

ELETRÔNICA ELETRÔNICA

27

para todos



ANTENAS



**CONTROLADORES
PARA MOTORES**



**UM CONTROLADOR
INDUSTRIAL**



O ABS



**FOTO-INCISÃO
ARTESANAL**



**Projeto nº 27:
TEMPORIZADOR
DE ASSOBO**

SALVAT

**JACKSON
LIBRI**



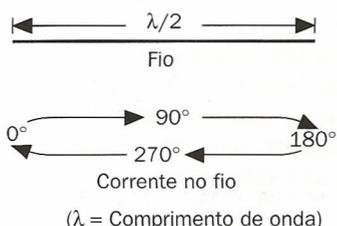
Antenas

A eficácia de uma transmissão ou recepção depende do correto funcionamento destes dispositivos

Uma corrente alternada que circula por um fio não produz somente um campo magnético mas também um **campo eletromagnético**, ou seja, uma onda de rádio.

Se variarmos o comprimento do fio, quando as suas dimensões estão próximas ao comprimento da onda, a energia irradiada, deste modo, aumenta consideravelmente: ela comporta-se como uma **antena**.

Recordemos que o **comprimento de onda** (λ) no ar se obtém dividindo 300 pela frequência em MHz; por exemplo, uma onda de 100 MHz tem um comprimento de $300/100 = 3$ metros.



Ressonância de um fio: a corrente dá uma volta e encontra-se novamente no ponto de partida mesmo a tempo para o seguinte período.

RESSONÂNCIA

A energia irradiada depende da **corrente** que circula pelo fio; com igualdade da potência, esta é máxima se o fio faz parte de um circuito ressonante (ver lição 24).

Também um simples fio pode ressoar: basta que o seu comprimento seja igual à **metade** do comprimento de onda ($\lambda/2$) ou a um múltiplo.

O sinal utilizará, para cruzar o fio, ressaltar e voltar para o ponto de partida, um tempo similar à duração de **um período** da onda elétrica: estará, portanto, em ressonância.

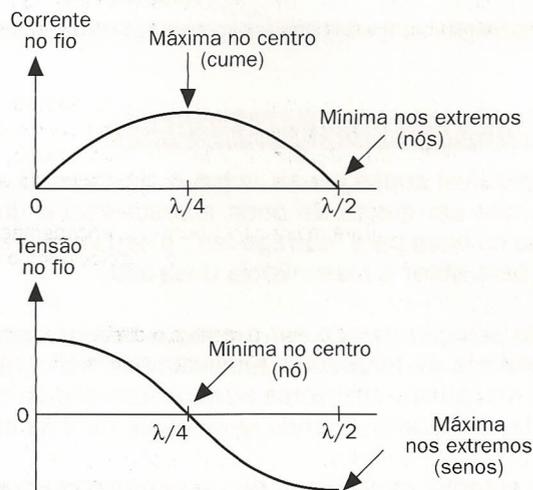
ONDAS ESTACIONÁRIAS

A corrente viaja ao longo do fio (onda direta) e quando chega ao seu extremo, **volta para trás**, produzindo uma onda reflexa.

A soma destas duas ondas em movimento numa antena ressonante ocasiona uma onda aparentemente parada, que se chama **onda estacionária**.

Deste modo, nos extremos de um fio de comprimento $\lambda/2$ a corrente é **zero** (a mesma que vai e que volta, anulando-se mutuamente); a que está no centro é máxima: acontece o contrário com a tensão.

Num fio com um comprimento de meia onda obtém-se uma onda estacionária: a tensão é máxima nos extremos, ao passo que a corrente é máxima no centro.

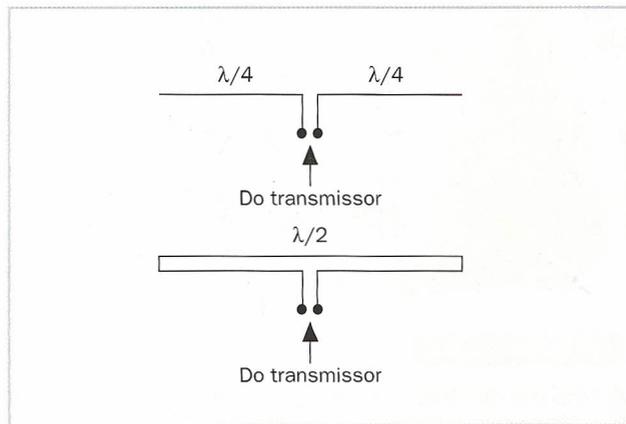




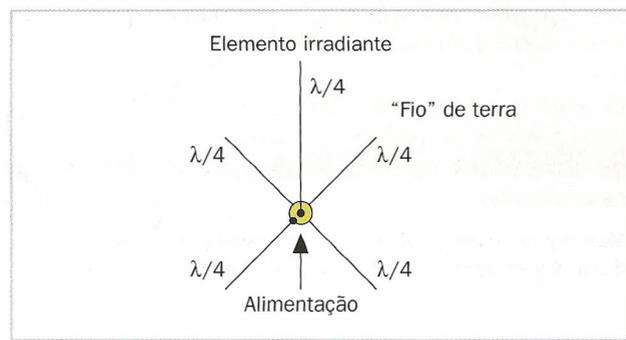
Tipos de antenas

O simples di-pólo nem sempre é a solução mais prática, especialmente no mundo em que vivemos

Uma antena que é formada por um fio ressonante com meia onda ($\lambda/2$) chama-se **di-pólo**; o seu comprimento é levemente superior porque a corrente no fio viaja mais plana do que ao ar livre.



Di-pólo simples e di-pólo dobrado, com a alimentação no centro; na prática, utiliza-se um tubo metálico em vez de fio.



ANTENAS CARREGADAS NA BASE

É possível conseguir-se antenas ainda **mais curtas do** que um quarto de onda acrescentando uma bobina na base para “carregá-las”; o seu valor é calibrado para obter a ressonância desejada.

Esta solução parece ser a adequada para aparelhos **portáteis** de frequência relativamente baixa, tais como receptores-emissores ou rádio-comandos: com 27 MHz, um quarto de onda seria cerca de 2,78 metros.

No entanto, as antenas dos **telefones celulares** de 900 MHz, podem ser ajustadas sem ter de se acres-

O sinal que se transmite (ou, no caso de um receptor, o ponto de onde é tirado) está **no centro** do di-pólo, onde a corrente é máxima.

Sob certas condições, a antena (já perfeitamente ajustada) tem uma impedância claramente **resistente** pois eqüivale a uma resistência que, em vez de dissipar energia, a transmite.

EFEITO DE TERRA

Uma antena **ideal** deve estar isolada no espaço, mas as antenas verdadeiras devem trabalhar próximas do terreno, que é condutor e pode modificar as suas características.

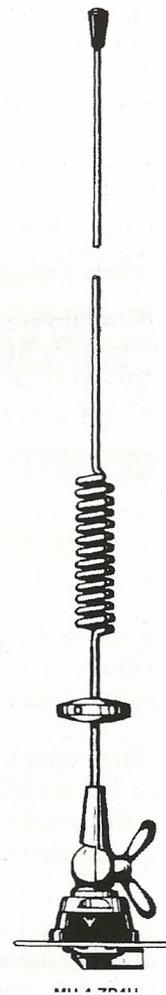
Um exemplo comum é a antena de comprimento **um quarto de onda** ($\lambda/4$): a outra metade é dada a nós através da sua imagem espetacular em terra, por exemplo o teto metálico de um automóvel.

Na ausência de um bom plano de terra, pode-se construir a antena **ground plane** (plano de terra) que utiliza quatro “fios” de um quarto de onda para poder criar a sua própria terra.

Antena em quarto de onda com plano de terra criado artificialmente com quatro fios horizontais (ground plane).

centar nada ($\lambda/4 = 8$ cm aproximadamente), mas é necessário ter bem presente a necessidade de estendê-las de maneira que funcionem corretamente.

Nesta antena para automóvel a bobina de carga é obtida enrolando o mesmo tubo metálico da antena.



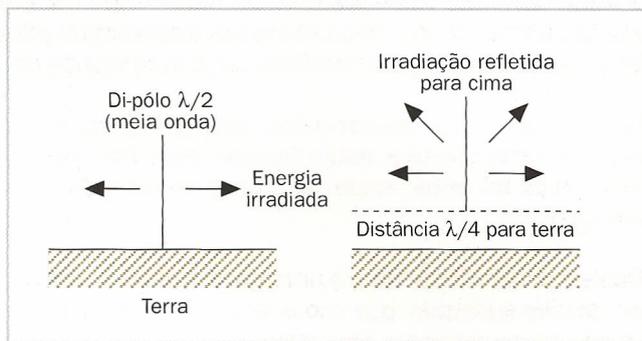
Antenas compostas

As interferências podem ser aproveitadas para conseguir as características desejadas

A irradiação de um **di-pólo perfeito**, situado longe de terra, é totalmente circular; o sinal é máximo no ângulo reto no que respeita ao fio, e vai diminuindo ao longo do eixo até chegar ao zero.

No entanto, na prática, é bastante difícil que se verifiquem estas condições excelentes; a própria **terra** influi muito, com absorções e reflexões, no campo emitido pela antena.

A figura mostra a **mudança** na irradiação de um di-pólo de meia onda, variando a altura com a terra: no segundo caso, uma parte da energia perde-se no ar.



A distância com a terra de um di-pólo vertical influi na distribuição da energia irradiada.

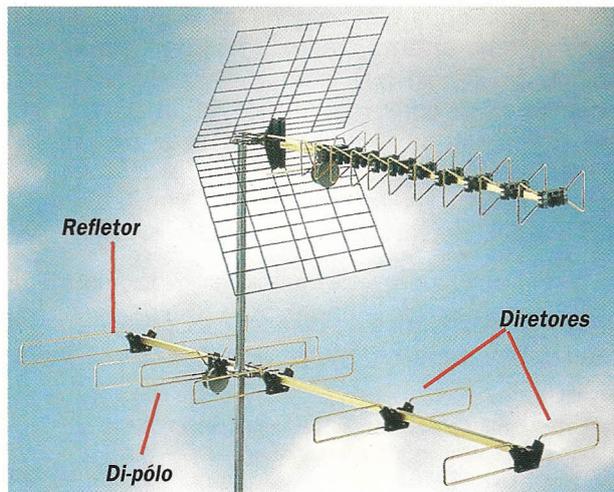
ANTENAS YAGI

Qualquer elemento condutor, mesmo um pedaço de fio, se estiver colocado ao lado de um di-pólo **modifica** as suas características de emissão (ou de recepção).

As antenas Yagi, por exemplo, as antenas receptoras da televisão normal, aproveitam este efeito para aumentar a eficácia da antena, **concentrando** o campo numa única direção.

Estas antenas utilizam pedaços de fio (ou tubo) como elementos **diretores** para modificar a sua capacidade de direção, e outros como refletores para ignorar os sinais procedentes da direção oposta à desejada.

As antenas Yagi para recepção da televisão têm uma elevada sensibilidade na direção em que são apontadas, mas muito baixa nas outras.



CONJUNTOS DE ANTENAS

Para os transmissores, um sistema que melhore a capacidade de direção da onda produzida, ou que concentre a sua energia na zona desejada, consiste na utilização de **muitos** di-pólos.

Pode-se tratar de uma simples disposição **em linha**, de um retículo regular ou mesmo de uma combinação mais complexa.



Para reduzir ao mínimo os **efeitos do terreno** e das construções adjacentes, as antenas transmissoras são situadas normalmente na parte superior de torres especiais.

Quando várias antenas são instaladas na mesma torre, é necessário calcular com precisão todas as interferências possíveis.



Mais sobre as antenas

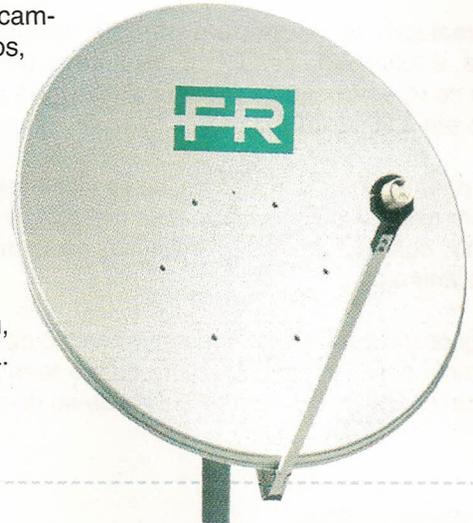
As características das antenas variam conforme a sua frequência e o uso para o qual estão destinadas

Quando aumenta a **frequência**, os efeitos de interferência multiplicam-se: com 2 GHz (2.000 MHz) basta um elemento de poucos milímetros, como um parafuso, para modificar as características da antena.

As **antenas para microondas** são, portanto, construídas com muita precisão, e não estão ligadas com fios normais, mas sim com “guias de onda” especiais, uma espécie de tubos metálicos retangulares.

Para se poder dispor da máxima capacidade de direção, estão dotadas de uma **parábola**, que concentra a energia na antena receptora ou, no caso do transmissor, alinha a energia emitida na direção desejada.

Numa antena para microondas, a parábola concentra sobre a antena os sinais procedentes da direção para onde aponta.

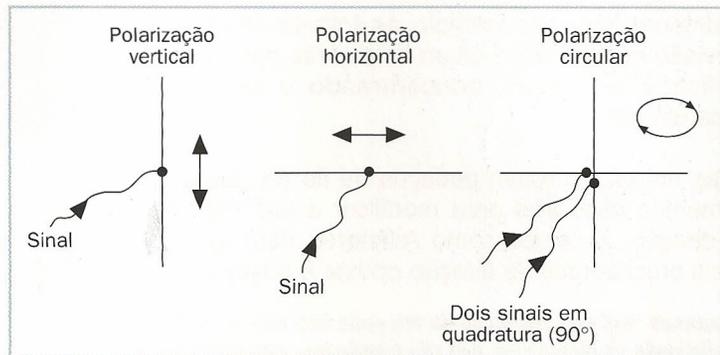


POLARIZAÇÃO

Quando uma onda eletromagnética está polarizada com a mesma **orientação**, seja na horizontal ou na vertical, do di-pólo que a emite (por precisão nos referimos à sua componente elétrica), a antena receptora deve estar polarizada **do mesmo modo**, já que, no outro caso, o sinal captado resulta muito mais fraco (teoricamente nulo), mesmo com um ajustamento perfeito.

Existem outras formas de polarização, como a que é mostrada na figura; a polarização

circular é utilizada, por exemplo, quando a orientação relativa pode variar (por exemplo, alguns satélites).

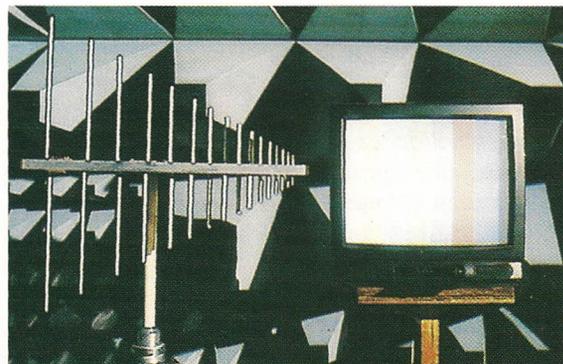


Diferentes tipos de polarização da onda transmitida, conforme a disposição e a alimentação dos di-pólos.

QUALIDADE DA ANTENA

Como acontece com qualquer circuito ressonante, o **fator de qualidade (Q)** mede a capacidade da antena para funcionar com uma frequência muito concreta e com um mínimo de perdas. Num transmissor, uma antena de alto Q terá maior **eficácia** e aquecerá menos, ao passo que num receptor será mais **seletiva** e contribuirá para isolar a frequência desejada.

Algumas antenas são construídas de uma forma que não é seletiva, ou seja, que têm uma **sensibilidade similar** em cada frequência: são aquelas que se utilizam para medir campos eletromagnéticos.



Uma antena log-periódica tem ganho (sensibilidade) constante num campo de frequências bastante amplo.



Controladores para motores

Para controlar a rotação dos dispositivos eletro-mecânicos podem-se utilizar diversas técnicas

Existem muitas aplicações onde um dispositivo **digital** deve controlar um ou vários motores, sejam eles de baixa potência (por exemplo, num leitor de CD) ou de alta potência (por exemplo, para a tração elétrica).

Às vezes trata-se de um simples controle **on/off** (ligado / desligado): ou também porque o motor está em movimento, ou ainda porque está parado; em alguns casos é necessário controlar a velocidade, a posição ou a força (binário).

Portanto, são necessários **controladores** adequados para este uso, que atendam as características particulares do tipo de motor elétrico que está sendo utilizado.



MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

Quando se aplica **tensão** a um motor normal de corrente contínua do tipo de escovas (ver lição 6 de Aplicações), este gira numa direção que depende da polaridade da própria tensão.

No entanto, o motor é **reversível**: se fizermos girar o seu eixo comporta-se como um dínamo e produz uma tensão nos seus extremos (força eletro-motriz induzida).

Este fato sucede cada vez que lhe é retirada tensão: a **inércia mecânica** do dispositivo ligado ao motor faz com que este continue a rodar, pois funciona como gerador até que pára totalmente.



Motores de corrente contínua com inumeráveis aplicações: desde impressoras para o PC até acessórios para automóvel.

UM CONTROLADOR ELEMENTAR

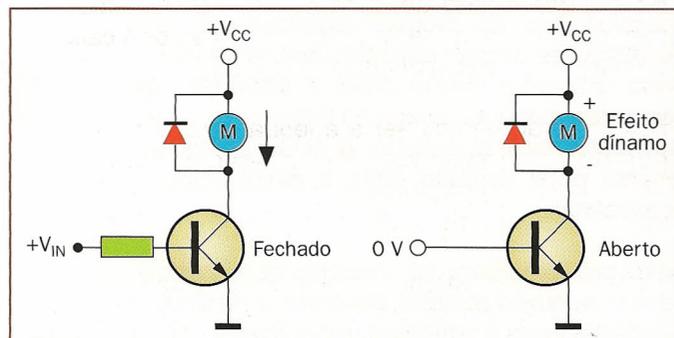
A figura mostra um circuito que controla um motor de corrente contínua com um **sinal digital**, idêntico ao do controle do relé ilustrado na lição 10.

O diodo protege, como é habitual, o transistor das **super-tensões** que se produzem quando se abre (ver lição 10): de fato, os enrolamentos do motor são bobinas.

A polaridade da tensão produzida pelo motor por inércia mecânica é igual, pelo que se pode ver

Quando o transistor deixa de conduzir (off), o motor converte-se num dínamo e produz tensão até que pára.

com um circuito aberto, e continua a rodar **livremente**, até parar devido a fricções internas.





Controlador de ponte

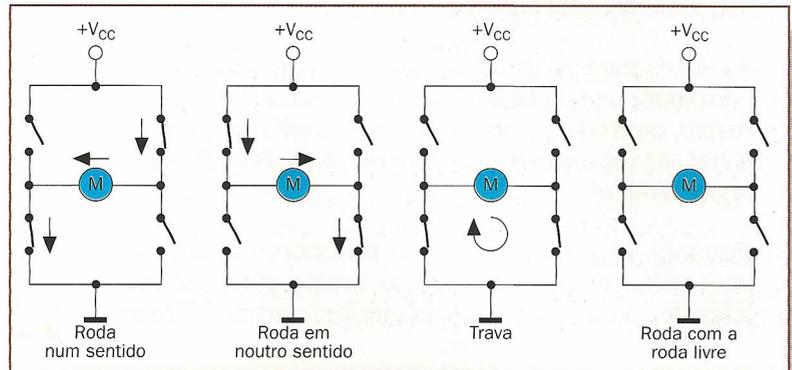
Se utilizarmos quatro transistores no lugar de um obtêm-se um circuito de controle mais versátil

É freqüentemente necessário controlar também o **sen-tido de rotação** de um motor; para que possamos mudá-lo; nos modelos de corrente contínua é suficiente inverter a polaridade da tensão de alimentação.

Quando se usa um circuito **de ponte** (ou "H") com quatro interruptores, como o que é mostrado na figura, é possível aplicar tensão com a polaridade desejada.

Também se pode optar por travar o motor,

Circuito de ponte: fechando os oportunos interruptores permite quatro modos de funcionamento diferentes.



provocando deste modo um curto-circuito, ou mesmo deixá-lo rodar **livremente** (com a roda livre) até se esgotar a energia mecânica.

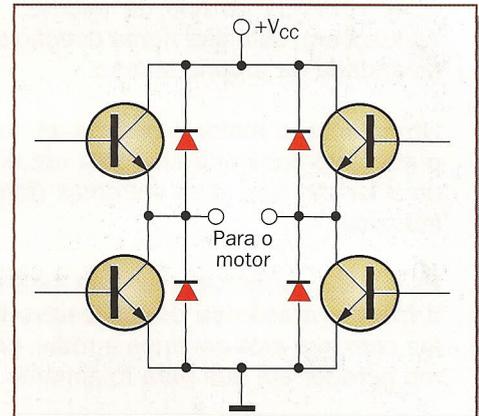
QUATRO TRANSISTORES

Para substituir os **interruptores** utilizam-se vários transistores de união (BJT), ou de efeito de campo (MOSFET), com os diodos de proteção correspondentes, como acontece com o circuito que está na figura.

Os quatro estados válidos, correspondentes às **combinações** de interruptores abertos e fechados que estão ilustradas no quadro superior, podem ser obtidos, por exemplo, com circuitos lógicos combinatórios normais.

No entanto, está **proibido** fechar dois transistores pelo mesmo lado: este fato causaria um curto-circuito entre a massa e a alimentação, com evidentes conseqüências (destruição de um dos dois transistores).

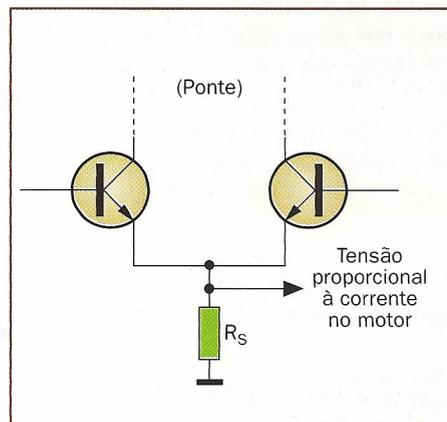
Ponte do BJT para controle de motores, correspondente à ponte dos interruptores; os diodos protegem das super-tensões indutivas.



PROTEÇÕES

Embora não havendo necessidade de fechar os dois transistores que estão no mesmo lado, é sempre possível provocar estragos: existe a possibilidade de produzir **sobrecargas**, por exemplo, se o motor encontra uma carga mecânica excessiva. Neste caso, a **absorção de corrente** aumenta: chega ao máximo se o eixo do motor está bloqueado; o posterior aquecimento pode danificar tanto o motor como o controlador.

Este problema pode ser resolvido de for colocado um pequeno **resistor em série**, e medindo a tensão nos seus extremos (proporcional com a



corrente); além disso, deve-se controlar a temperatura alcançada pelos próprios controladores.

Resistência de proteção: se a tensão nos seus extremos ultrapassa um determinado valor, o circuito de proteção faz parar o motor.

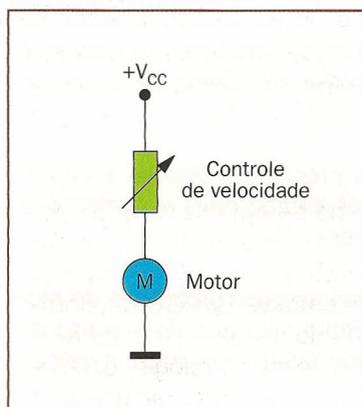
Chopper

Pode-se realizar um controle de velocidade sem ter que recorrer a dispositivos analógicos

Teoricamente, um controle de velocidade para um motor pequeno poderia ser realizado pondo em série, juntamente com ele, um **resistor variável**; no entanto, na prática, esta solução não é recomendável.

Em primeiro lugar tem-se uma elevada **dissipação** de potência no resistor, que também é igual à da potência absorvida pelo motor, com o seu conseqüente aquecimento.

Além do mais, pede-se ao motor um maior **esforço** mecânico que absorve mais corrente mas, por efeito da resistência, também recebe uma alimentação inferior justamente quando mais necessita dela.



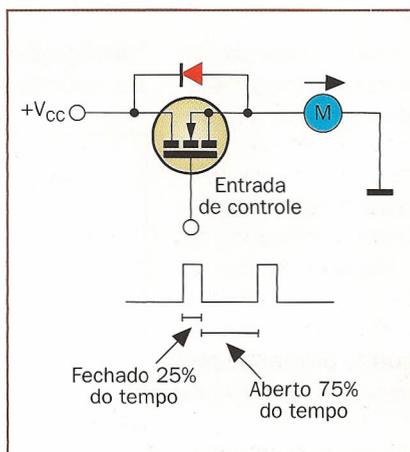
Um resistor em série regula a velocidade, mas também deixa o motor excessivamente sensível às variações da carga mecânica.

ALIMENTAÇÃO COMUTADA

Uma das técnicas mais cômodas é a de **abrir e fechar** um interruptor (por exemplo, um MOSFET) com intervalos regulares para uma frequência relativamente elevada (por exemplo, 20 KHz).

A **porcentagem de tempo** durante o qual o interruptor permanece fechado determina a velocidade do motor: de fato, recebe tensão e, portanto, funciona apenas nessa parte do período.

Como o interruptor está sempre aberto ou



fechado, a dissipação deste circuito de comutação (**chopper**) é teoricamente zero; além disso, o motor tem toda a corrente de que necessita.

Um chopper proporciona alimentação total ao motor, mas apenas durante uma parte do tempo de cada período.

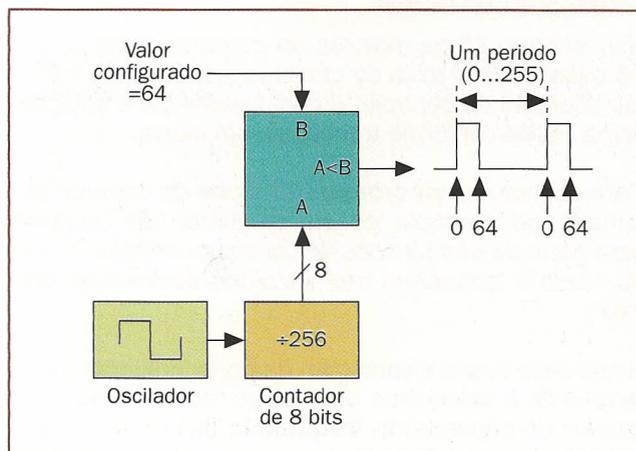
EXEMPLO DE CHOPPER

A figura mostra uma possível técnica para realizar um chopper do tipo já descrito, ou seja, de modulação da largura do impulso (**PWM: PulseWidth Modulation**).

Um **contador** controlado por um oscilador faz girar a roda livre, produzindo contagens crescentes (por exemplo, de 0 a 255) e começando de novo depois a partir de zero.

Um **comparador digital** é ativado se a conta for inferior ao valor configurado: quanto maior for este valor, mais longo será o tempo do fechamento do interruptor durante cada um dos períodos.

Chopper digital: a largura do impulso, e portanto a velocidade do motor, depende do número binário à entrada.





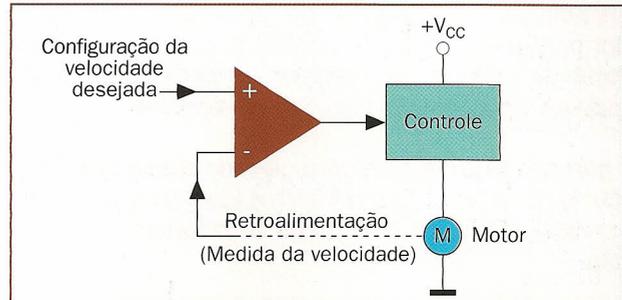
Controle de realimentação

Normalmente não é suficiente configurar uma velocidade; também é necessário verificá-la, e possivelmente corrigi-la

A **velocidade de rotação** de um motor depende de vários fatores, por exemplo, da temperatura ambiente e, principalmente, da carga mecânica aplicada ao mesmo.

Quando uma velocidade precisa ou estável é importante, é possível **ler** a velocidade ativa e compará-la com a que se deseja obter.

Deste modo, será possível **corrigir** o controle do motor, modificando por exemplo a largura do impulso do chopper de controle, para assim conseguir a velocidade requerida.



O controle preciso do motor requer uma realimentação que informe da velocidade mecânica mais eficaz.

MEDIÇÃO DA VELOCIDADE

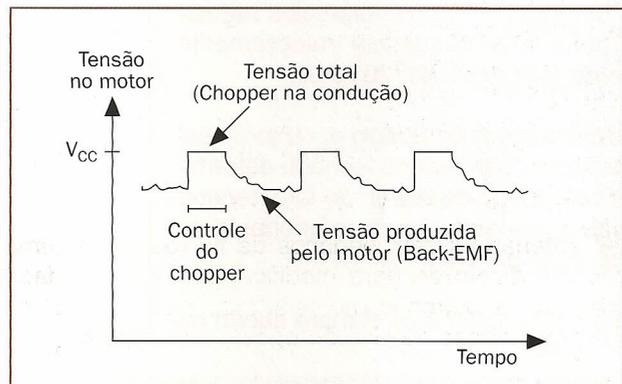
Existem muitos sistemas para **ler** a velocidade de um motor, utilizando, por exemplo, um dínamo taquimétrico, ou também um simples sensor magnético montado sobre o eixo de rotação.

O próprio motor também proporciona **informação**: por exemplo, a sua absorção da corrente depende da carga e permite, portanto, uma primeira forma de correção.

Também se costuma fazer funcionar o próprio motor como **gerador**, aproveitando por exemplo o tempo de

Quando o interruptor do chopper está desligado, a tensão criada pelo motor depende da sua velocidade.

“desligação” do chopper: a tensão produzida depende da velocidade de rotação.

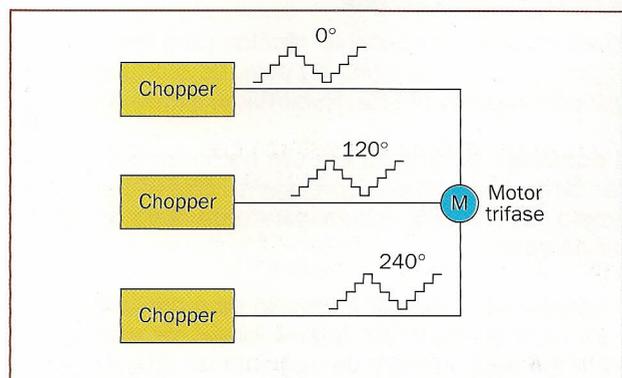


OUTROS MOTORES

Não existem só os motores de corrente contínua de escovas: cada técnica de construção requer um sistema diferente de controle, e com frequência a solução ótima **muda** conforme a potência em causa.

Para os motores **síncronos trifásicos** de corrente alternada, por exemplo, podem se utilizar três chopper para gerar as três tensões de controle, controlando-os de modo a simularem três senóides desfasadas em 120°.

Neste caso existe a vantagem de poder controlar mais facilmente a velocidade de rotação (pelo menos sem carga): só depende da **frequência** das senóides de controle.



Chopper trifásico para motores de corrente alternada; as senóides não são analógicas, senão que foram produzidas variando a largura de impulso.



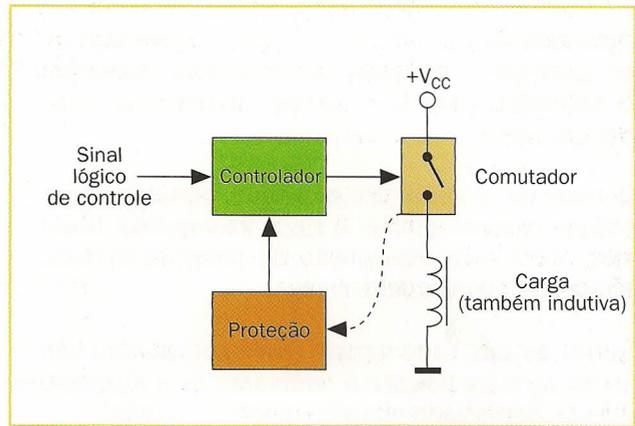
Um controlador industrial

No mundo que nos rodeia, para comutar uma carga é melhor utilizar circuitos integrados especializados

O integrado L6376 (SGS-Thompson) contém quatro controladores, que são equivalentes em função aos simples interruptores de transistor, mas muito mais **fortes**. De fato, no ambiente industrial as saídas estão submetidas a fortes **estímulos** elétricos: devem estar o mais “blindadas” possível para conseguirem resistir sem sofrer nenhum dano.

Os controladores estão estudados para funcionar com **+24 V**, tensão standard no mercado, com uma corrente máxima de 0,5 A (existem versões para correntes mais elevadas).

Esquema do princípio: cada interruptor liga a saída com V_{CC} , evitando assim ter que fazer circular a alimentação.



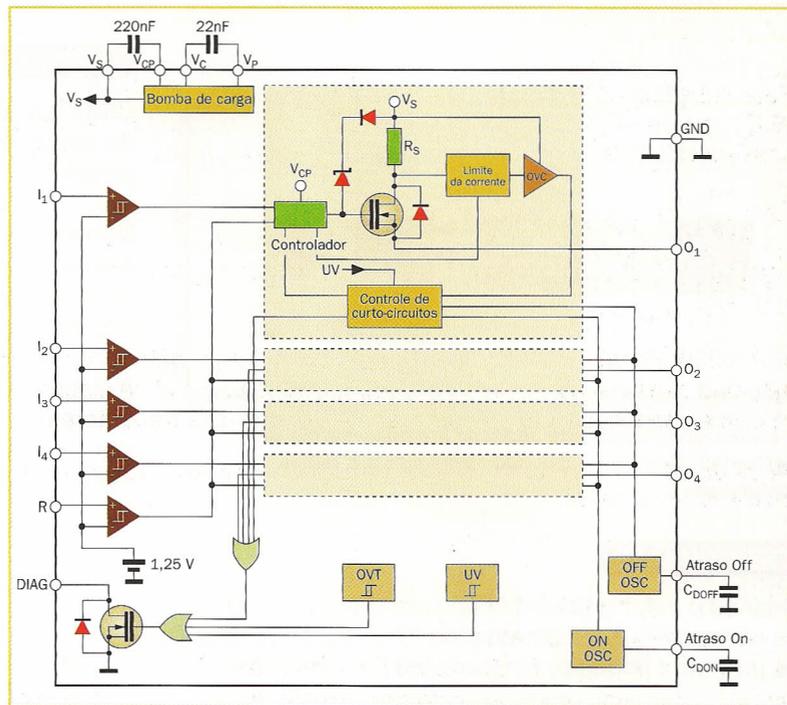
MOSFET PROTEGIDOS

A figura mostra o esquema funcional do integrado: as entradas são do tipo **trigger** Schmitt (ver lição 17 de Digital) para uma melhor imunidade às interferências.

O **autêntico** interruptor é um transistor normal MOSFET, com um diodo de proteção auxiliar contra os excessos de tensão (por exemplo, devidos a carga indutiva).

Entre a fonte e a alimentação positiva V_S está o resistor R_S , que colhe a **corrente** absorvida pela carga, de modo que possam ser ativados (em caso necessário) os circuitos de proteção.

Esquema funcional do Integrado L6376; na parte superior central pode-se ver um dos MOSFET que agem como interruptores.



EXCESSO DE TEMPERATURA E FALTA DE TENSÃO

Quando a temperatura da junção ultrapassa o valor de segurança, ou é a tensão da alimentação que desce abaixo do mínimo aceitável ou as saídas ficam **desativadas**.

Se a temperatura e a tensão voltarem a estar dentro dos seus limites, o funcionamento é **recuperado**; no

entanto, há uma histerese para evitar o risco de intermitência rápida das saídas.

Por exemplo, quando está desativada e a temperatura alcança os 150 °C aproximadamente, deve depois **descer** para 120 °C para ser reativada: há, portanto, 30 °C de histerese.



Curto-circuitos e indicações

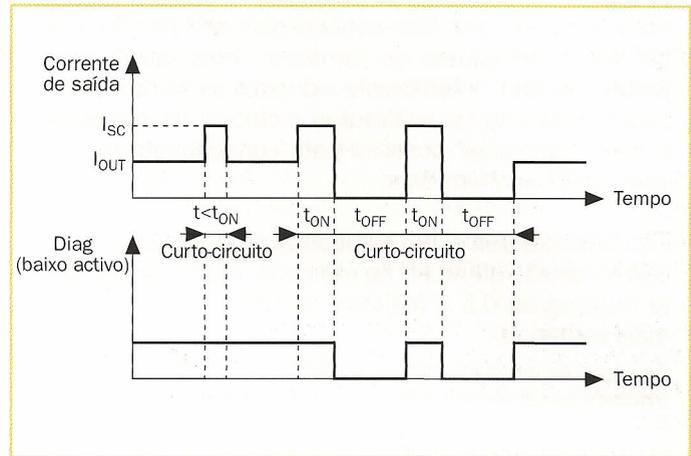
Os controladores são capazes de avisar o circuito que os controla sobre a possibilidade de algumas situações irregulares

A proteção do curto-circuito é dupla: em primeiro lugar, a corrente é **limitada**, aumentando a resistência do MOSFET: este fato permite proporcionar uma possível corrente de arranque inicial.

No caso de a absorção excessiva **persistir** é necessário desligar apenas a saída interessada: deste modo, evita-se a intervenção da proteção térmica, que desativaria as quatro saídas.

Depois de um certo tempo (configurável com um capacitor), o controlador é **reativado**: se a absorção ainda for demasiado elevada, repete-se o ciclo.

Proteção contra as sobrecargas: a corrente está limitada a I_{sc} ; se o problema persistir, após o t_{ON} a saída é desligada.

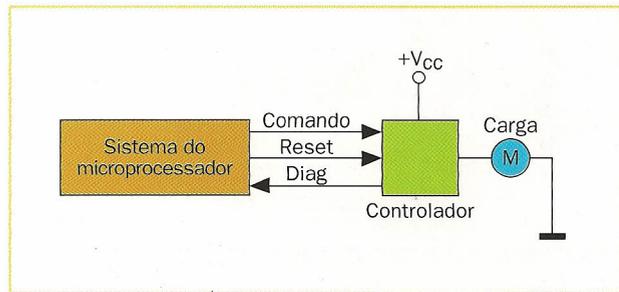


INFORMAÇÃO PARA O CIRCUITO

Cada intervenção de proteção **está indicada** na saída de diagnóstico DIAG, de forma que o resto do circuito possa tomar as necessárias medidas preventivas.

Normalmente trata-se de um microprocessador, que executa uma seqüência de instruções (programa) e pode tomar **decisões**, por exemplo, intervir depois de três indicações.

A entrada do **reset**, útil no caso de surgir alguma irregularidade durante a ligação, permite desativar imediatamente todas as saídas, independentemente do estado das entradas.



O controlador indica cada situação irregular, exceto as limitações da corrente que não ultrapassem o tempo configurado.

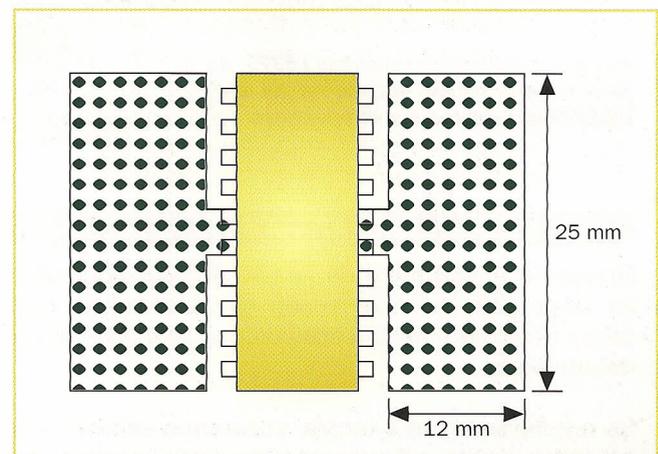
ESFRIAMENTO

Quando o **calor** produzido não pode ser eliminado, atinge em seguida a temperatura de intervenção do circuito de proteção; portanto, é necessário um dissipador.

A caixa "POWERDIP" com duas filas de contatos dispõe de quatro contatos centrais da **massa** que têm, além disso, o encargo de transportar o calor para uma zona especial do circuito impresso.

Ainda mais eficaz é a caixa "PowerSO20", que serve para uma montagem superficial, na qual a parte inferior completa oferece uma baixa **resistência térmica**.

A disposição dos contatos da caixa POWERDIP foi concebida para utilizar um pequeno dissipador realizado com o cobre do circuito impresso.



Um controlador de pontes

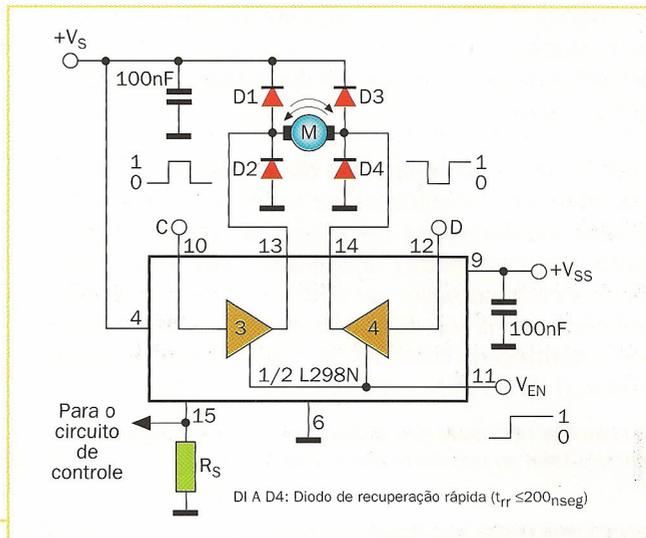
Vamos examinar as características principais de um integrado especialmente adequado para o controle dos pequenos motores de corrente contínua

O integrado **L298** (SGS-Thompson) contém dois controles de pontes, totalmente independentes um do outro, cada um deles constituído por quatro transistores BJT com o circuito relativo de controle.

Este integrado é utilizado habitualmente no **controle** dos pequenos motores de corrente contínua, como no exemplo que é mostrado na figura (que utiliza apenas uma das duas pontes).

Como os BJT são relativamente frágeis, os quatro **diodos de proteção** (D1...D4) devem ser rápidos e com baixa tensão de queda; geralmente utilizam-se diodos Schottky.

Controle de um motor de corrente contínua com meio L298; cada triângulo simboliza um par de transistores.



CONTROLO LÓGICO

Cada uma das **entradas digitais** controla um lado da ponte, pelo que permite decidir se ativa o transistor de cima ou o de baixo.

A lógica interna **afirma** que os dois transistores do mesmo lado não podem conduzir simultaneamente, eliminando deste modo possíveis curto-circuitos.

A entrada do **enable** V_{en} permite desativar (abrir) os quatro transistores, de forma que o motor fica livre de

girar por inércia: as diversas possibilidades estão expostas na tabela.

V_{EN}	C	D	Efeito
H	H	L	Roda para a direita
H	L	H	Roda para a esquerda
H	H	H	Trava
H	L	L	
L	X	X	Funciona com a roda livre

Algumas possíveis combinações do controle lógico da ponte, com o efeito correspondente sobre o movimento do motor.

LIMITAÇÃO DA CORRENTE

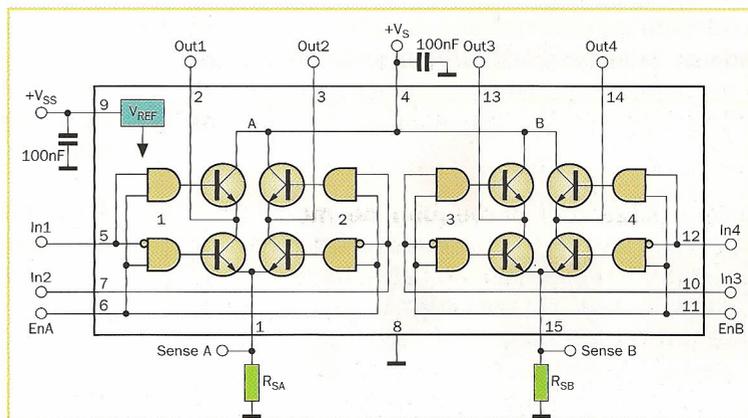
O integrado tem uma proteção interna contra o **aquecimento**, mas não tem nenhum controle sobre a corrente de saída.

Este controle pode ser acrescentado se utilizarmos uma **resistência** adicional no lado da massa da ponte (R_{SA} e R_{SB} no esquema), nos extremos da qual haverá uma tensão proporcional à da corrente que passa.

A corrente no motor pode ser regulada do modo **chopper**, por exemplo ligando o enable: a

tensão no resistor em série pode ser utilizada como realimentação para conseguir um melhor controle.

Esquema interno do integrado L298; os transistores bipolares (BJT) não são os melhores, mas no entanto são aceitáveis para muitas aplicações.





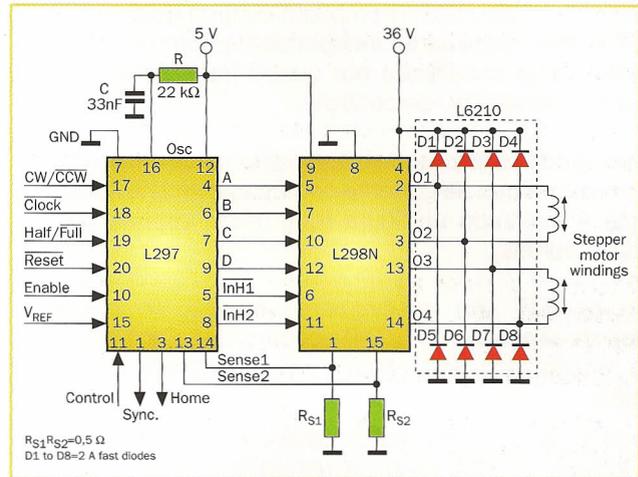
Um controlador para passo a passo

Um integrado especializado inclui a lógica de controle e a regulação da corrente aos enrolamentos

O integrado **L297** permite, quando unido com os dois controladores de ponte de um L298, controlar um motor normal passo a passo de duas fases (ver lição 6 de Aplicações).

A figura mostra um **esquema de aplicação** típico: para a esquerda as entradas de controle, para a direita os dois enrolamentos (windings) do motor passo a passo (stepper motor). A entrada **CW/CCW** (clockwise/counterclockwise: sentido dos ponteiros do relógio/sentido contrário aos ponteiros do relógio) estabelece o **sentido de rotação**: por cada impulso (descida e subida) do relógio, o motor avança um passo.

Esquema de aplicação que utiliza o par L297/L298 para o controle total de um motor passo a passo.

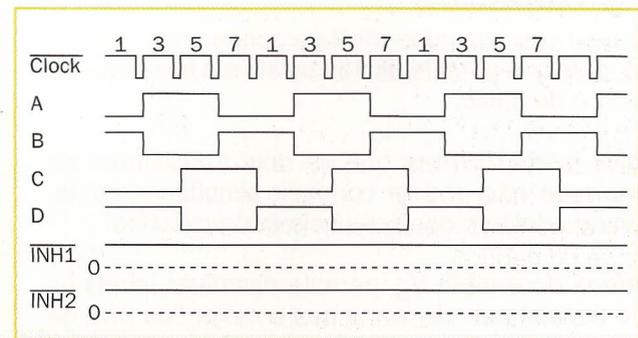


MODOS DE FUNCIONAMENTO

Existem diferentes sistemas para fazer **rodar** um motor passo a passo; um dos mais utilizados consiste em ter sempre os dois enrolamentos sob tensão, invertendo a sua polaridade.

O diagrama mostra como o integrado muda as **saídas** respondendo assim a cada impulso do relógio, no modo normal de avanço: A-B e C-D controlam respectivamente os dois enrolamentos.

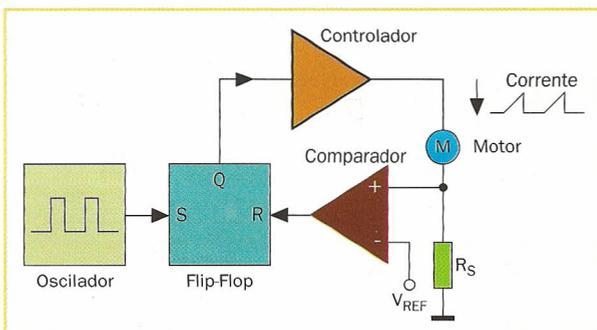
A entrada **HALF/FULL**, no entanto, permite apenas avançar **meio passo** de cada vez (aproveitamos para dizer que uma volta física do motor consiste habitualmente em muitos passos, por exemplo 200).



Progresso do motor no modo normal de passos inteiros; para a rotação no sentido o posto, ler da direita para a esquerda.

LIMITAÇÃO COM CHOPPER

A corrente máxima nos enrolamentos pode **ser limitada** ao valor desejado, proporcionando uma tensão



contínua na entrada de referência V_{ref} . O **sistema de comutação** (chopper) utiliza um oscilador e um flip-flop para cada saída, como se pode ver na figura: o oscilador ativa periodicamente a entrada do set que, por sua vez, ativa a saída.

A **corrente** (como passa com todas as bobinas) sobe linearmente, da mesma forma que com a tensão no R_S ; quando atinge o valor configurado, o comparador reinicia o flip-flop e desliga a saída.

Mecanismo de controle do chopper: a corrente que vai para o motor consiste numa série de impulsos em forma de uma rampa.



O ABS

O sistema anti-bloqueio das rodas representa um importante contributo para a segurança na condução

A função do ABS é simplesmente impedir que, durante a travagem, uma ou várias rodas se bloqueiem totalmente, começando a **derrapar** sobre o pavimento (e prolongando a distância entre o ponto da derrapagem e o ponto da parada prevista).

Este sistema procura melhorar as travagens sobre terrenos de pouca aderência (por exemplo, piso molhado) e, sobretudo, **virar o volante** durante uma travagem mais forte, sem que, por esse fato, perca o controle do veículo.

Para se obter este resultado, a **central** deve poder ler a situação das rodas e intervir com velocidade e precisão nos circuitos hidráulicos dos travões.

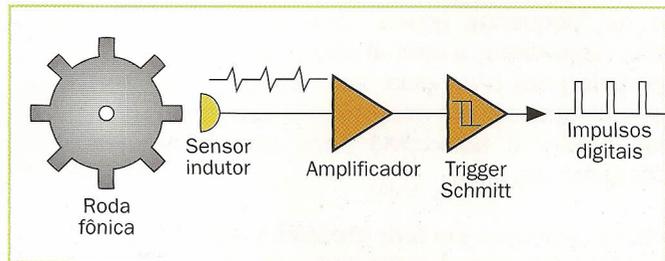


MEDIÇÃO DA VELOCIDADE

O número de **sensores** varia conforme os modelos; no mínimo, existe um para cada roda dianteira, e geralmente também para as de trás.

O exemplo do sensor é a **roda fônica**, mostrada na figura: uma roda dentada que induz variações de tensão num sensor eletromagnético.

Quando lemos a **freqüência** destes impulsos (ou o período da distância entre um impulso e o seguinte), a central pode conhecer com precisão a velocidade da roda em cada momento.

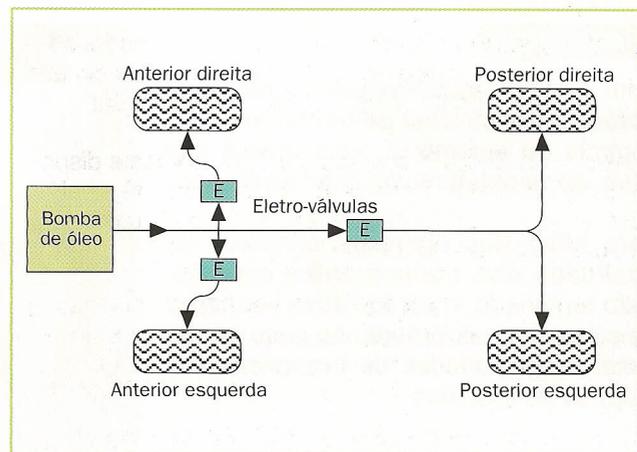


Os dentes da roda fônica, quando varia um campo magnético, produzem variações de tensão nos extremos de uma bobina.

ATUADORES

Os travões normais podem ser controlados por meio do **óleo com pressão**, que é empurrado pelo pedal pisado pelo condutor (normalmente através de um amplificador hidráulico chamado "servo-freio"). Para se poder modificar a pressão aplicada aos travões, o ABS emprega **eletro-válvulas**, que são dispositivos controlados por uma bobina e capazes de bloquear ou deixar passar o óleo.

Cada atuador controla um condutor de óleo, ou seja, um **canal**: geralmente utilizam-se três canais (como os que estão na figura), ou mesmo quatro, um para cada roda.



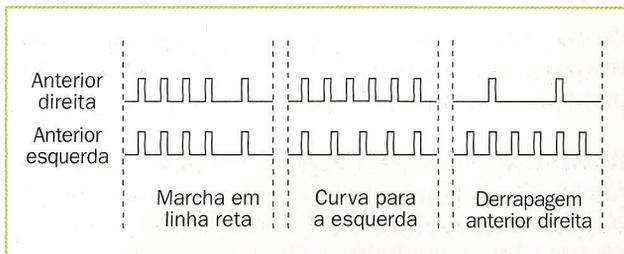
Atuadores para o ABS de três canais: duas eletro-válvulas controlam os travões anteriores e apenas uma os de trás.



A lógica do ABS

Para um sistema do qual depende a vida dos passageiros é fundamental exigir uma confiabilidade extremamente elevada

A central mede a **diferença** entre as freqüências recebidas pelos sensores: cada curva da estrada representa muitas freqüências e, além disso, se uma roda gira mais plana do que as outras, significa que tem mais tendência para ficar bloqueada. Deste modo, a central controla o atuador correspondente, no sentido de **diminuir** a pressão do óleo dos freios para que se reduza também a travacção.

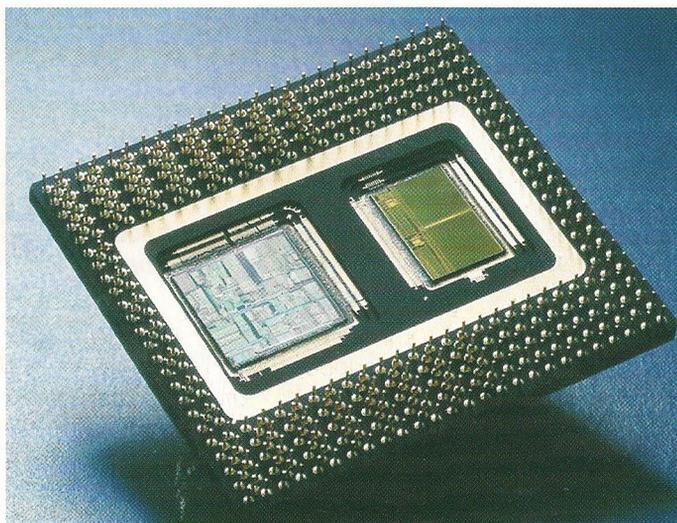


O tipo de atuador tem **três posições**: normal (deixa passar), manutenção (conserva a pressão no travão) e vazamento (tira pressão ao travão).

Formas de onda que a central recebe através dos sensores durante as diferentes condições de andamento normal ou irregular (derrapagem).

COMPLICAÇÕES

Quando não se pode efetuar uma verdadeira regulação analógica, a central **intervém** continuamente para variar a pressão no circuito hidráulico: são os “pequenos golpes” que se sentem no pedal. Além disso, a central não pode intervir **em separado** para cada roda: se a diferença da travacção ultrapassar um determinado valor sem um aviso prévio, o automóvel pode desviar-se ou rodar como um pião.



Portanto, é necessário **tirar pressão** também à roda gêmea (ou seja, à outra roda dianteira), colocando-a de novo e depois gradualmente para dar tempo ao condutor para corrigi-la com o volante.

Uma lógica complexa como a do ABS requer necessariamente um microprocessador que execute o programa.

FIABILIDADE

Com uma travacção irregular ou **desequilibrada** pode-se fazer perder facilmente o controle do automóvel, mas o ABS não deve, de nenhum modo, ficar danificado.

Para além dos rigorosos controles de **qualidade dos componentes** e do circuito terminado, a central deve ser capaz de se excluir, ela própria, no caso de detectar irregularidades de funcionamento, próprias ou externas.

Por exemplo, se o sinal procedente de



um sensor for fraco ou intermitente, é preferível **desativar** o sistema inteiro (indicando-o com a luz correspondente) em vez de correr riscos.

Componentes, central terminada e atuadores do ABS estão submetidos a rigorosos controles por cada fase da elaboração.



Foto-incisão artesanal

Podemos realizar pessoalmente circuitos próprios, com resultados quase profissionais

Para realizar um circuito impresso com **procedimento fotoquímico** é necessário o master numa folha transparente (ver lição 25) e uma placa recoberta por uma camada fosforescente.

Esta placa pode ser realizada utilizando o **spray** adequado ("photoresit") sobre uma placa normal de cobre, ou simplesmente -e com menos riscos para a saúde- comprá-la já feita.

Em qualquer caso, é necessário ter cuidado com a **data de caducidade**, pois de outro modo o resultado

poderia estar comprometido desde o princípio; a folha preta de proteção das placas foto-sensíveis deve ser retirada apenas no último momento.



Placas de cobre foto-sensíveis para a realização de circuitos impressos através de procedimento foto-químico.

EXPOSIÇÃO

Neste ponto do trabalho, é necessário sobrepor o master à placa, alinhando-o corretamente e **iluminá-lo** durante um certo tempo, de modo que a luz incida sobre as zonas desprotegidas do desenho a preto.

Para a exposição à luz convém utilizar uma **insoladora**, uma espécie de caixa com várias lâmpadas e um vidro esmerilado, que assegura uma luminosidade uniforme e a dose precisa de raios ultravioletas (UV).

O **tempo de exposição** depende da luz e do material foto-sensível, e normalmente costuma ser de uns dez minutos. Atenção: nunca olhar diretamente para a luz ultravioleta.



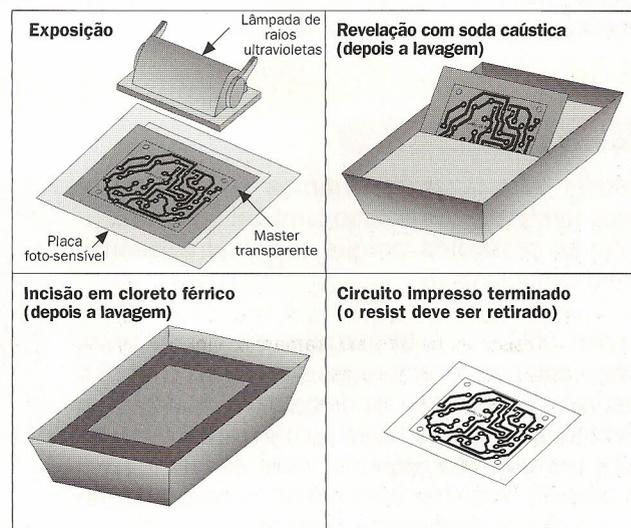
Uma insoladora é ideal para a exposição, mas só deve ser aberta depois de estar apagado: as suas lâmpadas são nocivas para os olhos.

REVELAÇÃO E LAVAGEM

Depois de terminada a exposição, a placa submerge-se numa **solução de revelação** especial, agitando-a suavemente até o cobre se tornar visível nas partes expostas (as que não são pretas no master). Geralmente a solução é **tóxica e/ou corrosiva** (por exemplo, soda cáustica), pelo que é necessário utilizar luvas e óculos protetores, bandejas e pinças de plástico de fotografia e encontrar-se num ambiente bem arejado.

No final da revelação, deve **enxaguá-lo** com água e deixar secar: os trilhos estão protegidos por uma camada resistente e o circuito está pronto para a incisão.

Fases principais de foto-exposição de um circuito impresso, empregando uma placa foto-sensível.





Incisão e perfuração

O autêntico circuito impresso aparecerá finalmente durante a segunda parte do nosso trabalho

Se submergimos o circuito na **solução da incisão** (normalmente, cloreto férrico) e agitarmos suavemente, o cobre exposto vai sendo eliminado gradualmente, deixando apenas as partes desejadas.

Quando o **tempo de incisão** é insuficiente, deixa finos traçados de cobre entre os trilhos mais próximos, ao passo que um tempo excessivo pode afetar as áreas protegidas; geralmente bastam cerca de 20 minutos.

Depois do enxaguado e secagem, deve-se **repetir** a exposição na insoladora (mas sem o master) e a seguinte revelação para retirar a camada que cobre os trilhos.



Grânulos de cloreto férrico: a solução de incisão pode ser reutilizada várias vezes, aumentando o tempo da incisão.

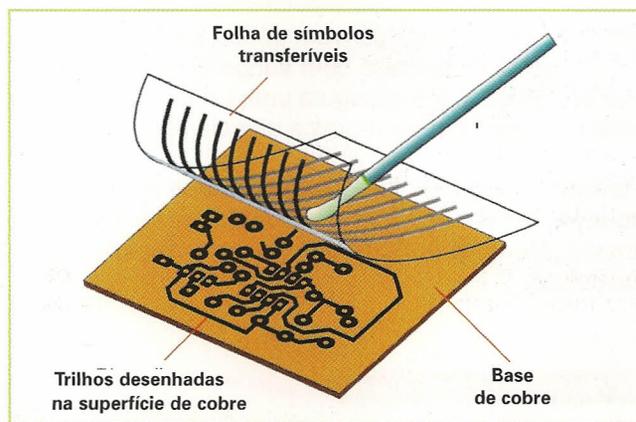
ALTERNATIVA ARTESANAL

Podem ser evitados tanto o master como o processo de exposição e revelação, desenhando **diretamente** no cobre com transferíveis ou com lápis especiais, resistentes à solução de incisão.

Convém primeiro **marcar os orifícios** com o martelo e o punção: depois pode-se sobrepor o desenho do esboço em cima da placa (ver lição 21) realizado sobre papel quadriculado.

Naturalmente, perde-se a possibilidade de obter cópias idênticas com facilidade e o resultado é bastan-

te menos profissional, mas para as **peças sensíveis** pode ser que valha a pena.

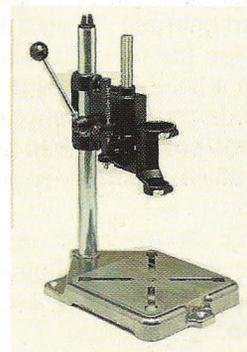


Desenho direto de um circuito impresso em cobre; no final do trabalho passa-se diretamente para a incisão.

BERBEQUIM E BROCAS

Somente falta fazer os **orifícios** no centro dos pontos terminais; neste caso também convém utilizar óculos protetores, porque as brocas pequenas partem-se facilmente.

Convém utilizar um **berbequim de modelismo**, tendo o cuidado de empregar a broca do diâmetro adequado: se o orifício for demasiado grande para o contato, a soldadura ficará com pior acabamento. Existe um **suporte especial** para os berbequins que permite trabalhar com maior comodidade, fazer os furos perfeitamente verticais e também reduzir o risco de rotura das brocas.



Berbequim de modelismo de baixa tensão com suporte, ideal para perfurar os circuitos impressos.



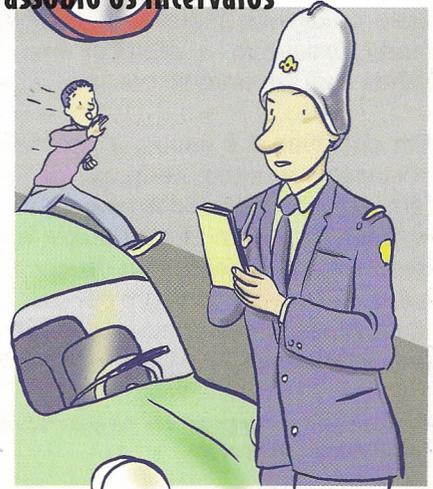
Temporizador de assobio

Uma cômoda recordação de bolso que detecta com um assobio os intervalos de tempo entre 10 e 90 minutos

Foi idealizado para evitar **multas** quando se quer arrumar o automóvel numa zona proibida e não se tem o hábito de olhar para o relógio; este circuito reúne a utilidade prática e o valor didático.

Antigamente, para **medir** longos períodos de tempo, usavam-se relógios de sol, relógios de queda de água ou areia (clepsídras) ou simplesmente o consumo de uma vela acesa.

Os mecanismos de balança e pêndulo permitiram posteriormente aumentar a **precisão**, até que a eletrônica dominou o campo devido à sua confiabilidade e capacidade de miniaturização.



TEMPORIZAR

Os dispositivos projetados para serem ativados depois de um **intervalo de tempo** estabelecido no momento da ligação chamam-se temporizadores.

No ambiente doméstico existem temporizadores por todos os lados: nos **eletrodomésticos**, como o forno, a torradeira ou a máquina de lavar, e também o telefone, a instalação de água quente, o telefone interior ou o elevador.

Um temporizador pode ser **cíclico**, ou seja, repetitivo, e também de um único período; neste último caso, deixa de funcionar uma vez que o tempo marcado chegou ao fim.



Podem-se encontrar nas lojas especializadas temporizadores eletro-mecânicos, que são controlados por um motor que gira continuamente.

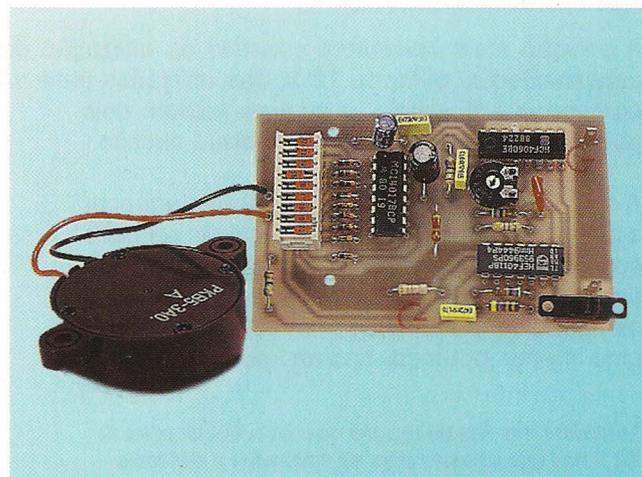
LONGOS TEMPOS

O nosso dispositivo está estudado para cobrir um intervalo de tempo bastante longo, entre 10 e 90 minutos, no fim do qual produz uma **nota intermitente**.

Portanto, é especialmente adequado para **recordar** vencimentos ou outras coisas que fazer, e também para alertar quando termine o período de tempo permitido do estacionamento, como indicamos ao princípio.

Com uma simples modificação é possível mudar a **escala de tempos**, por exemplo, fazendo com que o temporizador possa ser configurado entre 2 o 18 minutos, em vez de entre 10 e 90.

O circuito do temporizador de assobio já terminado.



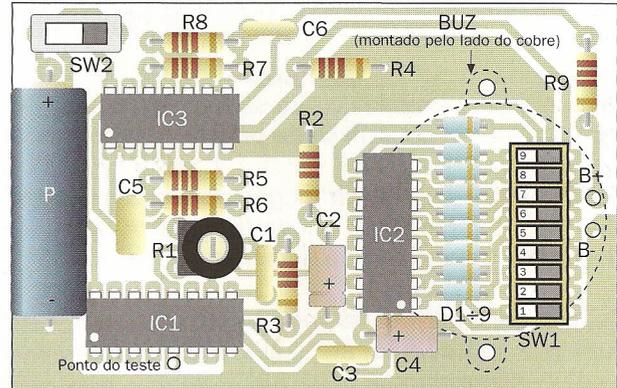


Montagem do circuito

Devido à natureza **de bolso** do objeto em questão, a base do circuito impresso não representa um incômodo excessivo e oferece uma disposição dos trilhos com um traçado bastante compacto.

Em qualquer dos casos, a **montagem** não coloca obstáculos técnicos, dado que os componentes que têm de ser colocados não são muitos e são apresentados com uma distância adequada, apesar das dimensões reduzidas do conjunto. Como já é habitual, convém começar por montar os resistores, tendo cuidado com a **polaridade** dos dois capacitores eletrolíticos (C2 e C4) e dos nove diodos D1-D9.

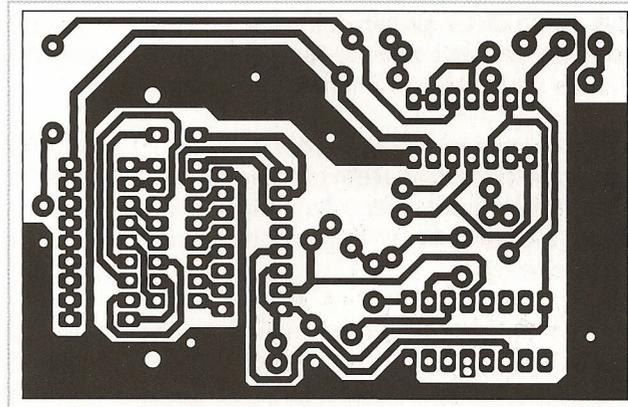
Disposição dos componentes na base do circuito impresso do temporizador de assobio.



COMPONENTES ESPECIAIS

Os três **integrados** da série CMOS 4000 devem ser manipulados com cuidado já que, para evitar o excesso na altura, não está previsto o uso dos soquetes; é sempre melhor parar um pouco entre as soldaduras.

O grupo dos 9 **comutadores em miniatura** situados um ao lado do outro está mais elevado devido a um soquete normal DIL de 18 contactos. Também o interruptor principal vai montado na base, como os outros componentes. O **transdutor piezoelétrico**, que é um disco do tamanho de uma moeda, vai para o lado do cobre, ou seja, dos trilhos (que não deve tocar) preso por dois parafusos, caso disponha dos suportes correspondentes e também porque se deseja.



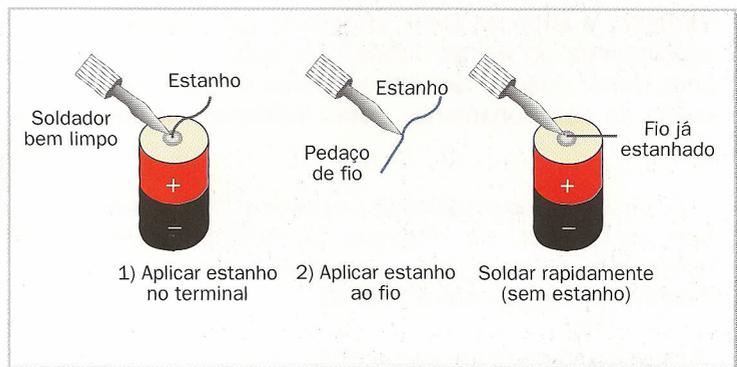
Lado das soldaduras do circuito impresso do temporizador de assobio, com os trilhos de cobre.

MONTAGEM DA PILHA

A solução mais **compacta** consiste na utilização de uma minúscula pilha de 12 V, das utilizadas para os comandos à distância, à qual se soldam dois pedaços de fio curtos que vão para o circuito.

A soldadura deve ser **rápida** para não aquecer a pilha, que poderia chegar a explodir: primeiro convém aplicar estanho nos pólos, com o soldador bastante quente e limpo, e depois soldar os fios. Quando se aceita um **esforço** maior e uma menor potência sonora, pode-se utilizar

uma pilha retangular comum de 9 V, ligada neste caso através de um clip com dois fios.



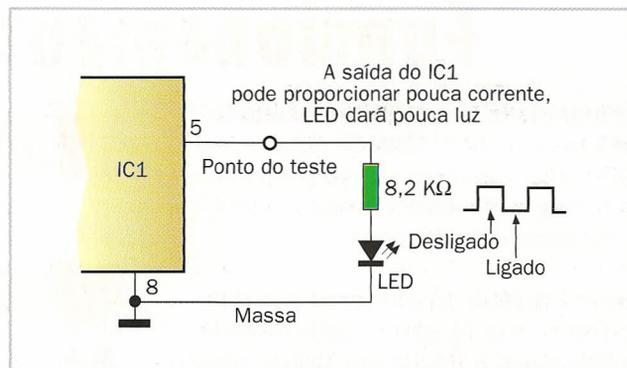
Soldadura dos fios de ligação com os pólos da pilha de 12 V das que se usam para os comandos à distância (MN21).

TESTE

Para **verificar** o gerador sonoro colocam-se na posição OFF todos os interruptores de SW1 e ligam-se ao mesmo tempo entre eles o terminal 14 e o terminal 6 do IC3: deve-se ouvir o assobio.

A **precisão** do temporizador depende do valor do R1, que pode ser regulado sem ter de esperar nem 10 minutos: é suficiente ligar um polímetro de ponteiro ao ponto do teste, com o terminal 5 do IC1.

O ponteiro se deslocará alternadamente, indicando os impulsos digitais: R1 é regulado de maneira que dez deslocações consecutivas para a frente ou para trás tenham uma **duração total** de 11,72 seg.



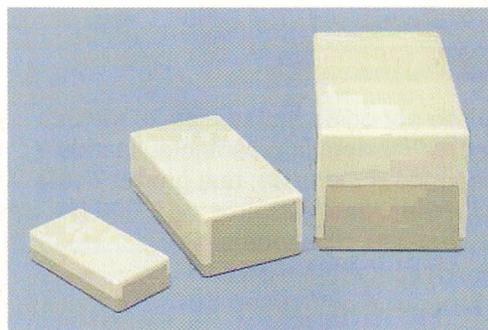
Técnica alternativa da calibragem: 10 iluminações do LED devem ocupar 11,72 segundos; a baixa luminosidade necessita trabalhar num ambiente escuro.

CAIXA E UTILIZAÇÃO PRÁTICA

O circuito pode ser metido numa pequena caixa de plástico, na qual se podem fazer alguns **cortes** para o interruptor do contato e os micro-interruptores de configuração, para além dos orifícios para a saída do som.

Normalmente trabalha-se o plástico com a ajuda de uma **serra de rodear**, com uma folha de dentes finos, e também com um pouco de paciência: quando utilizada depressa demais, pode fundir em vez de cortar.

Para **configurar** o temporizador, põe-se em ON o interruptor correspondente para o tempo de que se necessita e liga-se o circuito: começará a soar quando terminar o período selecionado.



Caixas de poliestireno, facilmente manuseáveis: com um pouco de habilidade, o circuito pode ficar fechado numa caixa de pequenas dimensões.

TEMPOS MAIS BREVES

Se dez minutos é **demais** como tempo mínimo, pode-se modificar o circuito para fazer corresponder períodos de tempo mais breves para cada um dos interruptores. Deste modo, basta **cortar**, por exemplo com uma faca ou com uma broca de furador de 5-6 mm (girando-a com a mão ou com o furador bem seguro no suporte), o trilho de cobre que une o terminal 13 do IC2 ao terminal 3 do IC1.

Ligando depois o terminal 13 do IC2 com os diferentes contatos do IC1 poderão obter-se diferentes **velocidades de contagem**, que podem ser reguláveis depois com o R1; a tabela mostra os principais tempos que se podem obter.

Possíveis durações do temporizador, conforme o contato do IC1 com que liga o contato 13 do IC2.

Contato do IC1 ligado ao contato 13 do IC2	Duração mínima e máxima do temporizador
3	10 - 90 minutos
2	5 - 45 minutos
1	2,5 - 22,5 minutos ou 2 - 18 (regulando R1)
15	30 segundos - 270 minutos (regulando R1)
13	15-135 segundos (regulando R1)
14	10-90 segundos (regulando R1)

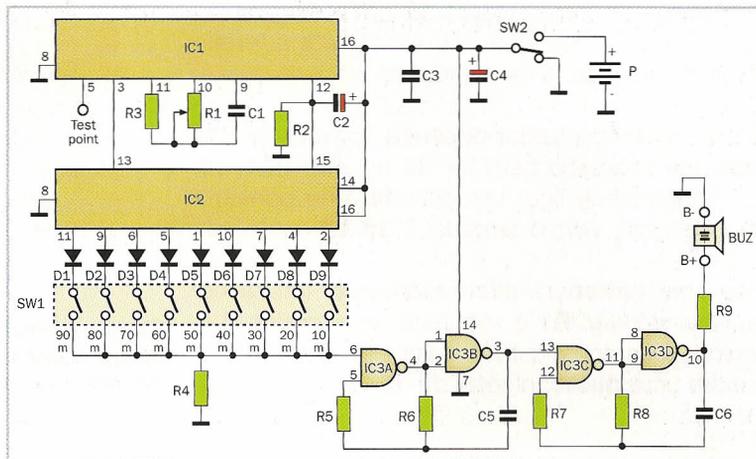


Funcionamento do circuito

O integrado IC1 contém um **oscilador** que funciona como base de tempos, ou seja, como referência (é um pouco como o nosso "pêndulo"): a sua frequência depende do valor do R1 e do C1.

Também contém 14 **divisores por dois** (flip-flop do tipo T), para a saída de cada um dos quais a frequência resulta ficar partida ao meio, isto é, o tempo entre o impulso e o outro duplicado.

No entanto, o IC2 contém também um **contador por 10**, que ativa progressivamente as suas saídas (omitimos a saída número zero): os interruptores ligam a saída desejada ao gerador de assobios.



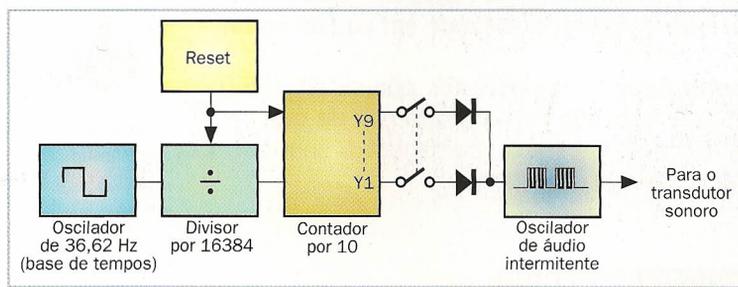
Esquema elétrico do temporizador de assobio.

SOM E COLOCAÇÃO A ZERO

O som é produzido por dois **osciladores**, o primeiro (IC3A e B) vai para 2Hz aproximadamente, ligando e desligando o segundo (IC3C e D), que produz deste modo uma nota intermitente de cerca de 2.000 Hz.

A colocação a zero dos contadores no contato, ou seja, o **reset**, obtém-se devido ao impulso produzido pelo grupo C2-R2, que garante que a contagem do tempo parte efetivamente do zero. O interruptor de ligação é, na realidade, um **comutador**, o que lhe permite descarregar todos os capacitores (especialmente o C3 e o C4) quando se desliga o temporizador, de modo que se possa garantir uma correta colocação a zero quando voltar a ser ligado.

Esquema dos blocos do temporizador: um oscilador produz a frequência de referência ou "base de tempos"...



LISTA DE COMPONENTES

Resistores

(todos de 1/4 W 5%)

- R1 = trimmer de 470 KΩ
- R2 = resistor de 3,3 KΩ (laranja, laranja, vermelho)
- R3 = resistor de 1 MΩ (marrom, preto, verde)
- R4 = resistor de 33 KΩ (laranja, laranja, laranja)
- R5 = resistor de 4,7 MΩ (amarelo, violeta, verde)
- R6, R7 = resistores de 470 KΩ (amarelo, violeta, amarelo)
- R8 = resistor de 47 KΩ (amarelo, violeta, laranja)
- R9 = resistor de 220 Ω (vermelho, vermelho, marrom)

Condensadores

- C1 = capacitor de poliéster de 68 nF
- C2 = capacitor eletrolítico de 22 µF 16 V
- C3 = capacitor de poliéster de 47 nF
- C4 = capacitor eletrolítico de 47 µF 16 V

C5 = capacitor de poliéster de 470 nF

C6 = capacitor de poliéster de 4,7 nF

Semicondutores

- D1÷D9 = diodos 1N4148
- IC1 = 4060, não HC
- IC2 = 4017, não HC
- IC3 = 4011, não HC
- SW1 = grupo de 9 interruptores DIL
- SW2 = minicomutador de deslizamento
- BUZ = transdutor piezoelétrico com suporte de plástico (sem oscilador interno)
- P = pilha de 12 V (MN21)
- 1 soquete de 18 contactos
- 1 terminal do circuito impresso (ponto do teste)
- 1 circuito impresso