

ELETRÔNICA

16

para todos



**ONDAS
QUE SE REPETEM**



**CIRCUITOS
SIMULTÂNEOS**



**FORMAS
DOS TRANSISTORES**



**MÚSICA
ELETRÔNICA**



**CONTROLES
DO OSCILOSCÓPIO**



**Projeto nº 16:
INDICADOR DE NÍVEL
COM MEDIDOR
DO NÍVEL DE PICO**

SALVAT



JACKSON
LIBRI



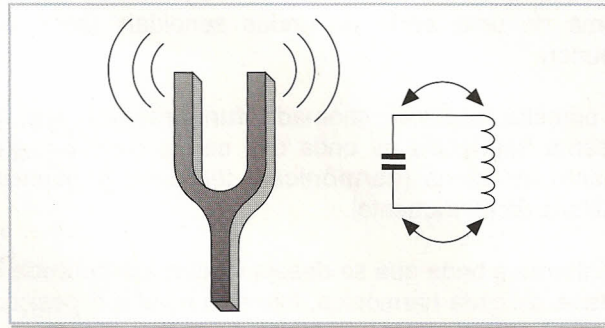
Ondas que se repetem

Alguns tipos de sinais cíclicos são comuns nos circuitos eletrônicos; aprofundaremos este tema já introduzido na lição 4

A senóide pode ser encontrada em muitos fenômenos naturais pois representa o tipo mais simples de **oscilação**. Por exemplo, é senoidal o som produzido para fazer vibrar um **diapasão** que serve para afinar os instrumentos musicais.

O seu equivalente eletrônico é um **circuito ressonante**, no qual um capacitor e uma bobina trocam continuamente energia, gerando uma senóide.

Recordemos que a forma e a frequência dos sinais sinusoidais não muda em circuitos compostos só por componentes **lineares** (resistores, bobinas, capacitores...): muda só a amplitude.



O diapasão e o circuito LC ressoam produzindo uma senóide.

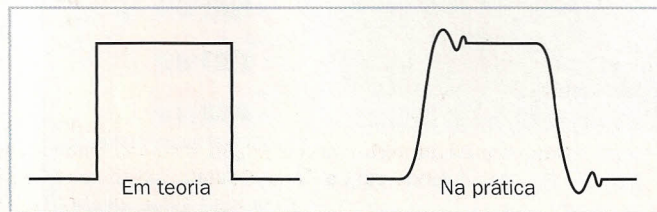
A ONDA QUADRADA NÃO EXISTE

Também são bastante comuns as ondas quadradas nas quais a tensão **se alterna** periodicamente entre dois valores que estão bem definidos (por exemplo o L e o H nos circuitos digitais).

Ao contrário da senóide, que existe realmente, uma onda quadrada é um **ideal**: a tensão não pode mudar instantaneamente entre os dois valores, porque necessita de utilizar um certo tempo.

Como acontece também com um simples fio que tem uma indutância mínima e uma capacitância baixa para a terra, as **bordas** de subida e descida vão se atrasando.

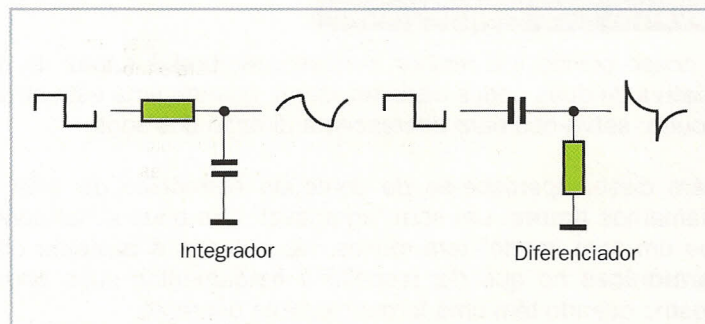
A figura mostra a diferença entre uma onda quadrada teórica e um exemplo **prático** típico, onde também estão incluídos os fenômenos que se podem verificar entre o vídeo da subida (ou descida) e a zona constante.



As ondas "quadradas" são apenas uma simplificação teórica pois a realidade é bastante diferente, especialmente quando aumenta a frequência.

ONDAS QUADRADAS E CIRCUITOS LINEARES

Se ultrapassarmos os limites anteriormente descritos, as ondas quadradas podem ser **alteradas** de forma notória, mesmo nos circuitos apenas lineares. A figura mostra um integrador primitivo (RC) e um **diferenciador** (CR): nos dois casos, a carga lenta do capacitor produz uma forma de onda diferente.



Um integrador diminui as variações bruscas, ao passo que um diferenciador as põe em evidência.



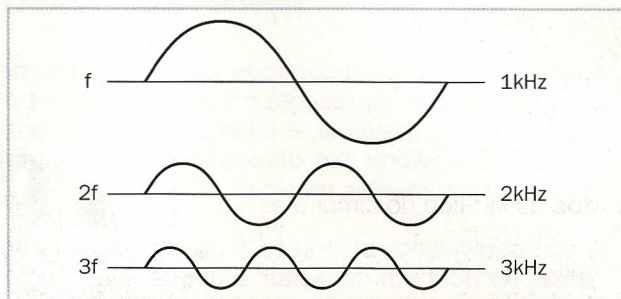
Série de Fourier

Quando somamos senóides de frequência múltipla uma da outra, podemos construir qualquer forma de onda

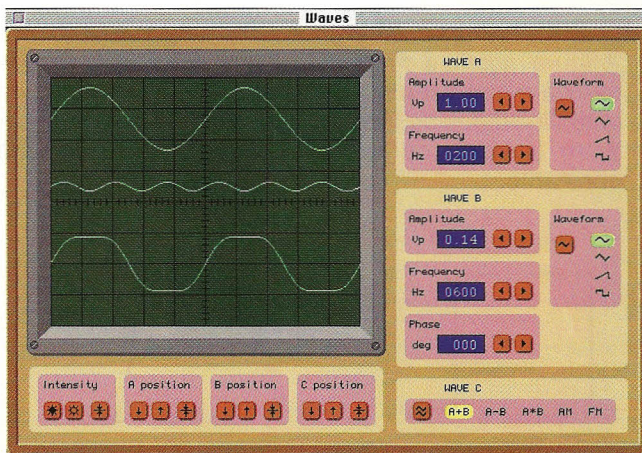
O matemático francês Joseph Fourier demonstrou que qualquer onda periódica pode ser considerada como a soma de uma **série** de ondas senoidais (série de Fourier).

A primeira senóide, chamada **fundamental**, tem a mesma frequência da onda que se vai construir, enquanto as outras (**harmônicas**) têm uma frequência múltipla da fundamental.

Conforme a onda que se deseja variam a **amplitude** e a **fase** de cada harmônica, isto é, o nível e a posição para a frente ou para trás (atrasada ou antecipada).



Exemplo de frequência fundamental (f), segunda harmônica (2f) e terceira harmônica (3f).



Com a fundamental e a terceira harmônica (que tenha a amplitude adequada), tem-se uma primeira aproximação de uma onda quadrada.

CONSTRUIR UMA ONDA QUADRADA

Por exemplo, pode-se obter uma onda quadrada somando a fundamental com as suas **harmônicas desiguais**: se a primeira é de 100 Hz, são necessárias senóides de 300 Hz, 500 Hz, 700 Hz, etc.

A amplitude das diferentes harmônicas é **decrecente**: à medida que sobe a frequência, as harmônicas vão-se tornando mais fracas.

Critério empírico: quanto mais **angulosa** é a onda, mais harmônicas senoidais são necessárias para a definir completamente.

Para que se possam construir ângulos limpos e precisos como os de uma onda quadrada ideal, seria necessário um número **infinito** de harmônicas.

OUVIDO, FASE E HARMÔNICAS

O nosso ouvido (ou melhor, o nosso cérebro) é capaz de distinguir a **fase relativa** de duas ondas distintas, isto é, quando uma está atrasada em relação à outra: serve-nos para diferenciar a direção dos sons.

Além disso, apercebe-se do conteúdo harmônico de uma onda, à qual chamamos **timbre**: um som "agradável" tem poucos harmônicos ao passo que um som "surdo" tem muitos. No entanto, é bastante difícil distinguir a fase das **harmônicas** no que diz respeito à fundamental: duas ondas podem parecer iguais mesmo quando têm uma forma bastante diferente.



Decibéis

Para medir os sons e os sinais que os representam, é mais cômodo usar uma escala logarítmica

O ouvido humano pode escutar muitos ruídos, alguns deles bastante fracos como, por exemplo, o murmúrio do vento entre as folhas, ou muito fortes, como a aterrissagem de um avião: é freqüente dizer-se que o ouvido tem uma ampla **dinâmica**.

No entanto, utiliza uma **escala logarítmica**: isto é, aprecia as variações percentuais do som em lugar das variações absolutas. Por exemplo, uma passagem de 2 W para 3 W de áudio, ou de 200 para 300W, é entendida como **incrementos** do mesmo nível, embora a variação seja de 1 W no primeiro caso e de 100 W no segundo.

Intensidades sonoras indicativas em decibéis:

30 dB	susurro
40 dB	sala silenciosa
50 dB	chuva de intensidade média
60 dB	conversa, máquina de lavar pratos
70 dB	aspirador, trânsito
80 dB	despertador
—	limiar de um possível dano auditivo —
90 dB	máquina de cortar grama
100 dB	serra elétrica
110 dB	concerto de rock, discoteca
120 dB	aterrissagem de um avião
130 dB	martelo pneumático
140 dB	arma de fogo

A sensibilidade do ouvido é proporcional ao nível sonoro expresso em decibéis, isto é, ao logaritmo do nível ideal.

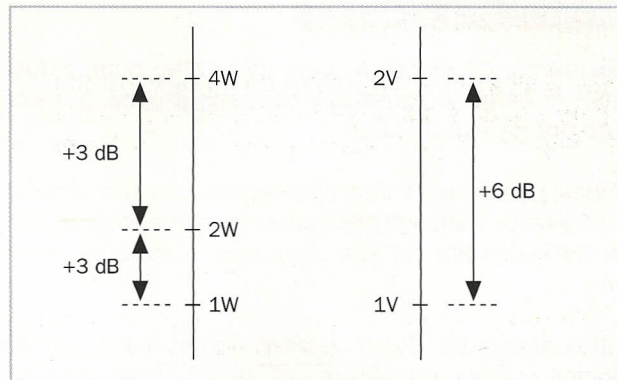
MEDIDAS EM DECIBÉIS

Também neste caso a relação entre dois sinais (por exemplo, o ganho de um amplificador) é expressa numa medida logarítmica: o **decibel**, de símbolo dB.

Embora formalmente seja o submúltiplo de “bel” (que usa o nome de A. G. Bell), o decibel é a unidade da medida **padrão**.

Como se pode ver na figura, a potência do sinal duplica-se de 3 em 3 dB (e multiplica-se por dez de 10 em 10 dB): por exemplo, “aumentar 20 dB” significa multiplicar a **potência** por 100.

No entanto, a **tensão** duplica-se de 6 em 6 dB, e multiplica-se por dez de 20 em 20 dB: realmente, se duplicarmos a tensão quadruplica a potência, que varia com o quadrado da tensão ($W = V^2R$).



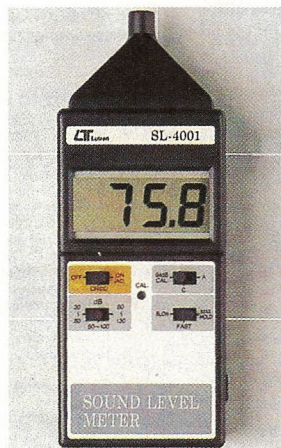
Somar um valor em dB equivale a multiplicar a tensão (ou a potência).

VALORES EM dB ABSOLUTOS

O decibel (dB) é uma medida relativa entre dois sinais. Há também unidades de medida absolutas em decibéis, que possuem simplesmente um **ponto de referência**.

Por exemplo, os **dBV** referem-se a 1 V rms: um sinal de 1 V corresponde por definição a 0 dB, ao passo que 2 V são +6 dB, 4 V são +12 dB, etc.

Também se utiliza a medida da potência **dBm**, que se refere a 1 mW com



uma certa carga resistiva: normalmente 600 Ω para os circuitos de áudio (aproximadamente 0,78 Vrms) e 50 Ω para os de rádio (também aproximadamente 0,22 Vrms).

As ferramentas de áudio e para medições acústicas indicam freqüentemente o nível do sinal em dBm, ou em dB com respeito a um ponto de referência.



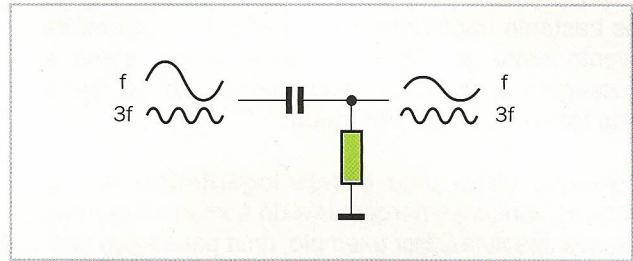
Análise com senóides

A série de Fourier sugere uma determinada técnica para calcular o comportamento de um circuito com qualquer onda periódica

Quando se conhece o comportamento de um circuito (linear) com ondas senoidais nas distintas freqüências, pode-se prever o seu efeito sobre **qualquer** forma de onda.

É suficiente **decompor** a onda nos seus componentes senoidais, considerar o efeito (na sua amplitude e fase) sobre cada uma delas e, finalmente, "montá-las de novo" para obter a saída.

Esta técnica de análise, denominada no **domínio da freqüência**, simplifica muito o trabalho e também é muito utilizada nos projetos do circuito.



Para calcular o comportamento de um circuito é bastante cômodo considerar as diferentes componentes, uma de cada vez.

CIRCUITOS NÃO LINEARES

Infelizmente, os circuitos reais não estão compostos apenas por elementos lineares: os **diodos e os transistores**, por exemplo, não têm um comportamento linear.

Nalguns casos, este fato não representa um problema: por exemplo, num **amplificador** os transistores funcionam normalmente na sua zona que é mais ou menos linear.

Noutras situações, como no caso de um diodo corretor, as senóides individuais podem ser **modificadas** na sua forma: a técnica da decomposição já não é suficiente.



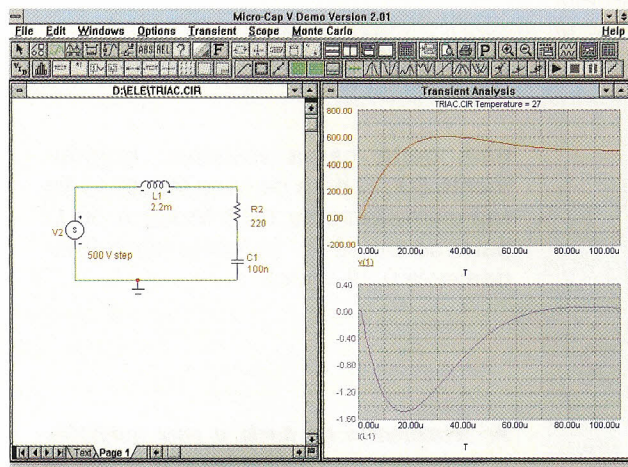
SINAIS NÃO REPETITIVOS

Também nos circuitos lineares, o método da decomposição funciona somente se a onda é **periódica**, isto é, se sempre se repete.

Alguns impulsos simples, ou, de todos os modos, variações que não são periódicas, implicam cálculos mais complicados: passa-se para a análise no **domínio do tempo**.

Na prática, o comportamento do circuito é analisado **instante a instante**, utilizando intervalos de tempo suficientemente breves.

Atualmente, a análise dos circuitos já está **automatizada** e, como veremos mais adiante, ao alcance de qualquer adepto (embora os conhecimentos técnicos não sejam demais).



Análise no domínio do tempo com um dos diferentes programas derivados do conhecido SPICE da Universidade de Berkeley.



Circuitos simultâneos

Uma referência central resolve muitos problemas causados pelos atrasos dos circuitos

Uma solução prática para os problemas das temporizações e atrasos reside na utilização de um **relógio central** de referência, o "master clock".

Todos os flip-flop do circuito estão controlados por este único relógio e, portanto, comutam ao mesmo tempo.

Entre cada comutação e a seguinte, os sinais podem mudar **livremente**: o glitch e as transições que não são desejadas não



incomodam, porque o circuito é simplesmente combinatório.

Depois de ter decorrido o tempo suficiente para que todos os sinais sejam **estáveis**, chega a posterior transição do relógio central e o circuito pode passar para outro estado.

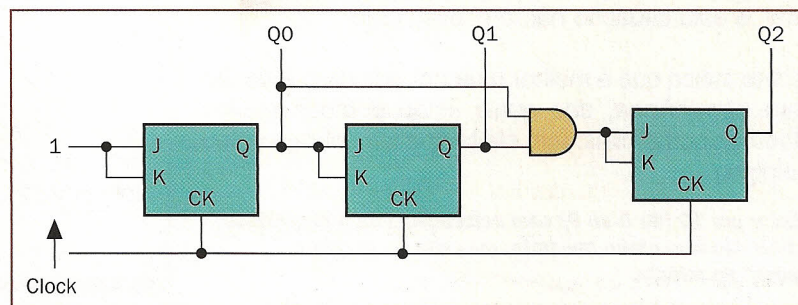
O relógio central indica o tempo para todo o circuito: é como o diretor de uma orquestra.

CONTADORES SIMULTÂNEOS

Enquanto nos contadores assíncronos os distintos flip-flop saltam um a seguir ao outro e cada um deles com o transporte do anterior, nos contadores simultâneos devem comutar **todos juntos**.

Deste modo, não é possível esperar o transporte do anterior. É necessário **prevê-lo** e enviar o sinal para a entrada do flip-flop seguinte.

Contador simultâneo de três bits: cada flip-flop prepara-se para mudar de estado quando todos os flip-flop anteriores estão em 1.



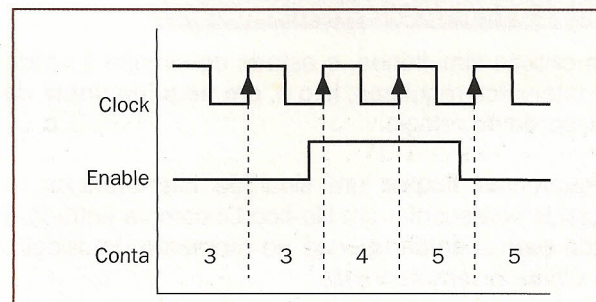
Esta previsão não tem nada de especial: é um circuito **combinatório**, cuja saída é 1 se as saídas do contador representam um número que dará o transporte ao próximo contador.

HABILITAÇÃO

Se o relógio é único para todo o circuito, não pode ser utilizado como **entrada** de contagem: o contador avançaria sempre, em lugar de contar os acontecimentos que interessam.

Utiliza-se, no entanto, uma entrada de habilitação (**enable**), que indica se deve-se avançar ou ficar na mesma conta: se o enable falta, o contador fica parado.

Esta entrada também deverá ser **simultânea**, isto é, deve mudar somente entre uma transição ativa do relógio e a seguinte.



O relógio chega sempre, o enable decide se o contador avança ou não.



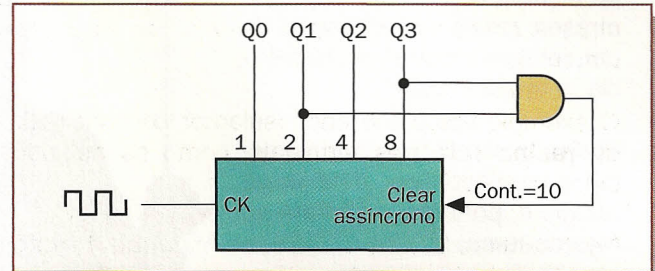
Contadores não binários

Com um pouco de lógica combinatória, os contadores podem ser divididos pelo número desejado

Os circuitos que já foram vistos até agora são contados (ou divididos, pois é o mesmo) somente por potências de dois: 2, 4, 6, 8, 16, etc.

Para contar um número diferente de impulsos, por exemplo 10, poder-se-ia **colocar a zero** o contador quando chegar a este valor.

É possível realizá-lo com um circuito **combinatório** que possa ler as saídas e os comandos da entrada colocação a zero (clear), como indica na figura.



Contador por 10 (de 0 a 9) com colocação a zero assíncrona.

COLOCAÇÃO A ZERO SIMULTÂNEA

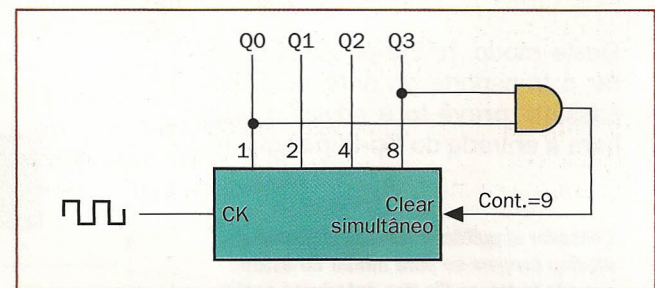
O circuito anterior tem um problema: quando é colocado a zero torna-se assíncrono, isto é, produz-se **depois** de o contador ter superado a conta máxima de 9.

Deste modo, os flip-flop podem ser colocados a zero num momento diferente do da transição do **relógio** central, e esta situação não é conveniente.

Este fato indica que é melhor uma entrada de colocação a zero **simultânea**, das quais estão dotados muitos contadores comerciais: tem efeito apenas sobre o vídeo do relógio.

Contador por 10 (do 0 ao 9) com colocação a zero simultânea: o CLEAR não tem efeito imediato, mas sim no seguinte "impulso" do relógio.

No entanto, pode-se controlar com **prioridade de um ciclo**: isto é, pô-lo ativo (por exemplo, 1) quando o contador alcança a conta máxima (9): esta terá efeito na transição seguinte.

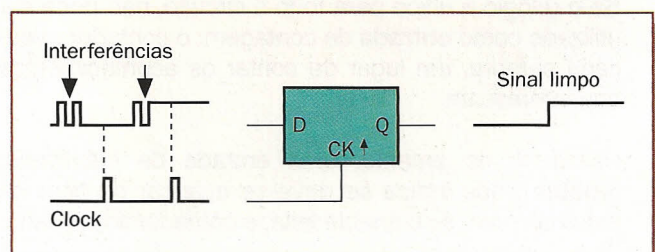


FLIP-FLOP PARA LIMPAR E ATRASAR

Num circuito simultâneo, o estado do circuito é válido com intervalos regulares, isto é, **em seguida antes** de cada borda do relógio.

Se queremos **limpar** um sinal de interferências, é suficiente acrescentar um flip-flop D: como a entrada é levada para a saída apenas no momento do relógio, esta última é sempre válida.

O sistema introduz um **atraso** no sinal, igual ao ciclo do relógio; é utilizado unicamente para obter este efeito.



Um flip-flop do tipo D limpa um sinal, escondendo o que acontece entre uma transição do relógio e a seguinte.

Funções dos contadores

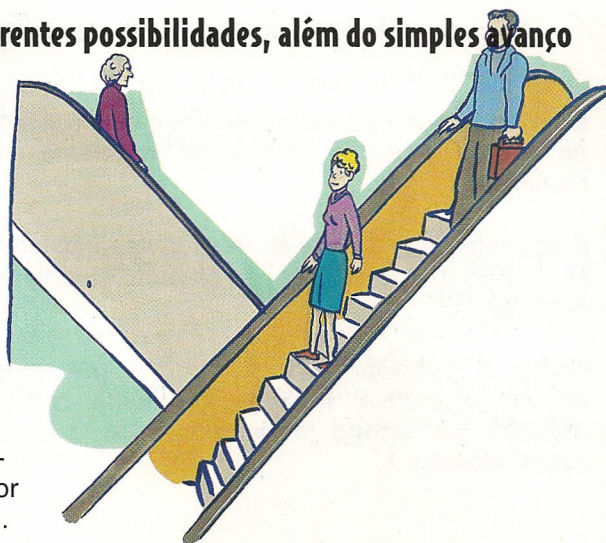
Os contadores simultâneos oferecem normalmente diferentes possibilidades, além do simples avanço

Não é necessário que os contadores devam contar para poderem aumentar. Também podem ser concebidos para **contarem ao contrário**.

Um tipo bastante comum é o **up/down**, que tanto pode contar para aumentar como para diminuir, conforme o estado da entrada correspondente.

Naturalmente, esta entrada também é **simultânea**, e pode ser mudada entre um "impulso" do relógio e o seguinte, invertendo o sentido da conta.

Por exemplo, é possível **contar** as pessoas que estão presentes numa sala, aumentando (fazendo avançar) o contador quando uma delas entra e diminuindo quando uma outra sai.

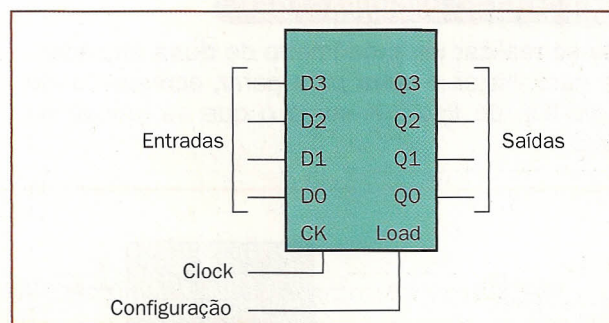


CONFIGURAÇÃO DE UM NÚMERO

Para além da colocação a zero, e como alternativa para este fato, muitos contadores têm entradas de **carga** (load) no número correspondente ao das saídas.

Servem para **configurar**, ou recarregar, o número desejado no contador, de modo que apareça nas saídas; que normalmente, também são simultâneas.

Também se pode utilizar esta entrada para **recarregar** um contador ao contrário com o número desejado, cada vez que chega a zero, de forma análoga ao contador simultâneo por 10 visto anteriormente.

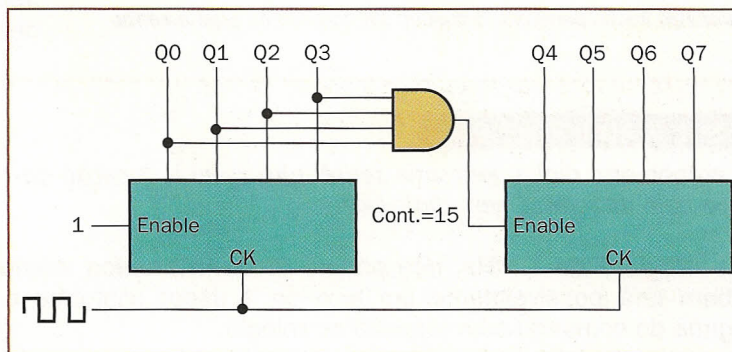


Se a entrada da carga está ativa, os valores nas entradas D substituem os que estão presentes nos flip-flop e visíveis nas saídas Q.

DESENVOLVER OS CONTADORES SIMULTÂNEOS

Dois contadores simultâneos não podem ser simplesmente ligados **em cascata**, como acontece com os contadores assíncronos.

O transporte do primeiro chega um instante **depois** da transição do relógio, o que significa que é muito tarde. Num circuito simultâneo, os sinais devem estar preparados antes do relógio. Por isso também é necessário **prever** que no próximo ciclo haja transporte, por exemplo, observando que o contador se encontre na sua conta máxima.



Contador simultâneo de 8 bits obtido com os dois contadores de 4 bits: o segundo avança um passo quando o primeiro volta para zero.



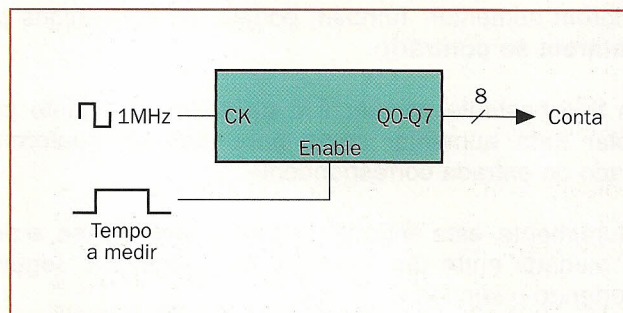
Temporizadores digitais

Os contadores podem ser utilizados para medir os intervalos do tempo

Com um relógio estável e **preciso**, e um oscilador de quartzo, pode ser construído facilmente um cronômetro.

É suficiente ligar a entrada procedente do exterior (1 = conta, 0 = não conta) ao sinal do **enable** do contador.

Como o contador avança sempre que esta entrada fica ativa, a conta alcançada corresponderá ao **tempo** durante o qual o sinal permanecerá a 1.

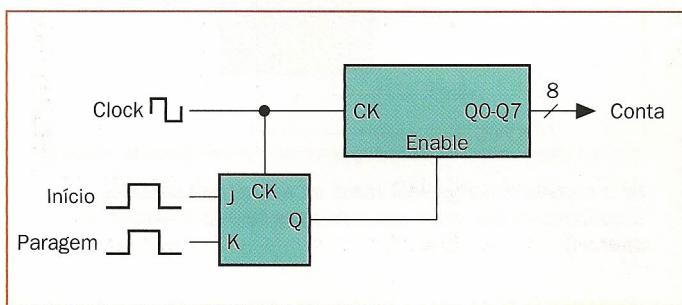


Cronômetro digital: se o relógio está a 1 MHz, o contador indica durante quantos micro-segundos a entrada ficou a 1.

CRONÔMETRO INÍCIO/PARAGEM

Pode-se realizar um cronômetro de **duas entradas**, uma para iniciar e outra para parar, acrescentando um flip-flop do tipo J-K como o que se mostra na figura.

Um impulso de **início** ativará a saída Q, ativando o contador, enquanto um impulso de **paragem** reterá a conta (por exemplo para medir a velocidade de um veículo com duas células fotoelétricas).



Cronômetro início/paragem: o flip-flop J-K começa ou pára a conta.

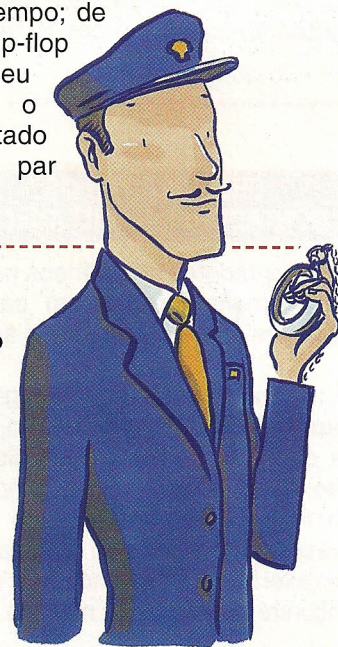
Observemos que os impulsos de início e paragem, quando estão ligados às entradas de um flip-flop simultâneo, devem permanecer pelo menos **durante** um ciclo do relógio para poderem ser detectados. Nem sequer devem estar **ativos** ao mesmo tempo; de outro modo, o flip-flop J-K inverteria o seu próprio estado, o que pode ser evitado apenas com um par de portas lógicas.

RESOLUÇÃO E PRECISÃO

Um cronômetro digital tem uma **resolução** igual à duração do relógio: mede o tempo com intervalos bem definidos.

Se o relógio é de 1 MHz, não poderá medir **intervalos** inferiores a 1 μ seg; também terá possivelmente um erro de 1 μ seg, conforme o momento da chegada do comando com respeito ao relógio.

A **precisão** depende do oscilador central e da sua estabilidade, tanto no tempo como na variação da temperatura, alimentação e outros fatores.





Formas dos transistores

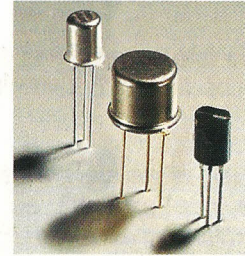
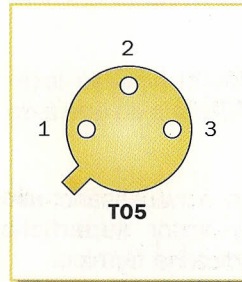
Os encapsulamentos podem ser muito diferentes, consoante a aplicação e a montagem previstas

Os transistores de **baixa potência**, isto é, de sinal, são fabricados normalmente de uma caixa de plástico, chamada encapsulamento, de pequenas dimensões.

O exemplo típico é o encapsulamento semicircular de **resina** com três terminais, como os definidos pelos padrão TO-92 ou TO-237.

No entanto, a resina tem uma **resistência térmica** relativamente elevada. Não é adequada se o componente tiver de dissipar o calor de uma certa potência.

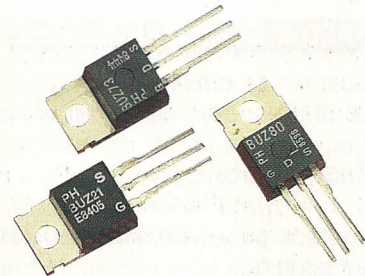
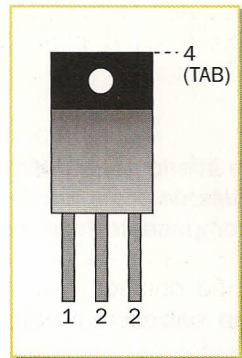
Os encapsulamentos **metálicos**, como os TO-5, TO-18 ou TO-39, permitem uma melhor eliminação do calor, por um preço de custo de produção mais elevado.



RESINA E METAL JUNTOS

Para potências médias, até dezenas de watts, utilizam-se muito os encapsulamentos **compostos**, formados por um corpo de resina e uma placa metálica com um orifício.

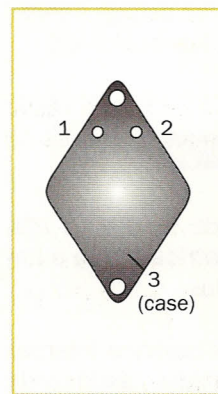
Este último permite a montagem do transistor sobre um **dissipador** de maiores dimensões, fixando-o com um parafuso ao orifício já criado: a superfície plana transmite bem o calor. Entre os numerosos **tipos** do encapsulamento composto, mencionaremos os já difundidos TO-220, TO-126 e TO-247, utilizados por exemplo em muitos amplificadores de áudio.



POTÊNCIAS ALTAS

Se a potência que se tem de dissipar for grande, será necessária uma resistência térmica **muito baixa** entre o componente e o dissipador.

Deste modo são utilizados grandes encapsulamentos **metálicos**, como o velho mas sempre atual TO-3, ou mesmo módulos compostos (resina/metal) com fixação do parafuso, e ainda encapsulamentos de grande parafuso. Os encapsulamentos que se mostram nas figuras não são utilizados apenas para os transistores de união e sem serem de união, mas também para outros semicondutores, como alguns **circuitos integrados lineares** (não digitais).





Dissipadores

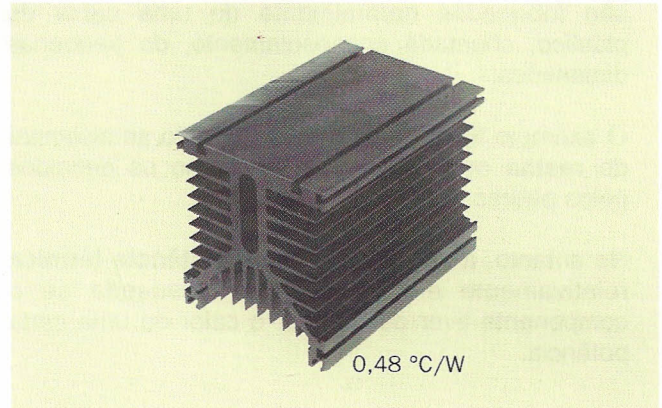
Com frequência, a resistência térmica do encapsulamento não é suficiente para manter a temperatura dentro dos limites admissíveis

A resistência térmica entre a união e o encapsulamento do 2N3055, no encapsulamento TO-3, é apenas de 1,5 °C/W, mas a existente entre o **encapsulamento e o ar** é alta (mais de 40 °C/W).

Significaria isto que apenas 5 W de dissipação levariam a temperatura a $5 \times 40 = 200$ °C mais do que a do ambiente.

Para reduzir a resistência térmica é necessário um dissipador que exponha ao ar a maior **superfície** possível, melhorando assim o intercâmbio térmico.

Os dissipadores são feitos, normalmente, de alumínio anodizado, como os que se mostram na figura. Uma **massa termo-condutora**, a silicone, melhora a condução entre o componente e o dissipador.



Dissipador para potências altas, com a resistência térmica muito baixa, isto é, com elevada condução do calor.

PEQUENOS DISSIPADORES

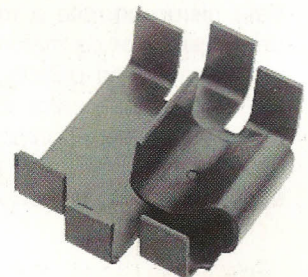
Quando as potências em jogo são inferiores, bastam os dissipadores de dimensões bastante mais limitadas, que evitam ter de montar o componente **fora** da placa do circuito impresso.

Existem pequenos dissipadores **de estrela** que são enfiados nos transistores de baixa potência, e versões planas para os de média potência (por exemplo TO-220).

Os dissipadores, que são similares aos de altas potências mas com dimensões mais reduzidas, podem ser montados no circuito impresso com o fim de que a **temperatura** se mantenha dentro dos limites aceitáveis.



24 °C/W



29 °C/W

Dissipadores de pequenas dimensões que se enfiam nos transistores de potência média-baixa.

ISOLAMENTO E CONDUÇÃO TÉRMICA

A parte metálica de um transistor de média ou alta potência está muitas vezes **ligada eletricamente** a um terminal que é, normalmente, o coletor.

Se o dissipador está acessível, é necessário interpor isoladores **termo-condutores** especiais, disponíveis em formas adequadas para as diferentes caixas, mas que aumentam no entanto a resistência térmica.



Massa termo-condutora para reduzir a resistência térmica entre o componente e o dissipador.

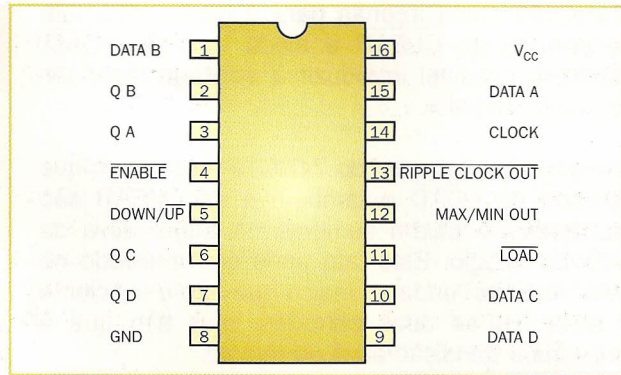
Dados dos contadores simultâneos

A diferença entre contadores assíncronos e simultâneos reside sobretudo nas temporizações

A figura mostra a **disposição dos terminais** do 74HC191, um contador lógico de 4 bits, que pode contar de 0 a 15.

Observa-se a presença da entrada do $\overline{\text{ENABLE}}$ que, quando se põe para o nível ativo (L, dado que está negado), **ativa** a contagem. Normalmente o relógio está sempre presente.

O 74HC191 é **bidirecional, ou seja**, a entrada DOWN-UP permite escolher a direção da contagem (1 = down: abaixo 0 = up: acima). A entrada do $\overline{\text{LOAD}}$ **introduz** no contador os dados presentes nas entradas DATA A, B, C, D, substituindo-as na contagem atual.



Disposição dos terminais do contador simultâneo 74HC191.

TABELA VERDADE: LOAD ASSÍNCRONO

Na tabela verdade vê-se que conta o **signal de subida** do relógio: faz avançar ou recuar a contagem conforme o estado da entrada da direção (DOWN-UP).

Se o sinal do $\overline{\text{ENABLE}}$ estiver ao nível H, tudo pára: as saídas não mudam (penúltima fila) e a descida do relógio nunca tem efeito (última fila).

A primeira fila indica que é suficiente pôr a L à entrada do $\overline{\text{LOAD}}$ para configurar os dados nas saídas, **independentemente** do relógio (há um X que quer dizer que não importa).

O $\overline{\text{LOAD}}$ é, portanto, **assíncrono**: não é uma situação muito boa e é preciso ter cuidado com possíveis problemas de sincronização.

Entradas				Função
$\overline{\text{LOAD}}$	$\overline{\text{ENABLE}}$	D/U	CLOCK	
L	X	X	X	DADOS DE INICIAÇÃO
H	L	L		CONTAGEM PARA CIMA
H	L	H		CONTAGEM PARA BAIXO
H	H	X		SEM CONTAGEM
H	X	X		SEM CONTAGEM

Tabela verdade do 74HC191; observemos com atenção que **CLOCK** não tem efeito sobre o início e que está controlada diretamente pelo $\overline{\text{LOAD}}$.

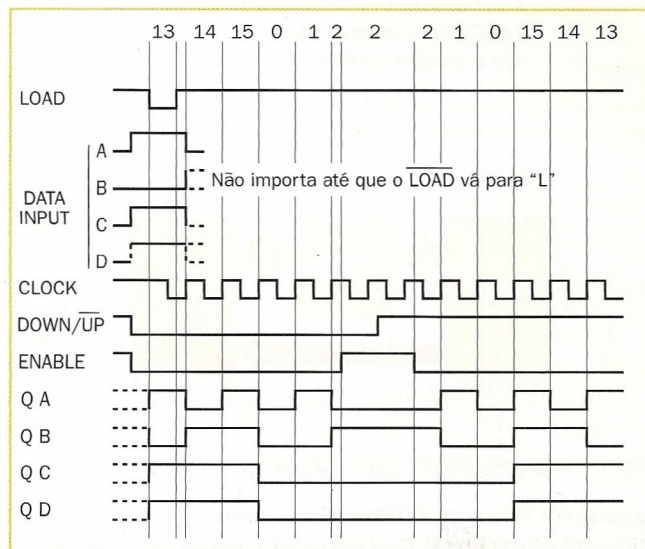
DIAGRAMA DE TEMPORIZAÇÃO

O diagrama das temporizações mostra que todas as **mudanças** se produzem em correspondência com a **subida** do relógio, exceto a configuração com o $\overline{\text{LOAD}}$.

A descida do $\overline{\text{LOAD}}$ **copia** o valor 1101 (3 em decimal) das entradas DCBA para as correspondentes saídas, apesar de o relógio estar parado.

Observando com atenção, verifica-se que a contagem (indicada em cima) pára quando o $\overline{\text{ENABLE}}$ está alto, e vai **para a inversa** quando fica invertida a entrada da direção DOWN-UP.

Diagrama das temporizações do 74HC191; estudando-o com muita atenção vê-se o funcionamento do contador.





Outros contadores simultâneos

Alguns exemplos das características específicas oferecidas pelos diferentes modelos de contadores

O 74HC163 conta apenas para a frente, mas tem uma entrada de CLEAR e ainda uma de LOAD: portanto, é possível introduzir à **vontade** tanto um zero como um valor.

A diferença fundamental do 74HC191 reside em que a entrada de LOAD e também a de CLEAR são **simultâneas** e atuam somente na etapa ativa da subida do relógio. Este fato pode ser verificado na **tabela verdade**, onde se indica que não é suficiente pôr altas (H) as duas entradas, mas sim que é necessária a transição ativa do relógio.

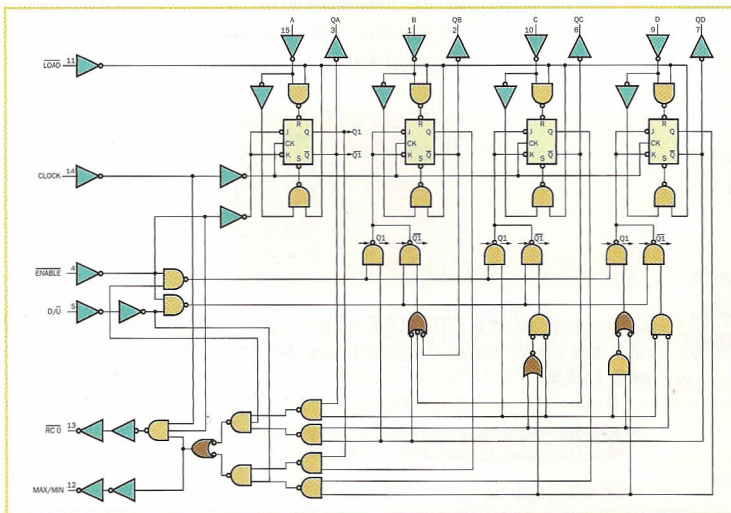
M54/74HC162/163					FUNÇÃO
CLR	LD	PE	TE	CK	
L	X	X	X		NOVO INÍCIO A "0"
H	L	X	X		INICIAÇÃO DE DADOS
H	H	X	L		SEM CONTAGEM
H	H	L	X		SEM CONTAGEM
H	H	H	H		CONTAGEM
X	X	X	X		SEM CONTAGEM

A tabela verdade do 74HC163 é um contador simultâneo com colocação a zero e configuração simultâneas.

CONTAGEM E TRANSPORTE

Muitos contadores existem tanto na versão binária como na **decimal**, e os já mencionados não são

uma exceção: o 74HC190 e o 74HC161 contam até 9 em vez de até 15.



O 74HC190 (decimal) e o 191 (binário) têm também uma saída de MAX/MIN: a contagem **máxima** conta-se para cima ou a contagem **mínima** conta para baixo.

Esta saída permite, para um possível contador ligado em cascata, **preparar-se** de modo que se avance de forma simultânea no termo do ciclo da contagem anterior.

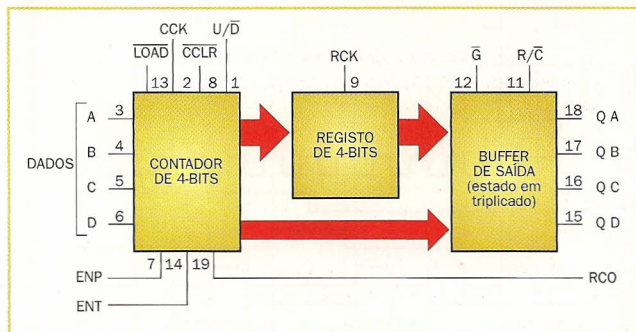
A estrutura de um contador simultâneo (o 74HC190) é muito complexa; felizmente não é preciso conhecê-la para o utilizar.

REGISTRADORES NA SAÍDA

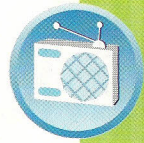
Entre as numerosas características oferecidas pelos diferentes modelos de contadores, existe também a possibilidade de **capturar** as saídas com um "registrador", que, na prática, é um grupo de flip-flop D.

Por exemplo, o 74HC697 (como outros próximos a ele) permite "fotografar" a **contagem atual** enviando uma etapa da subida para a entrada RCK.

Pode-se depois **escolher**, juntamente com a entrada adequada R-C, se enviar para as saídas o valor atual do contador (C), ou o que está memorizado no registo (R).



Esquema dos blocos do 74HC697: está incluída uma memória de 4 bits para conservar um valor enquanto a contagem continua.



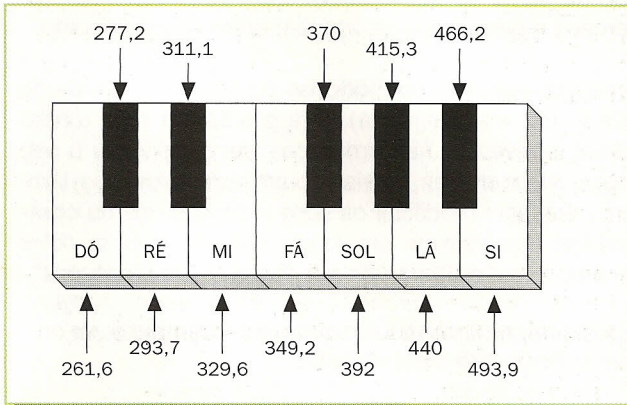
Música eletrônica

Conhecendo a estrutura dos sons emitidos pelas ferramentas tradicionais, pode-se tentar reproduzi-los

As notas musicais distinguem-se pela sua **frequência** ("altura" em termos musicais), por exemplo, o Lá central corresponde a 440 Hz.

A escala do piano está dividida em **oitavas**, cada uma das quais está composta por 12 notas igualmente espaçadas (contando as teclas pretas) numa escala logarítmica. Em cada oitava a frequência **duplica**: há um Lá reproduzido por uma flauta a 220 Hz, um outro a 880 Hz, etc. A presença dos harmônicos faz que o ouvido as reconheça como a mesma nota.

A frequência de cada nota, em Hz, obtém-se multiplicando a anterior pela raiz décimo-segunda de 2 (1,059 mais ou menos).



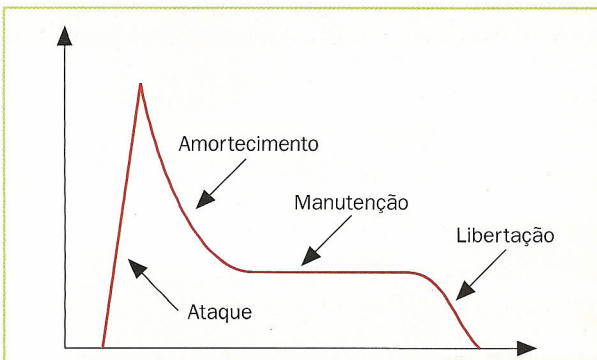
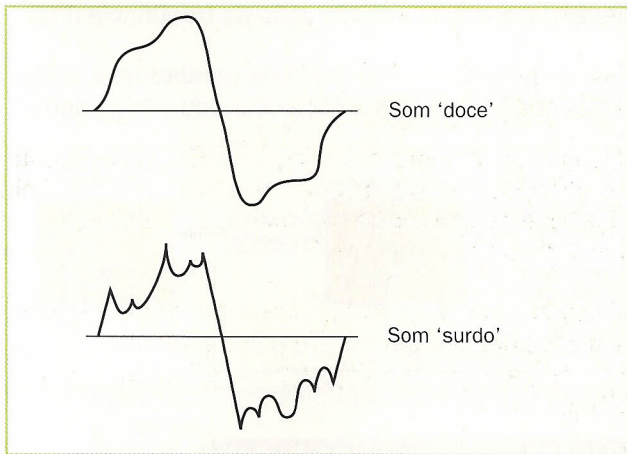
TIMBRE E FORMA DE ONDA

O mesmo Lá reproduzido por uma flauta e por um violino tem um timbre diferente: muda o **conteúdo harmônico**, que é mais limitado na flauta, e mais rico no violino.

Também se o **observarmos** no osciloscópio, o som doce produzido pela flauta está mais próximo da fundamental (isto é, uma senóide), ao passo que o som surdo do violino tem uma forma mais complexa.

Utilizando frequências múltiplas da fundamental (harmônicas) e dosificando o seu conteúdo, é possível **imitar** os diferentes sons.

Dois formas de onda de frequência similar mas com conteúdo de harmônicas diferente têm um timbre diferente.



Envoltura da amplitude (ADSR: atacar, amortecer, sustentar, libertar) para simular um instrumento de percussão.

ENVOLTURA E VARIAÇÕES

As notas musicais não têm amplitude (volume) constante, mas têm um princípio e um final; frequentemente a amplitude **varia** enquanto que a nota soa.

Um instrumento de **percussão**, como o piano, pode simular-se variando a envoltura, isto é, a amplitude do sinal no tempo, por exemplo, com o método já mostrado na figura.

Durante o curso da nota também se podem produzir **variações** mais ou menos periódicas da amplitude (trêmulo), frequência (vibrato) e timbre. A imitação perfeita de um instrumento tradicional não é simples.



Síntese musical

A técnica da produção dos sons artificiais evoluiu ao mesmo tempo que a eletrônica

Os primeiros **sintetizadores**, como os famosos Moog (tirado do nome do seu criador), eram compostos por numerosos módulos que se ligavam entre eles à vontade.

Havia por exemplo **osciladores** controlados através do teclado (ou manualmente) para produzir a nota fundamental, e diversos “deformadores” para modificar o seu timbre. Além destes, haviam outros módulos que também permitiam modificar os sons já produzidos ou **combiná-los** (também de um modo não linear) para obter sons distintos, embora não necessariamente “naturais”.

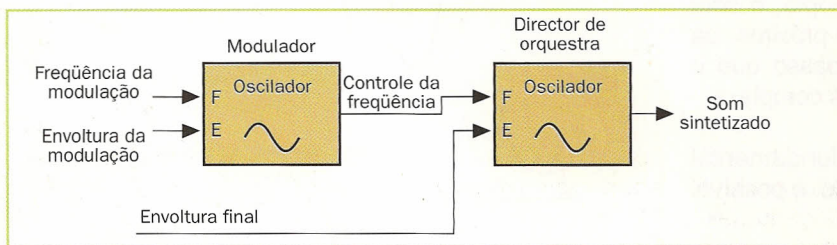
Os diferentes módulos dos sintetizadores eram ligados por meio de fios e conectores de áudio.



SÍNTESE FM

Posteriormente apareceu uma técnica já desenvolvida, que é utilizada pelas placas de som dos computadores pessoais, e que é a da **modulação de frequência (FM)**.

Consiste essencialmente em **dois osciladores**, cada um dos quais produz uma senóide modulada (variada)



sobre a amplitude com a envoltura desejada. A saída do primeiro, que é uma onda relativamente lenta, é utilizada para variar a **frequência** do segundo (isto é, ser modulado sobre a frequência).

Também se utiliza normalmente um gerador de **ruído branco** para simular determinados instrumentos de percussão, como os pratos.

Síntese musical FM: a primeira forma de onda modula sobre a frequência para a segunda.

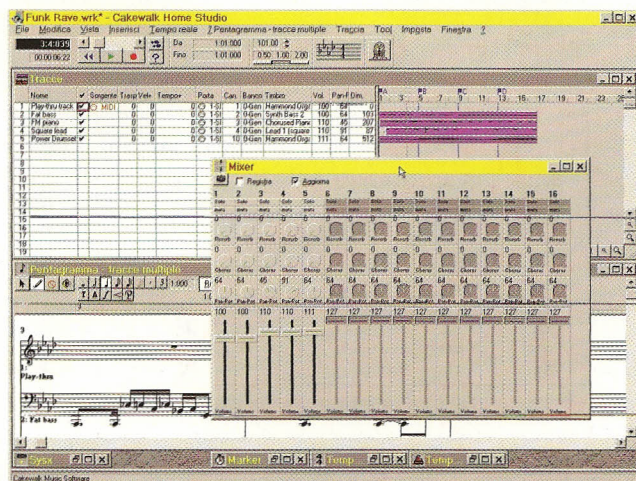
AMOSTRAS E TABELA DE ONDAS

A redução dos custos dos componentes, especialmente os das memórias, tornou possível uma nova forma de encarar este problema, que foi o de **gravar** o som dos instrumentos.

O sinal colhido por um microfone é **amostrado**, isto é, é medido a intervalos regulares e muito breves de tempo. A forma da onda é armazenada como se fosse uma seqüência de números (“tabela de ondas”).

Esta é, portanto, uma técnica **digital** e já não é analógica: na sua forma mais evoluída permite um claro realismo e uma grande flexibilidade (o instrumento até pode ser imaginário).

Programa de seqüências para controlar a reprodução das notas amostradas ou sintetizadas, tomadas de instrumentos ligados com fio MIDI.





Controles do osciloscópio

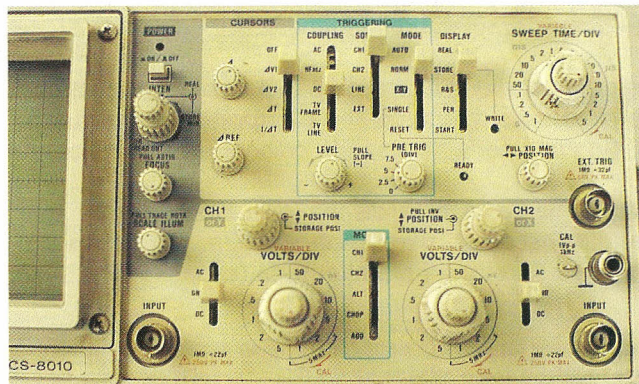
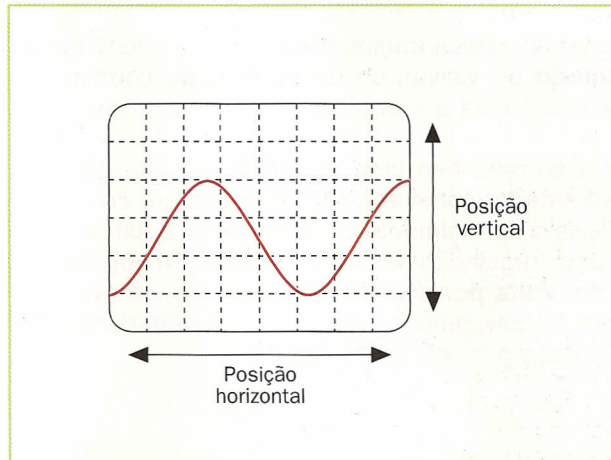
Em primeiro lugar é necessário saber controlar o traço no vídeo

O controle da **luminosidade** regula a visibilidade dos traços: se é muito baixa não se vê, se muito alta lê-se mal (e com o tempo podem-se “queimar” os fósforos do vídeo deixando o sinal).

O controle da **posição vertical**, separado por cada traço, permite deslocá-la para um lugar pré-selecionado. No entanto, seria útil fazer coincidir a posição de repouso com uma linha da quadrícula.

O controle da **posição horizontal**, único para todos os traços, é regulado, no entanto, de forma que os mesmos não sobressaiam das bordas do vídeo.

Efeito dos controles de posição do osciloscópio.



É necessário ter muita atenção para encontrar os controles principais do traço, no já muito cheio painel de um osciloscópio.

VER MELHOR

Quando o traço não está perfeitamente nítido, depois de ter verificado que a entrada está ligada à massa ou, pelo menos, sem a sonda ligada, pode-se atuar sobre o possível controle da **iluminação**.

Em alguns modelos existe também um regulação de **astigmatismo** e/ou **rotação** para pôr o traço perfeitamente horizontal.

No caso de não aparecer nenhum traço, deve-se colocar o estimulador na posição **auto** (automático), para garantir que a caneta eletrônica viaje também na ausência do sinal.

BASE DE TEMPOS

Uma vez que o traço está bem visível, pode-se regular a **velocidade de varredura** utilizando o controle giratório dos saltos da base dos tempos.

Normalmente está calibrada, (bem regulada), de modo que a cada posição corresponde um **tempo** exato para cada divisão do vídeo.

Por exemplo, se a regularmos em **0,1 seg/div**, o traço utilizará 100 mseg para atravessar cada quadrado: o movimento do ponto luminoso estará bem visível.



Para assegurarmos a precisão da varredura, é necessário verificar se o controle giratório da **variação contínua** (situado normalmente no centro dos saltos) está na posição de repouso.

Regulação da base de tempos, ou velocidade da varredura: com saltos (controle externo) ou variável (controle interno).

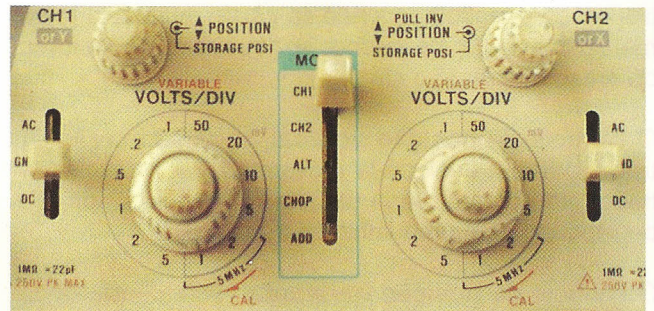


Traços, entradas e sondas

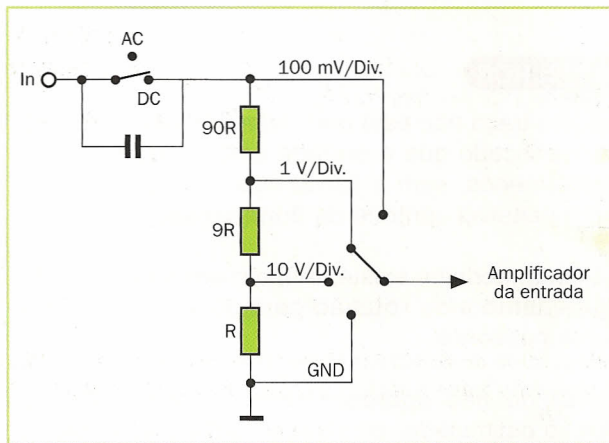
O percurso do sinal da entrada ao vídeo está influenciado por diversos fatores

Se existirem vários traços, cada um deles pode estar **habilitado** ou visível, conforme o botão correspondente que o está a ligar a um canal de entrada.

Toda a entrada tem uma regulação ou afinação de **sensibilidade**; como acontece com a base dos tempos, existe normalmente um controle dos saltos que tem uma regulação variável adicional. A regulação está em **volts por divisão**: por exemplo, se seleccionarmos 5 V/div, uma tensão de 10 V à entrada deslocará o traço por dois quadrados



Regulação da sensibilidade de cada entrada; nos modelos de gama alta pode ser lida também no vídeo.



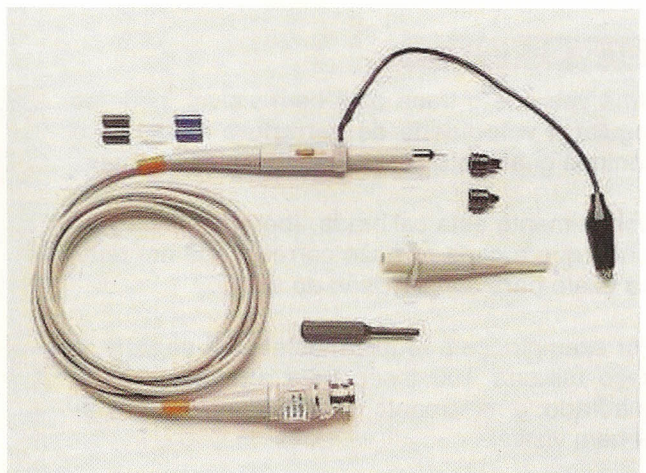
SONDAS E SENSIBILIDADE

Nas entradas ligam-se as **sondas de medida**, que já estão calibradas para transmitirem o sinal sem distorções, compensando assim os efeitos do fio.

Freqüentemente, oferecem a possibilidade de **atenuar** o sinal, por exemplo, 10 vezes. O valor indicado pelo controlo giratório da sensibilidade será multiplicado por 10 (por exemplo, 5 V/div converte-se em 50 V/div).

É necessário recordar que o lado da **massa** das sondas está geralmente ligado à terra do osciloscópio e da rede elétrica. Não pode ser ligada a pontos que estejam submetidos a tensão.

Ponteira da entrada: o fio com o conector de pinça liga-se à massa o mais perto possível do ponto que se quer medir.





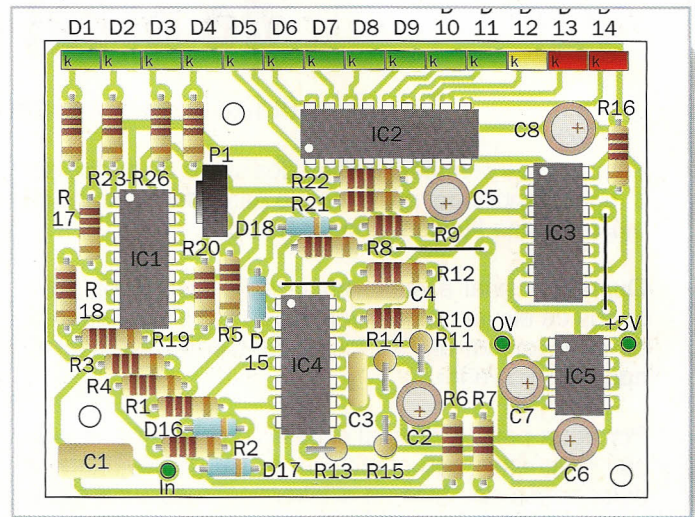
Montagem do circuito

Apesar da relativa complexidade do circuito, os componentes não são muitos; atenção às três **pontes** do fio nu e às resistências que devem ser montadas na vertical (R11, R13, R14, R15).

Os **LED** do tipo retangular, devem ser colocados bem alinhados, respeitando sempre a polaridade. O cato-do, normalmente correspondente ao terminal mais curto, deve estar do lado marcado com um "K".

Se os LED forem montados na borda da base, convém não insistir muito com o soldador; os últimos três da direita têm uma **cor** diferente da dos outros, para indicar os níveis altos (em amarelo) ou excessivos (em vermelho).

Plano de montagem dos componentes do medidor de nível: para que não haja nenhum erro, convém controlar bem antes de montar as peças.



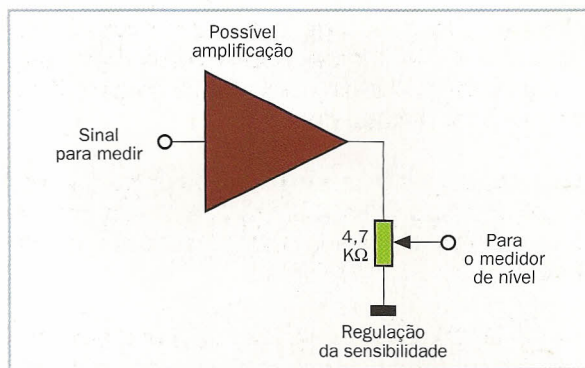
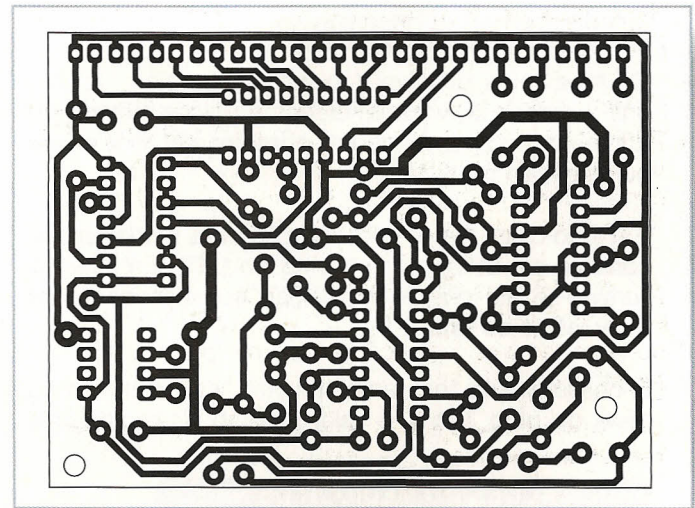
LIGAÇÃO E TESTE

O medidor de nível necessita normalmente de **alimentação**, 5 V_{CC} estabilizados, entre os pontos marcados como +5 V (terminal positivo) e 0 (terminal negativo), e o sinal de áudio para medir.

Este último é aplicado, através do **fio blindado**, entre o ponto In (condutor interno) e o mesmo 0 V (malha externa) que é a massa do circuito.

Se aplicarmos um sinal, por exemplo, da saída para o fones de um leitor de CD, ver-se-á uma **barra luminosa** móvel (o nível médio) e um **ponto** que indica o pico máximo do próprio sinal.

Lado das soldas do circuito impresso: devido à densidade das trilhas, é necessário ter o cuidado de não ocasionar curto-circuitos com o cobre.



Calibragem (afinação) da sensibilidade da entrada do medidor de nível, para aproveitar a escala inteira do LED.

REGULAÇÕES

O **trimmer** P1 regula-se observando o display, de modo que se possa obter uma passagem gradual do LED D4, controlado pelo IC1, para o LED D5, controlado pelo IC2.

Uma indicação em decibéis (dB) é sempre **relativa** a um valor de referência; no nosso caso, não se disse que os LED vermelhos correspondam efetivamente ao limite que se deseja para o sinal.

Pode-se modificar facilmente a **sensibilidade** do circuito, ligando um potenciômetro de 4,7 KΩ à entrada, de modo que se torne mais fraco o sinal até que os LED vermelhos se acendam com o nível desejado.



Indicador do nível com medidor do nível de pico

Um prático indicador dos níveis médio e de pico dos sinais de áudio

É importante conhecer o **nível** dos sinais de áudio, isto é, a sua amplitude, por exemplo para gravar vozes ou música numa fita com bons resultados.

Quando o sinal é muito fraco, se o quisermos ouvir temos de elevar muito o volume do som, ampliando-o, de certo modo, até ao inevitável **ruído** de fundo do aparelho gravador.

Por outra parte, um sinal excessivo causará a saturação magnética das partículas da fita, ocasionando a deformação dos picos e a intromissão de uma desagradável **deformação sonora**.



A qualidade da gravação depende muito do nível correto do sinal enviado para o gravador.

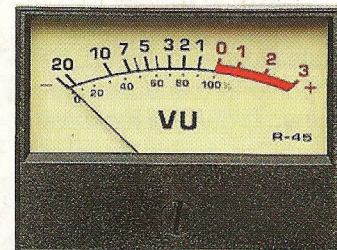
DO PONTEIRO PARA O LED

Os medidores de nível (do inglês Vumeter, "volume unit": unidade do volume) eletromecânicos mostravam a informação através de um **ponteiro** em movimento numa escala graduada.

Em todo caso, temos uma solução mais moderna que consiste em utilizar uma **banda do LED**. Esta banda ilumina-se até chegar à posição correspondente ao nível médio do sinal.

O nosso circuito tem também outra novidade: mede o **nível do pico**, isto é, o valor máximo alcançado pelo

sinal nos últimos instantes: é o que se tem que controlar para conseguir uma gravação correta.



O medidor de nível de ponteiro é um galvanômetro, ligado para funcionar como medidor da tensão alterna, com indicação em dB.

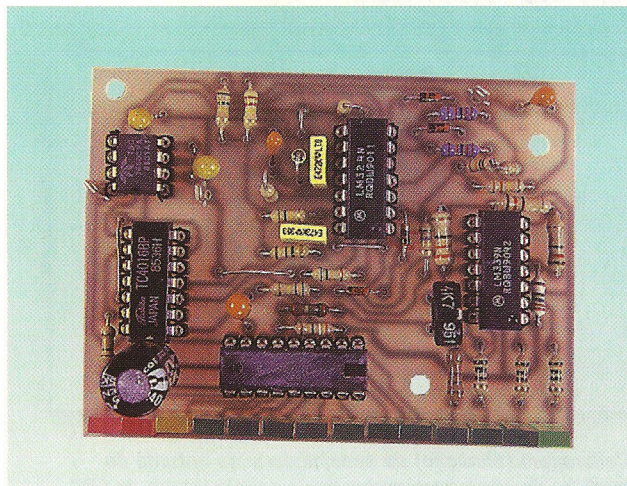
APLICAÇÕES DO MEDIDOR DE NÍVEL

Para se poderem mostrar duas informações diferentes, na mesma banda do LED, vêm-se **por turnos**: o valor médio aparece como uma banda luminosa e o pico como um único ponto.

Esta versátil ferramenta pode ser utilizada para medir a amplitude de **qualquer** sinal de áudio ou, ligada a um microfone, com o nível sonoro presente no ambiente.

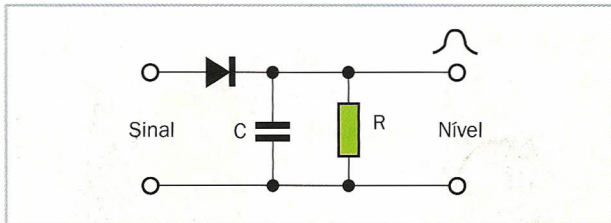
Em todo caso, a indicação é em **decibéis** (dB): cada LED indica aproximadamente 3 dB de variação, isto é, uma duplicação do nível da energia elétrica ou acústica.

O medidor de nível já terminado; observe com atenção a linha do LED que indica o nível do sinal aplicado à entrada.



PRINCÍPIO DO FUNCIONAMENTO

Para se poder representar a **amplitude** de um sinal é preciso medi-lo, o que se pode fazer com um de-



Um detector normal pode medir a amplitude média do sinal, ou recordar o valor máximo durante algum tempo.

DISPLAY DE BARRAS

Quando dispomos de uma **tensão contínua** que indica o nível do sinal, é necessário decidir qual dos LED se deve acender, de modo que se desenhe uma banda luminosa.

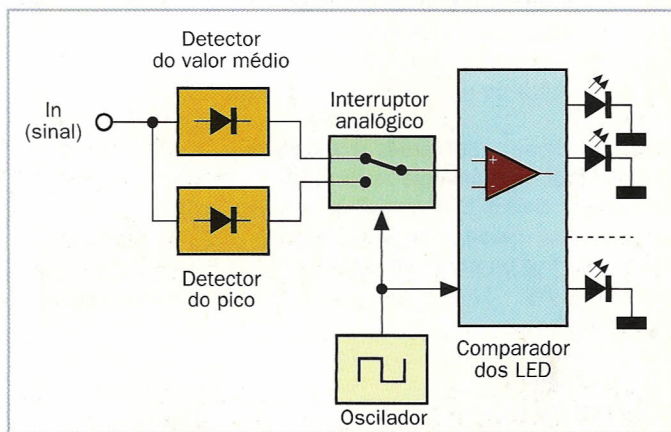
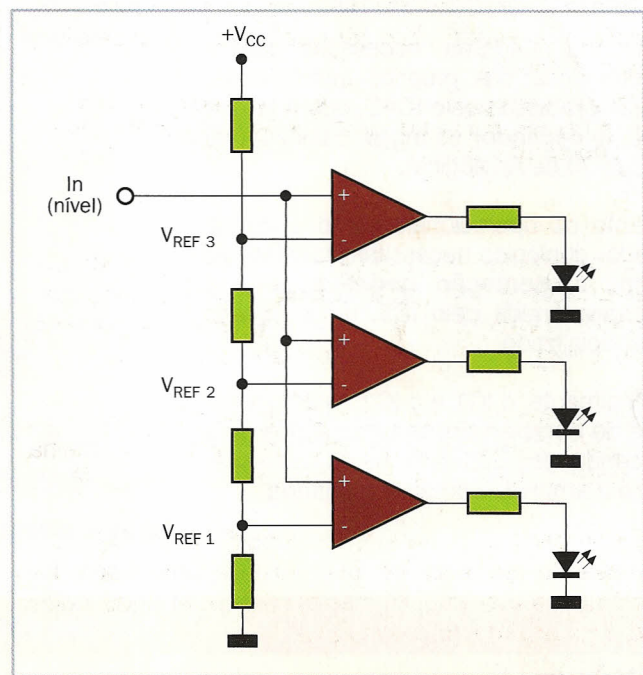
De fato, isto pode ser feito com uma série de **comparadores**, como o que se mostra na figura, depois de se superar uma tensão de referência e que o LED correspondente se acenda (da mesma maneira que um "flash ADC", ver lição 21 de DIGITAL).

Se escolhermos adequadamente os valores das resistências utilizadas para tomar a tensão de referência, pode-se ter uma indicação **linear** ou **logarítmica** (por exemplo em dB).

Um divisor resistivo e uma série de comparadores permitem realizar uma visualização das bandas do LED.

detector normal que, na sua forma mais simples, aparece na figura.

O capacitor da saída carrega-se com os picos da onda que forma o sinal, depois descarrega-se o mais rapidamente possível para poder seguir o **perfil** da própria onda. Fazendo o possível para que se descarregue mais devagar (R de valor elevado), o capacitor mantém durante mais tempo o nível alcançado, isto é, recorda a **amplitude máxima** do sinal, que é o nível do pico.



Esquema dos blocos do medidor de nível com o indicador do pico: o princípio do funcionamento é bastante simples.

VISTA EM CONJUNTO

A figura mostra o **esquema dos blocos** do circuito. As saídas dos dois detectores (valor médio e também do pico) são enviados alternativamente para o vídeo do LED.

Quando se envia a saída do detector do pico para o circuito dos LED pede-se que mostre apenas o **ponto** máximo alcançado, em vez de uma banda luminosa inteira.

Como a comutação se produz com bastante rapidez, o olho humano apercebe-se da banda e do ponto como se estivessem presentes **ao mesmo tempo** nos LED, enquanto na realidade são mostrados por turnos.



Funcionamento do circuito

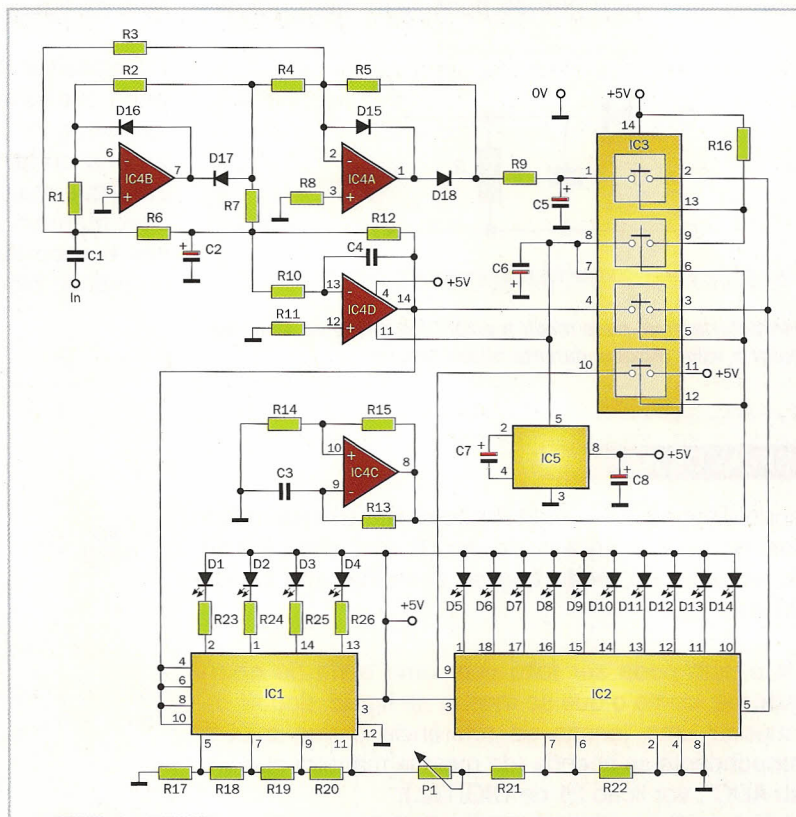
Os amplificadores operacionais IC4B e o IC4A formam os dois **detectores**, de média e de pico; são uma versão mais sofisticada dos simples detectores de diodo que já foram mostrados na página anterior.

O IC4D é um filtro passa-baixa, enquanto o IC3 é o **interruptor analógico**, que escolhe um dos dois sinais procedentes dos detectores, e muda o modo da visualização (banda ou ponto).

A onda quadrada, necessária para a comutação dos próprios interruptores, está produzida pelo IC4C, que funciona como **oscilador** do trigger Schmidt (ver lição 20 de Analógica).

Tanto os operacionais como o comutador analógico necessitam também de uma **alimentação negativa**; esta é proporcionada pelo IC5, um integrado especializado.

Finalmente, o IC1 e o IC2 contêm a série de **comparadores** necessários para acender os LED, de forma que se visualize a amplitude do sinal à entrada.



Esquema elétrico do medidor de nível com o indicador do pico.

LISTA DOS COMPONENTES

Resistores

- R1,R2 = resistores de 22 K Ω
- R3,R6 = resistor de 330 K Ω
- R4 = resistor de 160 K Ω (ou bem 150 K Ω em série com 10 K Ω)
- R5 = resistor de 680 K Ω
- R7 = resistor de 150 K Ω
- R8,R10,R13,R16 = resistores de 100 K Ω
- R9 = resistor de 560 K Ω
- R11 = resistor de 220 K Ω
- R12 = resistor de 1 M Ω
- R14,R15 = resistor de 470 K Ω
- R17 = resistor de 18 Ω
- R18,R19 = resistor de 15 Ω
- R20 = resistor de 33 Ω
- R21 = resistor de 2,2 K Ω
- R22 = resistor de 390 Ω
- R23,R24,R25,R26 = resistor de 150 Ω
- P1 = trimmer de 2,2 K Ω vertical

Capacitores

- C1 = capacitor de 470 nF de poliéster

- C2 = capacitor de 1 μ F 35 V de tântalo
- C3 = capacitor de 4,7 nF de poliéster
- C4 = capacitor de 56 nF de poliéster
- C5 = capacitor de 4,7 μ F 6,3 V de tântalo
- C6,C7 = capacitores de 10 μ F 6,3 V de tântalo
- C8 = capacitor de 330 μ F 10 V eletrolítico

Vários

- D1,D11 = diodos LED verdes rectangulares
- D12 = diodo LED amarelo rectangular
- D13,D14 = diodos LED vermelhos rectangulares
- D15,D16,D17 = diodos de silicio 1N4148
- IC1 = TLC 339 ou então LM339
- IC2 = LM3915
- IC3 = 4066
- IC4 = LM324
- IC5 = ICL7660
- 1 soquete de 8 pinos
- 3 soquetes de 14 pinos
- 1 soquete de 18 pinos
- 1 circuito impresso