

# ELETRÔNICA ELETRÔNICA

10

para todos



**TRANSISTORES**



**CORRENTE  
DE SAÍDA**



**ENCAPSULAMENTOS  
PARA TRANSISTORES**



**O CONTATO  
DO AUTOMÓVEL**



**SONDAS LÓGICAS**



**Projeto nº 10:  
COMANDO À DISTÂNCIA  
DOS ULTRA-SONS**

**SALVAT**

**JACKSON  
LIBRI**



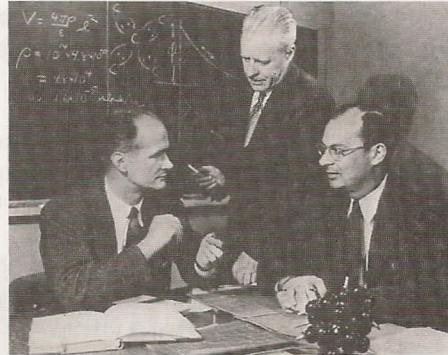
# Transistores

**Estes dispositivos tão versáteis são a base de toda a eletrônica moderna**

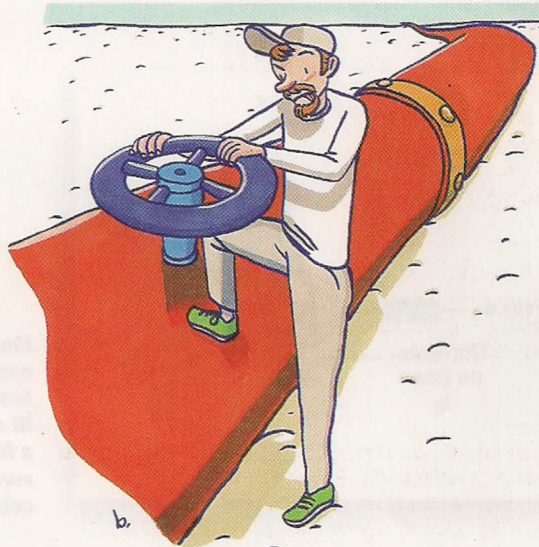
O **prêmio Nobel** de física que foi entregue em 1956 aos cientistas Bardeen, Brattain e Shockley foi inteiramente merecido.

A invenção do **transistor de união** (BJT: bipolar junction transistor) tornou possível a miniaturização dos dispositivos eletrônicos e mais tarde, dos circuitos integrados.

Até este momento os dispositivos eletrônicos eram efetuados com os incômodos tubos de vácuo, ou **válvulas** termoiônicas, cuja miniaturização era bastante problemática.



*O primeiro transistor foi criado pelo grupo de Shockley.*



*Um transistor permite controlar uma corrente elevada com pouco esforço porque necessita apenas de uma corrente inferior.*

## COMPONENTES ATIVOS

Em relação à diferença dos componentes “passivos” que até agora foram estudados, o transistor é um componente ativo porque pode **controlar** uma corrente.

É essencialmente uma espécie de **válvula de regulação**, onde uma pequena corrente controla outra que é mais elevada.

Também os **relés** (secção Digital da lição 3) controlam uma corrente elevada com outra fraca, apesar de serem dispositivos eletromecânicos relativamente volumosos, lentos e necessitados de corrente.

Além disso o transistor não se limita a abrir e fechar a passagem, mas também, pode **variar** de uma forma contínua (analógica) a corrente que o atravessa, como uma resistência variável.

## TIPOS DE TRANSISTORES

Além dos transistores de união existem, entre outros, os transistores de **efeito de campo** (FET: Field-Effect Transistor).

**Ambos** são utilizados com muita frequência; os primeiros (BJT) sobretudo em eletrônica analógica e os segundos (FET) especialmente nos circuitos integrados digitais e nos controles de potência. Existem também outros dois dispositivos eletrônicos mais ou menos especializados (como o diodo controlado, SCR), **derivando** praticamente todos eles do transistor.



*Encapsulamentos habituais dos transistores de baixa potência.*



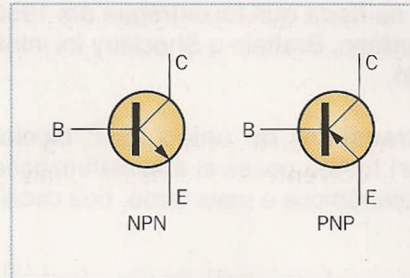
# Coletor, base, emissor

Os transistores são disponíveis nas duas polaridades: NPN e PNP

O símbolo do transistor de união mostra os seus **três terminais**, cujos nomes (coletor, base, emissor) derivam da construção e do funcionamento físico.

Os transistores mais utilizados são do tipo **NPN**, normalmente usados nos circuitos com alimentação positiva relativamente à massa.

A **seta** indica, como nos diodos, o sentido convencional da corrente (do polo positivo ao polo negativo) que percorre o terminal emissor durante o seu funcionamento normal.



Símbolos dos transistores NPN e PNP: C=Coletor, B=Base, E=Emissor.

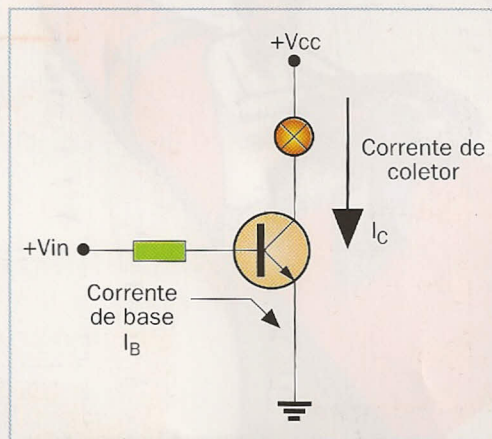
## CONTROLAR UMA CORRENTE

É muito comum utilizar os transistores na denominada configuração **emissor comum**, que aparece simplificada na figura.

Neste caso, a **corrente da base** (da base para o emissor) controla a corrente do coletor (do coletor para o emissor), que é a que acende a lâmpada.

Se não passa corrente pela base, também não passa do coletor e a lâmpada permanece apagada: o transistor está **cortado** ou seja, aberto.

Uma pequena corrente de base leva-o à **condução**: entre o coletor e o emissor passa corrente, como se existisse uma resistência de baixo valor.



Uma corrente de base fraca  $I_B$  controla a forte corrente do coletor  $I_C$ .

## MAIOR GANHO

Se uma corrente da base de 1mA ocasiona a passagem de uma corrente do coletor de 150 mA, diz-se que o transistor tem um **ganho** de 150 vezes.

Uma corrente não pode ser **produzida** do nada: a energia é proporcionada pela pilha ou pela fonte de alimentação.

O transistor atua como o **servo-freio** de um automóvel, porque permite aplicar uma forte pressão nos freios apenas com um ligeiro esforço do pé.

O ganho pode ser aproveitado, como veremos a seguir, para **amplificar** (aumentar o nível) as tensões alternadas como os sinais de áudio.



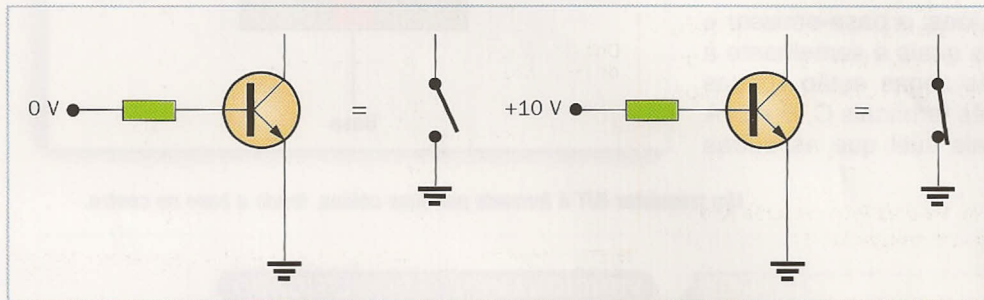
A recepção e a transformação em imagens das transmissões de televisão aproveitam a amplificação dos transistores.

# Interruptores de transistores

## O transistor pode ser utilizado para abrir ou fechar um circuito

Se a corrente da base é bastante elevada, o transistor fica **saturado** pois o coletor fica quase ligado com o emissor.

Portanto, numa primeira aproximação a ligação coletor-emissor pode ser vista como um interruptor **fechado**.



Ao alternar entre a interrupção e a saturação, o transistor pode ser utilizado como se fosse um **interruptor**.

*Os dois estados extremos do transistor (interrupção e saturação) correspondem a um interruptor que tanto pode estar aberto como fechado.*

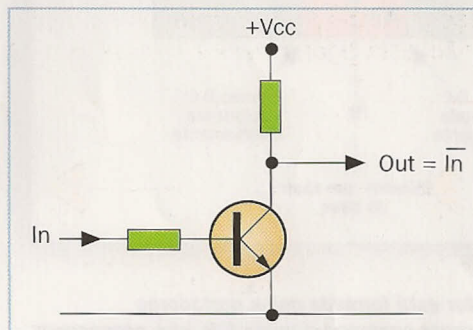
## INVERSÃO LÓGICA COM UM TRANSISTOR

A figura mostra um simples **inversor lógico** (NOT) realizado apenas com um transistor e dois resistores: ao aplicar uma tensão na entrada, a saída vai para a massa, e vice-versa.

Realmente, se existe tensão na entrada (valor lógico 1), passa uma pequena corrente através do resistor da base R1 que coloca o transistor em **condução** que, por sua vez, liga a saída ao à massa (valor lógico 0).

No entanto, se a entrada estiver na massa (0) não pode passar corrente da base e o transistor fica **interrompido**: entretanto o coletor não absorve corrente e o resistor do coletor tem a saída alta a  $V_{cc}$  (1).

Os primeiros **circuitos integrados** dos transistores são realizados de uma forma semelhante.



*Inversor (NOT) realizado com um transistor: uma tensão na entrada elimina tensão na saída e vice-versa.*

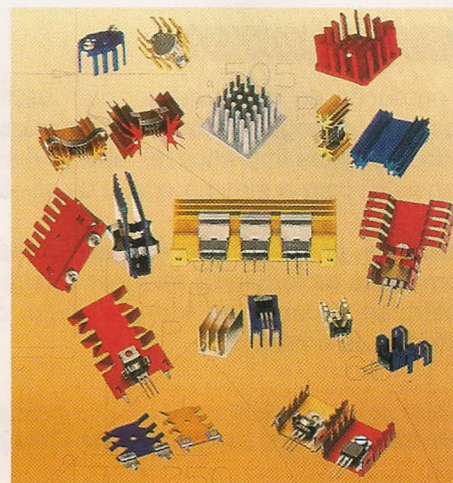
## QUEDAS DE TENSÃO

A ligação base-emissor comporta-se como um **diodo**: significando que existe uma queda de tensão (de mais ou menos 0,65 V).

Se a tensão aplicada é **inferior** a este valor, não passa corrente pela base e o transistor não pode transportar corrente. No entanto, quando existe saturação, o coletor não está totalmente ligado ao emissor. Existe uma pequena queda de **tensão na junção** na ordem de décimos de volts.

Se o transistor controla correntes fortes, provoca-se um **aquecimento** do componente, fato que se tem que prestar muita atenção.

*Os transistores de potência podem chegar a dissipar centenas de watts e necessitam ser arrefecidos com dissipadores especiais.*



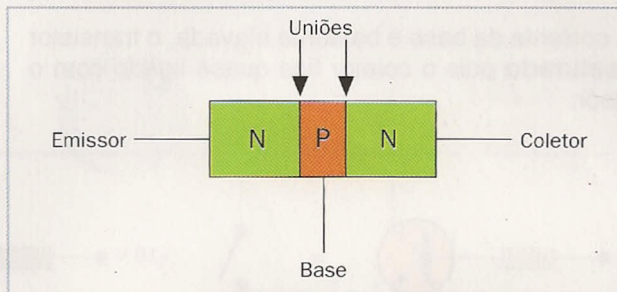


# Estrutura de um transistor

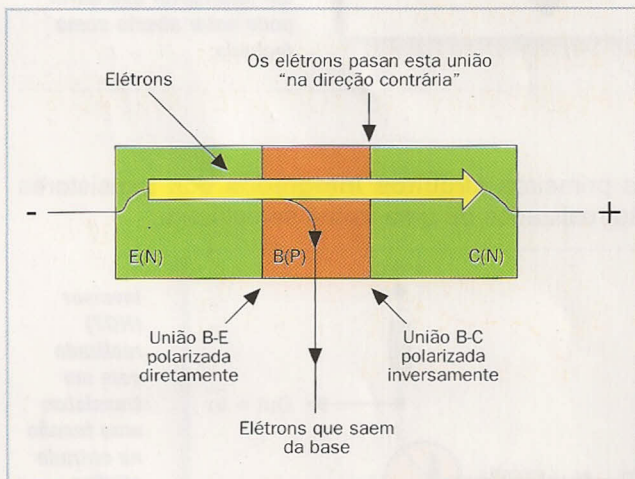
Como acontece com o diodo, o transistor é feito também com um único cristal de silício

Para se fabricar um transistor BJT deve-se dividi-lo em **três zonas**, primeiro a central dopada como P e logo as outras duas de cada um dos extremos como N (no caso de um transistor NPN).

Além disso há mais duas **uniões**: a base-emissor e a base-coletor, cada uma das quais é semelhante à de um diodo normal. As três zonas estão ligadas com o exterior através dos três terminais C, B e E. A zona central ou **base**, é mais sutil que as outras duas.



Um transistor BJT é formado por duas uniões, tendo a base no centro.



A corrente do coletor está formada pelos portadores procedentes do emissor conforme a união E-B, que conseguem atravessar a base.

## FUNCIONAMENTO SIMPLIFICADO

No funcionamento normal, a tensão no coletor é sempre **maior** do que a da base, o que significa que a união base-coletor está polarizada ao contrário.

Não pode entrar **corrente** através do coletor, exatamente como acontece com o diodo quando se aplica o positivo ao catodo.

No entanto, se fazemos passar corrente pela união base-emissor, os **portadores** procedentes do emissor (elétrons, já que o emissor é uma zona N) dirigem-se para a base.

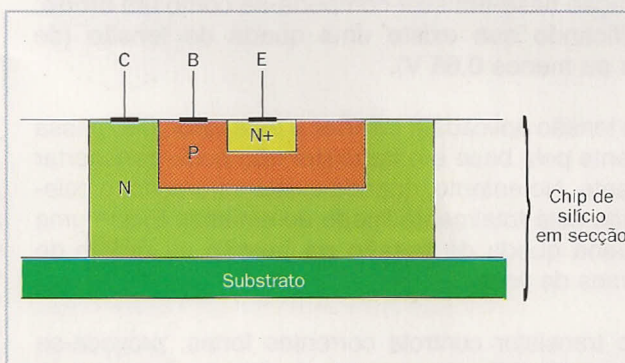
Deveriam agrupar-se com as lacunas (anulando-se como portadores), mas a base é muito **estreita**, sendo assim, aqueles que conseguem alcançar o coletor que os "recolhe" formam uma corrente.

## CONSTRUÇÃO PLANA

A produção de um transistor com os terminais dispostos num ângulo reto seria **complicada** e, sobretudo, resultaria impraticável realizar mais de que um transistor com o mesmo cristal de silício.

Utiliza-se, portanto, uma disposição **plana**, ou seja, com todos os terminais na mesma face; o transistor obtém-se dopando de forma distinta, os diferentes estratos do cristal.

**Secção de um transistor plano: a região do emissor dopa-se abundantemente (n+) para proporcionar vários portadores.**





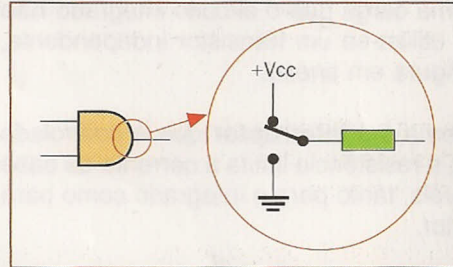
# Corrente de saída

**Os circuitos integrados lógicos normais nem sempre são capazes de proporcionar a corrente desejada**

A saída de um integrado digital CMOS equivale a um **comutador**: pode ser ligado tanto na fonte de alimentação como na massa, conforme o seu estado lógico.

A corrente que pode proporcionar é, no entanto, limitada: quanto mais **corrente** se necessita, mais se afasta a tensão de saída do valor correto.

De certo modo, é como se existisse na saída uma **resistência em série**, embora, realmente se trate da resistência interna dos componentes.



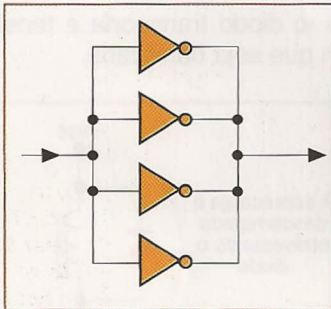
A saída de um circuito integrado lógico equivale, numa primeira aproximação, a um comutador com uma resistência em série.

## PROBLEMAS DE CORRENTE

Além da queda de tensão, a corrente de saída (que atravessa a resistência interna) produz uma **dissipação** da potência, que aquece o circuito. Os circuitos padrões não são os mais adequados para proporcionar **correntes elevadas**: desta forma, são utilizados amplificadores de corrente especiais, chamados "buffer" ou "driver".

Trata-se fundamentalmente de circuitos que, ao ter uma **resistência interna** menor, podem proporcionar mais corrente nas saídas.

Um buffer simples pode ser realizado com vários dispositivos (por exemplo, os inversores) em **paralelo**, como indica a figura, de modo que se possa proporcionar mais corrente.



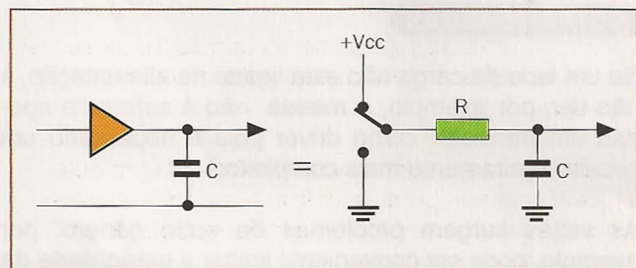
Vários dispositivos em paralelo proporcionam mais corrente.



## CAPACITÂNCIA E VELOCIDADE

Uma capacitância ligada à saída, que tenha várias entradas (ou também um fio bastante comprido), produz um **aquecimento**.

Um resistor e um capacitor formam um **filtro RC**, que "rodeia" o sinal digital. Também neste caso, para que a situação melhore, é necessário proporcionar mais corrente. Produzem-se **drivers** (condutores) especiais apropriados para controlar, por exemplo, linhas de ligação compridas, tais como as que existem entre um computador e um modem.



A resistência interna e a capacitância de carga na saída ocasionam uma alteração da forma dos sinais digitais.



# Circuito de controle (Driver)

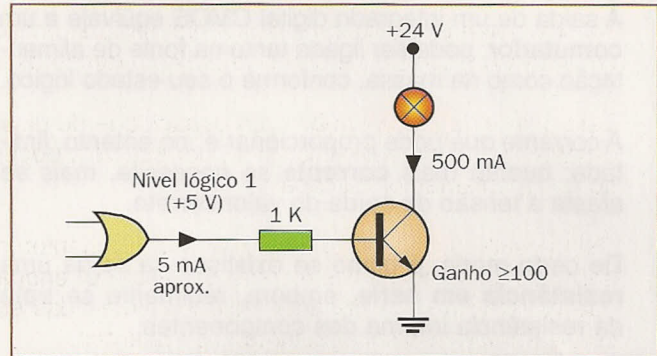
Para certos tipos de carga é necessário um circuito de interface especial

Para controlar uma carga que o circuito integrado **não pode suportar**, utiliza-se um transistor independente, como mostra a figura em anexo.

Este funciona como um **interruptor** que é controlado pelo sinal lógico; a resistência limita a corrente de base a valores aceitáveis, tanto para o integrado como para o próprio transistor.

O transistor funciona como um **driver**, ou seja, controla uma carga que não é aceitável para o integrado; no exemplo, tanto a tensão como a corrente seriam excessivas.

Em outras palavras, o driver é o elemento de ligação (**interface**) entre o circuito lógico e o mundo exterior.



Quando a saída do integrado está alta, a corrente de base passa e o transistor comporta-se como um interruptor fechado.

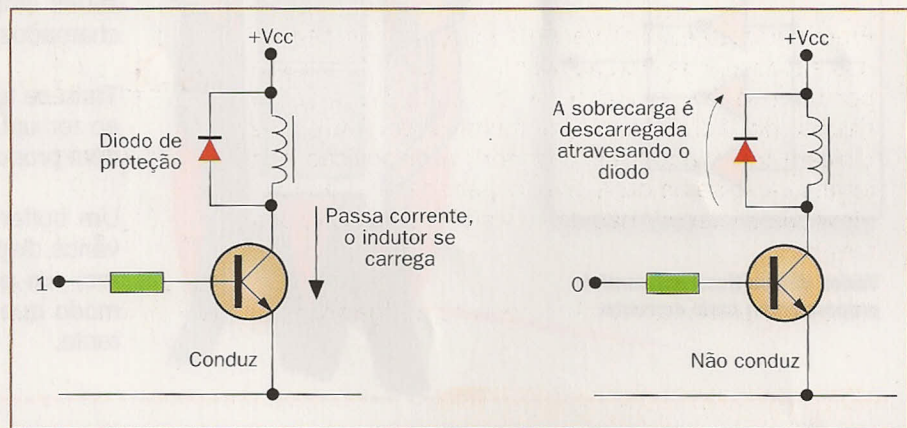
## CARGAS INDUTIVAS

Se a saída de um driver controla uma carga indutiva como a bobina de um relé, existe o perigo de uma **sobrecarga de tensão**.

Quando se abre o transistor do condutor, a **indução** origina uma tensão elevada, que pode destruir o componente. O problema pode ser resolvido com um diodo como se mostra na figura: quando a tensão no coletor **ultra-**

**passa** a da alimentação, o diodo transporta a tensão excessiva evitando assim que seja danificada.

**Proteção para cargas indutivas: na abertura, o indutor descarrega-se, fazendo circular a corrente no diodo em lugar de causar uma tensão que pode estar sobrecarregada.**

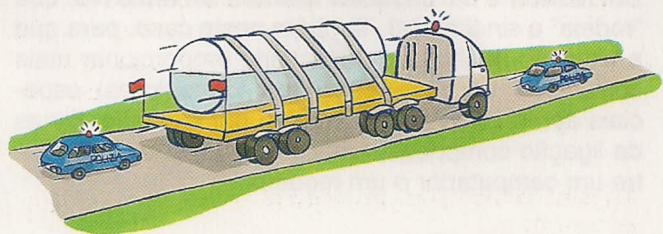


## OUTRAS CARGAS

Se um lado da carga não está ligado na alimentação, a não ser, por exemplo, a **massa**, não é suficiente apenas um transistor como driver pois é necessário um circuito ligeiramente mais complexo.

Às vezes surgem problemas de outro gênero: por exemplo, pode ser conveniente limitar a **velocidade da subida** do sinal que é enviado por um fio para evitar que se produzam interferências de rádio. Geralmente estes drivers especiais estão disponíveis como circuitos

integrados separados, que se ligam com os integrados lógicos normais.



# Coletor aberto

**Em algumas situações é útil que uma saída alta não seja ligada à alimentação mas que permaneça aberta**

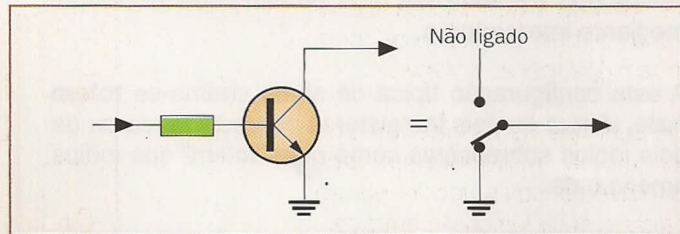
Há circuitos lógicos padrões já preparados para funcionar como **drivers**, por exemplo, com um transistor adicional incorporado.

Com frequência o coletor deste transistor não está ligado internamente porque está **livre**: chama-se portanto, “coletor aberto”.

Para os CMOS o termo correto é “drenagem aberta” (tratando-se de um FET), mas essencialmente é o mesmo: a saída está ligada à massa (0) ou deixa-se **aberta** (1).

Nos TTL (mas não nos CMOS), a tensão que o

transistor suporta melhor é ligeiramente **superior** àquela que é tolerada pelo resto do integrado.



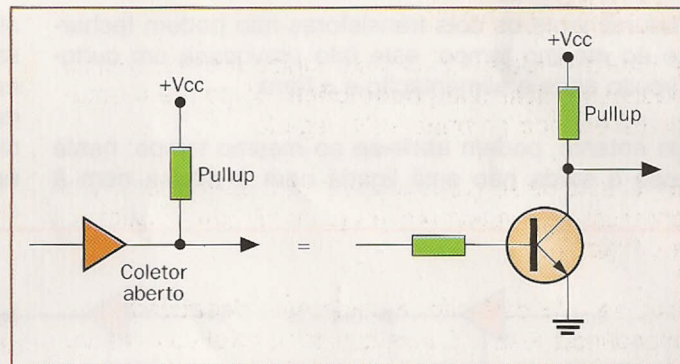
*Um circuito do coletor aberto (ou drenagem aberta) equivale a um único interruptor direcionado para a massa, fechado quando a saída é 0 e aberto quando é 1.*

## PULL-UP (EMPURRÃO)

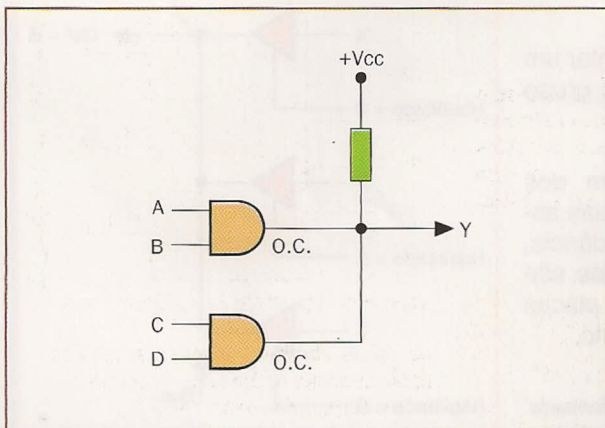
Devido a que é uma saída de coletor aberto ou drenagem aberta, no estado lógico 1 não está **ligada** a nenhuma parte nem leva tensão nenhuma (o estado não está exatamente nem em L nem em H).

Se queremos “ter alta” quando a saída não está ligada à massa, acrescenta-se um **resistor de pull-up** (empurrão), como se pode ver na figura em anexo.

Uma saída ligada desta forma **demora** mais em subir do que uma saída lógica normal, já que não se liga diretamente na alimentação quando vai a 1.



*O resistor de pull-up mantém a saída do coletor aberto (ou drenagem aberta) alta quando não está ligada (estado H).*



## OR FIO REVESTIDO

Uma das aplicações mais curiosas dos coletores abertos é o **OR revestido**, onde várias saídas deste tipo estão ligadas conjuntamente.

A saída está baixa se **pelo menos um** dos integrados tem a saída no estado lógico 0, e portanto liga-a com a massa (L), de outro modo esta será mantida alta (H) pelo resistor de pull-up. A terminologia “OR revestido” refere-se à **lógica negada** (L01, H=0) e utiliza-se por motivos históricos. Concretamente, o circuito comporta-se como uma porta AND.

*OR revestido: se as duas saídas das portas estão altas (1, H), a resistência do pull-up encarrega-se de levar Y ao positivo.*





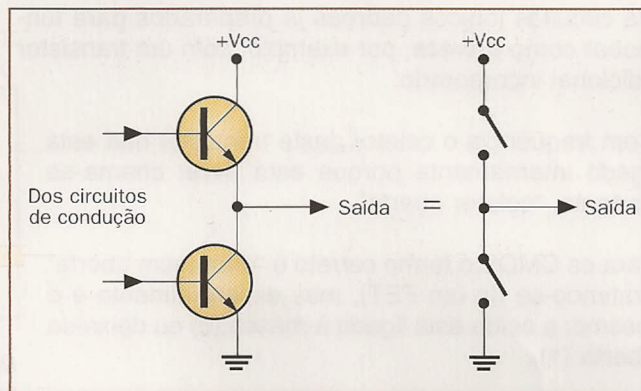
# Terceiro estado

Os circuitos lógicos têm apenas dois estados, mas podem ter também três!

Uma saída lógica normal pode estar ligada à alimentação ou à massa. Este fato pode ser conseguido através de dois **transistores** (BJT ou FET) que funcionam mediante interruptores.

A esta configuração típica de saída chama-se **totem pole**, já que os dois transistores parecem as caras de dois ídolos sobrepostas como num "totem" dos índios americanos.

*Numa saída habitual do totem pole, os dois interruptores são transistores, do tipo BJT utilizado nos integrados TTL.*

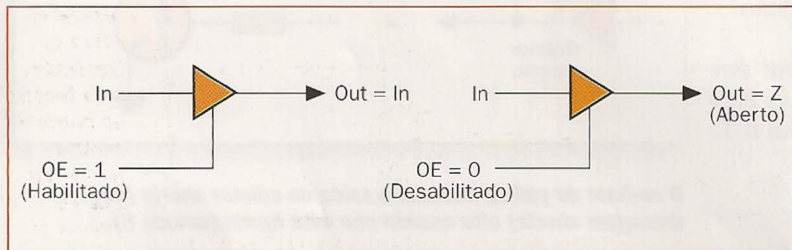


## SAÍDA ABERTA

Naturalmente os dois transistores não podem fechar-se ao mesmo tempo: este fato provocaria um curto-circuito entre a alimentação e o terra.

No entanto, podem **abrir-se** ao mesmo tempo: neste caso a saída não está ligada nem à massa nem à

alimentação, mas permanece aberta (flutuante). As saídas com estas possibilidades chamam-se **terceiro estado** (alta-impedância ou "tri-state"). O terceiro estado, de circuito aberto ou de "alta impedância", está indicado normalmente com o símbolo Z. Uma entrada de **output enable** (habilitação de saída), permite ativar as saídas (valores possíveis: L ou H) ou desativá-las deixando-as abertas (Z).



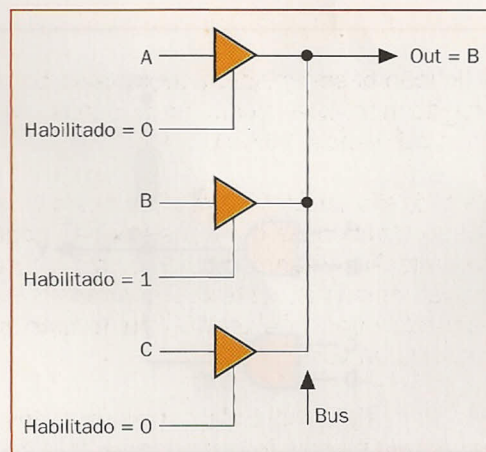
*A entrada de habilitação permite isolar a saída abrindo os dois transistores, como se o integrado não existisse.*

## BARRAMENTO

As saídas do terceiro estado não são utilizadas para acrescentar um terceiro estado lógico, mas para **partilhar** um mesmo fio ou grupo de fios (barramento) entre vários dispositivos.

Apenas durante um determinado instante, **somente um** dos dispositivos tem direito a controlar o barramento: as suas saídas estão habilitadas, enquanto que as outras estão com alta impedância, ou seja, isoladas, para evitar curtos-circuitos. Os barramentos são muito utilizados nos **microprocessadores**; por exemplo, as placas de expansão de um PC estão ligados a um mesmo barramento.

*Apenas a saída habilitada B pode conduzir o barramento de saída (formado aqui por um único fio); as outras estão em estado Z, ou seja, isoladas.*





# Encapsulamentos para transistores

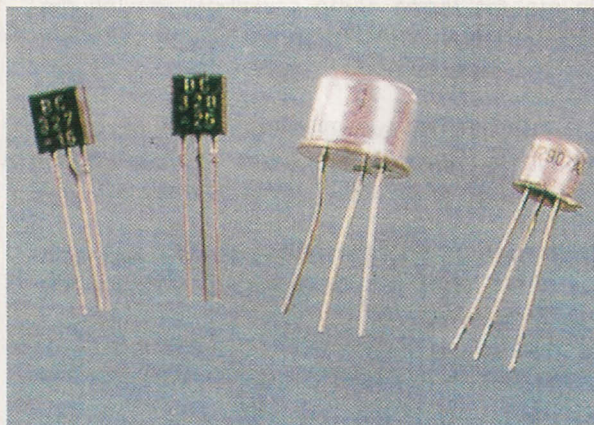
## A identificação dos três terminais não é sempre imediata

Naturalmente todos os transistores têm **limites**: em particular, tensão, corrente e potência máxima desperdiçada.

Esta última depende também da capacidade de dissipar o **calor** produzido pela união que, por sua vez, depende do encapsulamento ("carcaça").

Os transistores de baixa potência são freqüentemente encerrados em encapsulamentos de **plástico**, enquanto que os destinados a conduzir potências elevadas estão quase sempre em encapsulamentos metálicos.

*Os encapsulamentos de plástico são pequenos e econômicos; os metálicos permitem uma melhor transferência do calor.*



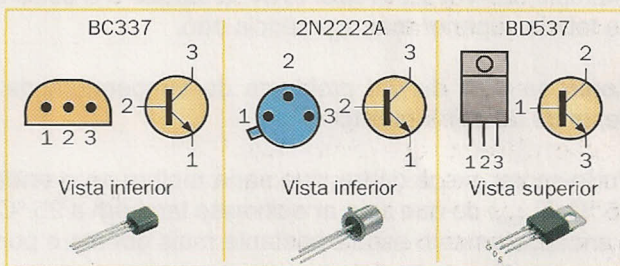
### DISPOSIÇÃO DOS TERMINAIS

Enquanto que os terminais dos diodos são fáceis de **identificar** (a barra é o catodo), para os transistores não existe um padrão unívoco.

Freqüentemente, embora nem sempre, nos pequenos encapsulamentos metálicos o emissor é indicado por uma saliência retangular; de certa maneira, os **dados do fabricante** têm muita importância. Se indicam **top view** (vista superior), a disposição dos terminais vê-se de cima, mas especificam-se **bottom view** (vista inferior), não estão visíveis pela parte dos terminais.

O encapsulamento metálico pode estar **ligado** a um

dos terminais, geralmente o coletor: é necessário recordá-lo para evitar problemas.

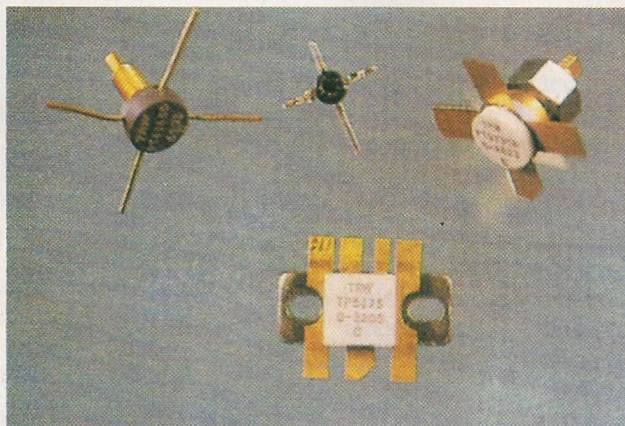


*Exemplos de identificação dos terminais, como se ilustra normalmente nos dados técnicos dos transistores.*

### ENCAPSULAMENTOS ESPECIAIS

Para que o espaço seja aproveitado ao máximo, utiliza-se com freqüência na indústria a **montagem superficial** com soldas apenas num dos lados do circuito (sem orifícios). Estes encapsulamentos **SMD** (Surface-Mounting Device: dispositivo de montagem na superfície) são minúsculos, e freqüentemente é necessária uma lupa para nos apercebermos de que se trata de um transistor. Mas muito mais visíveis são os transistores para a alta freqüência, incluídos no habitual encapsulamento **microstrip** desenhado para minimizar os problemas especiais destes circuitos.

*Transistores para altas freqüências nos encapsulamentos microstrip.*





# Dados dos transistores

## Começamos com os valores limite e com alguns dados típicos dos transistores utilizados como interruptores

Da mesma forma como acontece com os diodos, os transistores também têm uma tensão máxima suportável ou uma tensão de **ruptura**.

Das três tensões especificadas anteriormente, é importante sobretudo a existente **entre o coletor e o emissor**, com uma corrente de base 0 ( $V_{CE0}$ ).

Na prática, na configuração normal da utilização dos transistores, esta deve ser **inferior** à da tensão de alimentação.

Símbolo	Parâmetro	Valor	Unidade
$V_{CBO}$	Voltagem coletor-base ( $I_E = 0$ )	60	V
$V_{CEO}$	Voltagem coletor-emissor ( $I_B = 0$ )	30	V
$V_{EBO}$	Voltagem emissor-base ( $I_C = 0$ )	0	V
$I_C$	Corrente do coletor	0.8	A
$P_{tot}$	Dissipação de potência total a $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ a $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$	0.5	W
		1.8	W
$T_{stg}$	Temperatura de armazenamento	-65 a 200	$^\circ\text{C}$
$T_j$	Temperatura de união	175	$^\circ\text{C}$

*Limites absolutos do 2N2222, transistor de baixa potência.*

### CORRENTE E POTÊNCIA

Para não danificar a união não se deve ultrapassar a corrente máxima do **coletor** ( $I_C$ ); para consegui-lo é preferível manter-se longe do limite.

Também sem a superar, pode-se exceder a **potência máxima** desperdiçada: por exemplo, 20 V x 0,5 A dão 10 W: a tensão e a corrente estão nos limites indicados na tabela superior mas a potência não.

Como se trata de um problema de temperatura da união, a potência máxima depende do **esfriamento**.

Pode-se ver pelos dados que seria melhor se o **encapsulamento** estivesse a  $25^\circ\text{C}$  ( $T_{case}$ ) do que se o ar estivesse também a  $25^\circ\text{C}$  ( $T_{amb}$ ): no segundo caso o encapsulamento estará bastante mais quente e portanto também a união.



### DADOS DE TRABALHO

Um dado importante é a **ganho de corrente** ( $h_{FE}$ ). Se por exemplo for 20, significa que para fazer passar 100 mA pelo coletor necessitam-se pelo menos  $100 / 20 = 5$  mA na base.

Este fato é extremamente **variável**, também no mesmo componente: os dados indicam normalmente um valor mínimo e outro máximo.

Se o transistor é utilizado para **comutação**, ou seja, como interruptor, deve "fechar" bem para que o desperdício seja mínimo.

Portanto, a **tensão de saturação** deve ser baixa entre o coletor e o emissor ( $I_{CE(sat)}$ ); depende também da corrente que passa.

Símbolo	Parâmetro	Condições de teste	Min.	Tip.	Máx.	Unidade
$V_{CE(sat)}$ *	Voltagem de saturação coletor-emissor	$I_C = 15 \text{ mA}$ $I_B = 15 \text{ mA}$			0.4	V
		$I_C = 500 \text{ mA}$ $I_B = 50 \text{ mA}$			1.6	V
$h_{FE}$ *	Ganho de corrente DC	$I_C = 0.1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	35		300	
		$I_C = 1 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	50			
		$I_C = 10 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	75			
		$I_C = 150 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	100			
		$I_C = 500 \text{ mA}$ $V_{CE} = 10 \text{ V}$	30			
		$I_C = 150 \text{ mA}$ $V_{CE} = 1 \text{ V}$	50			

*Dois dados importantes: o ganho da corrente e a tensão de saturação.*

# Dados sobre os coletores abertos

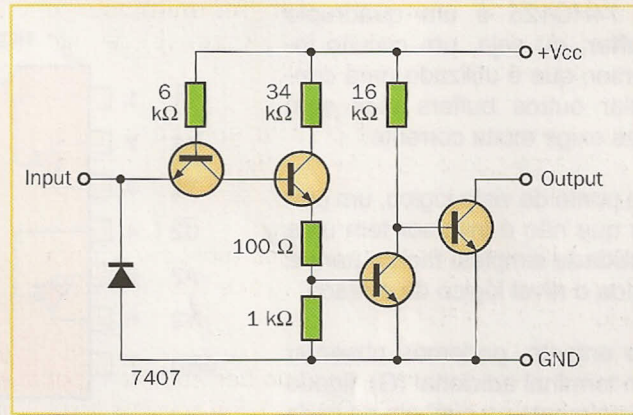
Os coletores abertos TTL são utilizados freqüentemente como condutores para os dispositivos de tensão mais elevada

Nestes circuitos lógicos, a saída consiste num transistor com um terminal que **não está ligado** e que funciona como um interruptor que vai para a massa.

Nos TTL (por exemplo, a serie 74LS) trata-se de um transistor normal de união (BJT) cujo terminal, aquele que não está ligado é o **coletor**.

Nos CMOS (por exemplo, a serie 74HC) é, no entanto, um transistor de efeito de campo (FET), no qual se deixou aberta o **dreno**, correspondente ao coletor.

*Na fase de saída de um coletor aberto 7407 (TTL), o coletor está livre e suporta tensões mais elevadas do  $V_{cc}$ .*

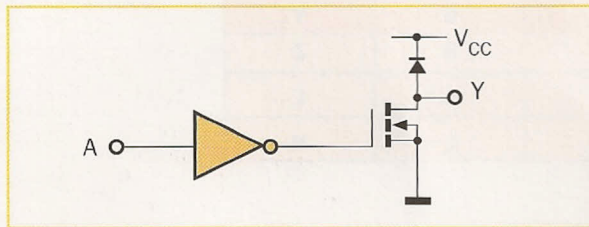


## ALTAS TENSÕES

Os coletores abertos (TTL) são especialmente adequados para controlar os dispositivos que funcionam com uma tensão **mais elevada** do que a que alimenta o integrado.

Por exemplo, o 7407 está alimentado com 5 V, mas o **coletor** do transistor de saída pode tolerar até 30 V.

Nas **drenagens abertas** (CMOS) isto não costuma suceder, pois a presença do diodo de proteção, não lhe permite superar a tensão de alimentação.



*Fase de saída de uma drenagem aberta 74HC07 (CMOS): o diodo de proteção impede a sua utilização com tensões maiores de  $V_{cc}$ .*

## ALTA IMPEDÂNCIA

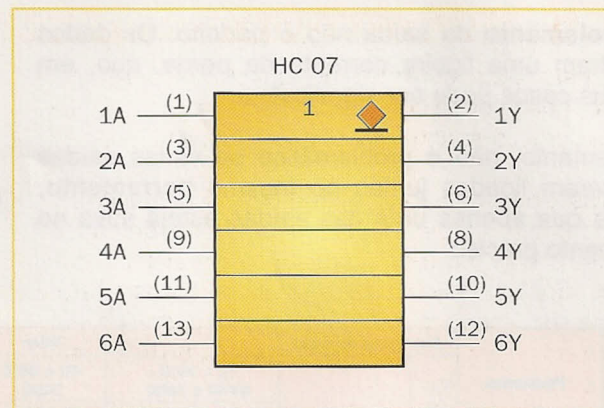
Quando a saída não está ligada à massa, significa simplesmente que está **aberta**, como se não estivesse ligada ao circuito.

A tabela verdade do 74HC07 mostra que se a entrada está baixa (L) a saída também está L ou seja, a massa, mas se a entrada está alta (H), a saída está com uma **impedância alta** (Z): sinal de que não está ligada.

Estes fatores aplicam-se aos CMOS se a tensão de saída (dreno aberto) se mantém **dentro** da alimentação ( $V_{cc}$ ).

A	Y
L	L
H	Z

*Tabela verdade do 74HC07: Z significa alta impedância indicando que está aberta.*



*A normativa IEC utiliza um símbolo especial para as saídas de dreno aberto.*



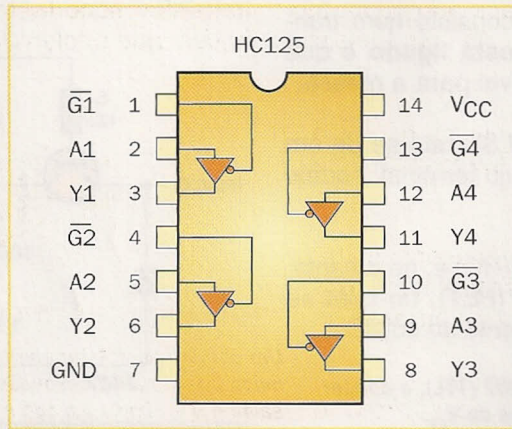
# Dados dos terceiros estados

## Os circuitos lógicos com saídas de alta impedância têm mais uma entrada de controle

O 74HC125 é um quádruplo **buffer**, ou seja, um circuito inversor, que é utilizado para controlar outros buffers mas sem lhes exigir muita corrente.

Do ponto de vista lógico, um buffer que não é inversor tem uma **entidade** simples: facilita para a saída o nível lógico da entrada.

No entanto, podemos observar um terminal adicional (G), ligado lateralmente ao símbolo de cada



um dos buffers: trata-se do **enable**, ou habilitação. O 74HC125 também possui saída em alta **impedância**: a sua saída pode ser ativada ou desativada à vontade. O círculo situado no terminal do enable indica que este está negado, ou seja, que está ativo em L.

*Disposição dos terminais do 74HC125 do quádruplo buffer; os terminais G são os enable.*

### TABELA VERDADE

A tabela verdade do circuito lógico mostra que se podem verificar duas **condições**, conforme o estado da entrada do enable (G negado).

A	$\bar{G}$	Y
X	H	Z
L	L	L
H	L	H

Se  $\bar{G}$  está baixo (L), a saída Y está **ativa**: nas duas encontra-se o mesmo nível (L ou H) que é aplicado à entrada A.

Mas se o  $\bar{G}$  está alto, a saída está **desativada** e a impedância está a Z, seja qual for o nível da entrada.

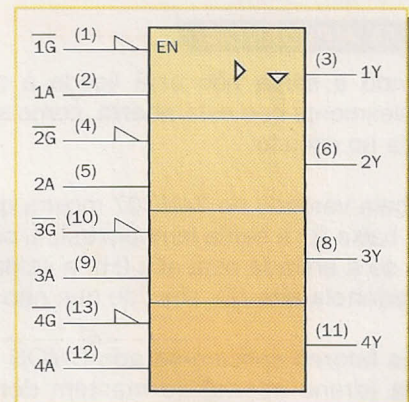
*Tabela verdade do 74HC125: o símbolo Z indica o estado de alta impedância, ou seja, a saída que não está ligada.*

### SAÍDA EM ALTA IMPEDÂNCIA E BARRAMENTO

O **isolamento** da saída não é perfeito. Os dados mostram uma ligeira corrente de perda, que, em alguns casos pode ser significativa.

No entanto, não é problemático se várias saídas estiverem ligadas juntas no mesmo **barramento**; basta que apenas uma das saídas esteja ativa no momento preciso.

*Mostra-se o curioso símbolo IEC para as saídas de alta impedância.*



*As saídas abertas (desautorizadas) não estão totalmente isoladas: a corrente de perda ( $I_{oz}$ ) depende, como é habitual, da temperatura.*

Símbolo	Parâmetro	Condições de teste		Valor						Unidade	
		$V_{CC}$ (V)		$T_A = 25^\circ\text{C}$ 54HC e 74HC		$-40$ a $85^\circ\text{C}$ 74HC		$-55$ a $125^\circ\text{C}$ 54HC			
				Min.	Tip.	Máx.	Min.	Máx.	Min.		Máx.
$I_{oz}$	Saída tri-estado Corrente fora de estado	6.0	$V_I = V_{IH}$ ou $V_{IL}$ $V_O = V_{CC}$ ou GND			$\pm 0.5$		$\pm 5$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$



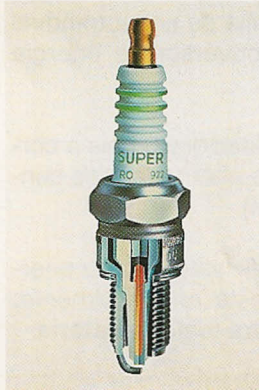
# O contato do automóvel

Desde os antigos dispositivos de "ímãs" até aos contatos modernos eletrônicos

O contato (que não se deve confundir com o arranque) está relacionado com a **faisca** que acende a mistura de ar-gasolina no cilindro, fazendo com que provoque a explosão (produzem-se milhares delas por minuto).

Obtém-se aplicando uma **tensão** que tem de ser suficientemente alta para provocar uma descarga elétrica entre os eletrodos metálicos das velas.

Este princípio tem-se mantido ao longo de mais de cem anos, mas o sistema de **produção** da alta tensão evoluiu notavelmente.



Uma tensão bastante elevada provoca uma descarga elétrica entre os eletrodos, que inicia a combustão.

## BOBINAS E CONTATOS

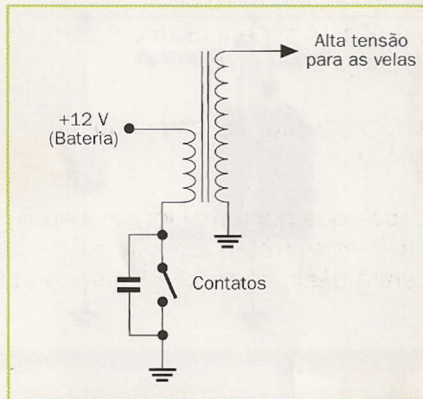
Os primeiros dispositivos utilizavam um **ímã** que, ao passar perto de um enrolamento, produzia tensão. No entanto esta tensão era bastante baixa.

Seguidamente adotaram-se os seguintes **contatos**: um interruptor ou "rotor" na árvore do motor, ligado em serie a um transformador (ou a um auto-transformador), e a "bobina" do contato.

Quando o interruptor é aberto, produz-se na bobina uma **tensão sobrecarregada** que, no enrolamento secundário (que tem muito mais espiras), alcança cerca de uma dezena de KV.

*Contato convencional: quando se abrem os contatos aparece um pico de alta tensão; o capacitor evita que se produzam faíscas nos contatos.*

Em outras palavras, a **energia magnética** armazenada no transformador ("bobina") é devolvida para o secundário através da alta tensão.



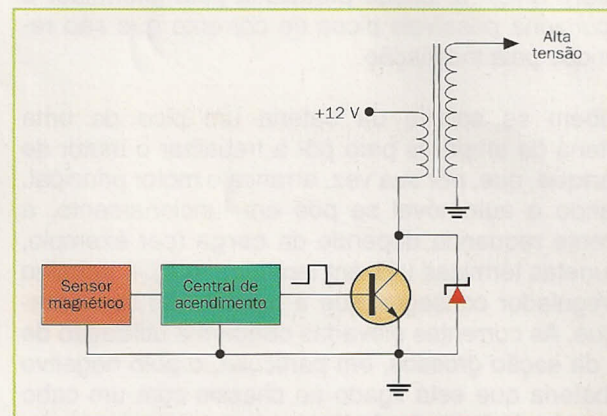
## CONTATO ELETRÔNICO

Os contatos com o uso desgastam-se e dão lugar a **irregularidades**; por isso, até os altos regimes permanecem fechados menos tempo e carregam menos energia para a bobina.

Por este fato, têm sido substituídos por um **transistor**, que é controlado por um circuito (central) que utiliza um sensor magnético na árvore do motor.

O controle **eletrônico** permite antecipar ou atrasar a chispa para otimizar o rendimento do motor.

*Contato eletrônico de um transistor, que substitui os contatos. O símbolo raro é um "diodo Zener" que o protege das tensões sobrecarregadas.*





# Carga e descarga

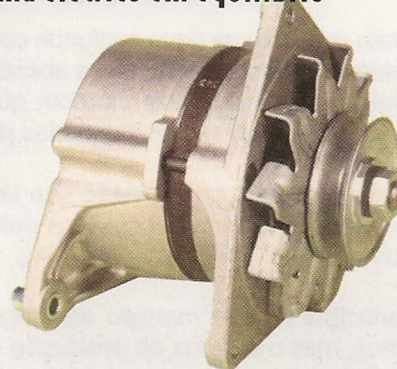
## A bateria de um automóvel está no centro de um sistema elétrico em equilíbrio

A fonte principal da energia elétrica de um automóvel é o **alternador**, ou seja, um conversor de energia mecânica em energia elétrica.

Além disso contém **diodos retificadores**, pois a corrente produzida não é realmente alternada mas contínua, (mais exatamente pulsada).

No entanto, o alternador não é suficiente: produz energia somente quando o motor está em movimento; quando está parado utiliza-se outra fonte: a **bateria**.

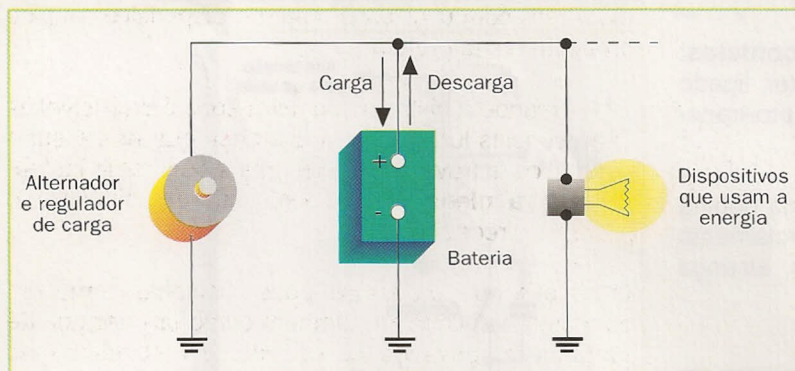
*Os alternadores modernos incluem tanto os diodos retificadores como o regulador de carga da bateria.*



### REGULADOR DE CARGA

A **energia** produzida pelo alternador aciona o dispositivo do contato e os acessórios elétricos e eletrônicos, desde os faróis ao ABS.

A parte excedente desta energia é utilizada para carregar a bateria, cujo **rendimento** é bastante baixo, pois somente devolverá cerca de 50% da energia recebida.



Para não sobrecarregar a bateria e danificá-la, utiliza-se um **regulador de carga**, normalmente incorporado no alternador: regula a tensão e limita a corrente.

*Para que a bateria esteja sempre carregada, a corrente deve entrar na bateria, e não sair dela.*

### CORRENTES EM JOGO

A bateria faz às vezes o papel de **intermediário** (buffer): nivela a tensão produzida pelo alternador e proporciona possíveis picos de corrente que são requeridos pela instalação.

Também se solicita da bateria um pico de uma centena de ampères para pôr a trabalhar o motor de **arranque**, que, por sua vez, arranca o motor principal. Quando o automóvel se põe em funcionamento, a corrente requerida depende da **carga** (por exemplo, as lunetas térmicas utilizam também 10 A): é trabalho do regulador conseguir que a bateria não se descarregue. As correntes elevadas obrigam a utilização de fios da seção grossos, em particular, o polo negativo da bateria que está ligado ao chassi com um cabo trançado da tomada de terra.



*O chassi metálico do automóvel é utilizado como uma tomada de terra de volta para todos os circuitos.*



# Sondas lógicas

**Estas ferramentas simples permitem ver os sinais lógicos nos circuitos digitais**

Uma sonda lógica, quando está apoiada num ponto do circuito, indica o seu **estado**: um (alto, H) ou zero (baixo, L).

Normalmente é **alimentada** com a mesma tensão do circuito; quase sempre com duas pinças que se ligam na alimentação.

O estado lógico está indicado geralmente por dois **LED** (diodos luminosos): estes indicam também o estado possível da alta impedância (Z).

*Tocando num ponto do circuito com a sonda ilumina-se o LED correspondente ao nível lógico do sinal.*

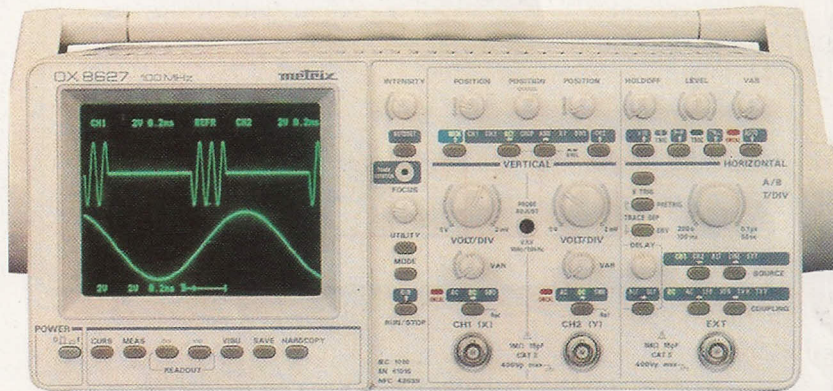


## LIMITES E IMPULSOS BREVES

Como os circuitos lógicos TTL e CMOS têm **limites** diferentes, as sondas lógicas permitem, normalmente, configurar os níveis correspondentes ao L e ao H.

Outra opção útil é a **captura** de impulsos que são muito breves para serem vistos: o LED permanece aceso durante um determinado tempo, permitindo assim que possam ser reconhecidos.

Perante uma certa **frequência** (impulsos muito próximos), as sondas lógicas ficam inutilizadas e portanto, é necessário recorrer às ferramentas mais sofisticadas como osciloscópios ou analisadores lógicos.

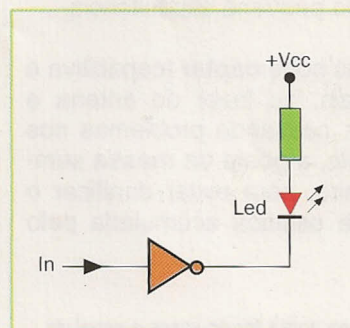


*Um osciloscópio é, sem dúvida, mais potente do que uma sonda lógica, mas é muito mais caro!*

## CONSTRUIR UMA SONDA LÓGICA

Se o único objetivo é ver o estado de um sinal lógico que muda com pouca frequência, é fácil realizar um **indicador lógico**.

A figura indica-nos como se pode ligar um **inversor** com um resistor e também com um diodo (LED): se a entrada está alta (H), a saída vai para a massa e o LED acende-se. Se a entrada está baixa (L), permanece apagado. O circuito funciona tanto com os TTL como com os CMOS, sempre que o integrado usado seja do mesmo gênero que o do circuito de prova, ou seja, que tenha os mesmos limites.



*Indicador lógico: o inversor funciona como condutor para o LED e necessita apenas da sua fraca corrente de entrada, que é mínima no caso do CMOS.*





# Multiteste e sinais lógicos

**Mesmo um multiteste simples pode, em muitos casos, ser suficiente**

Se medirmos um sinal lógico com um **multiteste**, é fácil determinar se o mesmo está baixo (L) ou alto (H), especialmente com os CMOS.

Nestes últimos, o valor L é praticamente **zero** (massa), enquanto que o valor H coincide com a alimentação (5 V).

Com os TTL, os limites são **menos claros**: com um valor inferior a 0,8 V é L enquanto que com um valor superior a 2,4 V é H.

Em ambos casos, um valor na zona **não definida** (por exemplo, 2,5 V para os CMOS ou 1,5 V para os TTL)

não é válido. Ou o sinal está mudando de estado contínuo e rapidamente ou há problemas.

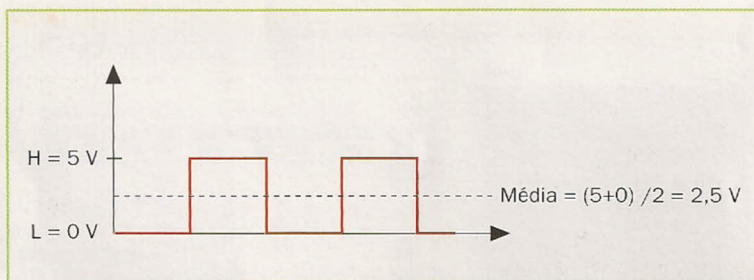


*Um valor típico alto (H, 1) de um circuito lógico CMOS.*

## MULTITESTE ANALÓGICO

Um multiteste analógico é menos preciso mas dá uma indicação **imediate**. Se o ponteiro sobe rapidamente, o nível é H.

Além disso, um multiteste analógico indica aproximadamente o **valor médio** de uma tensão que rapidamente se torna variável o que permite aplicações muito interessantes. Se por exemplo, num determinado ponto aparece uma **onda quadrada**, ou seja, uma alternância rápida e regular entre L e H, o multiteste analógico poderá medir metade da tensão de alimentação (num circuito CMOS).



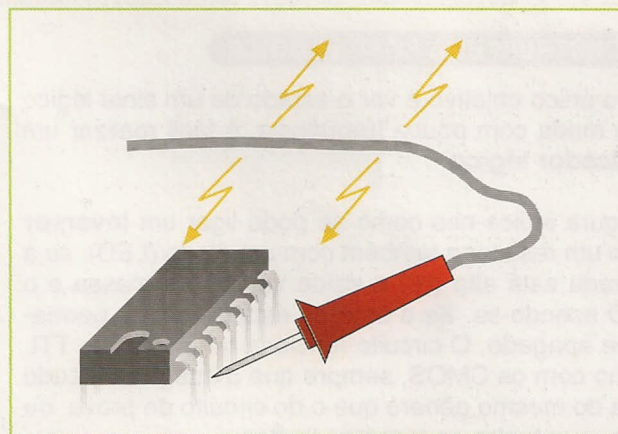
*O valor médio de uma onda quadrada (alta e baixa por tempos iguais) é a média aritmética entre os valores L e H.*

## INTERFERÊNCIAS NO CIRCUITO E DESDE O CIRCUITO

O multiteste pode **interferir** no circuito de teste, por exemplo, absorvendo corrente (especialmente o analógico) ou acrescentando uma pequena capacitância.

Além disso, o fio das pontas pode **captar** (capacitiva e indutivamente) outros sinais, ou fazer de antena e transmitir o que vai medir, causando problemas nos circuitos rápidos. Finalmente, a ponta da **massa** sempre deve ser ligada primeiro, para evitar danificar o circuito com a eletricidade estática acumulada pelo próprio corpo.

*Com um circuito digital rápido, uma ponta faz às vezes o papel de antena e transmite as interferências de rádio e televisão dos arredores.*



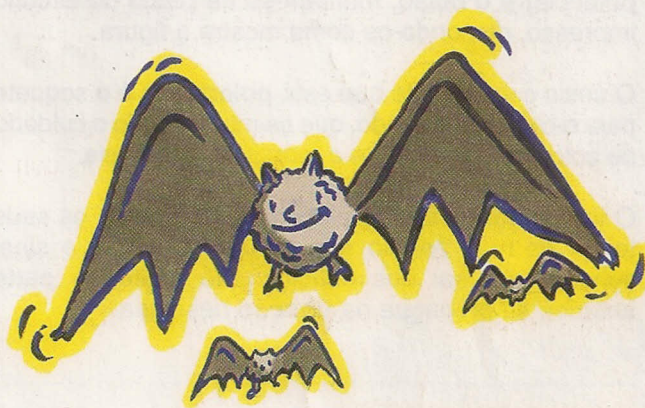


# Comando à distância dos ultra-sons

## Um aparelho para dar ordens com um assobio silencioso

O ouvido humano pode captar sons na **freqüência** compreendida entre 20 Hz e 20 KHz tendo em conta as características individuais das pessoas e a inevitável diminuição da sensibilidade que se vai reduzindo com a passagem dos anos.

Os sons, ou seja, as vibrações do ar, que ficam para além do campo audível humano, chamam-se respectivamente **infra-sons** (por baixo dos 20 Hz) e **ultra-sons** (quando ultrapassam os 20 KHz). Outros seres como por exemplo os cães, são capazes de ouvir freqüências mais agudas ou mesmo os morcegos que as utilizam como "radar" para mover-se rapidamente na escuridão mais absoluta.

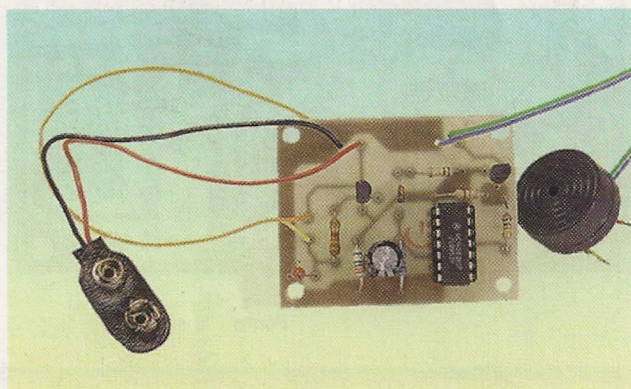


### CONTROLES POR ULTRA-SONS

Os primeiros **comandos à distância** de televisão funcionavam com ultra-sons, como o dispositivo simples proposto neste projeto.

Um comando à distância por ultra-sons é insensível às interferências luminosas: a diferença que existe entre este e os infravermelhos é que pode também ser utilizado **à plena luz do sol**, sem ser necessário proteger o receptor.

O circuito que propomos pode funcionar como um comando à distância e também como um **detetor de passagem**, ativando-se quando um obstáculo se interpõe na barreira dos ultra-sons.



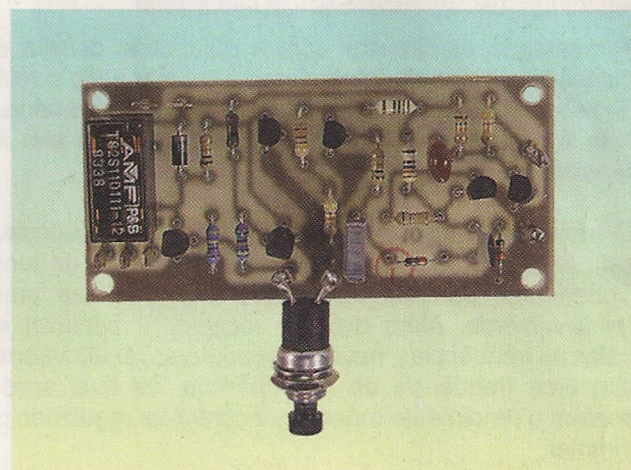
*O transmissor de ultra-sons ocupa um espaço muito reduzido; observe a cápsula do transdutor.*

### TRANSMISSOR E RECEPTOR

Como sucede com todos os comandos à distância, também este se compõe de dois circuitos distintos, realizados em placas separadas: o transmissor (**tx**) e o receptor (**rx**).

O primeiro emite ultra-sons com uma certa **freqüência** (40 KHz mais ou menos) e o segundo detecta a presença ou ativa um relé comutador, fechando o contato e abrindo outro. É curioso observar como o mesmo modelo de **transdutor ultra sônico** se utiliza tanto como alto-falante (no transmissor) como microfone (no receptor).

*O receptor de ultra-sons é mais complexo, já que tem de ampliar e detectar o débil sinal captado pelo transdutor.*



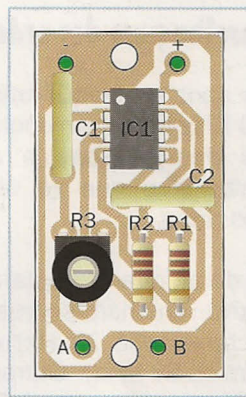


# Montagem dos dois circuitos

O transmissor é muito simples: os componentes, excluindo a pilha (de 9 V, ou 12 V para uma maior potência) e o botão, montam-se na **placa** do circuito impresso, dispondo-os como mostra a figura.

O único componente que está **polarizado** é o soquete para o circuito integrado, que se monta tendo o cuidado de colocar corretamente a marca de referência.

O transdutor ultra sônico aplica-se dobrando os seus terminais num ângulo reto, de forma a que o sinal sonoro, que sai dos orifícios que estão na parte anterior, se propague na **direção** desejada.



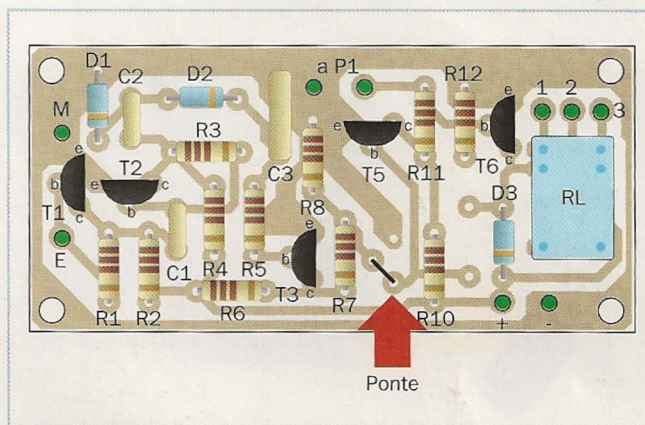
*Disposição dos componentes no circuito impresso do transmissor de ultra-sons.*

## O RECEPTOR

Como sempre, é necessário orientar corretamente os **diodos** e os transistores, no que se refere à figura seguinte: o relé pode inserir-se somente de uma forma, ou seja, não existe possibilidade de erro.

Também neste caso, o **transdutor ultra sônico** monta-se num ângulo reto de acordo com o circuito impresso, e a pilha (ou fonte correspondente) deve ser de 9 V.

Não deve esquecer a **ponte** do fio; a placa deixa espaço (e orifícios) para os outros dois componentes, um resistor e um transistor, que se utilizam na **variante** descrita na página seguinte.

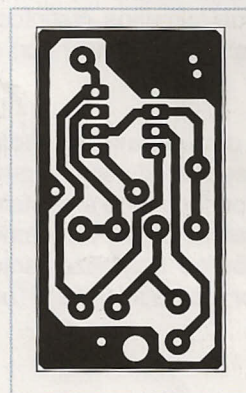


*Disposição dos componentes no circuito impresso do receptor de ultra-sons.*

## TESTE E INÍCIO DO FUNCIONAMENTO

Alimentando os circuitos com a polaridade correta e pulsando o botão do transmissor, será acionado o relé do receptor. **O isolamento dos contatos é reduzido. Não é necessário ligá-los a 110/220 V, mas sim a tensões baixas.**

O **trimmer** do transmissor, que controla a freqüência, está regulado para cobrir a máxima distância de funcionamento, partindo de perto e adaptando-se progressivamente. Além disso o receptor é sensível a todas as freqüências, mas os transdutores de ultra-sons têm uma freqüência de **ressonância**, na qual apresentam o rendimento máximo: encontra-se regulando o trimmer.



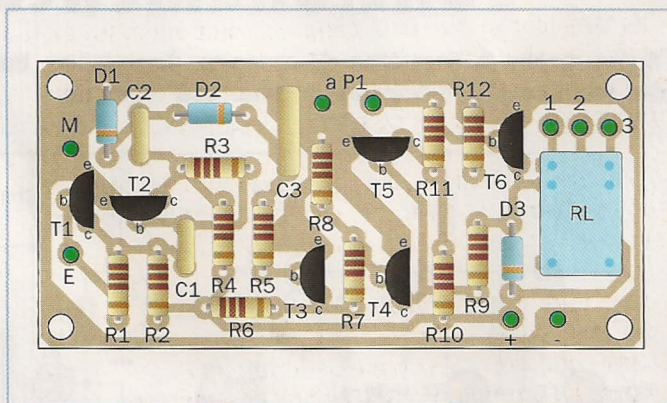
*Circuito impresso do transmissor visto pelo lado do cobre.*

### VARIANTE: DETETOR DA PASSAGEM

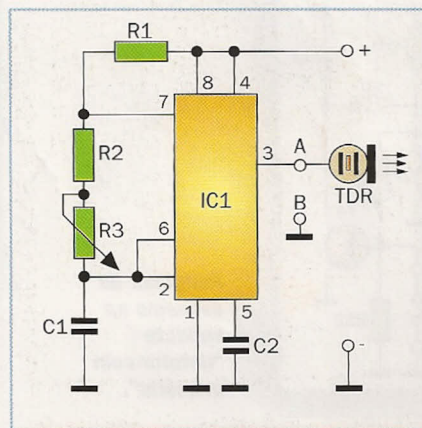
Se montarmos também T4 e R9 como mostra a figura, o receptor transforma-se num **detetor com memória**: se a barreira dos ultra-sons se interrompe, o relé é acionado e permanece fechado.

Pode ser devolvido à sua condição de repouso, reativando a transmissão interrompida e pressionando o **botão de recuperação** P1 do receptor.

Se **não se deseja** esta função da memória, basta não montar os transistores T5 e T6, substituindo o R9 por uma ponte de fio: o nosso circuito pode assim trabalhar de três formas distintas.



Montando também T4 e R9, o comando à distancia converte-se num detetor de interrupção de ultra-sons.



Esquema elétrico do transmissor: R1, R2, R3 e C1 controlam a frequência da oscilação.

### FUNCIONAMENTO DO TRANSMISSOR

Como se pode ver no esquema, o transmissor não é senão um circuito integrado, que controla **diretamente** o transdutor ultra sônico.

Uma vez mais, trata-se do versátil **555**, que funciona como oscilador de onda quadrada. A estabilidade é boa e a corrente de saída é suficiente para pôr a funcionar o transdutor TDR.

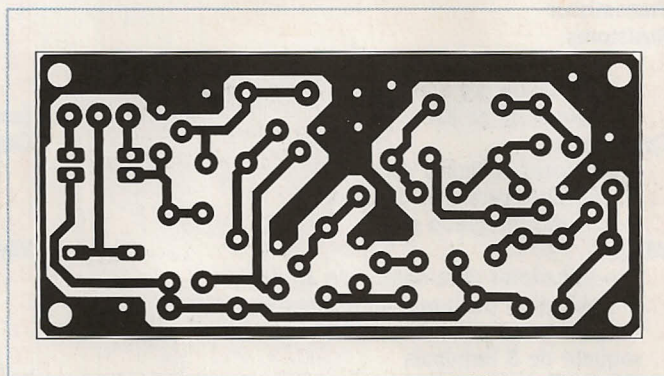
Este último é um dispositivo **piezoelétrico**: é um isolador para a corrente contínua, que absorve energia (produzindo ultra-sons) e se alimenta com uma frequência bastante alta.

### PORMENORES SOBRE OS ULTRA-SONS

Os ultra-sons não se propagam apenas em linha reta: por serem ondas muito **curtas** (de menos de 1 cm a 40 KHz), têm tendência a ressaltar, especialmente nas superfícies lisas.

Devido a esse fato também é possível utilizar o comando à distancia se não se está na **linha de visão**, utilizando, por exemplo, o vidro de uma janela como "espelho"; naturalmente a distância será inferior.

Existem diferentes objetos que podem produzir ultra-sons: se agitarmos umas **chaves** perto do receptor, provavelmente o relé atuará.



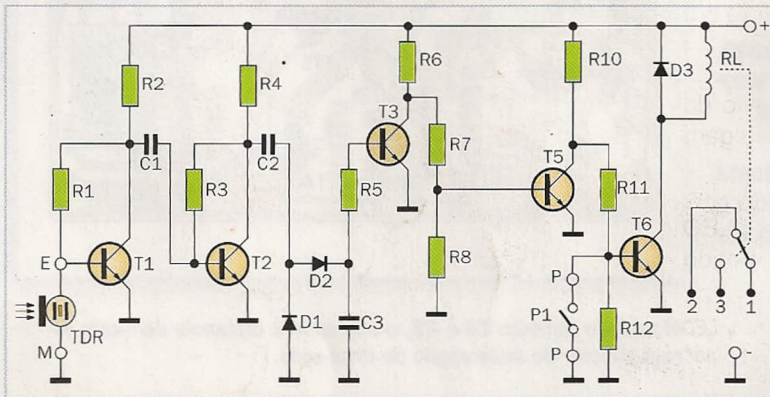
Circuito impresso do receptor, visto pelo lado do cobre.



# Funcionamento do receptor

A figura mostra o **esquema** do receptor, na versão base (comando à distancia): o sinal que vem do

transdutor TDR está ampliado pelo T1 e T2.



Os diodos D1 e D2 formam um **detetor**, que corrige a direção do sinal amplificado, depois de carregar lentamente o C3; depois de uns 200 ms. úteis também com a função contra interferências, o T3 começa a conduzir. A base do T5 encontra-se deste modo com a massa, o que significa que o seu coletor vai ao positivo, proporcionando (através do R11) corrente da base para o T6; este último conduz, fazendo saltar o relé.

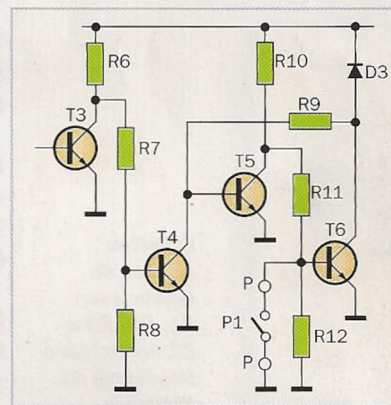
*Esquema elétrico do receptor dos ultra-sons, utilizado como um simples comando à distancia.*

## MEMÓRIA

Na variante “detetor de passagem” (ver figura), o T5 e o T6 formam um **flip-flop**: o coletor de cada um está ligado a um resistor na base do outro.

Se **faltar** o sinal, o T4 transporta, cortando o T5 e portanto, conduz ao T6: a tensão em R9 baixa quase até ao zero e o T5 já não pode conduzir, nem sequer se o T4 se abrir de novo.

O único modo de fazer **acionar** o relé consiste em pressionar o botão P1, tirando deste modo a corrente da base ao T6, que se abre.



*Pormenor do esquema na variante “detetor com memória”.*

## LISTA DE COMPONENTES

Todos os resistores são de 1/4 W 5%

### Transmissor

#### Resistores

- R1 = resistor de 1 K $\Omega$  (marrom, preto, vermelho)
- R2 = resistor de 3,3 K $\Omega$  (laranja, laranja, vermelho)
- R3 = trimmer de 10 K $\Omega$

#### Capacitores

- C1 = capacitor cerâmico de 3,3 nF
- C2 = capacitor cerâmico de 10 nF
- IC1 = circuito integrado 555

#### Vários

- TDR = transdutor ultra sónico de 40 KHz
- P1 = botão tipo push-pull normalmente aberto
- 4 fixações para o circuito impresso
- 1 soquete de 8 terminais
- 1 circuito impresso TX

### Receptor

#### Resistores

- R1 = resistor de 470 K $\Omega$  (amarelo, violeta, amarelo)

- R2, R5, R9 = resistores de 10 K $\Omega$  (marrom, preto, laranja)
- R3 = resistor de 560 K $\Omega$  (verde, azul, amarelo)
- R4 = resistor de 2,2 K $\Omega$  (vermelho, vermelho, vermelho)
- R6, R10 = resistor de 1 K $\Omega$  (marrom, preto, vermelho)
- R7, R8, R11, R12 = resistor de 4,7 K $\Omega$  (amarelo, violeta, vermelho)

#### Capacitores

- C1 = capacitor de poliéster de 22 nF
- C2 = capacitor cerâmico de 220 pF
- C3 = capacitor de poliéster de 100 nF

#### Vários

- D1, D2 = diodos 1N4148
- D3 = diodo 1N4001
- T1, T2, T3, T4, T5 = BC547
- T6 = BC337
- TDR = transdutor ultra sónico de 40 kHz
- RL = relé de 9 V - 1 contato
- P1 = botão tipo push-pull normalmente aberto
- 10 fixações para o circuito impresso
- 1 circuito impresso RX