "novos cheiros", desde que sejam cuidadosos...

Uma possibilidade interessante a ser sugerida é agregar-se um sistema que comute os resistores com os ventiladores e usar vidros com essências diferentes. Outra idéia é montar alguns sistemas num controle sequencial (4017) que acione os diversos aparelhos, que poderão então programar cheiros diferentes conforme as horas do dia ou as conveniências.

Lista de materiais:

Semicondutores
CI_1 - 555 - circuito integrado, timer
SCR - TIC106B ou D - diodo controlado de silício, conforme a rede de energia - ver texto
Q_1 - TIP121 ou equivalente - Darlington de potência ou FET de potência - ver texto
D_1 a **D_3** - 1N4002 ou equivalentes diodos de silício

Resistores (1/8 W, 5%)
R_1, R_2 - 10 kΩ
R_3 - 2,2 kΩ
R_4 - 4,7 kΩ
R_5 - Resistor de fio de 5 W - ver texto
P_1 – 1 MΩ - potenciômetro
P_2 - 100 kΩ - potenciômetro

Capacitores
C_1 - 1 000 µF / 25 V - eletrolítico
C_2 - 470 µF/ 16 V - eletrolítico

Diversos
T_1 - Transformador com primário de acordo com a rede local e secundário de 12 + 12 V com 1 A de corrente
M_1 - Motor de corrente contínua de 12 V ou ventoinha de fonte chaveada de computador - ver texto

Placa de circuito impresso, botões para os potenciômetros, radiador de calor para o transistor, caixa para montagem, material para o vaporizador de odores (essência, vidro, pavio...), cabo de força, fios, solda etc.



Semaforos Inteligentes



Você já deve ter-se perguntado quantos sistemas eletrônicos existem "espalhados" pelas ruas das grandes cidades e pelas estradas de todo país. Para responder a essa questão escrevemos este artigo, que tem o objetivo de explorar os vários sistemas automatizados de controle de tráfego urbano, mostrando que estamos sendo literalmente monitorados o tempo todo.
Hoje, estudaremos um pouco sobre "semáforos inteligentes" e "detectores de velocidade". Esses sistemas já fazem parte da realidade das principais capitais mundiais, e também das brasileiras. Boa leitura!

Alexandre Capelli

Semáforos inteligentes

O que são, e para que servem os semáforos inteligentes?

Antes de respondermos, vamos lembrar um pouco do passado e fazer uma análise do presente. Atualmente a cidade de São Paulo possui uma frota aproximada de 6 milhões de veículos que trafegam diariamente por suas ruas. A cada ano, 500 000 novos veículos são somados a essa frota.

O problema do excesso de veículos em cidades como São Paulo já é uma preocupação antiga. Essa preocupação levou a Prefeitura de São Paulo, bem como várias outras prefeituras de todo o país a criarem sistemas, e até mesmo departamentos dedicados ao controle de tráfego de veículos.

No final da década de 70, por exemplo, a CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) foi criada na cidade de São Paulo com a finalidade de "gerenciar" o tráfego, bem como administrar os diversos sistemas utilizados para isso. Até então, os semáforos eram eletromecânicos. Os recursos para otimizar os ciclos de tempo de um semáforo resumiam-se na "programação" dos relés e contactores dos semáforos. Naquela época, a frota já atingia 2,5 milhões de veículos, e essa técnica não atendia mais as necessidades do controle de tráfego. Um sistema mais eficiente e, principalmente, inteligente tornou-se imprescindível. Foi então que criou-se o sistema SEMCO (Semáforos Coordenados).

O sistema SEMCO possuía vários detectores de veículos espalhados pelas ruas e avenidas mais movimentadas da cidade (o funcionamento desses sensores será visto logo mais).

Dentro de uma sala de controle, os dados de volume de tráfego fornecidos por esses sensores chegavam até os computadores. Os engenheiros de tráfego analisavam esses dados e, então, programavam os semáforos para "temporizar" o ciclo de operação, de acordo com o fluxo de veículos.

Com certeza, o tempo de abertura dos semáforos ficou muito mais otimizado, o que proporcionou uma melhora significativa no "tempo de jornada" dos veículos. Com o passar dos anos, até mesmo essa técnica perdeu sua eficiência.

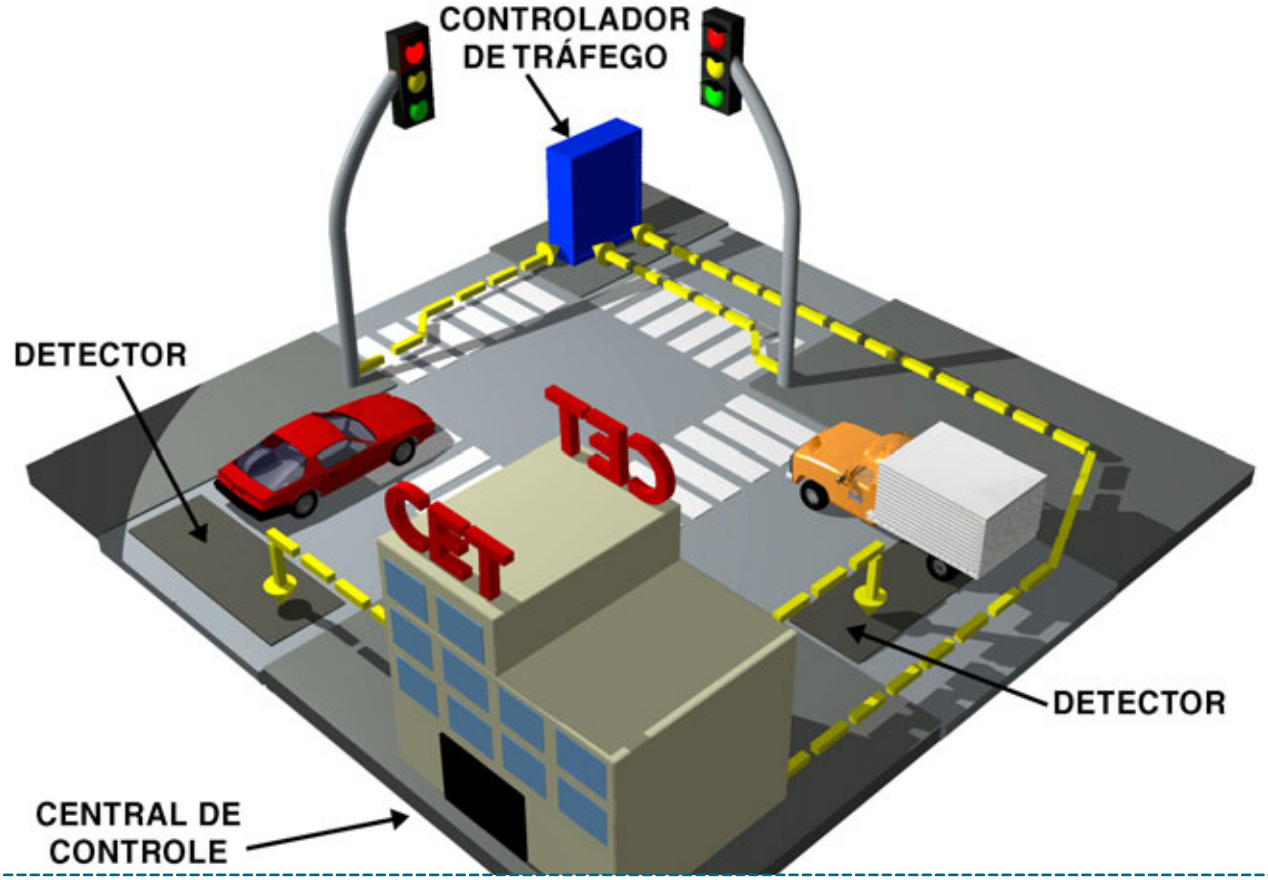
O sistema foi projetado para uma frota de 2,5 milhões de carros, e quando chegamos em 1995, a cidade de São Paulo já tinha uma frota de 4,5 milhões de veículos! Novamente, algo mais poderoso deveria entrar em ação.

Foi quando o projeto SEMIN (Semáforos Inteligentes) começou a ser implantado. A grande diferença do SEMIN para o SEMCO está no controle em "tempo real". No sistema SEMCO o controle do semáforo ocorre depois que determinado número de veículos já passou pelo local, isto é, o controle é feito através de curvas estatísticas. O sistema SEMIN, entretanto, controla o semáforo ao mesmo tempo em que o veículo está passando, ou seja, não há necessidade de uma equipe analisar os dados levantados e, algum tempo depois, enviar o melhor plano de ação para o semáforo. O próprio sistema colhe, analisa e envia, imediatamente, o melhor tempo para aquele semáforo.

A **figura 1** mostra a estrutura de funcionamento do SEMIN.

Notem que temos um cruzamento com seus respectivos semáforos. Próximo ao cruzamento temos o pri-

1 legenda???



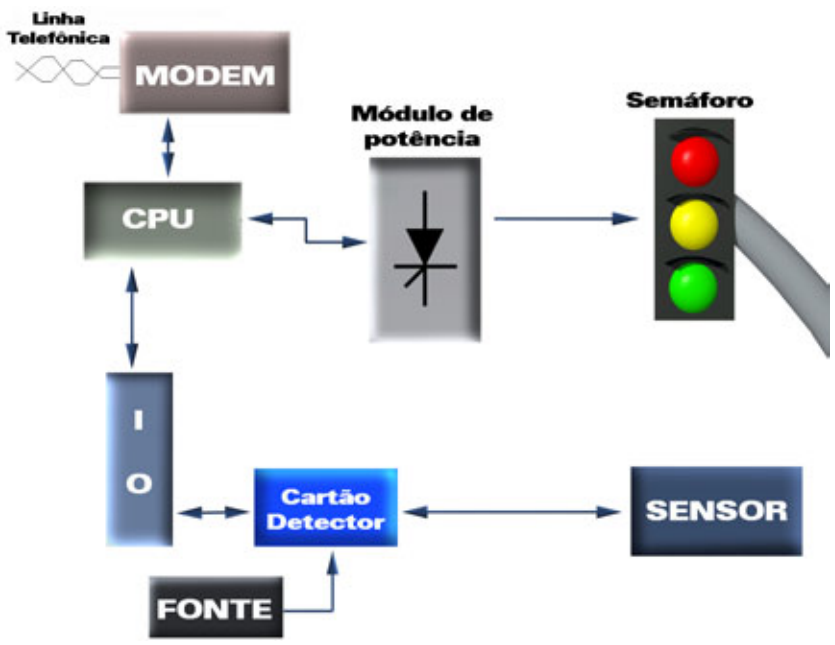
meiro equipamento do sistema que é o controlador de tráfego.

O controlador de tráfego será estudado a seguir, porém, sua função é ligar e desligar as lâmpadas dos semáforos de acordo com as instruções enviadas pela Central de Controle. Esta, por sua vez, recebe os dados sobre o volume do fluxo de veículos através dos detectores. Após processar as informações e calcular qual é o melhor plano de ação para o semáforo, a ordem de execução segue para o controlador através de cabos telefônicos.

Na verdade, um mesmo cabo telefônico, dependendo do volume de informações, pode suportar até oito controladores conectados. Um dos softwares mais clássicos para gerenciar o tráfego é o SCOOT. De maneira bem resumida, o SCOOT funciona como uma média ponderada. Cada rua ou avenida tem seu grau de prioridade (peso) em relação a outra com a qual cruza.

Dependendo do número de veículos, e dessa prioridade, o ciclo de tempo do semáforo é determinado.

2 Diagrama de blocos do Controlador Siemens T400



Claro que essa é uma visão extremamente simplista desse software. Não devemos nos esquecer que um cruzamento não existe sozinho, portanto, o SCOOT tem a "árdua" tarefa de "pensar" em uma rede de cruzamentos, e não apenas em um único isolado.

Controladores de tráfego

O controlador de tráfego, basicamente, é composto de : CPU; módulo I/O; fonte-de-alimentação; cartões detectores; *modem* e módulo de potência das lâmpadas. A função do controlador é obedecer o ciclo do semáforo determinado pela central, através do "chaveamento" das lâmpadas das fases semafóricas. A **figura 2** ilustra um diagrama de blocos de um controlador de tráfego de fabricação Siemens.

Notem que a CPU comunica-se com os computadores da central de controle através do modem, que envia as informações fornecidas pelos "detectores" (sensores) de veículos, sobre as condições da densidade do fluxo do trânsito. As lâmpadas dos semáforos são chaveadas através do módulo tiristorizado de potência, denominado "placa de fase". No módulo T-400 da Siemens, cada placa de fase pode ativar quatro grupos de semáforos, e cada T-400 pode controlar quatro placas, portanto, cada controlador desse tipo, pode chavear 16 fases de semáforos. Outros modelos como o T- 800, podem controlar até 32 fases.

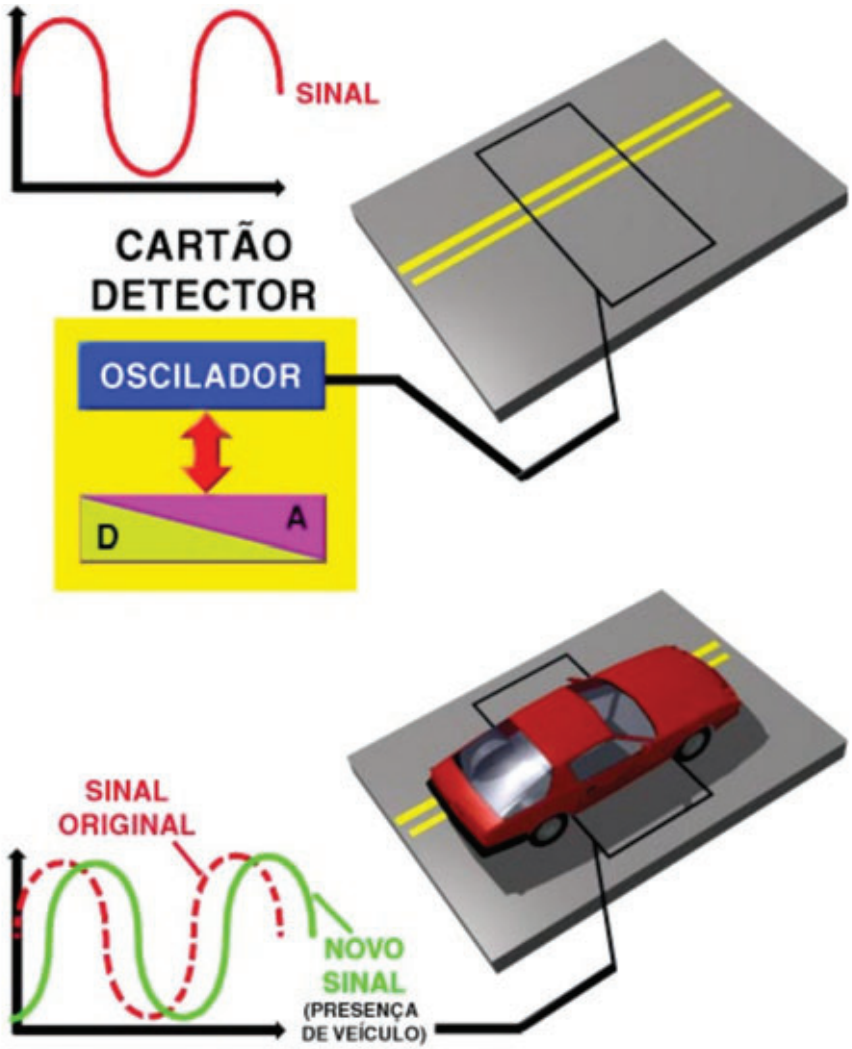
É bem verdade que toda a inteligência do processo encontra-se no software da central de controle, porém, o controlador de tráfego pode fazer um papel mais nobre que um simples escravo da central. De fato, a CPU de cada controlador possui um relógio interno que está sincronizado com o relógio da central de controle através de um sistema de satélite GPS.

Além disso, cada controlador possui em sua EPROM um pequeno programa de controle que pode atuar no caso de falha da central. Imaginem que uma linha telefônica quebre "ou uma placa de modem pife", o que acontece com o cruzamento que está sendo controlado? Resposta: Ele continua funcionando, só que agora em "modo local".

Isso quer dizer que o controlador tem condições de assumir o controle do cruzamento em caso de falha de comunicação com a central.

Nesse modo, ele opera segundo sua programação interna (local), e um alarme na central é ativado para que a equipe de manutenção seja enviada ao local, a fim de restabelecer a comunicação.

3 Cartão detector



Cartões Detectores

Os cartões detectores são os módulos responsáveis pela detecção do veículo.

O princípio de funcionamento é semelhante ao do detector de metais. Uma bobina é colocada na pista e, quando um veículo passa sobre ela, ele é "detectado". A **figura 3** exibe o diagrama de blocos de um cartão detector.

O circuito possui um oscilador interno, que gera um sinal senoidal para o sensor (bobina) alocado na pista.

Quando uma massa metálica (carro) passa por cima do sensor, ocorre uma defasagem na senóide.

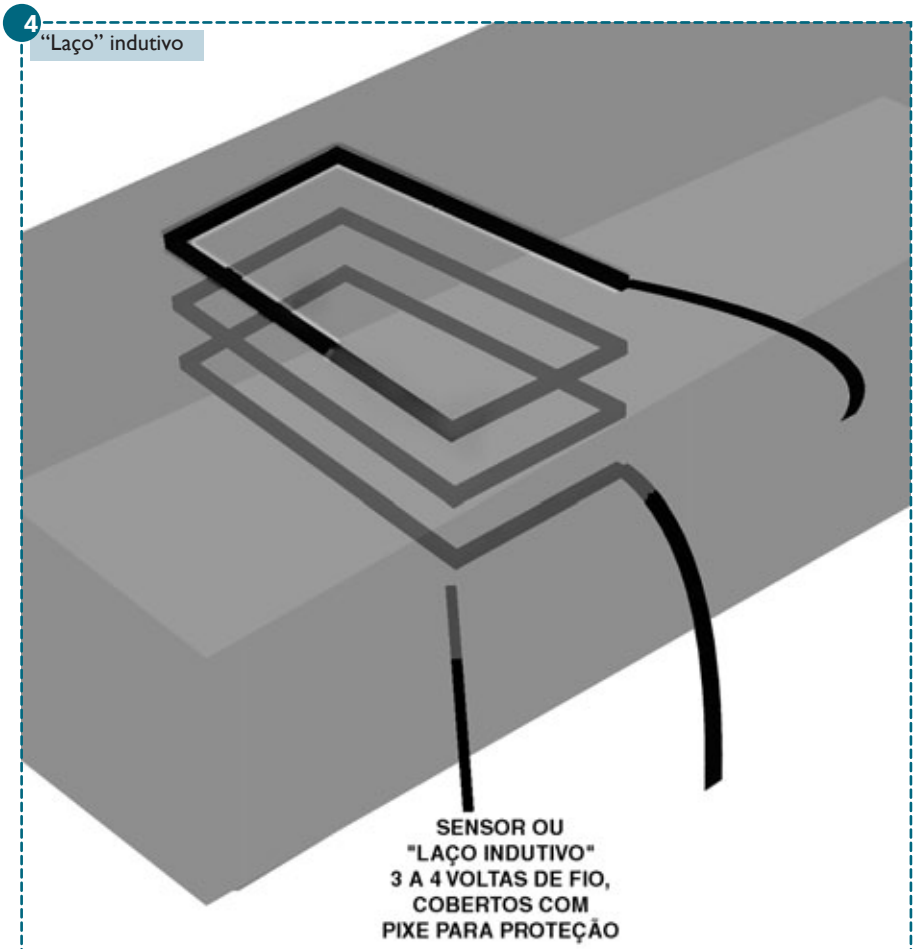
Um conversor A/D converte essa defasagem senoidal (sinal analógico) em um conjunto de bits (sinal digital) indicando a contagem de um carro.

Cabe lembrar que esses dados chegam até a central via placa de modem.

O próprio leitor, se observar com atenção as ruas de São Paulo, poderá notar em alguns locais, uma espécie de "retângulo" marcado na pista , que se trata justamente de um sensor de veículos (também chamado de detector, ou laço indutivo).

O sensor, por sua vez, não passa de três a quatro voltas de fio comum, colocado cerca de 10 cm sob a superfície do chão, **figura 4.**

4 "Laço" indutivo



Segurança do sistema

Além do controlador poder assumir o controle do cruzamento em caso de quebra na comunicação (por qual- quer que seja a razão), ele também possui sistemas de segurança. Imagi-nem qual pode ser o pior erro que um controle de semáforos pode cometer... Isso mesmo!

Ligar duas lâmpadas verdes para duas ruas que "conflitam". Caso isso ocorra, a possibilidade de haver morte de pessoas é realmente grande.

Para que isso jamais aconteça, o controlador processa todo sinal verde antes de liberá-lo.

Dentro da sua EPROM temos todas as situações, relativas ao cruzamento que o controlador está, de "verdes conflitantes".

Se, por alguma falha eletrônica (um tiristor em curto-circuito, por exemplo), e duas lâmpadas verdes forem a ativadas erroneamente, de imediato o controlador desligará todos os semáforos, e ativará o "amarelo intermitente".

Com certeza, o leitor já passou por um cruzamento em que, ao invés dele estar operando normalmente, apenas as luzes amarelas estavam piscando para todas as mãos.

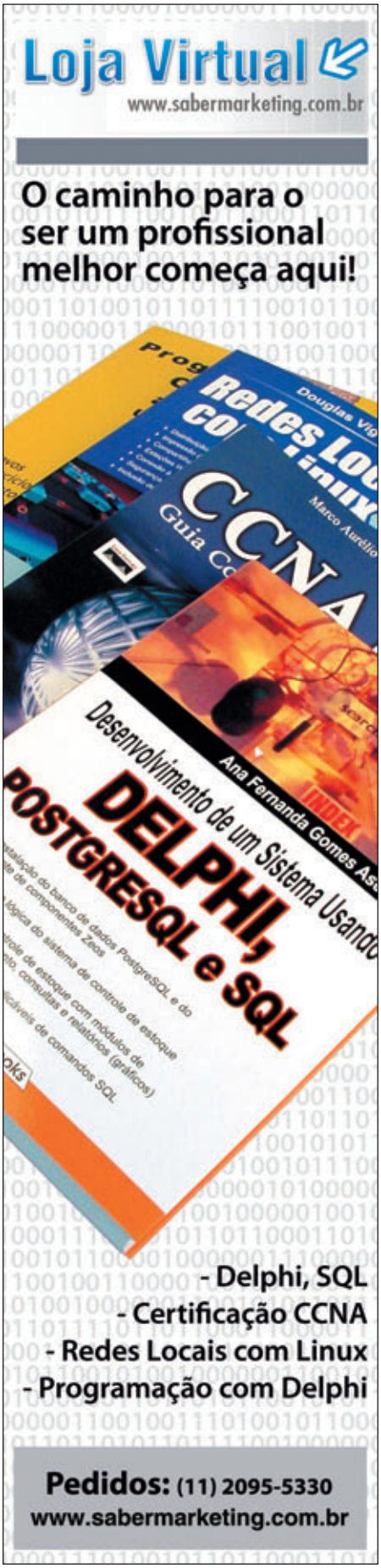
Pois é, algo de errado ocorreu no controlador.

Embora isso possa prejudicar um pouco o trânsito no local, é um modo de chamar a atenção dos motoristas e evitar acidentes.

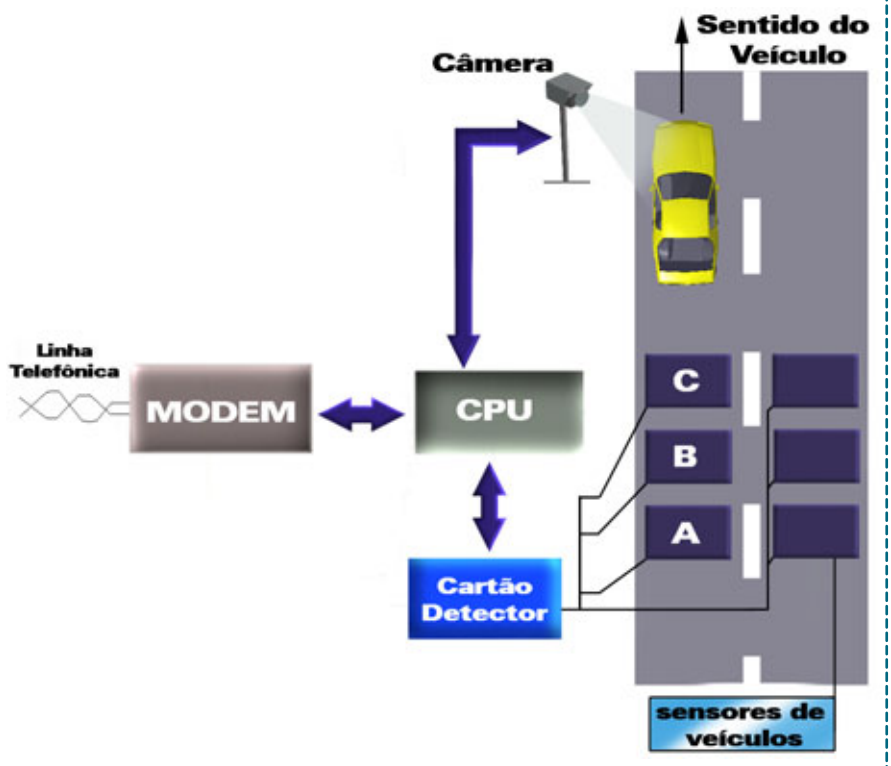
Câmeras

Além dos computadores de controle, a Central possui vários monitores de vídeo, que mostram os pontos críticos da cidade.

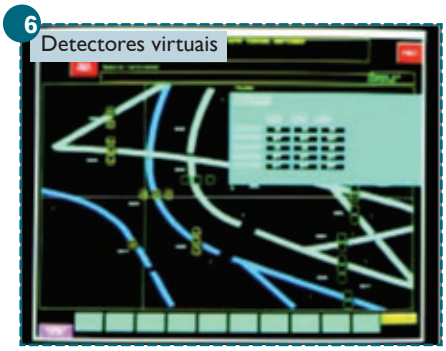
Em São Paulo, por exemplo, temos centenas de câmeras espalhadas pelos cruzamentos mais críticos. Essas câmeras têm como principal objetivo, auxiliar o pessoal da sala de controle intervir no sistema, se necessário , devido a uma emergência (incêndio, acidentes graves etc...).



5 Detector de velocidade



6 Detectores virtuais



Apesar da sua função auxiliadora, algumas delas podem " gravar" infrações de trânsito. Antes de "passar" um sinal vermelho, ou fazer uma conversão proibida, pense bem, pois você poderá ser multado mesmo sem nenhum fiscal pelas redondezas !

Detectores de velocidade

O sistema de radar de velocidade de hoje, é coisa do passado, Muitas vezes fica fácil identificar os pontos em que o radar está, e equipamentos que detectam sua localização, já há muito tempo tem sido utilizados para "driblar" a fiscalização. Com as novas tecnologias de detecção de velocidade, isso ficou bem mais complicado. A **figura 5** mostra como uma câmera pode multá-lo sem que você se dê conta.

Novamente, se observarmos algumas avenidas, e até mesmo algumas rodovias, notaremos que às vezes encontramos no chão três retângulos marcados no asfalto. Normalmente, eles estão bem próximos uns dos outros.

Esses retângulos também são sensores de veículos, porém, agora estão lá para detectarem excesso de velocidade.

O funcionamento do sistema é simples. Como no controlador de tráfego, temos um cartão detector ligado aos sensores de veículo, uma CPU e um modem. Dessa vez , os dois primeiros sensores servem para determinar a velocidade com que o veículo se desloca.

O circuito "lê" quanto tempo o sensor B é ativado em relação ao A. Quanto menor o tempo, maior a velocidade.

A CPU possui um valor programado de tempo correspondente ao valor máximo da velocidade permitida. Quando o tempo de trajeto do veículo for menor, a CPU habilita o sensor C, que é o responsável pela "foto" digital da placa do veículo. Portanto, o terceiro sensor controla a autuação do veículo, e somente é ativado quando o veículo está acima da velocidade programada.

Nessa altura alguém pode pensar: "Então basta passar pelos sensores em baixa velocidade, e depois, pé na tábua"!

Não é verdade. Nem sempre os sensores são visíveis, ou pior, eles podem até não existir fisicamente. Trata-se do sensor virtual.

O sensor virtual está presente nas ruas e rodovias de todo o Brasil, e somente existe na tela do computador de controle, **figura 6** .

A câmera monitora todo o setor (avenida, rua, estrada etc...) e joga a imagem na tela. O operador pode alocar nessa tela os sensores de velocidade onde ele bem entender. Hoje podem estar em uma posição, amanhã, em outra! Portanto, o motorista nunca sabe onde a fiscalização efetivamente, se encontra.

Essa é a tecnologia do sensor virtual, pois sua posição na tela equivale, exatamente, na pista. Um dos mais clássicos sistemas desse tipo é o ARTEMIS, também da Siemens.

Conclusão

Podemos perceber que a automação não se resume apenas ao ambiente industrial.

Cada vez mais encontramos: prédios inteligentes, estradas automatizadas, semáforos que pensam etc...

Isso é apenas mais um dos indicativos de que o profissional de Eletrônica tem um enorme desafio pela frente: a constante atualização dos conhecimentos.

No que se refere ao controle de tráfego, tanto urbano quanto rodoviário, cuidado! Você está sendo observado, portanto, "pézinho lá em cima". f

Módulo de automação por sinais alternados

Descrevemos um projeto muito útil para os projetistas de equipamentos de Automação, Robótica ou mesmo de controles domésticos e que desejam trabalhar com sinais de áudio.
Trata-se de um circuito que dispara um relé a partir de sinais de baixa frequência e pequena intensidade. Alimentado por uma tensão contínua de 12 V, ele usa poucos componentes e pode ser empregado numa série de automatismos que envolvam audiofrequências ou sinais de controle de baixa frequência.

Newton C. Braga

O que faz um módulo interruptor acionado com sinais de corrente alternada de baixa frequência? Certamente esta é a primeira pergunta que o leitor que ainda não descobriu este projeto tem em mente.

Nosso circuito consiste de um relé sensível que dispara com sinais na faixa de áudio entre 50 Hz e 50 000 Hz. A carga deste circuito é um relé que pode ser usado para controlar os mais diversos automatismos, tais como robôs que atendam a comandos sonoros.

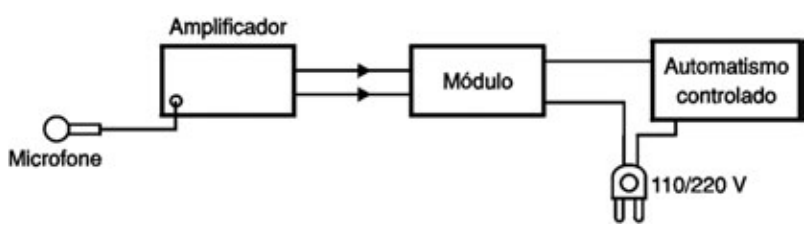
O circuito não é temporizado e nem tem trava, o que significa que o relé se mantém ativado apenas quando em presença do sinal de entrada.

Mas, depois de saber o que o circuito faz, o leitor certamente pensará numa segunda pergunta: para que serve?

Uma primeira aplicação interessante seria a sua conexão na saída de qualquer amplificador de áudio de pequena potência ou mesmo um microfone sensível, e usá-lo para acionar alguma coisa com sons. Com isso podemos tornar nosso circuito um **vox** (microfone acionado por som) ou mesmo um alarme de ruídos.

Na **figura 1** damos uma idéia de como isso poderia ser feito.

1 Modo de usar o módulo para ligar uma carga por som.



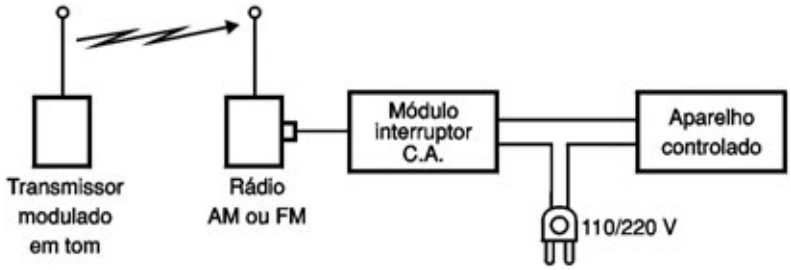
Outra possibilidade interessante seria ligá-lo na saída de um dos canais de um gravador estéreo. O segundo canal poderia ser usado para se programar o acionamento de um dispositivo de automação, por exemplo, um projetor de **slides**. Assim, quando a fita chegasse no ponto certo, haveria um tom de áudio gravado que faria a mudança do slide, automatizando assim um audiovisual apresentado.

Uma outra aplicação consiste em associar este acionador a um rádio AM ou FM portátil e usá-lo como controle remoto. O transmissor seria um simples oscilador de alta frequência modulado por um tom de áudio. Na **figura 2** mostramos como isso pode ser feito.

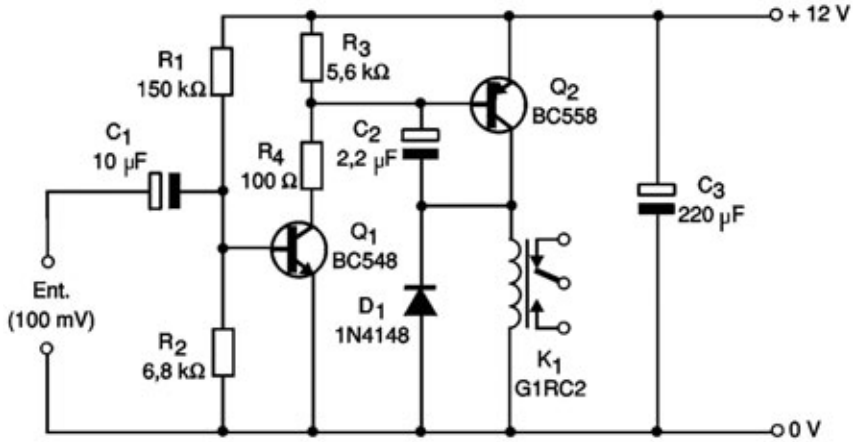
Um outro uso consiste em ligar o circuito a uma linha de sinais de baixa frequência para detectá-los. Na presença do sinal, o circuito seria acionado ativando algum dispositivo de aviso ou alarme.

Finalmente, temos a possibilidade de gerar sinais de áudio por um PC usando a saída de multimídia para os alto-falantes como controle de automatismos externos. A alimentação do circuito é feita com uma tensão de 12 volts e o seu consumo é muito baixo na condição de espera, ou seja, com o relé desativado. O ganho do

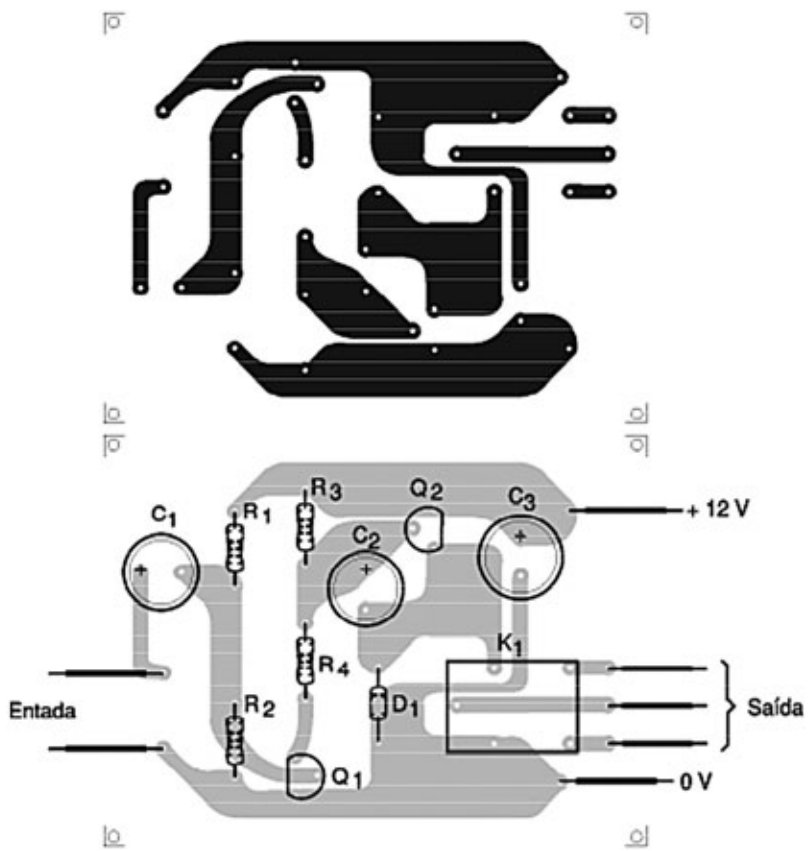
2 Um controle remoto usando rádio AM/FM



3 Circuito do módulo



4 Placa do circuito impresso do módulo



circuito permite que ele opere com sinais cuja intensidade esteja na faixa dos 100 mV a 1 V pico-a-pico.

Características

- Tensão de alimentação: 12 V
- Sensibilidade: 100 mV
- Impedância de entrada: 10 kΩ (aprox.)
- Carga máxima: depende do relé
- Número de transistores: 2

Como funciona

O sinal de áudio é aplicado na primeira etapa de amplificação, que tem por base o transistor Q_1. O sinal passa pelo capacitor C_1 enquanto que os resistores R_1 e R_2 servem para polarizar a base do transistor. Em conjunto com R_3 e R_4 os demais resistores determinam o ganho desta etapa.

O sinal amplificado aparece no coletor do transistor, sendo então enviado diretamente à base do transistor Q_2 onde recebe nova amplificação. O sinal amplificado para acionamento do relé é retirado do coletor de Q_2.

Com o uso de transistores complementares temos a possibilidade de fazer o acoplamento direto com um bom ganho, reduzindo assim o número de componentes empregados.

O capacitor C_2 tem por finalidade eliminar as vibrações dos contatos do relé com os sinais de baixas frequências e também proporcionar uma certa inércia ao circuito.

O diodo D_1 protege o transistor Q_2 contra a alta tensão gerada no enrolamento do relé quando ele comuta. A finalidade de C_3 é desacoplar a fonte de alimentação.

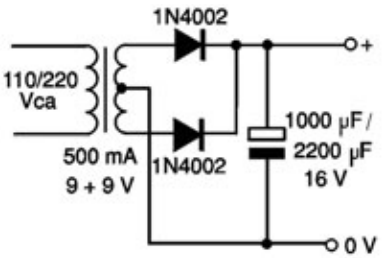
Montagem

Na **figura 3** temos o diagrama completo do módulo de controle por sinais de baixa frequência. Na **figura 4** temos a disposição dos componentes numa placa de circuito impresso.

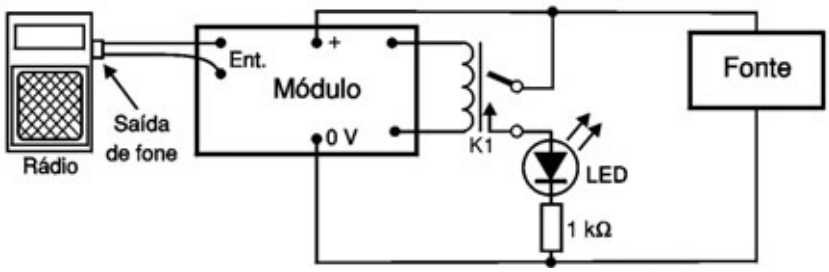
Os resistores são de 1/8 W ou maiores, e os capacitores eletrolíticos devem ter tensões mínimas de trabalho de 16 V. O diodo admite equivalente. O relé sugerido pode ser qualquer tipo sensível de 12 V com corrente de acordo com a carga que vai ser controlada. Dependendo do relé usado pode ser necessário alterar o desenho da placa de circuito impresso.

Para as ligações dos diversos elementos externos sugerimos a utiliza-

5 Uma fonte para o modulo interruptor



6 Circuito para experimentar o módulo



ção de uma barra de terminais com parafusos.

Na **figura 5** temos uma sugestão de fonte de alimentação para este circuito.

Como o circuito não é crítico, não há necessidade de se usar uma fonte estabilizada. O transformador tem enrolamento primário de acordo com a rede de energia local e secundário de 9 + 9 V com 500 mA. O capacitor eletrolítico da fonte é de 16 V de tensão de trabalho e seu valor pode ficar entre 1 000 µF e 2 200 µF.

Prova e uso

Para provar a unidade ligue na entrada do circuito uma fonte de sinal de áudio como, por exemplo, a saída de um fone de um rádio transistorizado ou um pequeno gravador. Ligue também a fonte de alimentação, conforme mostra a **figura 6.**

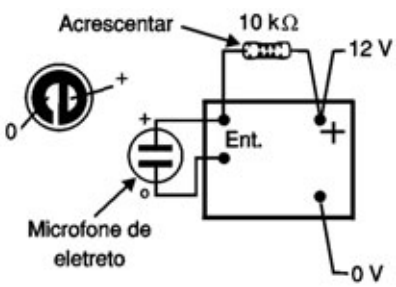
Abrindo o volume do rádio, o relé deve ser ativado com os picos de áudio.

Para operar com microfone de eletreto, use o circuito da **figura 7** que proporciona uma boa sensibilidade. Este circuito inclui um controle de sensibilidade. A alimentação de 12 V é comum ao circuito do microfone e ao módulo.

O cabo do microfone, se for longo, deve ser blindado, para que roncos e ruídos não sejam captados provocando o acionamento errático.

A carga é ligada nos contatos do relé e ela pode ser alimentada por outras tensões.

7 Ligação de um microfone de eletreto



Para reduzir a sensibilidade aos sons agudos, caso o aparelho seja usado com sinais de áudio de um rádio ou gravador, ligue em paralelo com R_2 (entre a base e o emissor de Q_1) um capacitor de poliéster de 1 nF a 47 nF. Faça experiências no sentido de obter o melhor valor para sua aplicação.

Uma sugestão de aperfeiçoamento para este circuito consiste em se agregar um filtro de áudio na entrada de modo a deixar passar somente sinais de determinadas frequências.

Nestas condições, diversas unidades podem ser controladas ao mesmo tempo por um mesmo condutor de sinais, utilizando-se frequências diferentes.

Lista de Materiais

Semicondutores
Q_1 - BC548 ou equivalente - transistor NPN de uso geral
Q_2 - BC558 ou equivalente - transistor PNP de uso geral
D_1 - 1N4148 - diodo de uso geral

Resistores (1/8 W, 5%)
R_1 - 150 kΩ
R_2 - 6,8 kΩ
R_3 - 5,6 kΩ
R_4 - 100 Ω

Capacitores
C_1 - 10 µF/16 V - eletrolítico
C_2 - 2,2 µF/16 V - eletrolítico
C_3 - 220 µF/16 V - eletrolítico

Diversos
K_1 - Relé de 12 V com bobina de 50 mA
Placa de circuito impresso, caixa para montagem, material para fonte de alimentação, barra de terminais com parafusos, fios, solda etc.

Conheça os Ultrassons e como eles podem ser utilizados

Que vibrações são essas, que têm a mesma natureza dos sons, mas que não podemos ouvir? Que tipo de emissão é essa que pode destruir objetos, detectar inimigos ou intrusos e ainda servir como meio de orientação ou medida de distâncias? Como gerar ultrassons e como torná-los audíveis? Essas são algumas das questões que procuraremos abordar neste artigo. Respondendo a essas perguntas, levaremos nossos leitores a uma dimensão maravilhosa, que nossos sentidos não podem alcançar, mas que podem explorar com a ajuda da Eletrônica.

Newton C. Braga

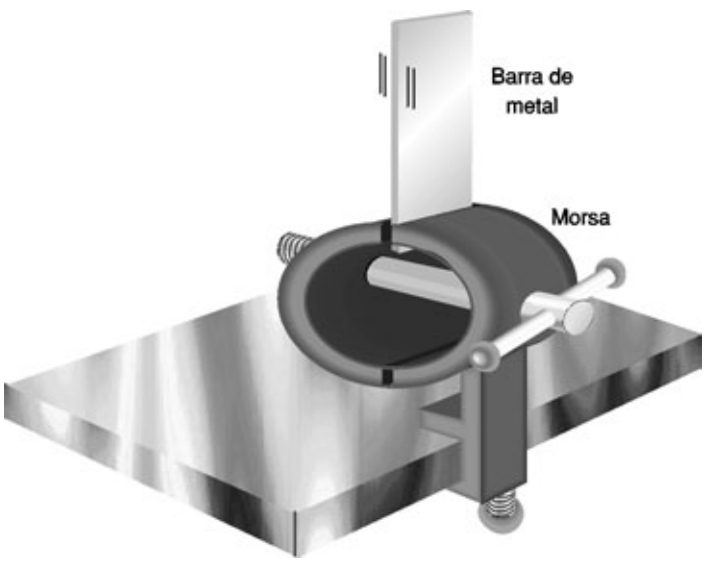
Nossos ouvidos são estruturas sensíveis que se adaptam perfeitamente aos tipos de vibrações que são mais comuns na natureza e no próprio meio no qual vivemos. Assim, milhões de anos de evolução determinaram a faixa bem definida de frequências que podemos ouvir e que denominamos "sons".

Uma experiência imaginária nos permite entender melhor o que é o som, e também as vibrações de mesma natureza, que se situam além do alcance de nossos ouvidos, que são os infrassons e os ultrassons, sendo este último o assunto-chave deste nosso artigo.

Se prendermos uma barra de metal numa morsa, poderemos fazer com que uma de suas extremidades entre em vibração, conforme mostra a **figura 1**.

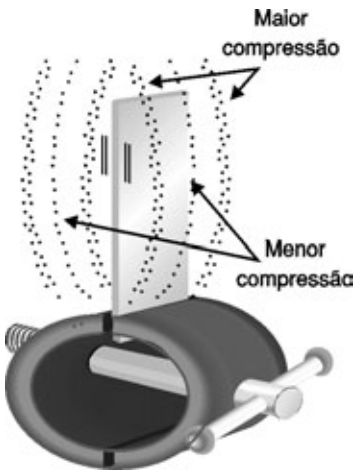
Para nossa experiência não importa exatamente como fazer isso, mas sim as consequências dessa. As vibrações dessa barra de metal vão comprimir e distender o ar à sua volta de modo regular, criando assim "ondas" onde localizamos maior ou menor densidade de partículas, ou seja, ondas de compressão e descompressão, de acordo com a **figura 2**. Estas ondas longitudinais se propagam pelo ar numa velocidade que depende da pressão, da umidade, da temperatura e de alguns outros fatores adicionais.

1 Preparando a experiência imaginária



Para o ar ambiente, em condições normais de temperatura e pressão, ou seja, a 20 graus Celsius no nível do mar, a velocidade de propagação é da ordem de 333 metros por segundo.

2 Gerando ondas de compressão em descompressão



No entanto, para maior facilidade de cálculos é comum fazermos a aproximação para 340 metros por segundo.

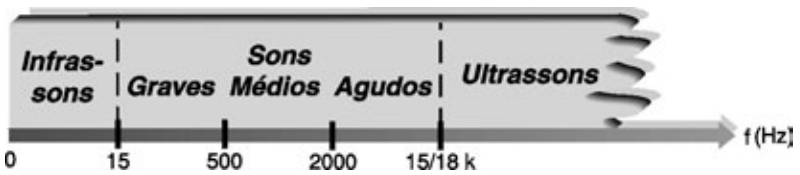
Encontrando algum tipo de obstáculo, essas vibrações podem forçá-lo a vibrar na mesma frequência, transferindo- lhe assim energia. Em outras palavras, essas ondas transportam energia que podem entregar a objetos que existam em seu percurso.

Se as vibrações ocorrerem numa "velocidade" relativamente pequena, algumas por segundo apenas, mesmo incidindo na membrana sensível de nossos ouvidos que é o tímpano, elas não conseguirão excitá-lo a ponto de haver a transmissão de um sinal ao nosso cérebro. Isso significa que elas estão numa frequência abaixo do que podemos ouvir. Essas vibrações, pela sua frequência, são denominadas infrassons. Sua posição no espectro é mostrada na **figura 3**.

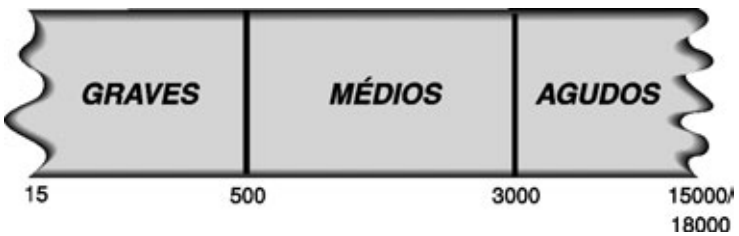
Conforme vimos, essas vibrações transportam energia e por isso, possuem um certo poder de destruição. Num terremoto, as vibrações desta faixa de frequência causam grande destruição quando se propagam pela terra podendo assim ser sentidas, mas não ouvidas.

O ponto em que elas começam a ser ouvidas está em torno de 15 hertz. É preciso que a nossa barra de metal imaginária vibre pelo menos 15 vezes por segundo para que as ondas de compressão e descompressão que cheguem aos nossos ouvidos os estimulem.

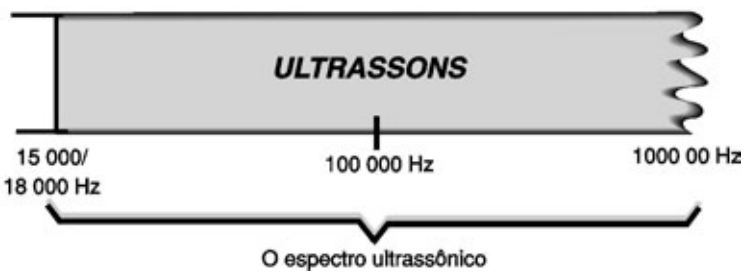
3 O espectro sonoro



4 O espectro audível. Os limites variam conforme a pessoa



5 O espectro ultrassônico não tem limite superior de frequência



A sensação transmitida ao cérebro será a de um som contínuo muito grave, um zumbido.

Aumentando gradualmente a frequência das vibrações, ou seja, fazendo com que a barra vibre cada vez mais rapidamente, vamos modificar a altura do som (a altura é a característica relativa à frequência que não deve ser confundida com o volume ou intensidade), tornando o som médio quando chegamos a aproximadamente 500 Hz, e depois agudo quando ultrapassamos os 2 000 Hz, conforme ilustra o diagrama da **figura 4**.

Aumentando mais e mais as vibrações, entretanto, verificamos que as pessoas, segundo suas idades, características pessoais e até mesmo eventuais doenças, vão deixando de ouvir o som que está sendo emitido. O limite exato em que deixamos de ouvir as vibrações, varia bastante de pessoa para pessoa, mas na média está em torno de 15 000 Hz (15 000 vibrações por segundo). Teremos então percorrido todo o espectro audível, ou seja, toda a faixa de frequências que corresponde às vibrações que podemos ouvir.

No entanto, passando dos 15 000 Hz a barra de metal ainda pode vibrar. Estas vibrações já não serão mais audíveis, pois estão além de nossa capacidade de percepção. A barra estará produzindo então ultrassons. Observe a **figura 5**.

Não existe limite conhecido para até onde a barra de metal poderá vibrar. Existem dispositivos que podem gerar ultrassons de milhões de hertz, ou seja, muitas oitavas acima

do nosso limite auditivo e que, portanto, não podem ser ouvidos por ninguém.

Mas, o interessante é que no mundo animal existem espécies que podem ter ouvidos capazes de alcançar frequências que o ouvido humano não consegue, conforme mostra a **figura 6**.

Assim, o que é ultrassom para nós (humanos) pode não ser para outras espécies animais.

Podemos citar como exemplo os cães que, em alguns casos, podem ouvir vibrações de até 25 000 Hz, alcançando assim frequências que nós não logramos perceber. Quantas vezes seu cão levantou as orelhas sobressaltado percebendo alguma espécie de som quando você não ouviu absolutamente nada?

Animais como os morcegos e até mesmo os golfinhos, podem usar os ultrassons com finalidades muito mais complexas do que a simples comunicação.

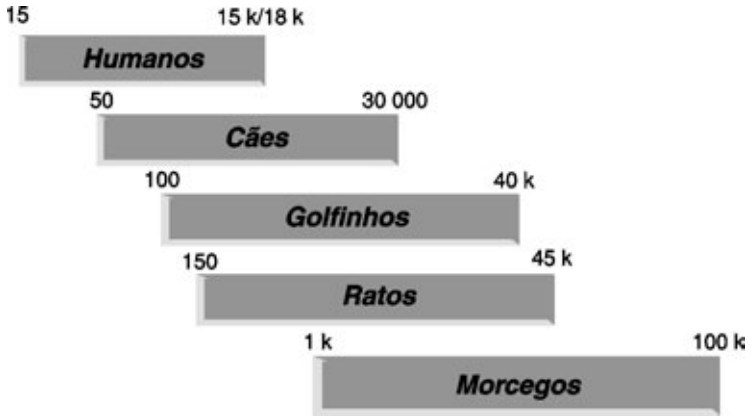
O morcego, por exemplo, possui um sistema de audição tão elaborado que pode captar e interpretar os ecos ou reflexões das vibrações que ele mesmo emite em frequências ultrassônicas.

Em outras palavras, ele possui um verdadeiro sistema de "radar" que, no caso, por operar com sons recebe a denominação de "sonar". Ele emite um som de frequência muito alta (que não podemos ouvir) que chega aos 40 000 Hz, e se existir algum tipo de obstáculo para sua propagação como, por exemplo, outros animais, insetos ou os galhos de uma árvore, ele recebe o eco e o interpreta, determinando a distância do obstáculo, seu tamanho e posição, evitando-o ou atacando-o.

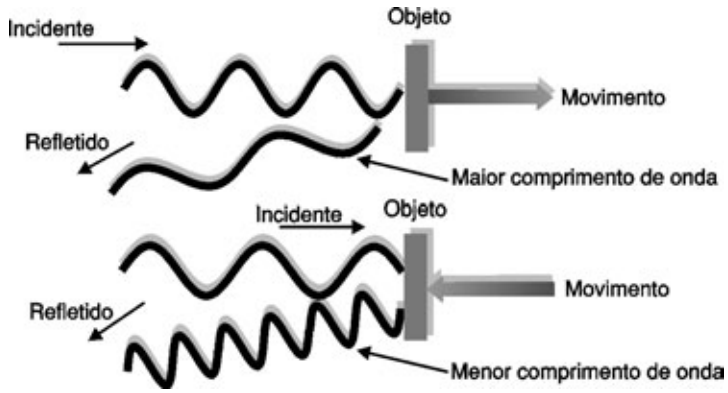
À medida que as vibrações aumentam de frequência, a distância entre os pontos de maior compressão e menor compressão diminui, ou seja, diminui o comprimento de onda. Isso significa que essas ondas passam a ser sensíveis a obstáculos cada vez menores. É por este motivo que o sistema de sonar de um morcego não funcionaria se ele usasse baixas frequências.

Podemos fazer uma interessante experiência com os morcegos (que é bem conhecida das pessoas que moram no interior): provocando a vibração de uma vara, eles se desorientam podendo chocar-se contra ela. O que acontece é que a vara em vibração provoca um fenômeno denominado "Efeito Doppler".

6 Espectro audível de alguns animais (média dependendo da espécie)



7 O efeito Doppler



Quando uma vibração sonora se reflete num objeto que se move em relação à fonte que emite o som, na reflexão ocorre uma alteração da sua frequência. Se o objeto estiver se movimentando em direção à fonte, a alteração é no sentido de haver uma diminuição do comprimento de onda e, portanto, um aumento da frequência. Efeito inverso ocorrerá se o objeto estiver se afastando. Tudo isso é ilustrado na **figura 7**.

Você pode perceber esse fenômeno observando o que ocorre quando um carro passa em alta velocidade por você com a buzina acionada. Na aproximação, o som da buzina parece mais agudo, e quando ele se afasta, o som torna-se mais grave. A transição do som de agudo para grave é bastante nítida no instante exato em que ele passa por você.

Ora, no caso do morcego, a vibração da vara altera a frequência do eco que o animal espera e isso o confunde, de modo que ele não consegue interpretá-lo, desorientando-se completamente em vôo.

Na natureza existem muitos animais que emitem e/ou recebem ultrassons, de modo que a possibilidade de "escutarmos" ultrassons abre um campo muito interessante de pesquisa usando recursos eletrônicos.

Existem grilos, pequenos mamíferos e até mesmo peixes que emitem ultrassons da mesma forma que existem diversos fenômenos naturais que são acompanhados da emissão dessas vibrações.

Na verdade, emissões fortes de ultrassons podem "perturbar" certos animais, daí a utilização de aparelhos que emitem tais vibrações em grande intensidade para afastá-los de certos lugares. Existem "espantalhos eletrônicos" que afastam cães de latas de lixo, ou ratos de depósitos de cereais ou mesmo despensas, que nada mais são do que potentes osciladores de ultrassons ligados diretamente a um pequeno alto-falante. Como os humanos não podem ouvir tais vibrações, eles não nos causam qualquer tipo de inconveniente.

Para os leitores que desejarem fazer experiências com ultrassons, temos na **figura 8** o diagrama de um potente emissor, que pode ser usado como espantalho ou ainda em experiências diversas que envolvam este tipo de vibração.

Este circuito produz ultrassons na faixa de 20 a 30 kHz e o transdutor nada mais é do que um *tweeter* do tipo piezoelétrico, que apresenta rendimento bom nesta faixa para a aplicação visada.

Aplicações práticas

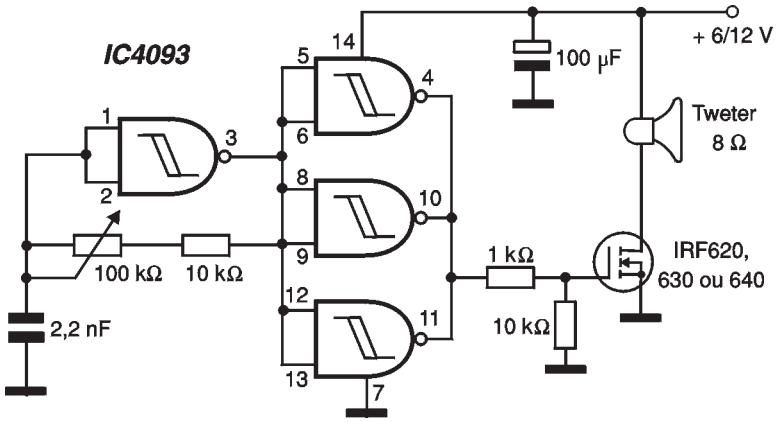
Aparelhos que emitam ou recebam ultrassons não são simples curiosidades. Na indústria, na medicina, ou mesmo no lar encontramos diversos dispositivos que operam com ultrassons.

Na indústria, por exemplo, os ultrassons podem ser usados para detectar falhas de materiais como, por exemplo, peças metálicas sólidas como blocos de motores, vigas ou trilhos ou ainda estruturas especiais.

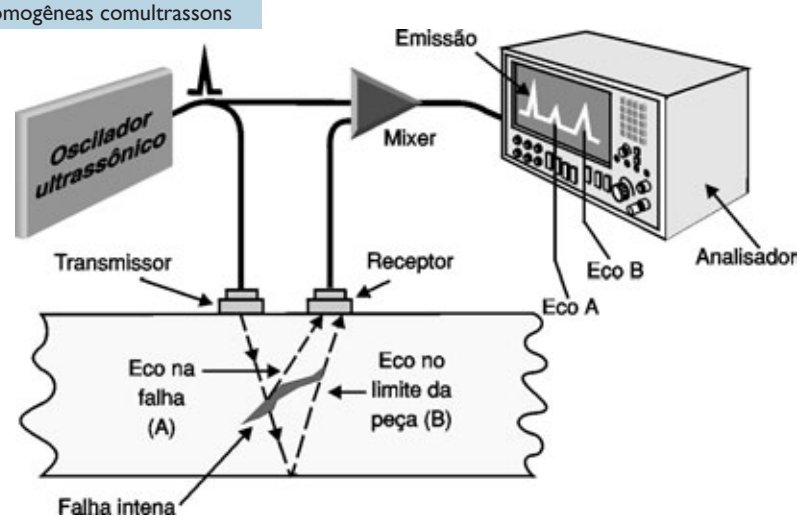
Um transdutor aplica os ultrassons de altíssima frequência no material. Se existirem cavidades internas, falhas ou rachaduras, ocorrerão reflexões que mudam o padrão do sinal captado por outro transdutor podendo o "eco" ser visualizado num osciloscópio ou na tela de um computador que tenha uma placa de aquisição de dados, conforme mostra a **figura 9**.

Outra aplicação interessante é na limpeza de peças. Se colocarmos joias ou as peças delicadas de um mecanismo num recipiente metálico contendo um solvente especial e aplicarmos um ultrassom de alta potência, ocorrerá um fenômeno importante e que pode ser de grande utilidade neste caso.

8 Um emissor experimental de ultrassons



9 Detectando falhasem peças homogêneas comultrassons



As vibrações ultrassônicas fazem aparecer bolhas microscópicas nas cavidades em que se acumula a sujeira, expulsando-a com facilidade.

Este fenômeno, denominado "cavitação", possibilita a realização de limpezas profundas em peças de pequenas dimensões ou muito delicadas. Para isso existem aparelhos especiais que empregam esta tecnologia, como o mostrado na **figura 10**, e que podem ser encontrados em oficinas especializadas.

Na medicina temos equipamentos que são capazes de formar uma imagem de órgãos de nosso corpo, com a diferença de que os ultrassons não causam dano algum aos tecidos, o que não ocorre com os raios X.

Citamos também os estetoscópios ultrassônicos, que nada mais são do que aparelhos que convertem vibrações de frequências mais altas em vibrações de mesmo padrão, mas de frequência mais baixa.

Dessa forma, os batimentos cardíacos do feto, que ocorrem em frequência inaudível para nós, se tornam perfeitamente audíveis com um aparelho desse tipo, veja **figura 11**.

Um conversor desse tipo, de grande sensibilidade, pode servir ao explorador da natureza para ouvir insetos e animais maiores que produzam sinais na faixa que não podemos ouvir normalmente, convertendo-os para uma frequência mais baixa.

10 Limpadores ultrassônicos usadosmpara trabalhar com componentes SMD, peças mecânicas pequenas



Esse mesmo tipo de aparelho também pode ser usado por um técnico para detectar vibrações anormais numa máquina, que não esteja funcionando corretamente.

Podemos também citar sistemas de alarmes que detectam a passagem de pessoas pela interrupção de uma emissão ultrassônica.

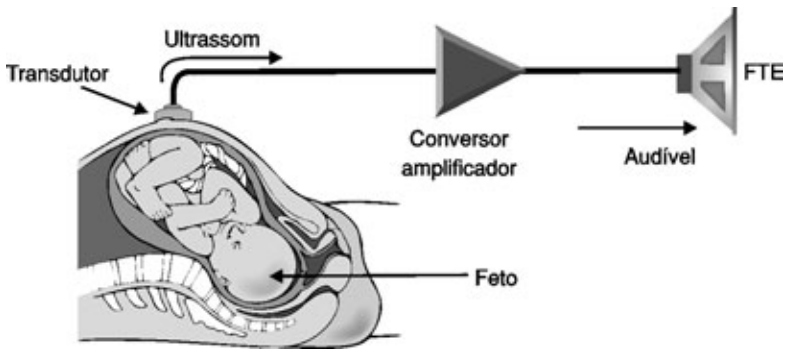
Uma aplicação muito importante, que imita os animais, no caso o morcego, é o Sonar. Operando numa frequência acima de 40 kHz, o sonar emite ultrassons por meio de um transdutor especial. Esses ultrassons se propagam pela água e se refletem tanto no fundo como em objetos e animais (peixes, por exemplo).

O resultado disso é a produção de um ou mais ecos, conforme ilustra a **figura 12**.

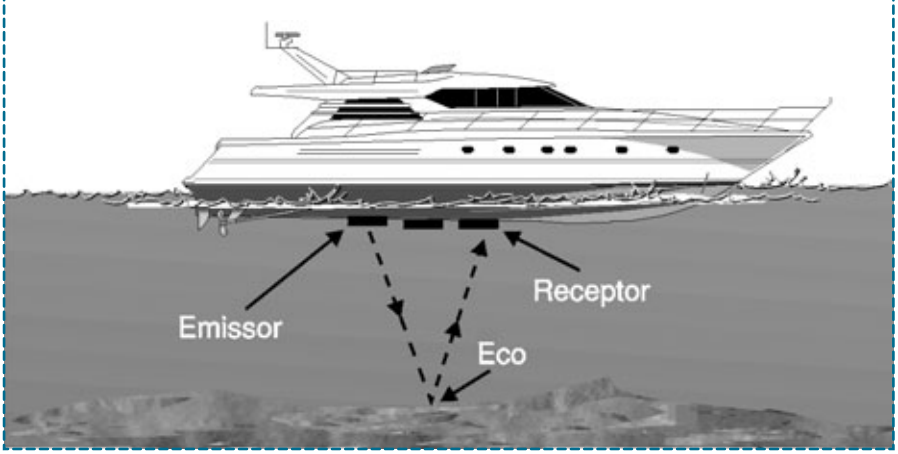
Nos aparelhos mais simples, apenas o éco mais forte que corresponde ao fundo é considerado, e há a indicação da profundidade pelo tempo que o ultrassom demora para ir e voltar.

Nos aparelhos mais sofisticados é formada uma imagem que considera todos os ecos, e assim poderá ser visualizada a presença de um cardume. Os barcos de pesca mais bem equipados possuem tais sonares que são capazes de detectar onde está o cardume que se visa capturar, como é mostrado na **figura 13**.

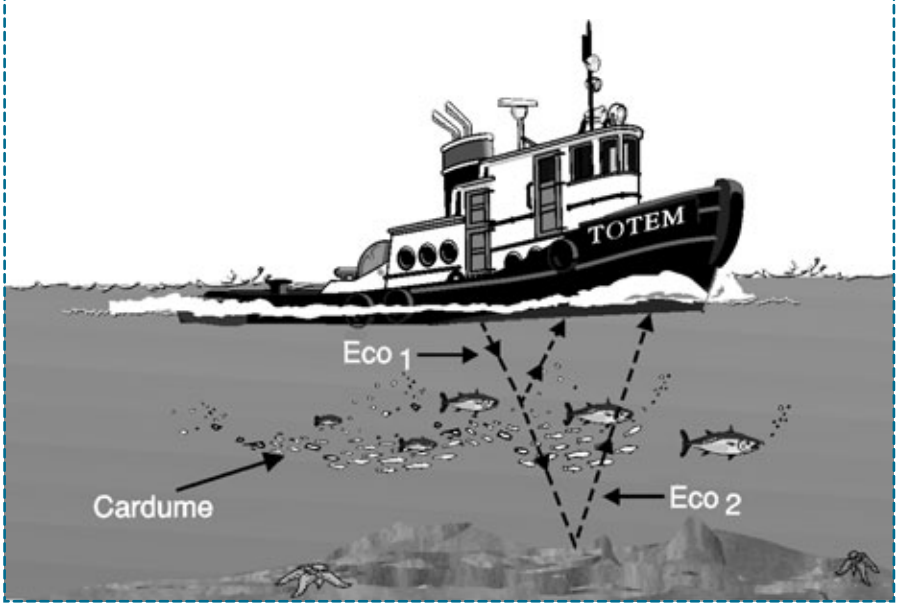
11 Um detector de batimentos fetal



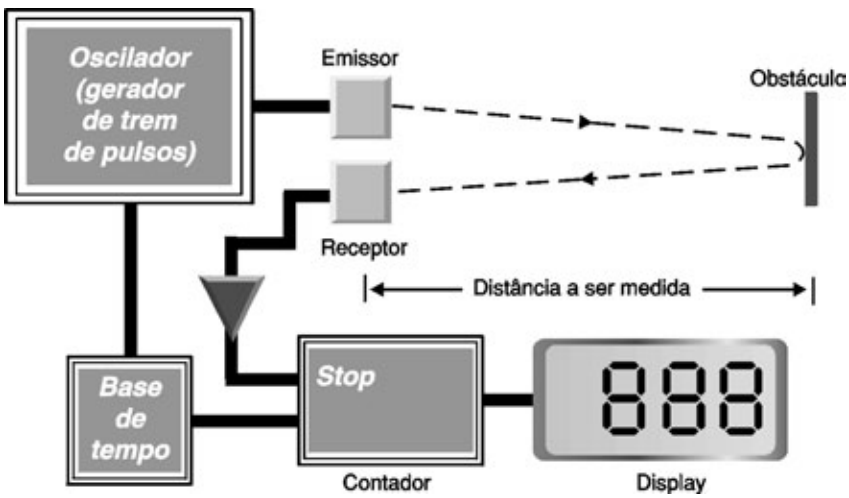
12 Funcionamento do écobatímetro para medir profundidades



13 Detecção de cardumes por ultrassons



14 O circuito se baseia ma contagem do tempo que os pulsos demoram para ir e voltar



Uma aplicação final para os ultrassons é na medida de distâncias, no que se denomina de "trena eletrônica". De acordo com a **figura 14**, o que temos é um emissor ultrassônico que envia pulsos de curta duração em direção a uma perede. Um circuito interno "mede" o tempo que o pulso ultrassônico leva para ir e voltar.

Este tempo é computado e convertido diretamente numa distância, que é apresentada num *display* de cristal líquido.

Conclusão

As aplicações que vimos são apenas algumas das muitas possíveis para os ultrassons.

Em nossas edições anteriores já descrevemos diversos projetos que envolvem este tipo de vibração como, por exemplo, detectores, alarmes, aparelhos para escutar o inaudível, emissores com a finalidade de espantar animais etc.

Loja Virtual
www.sabermarketing.com.br
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.sabermarketing.com.br

Redes Neurais Artificiais

Parte 3

Hamilton Badin Junior
Tecnólogo em Mecatrônica
hamilton.badin@gmail.com

A partir deste ponto do estudo sobre redes neurais artificiais, nos distanciaremos um pouco em relação às motivações biológicas explicadas anteriormente, pois a criação de redes a partir dos modelos de neurônios artificiais fica limitada por uma característica essencial das RNAs: o processo de aprendizagem. Seguir o padrão biológico, criando uma rede muito complexa, apesar de estender as possibilidades de conhecimento desta rede, cria um problema muito sério em relação ao processo de aprendizado, tornando-o lento e não convergente.

Aprendizagem

A aprendizagem é o processo onde a rede neural sofre ajustes interativos em seus pesos sinápticos, de acordo com estímulos externos. Eis a definição de Mendel e McLaren:

"Aprendizagem é um processo pelo qual os parâmetros livres de uma rede neural são adaptados através de um processo de estimulação pelo ambiente no qual a rede está inserida. O tipo de aprendizagem é determinado pela maneira pela qual a modificação dos parâmetros ocorre".

Existem diversas regras de aprendizagem de RNA´s que são chamadas de *algoritmos de aprendizagem.* Cada algoritmo possui uma forma de correção dos pesos sinápticos da rede, e são definidos de acordo com uma série de fatores, como o domínio de aplicação e a arquitetura da rede.

Basicamente existem três etapas no processo de aprendizagem:

1. A rede neural sofre estímulos externos.
2. A rede neural sofre modificações em seus pesos sinápticos.
3. A rede neural atualiza suas respostas ao meio externo com os novos pesos e o ciclo se reinicia, até que um fator de convergência de aprendizado seja alcançado.

Arquitetura

A forma de integração dos neurônios em uma rede está diretamente ligada ao algoritmo de aprendizagem utilizado. Estas arquiteturas podem ser classificadas em três diferentes tipos:

1. Redes alimentadas adiante com camada única:

Este tipo de rede possui seus neurônios organizados em camadas. A primeira camada, chamada de camada de entrada não possui qualquer operação computacional e portanto não é considerada na contabilização de camadas. A informação é adquirida pelos neurônios de entrada e projetada à camada de saída, mas não o inverso. Esta rede é chamada de rede alimentada adiante ou rede acíclica.

2. Redes alimentadas diretamente com múltiplas camadas:

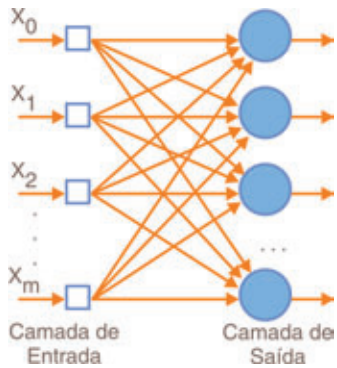
Esta rede difere da primeira classe por possuir camadas ocultas. Nestas camadas, os neurônios ocultos são nós computacionais intermediários entre as camadas de entrada e de saída. Esta característica permite à rede extrair informações estatísticas de ordem elevada, proporcionalmente à quantidade de camadas ocultas.

A camada de entrada fornece um vetor de valores à primeira camada oculta. A saída da primeira camada oculta fornece

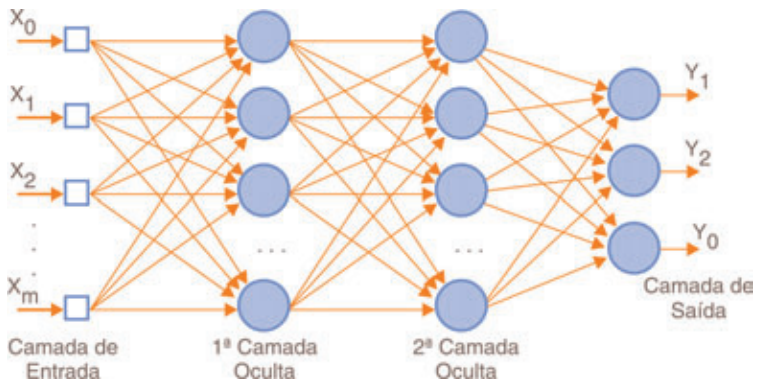
1 Aprendizagem por correção de erro.



2 Rede alimentada adiante com uma única camada de neurônios.



3 Rede de múltiplas camadas totalmente conectada.



um vetor de entrada para a segunda camada oculta e assim por diante.

A **figura 3** mostra uma rede de múltiplas camadas conectada diretamente, *totalmente conectada*, pois os neurônios de uma camada são conectados a todos os neurônios da camada seguinte.

Redes que não possuem neurônios totalmente conectados aos neurônios da camada seguinte são chamadas de *redes parcialmente conectadas.*

3. Redes recorrentes:

As redes recorrentes se diferenciam das anteriores por possuírem pelo menos um laço de realimentação. Podem existir redes recorrentes sem camadas ocultas (**figura 4**) e com camadas ocultas (**figura 5**).

Os laços de realimentação têm impacto direto na capacidade de aprendizagem das redes recorrentes. Os operadores de atraso unitário (representados por z^{-1}) transmitem informações das saídas da rede ou de neurônios ocultos para as entradas da rede, de forma não-linear. Esta característica cria um comportamento dinâmico não-linear. Podemos observar a utilização destes recursos em outros estudos atuais como o de *redes neurais com estado de eco*.

Funcionalidade

Um sistema de inteligência artificial (IA) deve fazer três coisas:

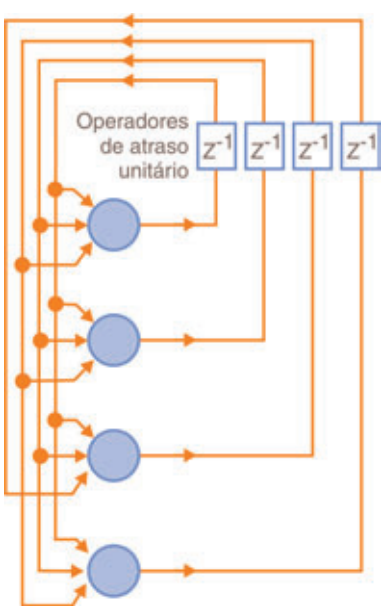
1. Armazenar conhecimento.
2. Aplicar este conhecimento na resolução de problemas.
3. Adquirir novos conhecimentos através da experiência.

As RNAs satisfazem estas condições, armazenando o conhecimento através das alterações em seus parâmetros livres, aplicando o conhecimento na medida que valores são inseridos em suas entradas e adquirindo novos conhecimentos através dos processos de aprendizagem.

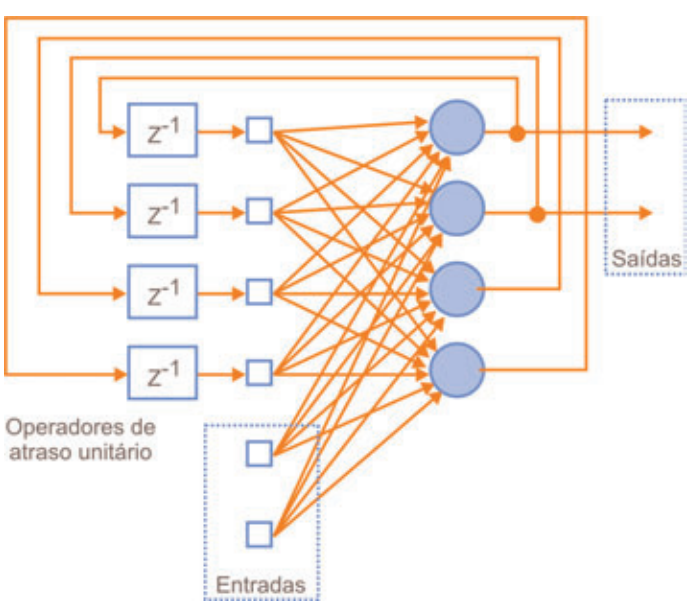
Projeções

As informações sobre RNAs ainda devem evoluir bastante. Apesar da grande quantidade de sistemas inteligentes utilizados atualmente, ainda existem poucos estudos detalhados e específicos sobre, por exemplo, a forma de representação do conhecimento dentro de uma rede. No entanto já existem informações sobre até mesmo a automatização da ciência. Robôs que além de coletar, organizar e analisar dados, criam representações inteligentes com a criação de hipóteses sobre seus estudos **(http://sciencenow.sciencemag.org/cgi/content/full/2009/402/1)**.

4 Rede recorrente sem neurônios ocultos.



5 Rede recorrente com neurônios ocultos.



VENHA FAZER PARTE
DA REVOLUÇÃO DA ELETRÔNICA NO BRASIL!



TENHA ACESSO AO MELHOR
CONTEÚDO DA ÁREA DE ELETRÔNICA
PAGANDO R$ 48,00 / ano
(Apenas R$ 4,00 / mês)

www.sabereletronica.com.br