

# ELETROÔNICA

20

para todos



OSCILADORES



MEMÓRIAS  
DIGITAIS



OSCILADORES  
INTEGRADOS



COMANDOS  
À DISTÂNCIA



MEDIR COM  
O OSCILOSCÓPIO



Projeto nº 20:  
PSICODÉLICOS  
DE BOLSO

SALVAT

JACKSON  
LIBRI®



# Osciladores

**Em muitas aplicações é necessário produzir uma tensão alternada de características controláveis**

A única **tensão alternada** que pode ser encontrada é a que existe na rede, senoidal em aproximadamente 60 Hz; se for necessária uma freqüência diferente ou outra forma de onda, esta tem de ser produzida.

A um circuito capaz de produzir uma onda repetitiva, de qualquer freqüência ou forma, dá-se o nome de **oscilador**, por analogia com a oscilação de um período.

Partindo do princípio que a alimentação costuma ser **contínua**, um oscilador pode ser considerado também como um dispositivo capaz de converter uma tensão contínua em tensão alternada.

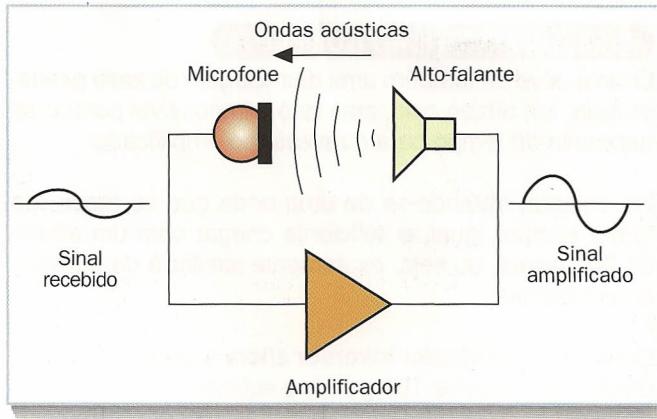


## EFEITO LARSEN

Para produzir uma oscilação a partir de zero pode parecer difícil, mas na realidade é suficiente utilizar um **amplificador** que esteja ligado a um microfone e a um alto-falante.

Se aproximarmos o microfone do alto-falante, produz-se um forte **apito** (efeito Larsen). Trata-se de uma oscilação. Além disso, há uma realimentação **positiva**. A saída volta a ser enviada para a entrada, onde é amplificada novamente e enviada de novo para a saída, etc.

Muitos osciladores atuam deste modo, **devolvendo para a entrada** parte do sinal da saída.



*Devolvendo para a entrada, através de um microfone, o som produzido pelo alto-falante, tem-se uma oscilação.*

## APLICAÇÕES DOS OSCILADORES

Tanto a **sirene** de um alarme anti-roubo como o bip de um relógio utilizam oscilações de freqüência audível, que estão normalmente entre os 800 e os 3.000 Hz, onde o ouvido é mais sensível.

Também um **transmissor de rádio** ou um telefone móvel produzem uma onda eletromagnética (ver lição 8 de Aplicações), partindo do sinal elétrico gerado por um oscilador.

Numerosos circuitos **digitais**, do multiplexor de um display (ver lição 19 de

Digital) para um computador pessoal, requerem um sinal repetitivo. Se não existissem osciladores, grande parte dos dispositivos eletrônicos não seriam possíveis. Por agora trataremos apenas dos osciladores de **baixa freqüência**.



*Os instrumentos musicais são osciladores: a onda de pressão alternada pode ser produzida de diversas formas: a vibração de uma corda, um estrangulamento, uma coluna de ar, etc.*



# Desfasagem de 360°

**Para se realizar um oscilador senoidal é necessário controlar a fase do sinal que volta para a entrada**

Voltar a enviar para a entrada uma parte da saída **não é suficiente** para criar um oscilador, porque, de certo modo, os amplificadores com realimentação negativa (lição 19) oscilariam.

Para os osciladores senoidais existe o critério de Barkhausen que, não contando com os cálculos matemáticos, poderíamos resumir deste modo: o sinal da saída deve **recriar-se exatamente** em si próprio.

Uma vez que volta para a entrada já reamplificado, deve manter a **mesma amplitude**: portanto, o enfraquecimento externo deve ser igual ao do ganho do amplificador.

## FASE: UMA ROTAÇÃO COMPLETA

O sinal deve ter também uma desfasagem de **zero graus**, ou seja, um atraso nulo, mas isso é impossível porque se necessita de tempo para atravessar o amplificador.

No entanto, tratando-se de uma onda que se repete de forma sempre igual, é suficiente chegar com um atraso de **360 graus**, ou seja, exatamente similar à da duração de um período.

Como um amplificador **inversor** altera a onda, quer dizer, divide-a em apenas 180 graus, é suficiente que o circuito de realimentação introduza os outros 180 que faltam.

A figura mostra um oscilador que foi construído com um **filtro RC de três etapas**, calculado para introduzir um atraso de 180° para a freqüência desejada.

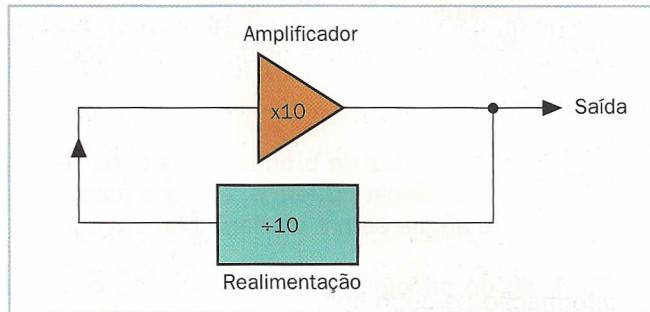
## AMPLITUDE E ESTABILIDADE

Um oscilador senoidal é **fundamental**: se, além disso, o ganho global desce, nem que seja muito pouco, por baixo da unidade, a oscilação pára.

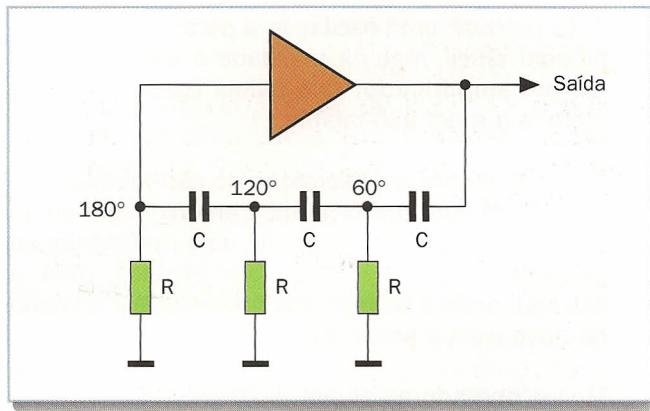
Por outro lado, se o ganho está por cima do 1, o sinal da saída torna-se sempre mais amplo até que o oscilador se **distende**, perdendo assim a sua forma senoidal.

Para evitar este problema, é necessário utilizar circuitos de **regulação automática** do ganho, como o que é mostrado na figura e que é muito curioso.

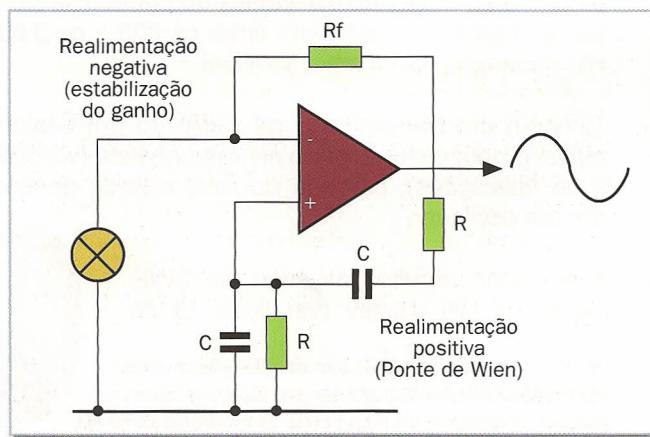
*Oscilador senoidal estabilizado: com sinais fortes a lâmpada acende-se e a sua resistência aumenta, reduzindo o ganho.*



*Oscilador composto por um amplificador e um circuito de realimentação positiva.*



*Oscilador senoidal: os três circuitos RC defasam o sinal de 180° para a freqüência desejada.*



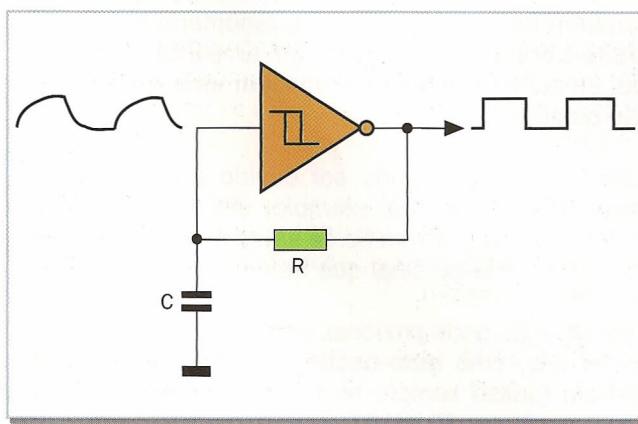
# Outros osciladores

Nem sempre é conveniente nem necessário uma onda senoidal

Se não se deseja obter uma **nota pura** -uma senoide-, existem muitas outras técnicas para construir um oscilador. Por exemplo, o oscilador do **trigger Schmitt** já descrito na lição 17 de Digital, pode produzir tanto uma onda quadrada como o sinal que se mostra na figura.

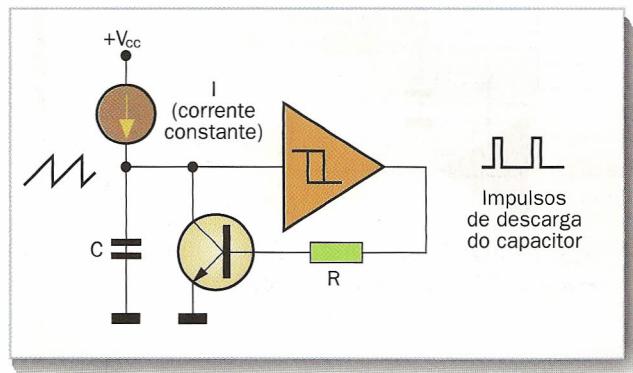
Recordemos como se processa o seu **funcionamento**: C carrega-se através de R. Quando a tensão atinge o limiar do trigger Schmitt, a saída muda de estado e o processo repete-se, mas desta vez com a polaridade oposta.

**Oscilador do trigger Schmitt:** produz duas ondas de formas distintas.



## RAMPA E TRIANGULAR

Com um gerador de corrente constante, é possível carregar um capacitor **linearmente**, quer dizer, fazer com que a tensão aumente proporcionalmente com a passagem do tempo.



Se acrescentarmos um circuito que provoque a **descarga** do capacitor, por exemplo, um transistor e uma resistência, pode-se produzir uma rampa (ou dente de serra), como o que aparece na figura.

Se, além disso, a **descarga** fosse efetuada através de corrente constante, igual à da carga, obteria-se uma forma de onda triangular.

Estes circuitos são realizados normalmente (e com maior simplicidade) com **amplificadores operacionais**, como veremos mais adiante na continuação do curso.

**Um oscilador que produz uma rampa, carregando um capacitor com corrente constante e descarregando-o rapidamente.**

## OSCILADORES INTEGRADOS

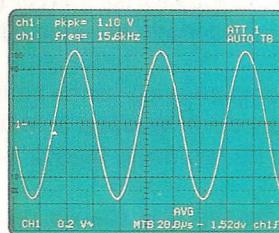
Na prática, quando se necessita de um oscilador, recorre-se quase sempre a um circuito integrado **especializado**, pelo menos com freqüências relativamente baixas.

Por exemplo, o difundido **555** contém todos os componentes necessários para a realização de osciladores de distintos tipos. Devido à sua popularidade dedicaremos mais adiante uma lição inteira.

No entanto, são ainda mais cômodos os osciladores **senoidais** já fabricados, em alguns dos quais a freqüência

também pode ser controlada através de uma tensão externa (VCO: Voltage Controlled Oscillator, oscilador controlado através de voltagem).

**Produzir um sinal senoidal de boa qualidade não é fácil: convém utilizar um integrado já preparado para esse efeito.**





# Auto-oscilações

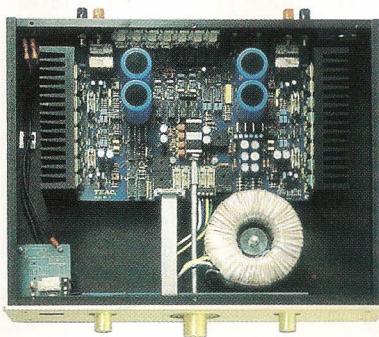
**Quando a realimentação negativa se transforma em positiva, um amplificador se transforma num oscilador**

Também se pode verificar um fenômeno similar ao **efeito Larsen** no circuito de um amplificador de áudio, se accidentalmente se provocar uma realimentação positiva.

Este fato também pode ser devido a uma **junção capacitiva**, como por exemplo, um fio de entrada que passa perto de um fio de saída e, por esse motivo, capta parte do sinal que transporta.

Esta situação pode provocar, especialmente se o ganho for alto, uma **auto-oscilação**, geralmente pouco elevada (quase sempre no campo ultra-sônico, quer dizer, acima dos 20 KHz).

Deste modo, podem-se verificar alguns **danos** nos tweeter (ver lição 17 de Aplicações) e o próprio amplificador pode ainda produzir uma distorção do sinal normal.



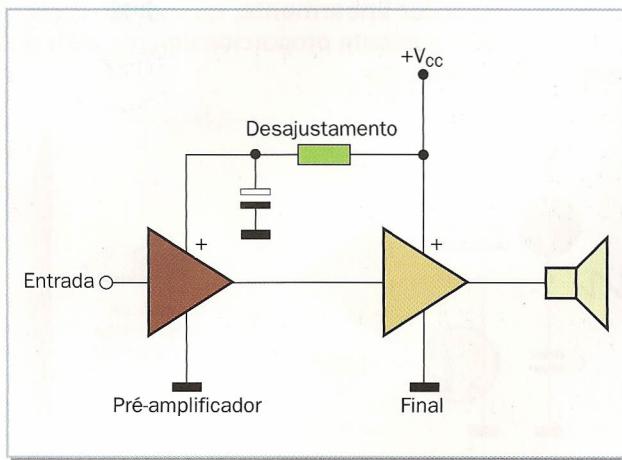
*Nos revestimentos internos de um amplificador de áudio, tanto as entradas como as saídas devem estar bem separadas para evitar oscilações.*

## JUNÇÕES IMPREVISTAS

Embora os fios da entrada estejam longe dos da saída, e talvez até bem protegidos, existem **outras formas** que podem fazer retroceder o sinal e provocar oscilações residuais. Por exemplo, a **absorção de corrente** da etapa final ocasiona variações da tensão da alimentação e, embora ela mesma tenha alimentado as etapas anteriores, continua a ser possível a transferência do sinal.

Pode-se evitar este inconveniente **desajustando** as primeiras etapas, quer dizer, filtrando com precisão a alimentação, de forma que esta permaneça estável.

**Desajustamento da alimentação:** se esta for filtrada, evita-se a possibilidade de causar auto-oscilações.

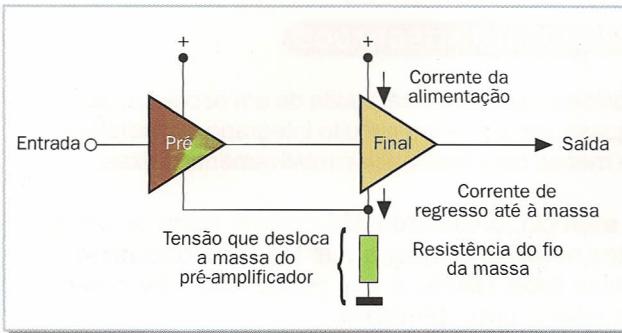


## O REGRESSO DA MASSA

Ainda mais incômodo é o ajustamento ocasionado pelo regresso da massa **comum** para a etapa final e também para as anteriores.

Como se pode ver na figura, a corrente da etapa final, quando **atravessa** a resistência (e a indutância) do fio de regresso, produz uma tensão fraca.

A massa das etapas pré-amplificadoras é, portanto, **deslocada**, obtendo-se o mesmo efeito se tivesse sido aplicado um sinal na entrada. Evita-se este problema se forem utilizados fios de regresso separados.



**Ligaçāo errada da massa:** a corrente do final desloca a massa do pré-amplificador.



# Memórias digitais

**A capacidade de recordar dados é fundamental num grande número de aplicações**

Em geral, considera-se que os **microprocessadores** têm assumido o papel principal na revolução eletrônica e informática iniciada nos anos 70.

No entanto, esquecemo-nos de uns componentes aparentemente humildes, mas que tornaram possível esta revolução: as **memórias**.

Uma memória digital é um dispositivo capaz de **recordar** um certo número de bits, que podem representar números ou informação de outro tipo.

Já observamos alguns exemplos simples: um flip-flop (lição 13 e seguintes) que pode ser considerado como a memória **de um bit**.



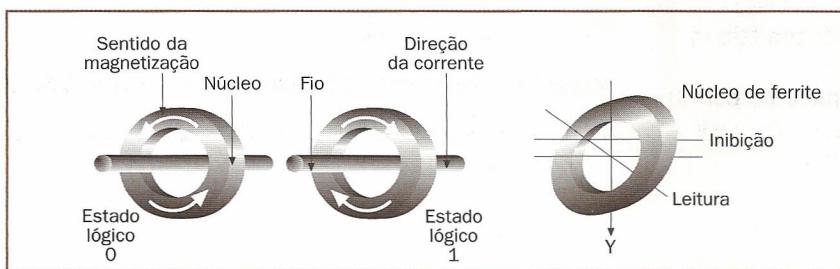
## DAS FERRITES AO SILÍCIO

Já com os **tubos de vácuo** (válvulas) era possível realizar memórias, mas o seu custo era muito alto, sem falar do desagradável, pesado e com um consumo muito elevado.

Utilizaram-se depois **argolas de ferrite** (um material magnético) dispostas em retículo, contendo cada um de-

les um bit: 1 ou 0 conforme o sentido de magnetização. Posteriormente foram passados para os transistores.

Somente com os circuitos integrados foi possível utilizar as memórias de **alta capacidade**, com muitos bits de pouca superfície e baixo consumo. Atualmente, bastantes milhões de bits residem em alguns milímetros quadrados de um **chip**. É um avanço muito importante se o compararmos com o tempo em que um bit ocupava mais ou menos as dimensões de uma mão.

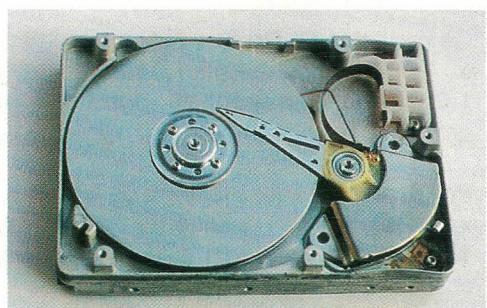


*Antiga memória dos núcleos de ferrite: cada argola armazena um bit na forma de um campo magnético.*

## MEMÓRIA DE ARMAZENAMENTO DE MASSA

Para reduzir ainda mais o **custo por cada bit**, quer dizer, carregar uma maior quantidade de dados com a mesma inversão, recorre-se à memória de armazenamento de massa. Estes dispositivos costumam ter alguns **componentes mecânicos**, como as fitas, os discos magnéticos ou os discos ópticos; têm muita capacidade mas resultam ser um bastante lentos.

Vamo-nos ocupar agora das soluções puramente **eletrônicas**. Posteriormente se ilustrarão no curso de Aplicações alguns dispositivos da memória do armazenamento de massa.



*Interior de um disco rígido para um computador: pode armazenar muitos milhões de bits.*



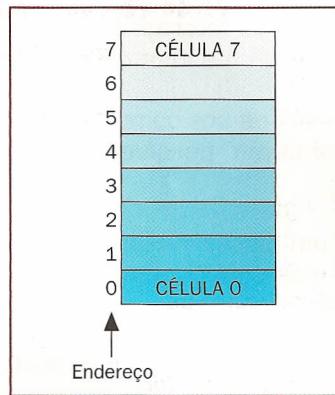
# Células e endereços

**As memórias estão organizadas de forma que possam aceder com rapidez à informação desejada**

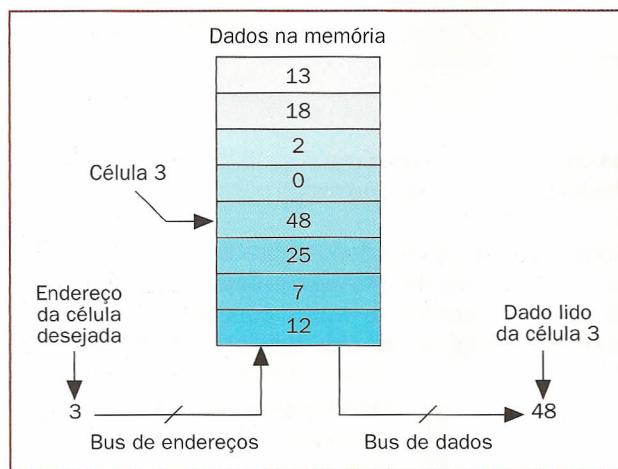
Uma memória típica está **dividida** num grande número de células, cada uma das quais está destinada para recordar um determinado dado.

Cada célula pode armazenar uma ou várias células elementares de um bit, conforme a **organização** da memória. Por exemplo,  $32 \times 8$  significa que existem 32 células, cada uma delas com 8 bits (um byte).

Um grupo de fios, a que chamamos **bus ou barramento de endereços**, serve para escolher a célula desejada. Pode-se, portanto, utilizar apenas uma de cada vez.



**Estrutura de uma memória:** uma série de células iguais, que estão numeradas a partir do zero.



## ACESSO AOS DADOS

Depois de estar escolhida a célula, pode-se enviar um sinal para que possa ler o dado nela armazenado. Os bits associados serão enviados para os fios do **bus de dados**. Se a memória é das que permitem modificar os dados nela armazenados (ver página seguinte), também é possível **escrever** um dado num dos seus compartimentos.

Este processo pode ser realizado escolhendo o endereço da célula desejada, pondo no bus de dados o valor que se deseja escrever e enviando um sinal de **escrita** para o fio correspondente.

**Leitura de um dado por uma memória:** o número do barramento de endereços escolhe a célula na qual se vai ler o dado.

## QUILO E MEGA

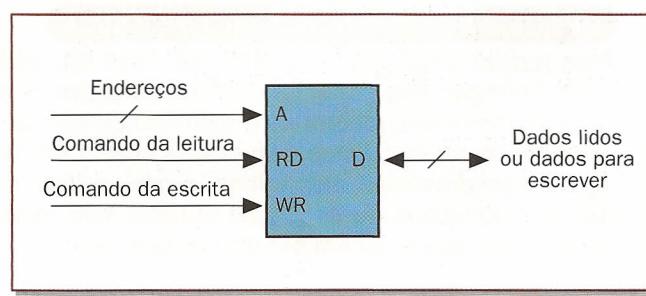
O número de células é quase sempre uma **potência** de dois ( $2, 4, 16, 32\dots$ ), normalmente bastante elevada.

Os múltiplos de **Quilo** e **Mega** não indicam aqui 1.000 e 1.000.000, mas sim respectivamente 1.024 e 1.084.576, que são as potências de dois mais próximas.

Por exemplo, uma memória de **64 Kb x 16** contém  $64 \times 1.024 = 65.536$  células de 16 bits, com um total de **1 Mb**, correspondente a 128 Kb (dado que um byte contém 8 bits).

O bus de **endereços** terá 16 fios, que dão portanto 65.535 combinações (2 elevado a 16), ao passo que

o bus de **dados** será tão comprido como uma célula, quer dizer, terá também 16 fios.



**Típicas ligações de uma memória de leitura e escrita:** o bus de dados é bidirecional, como indicam as setas.

# ROM, RAM e intérmedios

Cada tipo de memória tem as suas qualidades e defeitos.  
É preciso escolher conforme a aplicação que se quer efetuar

A seqüência das instruções (programa) que controla o funcionamento de um eletrodoméstico, ou do ABS de um automóvel, foi escrito **apenas uma vez** na fábrica.

Em casos como estes utiliza-se uma memória de **uma única leitura**, a ROM (Read-Only Memory), cujo conteúdo se escreve uma vez e já não pode ser modificado. Os dados são permanentes, uma vez que se conservam também na **ausência da alimentação**, o que garante o funcionamento do dispositivo do qual faz parte a ROM, embora seja desligado e tornado a ligar.

*As ROM são memórias permanentes: conservam os dados para sempre ou quase.*

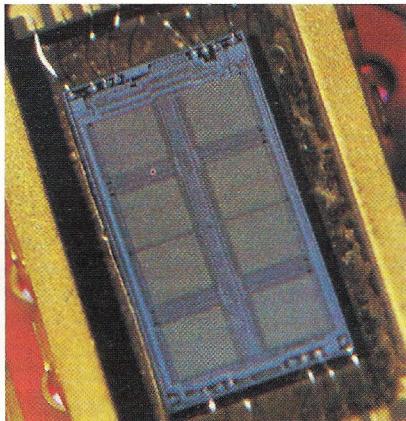


## LEITURA E ESCRITA: RAM

Tomemos um telefone que esteja preparado para **recordar** o último número marcado de modo que se possa chamar novamente com a tecla correspondente.

Fará falta uma memória cujo conteúdo **mude** em cada chamada telefônica: não se poderá utilizar portanto uma ROM, mas sim uma **RAM** (Random Access Memory: memória de acesso aleatório).

Cada célula de uma RAM pode ser li-



da ou escrita. Pelo contrário, e exceto em casos especiais, o conteúdo **perde-se** quando falta a alimentação.

O que se escreve ou desenha num **computador pessoal** é armazenado temporariamente na sua memória principal, que é, como já dissemos, uma RAM.

*Uma Ram típica tem uma densidade alta e o seu custo por bit é baixo, mas infelizmente a gravação não é permanente.*

## MEMÓRIAS SEMI-PERMANENTES

A configuração do reprodutor de vídeo pode ser modificada, mas convém que **permaneça** também no caso de interrupção da corrente.

Neste caso é necessário uma RAM **permanente**, no qual seja possível escrever mas que não perca os dados quando se corta a energia, exatamente como nas antigas argolas de ferrites.

É possível utilizar uma RAM com uma pequena **bateria** que a mantenha alimentada, embora existam memórias especialmente concebidas com este fim, como veremos na lição 22.

*Alguns cartões de crédito têm uma memória de escrita do tipo Flash ou EEPROM, que não necessitam de alimentação para conservar os dados.*





# Osciladores integrados

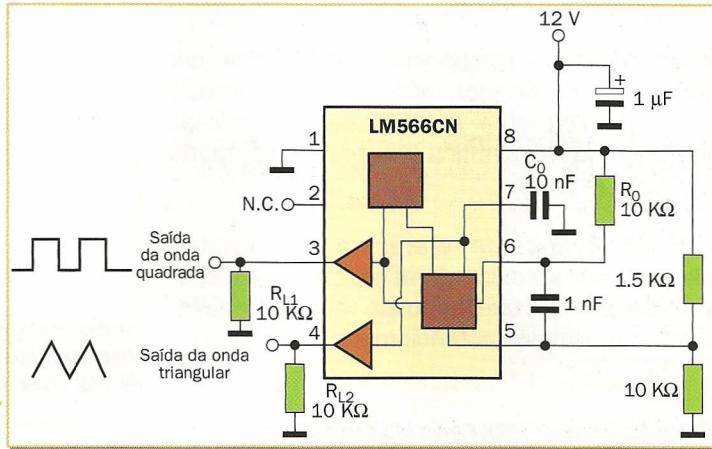
**Em muitos dispositivos, a freqüência do sinal produzido pode ser controlada variando uma tensão**

O integrado LM566 contém um oscilador que está baseado na **carga linear** (quer dizer, de corrente constante) de um capacitor, como se descreve no curso de Analógica. Este oscilador tem **duas saídas**: uma triangular e outra quadrada. Interessam-nos de momento mais as suas características do que propriamente o seu funcionamento interno.

A mais importante é a **freqüência máxima** com a qual pode trabalhar; embora seja um projeto já antigo, a sua freqüência é relativamente baixa: 500 KHz.

**Com o integrado LM566, são necessários poucos componentes para realizar um oscilador completo.**

Esta freqüência depende essencialmente do valor de um capacitor e de uma resistência ( $C_0$  e  $R_0$  como indica na figura); o segundo determina a corrente de carga do primeiro.



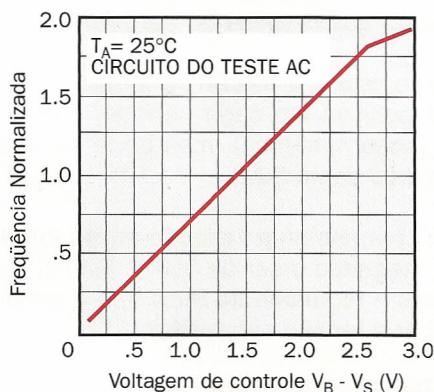
## VCO E LINEARIDADE

O integrado também pode substituir o VCO (Voltage - Controlled-Oscillator), quer dizer, oscilador controlado por uma tensão: a freqüência pode ser **modificada** se variarmos a tensão na entrada correspondente (pino 5).

A variação é bastante **linear** quando a tensão de controle varia, isto é, ao obter a diferença entre esta última e a alimentação, como se pode ver na figura.

O eixo vertical do gráfico está **normalizado**. Ele indica a relação respeitante à freqüência 1.0 obtida com 1,5 V no pino 5; se por exemplo é de 1.200 Hz, 1,5 significa  $1.200 \times 1,5 = 1.800$  Hz.

**Linearidade do oscilador quando varia a tensão de controle, e formas de onda à saída (para  $V_{CC} = 12$  V).**



## LÍMITES

Para além da freqüência máxima do trabalho, os dados (tabela) indicam que a **tensão de controle** no pino 5 não pode baixar a menos de três quartos do  $V_{CC}$ .

A **estabilidade térmica** ( $200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ) é bastante boa:  $50^\circ\text{C}$  de variação podem ocasionar um erro de 1%; no entanto é um valor típico que não oferece garantia.

A **sensibilidade à alimentação** (rejeição da voltagem da alimentação) é importante: 1 V de variação do  $V_{CC}$  pode mudar a freqüência em 2%.

Parâmetro	Condições	LM566C			Unidades
		Mín.	Tipo	Máx.	
Freqüência operativa máxima	$R_0 = 2\text{ K}$ $C_0 = 2.7\text{ pF}$	0.5	1		MHz
Freqüência VCO de funcionamento livre	$C_0 = 1.5\text{ nF}$ $R_0 = 20\text{ K}$ $f_0 = 10\text{ KHz}$	-30	0	+30	%
Qualidade da voltagem da entrada pino 5		$3/4 V_{CC}$		$V_{CC}$	
Coeficiente da temperatura média da freqüência operativa		200			$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Rejeição da voltagem da alimentação	10-20 V	0.1	2		$\%/V$

Algumas características do LM566, referidas com precisão e estabilidade da freqüência à saída.



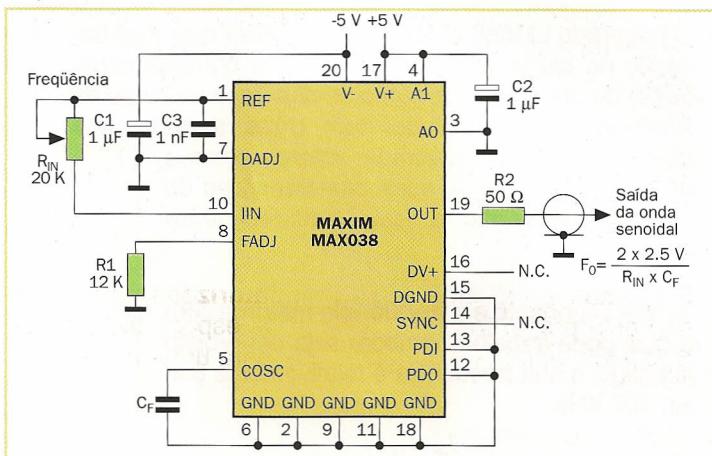
# Osciladores evoluídos

## Os osciladores modernos são capazes de produzir também ondas senoidais

O MAX038 (MAXIM) pode oscilar até 20 MHz, e a forma de onda à saída pode ser selecionada pelas entradas digitais correspondentes A0 e A1. Também se pode escolher a forma entre quadrada, triangular e senoidal.

Neste oscilador a freqüência também pode ser **controlada** do exterior, não com uma tensão mas com a corrente enviada para a entrada adequada I (que, com fins práticos, se comporta como uma massa).

Existe uma **tensão de referência** ( $R_{EF}$ ) estabilizada em 2,5 V aproximadamente que está disponível para permitir que se possa variar a freqüência com um simples potenciômetro (ver figura).



Oscilador senoidal com comando manual por parte do potenciômetro  $R_f$ , útil como ferramenta de laboratório.

### DUTY CYCLE E REGULAMENTO FINAL

O MAX038 necessita de uma **alimentação dual**, isto é, dupla (+5 V e -5V), que lhe permite produzir sinais simétricos no que respeita ao zero (massa).

O duty cycle, isto é, a **fração** de tempo durante o qual a saída é positiva em cada período, é normalmente de 50% (onda simétrica), mas pode ser alterada se varia a tensão sobre DADJ.

A entrada I permite uma variação **muito ampla** da freqüência, chegando a ser de 350: 1 (isto é, de 350 vezes); para um regulamento mais fino e preciso pode-se modificar a tensão sobre FADJ.

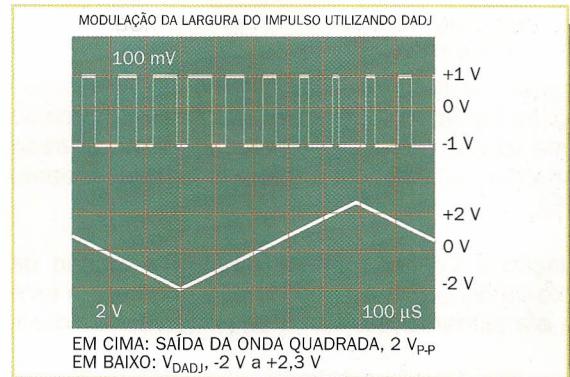
### SENOIDAL E DISTENSÃO

A senoidal produzida não é totalmente pura, pois está ligeiramente **distendida**, isto é, não segue exatamente a curva matemática senoidal.

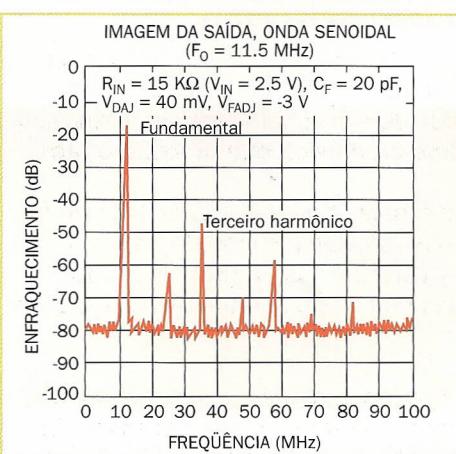
Portanto, à saída a forma da onda contém **harmônicos** que não são desejados, quer dizer, senoidais de freqüência múltiplos da produzida (ver lição 16 de Analógica).

A figura mostra uma **análise sombria** do sinal, quer dizer, um gráfico dos componentes de freqüências distintas, com o nível associado em decibels (dB).

*Harmônicos não desejados na saída senoidal com 11,5 MHz; a situação pode melhorar se as freqüências são mais baixas.*



Variação do duty cycle da onda quadrada.



# Display LCD

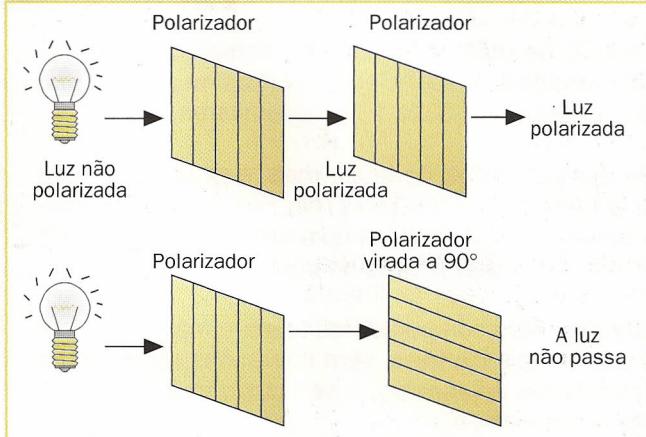
## A tecnologia do cristal líquido tem a vantagem de ter um consumo bastante limitado

Os LCD (Liquid Crystal Display: vídeo de cristal líquido) não se iluminam como os LED, mas funcionam como **obturadores**. Podem deixar passar ou bloquear a luz.

Estes aparelhos aproveitam o facto de que a luz **polarizada**, de certo modo orientada por linhas verticais ou horizontais, é detida por outro polarizador que está virado a 90 graus (ver figura).

Alguns LCD especiais **mudam** a polarização da luz que os atravessa, na medida em que se sobreponham a um campo elétrico.

Situados entre dois cristais polarizados, deixam ou não passar a luz conforme a **tensão** aplicada entre duas placas (transparentes).



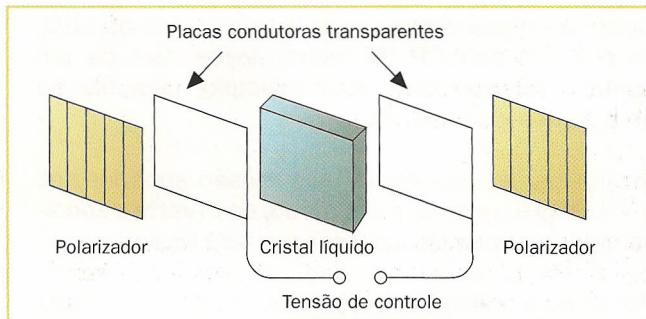
Dois polarizadores alinhados deixam passar a luz, mas se são colocados de forma distinta bloqueiam-na.

### SEGMENTOS E PIXELS

Como se trata simplesmente de aplicar tensão (pelos cristais não passa corrente), o **consumo** é mínimo: acontece praticamente apenas durante as transições, como sucede nos circuitos CMOS.

Além disso, as placas às quais se aplica a tensão podem ser **modelados** conforme se deseje, de modo que possam ter a forma desejada.

Portanto, podem-se ter os clássicos **7 segmentos**, como acontece com os relógios, ou até desenhos arbitrários, ou ainda uma matriz de quadradinhos (pixel) parecida com o dos LED.



Vista dividida de um segmento do display realizado com cristais líquidos: a tensão entre as placas controla a luz.

### REFLEXÃO E TRANSPARÊNCIA

Os LCD dos relógios funcionam normalmente por **reflexão**, refletindo ou difundindo a luz que recebem do ambiente que os rodeia.

No entanto, os dos computadores portáteis são **de iluminação posterior**, pois têm uma fonte luminosa atrás. Podem deixar passar ou bloquear a luz produzida por esta fonte.

Este fato permite-lhes serem mais visíveis e obter um maior contraste, mas pelo preço de um **consumo** mais elevado por parte da fonte de luz que, normalmente, está fabricada com fluorescentes tubulares.



Os displays de LCD dos computadores portáteis consomem muita energia para a iluminação posterior.



# Tipos de LCD

**Os displays de cristal líquido incluem quase sempre os circuitos de controle, e muitas vezes funções adicionais**

Os LCD de **utilização comum**, como os dual scan, são variantes da tecnologia TN (twisted nematics) e têm siglas como STN, FTN ou similares.

Os computadores portáteis mais evoluídos utilizam uma **matriz ativa**, ou TFT (Thin Film Transistor: transistor de película fina), na qual cada quadrado (pixel) tem um transistor próprio de controle.

Embora estes computadores tenham mais contraste e sejam mais **rápidos**, sem interações indesejadas entre zonas adjacentes, o seu custo de produção é muito mais elevado.

*Num vídeo de matriz ativa, os quadrados simples (pixel) separam-se claramente dos que têm ao lado.*



## PROBLEMAS DE CONTROLE

Como acontece com as matrizes de pontos do LED, os displays de LCD de matriz necessitam de um controle **multiplexado** (por exemplo, uma fila ou uma coluna de cada vez).

Normalmente, precisa-se uma tensão superior aos 5 V normais, que, de certo modo, se **inverte** periodicamente para evitar estragar o cristal líquido.

Por estes e outros motivos, os fabricantes costumam incluir os **controladores** e o circuito do multiplexado no próprio monitor.



*Monitor LCD da matriz de pontos com controlador e gerador de caracteres incorporados.*

## INTERFACE E MEMÓRIA

A **ligação** com o circuito externo (interface) depende do modelo. Pode ser parecido com o do controlador para o LED já estudado na lição 19, ou mesmo muito mais complexo. Os modelos alfanuméricos incluem um **gerador de caracteres**. É suficiente proporcionar o código binário (ASCII) do carácter desejado, e a posição na qual se escreve.

Nestes gráficos, é necessário especificar o **estado** (ligado ou desligado) de cada um dos numerosos pontos (pixels) que formam o retículo.

Nos dois casos, o dado conserva-se numa **memória** (RAM) adicional, permitindo que se retoque periodicamente o desenho, necessário para manter visível a imagem.



*LCD gráfico de 70 x 23 pixels, com RAM interna: cada pixel pode ser controlado individualmente.*



# Comandos à distância

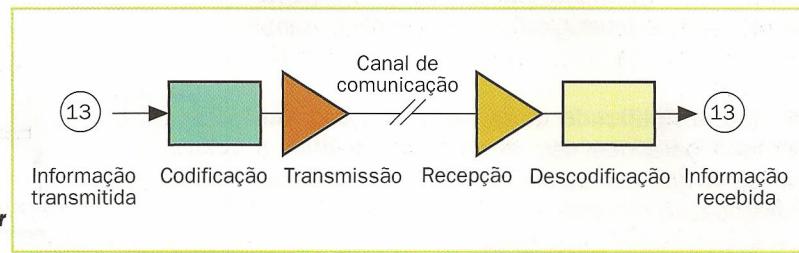
**As portas automáticas e os comandos à distância de televisão, embora utilizem técnicas diferentes, estão baseados nos mesmos princípios**

Um comando à distância deve transmitir uma **informação**, normalmente digital. Com um bit no caso da porta automática e com vários bits para um televisor (por exemplo, o número do canal desejado).

De certo modo, uma porta automática também transmite um **número** composto por vários bits, para identificar o transmissor e não interferir com os dispositivos analógicos.

A informação numérica que se tem de transmitir codifica-se, envia e descodifica-se.

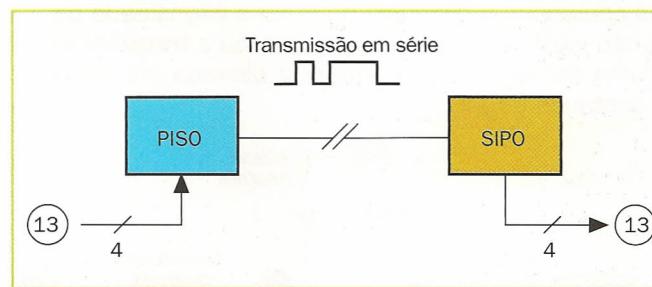
O transmissor envia este número através de um **canal de comunicação** (por exemplo, um raio de infravermelhos ou uma onda de rádio), até chegar ao receptor que o deve saber reconhecer.



## TRANSMISSÃO SERIAL

Como o canal costuma ser **único**, como se fosse apenas um fio, a informação digital é enviada em série, quer dizer, um bit atrás de outro bit e assim sucessivamente.

De fato, este procedimento pode ser feito com um **registro de deslocação** (lição 18 de Digital) que a converte de paralelo para série, enviando um bit atrás de outro bit num ritmo constante. No receptor, outro registo de deslocação **reconverte** de série para paralelo, obtendo outra vez o número original (a transmissão série será estudada mais em profundidade no curso de Digital).



Um número de vários bits é transmitido por um único canal, um bit de cada vez quer dizer, em série.

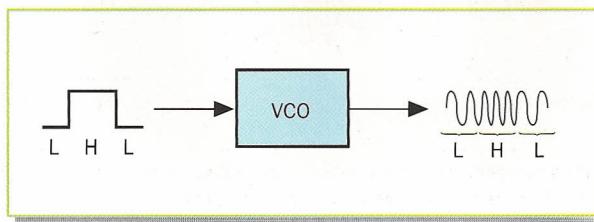
## MODULAÇÃO

Especialmente, nos comandos à distância, destinados a serem utilizados ao ar livre, é necessário evitar que qualquer **interferência** accidental possa ser trocada por um sinal do transmissor.

Pode-se também acrescentar uma modulação ao sinal, por exemplo, utilizando **oscilações** com dife-

rentes freqüências para a transmissão dos valores 0 e 1 de cada bit (FSK: Frequency Shift Keying).

A figura mostra como pode ser utilizado um **VCO**, quer dizer, um oscilador controlado atendendo à tensão (ver curso de Analógica), para produzir a freqüência correspondente ao valor digital que tem de ser enviado.



O sinal digital procedente do registrador de deslocamento (1 ou 0) determina a freqüência da modulação.



# Técnicas de transmissão

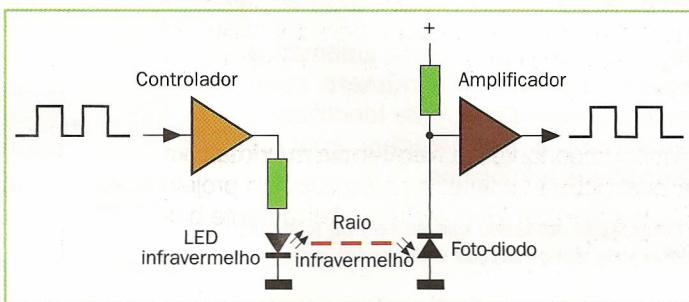
**Tanto o transmissor como o receptor propriamente ditos dependem do meio de transmissão escolhido**

Se o canal for um **raio infravermelho**, o transmissor pode ser um LED infravermelho, cujo sinal modulado controla a corrente e, portanto, a luminosidade. O receptor, que é **sensível** à luz infravermelha, tanto pode ser um foto-diodo como um foto-transistor (ver lição 29 de Analógica), que emitirá um sinal fraco.

Este será **amplificado** e, se for necessário, demodulado para que seja possível reconstruir o sinal digital que tem de ser enviado para o registo de deslocação receptor.

**Canal de transmissão óptica de infravermelhos: o transmissor deve ver o receptor sem que haja obstáculos no meio.**

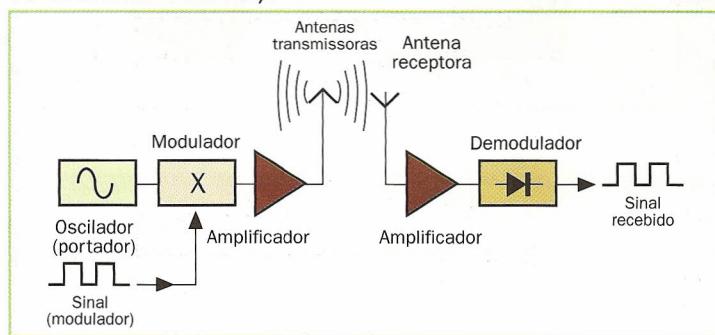
Também são necessários **filtros ópticos** de vidro ou de plástico, que, embora deixem passar os infravermelhos, bloqueiam ao mesmo tempo a luz visível, evitando assim interferências.



## MEDIANTE O RÁDIO: VIRTUDES E DEFEITOS

Nos comandos à distância de rádio a intensidade da luz não varia, mas sim a **amplitude** ou a **freqüência** de uma oscilação com freqüência elevada (dezenas ou centenas de MHz).

Também são necessárias duas **antenas**: uma para o transmissor, que normalmente já está incorporada, e outra para o receptor, que em geral está externa e é visível.



Não é suficiente uma linha aberta visual como os infravermelhos, mas também que o sinal não fique **limitado** e possa alcançar outros receptores que estejam nas proximidades.

**Transmissão mediante rádio: o sinal digital controla a amplitude ou a freqüência de uma onda portadora de alta freqüência.**

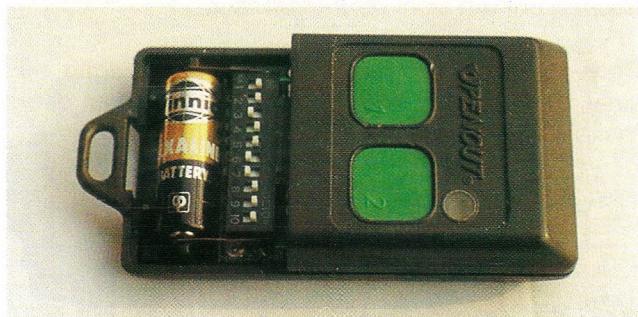
## IDENTIFICAÇÃO E SEGURANÇA

O **código** de uma porta automática, quer dizer, o número binário transmitido, costuma ser configurado através de minúsculos interruptores, tanto no transmissor como no receptor.

Quanto menor for o **comprimento** do código, quer dizer, o número de bits, maior será a probabilidade de uma interferência com outros comandos à distância, o que obriga a mudar o código.

O problema da **segurança** é habitual nos comandos à distância importantes, como o da abertura de um auto-

móvel. Nestes casos utilizam-se também códigos que mudam em cada transmissão.



**Micro-interruptores para a configuração do código binário numa porta automática.**



# Medir com o osciloscópio

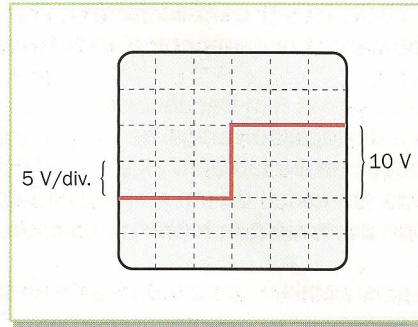
**O osciloscópio não serve apenas para ver os sinais, mas também para medir as suas características com uma precisão moderada**

Para medir uma **tensão contínua**, primeiro tem que se pôr a entrada com a massa (freqüentemente há um interruptor especial) e desloca-se verticalmente o traço para o alinhar com uma linha horizontal do gride.

Se reenvia depois para a entrada em modo **DC** (tensão contínua): tocando com a ponta do fio que se tem de medir; se a tensão for positiva, o traço se desloca para cima.

A entidade da deslocação, medida no **gride** de referência, dá a tensão. Se, por exemplo, a entrada for de 5 V/div e o traço se deslocar 2 divisões, a tensão será de 10 V.

*A deslocação vertical do traço mede a tensão aplicada na entrada.*



## TEMPOS E FREQUÊNCIAS

Para se medir um tempo, é suficiente examinar a **distância horizontal** e ler a configuração do comando da base de tempos. Por exemplo, se uma forma de onda se repete a cada **6 divisões** e a base de tempos está em 100  $\mu$ seg /div, o período da onda é de 600 micro-segundos.

Se dividirmos 1 pelo período, pode-se ter a **freqüência**: retomando o exemplo,  $1/600 \mu\text{seg} = (\text{multiplicando ambos por 1 milhão}) 1.000.000 / 600 = 1.666 \text{ Hz}$  mais ou menos.



*As distâncias horizontais correspondem aos valores escolhidos com o comando da base de tempos.*

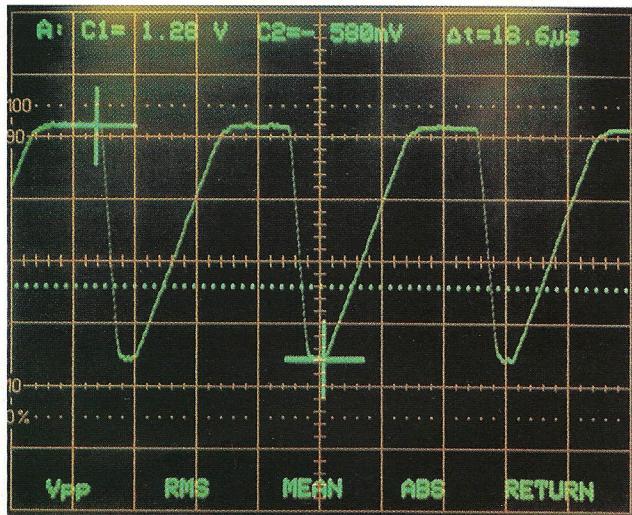
## PRECISÃO

Para que as medidas sejam corretas, é fundamental que os comandos de regulação **variável** (tanto de sensibilidade como da base de tempos) estejam na posição fixa do final do percurso.

Os osciloscópios mais sofisticados oferecem a possibilidade de mover **linhas de referência** no vídeo com comandos especiais, para as fazer coincidir exatamente com os pontos a medir.

O **valor** correspondente à distância entre as linhas, à tensão na vertical ou ao tempo na horizontal, está escrito numa cor clara no mesmo vídeo, incluída a conversão tempo/freqüência.

*Em cima aparecem as tensões e o tempo correspondente à sua distância horizontal.*





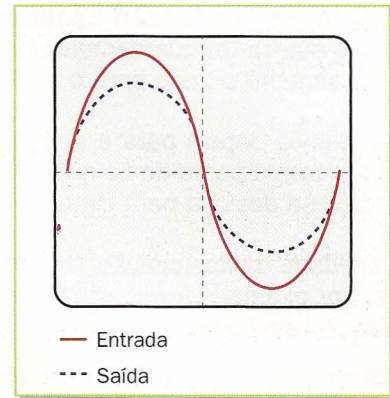
# Medidas relativas

**Freqüentemente, a informação que se deseja não está inserido num único sinal, mas sim na relação que existe entre dois deles**

O osciloscópio permite facilmente ver a **diferença** entre dois sinais, por exemplo, para comparar a amplitude de duas senoidais.

Se as ondas têm freqüências e fases iguais, bastará **sobrepor-las**, modificando a deslocação vertical de um dos traços para ver qual deles é o mais amplo. Podem ver-se também algumas **distorções**, por exemplo, sobrepondo a entrada (senoidal) de um amplificador com a sua saída, e regulando a sensibilidade de modo que tenham a mesma amplitude.

Muitos osciloscópios permitem ainda mostrar diretamente a **soma** ou a **diferença** entre as duas entradas.



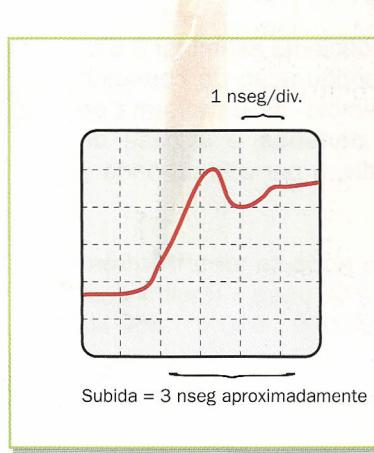
*A sobreposição da entrada e da saída permite uma comparação direta entre duas ondas.*

## DIFERENÇA DE TEMPOS

Do mesmo modo, é possível avaliar pequenos **atrasos** nos sinais digitais. Sobrepondo dois sinais, mesmo as diferenças de poucos nano-segundos resultam ser imediatamente visíveis.

Este fato permite verificar se as **temporizações** requeridas por um integrado digital (por exemplo o tempo de hold num flip-flop D) sejam ou não respeitadas e com quanta margem de segurança.

Se acelerarmos a base de tempos pode-se examinar também a **transição** de um sinal digital, incluídos alguns possíveis defeitos, como um excessivo ringing (oscilação no final da transição).



*Transição da subida (rising edge) de um sinal digital relativamente lento, ampliado por aceleração da base de tempos.*

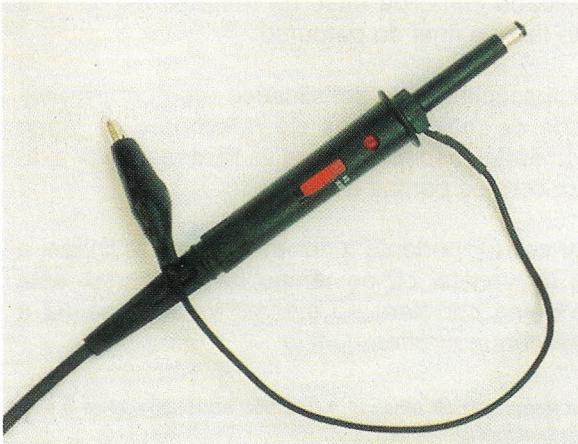
## CALIBRAÇÃO

A **precisão** das medidas pode ser verificada, em muitos osciloscópios, devido a uma saída de calibração incorporada.

Se a enviarmos para uma entrada, podemos controlar que a **amplitude** indicada no vídeo corresponde à efetiva, já especificada no calibrador.

Além disso, o sinal de calibração serve para regular o pequeno **compensador** (trimmer) presente em muitas sondas, de modo que a onda apresentada tenha uma mínima distensão.

*O compensador da sonda é importante para uma correta representação das transições.*





# Psicodélicos de bolso

## Uma versão reduzida das luzes psicodélicas de uma discoteca

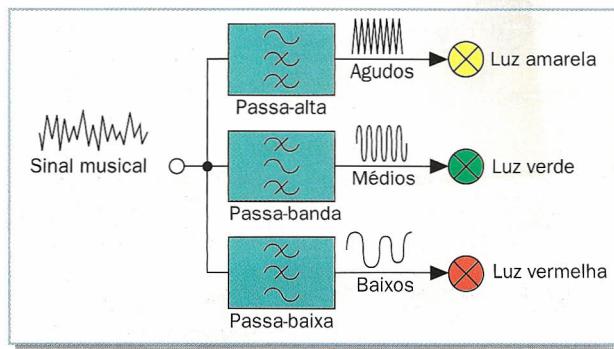
Até mesmo numa discoteca a eletrônica é importante, não só na instalação da amplificação, como também em todos os **efeitos especiais**: projetores, scanners, vídeo e luzes de todo o tipo.

Esta invasão tecnológica começou cerca dos anos 70 com as **luzes psicodélicas**, lâmpadas que piscam ao ritmo da música e que, apesar do tempo decorrido, continuam a ser atuais.

Propomos agora uma versão **miniaturizada**, que, com certeza, não está preparada para iluminar os espaços tão amplos de uma discoteca, embora esteja pensada para uma utilização pessoal.

### AO RITMO DA MÚSICA

As **frequências** que estão contidas na música podem ocupar totalmente a imagem de áudio (quer dizer, o campo audível): desde os baixos do bombo aos agudos dos pratos e todos os sons intermédios.



Para se conseguir representar visualmente este conteúdo espectral, divide-se o sinal musical num determinado número de **bandas**. Por exemplo, as frequências baixas, as intermédias e as altas.

De cada uma das bandas mede-se a amplitude e, conforme esta seja, produz-se uma **luz** mais ou menos intensa na cor pré selecionada (no nosso caso: vermelho para os baixos, verde para os médios e amarelo para os agudos).

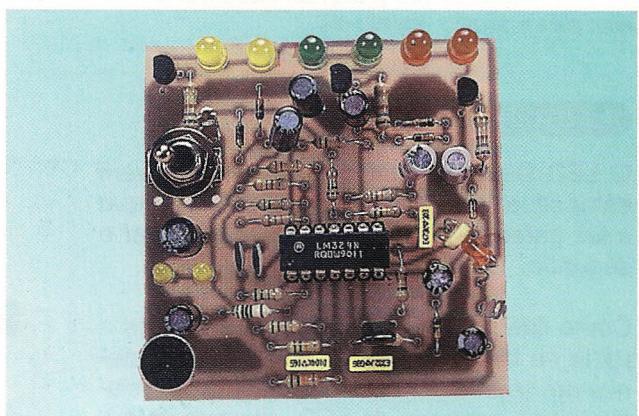
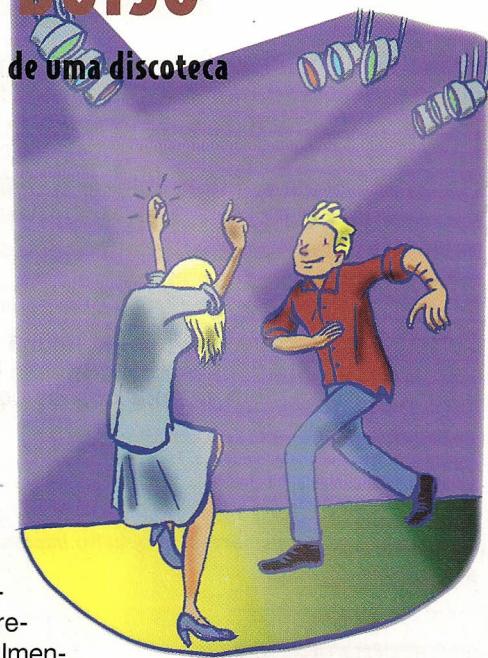
*Cada uma das luzes psicodélicas segue a amplitude de uma banda de frequências.*

### UTILIZAÇÃO DAS LUZES DE BOLSO

Devido à baixa potência luminosa, o melhor resultado obtém-se na **escuridão**, por exemplo, durante a tarde no interior de um automóvel: as luzes acompanharão o ritmo da música que produza o rádio.

Uma idéia ainda mais original consiste em **colocar** o mais alto possível os psicodélicos de bolso, na posição preferida: estes farão ressaltar a figura do utilizador na discoteca ou num concerto enquanto escuta a música.

As **baterias**, ligadas através de um fio escondido debaixo da roupa, poderão ser colocadas na cintura, por exemplo, ocultas na caixa de um telefone móvel.



O circuito das luzes psicodélicas de bolso, já terminado.



## Montagem do circuito

Todos os componentes do circuito, com exceção da pilha de 9 V, são montadas na base do circuito impresso, conforme a disposição indicada na figura.

O que se coloca em **último** lugar é o diodo D 13 e a foto-resistência F1, se seguimos as instruções abaixo indicadas; os restantes componentes podem ser montados pela ordem habitual.

Como sempre, deve-se prestar muita atenção aos componentes que têm **polaridade**: tais como capacitores eletrolíticos, diodos (incluídos os LED), transistores, integrado e microfone.

### ***Disposição dos componentes do circuito impresso dos psicodélicos de bolso.***

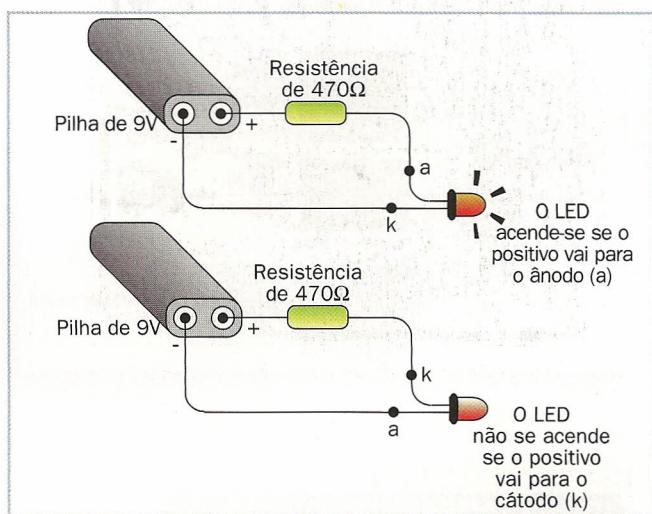
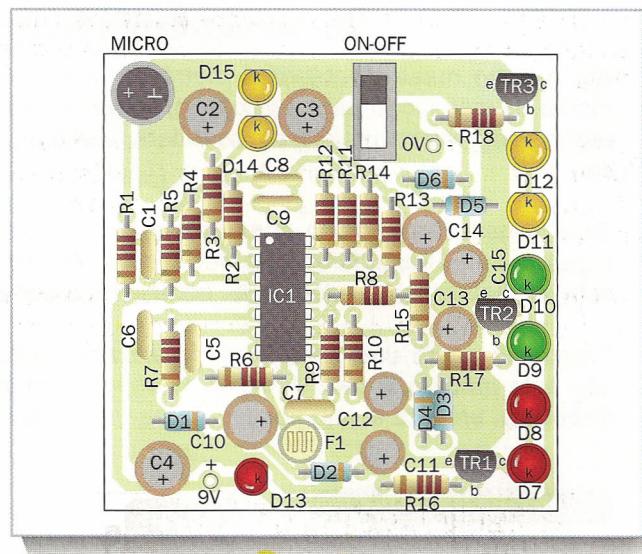
## MONTAGEM DOS LED

Para os numerosos LED de cores, a identificação dos terminais, cátodo (indicado com k) e ânodo, pode ser efetuada observando o comprimento dos mesmos antes da sua ubiquação no circuito impresso.

De fato, o pino do cátodo dos LED é fisicamente **mais curto** do que o outro, e um possível vinco realizado antes de tempo com os alicates poderia dificultar a detecção da polaridade.

Alguns LED também têm uma marca **lateral** de referência (como por exemplo os indicados no plano de montagem), mas nem todos o têm; no entanto, pode-se utilizar a técnica que se mostra na figura.

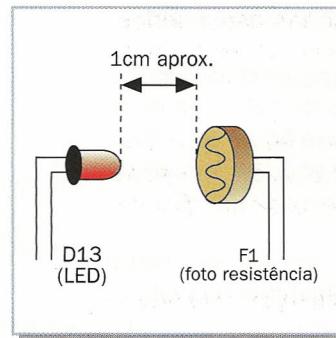
**Os terminais de um LED podem ser identificados com a ajuda de uma pilha e de uma resistência.**



## A FOTO RESISTÊNCIA E O SEU LED

O LED D13 e a foto resistência F1 devem estar situados **frente a frente**, de modo que a luz gerada pelo primeiro possa alcançar o segundo.

Como ilustra a figura, **giram-se** 90 graus a partir da base, mantendo-os a mais ou menos um centímetro de distância; a foto resiste, ao contrário do LED, não tem polaridade.



Se o circuito for montado numa caixa transparente, será necessário **proteger** o F1 da luz exterior, por exemplo com um tubo de cartão preto que lhe permita receber apenas a luz do D13.

**D13 e F1 fazem parte de um sistema automático de regulação: o LED deve iluminar a foto resistência.**

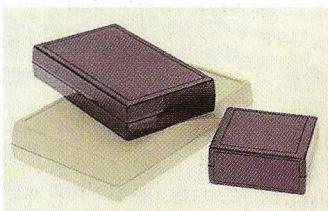
## CAIXA

Pode-se utilizar uma **caixa de plástico** normal, deixando um orifício na tampa para as luzes (ou então voltando a enviar os LED para o painel), e realizando 2 ou 3 orifícios para o microfone.

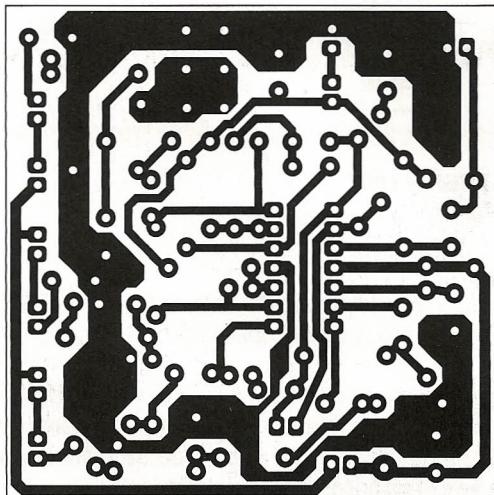
Uma outra possibilidade talvez melhor ainda, é **substituir** toda a tampa por um retângulo de plástico ou de policarbonato, de modo a deixar ver todo o circuito sem esquecer de proteger o F1 e o D13.

No entanto, o efeito mais tecnológico obtém-se com uma caixa **totalmente transparente** ou mesmo dei-

xando o circuito sem caixa, somente protegido por um isolador que cubra o lado das soldaduras (será necessário, nesse caso, evitar o contato com objetos metálicos).



*Exemplos de caixas de plástico: a parte retangular de cima pode ser substituída por um retângulo transparente.*



## TESTE E UTILIZAÇÃO PRÁTICA

O **teste de funcionamento** requer muito poucas manobras: liga-se a pilha, que deve estar com a polaridade correta, aciona-se o interruptor e observa-se o resultado na presença da música.

Se tudo correr bem, o grupo do LED de 5 mm começará a **piscar ritmicamente** depois de um período inicial de cerca de vinte segundos.

Os que têm a cor **vermelha** seguirão o baixo e a bateria; os **verdes** seguirão os médios (normalmente a melodia), e os **amarelos**, finalmente, responderão aos golpes dos pratos e de outras tonalidades agudas.

*Circuito impresso para as luzes psicodélicas de bolso, pelo lado das soldaduras.*

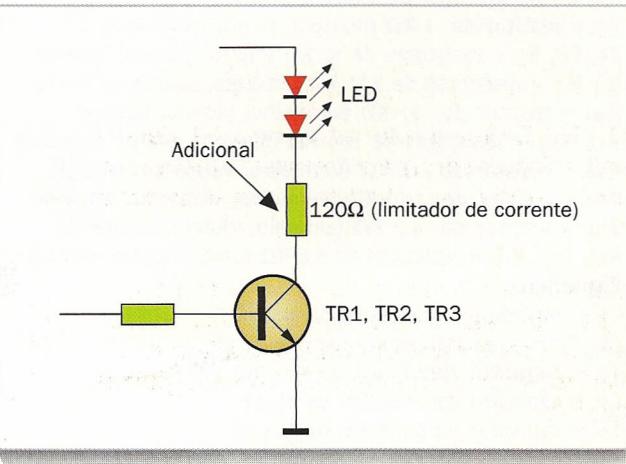
## DURAÇÃO DOS LED

Para produzir a máxima **luminosidade**, os LED estão sujeitos a uma tensão bastante intensa, que pode reduzir a sua vida útil.

Alguns LED não conseguem suportar estas fortes tensões e podem **ceder** depois de um breve período de uso.

Neste caso, e também apenas como prevenção para não se correr o risco de ter que substituí-los, convém acrescentar uma **resistência em série** a cada par de LED, como se explica na figura.

*Uma resistência em série reduz a luminosidade, mas prolonga a vida útil dos diodos luminosos.*



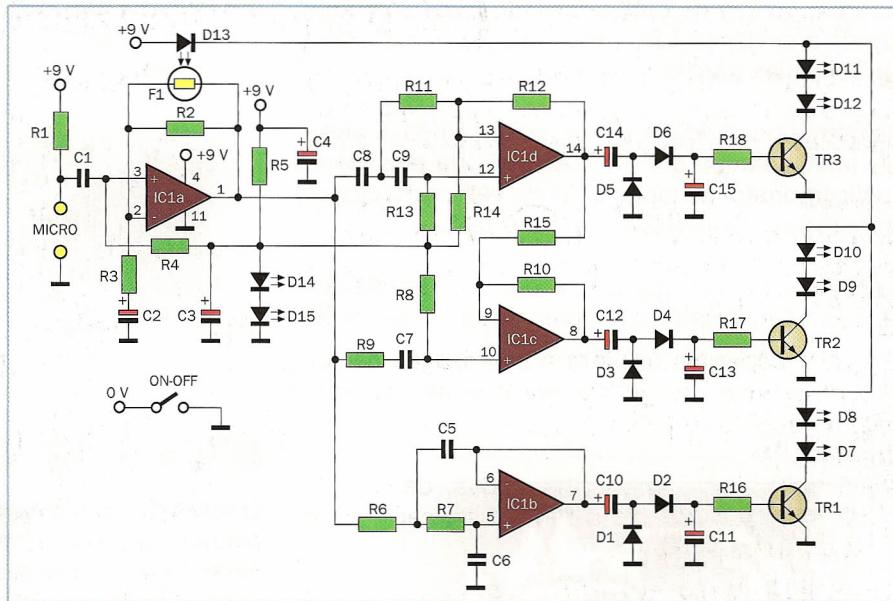


# Funcionamento do circuito

O IC1 operacional amplifica o sinal da entrada, que se aplica à entrada dos três filtros ativos constituídos respectivamente por IC1b, IC1c e IC1d.

Estes dividem o sinal em **três bandas**: a primeira é uma passa-alta para os agudos, a segunda uma passagem da banda para as freqüências medias e a terceira também é uma passa-baixa para os tons de baixa freqüência.

À saída de cada filtro há um **d detector de amplitude**, formado por um corretor de dois diodos. A tensão produzida por ele faz com que o transistor conduza, acendendo os LED correspondentes.



*Esquema elétrico dos psicodélicos de bolso do LED.*

## NÍVEL AUTOMÁTICO

O ganho conseguido da etapa da amplificação (IC1a) é regulado **automaticamente** conforme a corrente absorvida pelos LED finais, que também atravessa o LED D13.

De fato, quanto mais se ilumina o D13, mais baixa a resistência da foto resistência F1 situada à sua frente,

aumentando a **realimentação negativa** sobre IC1a e, portanto, reduzindo a sua amplificação.

Os dois LED amarelos D14 e D15 são utilizados, no entanto, como **referência de tensão** (4,2 V aproximadamente), para proporcionar o zero de referência para os quatro amplificadores operacionais.

## LISTA DE COMPONENTES

### Resistores (todos de 1/4 W 5%)

- R1 = resistor de 15 KΩ (marrom, verde, laranja)
- R2, R4 = resistores de 1 MΩ (marrom, preto, verde)
- R3 = resistor de 1 KΩ (marrom, preto, vermelho)
- R5, R8, R9 = resistores de 10 KΩ (marrom, preto, laranja)
- R6, R7 = resistores de 470 KΩ (amarelo, violeta, amarelo)
- R10 = resistor de 27 KΩ (vermelho, violeta, laranja)
- R11, R15 = resistores de 100 KΩ (marrom, preto, amarelo)
- R12 = resistor de 22 KΩ (vermelho, vermelho, laranja)
- R13 = resistor de 220 KΩ (vermelho, vermelho, amarelo)
- R14 = resistor de 4,7 KΩ (amarelo, violeta, vermelho)
- R16, R17, R18 = resistores de 6,8 KΩ (azul, cinzento, vermelho)

### Capacitores

- C1 = capacitor de poliéster de 100 nF
- C2, C4 = capacitor eletrolítico de 47 µF 10 V
- C3 = capacitor eletrolítico de 100 µF 3 V
- C5 = capacitor de poliéster de 15 nF
- C6 = capacitor de poliéster de 3,3 nF

C7 = capacitor de poliéster de 47 nF

C8-9 = capacitores cerâmicos de 220 pF

C10 = capacitor eletrolítico de 10 µF 6,3 V

C11, C12, C13, C14, C15 = capacitores eletrolíticos de 1 µF 10 V

### Componentes activos

TR1, TR2, TR3 = transistores BC546

IC1 = TLC274 o TS274 - LM324

D1, D2, D3, D4, D5, D6 = diodos ao silício 1N4148

D7, D8 = diodos LED vermelhos de 5 mm, 50 mA

D9, D10 = diodos LED verdes de 5 mm, 50 mA

D11, D12 = diodos LED amarelos de 5 mm, 50 mA

D13 = diodo LED vermelho de 3 mm, 50 mA

D14-15 = diodos LED amarelos de 3 mm (de qualquer tipo)

F1 = foto resistor de 5 mm

### Vários

ON-OFF = micro chave de alavanca

MICRO = microfone de eletreto

1 circuito impresso