

# ELETRÔNICA

29

para todos



OPTO-ELETRÔNICA



VÍDEO  
DIGITAL



UM FOTO-DIODO  
AMPLIFICADO



O LEITOR DE  
COMPACT-DISC



DESENHO DE CIRCUITOS  
IMPRESSOS PROFISSIONAIS



Projeto nº 29:  
MICRO-RECTOR AM

SALVAT

JACKSON  
LIBRI



# Opto-eletrônica

**A luz pertence à mesma família das ondas de rádio, só que tem uma frequência diferente**

Grande parte das ondas electromagnéticas são **invisíveis**, exceto as que rodeiam os 500.000 GHz, já que constituem a luz visível.

A **frequência** determina a sua cor, que pode variar num espectro contínuo, equivalente ao do arco-íris, que pode ir do vermelho ao violeta.

Normalmente costuma-se indicar o **comprimento de onda** em lugar da frequência; mede-se em nanômetros (nm: mil milionésimos de metro).

*Os nossos olhos vêm diferentes cores conforme o comprimento da onda de luz que incide sobre eles.*

Cores	Comprimento de onda
Violeta	Inferior - 450 nm
Azul	450 - 500 nm
Verde	500 - 570 nm
Amarelo	570 - 590 nm
Laranja	590 - 610 nm
Vermelho	610 - 700 nm
Branco	É a combinação de todos os comprimentos de onda
Preto	É a total absorção de todos os comprimentos de onda

## DIODOS QUE PRODUZEM LUZ

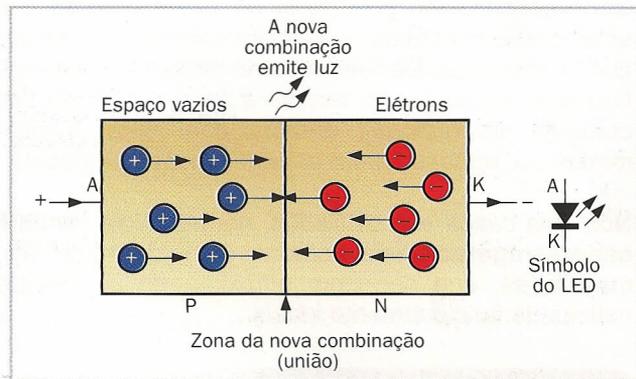
Num diodo normal de um semiconductor que é percorrido por uma corrente direta (ver lição 8), tanto os elétrons como os espaços vazios **encontram-se novamente** na parte central da união.

Esta recombinação pode originar a emissão da **radiação eletromagnética**, desde que o comprimento de onda esteja dentro da gama acima referida, aparecendo deste modo como luz visível.

Os **LED** (ver lição 19 de Componentes) são diodos especialmente construídos para produzirem luz

*Os diodos luminosos (LED) são realizados com arseniato de gálio (GaAs) ou outros materiais especiais.*

aproveitando este fenômeno; o material utilizado determina o comprimento da onda produzida e, portanto, a sua cor.



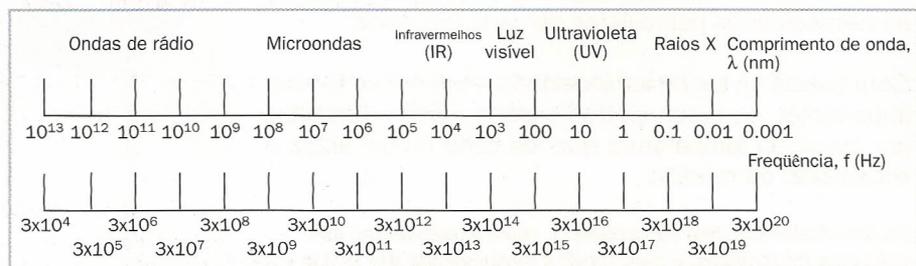
## VISÍVEIS E INVISÍVEIS

Antigamente os LED eram exclusivamente vermelhos, ao passo que agora são fabricados numa ampla gama de **cores**, que se estende do infravermelho ao azul e mais ainda.

As versões **infravermelhas**, embora sejam invisíveis para o olho humano, podem enviar luz para um receptor adequado, como de fato acontece na maior parte dos comandos à dis-

**A luz visível é apenas uma pequena parte do amplo espectro das ondas eletromagnéticas.**

tância. A elevada velocidade de resposta dos LED, que estão privados de inércia térmica (ao contrário do que acontece com as lâmpadas) permite **modular** com facilidade a luz emitida, variando a corrente no diodo.





# Foto-diodos

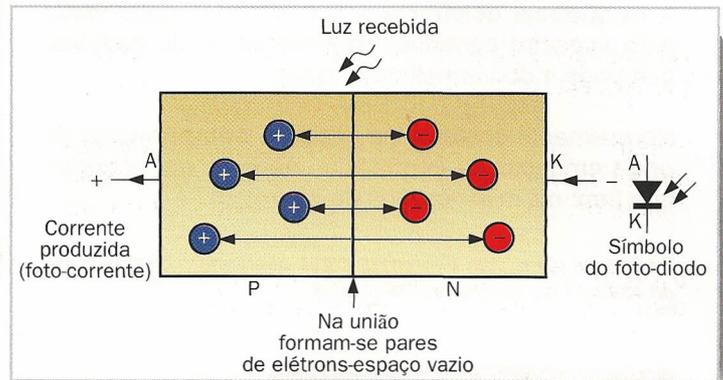
**Da mesma forma que existem dispositivos de semicondutor aptos para emitirem luz, existem outros que desenvolvem a função oposta**

As **foto-resistores** variam a sua resistência em função da luz recebida, mas o seu comportamento nunca é linear e, principalmente, a sua resposta às variações é muito lenta.

Os **foto-diodos**, pelo contrário, comportam-se muito melhor, pois na sua união podem se produzir pares de elétrons-espacos vazios num número proporcional à quantidade da luz recebida. Deste modo aparece uma corrente que é proporcional à da intensidade (potência luminosa) da

**Foto-diodo:** a energia da luz afasta os elétrons dos átomos de silício dopado, deixando os correspondentes espacos vazios.

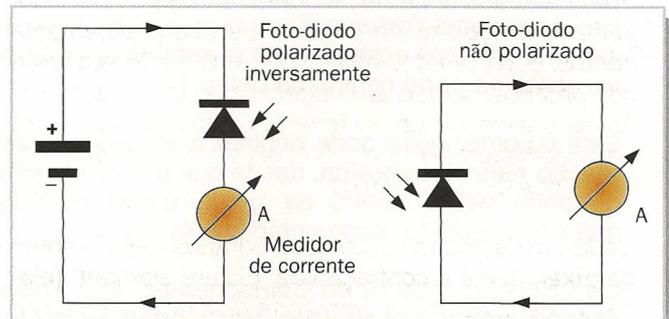
própria luz, sendo **linear** numa gama bastante extensa dos valores da luminosidade.



## AMPLIFICAR A SAÍDA

Um dos métodos mais simples para utilizar um fotodiodo consiste em polarizá-lo de forma **inversa** com uma tensão constante, e também em medir a corrente que o atravessa. De fato, mesmo deixando-o sem polarização, ou seja, com **tensão a zero**, produziria uma corrente proporcional, embora com uma precisão moderada, apenas com a energia luminosa recebida.

Nos dois casos são utilizados, normalmente, **amplificadores operacionais**, como veremos dentro de algumas lições, que permitem aproximar-se às características de funcionamento ideais.



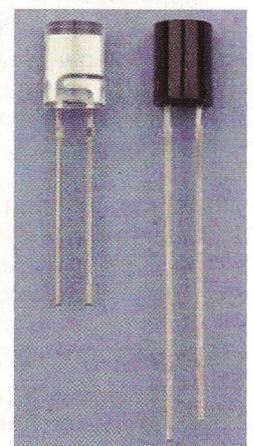
**Medida da luz recebida por um fotodiodo; no lugar da ferramenta utiliza-se normalmente um amplificador de corrente.**

## LIMITES DOS FOTO-DIODOS

A corrente produzida por um fotodiodo não é **constante** para todos os comprimentos de onda; algumas luzes de intensidade equivalente, mas de cor diferente, terão um efeito diferente. Naturalmente, cada modelo tem uma **curva de resposta** própria para o comprimento de onda da luz da entrada; é necessário escolher conforme as necessidades particulares de cada um deles.

Com baixos níveis de luminosidade, também se tornam importantes os pares elétron-espaco vazio produzidos por causa da temperatura que, de certo modo, altera o lineamento da medida.

**Os fotodiodos também são utilizados como exposímetros nas máquinas fotográficas, e para medir a luminosidade dos temas que se querem reproduzir.**



# Foto-transistores e foto-ensambladores

Às vezes não é tão importante o lineamento com uma elevada sensibilidade

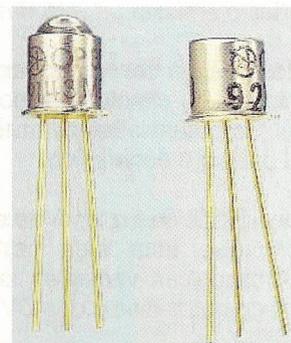
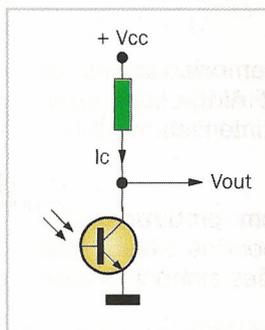
A corrente produzida por um foto-diodo é muito fraca, mas obtém-se o mesmo efeito **fotoelétrico** se for iluminada a união base de um transistor.

A corrente obtida deste modo produz uma evidente variação da **corrente** do coletor, como se tivesse sido introduzida na base vinda do exterior.

Um foto-transistor **amplifica**, portanto, as variações da luz que incide sobre ele, embora o lineamento e a de-

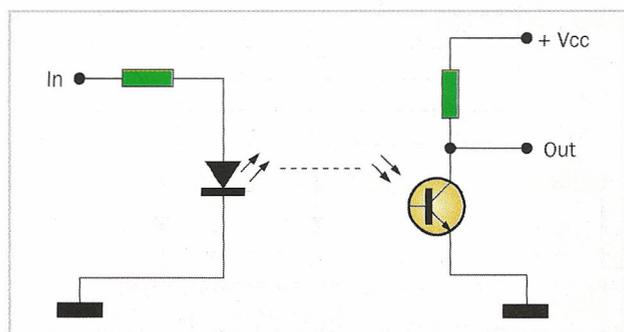
pendência da temperatura sejam geralmente piores no que se refere aos foto-diodos.

*Foto-transistor: uma pequena variação da luz produz uma variação relativamente elevada do  $I_c$  e, portanto, do  $V_{out}$ .*



## ISOLAMENTO ÓTICO

Em muitas aplicações é necessário **isolar eletricamente** um circuito de outro, ou seja, evitar todo o contato, mas sempre, fazendo circular um sinal entre ambos.



Este processo pode ser obtido com facilidade utilizando um **LED** e um **foto-transistor**: a corrente no primeiro produz luz que, por sua vez, ocasiona a passagem da corrente no segundo.

Esta forma de isolamento ótico é apenas aproximadamente **linear** e, portanto, pouco adequada para os sinais analógicos, embora existam técnicas para melhorá-la; no entanto, é muito usada no campo digital.

*Isolamento ótico realizado com um LED e um foto-transistor: entre os dois circuitos não existe nenhum contato elétrico.*

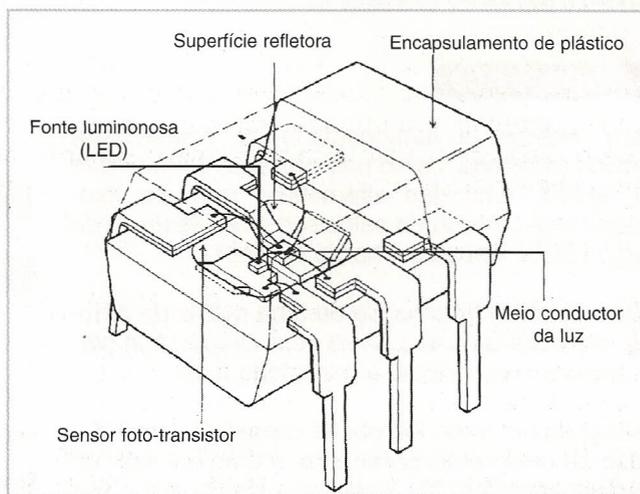
## FOTO-ENSAMBLADORES

Os isoladores óticos são de utilização tão comum que são fabricados com os dois componentes já montados no interior de um **único encapsulamento** como integrado.

Devido à utilização de um material **isolador** transparente adequado, alguns destes dispositivos podem resistir até vários milhares de volts que estão entre os dois circuitos.

Geralmente é preferível utilizá-los de modo **digital**, convertendo um eventual sinal analógico com um ADC antes do foto-diodo, e reconstruindo-o após, o foto-transistor com um DAC.

*Estrutura de um foto-acumulador: para a direita os contatos do LED emissor e para a esquerda os do foto-transistor receptor.*





# Outros dispositivos ótico-eletrônicos

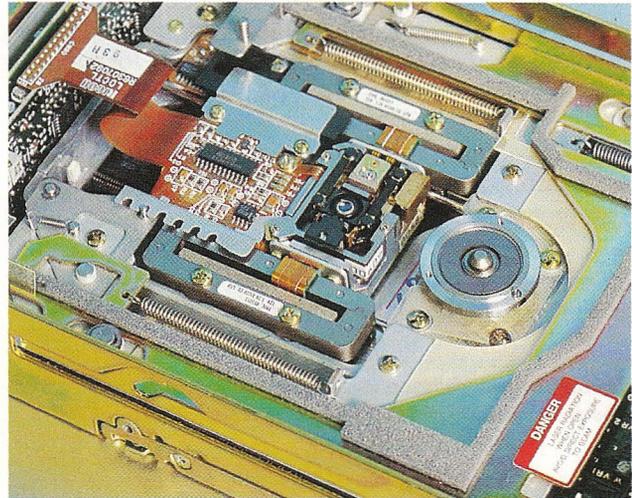
**A luz está ocupando um lugar cada vez mais importante na eletrônica**

Um **laser** é um dispositivo capaz de emitir luz “coerente”, ou seja, de uma única frequência e perfeitamente em fase, devido ao fato de ter uma ressonância no dispositivo emissor.

Isto pode ser conseguido com um tubo de descarga de um gás, ou simplesmente com um **diodo** laser especial, de potência relativamente limitada mas, no entanto, prático e econômico.

A facilidade da luz laser de ser **focada** com precisão faz com que esta seja perfeita para a leitura das microscópicas variações superficiais, como é o caso dos compact disc e dos DVD.

*Os dados são impressos num CD na forma de minúsculas depressões, lidas por um feixe laser localizado através de uma ótica de precisão.*



## FIBRAS ÓTICAS

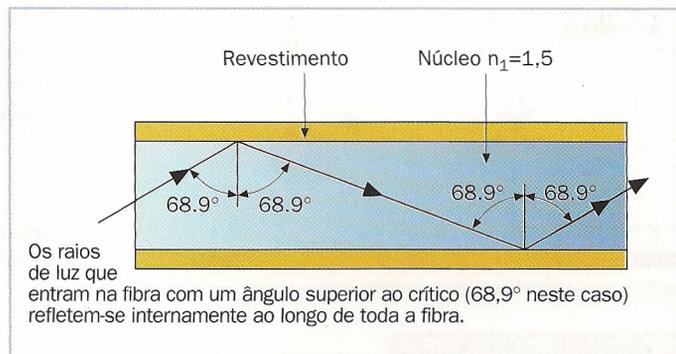
Os **cabos coaxiais** sofrem dois problemas: o primeiro é uma discreta atenuação do sinal e o outro é uma banda de passagem relativamente limitada.

Pode-se enviar muito mais informação se empregarmos uma **fibra ótica**, ou seja, um tubo fino e flexível feito de um material transparente, capaz de transportar uma ou várias ondas luminosas mesmo para uma grande distância.

Além disso, apresenta, entre outros fatores, a vantagem de não ser um condutor elétrico e, por-

*Numa fibra ótica, a luz é refletida continuamente pelas paredes e permanece no interior da própria fibra.*

tanto, resultar totalmente **imune** a interferências e correntes não desejadas.

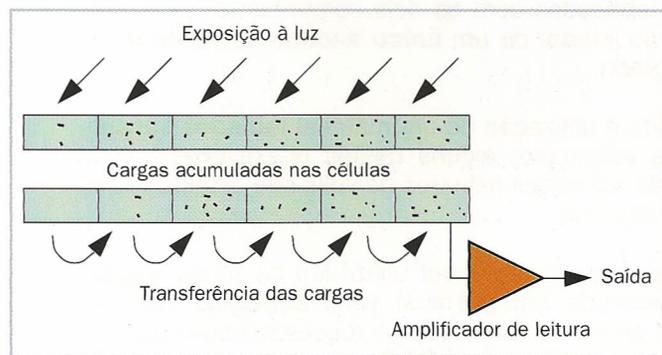


## SENSORES CCD

Para detectar a luminosidade de **numerosos pontos** próximos, como nas câmaras de televisão ou telefax, uma das alternativas para os fotodiodos está constituída pelos sensores de união da carga (CCD: Coupled Charge Device).

Estes dispõem de uma fila ou uma matriz de **células**, em cada uma das quais se acumula uma carga elétrica proporcional à exposição à luz.

Depois de um certo tempo, as cargas são **transferidas** de uma célula para outra, (como um registro de deslocamento) até alcançar a borda, onde são medidas por um amplificador.



**Sensor CCD: depois da exposição, as células são lidas outra vez; o processo é lento mas relativamente econômico.**



# Vídeo digital

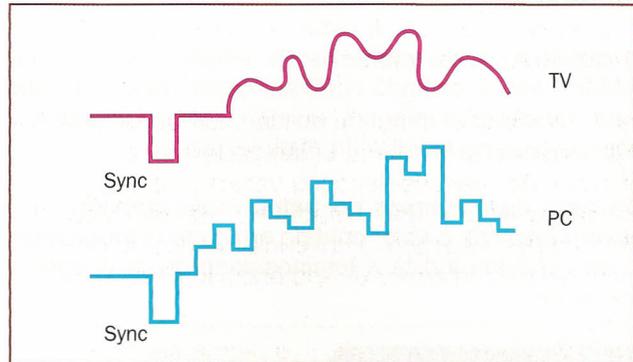
## A imagem que aparece no monitor de um computador pessoal produz-se de um modo diferente ao de um televisor

Tanto o televisor como o computador utilizam o mesmo sistema de **leitura** para representar a imagem (ver lições 23 e 26 de Aplicações).

No entanto, o sinal de vídeo do televisor é **analógico**, ou seja, variável durante cada linha da leitura.

Porém, o do PC é **digital**: tanto a luminosidade como a cor mudam unicamente com intervalos muito concretos, passando limpamente de um valor para

outro, como a saída de um DAC (o que é de fato).



*O nível do sinal de vídeo produzido por um computador pessoal muda para degraus com intervalos regulares.*

### PIXEL

Portanto, cada linha da leitura está formada por uma série de **traços** muito curtos, que são praticamente pontos, cada um dos quais com uma luminosidade e cor próprios. Como a imagem já está dividida em linhas devido ao procedimento da leitura, obtém-se um **quadriculado** muito fino do visor, que de certo modo parece um mosaico.

Cada um destes minúsculos quadrados toma o nome de **pixel**, que é a contração de "picture element" (elemento de imagem); a uma certa distância, o olho humano não os percebe e vê apenas uma linha de tinta contínua.

*Quando se vê de perto, a imagem do vídeo está formada por muitos quadrados pequenos: os pixels.*



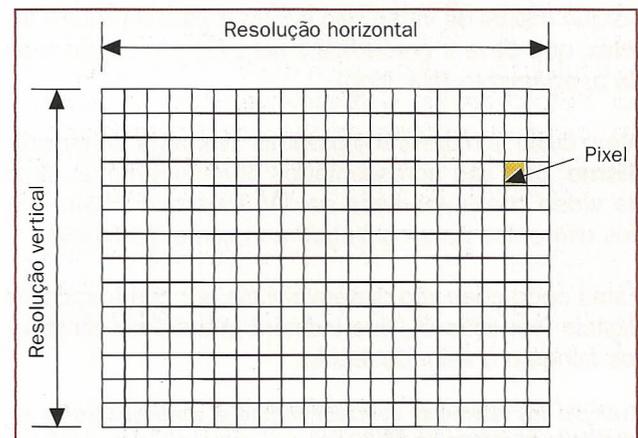
### RESOLUÇÃO

Quanto maior for o número de **pixels por linha**, mais detalhada resulta a imagem; diz-se que tem uma "resolução" (ou "definição") mais elevada.

Naturalmente, acontece a mesma coisa na vertical, para o **número das linhas**: é constante na televisão normal, mas pode variar no vídeo digital dos PC.

As resoluções **habituais** são 640 x 480, ou seja, 640 pixels por linha e 480 filas, 800 x 600 e 1.024 x 768; numa tela normal com umas proporções de 4 x 3, com estas resoluções, os pixels vêm-se quadrados.

*A resolução indica o número de pixels disponíveis tanto no horizontal como no vertical.*





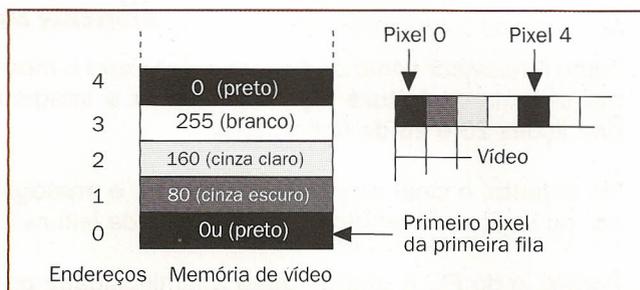
# Memória de vídeo

## O conteúdo da imagem é conservado numa série de células da memória

A imagem digital de um PC não procede de nenhuma câmara, mas de uma memória na qual se **conservam** tanto a luminosidade como a cor de cada pixel, em forma de números.

O conteúdo desta **memória de vídeo** (VRAM: Video RAM) é lido e enviado continuamente para o monitor para "refrescar" a imagem, ou seja, voltar a desenhá-la nos fósforos do monitor de cada leitura.

No caso mais simples **do vídeo** monocromático (em preto e branco), o valor contido em cada compartimento da memória indica a luminosidade do pixel correspondente.



*Cada célula da memória conserva a informação relativa a um pixel preciso do vídeo.*

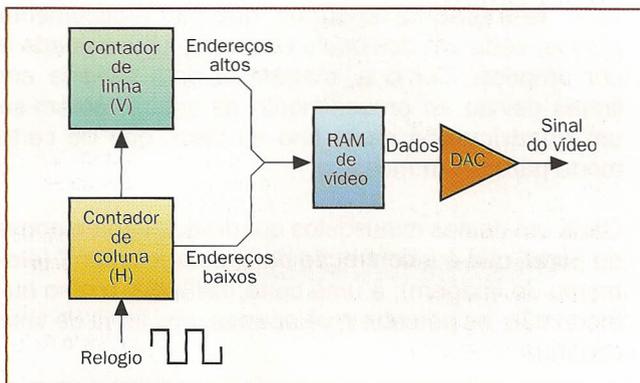
### LIMPEZA DA MEMÓRIA

Como os pixels são enviados para o vídeo com intervalos regulares, um **contador** ("horizontal na figura) encarrega-se de gerar endereços crescentes, de modo que se possam ler as células uma atrás da outra.

No final de cada linha, um segundo contador ("vertical") muda os **endereços altos** da memória, de modo que se possa ler a linha seguinte de uma zona diferente da própria RAM.

Cada um dos **dados** lidos pela RAM converte-se na forma analógica com um DAC, de cuja saída se pode obter o sinal de vídeo que se vai enviar para o monitor.

*O esquema simplificado da leitura da memória do vídeo com dois contadores, um para horizontal e o outro para o vertical.*



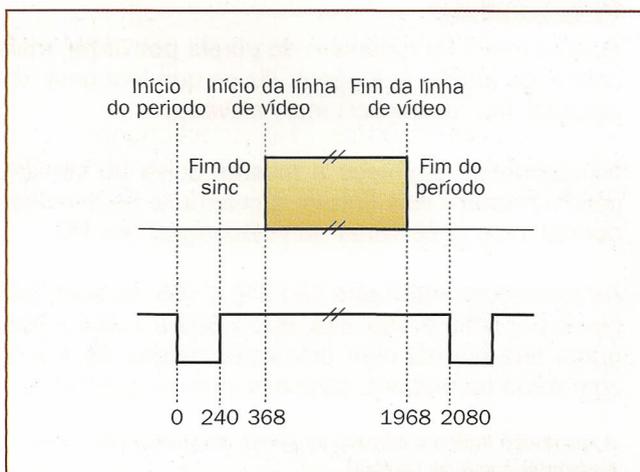
### BLANKING E SINCRONISMO

Na prática, a operação é um pouco mais complexa, porque o sinal de vídeo não ocupa a linha da leitura **inteira**, que deve ir precedida e seguida por um período de apagamento (blanking).

Além disso, é necessário produzir os **sinais de sincronismo**, que são acrescentados normalmente ao sinal de vídeo como acontece na TV, mas que viajam por fios diferentes para conseguir a máxima qualidade.

Estas operações são desenvolvidas por comparadores digitais (ver lição 9), que indicam quando os contadores atingem o valor desejado.

*Exemplo dos valores do contador horizontal correspondentes a uma linha de leitura de 20,80 µs.*



# O controlador de vídeo

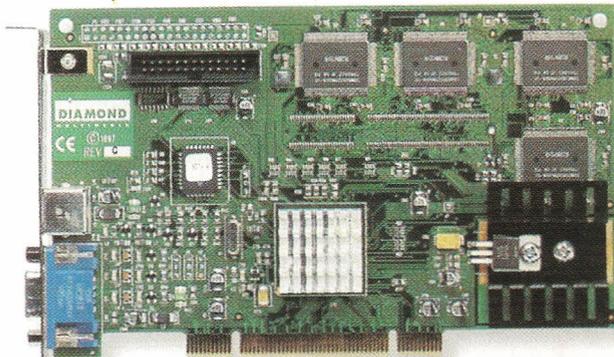
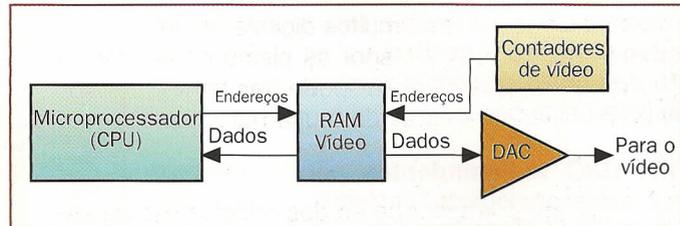
Esta função é desenvolvida normalmente por um integrado especializado

A leitura da memória de vídeo não é o único trabalho que se tem de fazer: também é necessário evitar os **conflitos** no acesso à própria RAM, que só pode aceitar uma operação de cada vez.

De fato, por uma lado, é lida com regularidade para poder produzir o sinal de vídeo, mas por outro lado, é necessário poder **escrever** dentro o que se deseja visualizar.

*A memória do vídeo também deve estar acessível para o microprocessador do computador, além do circuito de leitura.*

Mesmo utilizando memórias especiais “de dupla porta” é necessário um mecanismo de **sincronização** para não executar simultaneamente as duas operações na mesma célula.



*Os controladores das placas de vídeo do PC desenvolvem também outras funções, que são úteis por exemplo para os gráficos tridimensionais.*

## CONTADORES PROGRAMÁVEIS

É possível realizar o circuito completo com componentes standard, embora convenha muito mais utilizar um **controlador de vídeo** que já esteja preparado, na forma de um integrado.

Uma das vantagens principais é a possibilidade de **programar** diferentes temporizações e contagens, de modo que se possam produzir sinais de vídeo com distintas resoluções no mesmo integrado.

Com esta finalidade, o controlador é visto, por sua vez, como uma **memória**: quando escreve nas suas células mudam-se as configurações dos contadores, ou então dão-se outros comandos.

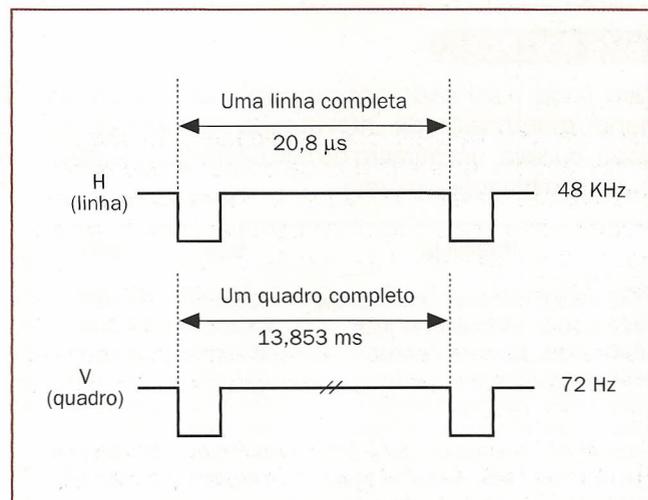
## FREQÜÊNCIAS

Para não cansar a vista, a **freqüência vertical** deve ser preferivelmente pelo menos de 72 Hz (ou melhor ainda, de 75 Hz), ou seja, o quadro inteiro é desenhado novamente em menos de 14 ms.

Se no vertical existirem 600 linhas, mais do que as que estão invisíveis antes e depois do quadro, a **freqüência horizontal** é (no standard VESA) de 48 KHz, correspondentes a 20,8  $\mu$ s por linha.

Nestes 20,8 ms deve haver 800 pixels, mais o blanking e o sincronismo: o controlador deve **produzir um pixel** de 20 em 20  $\mu$ s, ou seja, trabalhar com 50 MHz do “relógio de ponto”.

*Temporizações dos sincronismos, e freqüências correspondentes, de um sinal de vídeo de 800 x 600 pixels 72 Hz do quadro.*





# Cores e paletas

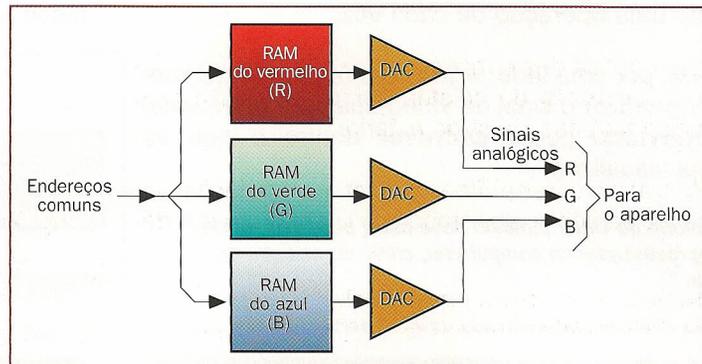
## Da memória do vídeo saem normalmente três sinais de vídeo, um para cada cor primária

No vídeo, a **cor** é produzida somando as três cores "primárias", vermelho, verde e azul (RGB, as iniciais dos termos ingleses) que, depois de misturadas, podem dar o resto das outras cores.

Portanto, é possível utilizar **três memórias de vídeo** paralelas (três "bancos" do RAM), cada um dos quais contém o nível de intensidade de uma única cor.

Três DAC **independentes** podem produzir três sinais analógicos, enviados por fios diferentes (R, G, B) para os três canhões eletrônicos

*Os três sinais de vídeo, um para cada cor (vermelho, verde e azul), seguem trajetórias paralelas mas sempre diferentes.*

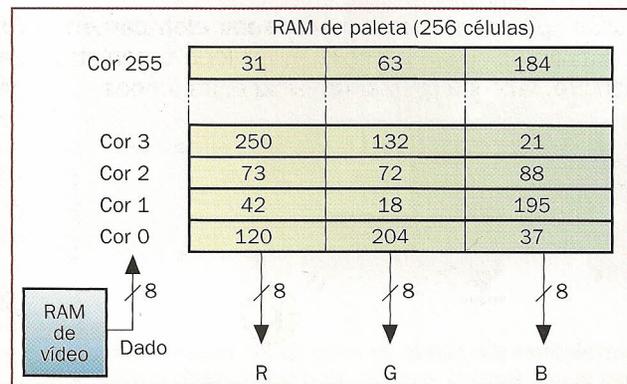


### PALETA

Uma solução mais econômica permite utilizar a cada momento apenas um **certo número** de cores, por exemplo 256, entre todas as disponíveis (mais de 16 milhões, ou seja,  $256 \times 256 \times 256$ , utilizando três DAC de 8 bits).

No exemplo que mostra a figura, o número de 8 bits contido na memória do vídeo é utilizado como **índice** numa RAM, para indicar uma célula que contém os valores das cores desejadas.

A RAM atua, portanto, como **paleta**; quando se utilizam poucas tintas de cada vez, pode-se obter uma considerável economia da memória do vídeo, conseguindo, de certo modo, representar todas as outras cores.



*Cada dado de 24 bits da RAM de paleta representa uma cor; o valor lido pela RAM de vídeo escolhe entre as que ainda estão disponíveis.*

### BITS POR PIXEL

Para cada pixel pode corresponder uma maior ou menor **quantidade de informação** na memória do vídeo, ou seja, um número de bits diferente e, portanto, de combinações (cores).

Por exemplo, um vídeo monocromático sem tons de cinza requer apenas um bit por pixel (**bpp**), ao passo que para um sinal de cor de boa qualidade são necessários 24 bpp, supondo um DAC de 8 bits.

Resolução	Pixel	Byte
640 x 400, monocromático (1 bpp)	256.000	32.000
320 x 200, 256 cores (8 bpp)	64.000	64.000
640 x 480, 16 cores (4 bpp)	307.200	153.600
640 x 480, 256 cores (8 bpp)	307.200	307.200
800 x 600, 256 cores (8 bpp)	480.000	480.000
800 x 600, 65K cores (16 bpp)	480.000	960.000
800 x 600, 16M cores (24 bpp)	480.000	1.440.000
1024 x 768, 16M cores (24 bpp)	786.432	2.359.296

A **memória do vídeo** necessária para uma determinada resolução é obtida multiplicando as dimensões por este valor, por exemplo  $800 \times 600 \times 24 = 11.520.000$  bits, ou seja, 1.440.000 bytes de 8 bits cada um.

*Quantidade de memória do vídeo necessária para uma imagem completa, sem a utilização da paleta para algumas resoluções no PC.*



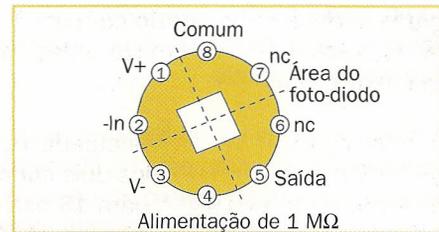
# Um foto-diodo amplificado

**O amplificador integrado junto com o sensor elimina algumas possíveis interferências e melhora as suas características**

O foto-diodo OPT301 (Burr-Brown) inclui um **conversor corrente-tensão** que proporciona na saída uma tensão proporcional à luz recebida.

O conversor, realizado com um amplificador operacional (ver lição de Analógica), **amplifica** também o sinal de modo a conseguir uma boa sensibilidade.

Portanto, basta alimentar o dispositivo com duas tensões de polaridade opostas referentes à massa para ter um completo **sensor analógico** de luminosidade.



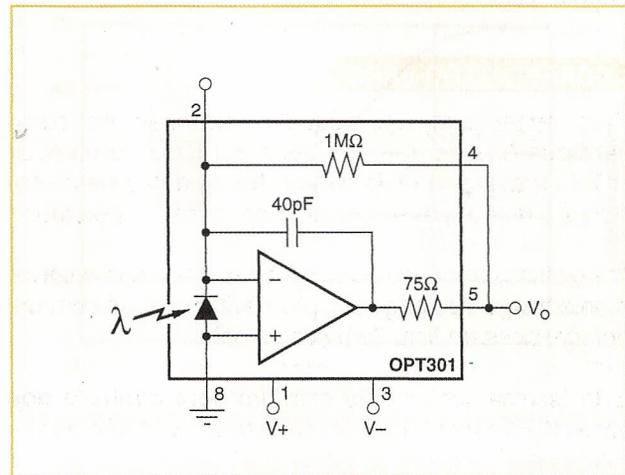
**O foto-diodo amplificado OPT301 e a sua disposição dos contatos, vista de cima, com a posição do foto-diodo na caixa.**

## SENSIBILIDADE

A corrente no foto-diodo autêntico é de 0,47 A/W, ou seja, 0,47 por cada watt de iluminação ou, aplicado mais atualmente, 0,47  $\mu$ A por 1  $\mu$ W da luz recebida.

Cada  $\mu$ A no diodo produz 1 V à saída do conversor-amplificador, pelo que a sensibilidade do dispositivo no seu conjunto é de 0,47 V/ $\mu$ W.

Este processo pode ser modificado se usarmos uma resistência de alimentação externa em lugar da incorporada de 1 M $\Omega$ , por exemplo para trabalhar com luz mais fraca ou muito forte.



**Esquema interno do OPT301. A tensão à saída é dada pela corrente no foto-diodo para o valor da resistência de cima.**

## VARIAÇÕES E IMPRECIÇÕES

Nos dados pode-se ler que a tensão na saída varia normalmente em **200 ppm/°C**, o que significa que, com uma mudança de temperatura de 50 °C, corresponde um erro de 10.000 partes por milhão, ou seja, de 1%.

A **diferença** da sensibilidade entre um exemplar e outro pode atingir mais ou menos 10% (se um deles é +5% do nominal e o outro é -5%), mas pode ser compensado se variarmos a amplificação.

O **lineamento** é bom, já que não ultrapassa o 0,01% do valor do fundo da escala; os erros mais notáveis

são detectados na parte baixa da escala, isto é, na escuridão.

Parâmetro	Condições	Tipo	Unidades
<b>Capacidade de resposta</b>			
Corrente do foto-diodo	650 nm	0.47	A/W
Voltagem face à temperatura	650 nm	0.47	V/ $\mu$ W
Variação de unidade para unidade	650 nm	$\pm$ 5	%
Não ao lineamento	FS Saída = 10 V (0.090 x 0.090 polegadas)	0.01	% of FS
Área do foto-diodo	(2.29 x 2.29mm)	0.008	in <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>

**Dados da sensibilidade e do lineamento do OPT301. Conhecer a área do foto-diodo é útil para saber quanta luz recebe.**



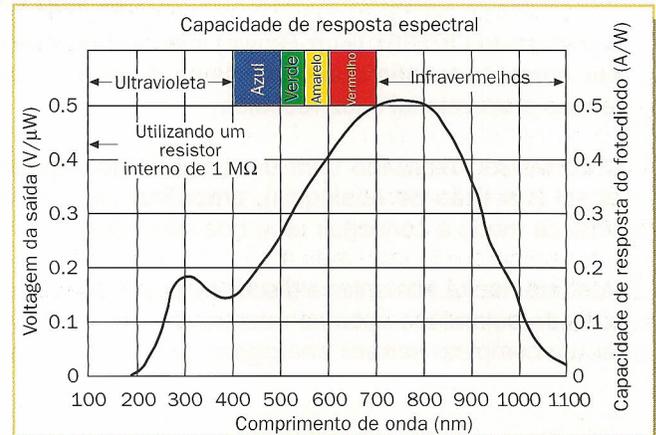
# Comportamento ótico

É importante saber como responde o foto-diodo às diferentes características da luz que tem de medir

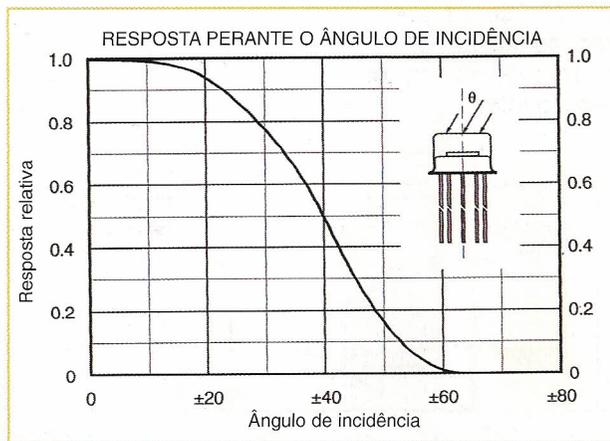
A curva da **resposta espectral** (ver figura) mostra como pode mudar a sensibilidade do foto-diodo ao variar o comprimento da onda, como seja a cor e a luz que incide sobre ele.

A curva estende-se muito para além da luz visível: a sensibilidade máxima está no **infravermelho próximo**, ou seja, um pouco abaixo do vermelho, ao passo que a luz azul tem um efeito bastante menos marcado.

Como o **branco** recebe luz de todo o espectro, a sensibilidade será diferente conforme a partilha percentual entre os distintos componentes presentes: nem todos os "brancos" são iguais.



**Resposta espectral: corrente no foto-diodo (e tensão à saída) conforme o comprimento da onda da luz recebida.**



**Sensibilidade em função do ângulo de incidência da luz que incide no foto-diodo (0 graus = iluminado pleno).**

## BANDA DE PASSAGEM

Se a luz está **modulada** por um sinal de áudio, a sua amplitude variará conforme a frequência do próprio sinal; a saída deve poder executar estas variações.

Os foto-diodos são em geral muito rápidos, mas aqui a banda de passagem está **limitada** pelo amplificador: utilizando o resistor de 1 MΩ incorporado, é de apenas 4 KHz.

Esta pode ser aumentada **se reduzirmos o ganho** com uma resistência externa (mais um capacitor para garantir a estabilidade) entre os contatos 2 e 5, como se mostra no gráfico.

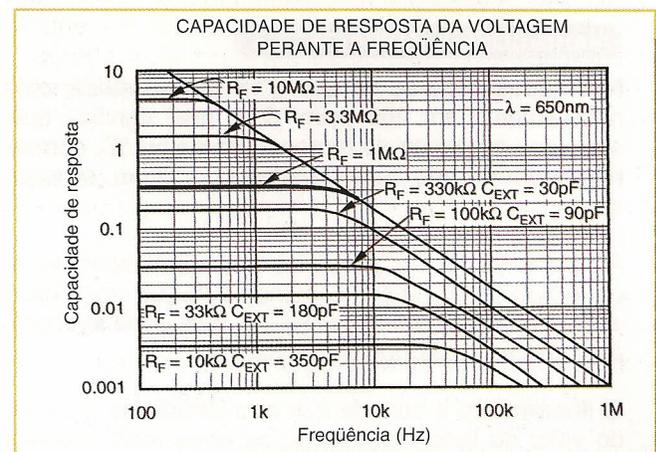
**Banda de passagem do OPT301 (parte plana da curva) conforme o valor do resistor que controla o ganho.**

## DIREÇÃO DA LUZ

Quando a luz coincide de frente no foto-diodo, tem-se a máxima **irradiação** da zona sensível e, portanto, também a máxima sensibilidade do dispositivo.

Se a mesma luz chegar um pouco mais atenuada, a superfície também recebe **menos**, como a terra no Inverno recebe menos energia solar; além disso, está o efeito de proteção das paredes da caixa.

A figura ilustra a influência do **ângulo de incidência** da luz na sensibilidade, que está indicada de um modo relativo: o valor 1 corresponde à sensibilidade máxima da luz frontal.



# Uma memória de dupla porta

Em algumas aplicações é útil poder dividir uma RAM entre dois dispositivos diferentes

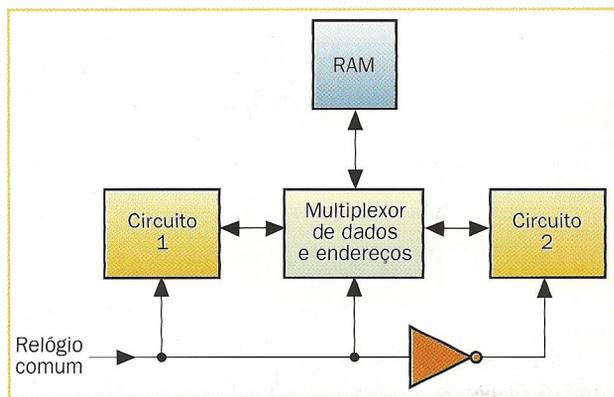
O integrado CY7C132 (Cypress) é uma RAM de 2 Kb x 8, ou seja, 2.048 bytes, com uma característica especial: pode ser utilizada ao mesmo tempo que os dois **circuítos independentes**.

Dispõe de dois barramentos ou buses de endereços, dois barramentos de dados, dois grupos de linhas de controle, ou seja, duas **portas de acesso**.

Cada um dos dois circuitos **está convencido** de que tem toda a memória para ele, mas os dados nela contidos são acessíveis para ambos.

## SIMULTÂNEO E ASSÍNCRONO

Normalmente, quando dois circuitos necessitam de intercambiar dados através de uma área da RAM comum, trata-se de adotar a técnica da **divisão de tempo**.



## CONFLITO E ARBITRAGEM

No entanto, também numa memória de dupla porta podem surgir problemas; acontece, em particular, se os dois circuitos tratam de ter acesso ao mesmo tempo à **mesma célula**.

Quando os dois acessos são de leitura, tudo corre bem; mas se um deles ou ambos quiserem **escrever**, as duas operações complicam-se uma à outra.

Neste caso, é necessário um **árbitro** que decida qual dos dois pode efetuar a operação e qual não pode: obviamente é preciso também comunicar o êxito da decisão aos interessados.

*Se duas operações na mesma célula são incompatíveis, uma arbitragem decide quem pode proceder.*

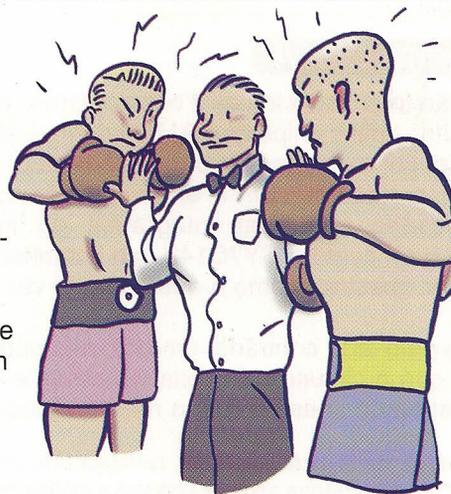
$\overline{CE}_L$	1	48	$V_{CC}$
R/W <sub>L</sub>	2	47	$\overline{CE}_R$
BUSY <sub>L</sub>	3	46	R/W <sub>R</sub>
A <sub>10L</sub>	4	45	BUSY <sub>R</sub>
$\overline{OE}_L$	5	44	A <sub>10R</sub>
A <sub>0L</sub>	6	43	$\overline{OE}_R$
A <sub>1L</sub>	7	42	A <sub>0R</sub>
A <sub>2L</sub>	8	41	A <sub>1R</sub>
A <sub>3L</sub>	9	40	A <sub>2R</sub>
A <sub>4L</sub>	10	39	A <sub>3R</sub>
A <sub>5L</sub>	11	38	A <sub>4R</sub>
A <sub>6L</sub>	12	37	A <sub>5R</sub>
A <sub>7L</sub>	13	36	A <sub>6R</sub>
A <sub>8L</sub>	14	35	A <sub>7R</sub>
A <sub>9L</sub>	15	34	A <sub>8R</sub>
I/O <sub>0L</sub>	16	33	A <sub>9R</sub>
I/O <sub>1L</sub>	17	32	I/O <sub>7R</sub>
I/O <sub>2L</sub>	18	31	I/O <sub>6R</sub>
I/O <sub>3L</sub>	19	30	I/O <sub>5R</sub>
I/O <sub>4L</sub>	20	29	I/O <sub>4R</sub>
I/O <sub>5L</sub>	21	28	I/O <sub>3R</sub>
I/O <sub>6L</sub>	22	27	I/O <sub>2R</sub>
I/O <sub>7L</sub>	23	26	I/O <sub>1R</sub>
GND	24	25	I/O <sub>0R</sub>

**Disposição dos contatos do CY7C132: os lados direito e esquerdo do integrado aparecem como duas RAM independentes.**

Por exemplo, se o relógio for uma onda quadrada, pode-se **reservar** a metade H de cada período no primeiro circuito, a metade L no segundo (como se dissessemos: durante a manhã você a utiliza que à tarde eu a utilizarei).

No entanto, se os dois circuitos forem controlados por relógios distintos e independentes, ou seja, **assíncronos**, esta técnica não funciona; neste caso, a RAM de dupla porta é uma das possibilidades.

*A divisão do tempo somente é possível se os dois circuitos fizerem referência ao mesmo relógio, isto é, se forem simultâneos.*





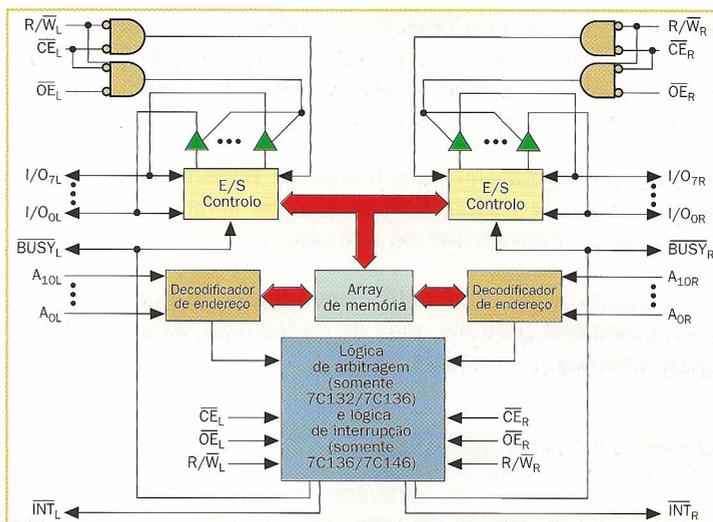
# Acordos recíprocos

Os dois circuitos devem atuar de modo que as operações cheguem a um bom resultado

A arbitragem atribui a **propriedade** da célula àquele que chegar primeiro; o outro recebe um sinal de BUSY (ocupado) até que o primeiro tenha terminado. Este sinal indica que o dado lido pela RAM pode ser um **erro**, ou então que a operação da escrita ficou bloqueada.

O que perde deve, portanto, tratar de **reintentar** a operação, com o fim de conseguir realizar o seu trabalho escrito, o que pode complicar o circuito no caso de que se tenha estado utilizando o software (microprocessador) que o fará perder mais tempo.

**Estrutura da CY7C132: a lógica de arbitragem (em baixo) atribui a célula ao primeiro que a solicita.**

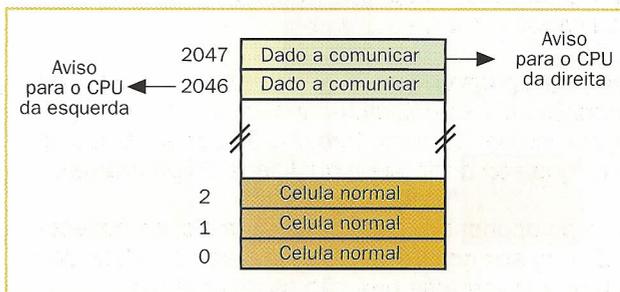


## ENTRAR EM ACORDO PELO CORREIO

Para evitar conflitos, podem-se utilizar as últimas localizações da RAM como **caixa do correio** para comunicar pedidos e acordos entre os dois circuitos.

Quando o circuito da esquerda escreve na última célula (ou o da direita na penúltima), o outro recebe um **aviso** de que há uma comunicação pronta para ele.

Trata-se do sinal de **interrupção** (INTR), que nesse momento está disponível no encapsulamento PLCC: normalmente este está ligado a um microprocessador, para lhes indicar a verificação do evento.



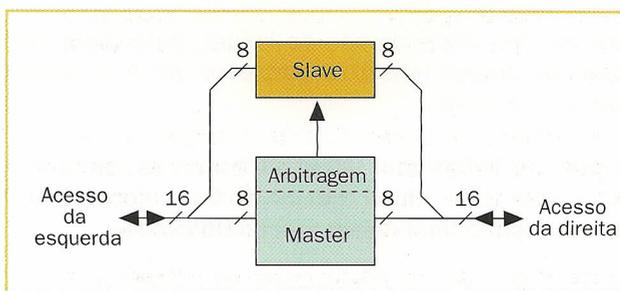
**Escrevendo pelo correio, pode-se enviar automaticamente uma indicação para o circuito partindo do outro lado da RAM.**

## MASTER E SLAVE

Se não forem suficientes 8 bits de dados, podem ser utilizados mais chips da RAM de dupla porta **em paralelo**, por exemplo dois para 16 bits de dados. Para evitar problemas com a arbitragem é, no entanto, necessário empregar integrados do tipo **slave** (escravo), como o CY7C142, um controlado por um master (mestre), como a que se pode ver na figura.

Visto pelo lado contrário, um dos dois poderia fazer com que o circuito da direita vencesse e o outro, o da esquerda, mesmo com o risco de **bloqueio** recí-

proco, poderia ter de sujeitar-se à conseqüente espera infinita (deadlock).



**Memória de dupla porta de 16 bits, realizada com um integrado master e um escravo; o primeiro controla a arbitragem para ambos.**

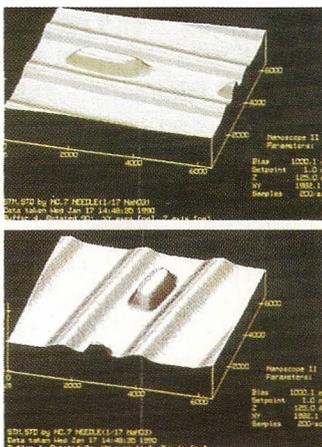


# O leitor de compact disc

Tanto o CD de música como o CD-ROM e similares estão baseados num mecanismo ótico de grande precisão

Ao contrário dos antigos discos LP de vinil, os compact disc utilizam uma técnica de gravação **digital**, que elimina grande parte das imperfeições.

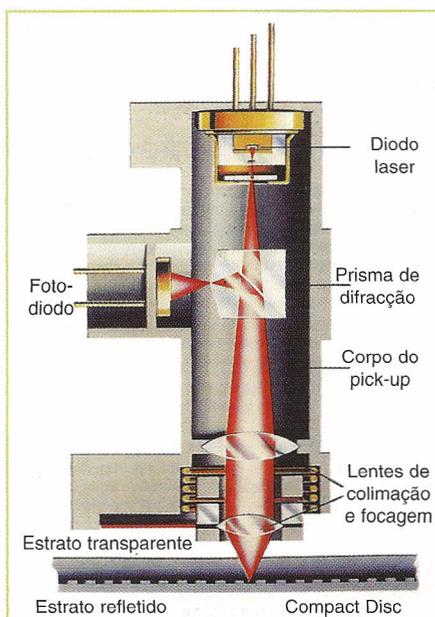
Os níveis lógicos do sinal são gravados na forma de microscópicas **depressões** impressas num estrato refletido, que está



protegido por um robusto policarbonato transparente.

As depressões estão alinhadas ao longo de uma **espiral**, que começa no centro do disco e pode chegar até à borda, com um comprimento aproximado de 5 quilômetros.

*Um CD tem uma única pista em espiral, formada por uma série de depressões correspondentes aos bits do sinal lógico.*



*A leitura dos dados é realizada fazendo refletir um raio laser sobre a superfície do disco, sem existir nenhum contato físico.*

## LASER INFRAVERMELHO

A leitura produz-se focando um feixe luminoso produzido por um **diodo laser**, que funciona no infravermelho próximo (780 nm para os CD, 670 nm para os DVD).

As depressões têm uma **profundidade** de um quarto do comprimento de onda, isto é, uns 0,2  $\mu\text{m}$  para os CD: a luz refletida está, portanto, defasada na meia onda, isto é, está em contra-fase, o que assegura o máximo contraste.

A fogação é efetuada com um sistema ótico; o raio **refletido** separa-se e envia-o para um foto-diodo, que lê as suas variações de intensidade.

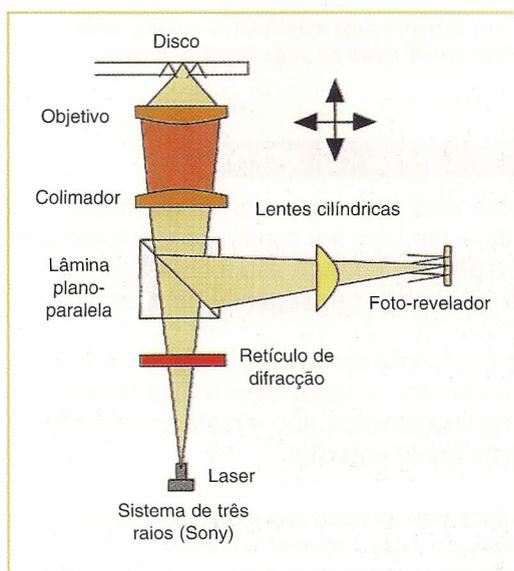
## TRACKING

Além de manter a altura correta, a cabeça de leitura deve-se **deslocar** continuamente, de modo que o laser esteja sempre focado exatamente no centro da pista em espiral.

Com este objetivo, o raio principal está normalmente submetido a uma difração, que produz dois **raios laterais**; mesmo durante a leitura, são acrescentados outros foto-diodos laterais ao foto-diodo principal.

Estes raios laterais atuam como **sentinelas**, detectando imediatamente cada deslocamento da cabeça referente à pista e permitindo, deste modo, que sejam feitas as necessárias correções.

*O mecanismo do tracking tem o propósito de seguir exatamente a pista, mantendo-a centrada e enfocada.*





# Codificação do som

## A correção dos erros assegura uma reprodução muito mais confiável mesmo nos discos mais danificados

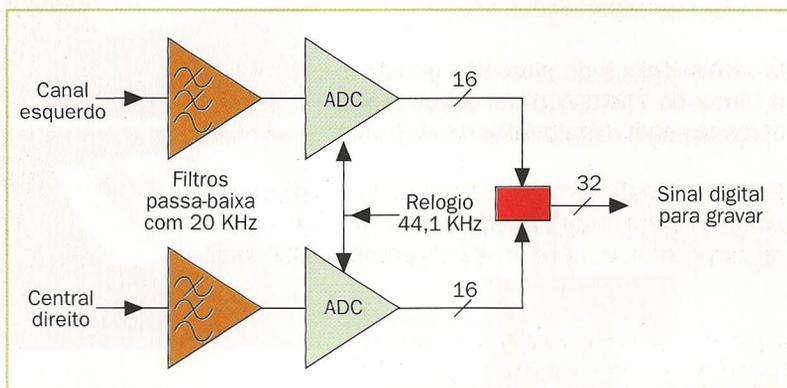
Em primeiro lugar, o sinal de áudio que vai ser gravado deve ser **digitado** com um ADC; normalmente esse fato acontece muito antes, precisamente no momento da gravação ao vivo.

A mostragem dos CD é efetuada com **44,1 KHz** para cada um dos dois canais estéreo; cada amostra é para 16 bits, o que permite reproduzir sinais até 20 KHz com ótima qualidade.

Ao sinal digital é acrescentada depois outra informação, especialmente a **posição**

*Digitalização de um sinal de estéreo analógico; na prática trabalha-se freqüentemente com sinais já mostrados, isto é, digitais na sua origem.*

ção na pista de cada bloco de dados, para permitir a procura rápida do ponto desejado.



### CORREÇÃO DO ERRO

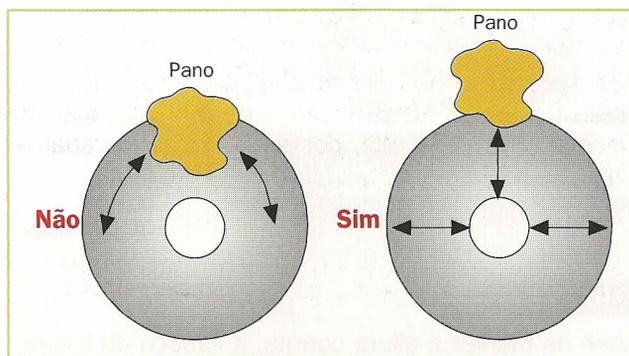
Para evitar que um pequeno arranhão no disco danifique o áudio (ou os dados, no caso de um CD-ROM), gravam-se mais **dados dos que são necessários**, de modo que se possam recuperar os perdidos.

Além disso, os dados adicionais são gravados relativamente **longe** dos originais, para evitar que, só com um defeito, possam ficar ilegíveis os dois.

Esta técnica, juntamente com um **bom controle dos erros** (CRC), permite na maioria dos casos não perder

*Um compact disc limpa-se com movimentos radiais, nunca circulares, já que desse modo se pode torná-lo ilegível.*

os dados, nem sequer se aparecer no disco um orifício de mais de 2 mm na pista.



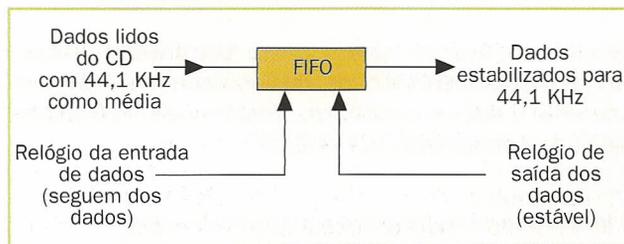
### VELOCIDADE LINEAR CONSTANTE

Como o áudio está preparado para uma freqüência constante, deve também ser constante a **velocidade** para a qual a pista se desloca sob a cabeça, mais ou menos com 1,2 metros por segundo para os CD.

Dado que o comprimento de uma rotação varia com a distância ao centro, o motor deve **variar** também a velocidade da rotação para não modificar a da leitura (CLV: constant linear velocity).

*Os dados são lidos com um ritmo nem sempre constante; o buffer FIFO compensa estas pequenas variações.*

Um **buffer FIFO** (ver lição 18 de Digital) armazena os últimos dados lidos do disco, de modo que possam ser eliminadas as pequenas irregularidades na velocidade da leitura.





# Desenho de circuitos impressos profissionais

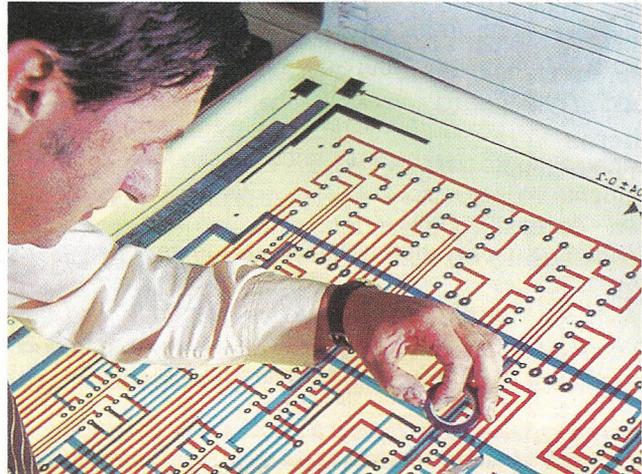
Devido aos PC, agora o desenho dos circuitos impressos no âmbito industrial tornou-se muito mais simples

O **projeto** completo, do esquema ao master, pode ser feito com um programa do CAD (Computer-Assisted Design: desenho assistido por computador) especializado para circuitos impressos (PCB).

Os programas **profissionais** têm um **custo** bastante elevado (vários milhões), mas existem sempre alternativas válidas para a utilização dos amadores.

Muitos programas oferecem uma boa **integração** entre o módulo do desenho do esquema elétrico, o da simulação do circuito e do projeto do circuito impresso.

*Antigamente os circuitos impressos eram desenhados com transferíveis de cores sobre uma mesa bem iluminada.*



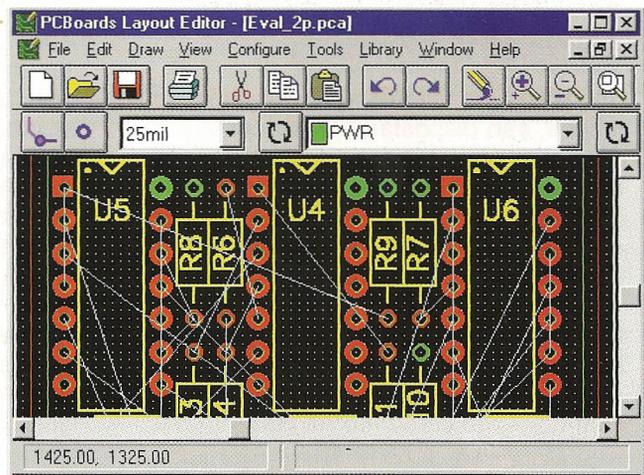
## NETLIST E ROUTING

A partir do esquema pode-se obter a **lista das ligações**, ou "netlist", que descreve exatamente quais os contatos de determinados componentes devem ser ligados juntos.

O programa passa depois para o "routing", ou **encaminhamento**, dispondo componentes e pistas; depois será preciso um paciente trabalho de correção manual (é aqui onde se distingue a qualidade do programa).

Alguns componentes, como, por exemplo, os conectores, devem **ser colocados** em lugares bem definidos, e indicar ao programa que não os deve mover.

*Ligações entre os componentes, já mostrados antes da execução do routing para estabelecer a disposição das pistas.*

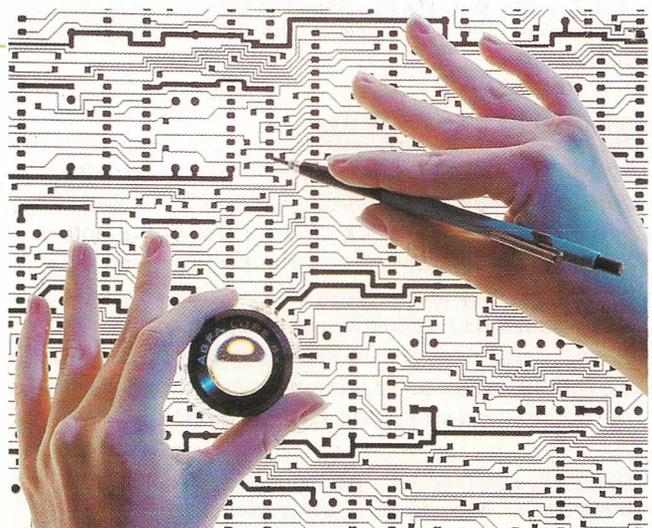


## PRODUÇÃO DO MASTER

Industrialmente, as películas transparentes do master podem ser produzidas com uma **máquina de filmar**, equivalente às que são usadas nas tipografias. Com bastante frequência, envia-se diretamente à empresa produtora de circuitos impressos o **arquivo** produzido pelo programa que foi utilizado para projetar o circuito impresso.

Particularmente pode-se utilizar uma **impressora** normal que use folhas transparentes especiais, embora seja necessário ter muito cuidado com as proporções corretas e com o fator da ampliação do circuito.

*Pequenos erros na película master podem ser retocados à mão.*





# Dupla face e multi-estrato

## Nas aplicações profissionais, uma única face de cobre não é suficiente

Nos circuitos impressos com uma única face, não é possível efetuar **cruzamentos** entre as pistas de cobre, exceto quando se recorre às pontes que estão no lado oposto (o dos componentes).

Especialmente para os circuitos digitais, torna-se praticamente indispensável dispor as pistas nas **duas faces** da base, que também pode ser feito em casa, sendo necessária apenas de muita paciência e precisão.

O contato que corresponde ao dos orifícios está assegurado por uma **metalização** dos próprios orifícios; os

*Circuito impresso de dupla face; a metalização dos orifícios assegura o contato e enche-se de estanho durante a soldagem.*

### MASSA E ALIMENTAÇÃO

Os trilhos de alimentação, e especialmente os da massa, são dispostas normalmente para formar uma grelha regular, de modo que se possa obter uma resistência e indutância baixas. As áreas da massa que são mais amplas costumam **dividir-se numa quadrícula**, para evitar um excessivo esfriamento local durante a soldagem (com possíveis soldagens frias).

No entanto, são uma exceção as áreas de massa utilizadas como se fossem pequenos dissipadores que, nos circuitos de dupla face, podem ser colocados em contato direto com o corpo do próprio componente.

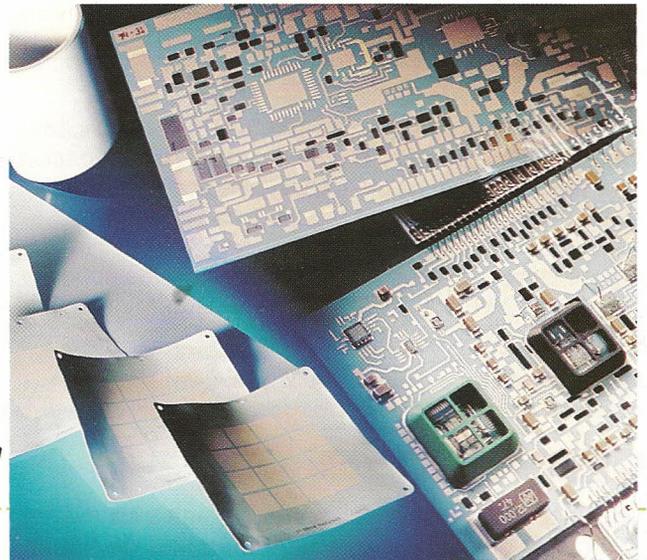
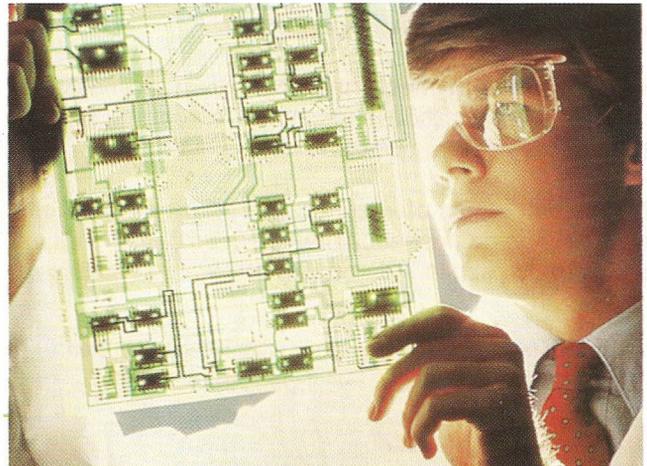
*As áreas de cobre pelo lado dos componentes podem atuar como dissipadores, num contato direto com os componentes que devem ser esfriados.*

### ESTRATOS MÚLTIPLOS

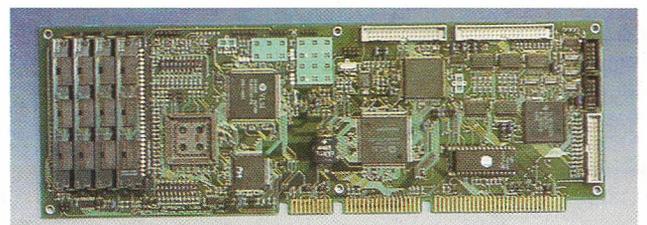
Acima de uma determinada densidade, não são suficientes apenas dois estratos de cobre; é necessário, portanto, passar para os circuitos **multi-estrato** que, além de serem mais caros, também são mais frágeis e podem ser obtidos unindo vários circuitos de dupla face. São muito utilizados os **4 estratos**: um para a massa, outro para a alimentação e dois para as pistas do sinal, estando estes últimos normalmente dispostos verticalmente num estrato e horizontalmente no outro.

*Os circuitos impressos dos PC são realizados normalmente com 4 estratos ou mais, dois dos quais estão reservados para a massa e a alimentação principal.*

amadores podem evitar todo este problema se soldarem os terminais pelo lado dos componentes.



A presença de contatos não acessíveis entre as metalizações e os estratos intermediários faz com que os circuitos integrados multi-estrato que se tornam muito frágeis no caso de se eliminarem as soldagens, sejam bastante difíceis de reparar.





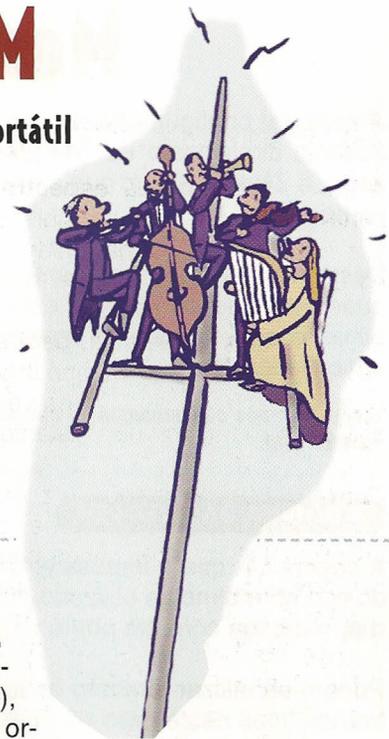
# Micro-recetor AM

## Um rádio de onda média verdadeiramente portátil

Se as **ondas de rádio** fossem tão visíveis como a luz (da qual são parentes chegados), ficaríamos cegos perante a quantidade de sinais que encheriam o espaço que nos rodeia.

Excetuando as emissões não desejadas, quase todos os outros sinais de rádio estão destinados para qualquer forma de **comunicação** entre dois ou mais pontos privados do contato direto.

Em particular, distinguimos a comunicação entre dois pontos (por exemplo, telefones celulares) e a **radiodifusão**, na qual apenas um transmissor é suficiente para todos os interessados.



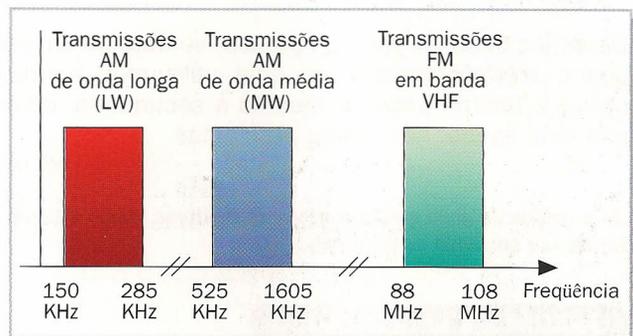
### BANDA E MODULAÇÃO

As **transmissões radiofônicas** que estão destinadas ao público utilizam distintas bandas, isto é, grupos de frequência e sistemas de modulação, ou de inserção do sinal de áudio no do rádio.

As transmissões FM são produzidas em **VHF** (Very High Frequency: frequência muito alta) à volta dos 100 MHz, e utilizam a modulação de frequência, que está menos sujeita às interferências.

As transmissões AM, que são mais antigas e funcionam com modulação de amplitude, são produzidas sobretudo em **MW**, isto é, onda média

(Medium Wave, também se empregam as siglas OM), na frequência da ordem do MHz.



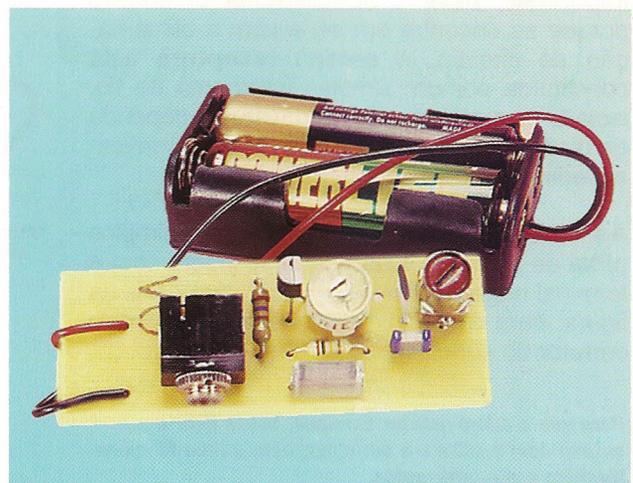
**Principais bandas de frequência utilizadas para a radiodifusão; a onda longa não é muito utilizada em certos países.**

### UM CIRCUITO MÍNIMO

Embora a FM tenha a vantagem de emitir uma transmissão mais fiel e limpa, requer no entanto algumas soluções circuitais mais **complexas** e delicadas devido às elevadas frequências em jogo.

Também um receptor AM para **onda média** pode ser realizado com poucos componentes, num pequeno espaço e sem ter especiais dificuldades na construção, pelo que estão ao alcance de todos.

Além disso, como a onda média não vai em linha reta como o VHF, a recepção é possível também nas zonas onde não pode **chegar** um transmissor, como por exemplo certos lugares de montanha.



**O circuito do micro-recetor AM já terminado.**



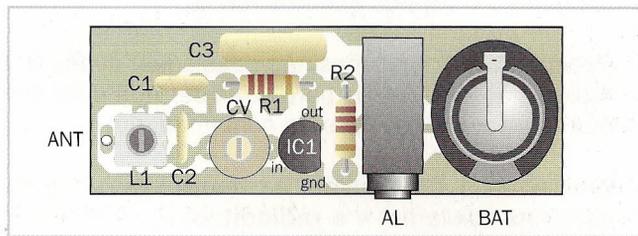
# Montagem do circuito

A especial configuração do circuito (denominada “de sintonia direta”) e o uso de um integrado **especializado**, o ZN414, fazem que o circuito resulte simples e compacto.

Deste modo, existem somente **oito componentes**, e quase metade do espaço está ocupado pelo porta-pilhas e pela tomada de ligação de 3,5 mm para os auscultadores.

**Disposição dos componentes no circuito impresso do micro-recetor AM.**

O integrado (que parece um transistor) está montado, naturalmente, com a orientação correta, uma vez que o **capacitor variável** CV pode se danificar se aquecer durante a soldagem.

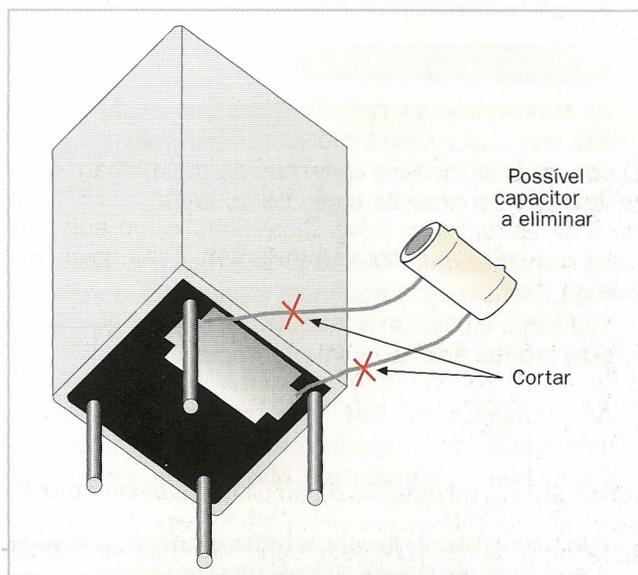


## A BOBINA DA ENTRADA

A bobina L1, que é impossível montar ao contrário, é do tipo normalmente utilizado nos rádios de **onda média**, marcada com um ponto vermelho.

Podem-se utilizar também os tipos preto, amarelo ou branco, mas neste caso é necessário eliminar temporariamente a blindagem metálica e tirar os pequenos **capacitores** que se encontram no interior.

Devemos observar que, na prática, se trata de um pequeno **transformador**, do qual utilizamos normalmente a bobina primária; quanto à secundária, como não está ligada, não causa problemas.

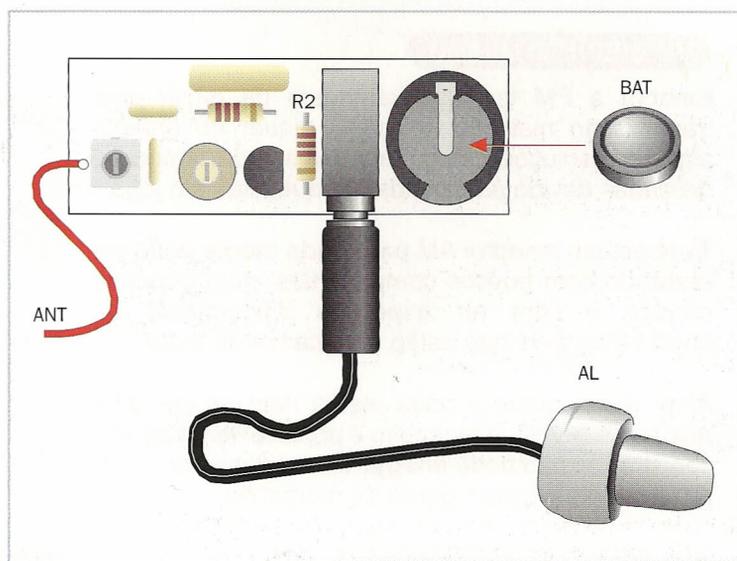


**Se a bobina da onda média contiver capacitores, estes últimos retiram-se cortando os terminais.**

## LIGAÇÕES E ALIMENTAÇÃO

O auscultador deve ser do tipo mono-aural de **impedância média** (200 Ω ou equivalente): é importante para o funcionamento correto porque se encontra em série com a alimentação do circuito. A **antena receptora** está constituída por um simples fragmento de fio, isolado no extremo, cujo comprimento depende da distância a que está o transmissor; convém experimentar com cerca de 50 cm.

A alimentação está constituída por uma simples **pilha** de botão de 1,55 V, que se insere com o terminal negativo em cima, como se mostra na figura: para tirar a alimentação, basta retirar o corretor do auricular.



**Para que o micro-recetor funcione, basta ligar a antena com a pilha e o auricular; este último funciona também como interruptor.**

## TESTE

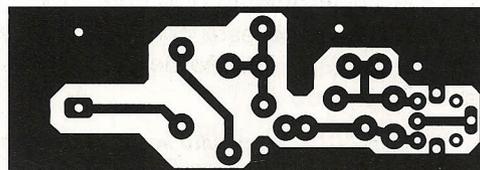
Depois de inseridos tanto a pilha como o auricular, é provável que se escute apenas um ruído de fundo; então é necessário **rodar** o capacitor variável (e possivelmente também o núcleo da bobina) até encontrar uma emissora.

A regulação deve ser realizada muito **devagar**, para evitar que passemos sobre uma emissora sem repararmos; é preferível experimentar num sítio aberto e silencioso.

Utilizar uma chave de parafusos metálica não parece ser o mais indicado: aconselha-se de preferência o

*Circuito impresso do micro-recetor AM, visto pelo lado das soldagens.*

uso de uma **chave de parafusos não indutiva** especial (de plástico ou com ponta de cobre), para não interferir na sintonia.

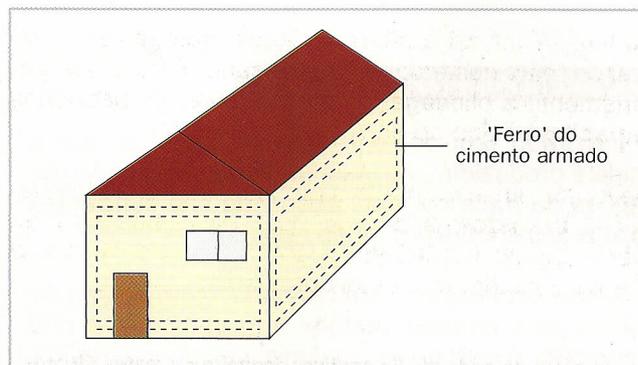


## BLINDAGEM E INTERFERÊNCIAS

Difícilmente se poderá conseguir qualquer ligação se tanto o rádio como a antena se encontrarem no interior de uma estrutura metálica, por exemplo um automóvel, já que este atua como **blindagem**, detendo as ondas de rádio.

Uma construção de **cimento armado** também tem um efeito de proteção, embora menos pronunciado: isto é devido à grelha do suporte de ferro, que é o que "arma" o cimento.

Além disso, a modulação da amplitude é bastante sensível às **interferências elétricas** (bombas elétricas, batedoras ou ciclomotores), especialmente se o sinal de rádio recebido é fraco.



*Os ferros do cimento armado formam uma jaula protegida nos limites das ondas MW, relativamente longas (300 m).*

## SELETIVIDADE E SENSIBILIDADE

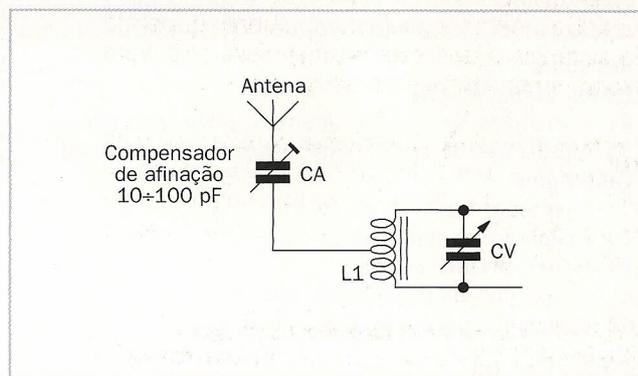
Como o MICRO-RECETOR dispõe de um único **circuito ressonante**, a sua seletividade é relativamente escassa; portanto, pode acontecer que se ouçam duas ou mais emissoras ao mesmo tempo.

Felizmente existem **poucas** emissoras de onda média: estamos muito longe de estar perante uma situação de aglomeração da FM, que possa pôr em crise até os receptores profissionais.

Pode-se conseguir que o receptor seja mais sensível, isto é, reforçar o sinal, **ajustando** a antena com um

capacitor variável em série: será necessário girá-lo procurando o ponto máximo do volume.

*Um trimmer capacitado em série com a antena permite ajustá-lo melhorando deste modo sensivelmente a recepção.*



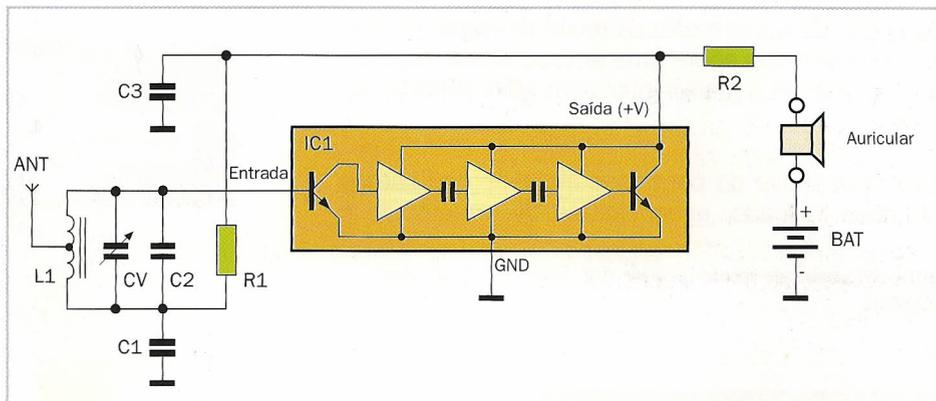


# Funcionamento do circuito

No esquema apresentado pode-se ver o simples que é o circuito: o **circuito ressonante** da entrada, composto pelo L1 e CV+C2, ajusta-se de modo que ressoa à frequência desejada.

O sinal com essa frequência, que resultará muito mais **amplo** do que os outros, dever ser aplicado à entrada do circuito integrado, que compreende um detetor e um amplificador.

O detetor ou **demodulador AM**, é um simples diodo (na realidade uma união de transistor), que funciona como já foi explicado na lição 26 de Analógica.



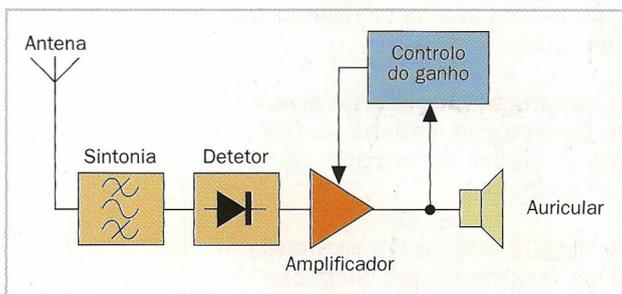
Esquema elétrico do micro-recetor AM.

## PORMENORES DOS CIRCUITOS

O integrado tem somente três contatos, já que a saída é produzida... **através da alimentação!** As variações da fraca corrente absorvida são suficientes para produzirem um som no auricular.

A antena está ligada a uma tomada intermediária da bobina para **adaptar melhor a impedância** e não incomodar o circuito ressonante; os capacitores C1 e C3 são simples desacumuladores.

Finalmente, dentro do chip há um **controle automático de ganho**, para regular a amplificação conforme a intensidade do sinal aplicado à entrada.



Esquema de blocos do funcionamento: não existindo nenhuma conversão da frequência, o circuito é do tipo "de sintonia direta".

## LISTA DE COMPONENTES

### Resistores

(todos de 1/4 W, 5%)

R1 = resistores de 100 K $\Omega$  (marrom, preto, amarelo)

R2 = resistores de 270  $\Omega$  (vermelho, violeta, marrom)

### Capacitores

C1 = capacitor cerâmico de 22 nF

C2 = capacitor cerâmico de 270 pF

CV = compensador 4÷20 pF

C3 = capacitor em poliéster de 150 nF

CA (opcional) compensador de antena 10÷100 pF

### Semicondutores

IC1 = ZN414 numa caixa plástica ou metálica com três contatos

### Vários

AL = auricular com impedância de 200  $\Omega$

BAT = pilha de botão de 1,55 V de óxido de prata (nao incluída no kit)

L1 = bobina osciladora AM (vermelho) em miniatura de 455 KHz

ANT = fragmento de fio de 50 cm

1 tomada minijack mono de circuito impresso

1 circuito impresso

1 porta-pilhas redondo para circuito impresso