

# Monte o seu **LABORATÓRIO** **DE ELETRÔNICA**

FG



Teoria

Conversão DC/AC

Controle

Interruptor ativado por tacto

Controle de iluminação de um LED

Disparo temporizado ativado por luz

Áudio

Sirene de emergência

Digital

Astável controlado por tecla

Técnicas

Multiplicador de frequência manual

O laboratório

Aulas práticas com circuitos simples (I)



**Editor**  
Julio Goñi

**Diretor Editorial**  
Julio Rodríguez

**Diretor de Produção**  
Gregorio Goñi

**Ajudante de Produção**  
Begoña Piriz

**Diretora da obra**  
Marisa Fernández Rubí

**Realização Técnica**  
Videlec, S.L.

**Importador para o Brasil**  
Nova Lente editora, Ltda.  
Rua Belisário Pena, nº 821  
C.E.P. 21020 Rio de Janeiro, Brasil

**Distribuição e venda para todo o Brasil**  
Fernando Chinaglia  
Distribuidora S.A.  
Rua Teodoro Da Silva, nº 907 - Grajaú-RJ  
Tel: 577-6655 C.F.P. 20550

**Editor para Portugal**  
Ediber  
Rua D. Carlos Mascarenhas, 15  
1000 Lisboa  
Tel: 3853149 - Fax: 3851229

**Distribuição**  
Midesa  
Rua Dr. José Espírito Santo, lote 1-A  
1900 Lisboa

Proibida a reprodução total ou parcial da obra sem autorização da editora

© F&G Editores, S.A.  
Madrid, 2000

**Fotomecânica, maquetação e filmagem**  
Videlec, S.L.  
Rua Santa Leonor, nº 61, 4º andar, cj. 6 C.E.P.  
28037 Madrid, España  
Tel: 913750270

**Impressão**  
Gráficas Reunidas, S.A.  
Rua Mar Tirreno, 7 bis  
P. I. San Fernando  
C.E.P. 28830 San Fernando de Henares.  
Madrid, España

**Plano Geral da Obra:**  
52 fascículos semanais

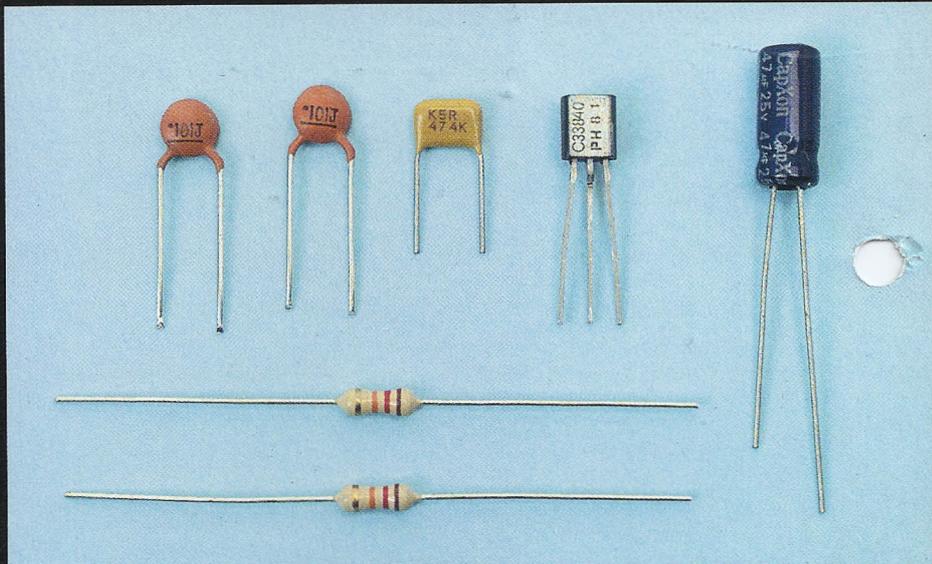
Printed in Spain  
Depósito Legal: M-10820-99  
ISBN da obra: 84-89617-60-0

COM O FASCÍCULO VAI ACOMPANHADO UM  
KIT DE ELETRÔNICA DE BRINDE

# Monte o seu LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA

## Componentes fornecidos:

- 2 Resistências 12K, 5%, 1/4W
- 1 Transistor BC338
- 1 Capacitor 47  $\mu$ F/16V, eletrolítico
- 1 Capacitor 470 nF, cerâmico
- 2 Capacitores 100 pF, cerâmico

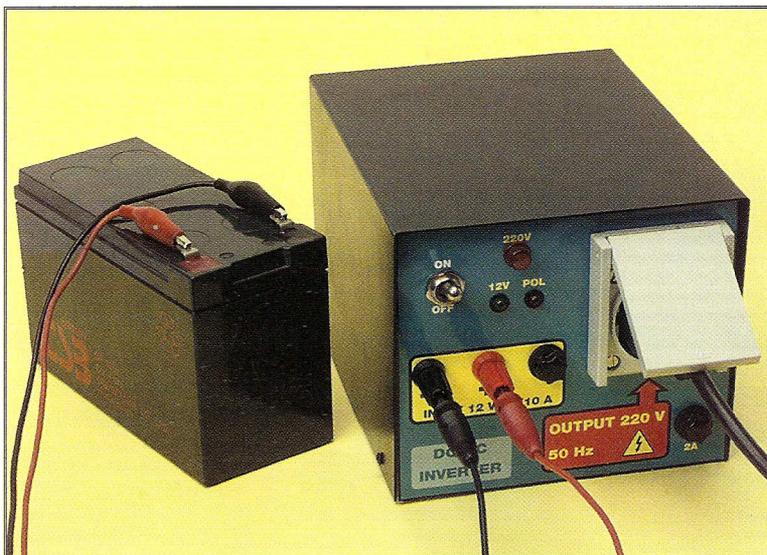


Continuamos o fornecimento de componentes para realizar mais experimentos.

## Como obter energia elétrica em forma alternada a partir de energia armazenada em baterias que só podem entregar corrente contínua

A forma mais comum de armazenar energia elétrica para utilização imediata são as baterias, mas muitos equipamentos estão desenhados para ser alimentados da rede de distribuição de energia que em quase todos os países é de 110/220V e 50Hz, de 60 Hz na América do Norte e de 400 Hz nos aviões.

No entanto, muitos de estes equipamentos têm de ser alimentados de forma ininterrupta embora a rede tenha falhas. Numa cirurgia, por exemplo, a vida do doente não pode depender de um falha de rede ou os computadores que regulam o trânsito rodado em uma cidade, também devem estar funcionando sempre. Um simples computador pessoal pode perder dados ou causar graves prejuízos se apagar de forma inesperada. Sabemos que existem grandes grupos eletrogêneos de emergência alimentados por potentes motores diesel, mas por mais rápido que um motor como esse arranque, pode chegar a demorar um ou dois minutos para arrancar e alcançar o número de revoluções adequado, este tempo é muito elevado para um computador ou para uma pessoa que está na



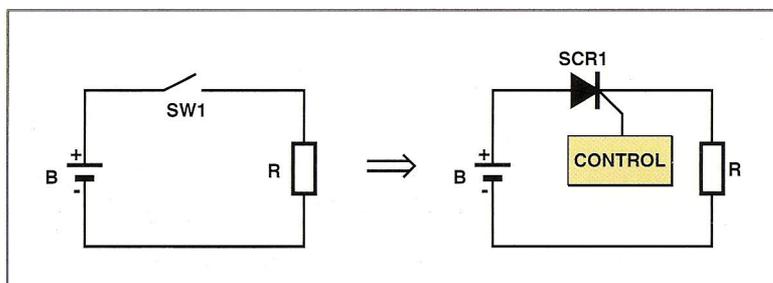
Os conversores são utilizados para alimentar aparelhos desenhados para se alimentar da rede de distribuição alterna, quando só se tem fontes de corrente contínua

mesa de operações. É preciso continuar utilizando estes grupos, mas são necessários outros sistemas de alimentação para que esta seja mantida de maneira ininterrupta, têm que ser eletrônicos e alimentados a baterias e que entrem em funcionamento de maneira automática em frações de segundo.

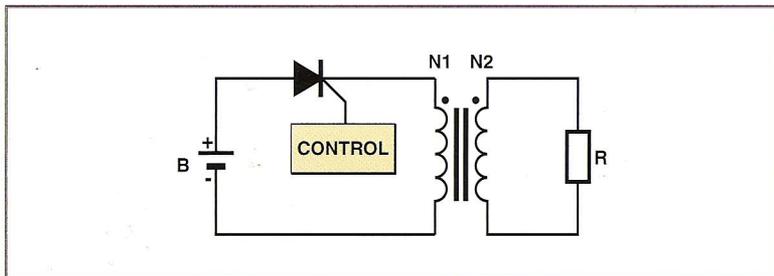
### SAI

Em português, os SAI (Sistema de Alimentação Ininterrupta),

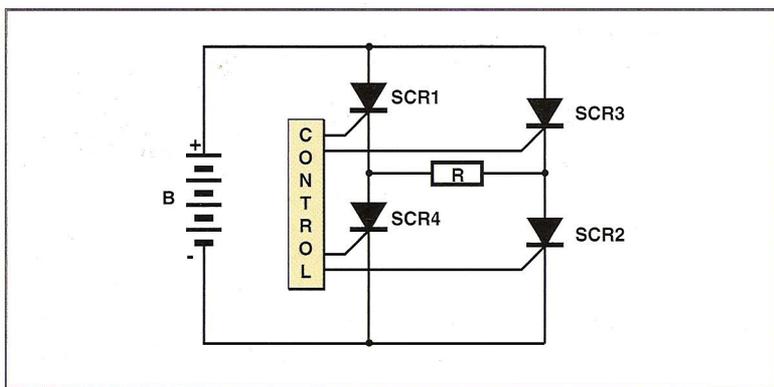
também conhecidos pela sua abreviatura na língua inglesa, UPS, se utilizam para manter a tensão de alimentação durante um tempo determinado. Constam basicamente de uma bateria e de um conversor DC/AC, ou seja, um conversor contínua/ alterna. Este conversor normalmente incorpora um transformador para conseguir o nível de tensão de saída adequado, embora isto dependa da tensão de bateria utilizada, que varia dependendo dos fabricantes e dos usos. Um complemento necessário para este tipo de equipamentos é um sistema automático para manter a carga da bateria. A capacidade da bateria depende de cada aplicação particular. É preciso pensar em algumas aplicações para termos uma idéia dos diferentes tipos de SAI. Por exemplo, para um computador de escritório



Este é o sistema de conversão mais elementar para obter corrente alterna a partir de corrente contínua, e é conhecido com o nome de chopper.



Conversor que utiliza um só componente de comutação, e além disso usa um transformador para poder elevar ou reduzir a tensão alterna da saída.



Esquema muito simplificado de um conversor que utiliza quatro tiristores.

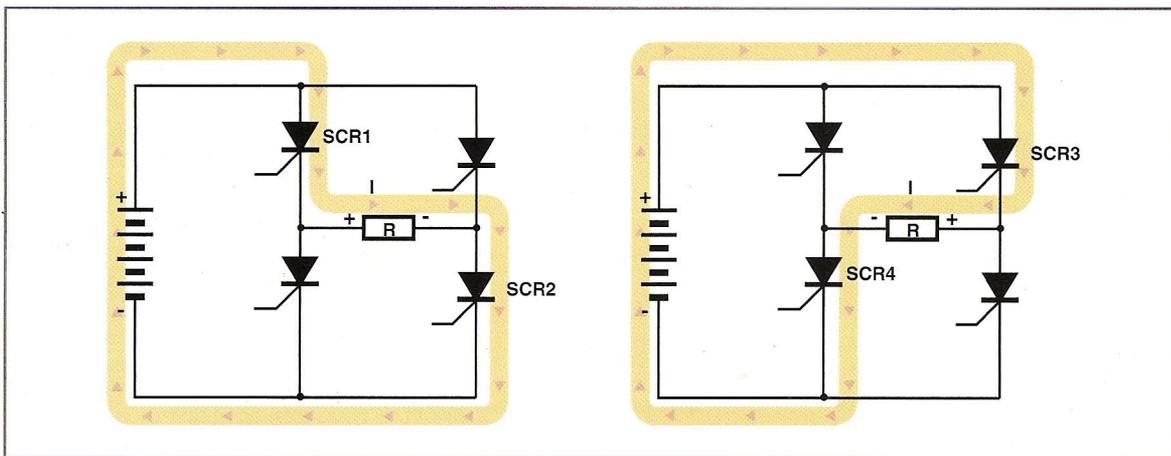
situado numa zona onde normalmente não há cortes de luz e que pode dispensar o seu uso por algum tempo só se necessita um sistema que mantenha a alimentação 5 - 10

minutos, e que emita um aviso acústico para que dê tempo de fechar os programas, salvar dados e apagar o computador. Existem equipamentos SAI com interface para o compu-

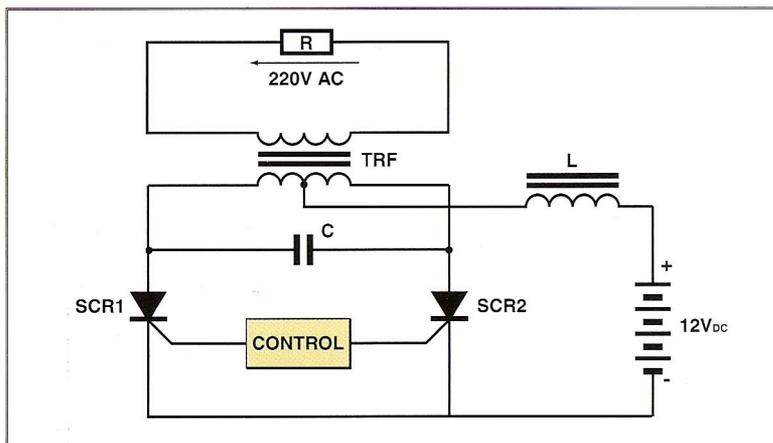
tador que podem ser programados para que a SAI feche os programas e apague o computador. De qualquer forma, no caso de uma sala de cirurgias deve suportar um tempo maior, ainda que exista um grupo eletrogêneo de emergência, porque este pode falhar ou demorar em arrancar mais que o previsto. Outro exemplo clássico é uma central telefônica que se recomenda que tenha uma autonomia mínima de 6 horas.

### Conversão DC/AC

Agora vamos concentrar-nos na conversão DC/AC. Esta conversão se realiza, atualmente, com conversores estáticos, ou seja, que não têm peças móveis. Entretanto, há muito pouco tempo e ainda hoje em dia, havia equipamentos deste tipo em funcionamento, que utilizavam os conversores rotativos, os quais basicamente consistiam de um motor de contínua que movia um alternador e estavam acoplados pelo seu eixo; esta era a forma de um conversor clássico quando se necessitavam grandes quantidades de energia, eram os



Neste diagrama observamos que ao conduzir alternativamente os tiristores 1,2 e 3,4 o sentido da corrente que circula pela carga se inverte, representada pela resistência R.



Esquema básico de um conversor que utiliza tiristores como elementos de comutação.

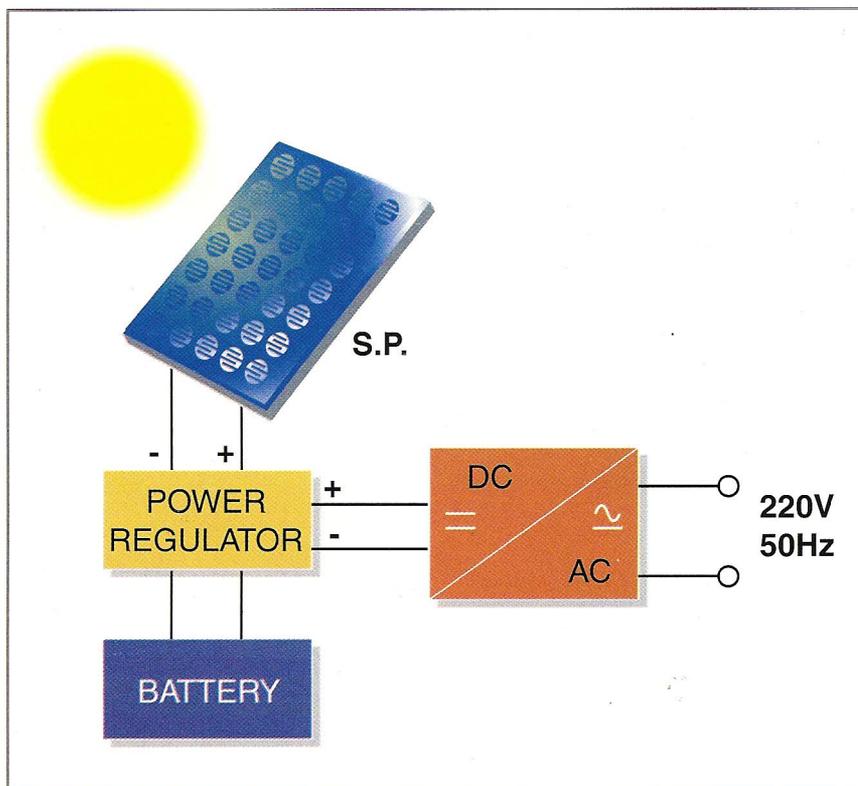
grandes conversores rotativos. Mas o desenvolvimento das novas tecnologias permitiu a fabricação de dispositivos eletrônicos capazes de controlar centenas e milhares de ampères e foi o impulso definitivo para o desenho e fabricação de conversores estáticos de todo tipo de potências, além disso, estes dispositivos fazem menos ruídos que os rotativos e tem uma manutenção muito mais baixa e também a vantagem de poder arrancar instantaneamente e de ser muito fáceis de controlar com circuitos eletrônicos.

### O chopper

O conversor mais simples é o chopper, como indica a sua tradução literal ao português, cortador. Consiste em ter um interruptor entre a bateria e a carga e fazer com que funcione à frequência de rede. Pode parecer mentira mas existiram conversores para potências reduzidas baseados

neste princípio e os interruptores eram os contatos de um relé; o seguinte passo na modernização foi o de utilizar um interruptor eletrônico, que pode ser um transistor em comutação ou um tiristor,

governados pelo correspondente circuito de controle. No entanto, embora pensemos que este procedimento seja muito bom, obriga a utilização de uma bateria de uma tensão elevada. Isto não é um problema já que por ser corrente alterna pode ser conectada a um transformador à saída do conversor para subir ou baixar o nível de tensão. No mercado, encontram-se facilmente conversores com entrada a 12 volts para obter 220V /50Hz na saída para alimentar pequenos eletrodomésticos, são equipamentos de potência reduzida muito utilizados por aquelas pessoas que gostam de viajar em trailers. Também são comuns os conversores 24 V DC a 220V/ 50Hz para utilizar em instalações de 24 V, como são

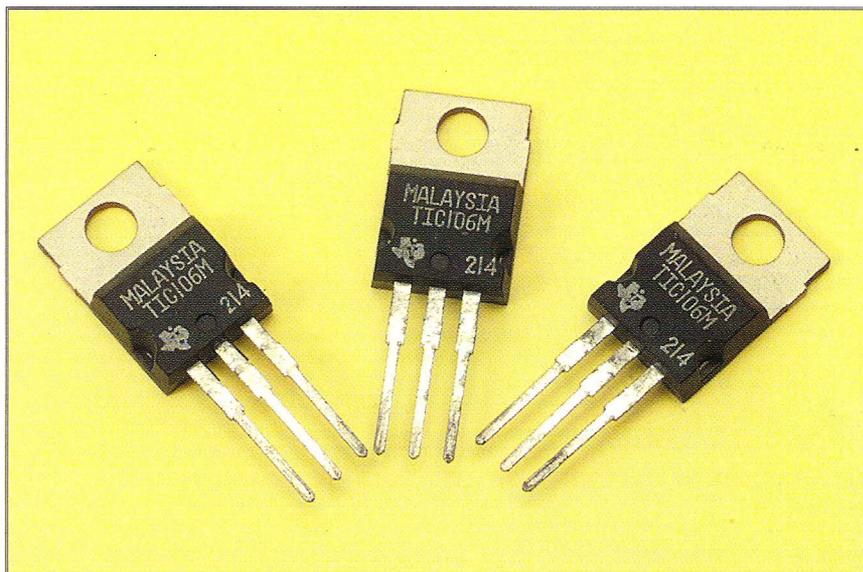


Utilização típica de um conversor DC/AC.

as dos caminhões, e por exemplo alimentar um televisor ou uma máquina de barbear.

### Os tiristores

Os tiristores são dispositivos semicondutores que podem comutar correntes muito elevadas. Necessitam um circuito de controle e são governados por correntes muito pequenas; o seu tamanho é muito reduzido comparado com as correntes que podem controlar. Os modelos mais comuns de até 16 A têm cápsulas muito parecidas aos transistores de potência.



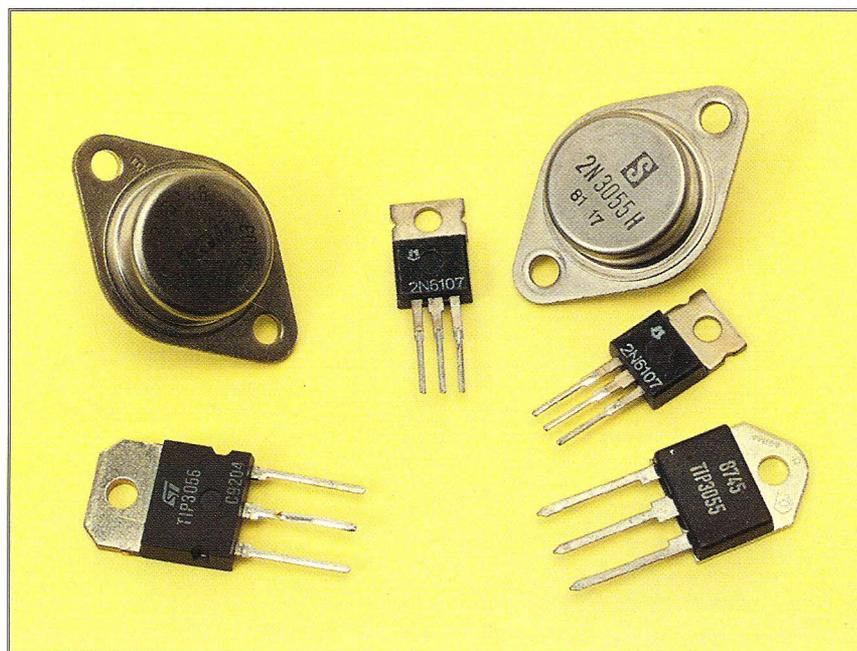
Os tiristores controlam correntes elevadas apesar do seu reduzido tamanho.

### Conversores em ponte

Os dispositivos de comutação, sejam transistores de potência ou tiristores, trabalham como interruptores, ou seja, devem ter uma queda de tensão mínima quando conduzem e

apresentar uma resistência muito alta quando não conduzem; para compreender os esquemas básicos que se apresentam basta supor que são interruptores. Se observarmos o conversor em ponte, quando os tiristores SCR1 e

SCR2 conduzem a corrente circula pela carga em um sentido, mas quando conduzem os outros dois, ou seja SCR3 e SCR4, a circulação de corrente pela carga se inverte, conseguindo uma inversão da corrente. A carga pode ser substituída pelo primário de um transformador; no secundário vamos obter uma tensão correspondente à relação de espiras.

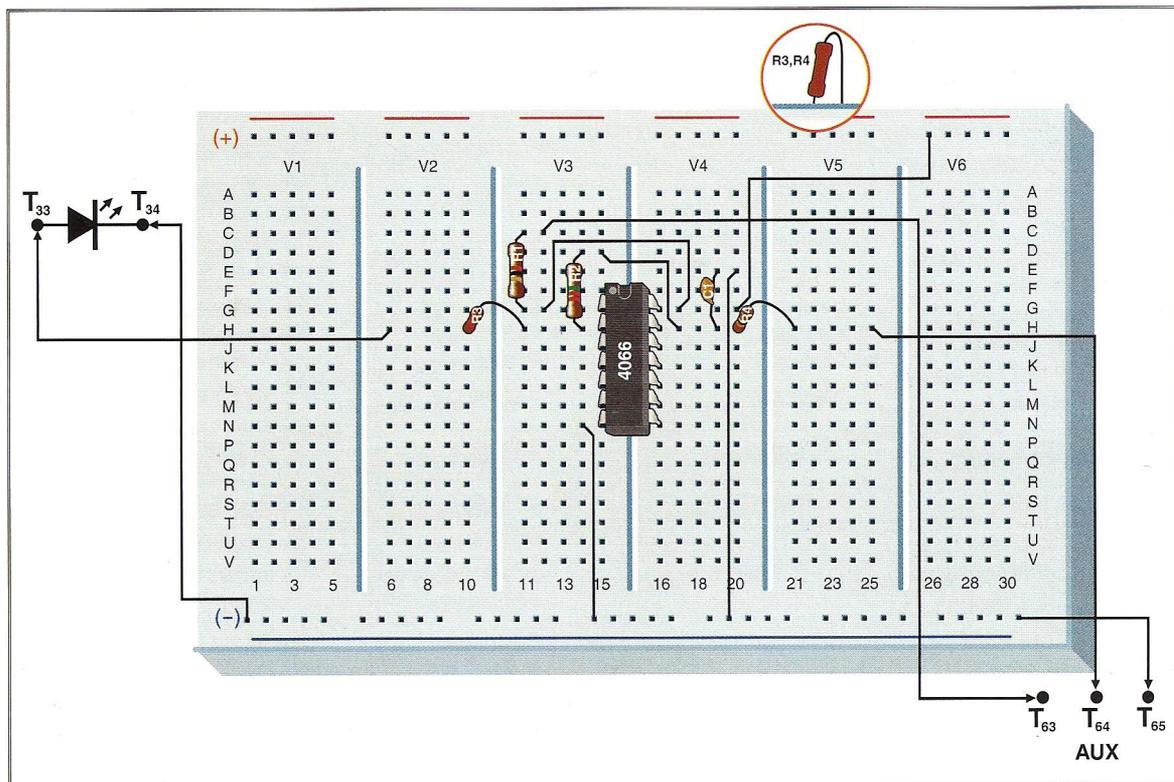


Transistores de potência.

### Formas de onda

Teoricamente a forma de onda que vamos obter com um circuito deste tipo será uma onda quadrada, apesar de que seria mais interessante obter uma onda senoidal; isto se consegue de diversas maneiras, a mais elementar de todas é incorporar à saída um filtro passa-baixos que deixe passar somente a frequência fundamental, quer dizer, os 50 Hz.

O circuito se ativa e desativa com um simples toque de um dedo



O circuito realiza a mesma função que um interruptor mecânico, com a diferença de que o interruptor é puramente eletrônico e a ativação e/ou desativação se realiza tocando-o com um dedo.

**O circuito**

À primeira vista pode parecer muito simples, devido ao escasso número de componentes utilizados: no entanto, funciona corretamente. O circuito tem uma dupla função: a ativação e a desativação do LED. Para ativar o circuito é necessário tocar com o dedo entre os pontos 1-2 ; desta forma circulará uma pequena corrente por R1, R4 e C1 e se ativará o controle do interruptor eletrônico, terminal 13 do 4066. Quando ocorre isto se acende o LED, e através da resistência R2 se carrega o capacitor, ficando portanto o interruptor fechado, já que haverá um nível alto no su terminal de controle, embora já se tenha retirado o dedo. Se tocamos com o dedo entre os pontos 2-3, produzir-se-á uma descarga

instantânea do capacitor através de R4, pelo que se abrirá o interruptor e se apagará o LED.

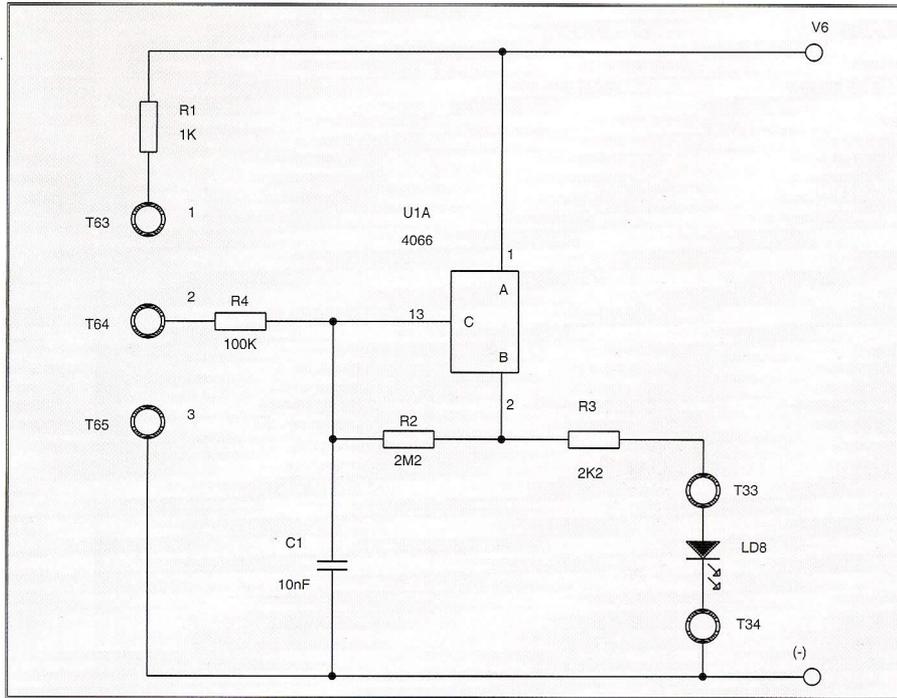
**Funcionamento**

Para que o circuito seja sensível ao tato aproveitamos a propriedade da umidade da nossa pele. Esta servirá para unir dois terminais e originar um mudança de nível na entrada do circuito. A ativação se realiza tocando com o dedo entre os terminais 1-2, enquanto que entre os terminais 2-3 se produz a desativação.

**Colocação em funcionamento**

O circuito não tem nenhum ponto crítico de funcionamento. É importante conectar a alimentação do 4066, cujos terminais são o sete, que corresponde ao negativo, e o quatorze, que é o positivo de alimentação. Para realizar a tecla táctil, utilizaremos as molas auxiliares T63, T64 e T65. Se queremos que se acendam, pressionaremos simultanea-

*A saída fica travada*



**componentes**

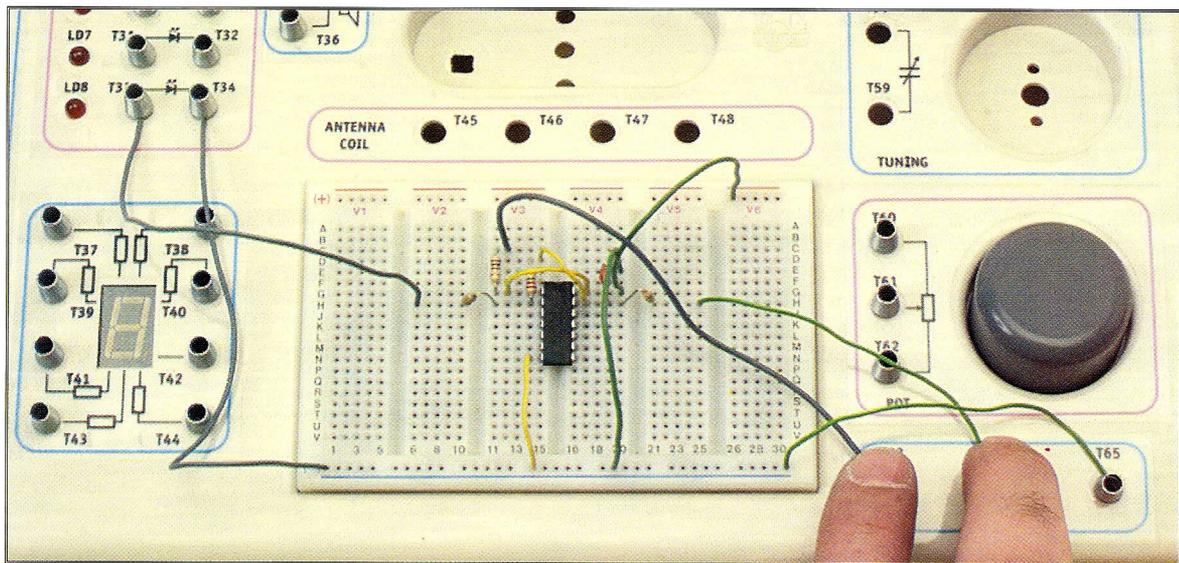
R1	1K
R2	2M2
R3	2K2
R4	100K
C1	10 nF
U1	4066
LD8	

mente T63 e T64, se, pelo contrário, desejamos que se apague tocamos T64 e T65, respectivamente. Também podem ser utilizados os extremos de três fios de interconexão.

**Experimento**

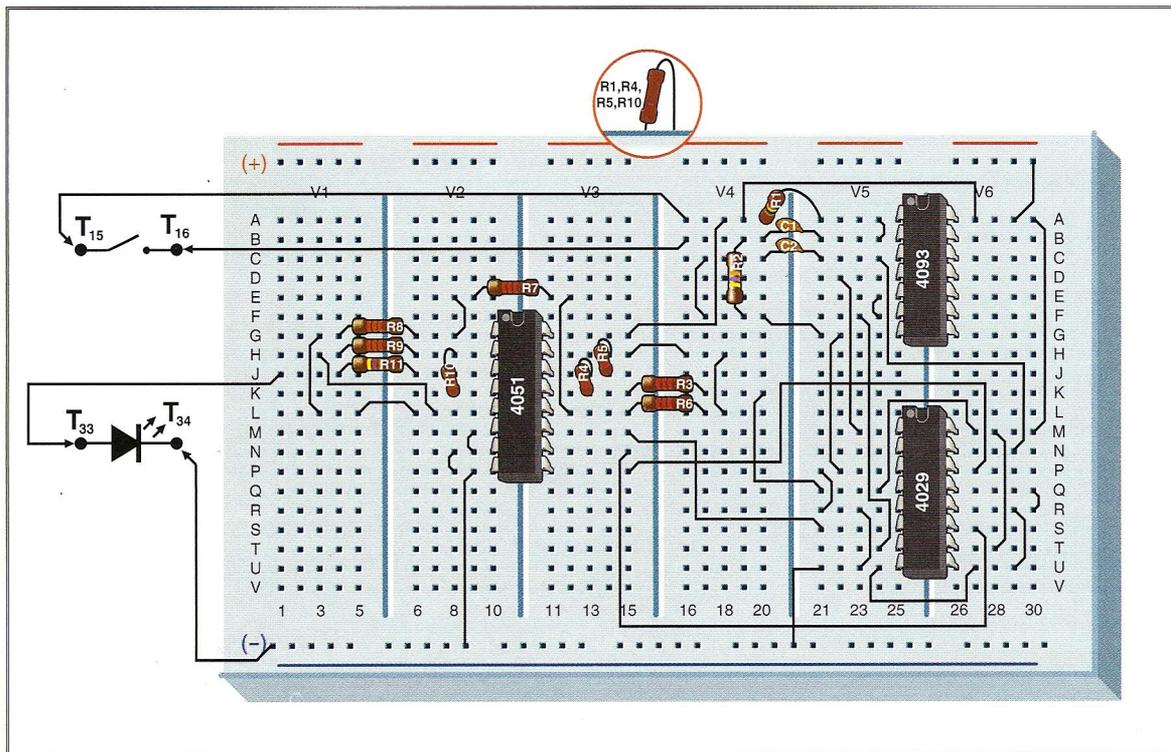
Neste circuito pode realizar-se uma importante prova, que nos servirá para entender perfeita-

mente o efeito da carga de C1. Podemos ir subindo o valor deste capacitor. Cada vez que se muda de valor, se ativa e desativa o circuito com o dedo. Desta maneira comprovaremos que o circuito deixa de funcionar a partir de uma capacidade determinada, devido a que não se carrega o capacitor, já que necessita uma corrente muito maior que a que se pode obter com uma simples pressão do dedo.



Para realizar os contatos da tecla, colocaremos fio nu.

A luminosidade do LD8 mudará a cada pressão de P8.



Um circuito de disparo gera um pulso cada vez que se aciona a tecla, de forma que o contador avança na sua conta e a sua saída seleciona a entrada seguinte do multiplexor 4051. Cada entrada tem uma resistência diferente, o que fará com que o diodo LED se ilumine cada vez com um nível de luminosidade diferente.

O circuito

O circuito tem várias partes: a geradora do pulso, o contador e o multiplexor. Para realizar a etapa de disparo ou excitação se utiliza um circuito que gera um único pulso cada vez que se ativa a tecla P8. O pulso se produz na descarga do capacitor C1 sobre a resistência R2. O contador está configurado em modo decimal, pondo a entrada B/D a nível baixo e em modo ascendente com a entrada U/D a nível alto. As saídas do contador se conectam diretamente às entradas do 4051, de forma que dirijem cada

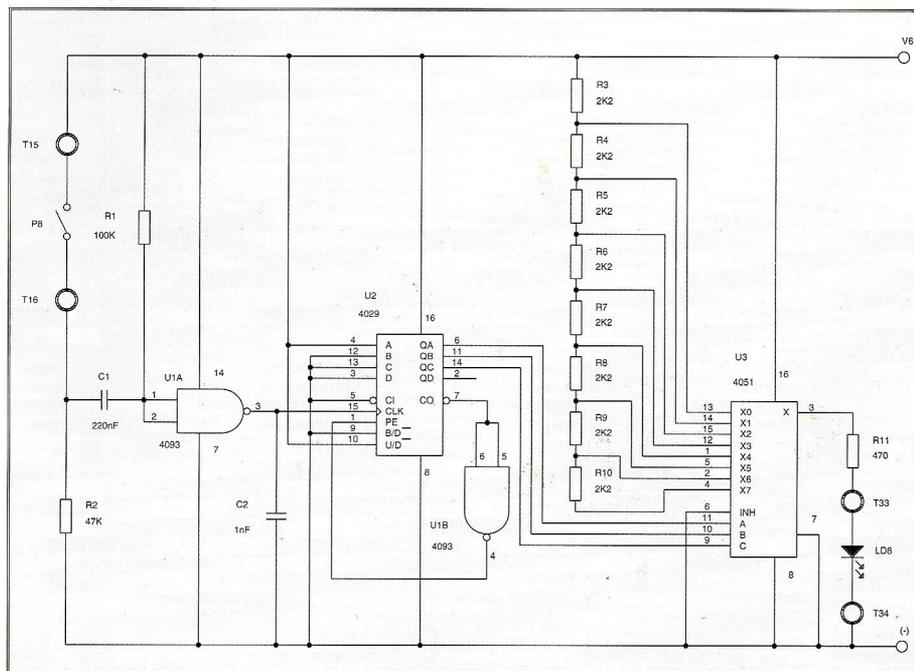
uma das suas entradas. As entradas do 4051 têm diferentes resistências associadas, R3 a R10 a cada uma das entradas.

Funcionamento

Cada vez que se aciona P8 o contador aumentará o código da sua saída. Devido a que o contador está configurado em modo decimal, e que só se utilizam as saídas QA, QB e QC do contador, o contador contará de 0 a 7 e ao chegar a 8, A=B=C=0, se dirigirá à entrada 0, depois à entrada 1 (A=1, B=0, C=0), ao contar o 9, e depois voltará a começar a conta 0 (A=0, B=0, C=0), repetindo-se o ciclo.

Para comprovar como varia a tensão em cada entrada, suponhamos que se dirige a entrada X4 (C=1, A=0, B=0). Olhando desde o terminal V6, temos as resistências R3-R7, o comutador fechado, R11 e o LED até o negativo de alimentação. Se agora se dirige X5 (C=1, B=0, A=0), desde o positivo veremos as resistências R-

*Cada vez que pressionamos P8, muda a corrente de saída*



componentes

R1	100K
R2	47K
R3 a R10	2K2
R11	470 Ω
C1	220 nF
C2	1 nF
U1	4093
U2	4029
U3	4051
LD8	
P8	

R8, o comutador fechado, R11 e o LED até o negativo de alimentação. A resistência entre V6 e negativo é maior que no caso anterior, já que se acrescentou R8, com o que a tensão na entrada será menor e o LED se iluminará menos.

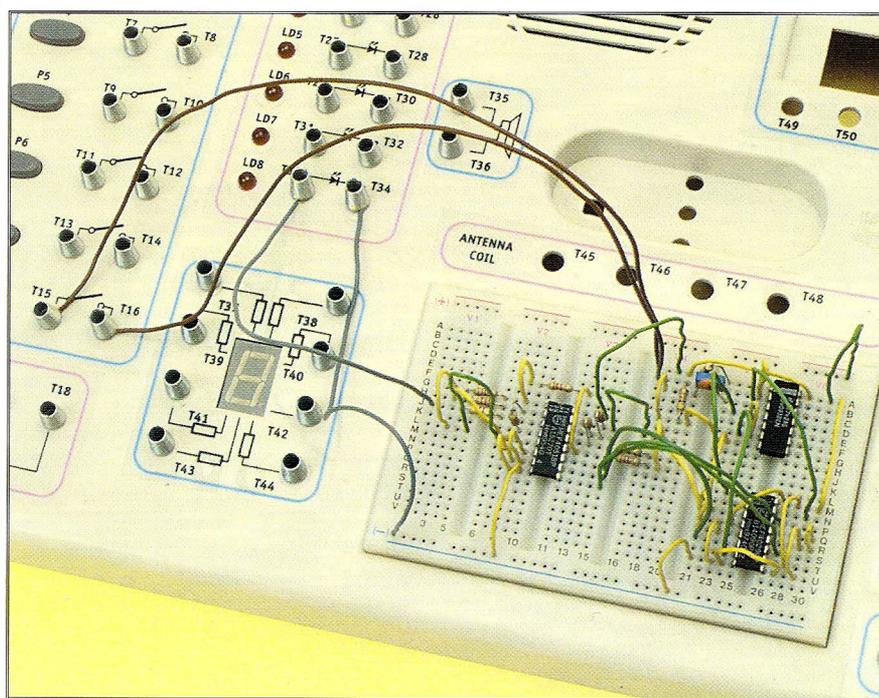
Colocação em funcionamento

O circuito deve funcionar sem nenhum problema uma vez se tenha conectado a alimentação do mesmo. No momento de fazê-lo, o LED LD8 deve iluminar-se e variar o seu nível de luz à medida que se acione P8.

Se não funcionar, deve comprovar-se a conexão prestando especial atenção às alimentações dos circuitos integrados.

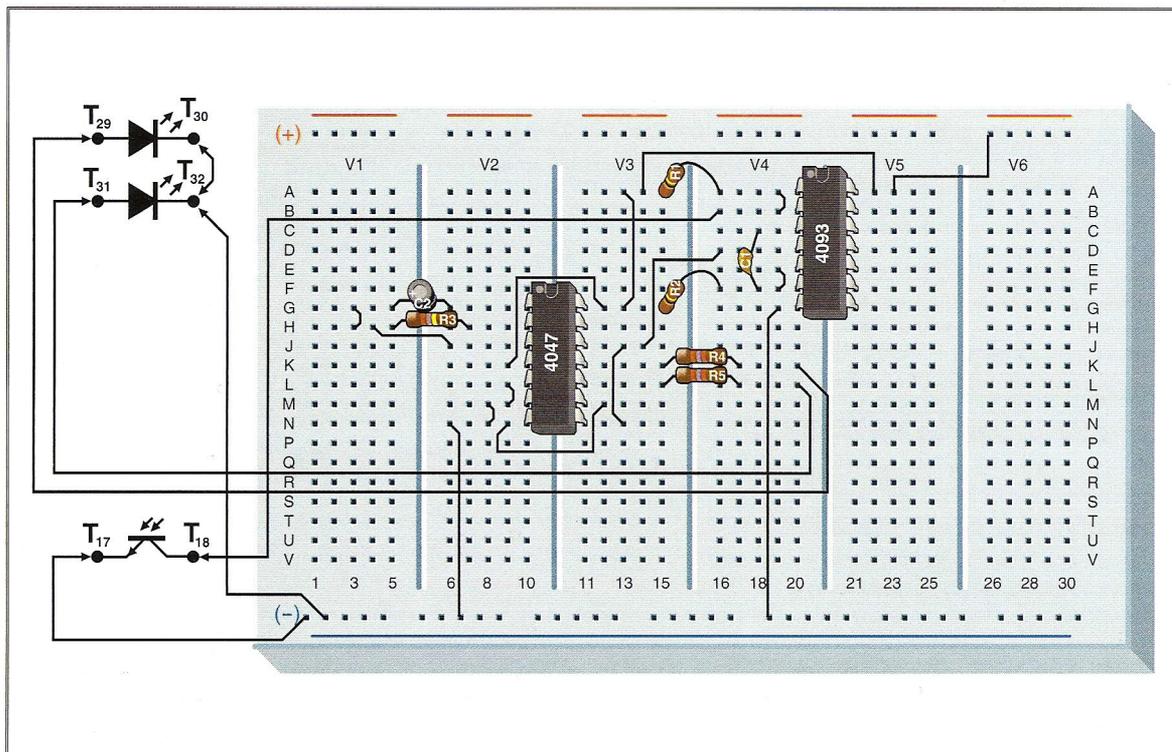
Experimentos

Podemos mudar o nível de variação da luminosidade do LED, atuando sobre as resistências R3-R10. Desta forma, poderemos tornar a mudança de luminosidade mais perceptível, se esta não for do nosso gosto.



O LED LD8 recebe cada vez uma corrente diferente pelo que varia a sua luminosidade.

## Utiliza-se um fototransistor como sensor de luz para disparar o monoastável



O circuito é basicamente, um multivibrador monoastável (ou monoestável), redisparrável por disparo ascendente. Tem a particularidade de que a ativação se realiza mediante um sensor de luz, quando se detecta a passagem de algum objeto opaco diante de um fototransistor, de forma que pode ser uma idéia básica para desenhar um circuito de alarme.

### O circuito

A montagem deste experimento pode ser dividida em três partes perfeitamente diferenciadas: o circuito detector de luz, um circuito conformador de pulso e o monoastável redisparrável por disparo positivo.

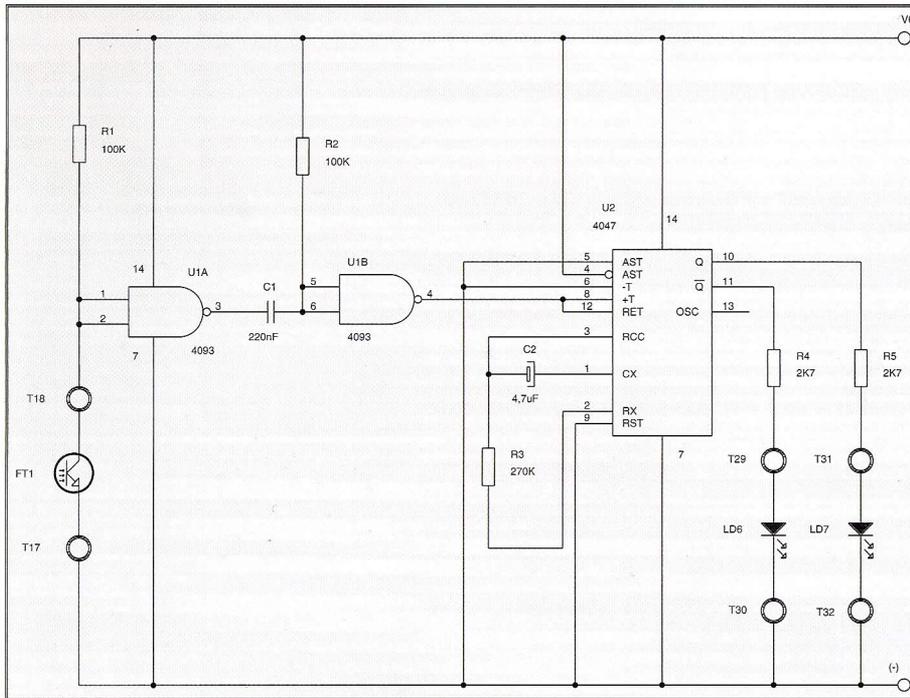
O circuito de detecção é formado pelo fototransistor FT1 junto com a sua resistência de polarização R1. Faremos o sensor trabalhar em uma zona de máxima sensibilidade, que se estabelece com a corrente que se faz circular por ele. Quando o foto-transistor recebe luz, na entrada de U1A há um nível baixo que se

traduz em um nível alto na saída da porta U1B. Quando se intercepta um objeto opaco entre a fonte de luz e o sensor, a entrada da porta U1A passa a nível alto, pelo que se produz um pulso a nível baixo na saída da porta U1B. O disparo de subida deste pulso é o que dispara o monoestável. A porta U1A serve para conformar a mudança de tensão no coletor do fototransistor em níveis lógicos. A largura do pulso é determinada pelo capacitor C1 e pela resistência R2. O monoestável, ao ter os terminais de entrada 8 e 12 unidos entre si, está em configuração de monoestável redisparrável.

### Funcionamento

Em estado de repouso o diodo LD7, conectado à saída Q do 4047, estará apagado, enquanto que o diodo LD6, conectado à saída /Q (Q invertida), estará iluminado. Para que o circuito tenha um correto funcionamento, colocamos o sensor frente a uma importante fonte de luz natural ou artificial. Quando, por exemplo, pas-

*Podemos redisparrar o monoestável*



**componentes**

- R1, R2 100K
- R3 270K
- R4, R5 2K7
- C1 220 nF
- C2 4,7 µF
- U1 4093
- U2 4047
- LD6, LD7
- FT1

samos a mão (a uma distância de uns 15 cm) pela parte da frente do sensor, este detecta a sombra e se gera um pulso na entrada do monoestável que ativa este e ilumina o diodo LED LD7, enquanto que o LED LD6 se apaga.

que o sensor receba muita luz. Se, ao contrário, utilizamos luz artificial, podemos usar uma lâmpada e apontar o foco da mesma para o sensor a uma distância de um par de metros. Desta forma, inclusive se pode detectar a passagem de alguma pessoa que interrompa a iluminação.

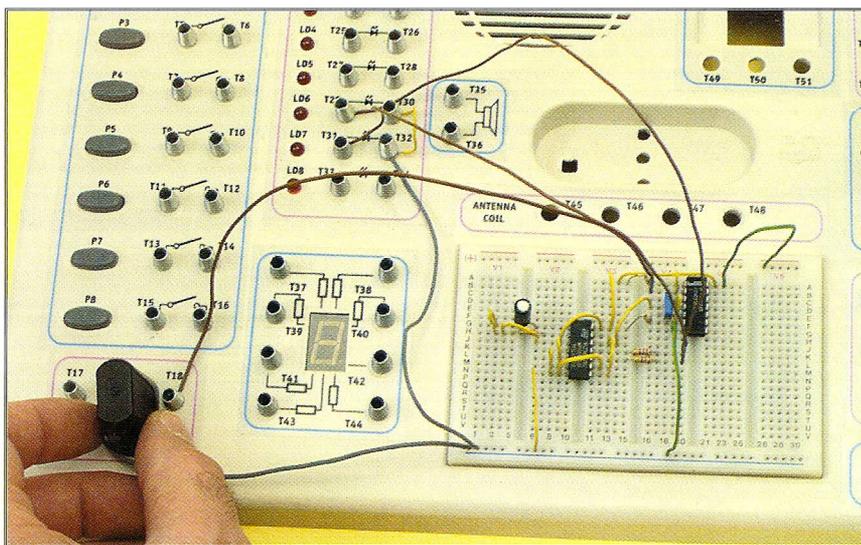
**Colocação em funcionamento**

Como já foi dito, uma vez conectado o circuito à alimentação é preciso colocá-lo diante de uma fonte de luz. Se a fonte é natural será necessário

**Experimentos**

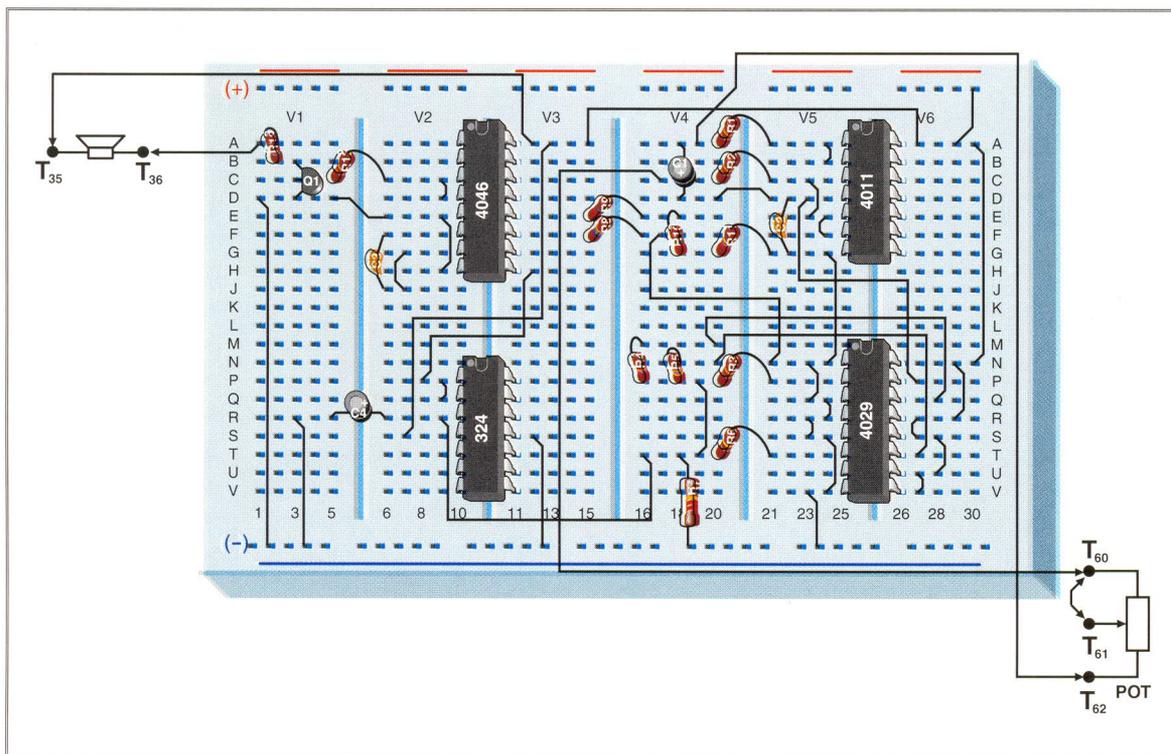
Podemos comprovar que o ponto de polarização do fototransistor para estabelecer a

sensibilidade do mesmo é muito importante. Para isso, é possível aumentar ou diminuir o valor de R1 e comprovar depois como varia o efeito da detecção. Também podemos variar o tempo de saída do monoestável. Se queremos aumentá-lo, aumentaremos R3 e/ou C2. Se, ao contrário, queremos diminuí-lo, baixaremos os valores destes componentes.



Os diodos estão conectados a duas saídas complementares Q e /Q.

## Um sinal dente de serra produzirá uma variação da frequência



O circuito que se verá neste experimento tem um integrado VCO. A frequência do sinal de saída se controla à partir de um sinal digital triangular gerado por um contador. Ele imita de uma maneira quase com perfeição o som de diferentes tipos de sirene.

### O circuito

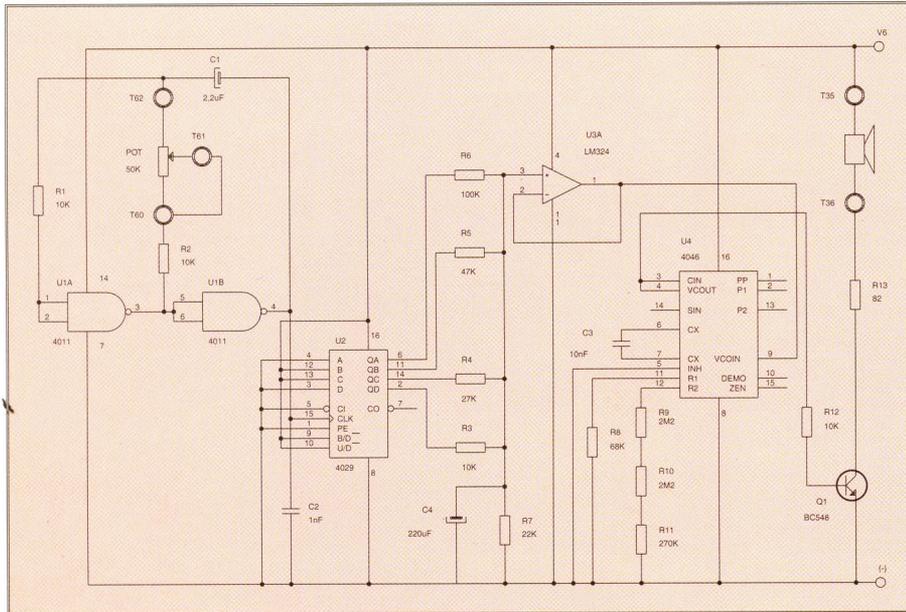
O circuito tem quatro partes: um oscilador de frequência variável, um contador com o seu conformador de sinal, um VCO e a etapa de saída. O oscilador de frequência variável realizado com portas NAND, U1A e U1B será a frequência de relógio do contador 4029. Este integrado está configurado com os seus terminais B/D e U/D a nível alto, pelo que realizará a conta de saída em formato binário (0000 -> 1111) e em sentido ascendente. Cada uma das saídas do contador tem associada uma resistência diferente, mas que está relacionada com o peso da saída de forma inversa (menor peso -

QA-, maior resistência). Desta forma, sobre a resistência R7, a medida que aumenta o código binário de saída do contador, aumenta a tensão. Assim, se consegue uma onda dente de serra escalonada que se adapta em impedância mediante o operacional, U3A, montado em configuração de seguidor de emissor. A saída deste, terminal 1 de U3A, aplica-se à entrada VCOIN de U4. Esta entrada é a que permite a este integrado variar a frequência de saída em função da tensão de entrada por dito terminal, estando o integrado na sua configuração de VCO. O sinal de saída aplica-se diretamente à base de um transistor em cujo coletor temos o alto-falante.

*A frequência é controlada com a tensão*

### Funcionamento

O sinal de relógio da saída do oscilador astável aplica-se à entrada do contador que gera o sinal triangular. Dito sinal triangular tem margens de tensão entre 0 V e V6, ou seja, a onda varia entre ditos valores de tensão. A variação de tensão se



### componentes

R1, R2, R3, R12	
10K	
R4	27K
R5	47K
R6	100K
R7	22 K
R8	68 K
R9, R10	2M2
R11	270K
R13	82 Ω
C1	2,2 μF
C2	1 nF
C3	10 nF
C4	220 μF
Q1	BC548
U1	4011
U2	4029
U3	LM324
U4	4046
POT	
ALTO-FALANTE	

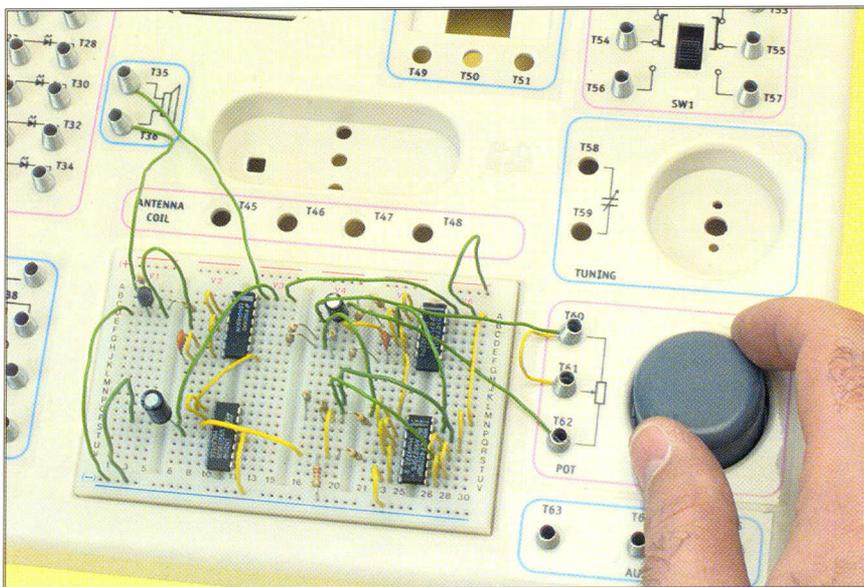
produz em 15 passos, ou seja, cada um dos diferentes códigos de saída do contador gera uma tensão determinada, que aumenta a medida que se incrementa o valor do código. Por isso, o sinal de saída tem um aspecto de dente de serra formada por degraus de tensão. Uma vez que cada degrau de tensão do dente de serra é constituído por um código binário de saída do contador, e este muda com o sinal de relógio, o período do dente de serra depende diretamente

da frequência do sinal do oscilador e é exatamente equivalente a dezesseis períodos do sinal de relógio (contador em modo binário puro 0000 -> 1111).

### Experimentos

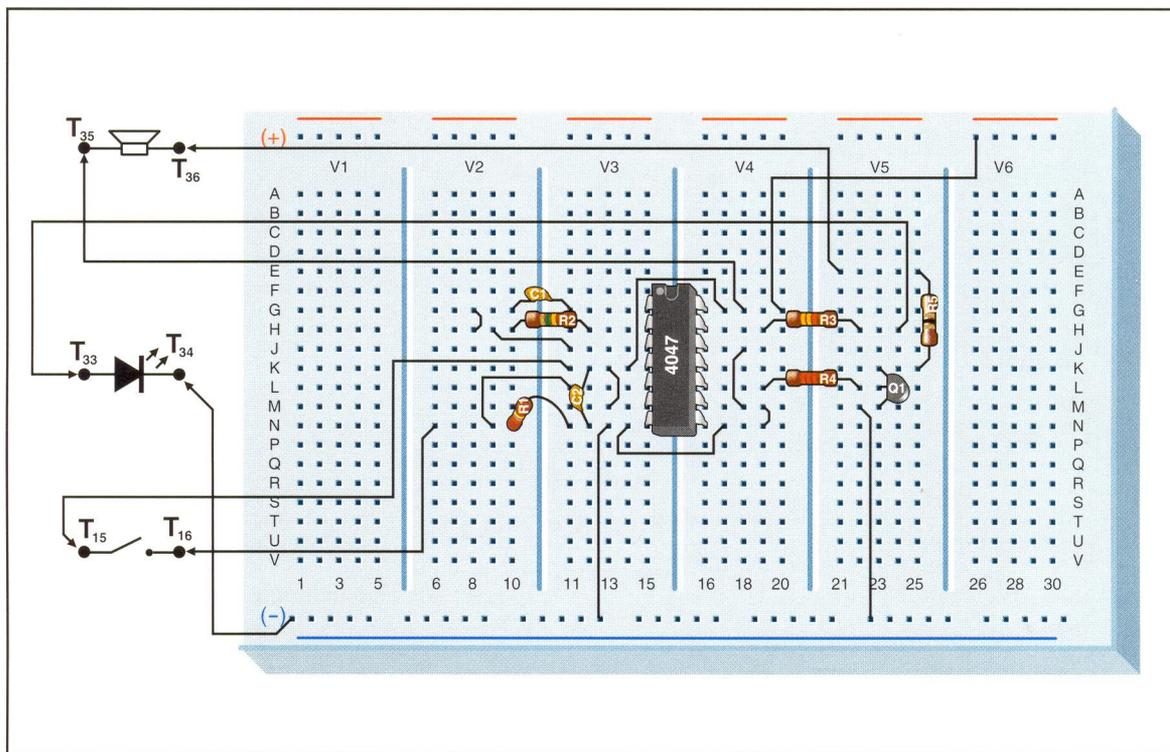
É possível modificar a margem de frequências na saída do circuito variando a margem de frequências

no oscilador. Para isso, a resistência R2 e/ou o capacitor C1 podem ser mudados. Também podemos alterar a margem de frequências na saída do circuito VCO substituindo as resistências conectadas aos terminais 11 e 12, e o valor do capacitor de 4,7 nF. O experimento mais importante que podemos fazer consiste em retirar C4 e comprovar os sons que se obtém, comprovando depois com valores diferentes, por exemplo 1, 10 e 100 μF, observando-se grandes mudanças no som.



O potenciômetro permitirá variar a frequência do sinal triangular.

## Um nível em um terminal controla o funcionamento do circuito integrado 4047



**E** circuito utiliza-se para verificar o funcionamento da entrada de controle do circuito integrado 4047 funcionando como oscilador astável. Este integrado tem alguns terminais de entrada que permitem controlar a sua colocação em funcionamento. Isto pode ser muito útil para ativar e desativar o oscilador mediante circuitos de controle exteriores.

### O circuito

Uma simples olhada ao circuito pode fazer-nos lembrar da configuração da montagem astável. E é assim, para que o integrado funcione como astável devem conectar-se os terminais 4, 5, 6, e 14 ao positivo de alimentação, e os terminais 7, 8, 9 e 12 ao negativo. Agora, para controlar o oscilador é necessário desconectar o terminal cinco do circuito integrado. Colocar-se-á este terminal ao negativo de alimentação mediante a resistência R1. Neste estado, o oscilador não funcionará, pelo que nem o LED se iluminará, nem o alto-falante soará. Se, em

seguida, acionamos a tecla P8, o nível nesta entrada do integrado passa a '1', de forma que o integrado começará a oscilar, obtendo-se na saída Q uma freqüência que poderá escutar-se no alto-falante. O sinal de saída do terminal OSC, que se ativa quando funciona o oscilador, iluminará o LED quando isto ocorra.

### Funcionamento

O circuito em repouso, ou seja, sem acionar a tecla P8, tem as saídas a nível baixo, pelo que nem no alto-falante se ouvirá nada, nem o diodo LED estará iluminado. Quando se aciona a tecla, a saída Q se põe a oscilar com um sinal cuja freqüência é de  $f=1/(4,40 \times R2 \times C1)$ , enquanto que a saída OSC se põe a oscilar com uma freqüência justa ou dupla.

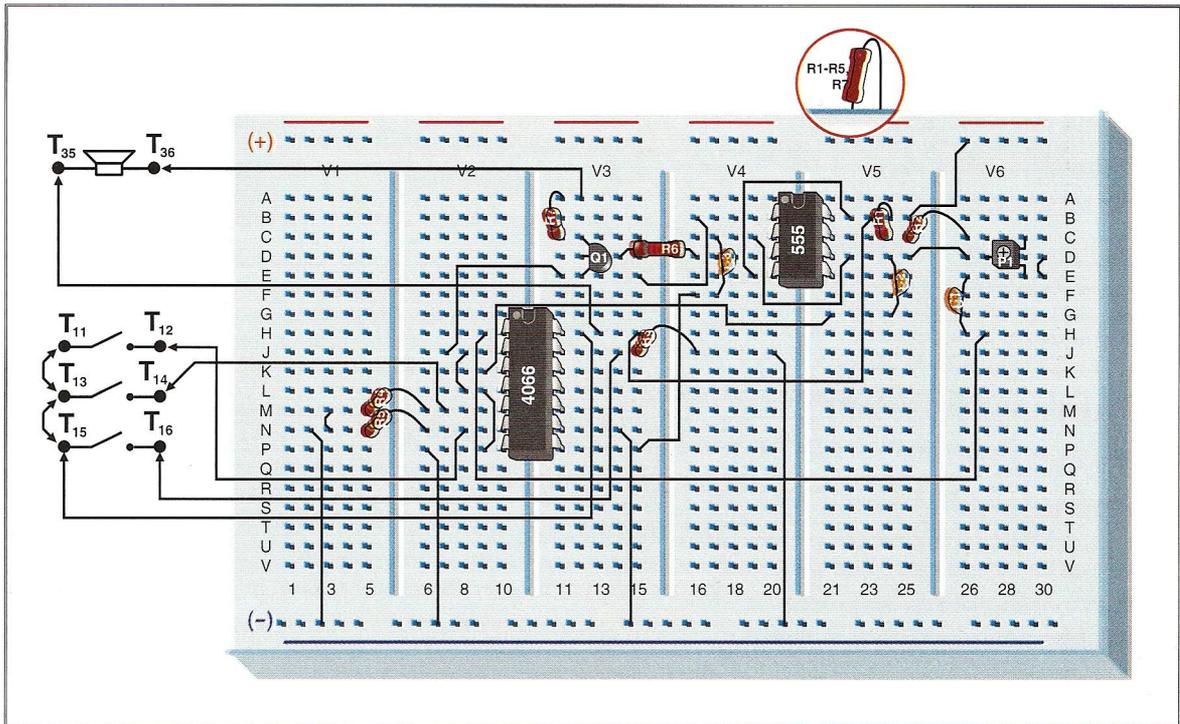
*O 4047 tem um terminal de controle*

### Colocação em funcionamento

O circuito deve funcionar quando acionamos a tecla, uma vez se tenha alimentado o mesmo. Se a conexão está corretamente colocada, o LED



O circuito tem três níveis de frequência de saída x1, x10 e x100



**E** circuito em si é um gerador de onda quadrada de três níveis de frequência. Os níveis se selecionam de forma manual mediante as teclas P6, P7 e P8, e a margem de frequências dentro de cada nível se estabelece mediante o potenciômetro POT.

### O circuito

O circuito está formado por um oscilador astável montado ao redor de um 555. O circuito tem uma frequência que podemos variar mediante o potenciômetro POT. A seleção da escala se realiza mediante as teclas, devendo existir só uma tecla acionada a cada vez, de forma que teremos três escalas diferentes. Cada tecla aciona diretamente um interruptor eletrônico, de forma que o oscilador toma como capacidade de carga o capacitor associado ao mesmo. A saída do oscilador se aplica à base de um transistor, montado em emissor comum com o alto-falante no seu coletor através da resistência de base R6.

### Funcionamento

Se deixamos o circuito em estado de repouso não fun-

ciona, já que todos os interruptores eletrônicos estão abertos, pelo que o oscilador não tem nenhum capacitor conectado. Ao pressionar P8, se ativa a porta U2A, conectando-se o capacitor C1 ao oscilador. Uma vez que as capacidades C1, C2 e C3 têm o fator x10 um com respeito ao outro, dependendo do capacitor ativo, vamos obter as três escalas do gerador, que terão uma relação de 10. Uma vez dentro de um dos níveis, mediante o potenciômetro poderemos mudar a frequência, o que se traduz diretamente em uma variação do som emitido pelo alto-falante.

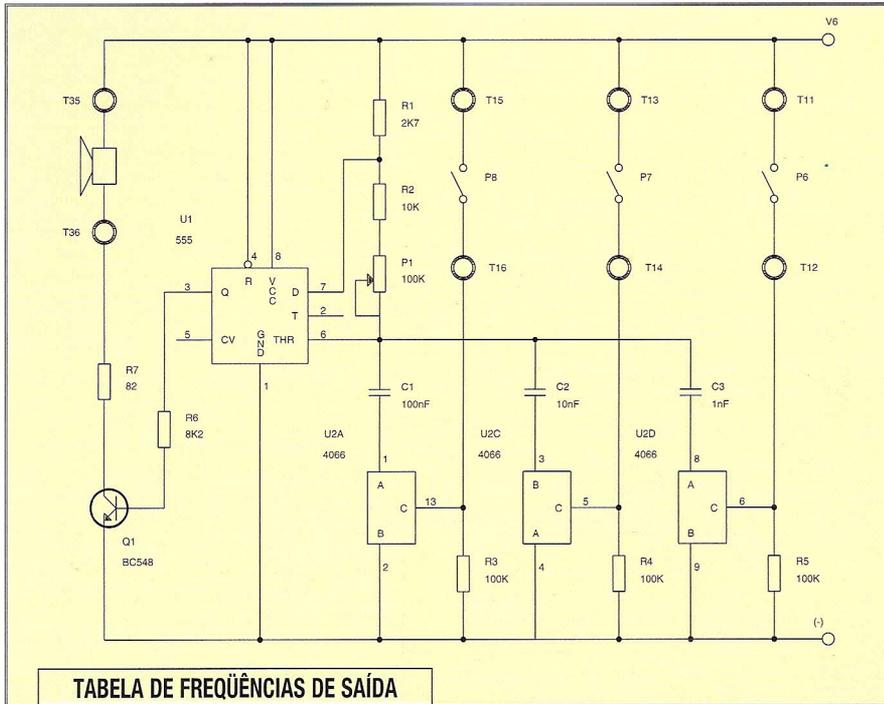
### Frequências

Por tratar-se de um 555, a equação da frequência de saída será de:

$$f = 1,45 / ((R1 + 2(R2 + POT))Cx).$$

*O interruptor muda o capacitor do oscilador*

Por isso, a frequência de saída variará de forma inversamente proporcional à capacidade Cx, que será, dependendo do caso, C1, C2 ou C3. As frequências mínima e máxima que podem obter-se em cada nível se mostram na tabela que se adjunta e são o resultado de



**TABELA DE FREQUÊNCIAS DE SAÍDA**

FREC.	C1	C2	C3
MAX.	5 KHz	50,5 KHz	505 KHz
MIN.	120 Hz	1,2 KHz	12 KHz

**componentes**

- R1 2K7
- R2 10K
- R3 a R5 100K
- R6 8K2
- R7 82 W
- C1 100 nF
- C2 10 nF
- C3 1 nF
- Q1 BC548
- U1 555
- U2 4066
- ALTO-FALANTE
- P6 a P8
- POT

substituir os valores dos componentes na equação no caso de POT= 0 => frequência máxima e POT= 50 K => frequência mínima.

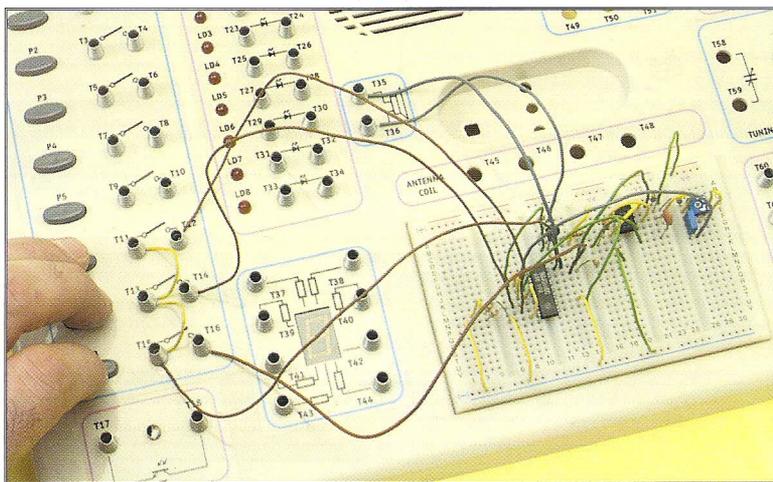
**Colocação em funcionamento**

O circuito, com todas as conexões revisadas, deve funcionar perfeitamente. Não se deve esquecer de

conectar a alimentação do 4066 nos terminais 7, negativo, e 14, positivo de alimentação. Como sempre, se deve ter um cuidado especial com os componentes cujos terminais sejam diferentes, neste caso só temos o transistor Q1.

**Experimentos**

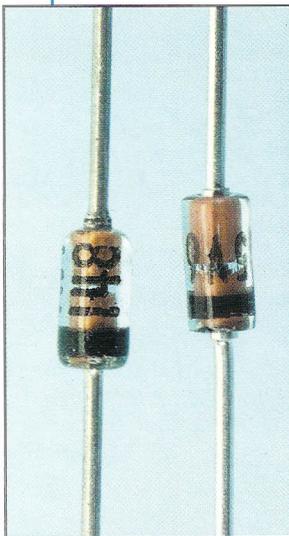
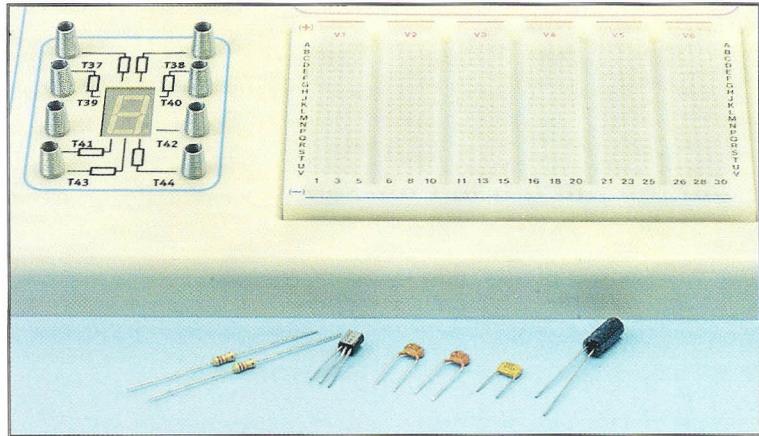
São várias as mudanças que podemos realizar nesta montagem. Por um lado, podemos baixar um pouco o valor da resistência de polarização da base do transistor. Desta forma, se conseguirá um aumento da potência sonora no alto-falante. Por outro lado, podemos mudar as frequências do oscilador. Para isso, e conhecendo a fórmula, podemos variar qualquer um dos componentes que formam parte do mesmo. Ainda que sairíamos dos valores estabelecidos, poderíamos pressionar várias teclas ao mesmo tempo, e colocando os capacitores em paralelo, variaria um pouco a frequência. A mudança não se notará muito, porque os valores não são muito diferentes.



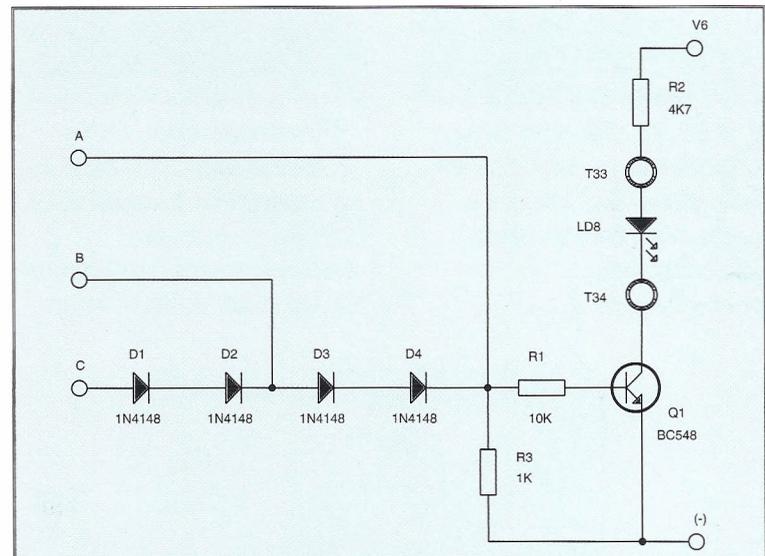
Só se deve acionar uma tecla por vez.

Apesar da aparência de simplicidade de muitos circuitos, alguns podem apresentar certos problemas de funcionamento que convém conhecer.

**Materiales**



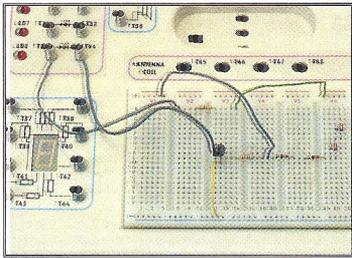
**1** Já temos o laboratório e mais componentes entregues neste número, mas antes de continuar com as montagens vejamos algum circuito mais.



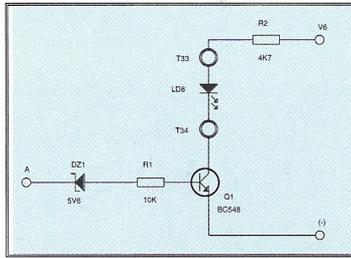
**2** Vamos realizar a prova abaixo indicada e revisar as anotações, mas ao repetir a prova retirando R3, observaremos que o LED se ilumina com tensões inferiores.

**Truques**

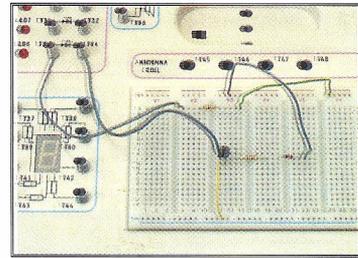
Truques: basta uma pequena modificação em um circuito para que o seu comportamento varie de forma extraordinária respeito ao esperado na teoria. No esquema acima aplicamos diferentes tensões aos terminais A, B e C conectando um deles sucessivamente às tensões V1, V2, V3, V4, V5 e V6 e logo repetindo a prova com os demais, anotaremos a quais tensões se acendem e a quais não. Lembre-se de que a queda de tensão em um diodo é uns 0,6 volts.



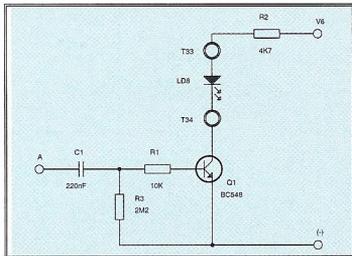
**3** No circuito, é preciso considerar 0,6 V por cada diodo e somar além desses, outros 0,6 na união base/emissor. Os cálculos teóricos quadram se R3 está conectada.



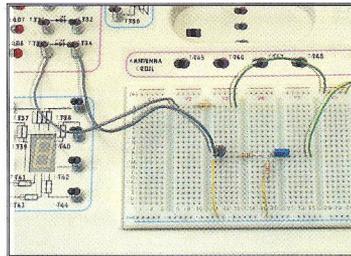
**4** Este circuito é similar ao anterior, mas devemos relembrar que o diodo zener só conduz quando se supera a tensão zener. Também convém provar com R3.



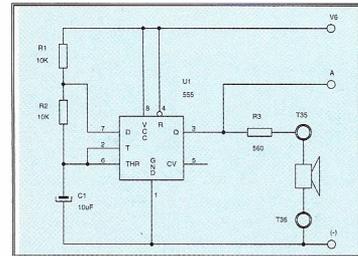
**5** Sem a resistência R3, o LED começa a iluminar-se com V3, não se ilumina com V1, nem com V2.



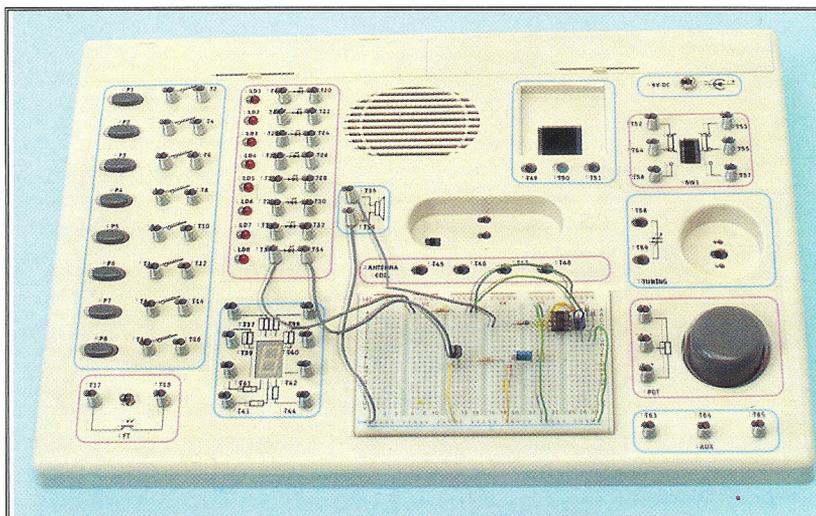
**6** O LED só se ilumina quando à entrada do circuito há um sinal alterno, uma vez que a tensão contínua “não passa” pelo capacitor de desacoplamento C1.



**7** Com este simples circuito podemos apreciar o efeito de um capacitor de desacoplamento. Também se acenderá se conectarmos entre A e (-) a saída de alto-falante de um walkman.



**8** Este circuito gera um sinal alterno de baixa frequência, mas suficiente para iluminar o LED se aplicamos à entrada do circuito anterior. No alto-falante, ouviremos um “clac, clac”.



**9** Montagem final com os dois circuitos anteriores. Se baixarmos C1 a 100 nF, por exemplo, a frequência é audível e o olho vê o LED sempre iluminado já que não pode seguir a intermitência.