

# ELETRÔNICA

24

para todos



**CIRCUITOS  
RESSONANTES**



**MEMÓRIA RAM**



**DADOS DOS  
QUARTZOS**



**CARTÕES DE CRÉDITO**



**DENTRO DO OSCILOSCÓPIO**



**Projeto nº 24:  
AMPLIFICADOR DE ÁUDIO  
DE 20 + 20 W**

**SALVAT**

**JACKSON  
LIBRI**



# Circuitos ressonantes

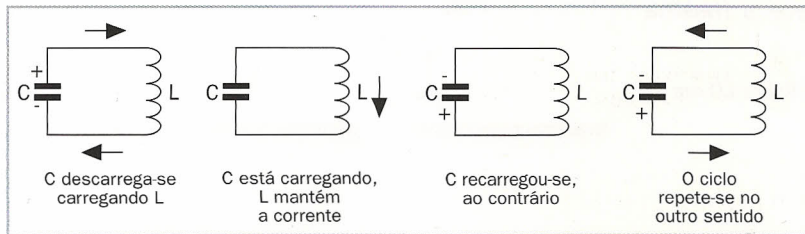
## A combinação indutor-capacitor conserva energia de um modo particular

Se ligarmos um capacitor carregado em paralelo a um indutor (como se pode ver na figura), este começa a **descarregar-se**, com uma corrente “travada” pelo indutor mas progressivamente crescente.

Uma vez que o capacitor está descarregado, a corrente não pode parar de repente: o indutor tenta

mantê-la (ver lição 6), fazendo com que o capacitor **voite a carregar-se** mas, desta vez, com polaridade oposta.

Neste momento o fenómeno repete-se ao contrário: a energia divide-se para a frente e para trás, provocando uma **oscilação** com uma frequência (“de ressonância”) que depende dos valores dos componentes.



**Circuito ressonante: a carga do capacitor converte-se num campo magnético e depois novamente numa carga elétrica.**

### COMO UM PÊNDULO

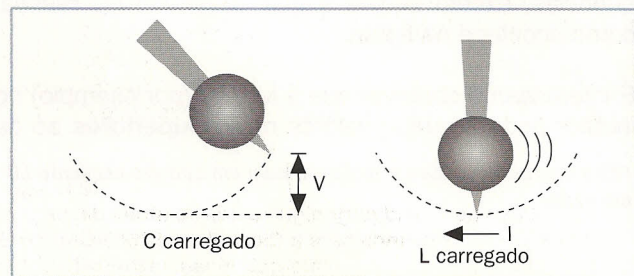
A figura mostra um **equivalente mecânico** do circuito oscilante: um pêndulo, onde a altura representa a tensão e a velocidade corresponde à corrente.

Quando o pêndulo está parado no ponto mais alto da sua trajetória, tem uma **energia potencial** equivalente à carga elétrica do capacitor.

Quando está no ponto mais baixo, tem uma **energia**

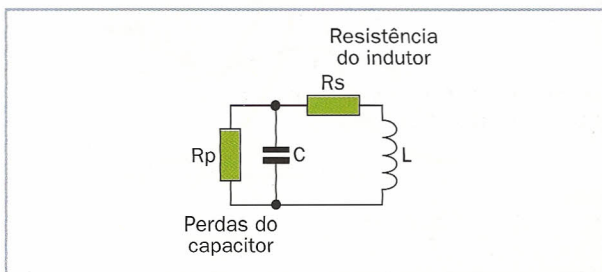
**O pêndulo oscila com uma frequência determinada, mudando continuamente a forma de acumulação da energia.**

**cinética** (ou seja, de movimento), correspondente à carga magnética do indutor: funciona por “inércia”.



### NÃO VAI AO INFINITO

Tanto no caso mecânico (pêndulo) como no elétrico (circuito LC), a oscilação **diminui**, ou seja, decresce progressivamente de intensidade por causa das inevitáveis perdas.



São principalmente devidas ao **resistor em série** do indutor, o do fio; embora com menos importância, também contribuem as perdas do capacitor, similares a um resistor em paralelo.

De qualquer forma, sem contar com estas dispersões, o circuito oscilante não tem **dissipação** de energia: se os componentes fossem perfeitos, a oscilação manteria sempre a mesma amplitude.

**As perdas do circuito oscilante são devidas a dissipações nas resistências parasitas, inevitáveis nos componentes reais.**



# Série e paralelo

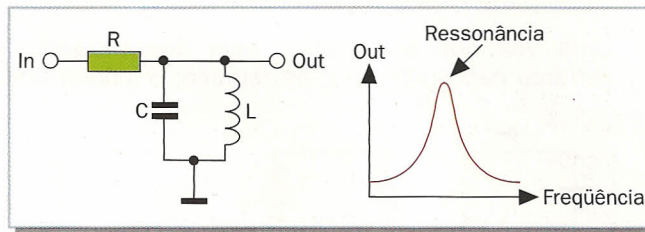
**Os circuitos ressonantes podem ter um comportamento mais ou menos "brusco" com a frequência de ressonância**

Para a frequência de ressonância, um circuito LC tem (teoricamente) **impedância infinita**, ou seja, comporta-se como um circuito aberto, já que mantém a energia e não a absorve.

A figura mostra um **filtro passa-banda**: com frequências baixas, o indutor tem baixa impedância e o sinal é atenuado: com frequências altas, acontece a mesma coisa com o capacitor.

*Filtro passa-banda realizado com um circuito oscilante LC em paralelo.*

Para a **frequência de ressonância** a impedância sobe bruscamente, como se pode ver no gráfico da resposta na frequência, e o sinal passa sem enfraquecimentos.



## CIRCUITO LC EM SÉRIE

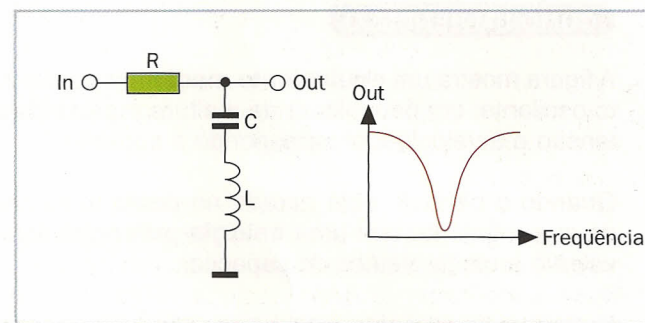
Pondo o indutor **em série** com o capacitor em vez de em paralelo, obtém-se outro tipo de circuito oscilante: a impedância é normalmente alta, mas diminui bruscamente com a frequência de ressonância.

Portanto, é possível realizar um filtro **supressor da banda** (ver lição 17), que deixa passar todas as frequências, exceto aquela à qual o circuito LC ressoa, como acontece na figura.

É interessante observar que a tensão (por exemplo) no indutor pode alcançar valores muito **superiores** ao da

*Filtro supressor de banda realizado com um circuito oscilante LC em série.*

tensão na entrada; este depende do "fator de qualidade" do circuito.



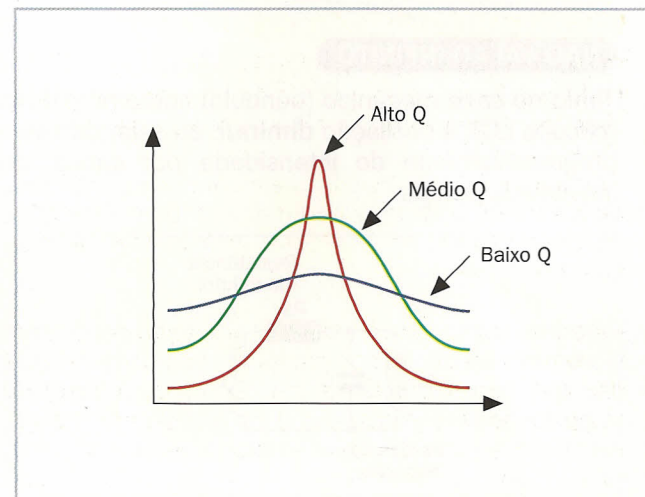
## FATOR DE QUALIDADE

Um circuito oscilante perfeito ressoa **perfeitamente** com uma determinada frequência, mas as perdas resistivas fazem com que o comportamento de um circuito real seja mais impreciso.

O fator de qualidade **Q** determina qual é o grau de brusquidão que tem a ressonância, (ver figura); às vezes acrescenta-se um resistor especial para "suavizar" a resposta.

Também as impedâncias da **origem** e da **carga** são importantes: o resistor R nos dados altos contribui para determinar o comportamento do filtro.

*O fator de qualidade Q é definido como o comprimento do pico (com -3 dB) dividido pela frequência da ressonância.*



# Osciladores

**Um circuito ressonante pode ser utilizado para produzir uma tensão alternada com a frequência desejada**

Para se poderem produzir sinais de **alta frequência**, como o “portador” utilizado nas transmissões de rádio ou televisão, normalmente não são utilizados os osciladores descritos na lição 20. No seu lugar, empregam-se os circuitos ressonantes **exatos** para a frequência desejada, utilizando possivelmente um capacitor ou um indutor variável para regulá-la.

Um amplificador pode ser utilizado para **manter** a oscilação do circuito LC, extraíndo uma pequena parte do sinal e emitindo-o de novo com mais energia.



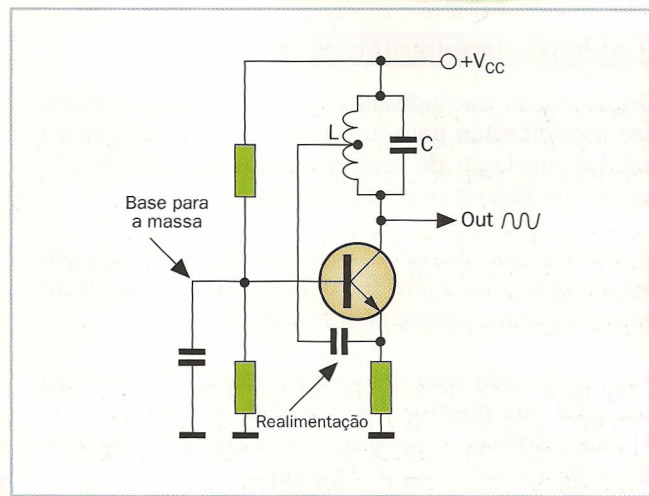
## REALIMENTAÇÃO A PARTIR DO INDUTOR

No circuito representado na figura, o circuito exato constitui a própria carga do transistor amplificado: uma **tomada intermediária** extrai uma parte do sinal para torná-lo para a entrada.

Para adaptar melhor as impedâncias, a realimentação entra pelo emissor e a base está com a massa (para o sinal) através do C1: trata-se de um amplificador **de base comum**.

A tomada intermediária no indutor converte-o num transformador automático, desenvolvendo o mesmo trabalho que um enrolamento independente (ver lição 7): o circuito é conhecido como oscilador **Hartley**.

*Oscilador LC Hartley com transformador automático para reenviar para a entrada parte do sinal de saída.*



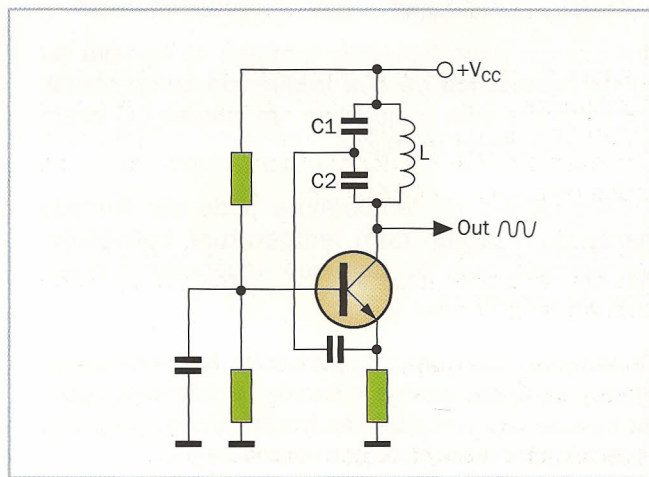
## REALIMENTAÇÃO A PARTIR DO CONDENSADOR

Em vez de uma tomada intermediária no indutor, pode-se utilizar... uma tomada intermediária no capacitor! Obtém-se utilizando **dois capacitores** em série, como o que está na figura.

Este **oscilador Colpitts** tem a vantagem de requerer um indutor simples e econômico sem tomadas intermediárias ou outros enrolamentos.

Vale a pena observar que capacidades e indutâncias parasitas podem **transformar** um amplificador num oscilador Colpitts não desejado: tem que se ter muito cuidado, tanto no projeto como na realização.

*O oscilador Colpitts utiliza um divisor capacitado para extrair uma parte do sinal de saída.*





# Osciladores de quartzo

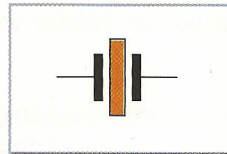
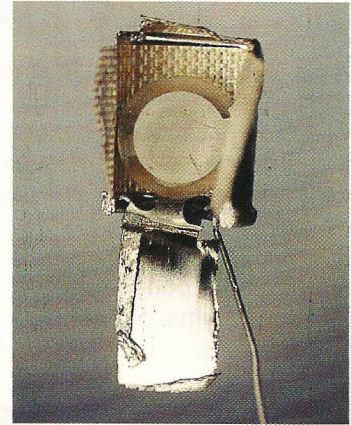
**Um cristal de quartzo, depois de adequadamente trabalhado, pode substituir o ressonador electromecânico**

O quartzo é um material **piezoelétrico**: se é esmagado produz uma tensão; mas se acontece o contrário, lhe é aplicada uma tensão que o deforma ligeiramente.

Uma fina lâmina deste material, situada entre dois eléctrodos metálicos, tem uma **freqüência de ressonância** precisa e estável e um Q muito elevado, como um circuito LC quase perfeito.

Portanto, é o dispositivo ideal para **controlar** a freqüência de um oscilador; no entanto, é impossível va-

riar a freqüência produzida, que depende apenas das características mecânicas.



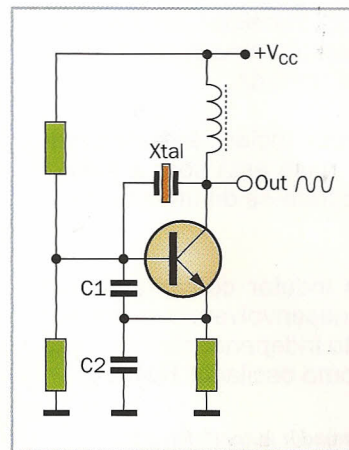
*A estrutura interna de um ressonador de cristal de quartzo e o seu símbolo.*

## OSCILADORES DE QUARTZO

Os clássicos osciladores Hartley e Colpitts podem **ser modificados** para funcionarem com um quartzo (cristal) em lugar de com o circuito ressonante LC, como aparece no exemplo da figura.

O indutor do esquema não faz parte do circuito ressonante, pois é um **"filtro"** para o sinal, que deixa passar apenas a componente contínua.

Apesar da sua aparente simplicidade, colocar um oscilador de quartzo funcionando é sempre uma situação **crítica**, e deve ser realizado apenas para um determinado modelo de cristal.



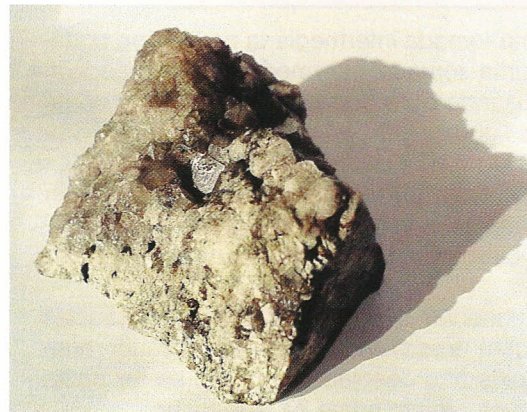
*Oscilador Colpitts de quartzo, controlado por um ressonador piezoelétrico de cristal de quartzo.*

## HARMÔNICAS, TEMPERATURA E REGULAÇÃO

Um quartzo pode funcionar também na terceira ou quinta **harmônica** da sua freqüência fundamental, normalmente com a ajuda de um circuito LC exato com a freqüência desejada.

A dependência da temperatura pode ser limitada mantendo o **cristal com temperatura constante**, por exemplo com um pequeno aquecedor e o termostato associado.

Finalmente, com um compensador (trimmer capacitado) adequadamente disposto, é possível **aportar** mínúsculas variações na freqüência do trabalho, de modo que se adapte com precisão.



*O quartzo é um mineral bastante comum na natureza, cujas características electromecânicas resultam-ser úteis para nós.*



# Memória RAM

**Rápidos e que se podem escrever outra vez quando se desejar, estes dispositivos são muito úteis como memória de trabalho**

RAM significa "Random Access Memory" ou seja, é a memória de acesso aleatório: significa que se pode ter acesso de uma forma imediata a **qualquer** compartimento.

Este nome nasceu do contraste com as antigas memórias de acesso **seqüencial**, tais como as cassetes e os tambores magnéticos (estes últimos já substituídos pelos discos).

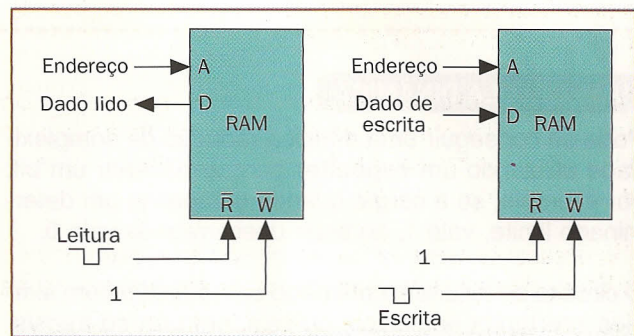
A RAM é análoga, em conceito, à ROM (ver a lição 22), exceto pela possibilidade de **escrever** um dado e poder lê-lo: conserva-se e pode-se ler de novo em seguida.



## LEITURA E ESCRITA

Da mesma forma que para as ROM, o bus ou barramento de endereços contém o número do compartimento desejado: pelo **bus de dados** viajam, no entanto, os bits que já foram lidos, ou os que vão ser escritos: portanto, é bidirecional.

Ativando a linha de **read** (leitura) lê-se o conteúdo do compartimento, enquanto a linha de **write** (escrita) permite armazenar os bits de dados no compartimento previamente selecionado, como se mostra na figura. De fato, existe uma linha de **read/write** para que se possa escolher a operação desejada (1=read, 0=write), e uma de **chip select** (seleção do integrado) para que se realize.



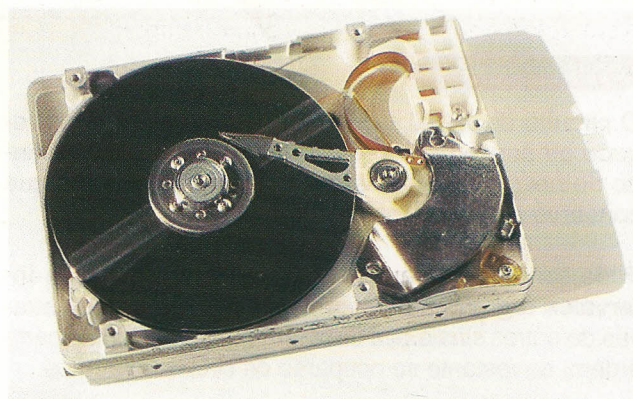
*Leitura e escrita numa RAM com linhas de read e write diferentes: omitimos as possíveis linhas auxiliares.*

## NÃO CONSERVA OS DADOS

Quando retiramos a alimentação, o conteúdo de uma RAM **perde-se**, salvo quando existam circuitos especiais (por exemplo de bateria) para o conservarmos.

Portanto, a RAM é útil principalmente como **memória de trabalho**, para ter a informação (ou as instruções do programa, como nos computadores) ao alcance da mão.

Para que seja possível uma **conservação** permanente convém utilizar outros sistemas, tais como memórias que não são voláteis (por exemplo, a flash) ou dispositivos mecânicos, como os discos; embora estes sejam mais lentos, são também mais econômicos.



*Um disco rígido tem um custo por bit mais baixo do que o de uma RAM e não perde os dados, mas é muito mais lento.*



# RAM estáticas e dinâmicas

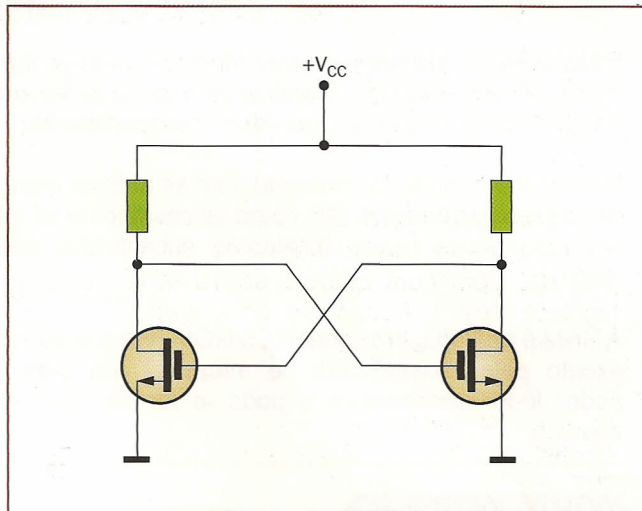
**As RAM dinâmicas são cômodas sob muitos aspectos, mas necessitam de atualização periódica**

Numa simples RAM “estática” (SRAM) cada célula elementar, que armazena um bit, é na prática um **flip-flop** do tipo set-reset (ver lição 11), que mantém o estado no qual foi colocado.

Para se realizar um flip-flop S-R são necessários **no mínimo** dois transistores (normalmente MOSFET), e freqüentemente mais algum; seria bastante útil reduzir este número.

Numa RAM de 64 Mbits, por exemplo, cada transistor **economizado** pela célula corresponde a mais de 67 milhões de transistores a menos no chip, além do correspondente custo e menor consumo.

*Uma célula de RAM estática, reduzida ao mínimo, é simplesmente um flip-flop capaz de armazenar dois estados diferentes.*

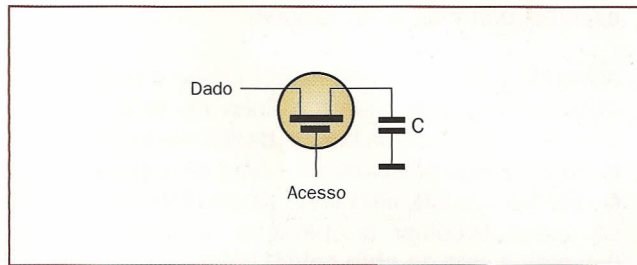


## UMA CÉLULA DINÂMICA

Pode-se conseguir uma drástica redução de complexidade utilizando um **capacitor** para armazenar um bit: por exemplo, se a carga, quando ultrapassa um determinado limite, vale 1, ao estar descarregada vale 0.

O circuito de leitura/escrita pode ser reduzido num simples interruptor analógico, ou seja, num **único** transistor: a economia é consistente.

No entanto, existe um problema: o pequeno capacitor **descarrega-se** em poucos milissegundos. A memória é dinâmica (DRAM), pois requer que o dado seja continuamente “atualizado”.



*Célula de uma RAM dinâmica: o MOSFET permite carregar / descarregar o capacitor, ou mesmo ler a tensão.*

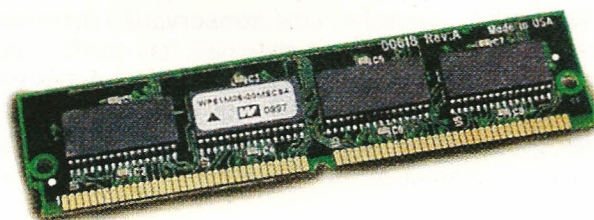
## ATUALIZAÇÃO

O circuito de “atualização” serve para **manter** carregado ou descarregado o capacitor, lendo e escrevendo de novo periodicamente no mesmo, de modo que conserve estável a informação.

Pode ser ativado simplesmente tendo acesso **com intervalos regulares** a determinados endereços, ou através de outros sinais que devem ser enviados numa certa ordem: do restante se ocuparão os circuitos internos.

*Nos computadores pessoais de mesa utiliza-se normalmente uma DRAM, ou seja, uma RAM dinâmica.*

Por causa da atualização, as RAM dinâmicas têm um determinado **consumo** quando não podem ter acesso aos dados, ao passo que o consumo das RAM estáticas é (nesta situação) é praticamente nulo.

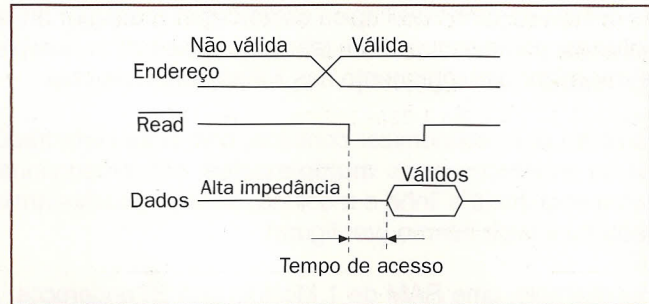


# Acesso à RAM

**Para ler e escrever os dados é necessário respeitar as especificações dadas pelo fabricante**

A figura mostra as atualizações (simplificadas) de um **acesso à leitura**, ou seja, da leitura dos dados que estão contidos no compartimento indicado pelo endereço. Depois dos endereços terem sido estabelecidos e dado o comando da leitura (read), é necessário esperar um certo tempo antes de a RAM restituir os dados requeridos, também chamado **o tempo de acesso**.

Uma vez que tenha sido eliminado o sinal da leitura, as linhas de dados voltam normalmente para o **estado em triplicado**, ou seja, à alta impedância, de modo que o bus esteja disponível para outros dados (por exemplo, dados para escrever).



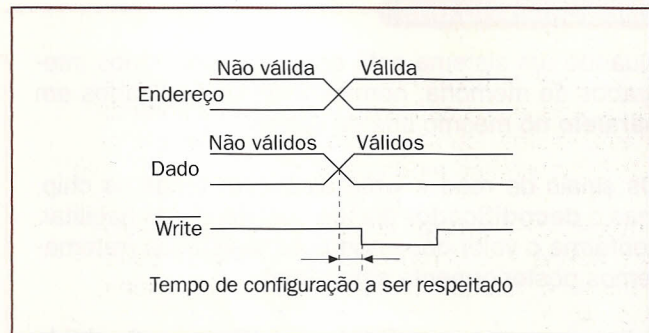
**Atualizações de um acesso à leitura: os dados tornam-se válidos após o tempo de acesso.**

## ESCRITA E CONFIGURAÇÃO

Na figura ao lado estão ilustradas as atualizações de um **acesso à escrita**: desta vez a RAM não controla as linhas de dados que estão na entrada, já que procedem do exterior.

O sinal de write dá início a um **período de escrita**, que necessita de um certo tempo, normalmente similar ao tempo de acesso: durante este tempo, tanto os endereços como os dados devem permanecer estáveis.

Em muitas RAM, tanto os dados como os endereços devem estar preparados com uma certa antecipação devida ao sinal da escrita: esta antecipação é chamada **tempo de configuração**.



**Atualizações de um acesso à escrita: endereços e dados devem estar preparados antes de ser dado o comando de write.**

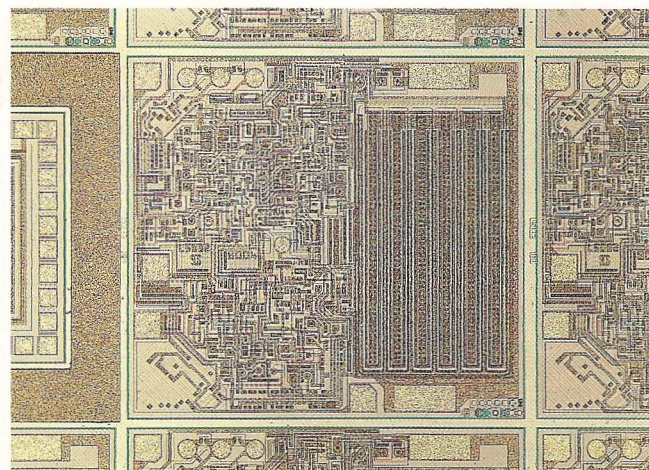
## VELOCIDADE E CONSUMO

Como acontece com todos os circuitos integrados digitais, o consumo de corrente de uma RAM cresce rapidamente em proporção à **freqüência** dos acessos: "a seu cargo".

Geralmente as memórias muito rápidas (com tempo de **acesso baixo**) são estáticas: este fato evita também o tempo que se perde para a atualização.

Uma memória rápida deve ser miniaturizada, o que implica problemas de dissipação e isolamento, mas também podem ser resolvidas se trabalharmos com **tensões inferiores**: por exemplo 3,3 V em lugar de 5 V.

**Quanto mais pequeno for o chip, menor será o tempo perdido pelos sinais para se deslocarem de um ponto para o outro da RAM.**







# Organização das RAM

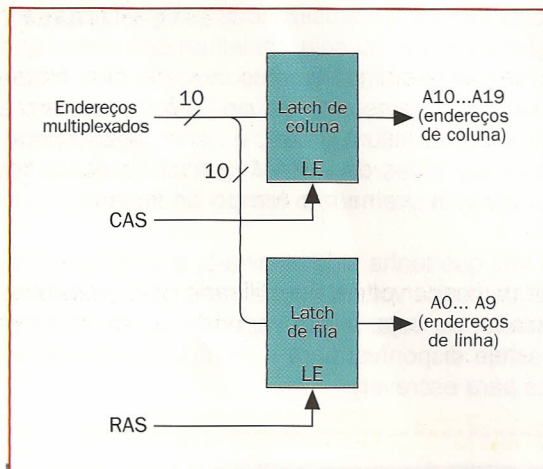
**Tanto no interior como no exterior, as RAM dividem-se frequentemente em várias partes**

As células de uma RAM típica estão organizadas por **linhas e colunas**, como se fosse um tabuleiro de xadrez, o que permite minimizar o comprimento das linhas dentro do chip.

Também para economizar contatos, com uma certa frequência os endereços estão **multiplexados**: são proporcionados numa seqüência a linha e a coluna, cada uma delas armazenada num latch interno (ver figura).

Por exemplo, uma RAM de 1 Mcélula tem 20 endereços: proporcionam-se os **baixos** (A0..A9) e capturam-se com o sinal adequado, e depois os **altos** (A10..A19) nos mesmos contatos.

**Os sinais de latch de linha (RAS: Row Address Select, seleção do endereço de linha) e de coluna (CAS) armazenam cada uma a metade do endereço.**



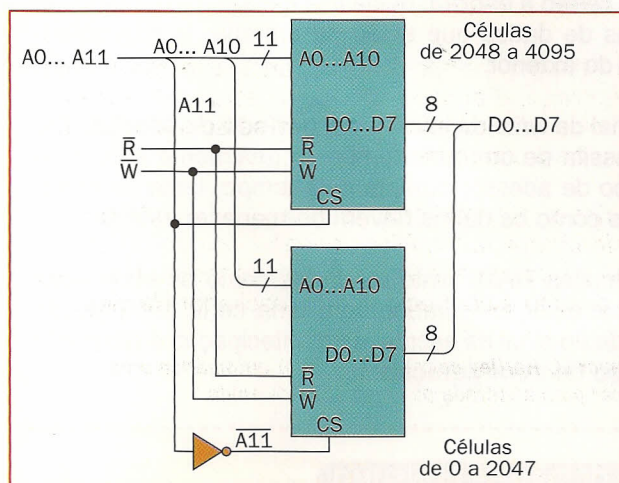
## MEMÓRIAS NO BUS

Quando um sistema está composto por vários integrados de memória, normalmente estão ligados em **paralelo** no mesmo bus de dados.

Os sinais de read e write alcançam todos os chip, mas o **decodificador** decide qual dos RAM habilitar, conforme o valor dos endereços mais altos (retornaremos posteriormente este tema).

A figura mostra uma RAM de 4 Kbytes x 8, obtida com dois chips de 2K x 8 cada um: o duodécimo bit do endereço (A11) escolhe o chip sobre o qual quer atuar, ativando-o com o **chip select** (CS).

**Memória obtida combinando vários chip de menor capacidade: do exterior pode ser visto como uma única RAM.**



## RAM ESPECIAIS

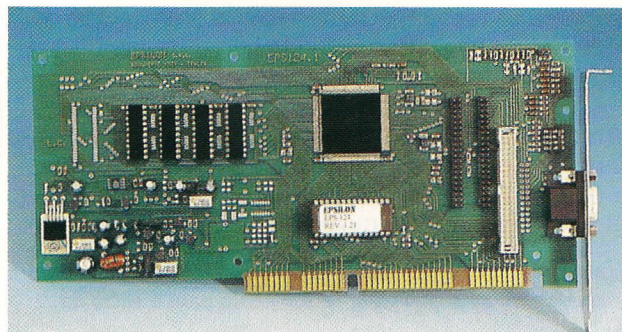
Existem numerosos modelos de RAM, muitos deles **otimizados** para uma determinada aplicação, como a memória de trabalho dos computadores pessoais (por exemplo EDO, extended data output, saída de dados estendida, ou RAMBUS).

Um caso especial é o das memórias de **dupla porta**, que devem poder aceder a dois circuitos de modo independente um do outro.

Por exemplo, na **memória de vídeo** dos PC o microprocessador é o que escreve mas, ao mesmo tem-

**As placas gráficas dos PC contêm normalmente memórias dinâmicas especializadas neste tipo de trabalho.**

po, pode ler o circuito que produz o sinal de vídeo: as duas operações não devem interferir entre elas.





# Dados dos quartzos

**A frequência do funcionamento é apenas uma das suas diversificadas características; só uma delas não é suficiente para definir um quartzo**

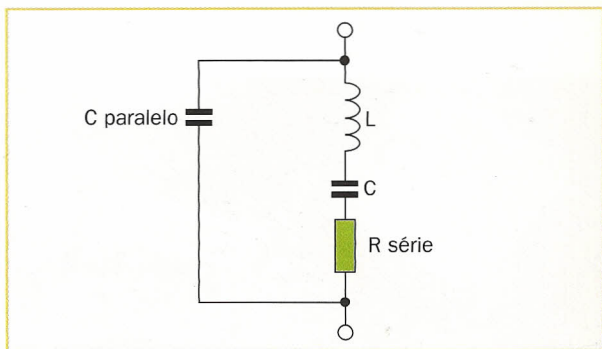
Conforme a **aplicação**, podemos requerer a um quartzo uma maior ou menor tolerância, no que diz respeito à frequência declarada (nominal), e à estabilidade térmica.

A **estabilidade térmica** é também expressa em ppm, no interior do campo da temperatura do funcionamento, normalmente não muito dilatado (por exemplo de -10 °C a +60 °C).

A **tolerância** é expressada normalmente em ppm (partes por milhão): por exemplo, ±30 ppm num quartzo de 10 MHz significa que a frequência pode variar mais ou menos em 300 Hz.

Frequência de funcionamento	Capacidade de carga	Estabilidade com a temperatura	Tolerância a 25 °C	Encapsulamento
32,768 KHz	12,5 pF	±200 ppm	15 ppm	cilindro
1,8432 MHz	30 pF	±50 ppm	±20 ppm	HC-33 U
2 MHz	20 pF	±100 ppm	±50 ppm	HC-49
4,096 MHz	30 pF	±10 ppm	±20 ppm	HC-49
12 MHz	7 pF	±50 ppm	±50 ppm	HC-49/3 H
16,0 MHz	30 pF	±50 ppm	±20 ppm	HC-18 U
32,00 MHz	série	±100 ppm	±50 ppm	SXA

**Os cristais de quartzo estão disponíveis em distintas frequências, como também em distintas tolerâncias.**



**Circuito equivalente de um quartzo: o L e o C formam um circuito ressonante com muito alto fator de qualidade.**

## SÉRIE, PARALELO E CAPACIDADE

A figura mostra o circuito elétrico **equivalente** a um quartzo; naturalmente não existem nem indutores nem capacitores, exceto a capacidade parasita dos fios e da caixa.

Também, conforme o circuito que o utiliza, um quartzo pode fazer ressonância de duas **maneiras**: em série ou em paralelo, em duas frequências levemente diferentes.

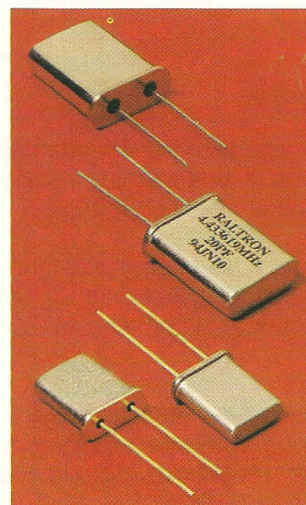
Normalmente se deseja ter um pequeno **capacitor** fixo ou variável em paralelo com o cristal, cuja capacidade, que é muito boa, está geralmente indicada nos dados (capacitância de carga, incluída a parasita).

## ENCAPSULAMENTOS

Conforme as **dimensões** do cristal da aplicação, utilizam-se diferentes encapsulamentos; à parte dos cilíndricos para os relógios, os outros têm a forma característica mostrada na figura.

É importante recordar que um quartzo é um **delicado** dispositivo mecânico: se cair no chão ou sofrer um impacto seco, tem muitas possibilidades de quebrar-se.

O **envelhecimento** também altera a frequência da ressonância, especialmente no primeiro período de vida; um quartzo que é utilizado e depois deixado à parte sem se usar, pode ter variações mais limpas.



**Quartzos encapsulados da série HC; podem ser soldados ou montados num soquete para a sua rápida substituição.**



# Quartzos e outros ressonantes

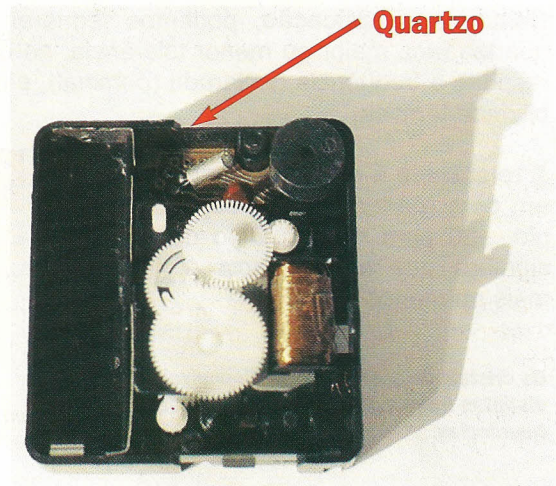
**Para além das numerosas variantes baseadas nos cristais de quartzo, existem outros dispositivos que têm como fundamento um princípio similar**

Os quartzos para **relógios** têm frequências muito baixas (por exemplo 32.768 Hz), ao passo que as dos **microprocessadores** e placas de vídeo dos PC vão de 1 MHz em diante.

Os de **rádio-transmissão** (por exemplo, rádio-controles de 27 MHz) vão geralmente na terceira harmônica, mas também na 5ª ou 7ª, e necessitam de circuitos estudados minuciosamente para evitar ressonâncias não desejadas.

Os quartzos para o circuito de **cor para televisores** são muito econômicos (porque são produzidos em grandes quantidades): 4,43 MHz mais ou menos para o standard europeu PAL e 3,58 MHz mais ou menos para os norte-americanos NTSC.

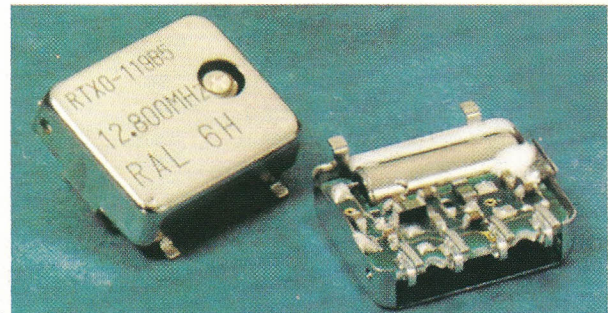
*Também os relógios comuns de mesa são controlados quase sempre por um cristal de quartzo ressonante.*



## MÓDULOS JÁ FABRICADOS

**Desenhar** circuitos de quartzo não é fácil, especialmente com frequências elevadas: às vezes basta mudar de quartzo para que um oscilador se negue a funcionar, ou ressoe com a frequência errada.

Freqüentemente convém utilizar um **módulo oscilador** já feito, que contenha o quartzo e os circuitos associados: em geral trata-se de uma caixa metálica vedada. Os TCXO (temperature compensated crystal oscillator: osciladores de cristal **compensados** pela temperatura) estão compensados para as variações térmicas, enquanto os VCXO (Voltage controlled: controlados por voltagem) podem ser ajustados com uma tensão externa.



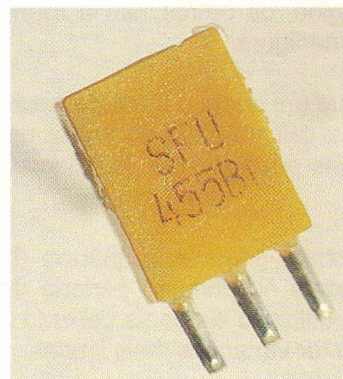
*Os módulos osciladores são muito utilizados, por exemplo para os microprocessadores e as placas de vídeo de PC.*

## RESSOADORES CERÂMICOS

Quando não é necessária a **precisão** de um quartzo, os ressoadores cerâmicos (realizados com outros materiais) oferecem uma alternativa mais econômica.

Tanto a precisão (por exemplo 0,5%) como a estabilidade são mais de 1.000 vezes **inferiores** às de um quartzo, mas sempre superiores às de um circuito LC, que é mais caro.

Com materiais cerâmicos podem-se realizar também **filtros passa-banda** de lados bastante empinados, utilizados habitualmente nos receptores de rádio e televisão.



*Menos precisos mas mais pequenos, econômicos e fortes do que os quartzos, os filtros e ressoadores cerâmicos são muito utilizados nos dispositivos de consumo.*

# Dados das RAM

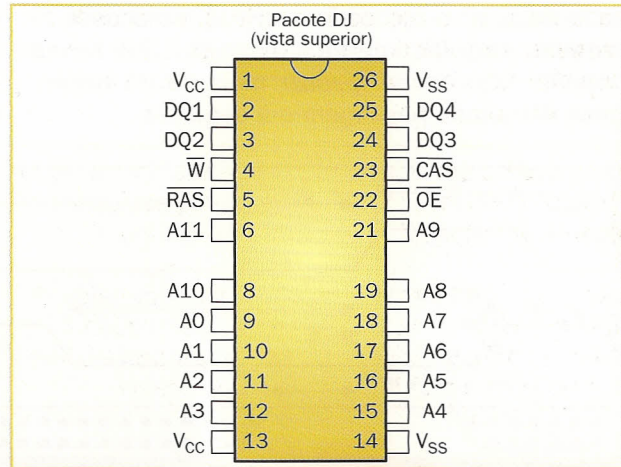
## Examinamos alguns pormenores da folha de dados de uma típica RAM dinâmica de capacidade média

A TMS416400 (Texas Instruments) é uma RAM dinâmica de 4M x 4, ou seja, tem 4.194.304 compartimentos, cada um dos quais contém células elementares de um bit; são 16 Mbits no total.

A figura mostra a **disposição** dos contatos do integrado; abaixo estão os endereços, em cima os dados, no meio os sinais de controle.

Para se poderem apresentar os números (endereços) de 0 a 4.194.303 são necessários 22 bits, mas aqui existem apenas 12 fios de endereço: estão **multiplexados**, ou seja, utilizados por turno para levar bits diferentes.

**Disposição dos contatos da RAM dinâmica TMS416400: tem 12 endereços, 4 dados e quatro linhas de controle.**



### LINHAS DE CONTROLE

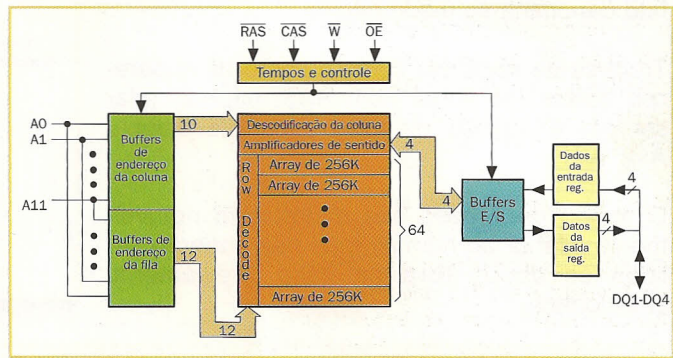
O sinal  $\overline{W}$  (write) controla a **escrita**, ao passo que para ler é suficiente que esteja ativo, ou seja, baixo,  $\overline{OE}$  (output enable): se mudarmos os endereços, após o tempo de acesso mudarão os dados na saída.

O  $\overline{RAS}$  (row address strobe) **captura** o endereço da **linha** num latch, enquanto o  $\overline{CAS}$  (column address strobe) captura o endereço da **coluna** em outro latch.

Devem ser proporcionadas A..A11 e dar um impulso ao  $\overline{RAS}$ , depois os restantes (A12..A21) devem dar

**Esquema dos blocos da RAM: os endereços de linha e coluna vão para os respectivos decodificadores, para escolherem um compartimento.**

também um impulso ao  $\overline{CAS}$ : agora internamente estarão disponíveis os 22 endereços **completos**.



### TEMPOS DE ACESSO

A figura indica o tempo de acesso da TMS416400, desde o **pedido** de uma leitura (ou escrita) até à sua realização, relativa às três variantes (distintas pela velocidade).

Considerando **todas** as operações necessárias (CAS, RAS e leitura ou escrita), o tempo mais importante entre os indicados e o  $t_{RAC}$ , é o da primeira operação (RAS).

Parâmetro	'4xx400-60 '4xx400P-60		'4xx400-70 '4xx400P-70		'4xx400-80 '4xx400P-80		Unids.
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
$t_{AA}$ Tempo de acesso a partir do endereço da coluna		30		35		40	ns
$t_{CAC}$ Tempo de acesso a partir do $\overline{CAS}$ baixo		15		18		20	ns
$t_{CPA}$ Tempo de acesso a partir da carga antecipada da coluna		35		40		45	ns
$t_{RAC}$ Tempo de acesso a partir do RAS baixo		60		70		80	ns
$t_{OEA}$ Tempo de acesso a partir do $\overline{OE}$ baixo		15		80		20	ns
$t_{RC}$ Tempo do período, leitura	110		130		150		ns
$t_{WC}$ Tempo do período, escrita	110		130		150		ns

A RAM deve ser depois "recarregada" antes de começar um **novo período**: o tempo mínimo entre um acesso e o seguinte está indicado nas últimas duas linhas.

**Algumas atualizações: o tempo de um acesso completo é o da captura dos endereços de linha ( $t_{RAC}$ ).**

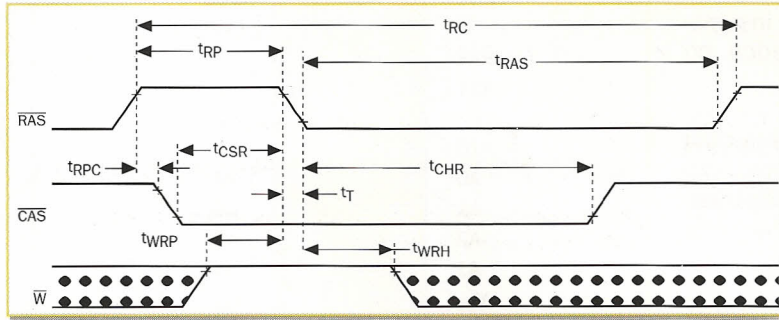


# Atualização e pormenores

**Os dados são perdidos se a operação de atualização for realizada com a frequência necessária**

Para "refrescar" o conteúdo da RAM, é necessário ter **acesso periodicamente** a todas as 4.096 linhas da matriz. Não devem passar mais de 64 milissegundos entre uma passagem e a seguinte.

Para evitar que se tenha que proporcionar os endereços de linhas (A0..A11) progressivos em cada atualização, as RAM dispõem normalmente de um **contador interno**.



Quando se ativa antes o CAS e depois o RAS, sem soltar o primeiro, a RAM executa uma atualização **CBR** (CAS before RAS: CAS antes de RAS): avança com a linha seguinte e resfria o seu conteúdo.

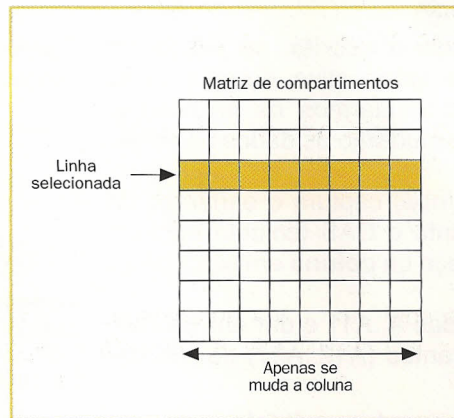
**Atualização semi-automática (CAS before RAS): os endereços dos contatos não são importantes, porque existe um contador interno.**

## MODOS PÁGINA

É possível **reduzir** o tempo de acesso, consultando apenas os dados de uma mesma linha da matriz interna, ou seja, com A0: A11 fixos; este fato denomina-se modo página.

Trata-se de **capturar** como sempre os endereços baixos (de linha) com RAS, depois variar sempre e apenas os mais altos (de coluna, A12..A21).

O tempo de acesso aos dados será notavelmente inferior ao normal, mas não poderão ser lidos os dados **fora** da linha previamente selecionada.



**Se nos mantivermos parados na mesma linha da RAM, o acesso é muito mais rápido, mas é necessário resfriar as outras linhas.**

## CONSUMO

Nos computadores portáteis de pilhas convém **reduzir** o consumo durante o funcionamento normal, assim como no modo de espera (standby).

Uma redução posterior do consumo, em todas as condições, pode ser obtida empregando a variante **3,3 V** de alimentação. (TMS 426400P), solução comum não só nos portáteis.

A variante TMS 416400P pode ser colocada no modo de **atualização automática**: permite refrescar de uma forma automática o conteúdo próprio, com um consumo médio de 500  $\mu$ A.

**Absorção de corrente: observe o consumo elevado num período normal e baixo no modo de atualização automática.**

Parâmetro	Condições do teste	'416400-60 '416400P-60		'416400-70 '416400P-70		'416400-80 '416400P-80		Unids.
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
$I_{CC1}$ Corrente do período de leitura ou escrita	$V_{CC} = 5,5$ V, Período mínimo		80		70		60	mA
$I_{CC3}$ Corrente da atualização média (apenas RAS ou CBR)	$V_{CC} = 5,5$ V, Período mínimo, RAS período, CAS alto (só RAS), RAS baixo depois de CAS baixo (CBR)		80		70		60	mA
$I_{CC6}$ Corrente de atualização automática	CAS < 0,2 V, RAS < 0,2 V, Médio depois do $t_{RASS}$ mínimo		500		500		500	$\mu$ A
$I_{CC10}$ Corrente operativa de cópia de segurança da bateria (tempo do atualização equivalente 120 ms); apenas CBR	$t_{RC} = 31,25$ $\mu$ s, $t_{RAS} \leq 1$ $\mu$ s, $V_{CC} - 0,2$ V $\leq V_{IH} \leq 6,5$ V, $0$ V $\leq V_{IL} \leq 0,2$ V, W and OE = $V_{IH}$ , Endereços e dados estáveis		500		500		500	$\mu$ A



# Cartões de crédito

**A informação gravada magneticamente no cartão é lida e comunicada ao banco**

A tarja escura presente nos cartões de crédito é uma **banda magnética** na qual está gravada (uma única vez) uma determinada informação, por exemplo, o código do cartão.

Quando o cartão é inserido no leitor magnético de uma loja, uma **cabeça magnética** (ver lição 11) lê a informação que se converte em seguida numa forma digital.

Para evitar falsas leituras são utilizadas técnicas de redundância, (informação repetida) e códigos de **controle**, como o CRC (cyclic redundancy check: marca de redundância cíclica).

*A banda magnética é, na prática, um pedaço de fita, na qual está registrada a informação digital.*



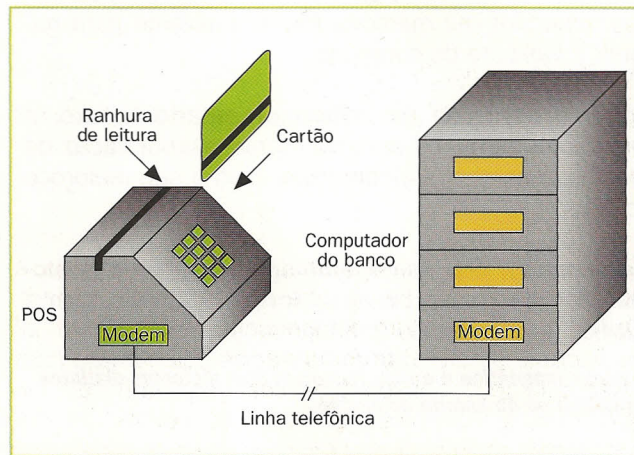
## COMUNICAÇÃO COM O BANCO

Inserindo o cartão num POS (point of sale: ponto de venda), é lido o **número** do mesmo cartão da banda magnética.

No entanto, o cliente deve escrever a **senha secreta** corretamente, o PIN (personal identification number: número de identificação pessoal); neste momento o POS entra em contato com o computador do banco, identificando-se por sua vez.

A comunicação produz-se normalmente por linha telefônica, através de um dispositivo chamado **modem** (modulador/demodulador), ilustrado na lição posterior.

*O número do cartão, a senha secreta e a quantidade a pagar são enviados ao banco através de um modem.*



## CONTROLE E SEGURANÇA

O computador do banco consulta o **arquivo** próprio (base de dados) e confronta o código secreto com o do cartão utilizado, além de verificar também a disponibilidade de dinheiro na conta do cliente.

Se tudo está bem, a quantidade solicitada é **cobrada** ao titular do cartão (o cliente) e é creditada na conta do titular do POS (o dono da loja).

Para evitar que o interceptor possa "capturar" o número da senha, toda a



informação viaja de forma **codificada**, preferivelmente diferente em cada ligação.

*A segurança da comunicação com o CPD (centro de processamento de dados) do banco é essencial para evitar erros.*

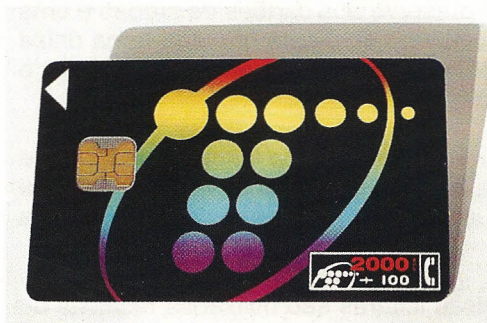


# Cartões eletrônicos

**Em vez de uma simples banda magnética, o cartão pode conter um circuito completo**

A banda magnética é bastante **delicada**: perde os dados quando se desgasta ou é colocada sob o efeito de campos magnéticos; além disso, pode armazenar uma quantidade de informação de certo modo limitada.

Quando a informação deve ser modificada ou integrada com frequência, é preferível ter um chip de **memória** (por exemplo EEPROM ou Flash) no mesmo cartão. Ao inserir o cartão ativa-se uma série de **contatos** elétricos que asseguram a alimentação e a ligação com o microprocessador que está contido no leitor, podendo este ler ou modificar o conteúdo.



*Cartão com chip incorporado: pode-se tratar de uma simples memória ou de um microcomputador inteiro.*

## CARTÕES INTELIGENTES

Nas aplicações delicadas, como por exemplo o **portamoedas eletrônico** (Visa Cash) ou os cartões sanitários, uma simples memória não é suficiente para garantir a validade do conteúdo.

Portanto, utiliza-se um **microcomputador** inteiro: a memória é integrada num microprocessador capaz de processar os dados e comunicar com o seu recíproco no leitor.

Deste modo, é possível empregar algoritmos (métodos) de codificação bastante **fortes**, que dificultam a falsificação dos dados armazenados.

*A banda magnética e o chip requerem dois sistemas distintos de leitura ou de escrita do cartão.*



## SOLUÇÕES TÉCNICAS

Os cartões funcionam com tensão muito baixa, e os contatos podem estar sujos; normalmente utiliza-se um **dourado** superficial para assegurar uma boa ligação elétrica.

Para se reduzir o número de contatos (e também alguns possíveis problemas) utilizam-se ligações **série**: dados, endereços e outra informação viajam enviando um bit a seguir ao outro, embora utilizando os mesmos fios. É fundamental a proteção contra as **descargas electrostáticas** (ESD: electrostatic discharge), inevitáveis na utilização do cartão; além disso, a massa deve estar ligada antes de ser aplicada a alimentação.



*Os circuitos integrados utilizados nos "cartões inteligentes" devem resistir a fortes descargas elétricas.*



# Dentro do osciloscópio

**Nesta ferramenta não há nada de misterioso; no entanto, são importantes a linearidade e a precisão**

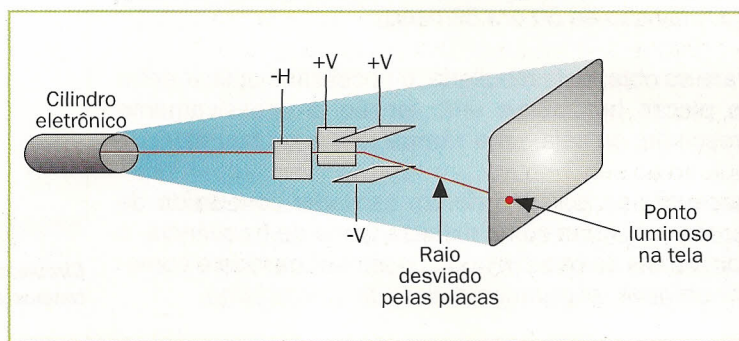
O osciloscópio utiliza um **tubo de raios catódicos** similar ao do televisor (ver lição 23 de Aplicações), mas com uma diferença fundamental.

O desvio **electromagnético** utilizado nos televisores é adequado para uma exploração regular, mas não permite movimentos bruscos arbitrários do pincel eletrônico.

Portanto, é utilizado um desvio **electrostático**: um campo elétrico entre duas placas que atrai

***Tubo do osciloscópio: o pincel eletrônico desvia num ângulo proporcional ao da tensão entre as placas.***

os elétrons para o endereço desejado, embora esse fato lhe permita ângulos menores, sendo necessário, apesar de tudo, um tubo mais comprido.

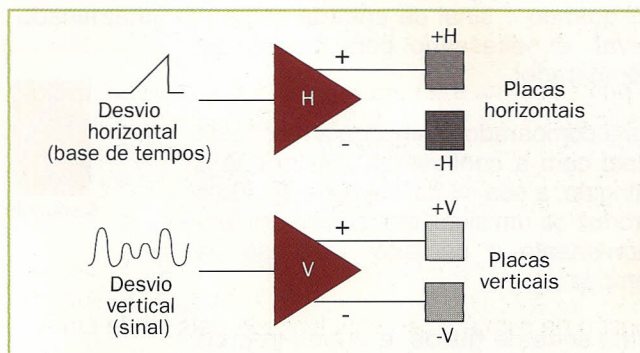


## CONTROLE E DESVIO

Enquanto o desvio do televisor é controlado pela **corrente** nas bobinas, o do osciloscópio depende da **tensão** sobre as placas.

Esta tensão é aplicada às duas placas interessadas (por exemplo, verticais) com duas **polaridades** opostas: a negativa repele os elétrons e a positiva atrai-os.

Deste modo é necessário um **amplificador diferencial**, capaz de produzir a tensão necessária (cerca de uma centena de volts) com o máximo alinhamento, para não alterar o sinal.



***Cada par de placas é controlado por um amplificador capaz de produzir dois sinais em contra-fase.***

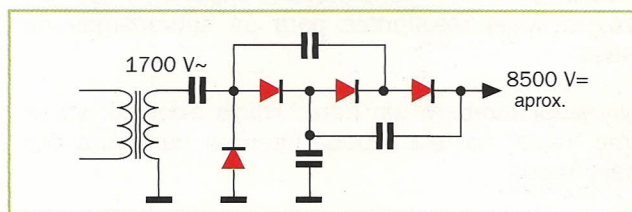
## ALIMENTAÇÃO E BLINDAGEM

O tubo catódico requer tensões bastante elevadas: vários KV para a tensão **anódica** do tubo (que atrai os elétrons para a tela) e centenas de volts para as diferentes "quadrículas".

A tensão mais elevada (anódica) obtém-se por vezes através de um **multiplicador de tensão**, como o da figura: cada capacitor "apoia-se" na tensão do anterior.

***Multiplicador de tensão: funciona apenas se a corrente absorvida pela carga for muito baixa.***

O tubo deve estar completamente **protegido**, por exemplo com uma chapa fina, para assim estar livre dos campos magnéticos produzidos pelo transformador e pelos fios e para evitar interferências no desvio.







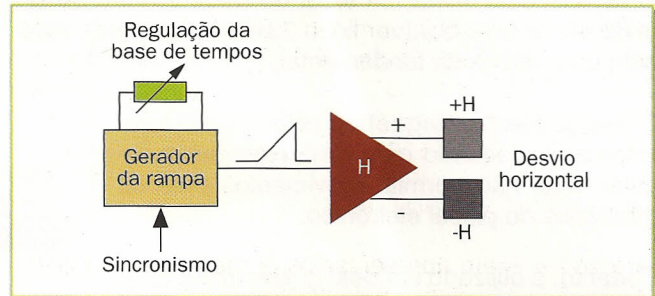
# Base de tempos e sincronismo

Os circuitos de baixa tensão devem ter um bom comportamento numa extensa gama de frequências

A base de tempos do osciloscópio deve causar um **movimento regular** do pincel eletrônico, da esquerda para a direita, com a velocidade desejada (por exemplo 1 divisão de 50 em 50 nseg).

Para se obter este resultado, é necessário aplicar entre as placas horizontais uma tensão progressivamente crescente, ou seja, uma **rampa** (como na figura).

Necessita-se portanto de um oscilador com saída de rampa, regulável numa extensa gama de frequência, e que depois de cada período possa **ser parada** e começar de novo, esperando o sinal de sincronismo.



Circuitos de controle de desvio horizontal: oscilador da base de tempos e amplificador associado.

## O SINCRONISMO (TRIGGER)

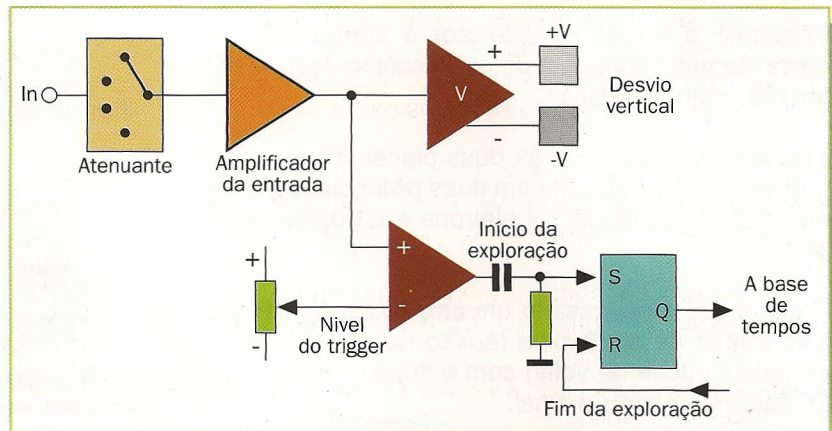
Para se conseguir que a exploração horizontal comece quando o sinal da entrada atinja um determinado **nível**, é necessário pelo menos um comparador.

Este comparador **compara** a tensão do sinal com a configurada: assim que é atingido, a sua saída muda de estado e produz-se um sinal, que coloca em funcionamento o oscilador da base de tempos.

Uma série de **filtros**, e outros truques

*Exemplo de sincronismo: a partir do nível configurado, o flip-flop coloca em funcionamento a base de tempos; será novamente iniciado no final da exploração.*

do circuito, permitem seleccionar os distintos modos de sincronismo ilustrados na lição 18.



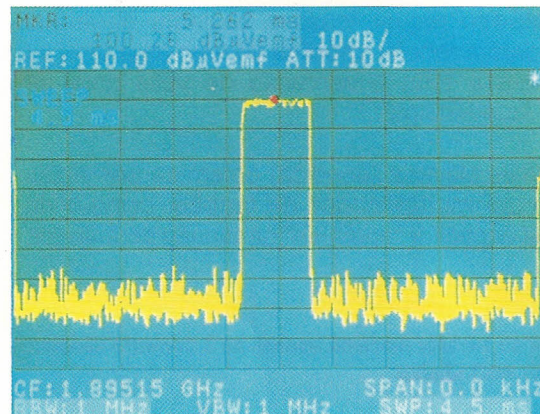
## AMPLIFICADORES DA ENTRADA

Às **placas verticais** podemos aplicar simplesmente o sinal da entrada, amplificado pelo valor configurado no comando da sensibilidade.

A **qualidade** dos circuitos da entrada é muito importante: estes devem ser perfeitamente lineares, estáveis e razoavelmente resistentes para as sobrecargas de tensão.

Devem ter também um baixo **ruído elétrico**: vê-se como "relva" na tela e pode interferir na leitura dos sinais fracos.

*Com a máxima amplificação, o ruído produzido pelo amplificador da entrada é visto como uma banda irregular.*





# Amplificador de áudio de 20+20 W

É um amplificador muito prático que pode ser utilizado tanto em casa como no automóvel

Estamos tão acostumados ao que aconteceu em 1899 quando Thomas A. Edison experimentava com o antecessor do fonógrafo, que era apenas um tambor recoberto de cera, que nos parece natural o que, de fato, foi um verdadeiro milagre: descobrir como reproduzir os sons.

Atualmente com duas simples caixas de madeira **transforma-se** um cenário com um quarteto de cordas, um conjunto de rock, um coro de vozes, um grupo folk irlandês ou uma orquestra completa.

Todas estas consecuições não são obras de um único invento, mas sim da contribuição de muitos **componentes**, cada um deles com uma história própria e com uma evolução tecnológica impressionante.



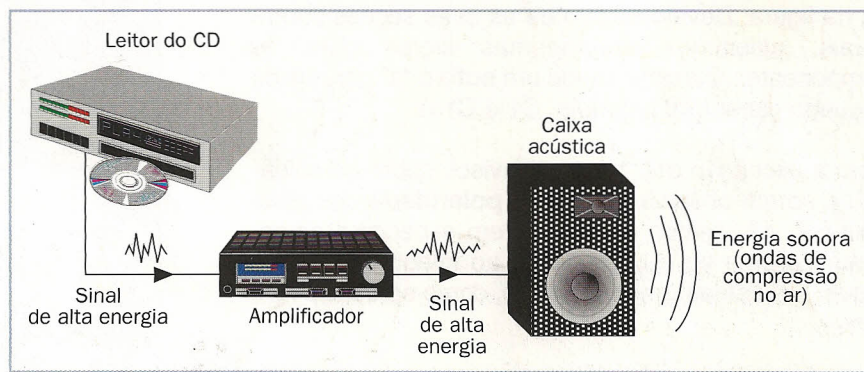
## DO PALCO AO SALÃO

O **som** original está formado por uma série de ondas de pressão no ar, que o microfone transforma em sinais elétricos que são utilizados para escrever fisicamente, por exemplo, as microscópicas depressões de um CD.

Num leitor é reconstruído depois o sinal elétrico original, mas não tem bastante **energia** para mover uma quantidade de ar suficiente para produzir um som audível.

É necessário, portanto, **amplificá-lo**, ou seja, aumentar a sua energia (recorrendo a uma

fonte externa), até conseguir mover com a amplitude adequada o cone do altofalante, que por sua vez move o ar.



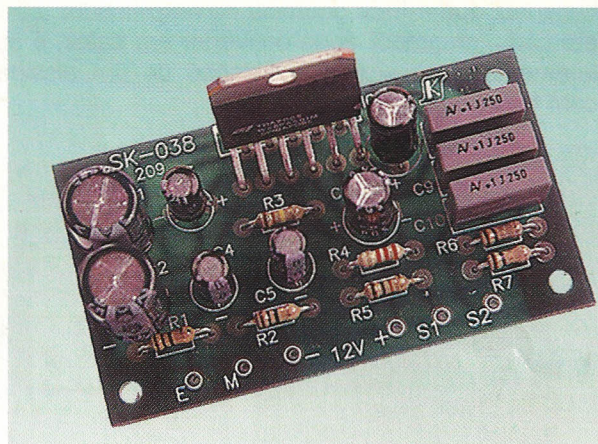
## UM AMPLIFICADOR MULTIUSO

O nosso amplificador é capaz de enviar para as caixas acústicas até **20 W por canal** (os canais são habitualmente dois numa instalação habitual de som estéreo).

Embora esta potência não seja suficiente para um concerto ao ar livre, é no entanto mais do que suficiente para uma instalação doméstica, especialmente com as modernas **caixas acústicas**, de pequenas dimensões e grande eficácia.

Além disso, e devido à alimentação de 12 V, o circuito pode ser utilizado também em um **automóvel**, mesmo sendo alimentado por uma bateria normal do tipo automotilístico.

**O amplificador estéreo de 20+20 W já terminado.**





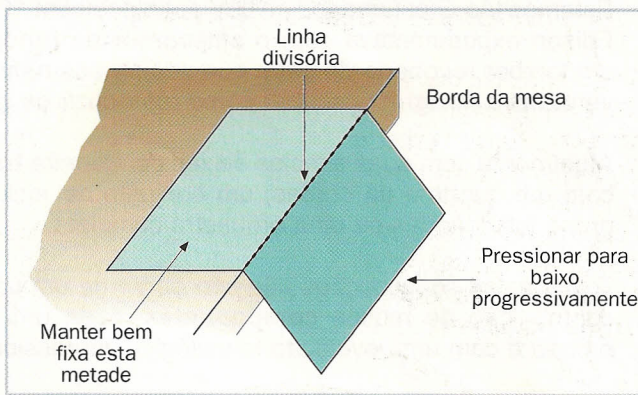
# Montagem do circuito

A placa é um pouco diferente do normal, já que está formada por **duas partes idênticas** (os dois canais), também dispostos com uma cômoda separação antes da montagem.

Para que se possam **dividir**, é necessário que se faça coincidir a linha divisória com a aresta de uma mesa e, mantendo pressionada uma das partes com a mão, exerce-se uma ligeira pressão com a outra mão na parte que sobressai da borda. Como os dois amplificadores são totalmente **independentes**, no caso de

**Como dividir o circuito impresso: a pressão deve ser progressiva e sem sacudidas.**

um amplificador monoaural poderá utilizar-se apenas um dos dois circuitos impressos obtidos.

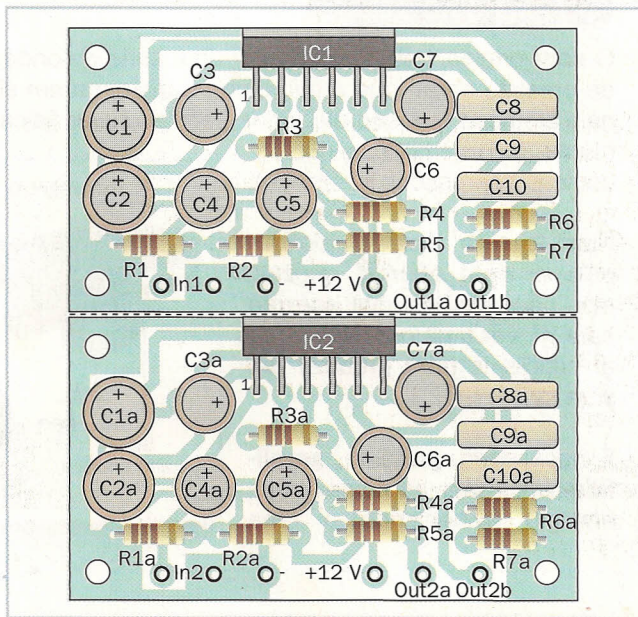


## DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES

Como já é habitual, os componentes são montados começando pelos verticalmente menos incômodos, fazendo referência ao **plano de montagem** que se mostra na figura. Devido ao fato de as duas seções serem iguais, utilizamos as mesmas siglas para os componentes, acrescentando um **sufixo "a"** para os do segundo canal (por exemplo, C1 e C1a).

Com a exceção dos habituais avisos sobre os cuidados a serem observados com a **polaridade** dos eletrolíticos, não temos mais nada em especial a acrescentar, exceto no que se refere ao integrado IC, que requer um esfriamento adequado, como se descreve a seguir.

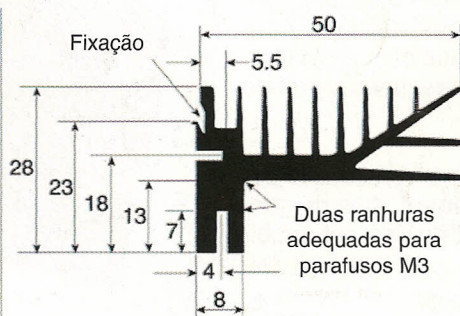
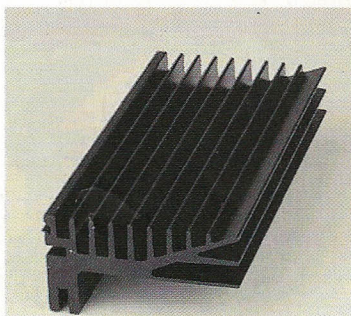
**Disposição dos componentes no circuito impresso do amplificador estéreo.**



## DISSIPADOR

Uma vez que a forte potência do amplificador (contido em cada integrado) pode converter em **calor**, é absolutamente necessária a utilização de um dissipador com baixa resistência térmica.

Também a condução do calor entre o integrado e o dissipador é muito importante (ver lição 15 de Analógica), assim que é conveniente empregar uma **massa termocondutora** para melhorar o contato.



Podem ser utilizados dois dissipadores diferentes, ou apenas um deles, mas para isso os dois integrados não devem ser montados muito **perto** um do outro; o encapsulamento do chip está ligado à massa, de maneira que não é preciso isolá-lo.

**Exemplo de um dissipador adequado para os circuitos integrados de potência do amplificador.**

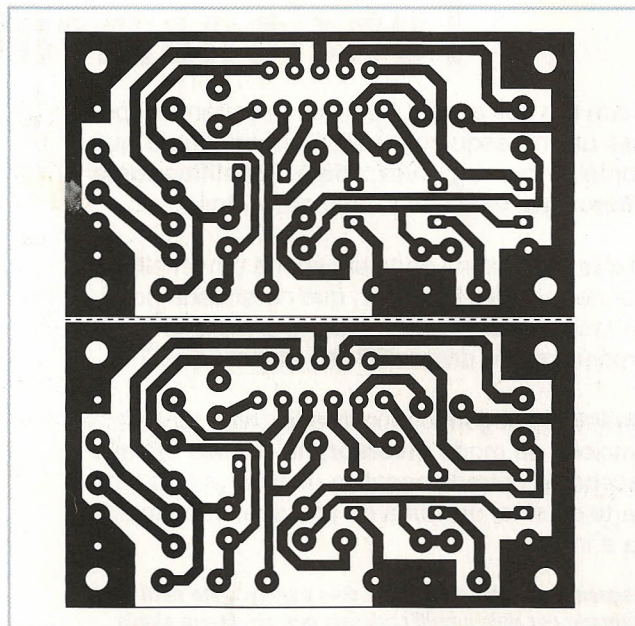
## LIGAÇÕES EXTERNAS

A alimentação de 12 V deve poder proporcionar uma **corrente** pelo menos de 2 A para cada canal, portanto 4 A no caso de utilização em estéreo: os fios devem ter uma seção adequada, digamos de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Ambas as ligações de cada **altofalante** estão separadas pela massa, e também levam uma determinada corrente, sendo melhor utilizar fio paralelo pelo menos de 0,75 mm<sup>2</sup>.

Para as entradas deve-se utilizar um **fio blindado**, que deverá passar longe dos fios de saída, para evitar o risco de oscilações automáticas causadas por junções externas.

*Circuito impresso do amplificador, visto pelo lado das soldas.*

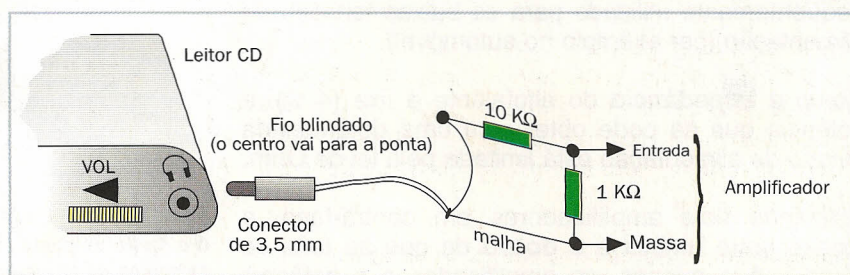


## TESTE E UTILIZAÇÃO PRÁTICA

Depois de ter sido aplicada a alimentação e ligados os altofalantes (de 4 Ω), não deve haver **zumbidos**, sintoma de problemas de alimentação (por exemplo, filtragem escassa), nem ruídos, indicação de possíveis oscilações automáticas. Se enviarmos um **signal** para a entrada (menos de 50 mV) procedente de um amplificador prévio, como o microfone do projeto 13 ou o de alta fidelidade que iremos propor mais adiante, deverá poder-se escutar através do altofalante.

**Como extrair um sinal da saída de um leitor de CD: será melhor começar com o volume a zero e depois subi-lo progressivamente.**

Durante a sua utilização é normal observar-se um crescente aquecimento do dissipador, mas não é preocupante, porque os chips têm uma **proteção automática** para o caso de surgir aquecimento.



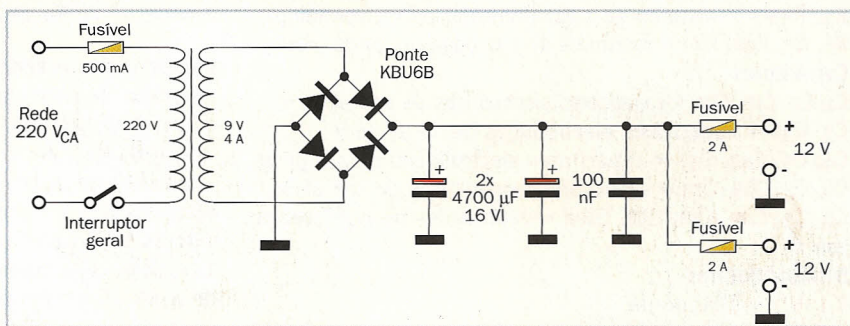
## ALIMENTADOR

Se quisermos realizar um **alimentador à medida**, podemos utilizar o esquema mostrado na figura que está ao lado; a potência será ligeiramente mais baixa, mas é necessário para se ter uma margem de segurança.

A potência à saída depende da **tensão** da alimentação, mas os integrados não suportam mais de 18 V, e é preciso contar com as tolerâncias do transformador e das variações da rede.

**Alimentador adequado para o amplificador estéreo; cada canal dispõe de um fusível próprio de proteção.**

Deste modo, é melhor que o transformador tenha um núcleo **toroidal**, para minimizar o fluxo magnético disperso, que pode ser a causa de zumbidos de difícil eliminação.





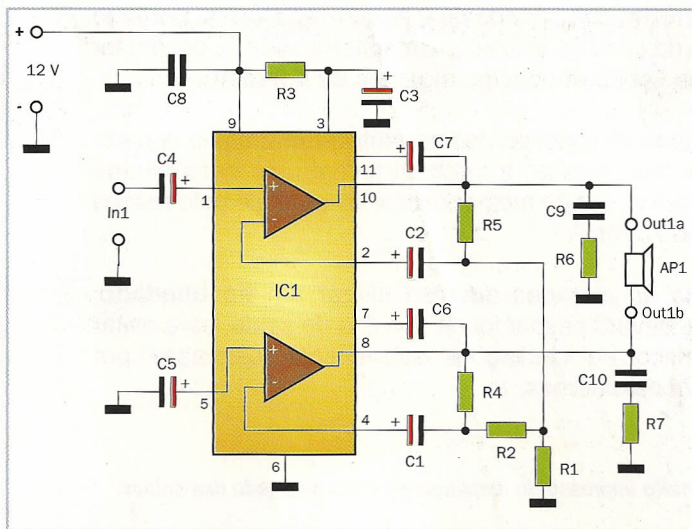
# Funcionamento do circuito

Cada um dos canais idênticos (mostramos apenas um no esquema) utiliza um integrado que contém, por sua vez, **dois amplificadores diferentes**, mas que funcionam juntos.

O que aparece na parte superior é um amplificador normal **não inversor**, que na entrada positiva recebe o sinal e na negativa a realimentação procedente do divisor R5-R1, através do C1.

Quanto ao segundo amplificador, realmente que funciona de modo **inversor**, na medida em que recebe na entrada negativa (massa virtual) uma parte do sinal de saída do primeiro, que amplifica e inverte.

*Esquema elétrico de um dos dois canais: este está formado por dois amplificadores, que produzem sinais em contra-fase.*

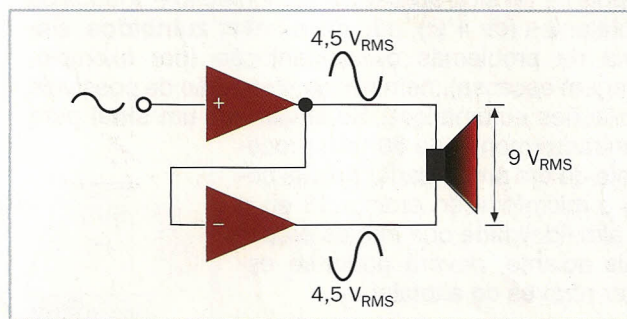


## CIRCUITO DE PONTE

À primeira vista e de um modo um pouco estranho, o altofalante está ligado **entre as saídas** dos dois amplificadores: é um circuito denominado de "ponte", e freqüentemente utilizado para as baixas tensões de alimentação (por exemplo no automóvel).

Como a **impedância** do altofalante é fixa (4 Ω), a potência que se pode obter com uma determinada tensão de alimentação está limitada pela lei de Ohm.

Utilizando dois amplificadores em contra-fase, a tensão entre ambos é o **dobro** da que se teria se fosse usado apenas um amplificador, e a potência existente à saída é portanto mais elevada.



*O circuito de ponte duplica a tensão alternada disponível nos extremos do altofalante, quadruplicando a potência (com paridade da impedância).*

## LISTA DOS COMPONENTES

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

- R1, R2, R1a, R2a = resistores de 10 Ω (marrom, preto, preto)
- R3, R3a = resistores de 120 KΩ (marrom, vermelho, amarelo)
- R4, R4a = resistores de 2,2 KΩ (vermelho, vermelho, vermelho)
- R5, R5a = resistores de 1 KΩ (marrom, preto, vermelho)
- R6, R7, R6a, R7a = resistores de 1 Ω (marrom, preto, ouro)

### Capacitores

- C1, C2, C1a, C2a = capacitores electrolíticos de 220 µF 16 V
- C3, C3a = capacitores electrolíticos de 10 µF 16 V
- C4, C5, C4a, C5a = capacitores electrolíticos de 4,7 µF 16 V
- C6, C7, C6a, C7a = capacitores electrolíticos de 100 µF 16 V
- C8, C9, C10, C8a, C9a, C10a = capacitores de poliéster de 100 nF

### Semicondutores

- IC1, IC2 = TDA2005M

### Vários

- 1 circuito impresso
- 12 fixações para circuito impresso
- 2 asas de alumínio para os TDA2005M
- 2 pedaços de fio paralelo vermelho/preto de 0,75 mm<sup>2</sup>

### Componentes essenciais para o possível alimentador

- 1 tomada de rede completa do interruptor e do fusível
- 1 fusível de 500 mA
- 2 fusíveis de 2 A
- 1 transformador de 50 VA, primário: 220 V, secundário: 9 V - 5 A
- 1 ponte retificadora 200 V - 15 A
- 1 capacitor electrolítico de 10000 µF 25 V (ou dois de 4700 µF em paralelo)