

ELETRÔNICA

UNICA

14

para todos



DIODOS
ZENER



MONO-ESTÁVEIS



DADOS
DOS DIODOS ZENER



SENSORES
ANTI-ROUBO



O OSCILOSCÓPIO



Projeto nº 14:
INTERRUPTOR
CREPUSCULAR

SALVAT

JACKSON
LIBRI



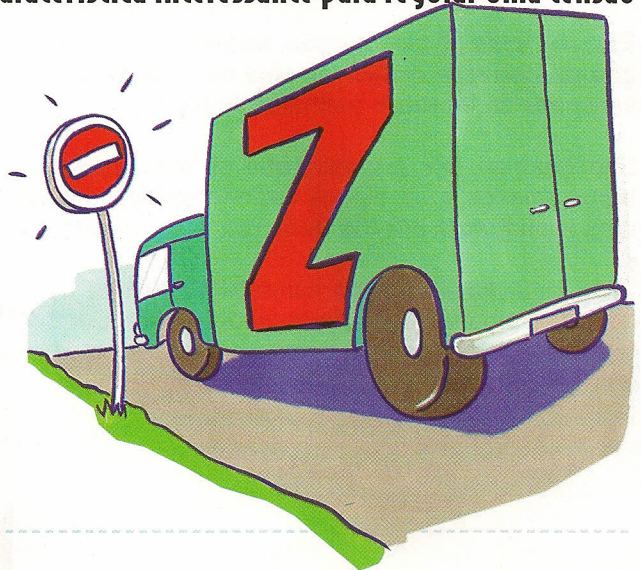
Diodos Zener

Uma limitação dos diodos pode chegar a ser uma característica interessante para regular uma tensão

Quando a **tensão inversa** que é aplicada a um diodo se aproxima do limite de ruptura, começa a passar corrente no “sentido proibido” da união.

Esta corrente pode não ser desejada e danificar o componente, mas também pode ser **utilizada** com outros fins.

O **efeito Zener** deve-se a fenômenos físicos, chamados “efeito avalanche”; este último pode-se controlar dosificando com exatidão as impurezas que estão no silício. Os **diodos Zener** aproveitam especialmente o segundo efeito, de modo que deixam passar a corrente inversa a partir da tensão desejada, por exemplo 5,6 V.



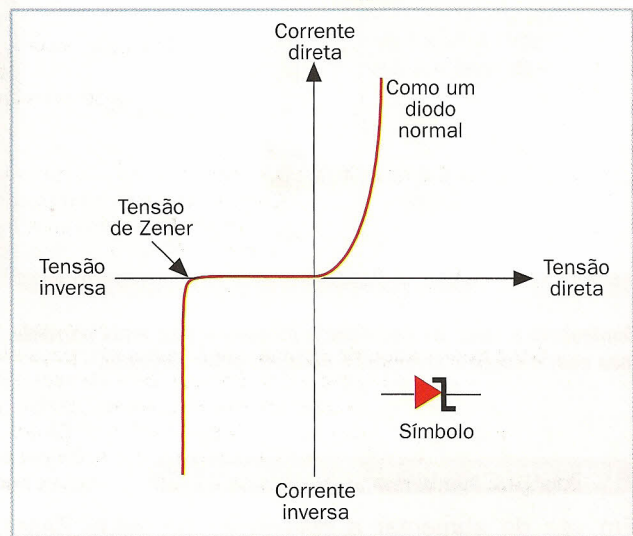
TENSÃO E CORRENTE

Em **condução direta**, isto é, com o positivo aplicado no anodo, um diodo zener comporta-se como um diodo normal, deixando passar a corrente.

Invertendo a tensão passa, como sempre, só a mínima **corrente de perda**, enquanto a tensão aplicada se mantém baixa.

Quando a tensão se aproxima do valor de zener, a **resistência** do dispositivo desce bastante e, portanto, a corrente sobe rapidamente, como mostra a figura.

Quando a tensão inversa atinge o valor de “ruptura” Zener, a corrente aumenta bruscamente.



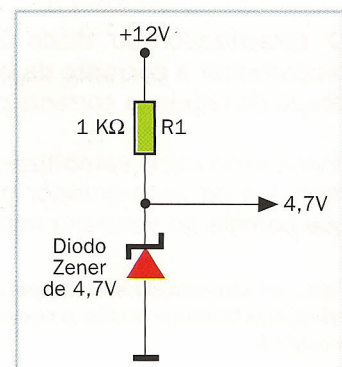
ESTABILIZADOR DE TENSÃO

A utilização mais importante do diodo Zener é como **regulador** da tensão. Está polarizado inversamente com uma resistência em série como mostra a figura.

A **tensão que se detecta à saída** é igual ao valor de Zener: se fosse superior. O diodo Zener absorveria mais corrente, provocando assim uma queda maior na resistência e reduzindo também a própria tensão.

O fato mais importante é que a tensão da saída não se vê afetada (pelo menos teoricamente) pelas **variações** da alimentação: sejam de 10 ou de 20 V, na saída existem sempre os 4,7 V do diodo Zener.

Gerador da tensão estabilizada com uma resistência ligada em série a um diodo Zener.





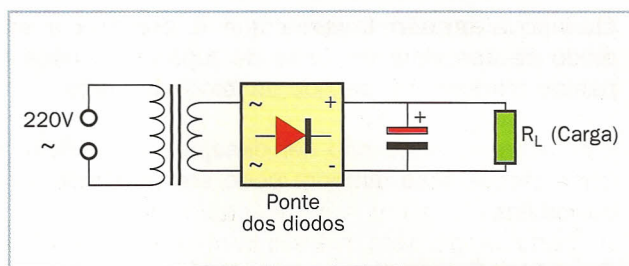
Fontes de alimentação estabilizadas

O Zener e os transistores permitem obter uma tensão independente da carga

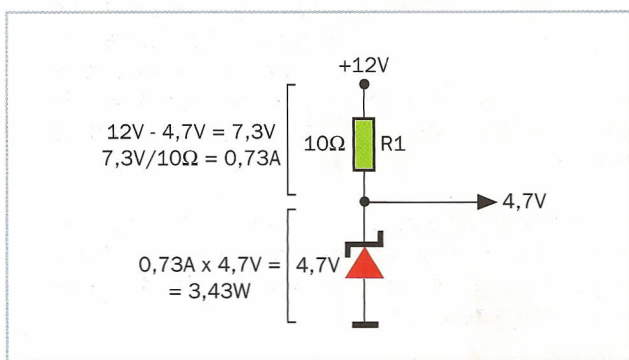
Em uma fonte de alimentação, as alterações na **absorção da corrente** praticadas pela carga podem causar variações da tensão e zumbidos de fundo.

Suponhamos, por exemplo, que os enrolamentos do transformador e os diodos rediretores têm, no total, uma **resistência interna** de $0,5 \Omega$.

Uma variação da (**carga** corrente absorvida) de 5 A ocasiona uma variação da tensão de $5 \times 0,5 = 2,5 \text{ V}$: totalmente inaceitável se o circuito está alimentado por uma tensão estável, por exemplo 5 V.



Fonte de alimentação não estabilizada, a tensão da saída altera-se tanto quando varia a da entrada, como a carga R_L .



Diminuindo o valor da resistência proporciona-se mais corrente, mas sem a carga a dissipação no diodo sobe bastante.

LIMITES DO DIODO ZENER

O estabilizador simples da página anterior, formado por uma resistência e um diodo Zener, é aceitável para cargas muito **leves**.

Se a carga necessitasse apenas de 10 mA, na resistência R_1 (de $1 \text{ K}\Omega$, ver página anterior) cairiam 10 V e a tensão da saída **baixaria** a 2 V, muito mais baixa do que o valor desejado.

Reduzir o R_1 como mostra a figura, resolveria o problema, ao mesmo tempo que se criava outro: **em vazio**, ou seja, na ausência da carga, a corrente no diodo (e portanto a sua dissipação) seria elevada.

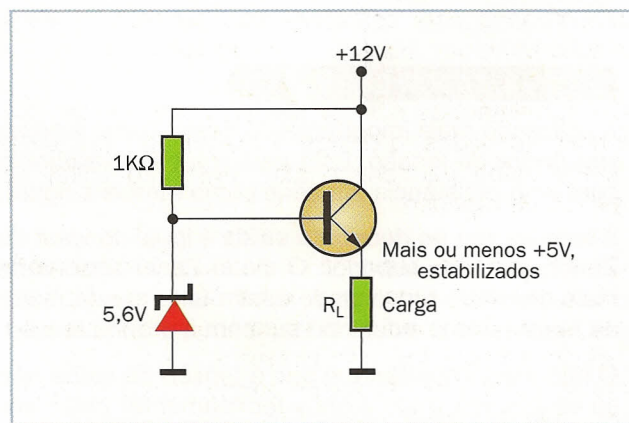
UM TRANSISTOR PARA POTENCIAR

Em vez de aumentar a dissipação no diodo Zener, pode-se utilizar um **transistor** como seguidor do emissor tal como mostra a figura.

O estabilizador do diodo Zener deve unicamente proporcionar a **corrente da base** do transistor, que se ocupa de regular a corrente principal.

A tensão da saída **estabiliza-se** com a do diodo Zener, menos a da base-emissor (mais ou menos $0,65 \text{ V}$): que permite ao transistor mantê-la constante.

Fonte de alimentação estabilizada com o Zener e o transistor: o primeiro estabiliza a tensão, o segundo proporciona a corrente para a carga R_L .

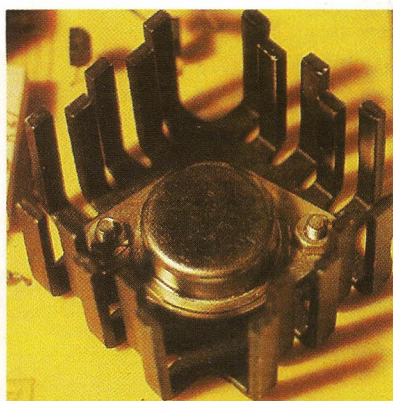


Dissipação no regulador

As fontes de alimentação estabilizadas do tipo linear desaproveitam muita energia em forma de calor

O estabilizador do diodo Zener e do transistor é do tipo **linear**: comporta-se como uma resistência variável, que regula a corrente de modo que a tensão se mantenha constante.

Como o regulador deixa passar corrente através do transistor, nos seus extremos existe uma tensão que **dissipa potência** e portanto aquece.



Este fato implica um desaproveitamento de energia e um **aquecimento** do próprio transistor, necessitando talvez dissipadores metálicos.

Veremos como os reguladores mais complexos **de comutação** resolvem o problema com uma técnica radicalmente diferente.

O calor produzido no transistor regulador extrai-se para manter a união com uma temperatura aceitável.

QUEDA NO REGULADOR

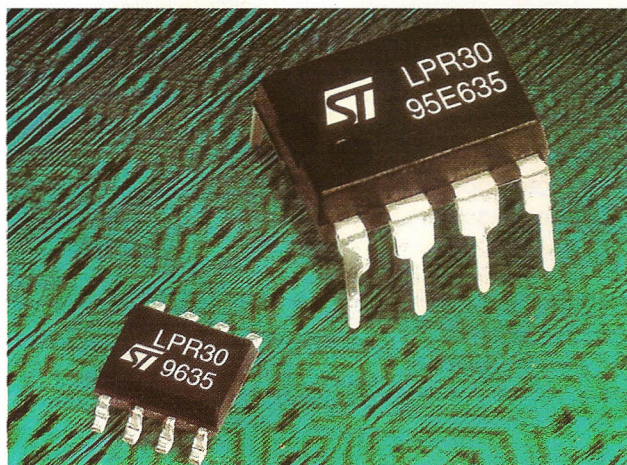
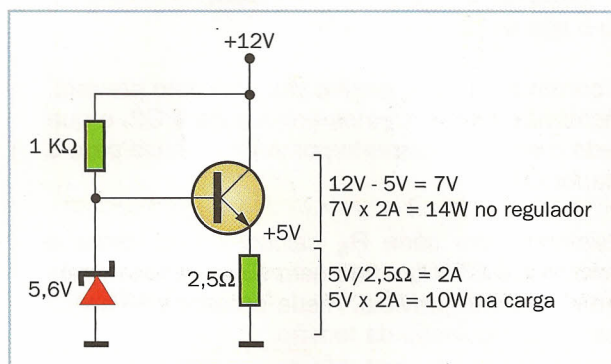
Para **minimizar** a queda de tensão, e portanto o aquecimento, a tensão da entrada deve ser baixa embora mantendo-se compatível com o funcionamento do circuito.

A **tensão da entrada** ideal é aproximadamente a de um par de volts mais do que a da saída, sendo suficiente para o estabilizador do diodo Zener e para a queda base-emissor.

Infelizmente, a tensão da rede da qual provém é variável (por exemplo de 195 V a 245 V): o circuito deve funcionar **no pior dos casos**, com uma tensão mínima.

Dissipação do transistor estabilizador no pior dos casos: máxima tensão na entrada, máxima corrente na saída.

Para o aquecimento, **pior** caso é o contrário: máxima tensão da rede e máxima necessidade da corrente por parte da carga.



LIMITES DA REGULAÇÃO

A regulação quando varia a carga é quase sempre **imperfeita**, devido à corrente da base e da resistência interna do transistor.

O melhor seria introduzir uma **retro-alimentação**, ou seja, controlar a tensão da saída e regulá-la; veremos a seguir como podemos obtê-la.

Existem reguladores da tensão lineares na forma dos circuitos integrados.



Proteção dos alimentadores

É necessário prevenir os problemas ocasionados pelas correntes excessivas, com a finalidade de não provocar estragos irreversíveis

No caso do **curto-circuito**, o transistor regulador procura que a tensão suba deixando passar mais corrente, até que se coloca na condução completa.

Portanto, passa toda a corrente que a entrada pode proporcionar, causando muitas vezes a **destruição** em poucos milissegundos do próprio transistor.

Menos drástica mas igualmente prejudicial, é simplesmente uma **sobrecarga**: com mais corrente do que a prevista, o transistor aquece demais e a sua união estraga-se.

O aquecimento causado por uma corrente excessiva é o primeiro problema das fontes de alimentação estabilizadas.



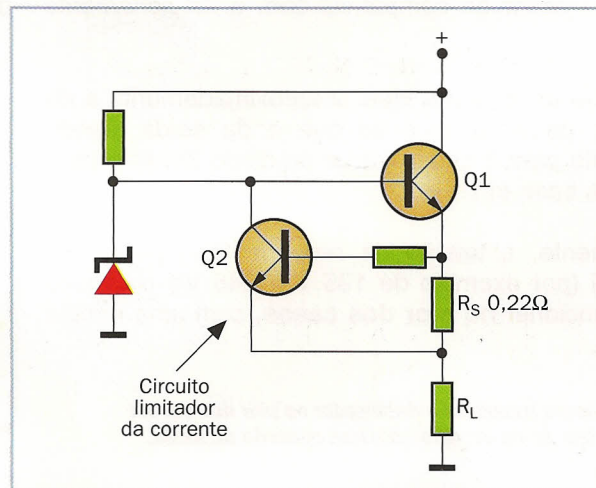
LIMITAÇÃO DA CORRENTE

Com uma resistência em série e um segundo transistor pode-se construir um **limitador** da corrente, como o que se pode ver na figura.

Se a corrente em R_S supera o valor máximo previsto, a tensão nos seus extremos envia-o para Q2, o que **impede** o envio da corrente posterior da base para o regulador Q1.

A resistência em série R_S calcula-se de forma a proporcionar 0,65 V quando esta é atravessada pela corrente **máxima** prevista. A sua presença complica um pouco a regulação da tensão.

Limitação da corrente: com 3A, nos extremos do R_S há $3 \times 0,22 \text{ V} = 0,66 \text{ V}$; o Q2 conduz e "subtrai-lhe" corrente na base do Q1.



LIMITAÇÃO TÉRMICA

Embora a corrente seja limitada, o transistor regulador **aquece** bastante. Para evitar um aumento das dimensões do seu dissipador, pode-se acrescentar uma proteção baseada na temperatura.

Esta solução pode tratar-se de um simples interruptor térmico (termostato) ou de um circuito eletrônico mais sofisticado. Em todo caso deve **apagar** a fonte se o regulador aquecer.

Os alimentadores **do circuito integrado** estão quase sempre protegidos tanto contra os curto-circuito como contra o aquecimento.

Resistência sensível à temperatura, utilizada por exemplo nos circuitos de proteção contra o aquecimento.





Mono-estáveis

Os circuitos que voltam sempre para o estado de repouso são utilizados para criar impulsos e atrasos

Até agora temos visto circuitos cujo estado depende dos valores lógicos da entrada (lógica combinada) ou do que se passou anteriormente com os mesmos (lógica seqüencial).

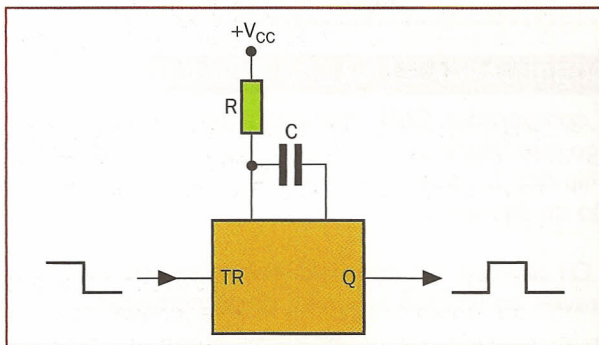
Existe também outra possível variante: o tempo. Há circuitos que mudam de estado depois de um certo tempo, sem que exista necessidade de estimulação externa.



Em particular, os **mono-estáveis** (ou "one-shot", de golpe) mudam de estado sob controle. Durante um certo tempo mantêm o novo estado e depois voltam ao anterior.

TRIGGER

O impulso de excitação que põe a funcionar o tempo chama-se **trigger** ("gatilho") e aplica-se à entrada com o mesmo nome do mono-estável.



Normalmente, o valor lógico da entrada do trigger não interessa.

Somente interessa a sua **transição**: por exemplo de cima para baixo (de 1 a 0), ou seja, a pantalha da descida.

Quando se produz esta transição, o mono-estável passa para o estado ativo e começa a contar o tempo. Depois do período predeterminado, volta ao estado de repouso.

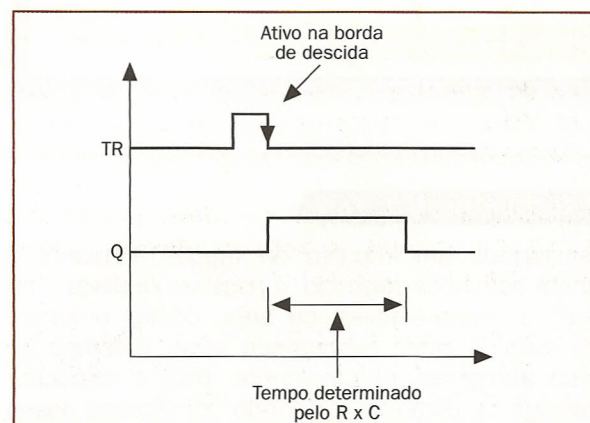
O sinal do trigger, neste caso a borda de descida, faz com que a saída seja alta voltando a ser baixa depois do tempo configurado.

TEMPO E GRUPO RC

A duração do impulso da saída é normalmente determinada pela constante RC, ou seja, a associação entre um resistor e um capacitor.

Se aumentarmos o valor de cada um, dentro dos limites admitidos, o tempo é aumentado enquanto que a saída permanece ativa antes de voltar ao estado de repouso.

Geralmente este tempo é proporcional à **constante RC**, que é o produto dos valores da resistência e do capacitor. Como estes dois componentes (ou pelo menos o capacitor) são **externos** ao circuito integrado, é possível escolher o tempo desejado durante a fase do projeto do circuito.



O resistor e o capacitor externos estabelecem o comprimento (duração) do impulso da saída.



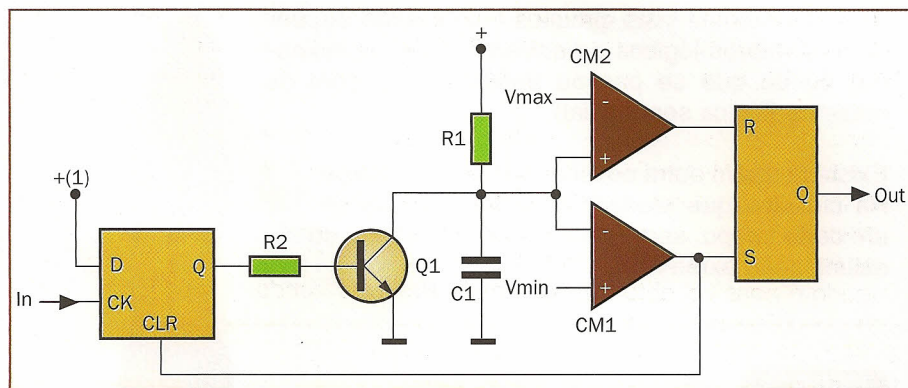
Como funciona um mono-estável

O mecanismo baseia-se numa combinação de técnicas analógicas e digitais

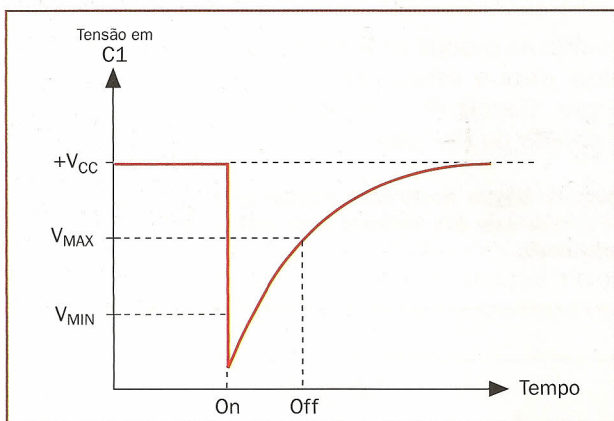
A figura mostra um possível **esquema interno** de um mono-estável: um grupo RC, um flip-flop do tipo D e um do tipo R-S, um transistor e dois “comparadores”.

Estes últimos **comparam** dois sinais analógicos, indicando o número 1 no caso de que a tensão à entrada “+” ultrapasse a da entrada “-” (veremos mais adiante qual é o seu funcionamento).

O capacitor está quase sempre carregado; quando o impulso do trigger faz comutar o flip-flop, este fornece corrente ao transistor que **descarrega** o capacitor.



Mono-estável: o flip-flop D controla a descarga do C1 (em atenção ao Q1) e a sua recarga com R1; o flip-flop R-S controla a saída.



SOBRECARGA E FINAL DO PERÍODO

O comparador CM1 mantém a tensão no capacitor: logo que desce abaixo do mínimo V_{MIN} , **volta a iniciar** o flip-flop D com o Clear (CLR) e ativa a saída (ativação do flip-flop R-S).

O Q1 abre-se e o capacitor **recarrega-se** lentamente através do R1, até à tensão de alimentação.

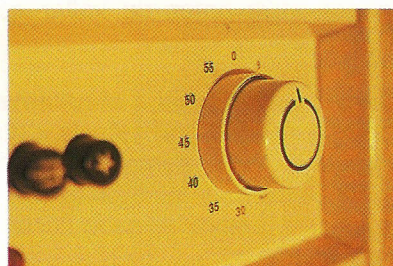
O comparador CM2 observa o capacitor: quando está com carga suficiente, envia um reset ao flip-flop R-S, de forma que a **saída** final volte a ser 0.

Tensão no capacitor durante um certo período: V_{MIN} e V_{MAX} são as tensões de referência dos comparadores CM1 e CM2.

RETRIGGERING E CLEAR

Se enviarmos um impulso do trigger enquanto o capacitor estiver carregando, é possível **reativar** (“re-trigger”) o mono-estável, ou seja, contar o tempo desde zero. A saída permanece ativa: o tempo do impulso **alarga-se** simplesmente, pois o capacitor descarrega-se como se o período começasse nesse momento.

Geralmente há também uma entrada do **Clear** (posta a zero) para interromper o período e pôr de novo a saída a 0.



O mono-estável é igual a um contador de minutos: pode recarregar-se antes que toque, para alargar o tempo.

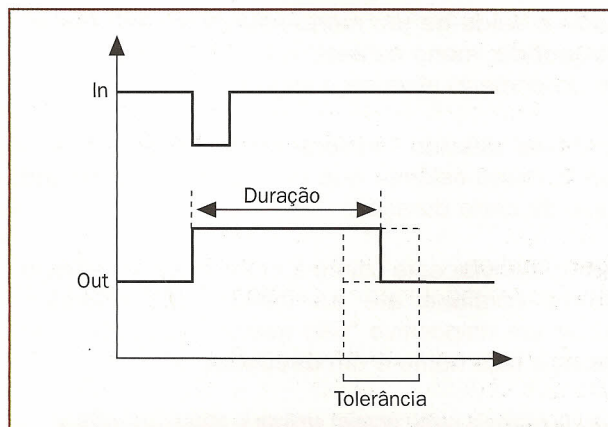
Limites dos mono-estáveis

A dependência dos fenômenos analógicos faz com que os mono-estáveis sejam utilizados muito poucas vezes

Os mono-estáveis estão bem para obter impulsos breves e **pouco precisos**. De fato têm alguns inconvenientes.

De certo modo, dependem da sua natureza, em parte, **analógica** que os faz ser mais susceptíveis aos problemas, já que não são circuitos puramente digitais.

Por exemplo, o tempo depende da **tolerância** dos componentes analógicos: a resistência e o capacitor, este último menos estável e também mais sensível à temperatura.

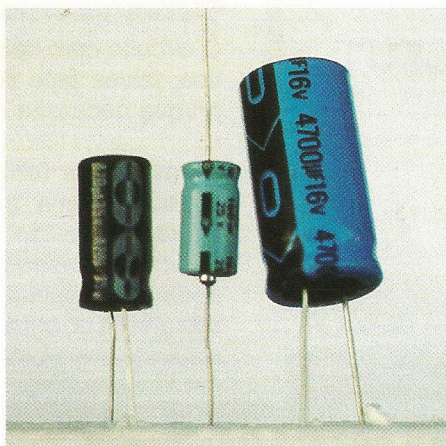


A duração do impulso produzido pelo mono-estável não pode ser determinado com precisão.

OUTROS PROBLEMAS

A **tensão da alimentação** pode influir na duração do impulso, e também nas possíveis interferências sobrepostas à mesma. Já que o integrado foi projetado para compensar as variações da alimentação e da temperatura, é inevitável que surja uma certa dependência.

O **tempo mínimo** está determinado pelos tempos internos (por exemplo, dos flip-flop), enquanto



que o tempo máximo está ligado às correntes em jogo.

Uma resistência de valor elevado suportaria **correntes de perda**, ao passo que um capacitor grande poderia causar correntes de descarga excessivas (que se resolveriam limitando a corrente)

A dependência dos componentes analógicos tem que ser evitada na eletrônica digital.

ALTERNATIVAS PARA OS MONO-ESTÁVEIS

Para tempos limitados, existem as **linhas de atraso** (delay line), que são dispositivos baseados nos grupos LC e construídos para que o sinal chegue à saída depois de passado um certo tempo, em todo o caso muito breve (50 nseg).

Outras tecnologias, como as ondas ultra-sônicas, permitem tempos mais longos, mas são caras e, além disso, **imprecisas** (foram criadas para circuitos analógicos, como os televisores). A melhor solução como veremos, é utilizar circuitos **totalmente digitais** também para atrasos e temporizações em geral.



Os relógios digitais não dependem dos componentes analógicos: contam os impulsos produzidos a intervalos regulares (por exemplo, 1/100 seg).



Osciladores

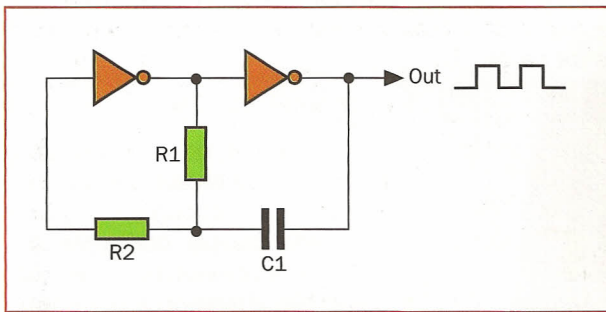
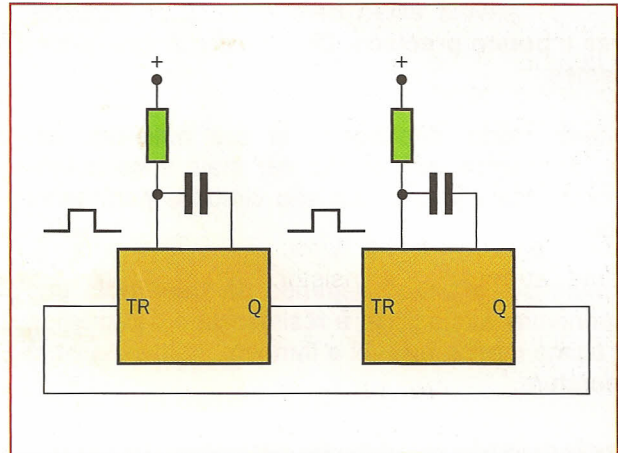
Estes dispositivos produzem uma série contínua de impulsos

Ligando a saída de um mono-estável na entrada de um **segundo** mono-estável, quando termina o impulso do primeiro ativa-se o segundo.

A borda de descida funciona como **trigger** para o segundo mono-estável, que por sua vez produz um impulso de certa duração.

Voltando a enviar este último à entrada do primeiro, o processo continua até ao infinito: conseguimos construir um dispositivo “não estável” (que não tem estados) e cujo nome é um **oscilador**.

Dois mono-estáveis numa argola: enviam o trigger um para o outro com intervalos regulares, produzindo uma série infinita de impulsos.



Oscilador da porta CMOS: no primeiro período funciona como amplificador analógico, em torno da metade da alimentação.

OSCILADORES DIGITAIS NA PRÁTICA

O circuito com dois mono-estáveis não é muito prático, talvez pelo desperdício dos componentes, ou porque necessita de ser **ativado**.

Normalmente utilizam-se **integrados** especiais, ou também alguns “truques” como o que se mostra na figura, que estão baseados no uso pouco comum das portas lógicas CMOS. Do ponto de vista lógico, pode ser imaginado como um inversor cuja saída é **devolvida** à entrada após um determinado tempo (retomaremos este tema mais adiante).

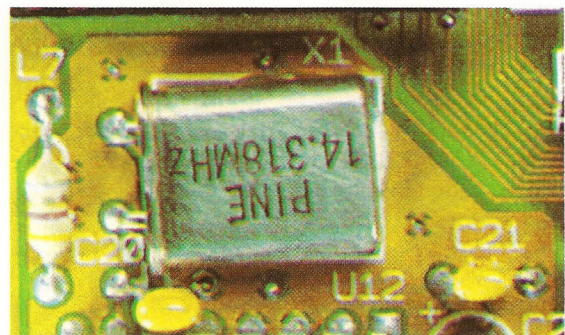
MÓDULOS DE QUARTZO

O grupo RC não é o mais adequado para se conseguir a **precisão** que é requerida por muitos dispositivos digitais, como os relógios ou os computadores.

Deste modo, são utilizados **osciladores de quartzo**, nos quais um cristal (piezo) elétrico (o quartzo) vibra com a frequência para o qual foi construído.

Para evitar problemas de estabilidade e começo, especialmente com as altas frequências, é preferível utilizar um oscilador **pré-fabricado**.

Os melhores têm uma **estabilidade** de poucas frações por milhão (ppm): por exemplo, ± 10 ppm significa ± 1 KHz em 100 MHz.



Oscilador de quartzo pré-fabricado: produz um sinal digital muito estável.



Dados dos diodos Zener

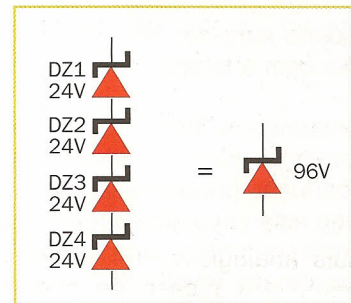
É importante saber ler as características para poder utilizar da melhor forma os componentes

Um diodo Zener caracteriza-se, logicamente, pela sua **tensão de Zener**, na qual a união começa a condução, embora esteja inversamente polarizada.

Normalmente os diodos estão disponíveis numa série de **valores padrões** de tensão. Por exemplo, os que estão baseados na escala E12 das resistências (por exemplo 4,7 V, 5,6 V etc). Habitualmente distanciam-se entre cerca de 3 V e várias dezenas de Volts. Deste modo é possível obter tensões mais elevadas pondo

em **série** vários diodos Zener: A tensão é repartida automaticamente.

Diodo Zener de 96 V obtido depois de terem sido postos em série quatro diodos de 24 V.



Dispositivo	Vz (V)	I _{R1} (μA)	I _{R2} (μA) T _A =150°C	T _C (%/°C)
1N746A	3.3	10	30	- 0.070
1N747A	3.6	10	30	- 0.065
1N748A	3.9	10	30	- 0.060
1N749A	4.3	2.0	30	+/- 0.055
1N750A	4.7	2.0	30	+/- 0.030
1N751A	5.1	1.0	20	+/- 0.030
1N752A	5.6	1.0	20	+ 0.038
1N753A	6.2	0.1	20	+ 0.045
1N754A	6.8	0.1	20	+ 0.050
1N755A	7.5	0.1	20	+ 0.058
1N756A	8.2	0.1	20	+ 0.062
1N757A	9.1	0.1	20	+ 0.068
1N758A	10	0.1	20	+ 0.075
1N759A	12	0.1	20	+ 0.077

Lista dos diodos Zener com a tensão de Zener, coeficiente térmico T_C e corrente inversa para as duas temperaturas diferentes.

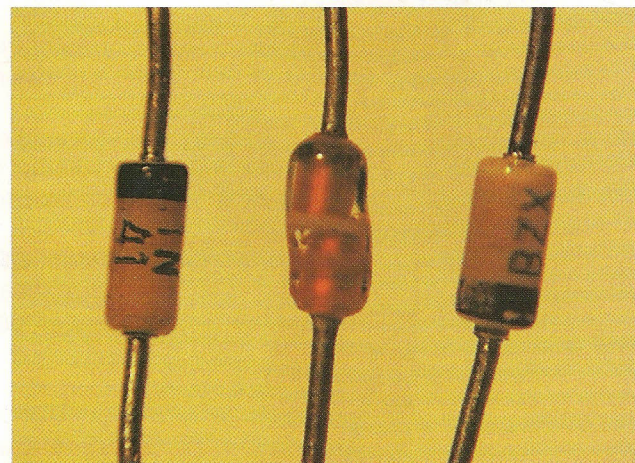
CORRENTE INVERSA

Um diodo Zener deveria comportar-se como um isolador **perfeito** antes de alcançar a tensão nominal.

Na prática, **passa** sempre uma certa corrente, bastante superior (à temperatura ambiente) e também à de um diodo normal.

Os dados que estão mencionados na figura indicam esta corrente com 1 V da tensão inversa, ou seja, muito abaixo dos limites do Zener, com duas **temperaturas** diferentes.

Um diodo Zener tem o aspeto de um diodo retificador normal; algumas vezes a tensão nominal está indicada no encapsulamento.



TOLERÂNCIA E TEMPERATURA

O valor da tensão de Zener não é **exato**. Como acontece com os outros componentes, existe uma certa tolerância que, normalmente, é de 5%.

A esta tolerância tem que se acrescentar o efeito da temperatura, que pode ser calculada com o **coeficiente térmico**. Se por exemplo este último for de 0,06% / °C, uma variação de 100 °C produzirá um erro de 6%.

A temperatura que conta é a da **união**, que é tanto mais alta com respeito à do ambiente quanto maior é a dissipação da potência no componente (mais um motivo para evitar as correntes fortes). A precisão relativamente escassa faz com que os diodos Zener sejam pouco adequados para serem utilizados diretamente quando o valor **exato** da tensão é importante.



Resistência dinâmica

Nem todos os diodos Zener têm a mesma capacidade de regulação da tensão

Um diodo Zener **ideal** deixaria de ser um isolador absoluto para ser um condutor total como correlação com a tensão Zener.

Realmente, a transição é **gradual** e, como o isolamento não é perfeito, também não é perfeita a condução porque existe uma certa resistência. Como esta varia com a tensão aplicada, os dados a indicam como uma resistência dinâmica ou **impedância**, à volta de um certo ponto.

Na figura, a **impedância** (Z_Z) está indicada como a **relação** entre a variação da tensão e a variação da corrente (inversa) em torno a 20 mA.

Disposição	V _Z (V)	Z _Z (Ω)	I _{ZT} (mA)	I _{ZM} (mA)
1N746A	3.3	28	20	110
1N747A	3.6	24	20	100
1N748A	3.9	23	20	95
1N749A	4.3	22	20	85
1N750A	4.7	19	20	75
1N751A	5.1	17	20	70
1N752A	5.6	11	20	65
1N753A	6.2	7.0	20	60
1N754A	6.8	5.0	20	55
1N755A	7.5	6.0	20	50
1N756A	8.2	8.0	20	45
1N757A	9.1	10	20	40
1N758A	10	17	20	35
1N759A	12	30	20	38

Quanto mais pequena é a resistência dinâmica, maior é a capacidade da regulação: zero ohms seria o ideal. Os valores mais baixos encontram-se, normalmente, nos **diodos** à volta dos 6÷7 V.

Resistência dinâmica (Z_Z) de vários diodos Zener, medida a 20 mA, e corrente máxima inversa (isto é, de trabalho normal).

POTÊNCIA DISSIPADA

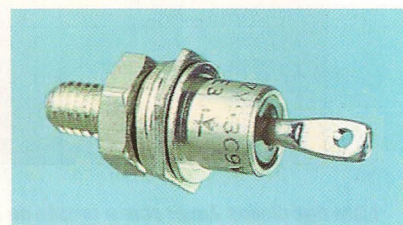
Como nos extremos de um diodo Zener existe tensão e também circula corrente, obtendo-se uma **dissipação** da potência.

Esta dissipação limita a **corrente máxima** que se pode fazer circular pelo diodo, de acordo com a potência máxima para a qual foi projetado.

As potências típicas são 0,5 W, 1W e 5 W. Normalmente prefere-se utilizar um diodo Zener de **baixa** potência, unido a um transistor ou a outro dispositivo para regular correntes fortes.

Como sempre, a potência máxima dissipável depende da **temperatura ambiente**, seja de montagem ou de possíveis sistemas de refrigeração.

Os diodos Zener de potência (por exemplo de 20 W) têm uma superfície maior do que a união e um encapsulado adequado para transferir o calor.



RUIDO ELÉTRICO

Quase todos os componentes, especialmente os semicondutores, provocam pequenas **irregularidades** na corrente que os atravessa.

A este efeito chama-se **ruido** (em áudio até se pode ouvir) e nos diodos Zener é especialmente notado: diz-se que são mais "ruidosos" que outros componentes.

Existem diferentes **tipos** de ruído elétrico, conforme a distribuição das frequências nele contidas e dos distintos efeitos especiais (por exemplo, "popcorn noise" - ruído de pipocas).

Cada componente tem o seu próprio tipo de "ruído".

Dados dos mono-estáveis

Os mono-estáveis CMOS portam-se muito melhor do que os seus antepassados TTL

A figura mostra a **disposição dos terminais** do 74HC123, que contém dois mono-estáveis independentes no mesmo encapsulamento.

Cada um deles tem a sua entrada de **trigger**: \overline{A} (ativo na descida) e B (Ativo na subida), mais uma entrada posta a zero \overline{CLR} e as duas saídas complementares Q e \overline{Q} .

Também a entrada \overline{CLR} entra no AND que reúne as entradas do trigger, de forma que faz saltar o mono-estável quando é **eliminado** o mesmo \overline{CLR} , porque fica alto.

Disposição dos terminais do 74HC123: observe com atenção o AND que une as entradas do trigger.

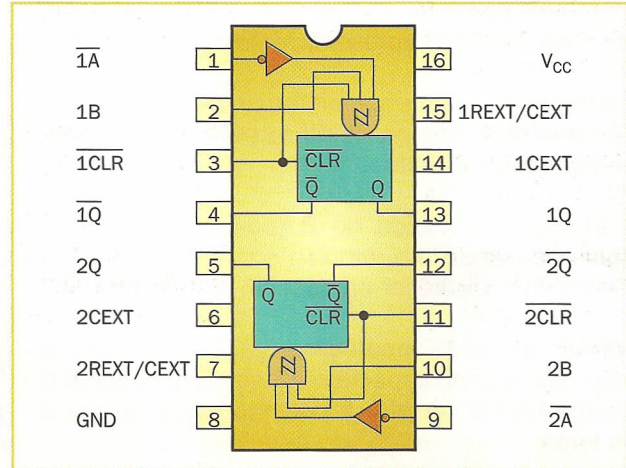


TABELA VERDADE

A tabela verdade do 74HC123 indica que o mono-estável **comuta** no momento em que as três entradas do trigger são válidas, o que pode acontecer com a descida de \overline{A} , ou mesmo com a subida de B ou de \overline{CLR} , como assinalam as **transições** indicadas, desde que as outras duas estejam já colocadas (A baixo, B alto e CLR alto).

ENTRADAS			SAÍDAS	
\overline{A}	B	\overline{CL}	Q	\overline{Q}
	H	H		
X	L	H	L	H
H	X	H	L	H
L		H		
L	H			
X	X	L	L	H

Em todo o caso, o resultado é um **impulso positivo** sobre Q, e o correspondente impulso negativo sobre \overline{Q} , para a duração determinada do grupo RC externo.

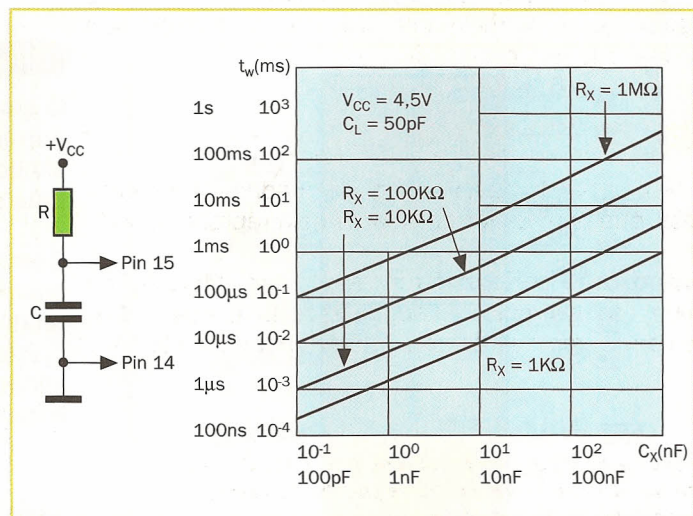
Tabela da verdade do 74HC123: observe com atenção as transições ativas, indicadas como se fossem degraus.

TEMPORIZAÇÕES

Para determinar a **duração** do impulso da saída pode-se utilizar a fórmula aproximada indicada nos dados ($0,45 \times R \times C$, mais ou menos) ou melhor ainda, consultar os gráficos correspondentes, como o que está indicado na figura.

Deve-se ter muita atenção pois tratam-se de valores **típicos**, referente aos quais existe uma certa tolerância na produção. Um mono-estável não é um dispositivo de precisão. Se queremos um valor mais preciso e sendo a temperatura bastante estável, pode-se utilizar um **trimmer** resistivo no lugar de R_x , regulando-o manualmente conforme a duração desejada.

Se quer escolher o tempo que está à esquerda e se quer também indicar o valor do C em baixo, por exemplo para $t=10$ mseg e $R=1$ K Ω seria $C=10$ nF.





Temporização de um mono-estável

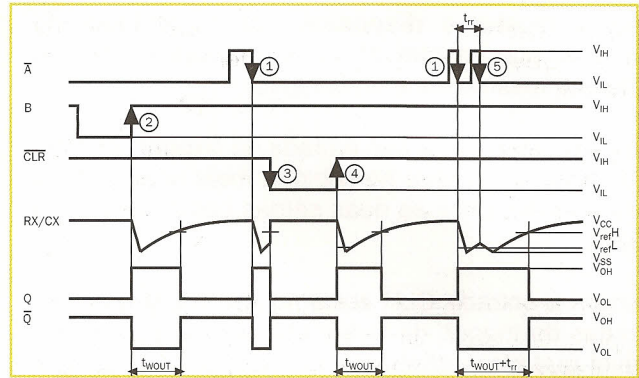
Os diagramas da temporização indicam claramente o funcionamento de um circuito

É importante **saber ler** os diagramas da temporização, como o do 74HC123 apresentado na figura.

A melhor forma para uma leitura simples, reside em determinar **dois únicos detalhes** para cada acontecimento: causa e efeito.

Por exemplo, a subida do B (ponto 2) envia um **trigger**, causando um impulso sobre a saída Q; o mesmo pode acontecer na descida do A (ponto 1).

A forma da **onda analógica** (RX/CX) mostra a tensão que está no capacitor. Vê-se perfeitamente a descarga rápida inicial e a posterior recarga que é mais lenta.



1) Triggering com \bar{A} , 2) Triggering com B, 3) Colocação a zero com CLR, 4) Triggering com CLR, 5) Retriggering.

TEMPOS MÍNIMOS

Entre estes dados é muito importante a **largura mínima** do impulso (t_W) pois não é possível produzir um impulso de saída mais breve do que o da duração indicada.

Não deve causar surpresa que o valor indicado seja um **máximo**, já que se trata do pior caso: o máximo do mínimo; se fosse inferior, seria melhor.

Também é importante o tempo mínimo que se deve esperar antes de enviar um **retrigger** (t_{rr}) que depende dos valores da resistência e do capacitor, já que a descarga deve ser completa.

Símbolo	Parâmetro	Condições do teste		Valor			Unidade
		V_{CC} (V)		$T_A = 25^\circ C$ 54HC e 74 HC		-40 a $85^\circ C$	
				Min	Tip.	Máx.	
$t_{W(H)}$ $t_{W(L)}$	Largura mínima do impulso	2.0			75	95	nseg
		4.5			15	19	
		6.0			13	16	
t_{rr}	Tempo mínimo do retriggering	2.0	$C_x = 100$ pF $R_x = 1$ K Ω	325			nseg
		4.5		108			
		6.0		78			
		2.0	$C_x = 0.1$ μF $R_x = 100$ K Ω	5			μseg
		4.5		1.4			
		6.0		1.2			

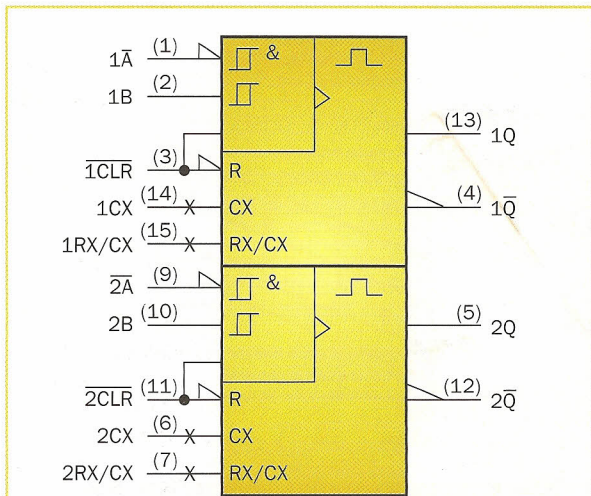
Algumas temporizações do 74HC123: largura mínima do impulso da saída e tempo mínimo do retriggering.

TRIGGER SCHMITT

O símbolo do degrau que se pode ver no AND das entradas do trigger, que também aparece no símbolo IEC que se mostra na figura, indica que se trata das entradas **trigger Schmitt**.

Como podemos ver, tratam-se das entradas às quais é possível aplicar também um sinal variável relativamente **lento**. Estes mudam de estado **bruscamente** quando a entrada atinge um determinado valor, permitindo o envio de um sinal claro e limpo para a entrada do mono-estável.

Símbolo IEC do 74HC123, o símbolo do degrau do quadro da entrada que indica a presença de um trigger Schmitt.





Sensores anti-roubo

Os sensores passivos revelam a presença de um intruso sem transmitir nenhum sinal

Um bom sensor anti-roubo combina uma proteção **perimétrica** com uma **volumétrica**: a primeira deteta as tentativas de acesso e a segunda a presença de intrusos na zona protegida.

A proteção perimétrica, que normalmente é realizada com **contatos** de distinto gênero (por exemplo magnéticos ou de vibração) tanto em portas como nas janelas, pode manter-se ativa de noite, mesmo quando uma casa está habitada.

No entanto, os sensores volumétricos verificam que em todo o volume que se deseja proteger, por exemplo os quartos de um apartamento, **não há movimentos**. As instalações anti-roubo, mesmo as mais **simples**, podem ser efetuadas apenas com um único sensor volumétrico, da central e da sirene.



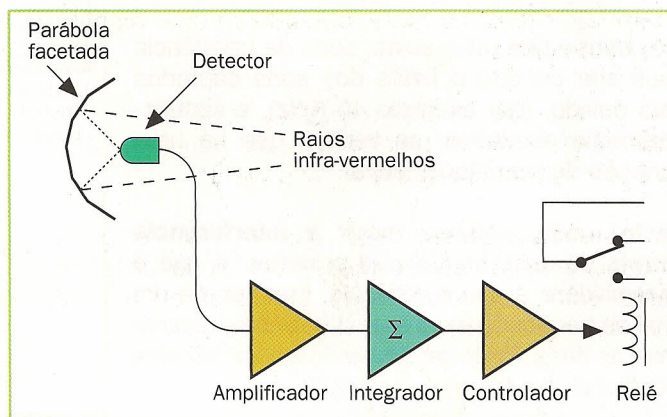
Uma fechadura é um sensor anti-roubo perimétrico, que significa o mesmo que um cão de guarda que é um anti-roubo volumétrico.

SENSORES DE INFRA-VERMELHOS

O sensor volumétrico mais simples é o de "infravermelhos passivo", que detecta as **emissões térmicas** produzidas pelo corpo de um intruso.

Mais concretamente, são as **variações** bruscas da temperatura o que o fazem saltar. Também utiliza uma parábola facetada para focar os raios infra-vermelhos até um fotodiodo.

Este fato produz uma **corrente** que, amplificada, vai para um "integrador" que acumula as variações: se estas ultrapassam um certo nível durante um determinado tempo, um relê fecha um contato.

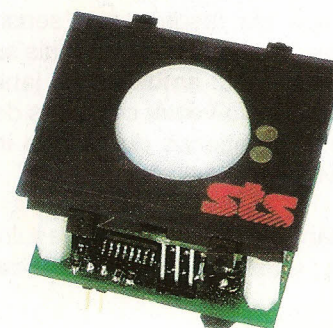


Esquema de um sensor de infra-vermelhos passivo: somente algumas rápidas variações da temperatura é que fazem saltar o relê da saída.

VANTAGENS E LIMITES

Os sensores de infra-vermelhos passivos são **insensíveis** aos insetos e movimentos lentos do ar, como os que são ocasionados pelos radiadores. Geralmente, é possível deixar as janelas abertas, sem correr o risco de que se ativem falsos alarmes, regulando a sua **sensibilidade** com valores relativamente baixos.

No entanto isto implica o risco de **não se detectar** qualquer intruso, que talvez esteja bem protegido ou que se movimenta com muito lentamente.



Sensor de infra-vermelhos passivo.



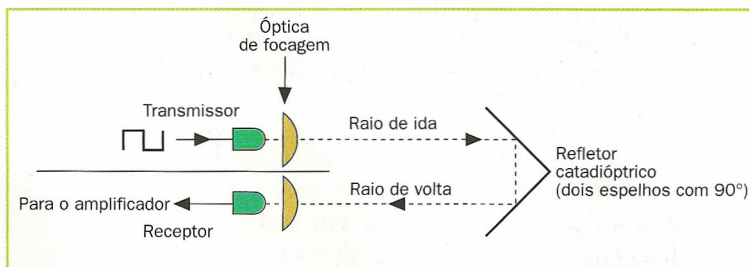
Sensores ativos

Para os sensores que irradiam é mais difícil criar obstáculos, pelo que estão mais sujeitos a falsos alarmes

Um dos exemplos de sensores ativos perimetrais são as **barreiras ópticas**, constituídas por um raio luminoso ou laser, geralmente de infra-vermelhos para impedir que sejam facilmente detetadas.

Estão formadas por um transistor e um receptor. Se o raio não se une ao receptor por ter sido **interrompido**, salta um relê do alarme.

O raio está geralmente **modulado**, ou seja, varia ritmicamente com uma certa frequência, para evitar interferências com a luminosidade do ambiente.



Barreira óptica com transmissor e receptor juntos; o refletor catadióptrico não precisa alinhamentos de precisão.

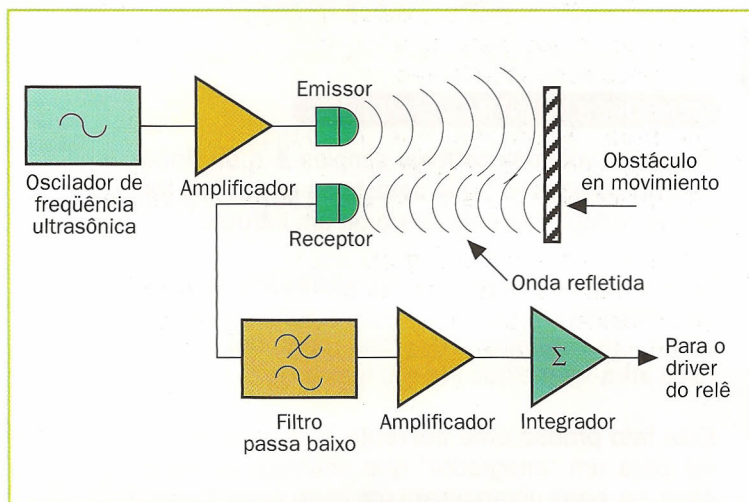
SENSORES DE ULTRA-SONS E DE MICROONDAS

Um sensor ativo volumétrico está baseado no **efeito Doppler**: as ondas refletidas por um corpo em movimento mudam de frequência.

O sensor emite **ultra-sons**, sons de frequência mais alta do que o limite dos sons captados pelo ouvido, (por exemplo 40 KHz), e simultaneamente escuta-os; se verifica que há uma variação da frequência, salta.

Deste modo, pode-se medir a **interferência** através de duas frequências próximas: a que é transmitida e a que é recebida. Trata-se de um sinal de frequência igual à da **diferença** existente entre as duas. Pode ser ampliada facilmente sem a confundir com o sinal transmitido.

O mesmo princípio também pode ser aproveitado utilizando ondas muito curtas, ou seja, **microondas** em vez de ultra-sons.



Sensor ativo por ultra-sons: amplia-se a interferência causada pela variação da frequência da onda refletida.

PROBLEMAS DOS SENSORES ATIVOS

No que diz respeito aos sensores passivos, os ativos estão mais sujeitos a saltos **acidentais**: janelas movidas pelo vento, correntes de ar, animais pequenos ou mesmo insetos voadores grandes.

Portanto é aconselhável regulá-los para uma **baixa sensibilidade**,



instalando um maior número de sensores. Os falsos alarmes muitas vezes repetidos inutilizam um alarme anti-roubo.

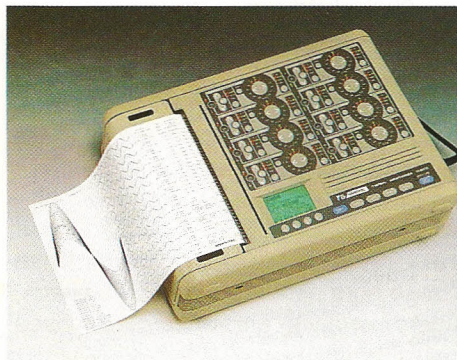
Sensor ativo de microondas alojado dentro de uma caixa de interruptores.



O osciloscópio

Dedicamos uma série de lições sobre esta versátil ferramenta, que é capaz de ver a forma dos sinais elétricos

Se uma tensão (ou corrente) varia continuamente, não é suficiente medir o valor num determinado instante pois é necessário poder observar os seus progressos no **tempo**. Este fato origina que é preciso um gráfico, como o que temos projetado para mostrar uma **forma de onda** (por exemplo, senóides, quadrada, triangular). No papel é mais fácil conseguir este efeito se **movemos** uma folha debaixo de um lápis que vai deslizando conforme o valor que se quer medir, como nos sismógrafos ou nos barômetros gravadores; no entanto, é um sistema lento e caro.



Gravação com papel: o movimento regular do papel representa o avanço do tempo.

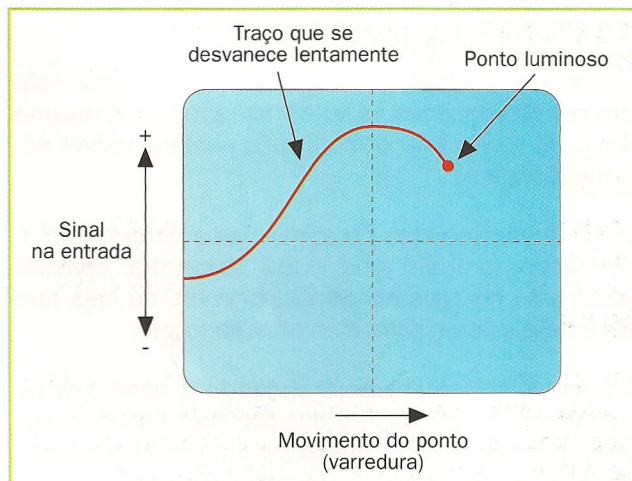
VARREDURA

O osciloscópio utiliza um sistema parecido mas sem papel. Desloca um **ponto luminoso** com um movimento regular da esquerda para a direita.

Durante a **varredura** a tensão aplicada à entrada move o ponto para cima (positivo) ou para baixo (negativo).

Os “fósforos” no visor não se apagam a seguir, porque têm uma determinada **persistência**, pela qual se pode ver o traço deixado pelo ponto: reproduz a forma da onda elétrica.

No caso da onda ser muito rápida não se poderá seguir; no entanto quando passe outra vez pelos mesmos pontos, deixa um **traço** luminoso visível.



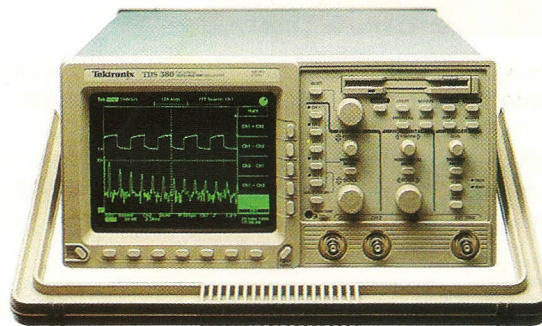
A caneta eletrônica do osciloscópio move-se da esquerda para a direita, desenhando um ponto luminoso no visor.

CARACTERÍSTICAS DOS OSCILOSCÓPIOS

Um osciloscópio tem normalmente vários **traços** (ou canais) cada um deles ligado a uma entrada diferente, de forma a que represente um sinal individual.

A **freqüência máxima** da onda que se observa, deve ser superior à do sinal com a qual se trabalha mesmo sendo esta muito mais alta para os sinais digitais ou que não sejam senoidais.

Os osciloscópios de **memória** são úteis para a captura de sinais que não se repetem, de forma a que se possam examinar posteriormente.



Um osciloscópio moderno de multitraço pode visualizar várias ondas ao mesmo tempo.



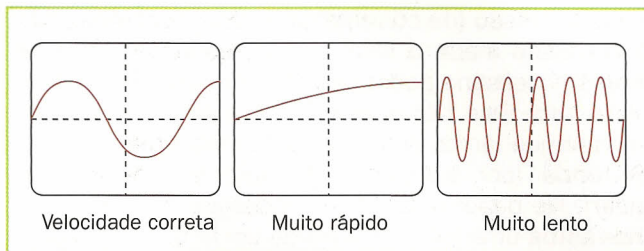
Base de tempos e sincronismo

O osciloscópio deve poder mostrar um sinal estável seja qual for a sua frequência

A **velocidade** do deslocamento do ponto, que designaremos simplesmente “traço”, é regulada através do sinal observado.

Como se pode ver na figura, um traço muito **lento** mostra diversos períodos da onda, enquanto um traço muito rápido não deixa ver um período inteiro.

A regulação da velocidade da varredura, ou da **base de tempos**, realiza-se normalmente através de saltos, com uma regulagem variável adicional para casos especiais.



Regulando a base de tempos pode-se escolher a largura da “janela temporária” visualizada.

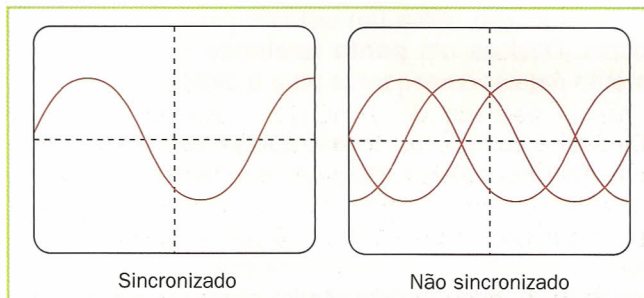
SOBREPOSIÇÃO E SINCRONIZAÇÃO

Para se poder observar uma onda muito rápida, esta deve ser **cíclica**: deve-se repetir sempre com a mesma forma, de modo que o traço seja sempre visível em cada passagem.

Para que as diferentes passagens se sobreponham, é necessário também que cada varredura comece exatamente **no mesmo ponto** da onda, ou seja que esta esteja sincronizada com as anteriores.

Esta situação é conseguida **detendo** a varredura no final do traço, e iniciando-o de novo pela esquerda somente quando a onda passe pelo ponto pré-selecionado.

O dispositivo de sincronização que tem a função de pôr em funcionamento cada varredura denomina-se **trigger**, que é normalmente regulado conforme o tipo de sinal que tem que medir.



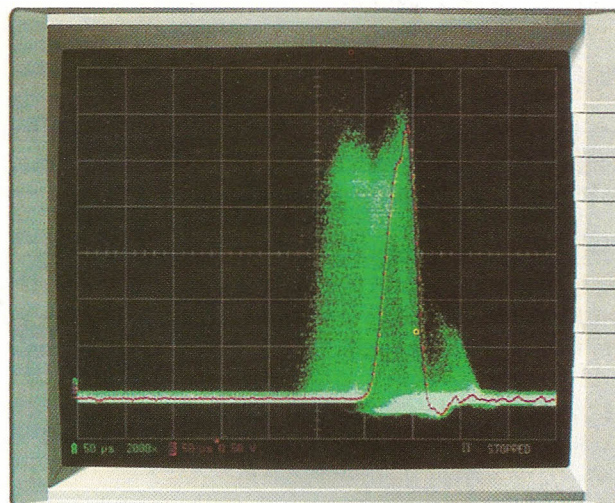
Na ausência do trigger, cada onda seria apresentada numa posição diferente, tornando ilegível no vídeo.

GRIDE (GRADE) DE REFERÊNCIA

No visor é hábito haver uma grade quadriculada sobreposta, que permite **ler** os valores nela representados.

Cada divisão horizontal representa um intervalo de tempo, (por exemplo, 1 msec) enquanto que cada divisão vertical representa uma **tensão** (por exemplo 1 V).

A grade do visor que frequentemente tem a possibilidade adicional de estar iluminada, serve para ler os valores dos tempos e das tensões do sinal.





Interruptor crepuscular

Um circuito para acender a luz automaticamente quando está escuro

A iluminação elétrica está disponível há muito tempo em todos os lugares domésticos, e a simples **manobra** que é necessária para acender ou desligar uma lâmpada não constitui nenhum esforço.

No entanto, existem determinadas situações nas quais se prefere



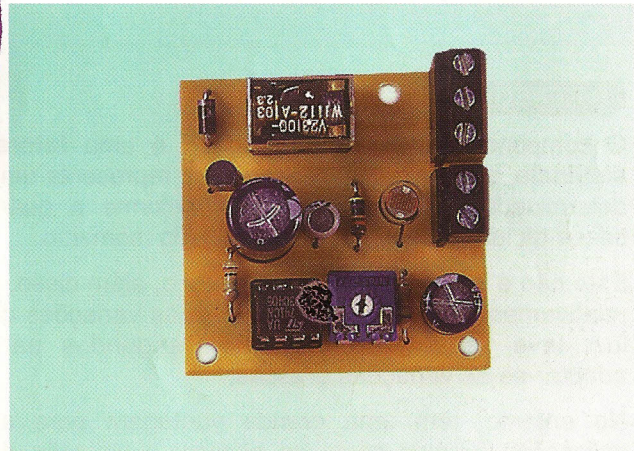
delegar esta missão a um sistema **automático**, normalmente centrado num circuito eletrônico conhecido como "interruptor crepuscular". Este sistema baseia o seu funcionamento num **sensor** especial, que funciona conforme a quantidade da luz presente no lugar no qual está instalado, sem necessidade de teclas ou outros comandos que é preciso acionar com a mão.

NÍVEL DE INTERVENÇÃO

Quando a luz do ambiente que nos rodeia **diminui** porque baixa muito de nível, o interruptor crepuscular faz acionar um relê, fechando, deste modo, o interruptor que está constituído pelos contatos correspondentes.

O **nível luminoso** que dá lugar à intervenção, pode regular-se, de forma que se possa adaptar o circuito às diferentes aplicações possíveis.

Para evitar ativações **acidentais**, ou comutações repetidas no caso de pequenas variações da luminosidade (por exemplo, a passagem de uma nuvem), o dispositivo atua com um certo atraso.



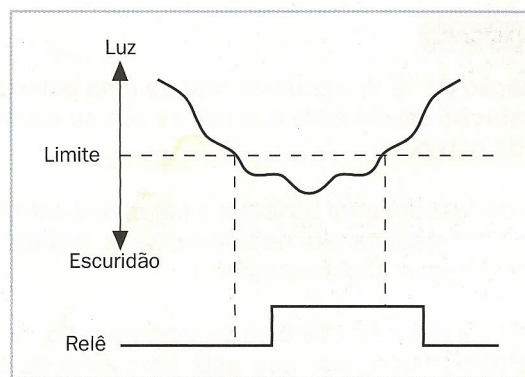
O interruptor crepuscular já terminado.

APLICAÇÕES

No ambiente doméstico, o circuito pode **controlar** o contato das lâmpadas do jardim ou da luminária da entrada, evitando ter que as desligar à noite, ou deixá-las acesas até de manhã.

Também seria possível utilizar este circuito para acionar automaticamente as **luzes** da moto ou do automóvel quando anoitece, mas devemos recordar que existem regras específicas de circulação que não devem ser transgredidas.

Se eliminarmos o atraso da intervenção (como se explica mais adiante) pode-se também utilizar o circuito como um simples **detector de passagem**, que salta quando se interrompe um raio luminoso.



O circuito responde com certo atraso (eliminado para a função anti-obstáculos) com as variações da luminosidade do ambiente.



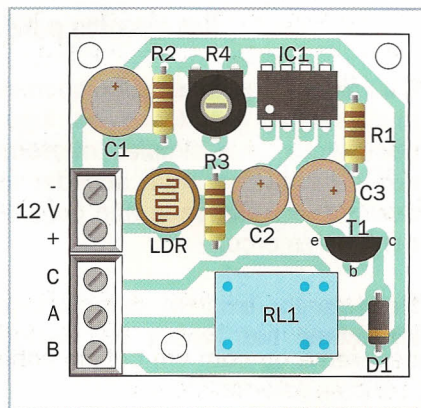
Montagem do circuito

A figura mostra a **disposição** dos componentes na placa do circuito impresso; convém começar pelas resistências e seguir até aos componentes mais volumosos.

Naturalmente deve-se respeitar a **polaridade** dos capacitores eletrolíticos, do diodo, do transistor e do circuito integrado, para evitar que não funcione e que os componentes não sofram estragos.

O **sensor** LDR não tem polaridade; pode ser montado também a uma certa distancia do circuito, depois de alargar os seus dois terminais.

Para o circuito integrado convém sempre utilizar um **soquete** (de 8 pinos), de forma que se possa inserir com o circuito terminado, ou mesmo substituir, se aparecem problemas posteriores



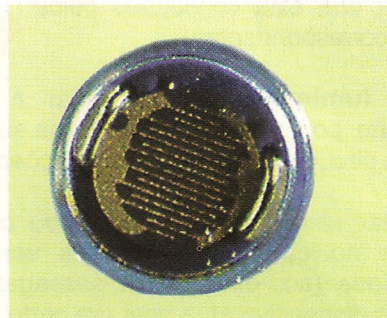
Disposição dos componentes no circuito impresso do interruptor crepuscular.

O SENSOR

O componente marcado como LDR é uma **fotore-sistência**, ou seja, um dispositivo que representa uma determinada resistência, variável conforme a quantidade da luz recebida num determinado momento.

Este não é linear como um fotodiodo e, além disso, é relativamente **lento** na sua resposta às variações da luz: leva várias dezenas de milissegundos para adaptar-se às variações bruscas.

No entanto, tem uma grande vantagem para as aplicações simples como as nossas: a variação da resistência é muito **ampla**, cerca de $1\text{ M}\Omega$ (na escuridão) até $1\text{ K}\Omega$ ou até menos (em plena luz).



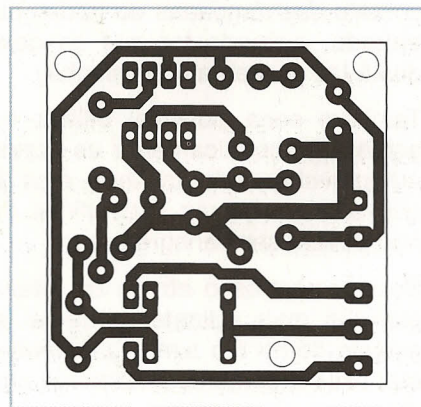
Uma fotoresistência está formada normalmente por uma longa trilha de sulfureto de cádmio ou outro material fotosensível.

CONECTORES

A alimentação de 12 V_{CC} pode-se tirar de uma bateria, ou de uma fonte de **alimentação** estabilizada das típicas que se ligam numa tomada de corrente da parede.

Liga-se o correspondente conector bipolar, que está situado ao lado do capacitor C1, respeitando naturalmente a **polaridade** indicada no plano da montagem (figura superior).

O segundo conector liga-se com os **contatos do relé**, que podem ser utilizados como interruptor que está normalmente aberto, ou seja, a fechar (bornes A e B), ou mesmo, normalmente aberto, ou seja, a abrir (bornes A e C).



Circuito impresso do interruptor crepuscular, visto pelo lado das pistas de cobre.

TESTE

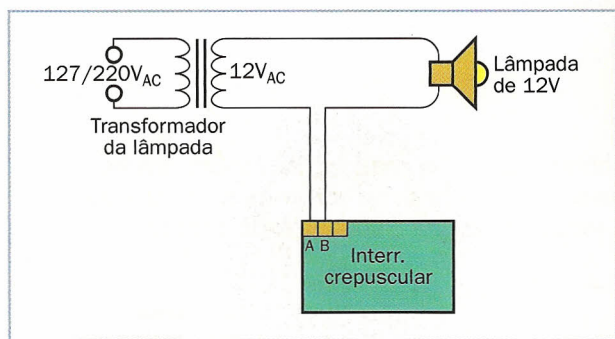
Depois de aplicada a alimentação e levado o curso do R4 perto da metade do trajeto, pode-se verificar o funcionamento do circuito **tapando** o sensor com a mão, e depois deixando-o livre

O relê deverá ativar-se e depois desativar-se quando se retire a mão, com um certo atraso **referente** à variação da luminosidade, dependente da intensidade da própria luz.

Para se realizar o teste definitivo convém fixar a base numa pequena **caixa** plástica, com uma tampa transparente ou com um orifício coberto por plástico na zona da foto-resistência.



Caixa com uma janela transparente, adequada para uma montagem estável do interruptor crepuscular.



Ligação do interruptor crepuscular com uma lâmpada halógena de baixa tensão.

POSIÇÃO E LIGAÇÃO

Para poder ser utilizado como interruptor crepuscular convém que monte o circuito numa posição **elevada**, de forma a evitar a passagem das pessoas diretamente na sua frente.

A lâmpada controlada deverá ser de **baixa tensão** (12 V ou 24 V), porque a aproximação das trilhas do circuito impresso não aconselha a utilização dos 127/220 V da rede.

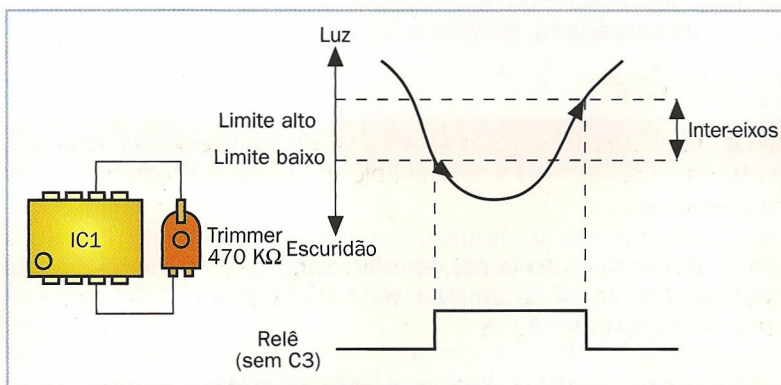
Naturalmente, o sensor deverá ficar **fora** da zona iluminada pela lâmpada, já que de outra forma, em vez de um interruptor crepuscular se terá um... oscilador luminoso.

ACRESCENTAR UMA HISTERESE

Se desejamos eliminar o atraso, pode-se substituir por uma **histerese**, ou seja, ter dois limites de ativação diferentes: um quando a luz diminui, o outro quando aumenta novamente de intensidade.

Para se conseguir este resultado, é suficiente acrescentar um **trimmer resistente** de 470 K Ω entre os terminais 3 e 6 do circuito integrado (pode ser montado debaixo da base) e tirar o capacitor C3.

Quando se regula o trimmer, podem-se **afastar** ou **aproximar** os dois limites de intervenção, por exemplo conseguindo que o relê seja ativado quando está escurecendo, e se desative apenas com plena luz.



Um trimmer adicional permite separar os limites de ativação, habilitando a utilização em condições de luminosidade variável.

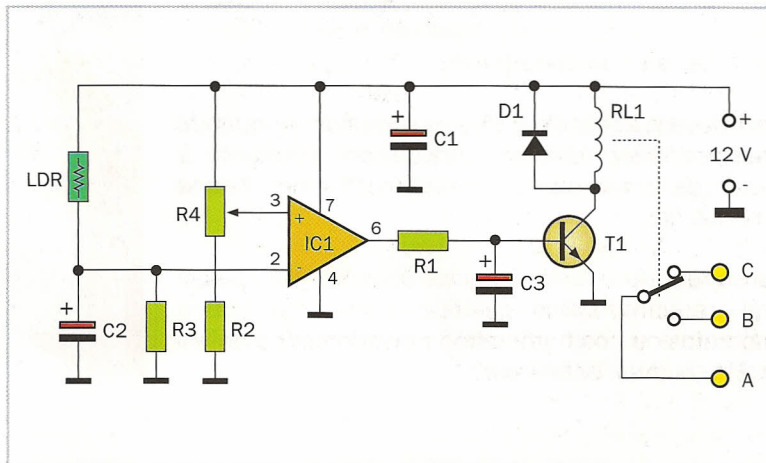


Funcionamento do circuito

À luz do dia, a **resistência** da fotoresistência LDR é baixa, pois no C1 há uma tensão bastante próxima à da alimentação, em todo o caso, superior à do centro (cursor) do R4

O amplificador operacional IC1 funciona como **comparador** ou seja, compara as tensões nas duas entradas: se o negativo (terminal 2) está mais alto do que o outro, a saída está baixa.

Na ausência da luz, a tensão no C2 **baixa** até situar-se abaixo do terminal 3; portanto a saída do comparador está alta e após o atraso introduzido como R1 e C3, envia a condução para T1 que fecha o relê.



Esquema elétrico do interruptor crepuscular.

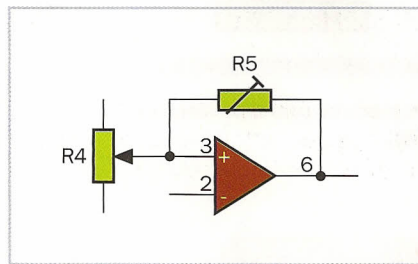
FUNCIONAMENTO DA HISTERESE

A **modificação opcional** sugerida na página anterior está representada na figura do lado: a saída final volta à entrada positiva, através de uma resistência (regulada).

Este fato significa que, quando o comparador salta e a saída está alta, a entrada positiva (terminal 3) **sobe ainda mais**: a luz deverá aumentar mais do que anteriormente para poder desligar o relê.

Este efeito **trigger Schmitt** permite, nas aplicações que não necessitam de atrasos (por exemplo, um detector de passagem), eliminar o C3 e controlar o T1.

Se obtém, além do mais, a vantagem adicional de trabalhar com o transistor como um simples **interruptor**, reduzindo assim o consumo do circuito.



Uma **resistência entre a saída e a entrada positiva transforma o comparador num trigger Schmitt, e acrescenta histerese.**

LISTA DOS COMPONENTES

Resistências

- R1 = resistor de 180 KΩ (marrom, cinza, amarelo)
- R2 = resistor de 82 KΩ (cinza, vermelho, laranja)
- R3 = resistor de 470 KΩ (amarelo, violeta, amarelo)
- R4 = trimmer de 10 KΩ
- R5 (opcional) = trimmer de 470 KΩ
- LDR = sensor LDR (fotoreistor de sulfureto de cádmio)

Capacitores

- C1 = capacitor eletrolítico de 100 µF 16 V
- C2 = capacitor eletrolítico de 10 µF 16 V
- C3 = capacitor eletrolítico de 470 µF 16 V

Varios

- D1 = diodo 1N4007; T1 = transistor NPN tipo BC337 ;
- IC1 = integrado operacional 741 ; RL1 = relê em miniatura com 12 V - 1 circuito
- 1 soquete de 8 pinos
- 1 conector de dois pólos com parafusos para circuito impresso
- 1 conector de três pólos com parafusos para circuito impresso
- 1 caixa de plástico com tampa transparente
- 1 circuito impresso