

ELETROÔNICA ELÉTRONICA

12

para todos



CAPACITÂNCIA
E DESFASE



DENTRO
DAS PORTAS LÓGICAS



CAIXAS
PARA ESTANTES



TELEFONIA
DIGITAL



GERADORES
DE SINAIS ANALÓGICOS



Projeto nº 12:
CONTADOR DE 4 DÍGITOS

SALVAT

JACKSON
LIBRI®



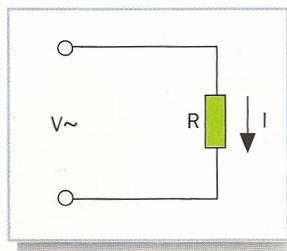
Capacitância e desfase

A corrente alternada dos capacitores e indutores não estão em fase com a tensão

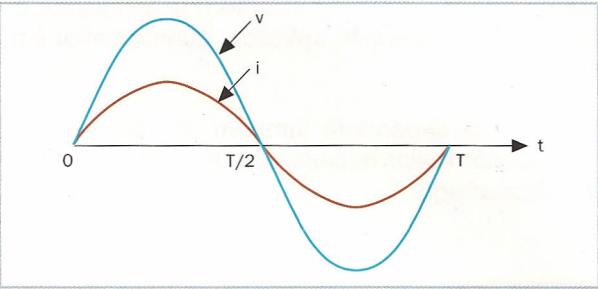
Se aplicarmos uma tensão alternada **senoidal** a uma resistência, passa uma corrente que segue fielmente o percurso da tensão.

Nos momentos em que a tensão é zero, a corrente também é zero, enquanto que durante os **picos** da senóide a corrente alcança o valor máximo.

A corrente numa resistência está em fase com a tensão: os picos e as passagens pelo zero.



Pode-se aplicar em qualquer momento a lei de Ohm: $I = V / R$, ou seja, a corrente que se obtém ao dividir a tensão pela resistência. Se diz que a corrente e a tensão estão **em fase**.



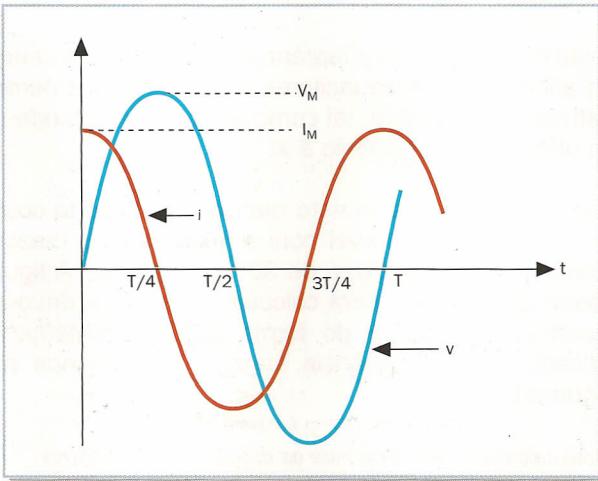
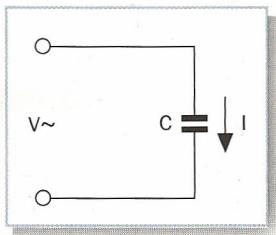
CORRENTE NUM CAPACITOR

Quando se aplica uma tensão **contínua** a um capacitor, assim que este ficar carregado deixa de circular corrente.

No entanto, se a tensão **se altera** porque passa corrente, o capacitor deve carregar-se ou descarregar-se; quanto mais rápida for a mudança da tensão maior é a corrente.

Observando uma senóide, vê-se que esta **alterna** mudanças rápidas (por exemplo, com a passagem pelo zero), com instantes de relativa estabilidade (nos picos).

A corrente alternada num **capacitor** será portanto mínima quando a tensão é máxima, e máxima quando a tensão é zero.



A corrente num capacitor é máxima quando a tensão se move rapidamente, muito perto do zero.

ANTECIPAÇÃO E ATRASO

Na figura central observa-se que a corrente alternada num capacitor é também uma senóide, mas **antecipada 90°** (um quarto de ciclo) no que se refere à tensão.

O mesmo acontece com as **bobinas**, só que neste caso a corrente (sempre senoidal) está atrasada 90° em relação à tensão.

É fácil recordá-lo considerando que os indutores têm “**inércia**”, porque reagem sempre com um certo **atraso** às mudanças da tensão.





Reatância

A corrente alternada nos capacitores e indutores depende da freqüência

Se uma tensão alternada varia lentamente porque tem uma **baixa freqüência**, um capacitor que esteja ligado à mesma deve carregar e descarregar com menos freqüência. Portanto, a corrente será menor.

O **valor eficaz** (rms) da corrente que atravessa o capacitor dependerá da freqüência da tensão aplicada: quanto maior é a freqüência, maior é a corrente.

Naturalmente dependerá também do **valor** do mesmo capacitor: Um capacitor maior necessitará de mais corrente para se carregar e descarregar.

REATÂNCIA

Considerando sempre os valores eficazes (rms), podemos aplicar a **lei de Ohm** e dividir a tensão pela corrente.

Deste modo obtemos a reatância, ou seja, a “resistência em alternada” dos capacitores e indutores (elementos reativos). A **reatância**, tal como a resistência, mede-se em ohms e o seu símbolo é X .

Enquanto que um elemento reativo se comporta como uma resistência **variável** com a freqüência, o mesmo acontece com o desfase de 90° da corrente. A figura mostra as **fórmulas** para calcular a reatância; deve-se observar a presença do termo $2\pi f$, freqüentemente indicado como “freqüência angular” ω (radianos por segundo).

Como calcular a reatância para os capacitores e indutores.



	Capacitor	Indutor
Reatância en ohms	$1 / \omega C$ ou bem $1 / 2\pi f C$	ωL ou bem $2\pi f L$

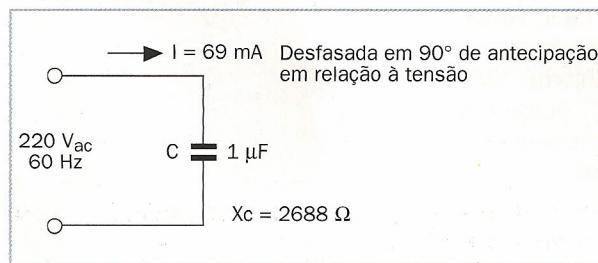
Legenda:

π = número pi (3,14 aprox.)
 f = freqüência em hertz

C = capacidade em farads
 L = indutância em henrys

EXEMPLO DE CÁLCULO

No circuito que mostra a figura, a tensão da rede (220 V senoidal a 60 Hz) foi aplicada a um capacitor de 1 μF (ou seja, 0,000001 F). A reatância com 60 Hz do capacitor é:



$$X_C = 1 / 2\pi f C = 1 / (6,28 \times 60 \times 0,000001) = 2688 \Omega$$

Portanto, a **corrente**, segundo a lei de Ohm, é:

$$I = 220 / 2688 = 0,0818 \text{ A} = 81,8 \text{ mA}$$

No entanto, existe uma diferença importante em relação a uma resistência: passa corrente, mas não há nenhuma **dissipação** da potência: a energia move-se simplesmente para a frente e para trás.

Um capacitor de 1 μF ao qual se aplica uma tensão senoidal de 60 Hz tem uma reatância de 2688 Ω aproximadamente.

Impedância

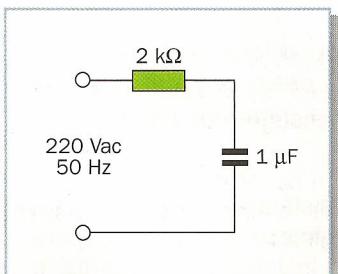
Nos circuitos reais, a combinação das resistências e elementos reativos torna tudo mais complexo

Um circuito como o que se indica na figura (R e C em série) não é tão simples como parece: a reatância e a resistência não se podem **somar**.

A corrente poderia estar em fase com a tensão se estivesse conectado apenas a resistência. Por outro lado, poderia estar **defasada** em 90° se estivesse apenas o capacitor. Como a corrente atravessa ambos, é necessário considerar **juntamente** a amplitude (RMS) e a fase: todos os cálculos deverão ser levados em conta.

O valor resultante dos dois componentes não é nem

uma resistência pura nem uma reatância pura, mas sim uma combinação de ambas: chama-se **impedância**.



Este circuito não é só resistente nem só reativo pois tem uma certa impedância.

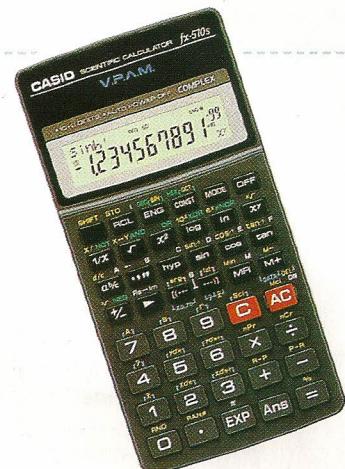
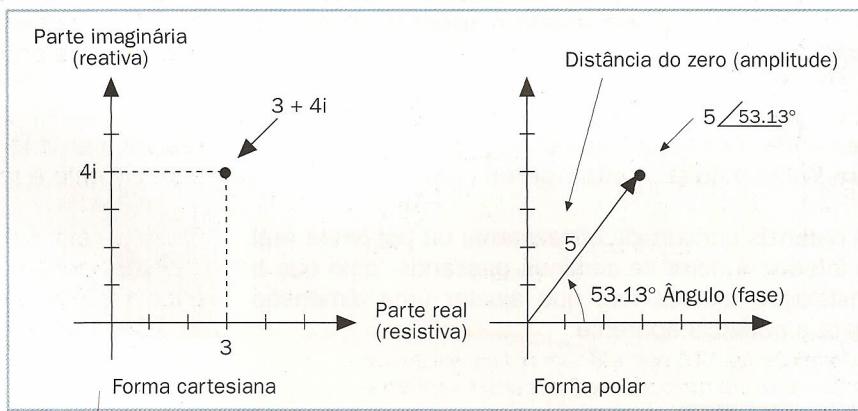
NÚMEROS COMPLEXOS

Queremos fazer referência a uma ferramenta matemática útil que são os números complexos, formados por duas partes distintas: a parte real e a **imaginária**.

Podem ser representados como um **ponto** no plano, identificado por duas coordenadas. Por exemplo, o número $3 + 4i$ está na posição 3 horizontal e o 4 vertical (forma cartesiana). Esta representação serve especialmente para indicar a **parte resistiva** e a **parte reativa** de uma impedância.

O número $3 + 4i$ pode representar-se na forma cartesiana (duas coordenadas) ou na forma polar (amplitude e ângulo).

Como alternativa, podem-se mencionar com um valor absoluto e um ângulo (forma polar), úteis, por exemplo, para indicar a amplitude e a fase de uma tensão ou uma corrente alternada.



CÁLCULOS NA PRÁTICA

Não entraremos em profundidade nos cálculos; no entanto observemos que, representadas a impedância e a reatância (ou amplitude e fase) num único número complexo, cumpre-se a nossa **lei de Ohm** de sempre.

A diferença está em que os cálculos se desenvolvem com números complexos e o resultado, (por exemplo, a corrente) será um **número complexo** que indica amplitude e desfase em relação à tensão de alimentação.

Muitas calculadoras científicas podem trabalhar com números complexos e convertê-los para as duas formas.



Potência e contrafase

Para que o rendimento alcance o máximo, convém que a rede elétrica veja uma carga resistiva

Muitos dos dispositivos que estão ligados à rede, como motores e transformadores, podem ter um comportamento mais ou menos **reativo** (normalmente indutivo) em determinadas condições.

Deste modo, a corrente não estará **na fase** com a tensão aplicada; uma parte desta corrente move-se simplesmente para a frente e para trás sem produzir potência.

No entanto, se circular na resistência dos fios, causará **perdas** de energia, especialmente incômodas (para as potências em jogo) nas instalações industriais e nas linhas de distribuição.

Os transformadores podem causar desfase entre a corrente e a tensão, dependendo da carga ligada ao secundário.



POTÊNCIA APARENTE E POTÊNCIA REAL

Se a corrente e a tensão não estão em fase, a potência já não é simplesmente o **produto** da tensão pela corrente.

Este último representa apenas a “potência aparente” de um dispositivo elétrico, que não é indicada em Watts mas em **voltampères** (VA).

A potência consumida eficazmente ou **potência real** é inferior; a corrente continua passando, pelo que a instalação elétrica tem que ajustar uma dimensão para a potência aparente.

CONTRAFASE

O fator de potência pode-se indicar também como “ $\cos \varphi$ ”, ou seja, o coseno (um operador matemático) do **desfase** φ , que se lê “fi”.

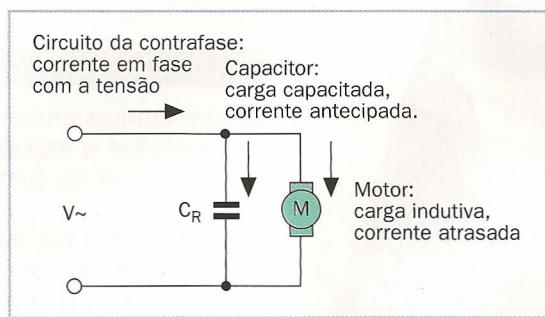
Este último não é mais do que a **diferença de fase** entre a tensão e a corrente; se estão em fase ($\varphi = 0$), significa que a carga é simplesmente resistiva: o $\cos \varphi$ vale 1.

Para reduzir ao mínimo o desfase, costuma-se acrescentar um componente reativo de sinal oposto. Para compensar um indutor, por exemplo num motor, costuma-se pôr um **capacitor de contrafase**.

A relação entre potência real e a potência aparente (W / VA) chama-se **fator de potência**: o seu valor ideal é 1.



Os fios da instalação criam uma dimensão adaptável à potência aparente (em voltampères); a potência real que se paga é inferior.



Os capacitores da contrafase evitam excessivos desfases entre a tensão e a corrente.



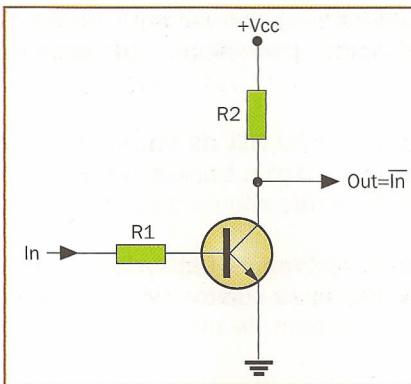
Dentro das portas lógicas

Os dispositivos digitais realizam-se com componentes analógicos

Para um circuito lógico não são obrigatórios os integrados digitais. É possível construí-lo utilizando simples **transistores** como interruptores.

Historicamente utilizaram-se primeiro os **relés** eletromecânicos, depois os tubos de vácuo (válvulas) e finalmente os transistores.

A figura indica como realizar um simples **inversor** com um transistor e duas resistências: se a entrada está alta (1) a saída está baixa (0), e vice-versa.



Inversor lógico (NOT): o transistor trabalha cortado (aberto, saída 1) ou na saturação (fechado, saída 0).

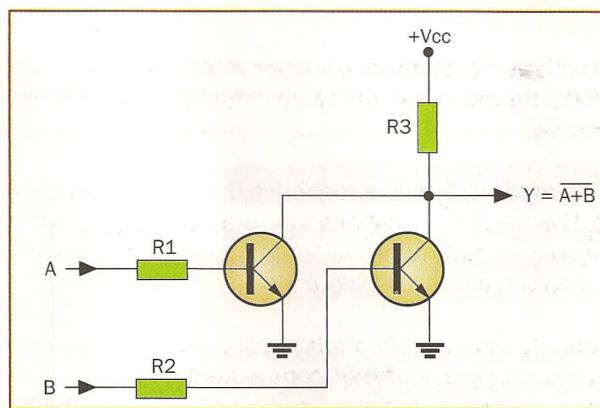
LÓGICA RTL

Uma das primeiras **famílias** dos circuitos digitais utilizava transistores e resistências: era a RTL (resistor-transistor logic: lógica de resistência-transistor).

A figura indica um exemplo de NOR na técnica RTL: se **pelo menos um** dos transistores recebe um 1 (nível alta) e conduz, a saída vai a zero.

Estes circuitos funcionam, mas são relativamente **lentos** devido ao filtro RC constituído pelas resistências da base e pela capacidade do transistor.

Além disso, as entradas necessitam de **corrente** para controlar a base do transistor, enquanto que a saída não a pode proporcionar devido à resistência do coletor.



Porta NOR realizada em RTL, com resistências e transistores: a tecnologia é primitiva mas funciona.

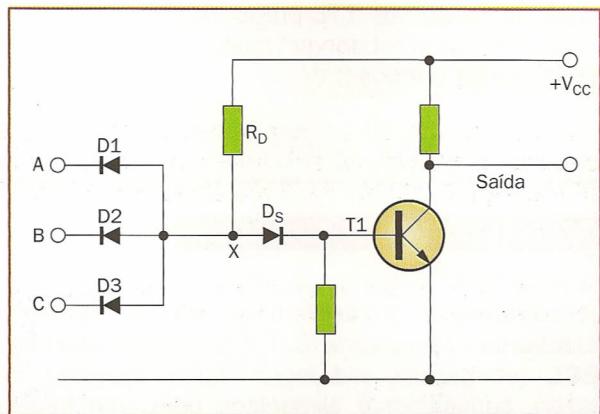
LÓGICA DTL

Mais tarde a tecnologia DTL teve um certo êxito (diode-transistor logic: lógica diodo-transistor), na qual muitas das resistências eram substituídas por **diodos**.

Na porta NAND que se indica na figura, o transistor mantém-se normalmente em **condução** desde a resistência R_D que proporciona corrente à base; a saída é baixa (0).

Se ligarmos à massa (0) uma das entradas A, B, ou C, o ponto X desce quase a zero, portanto a base não recebe mais corrente e o transistor abre-se.

Como desde as entradas é necessário “absorver” corrente para a massa, uma saída pode **controlar** várias entradas (ou seja, o fanout é alto).



Porta NAND na tecnologia DTL: o diodo DS compensa a queda de tensão nos diodos da entrada.



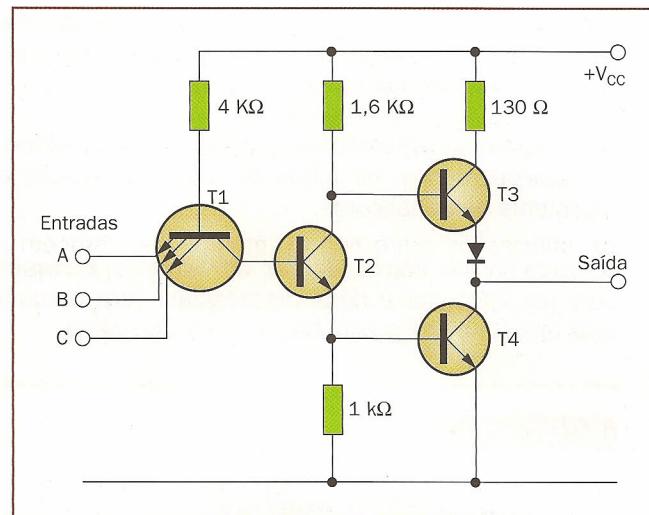
Os integrados TTL

Os circuitos TTL foram durante muitos anos os impulsores deste campo, e ainda se utilizam atualmente

Os circuitos DTL podem realizar-se com melhores características, utilizando transistores de **emissor múltiplo**.

A figura indica uma porta NAND da tecnologia **TTL** (transistor-transistor logic: lógica transístor-transístor) equivalente ao do DTL já descrito na página anterior.

O transistor múltiplo da entrada trabalha de um modo estranho, com a união base-coletor na **condução**; quando se “absorve” corrente de um emissor, já não sai do coletor.



Porta NAND TTL: se uma das entradas está baixa, o T_2 não pode receber mais corrente da base e abre-se, enviando a saída alta.

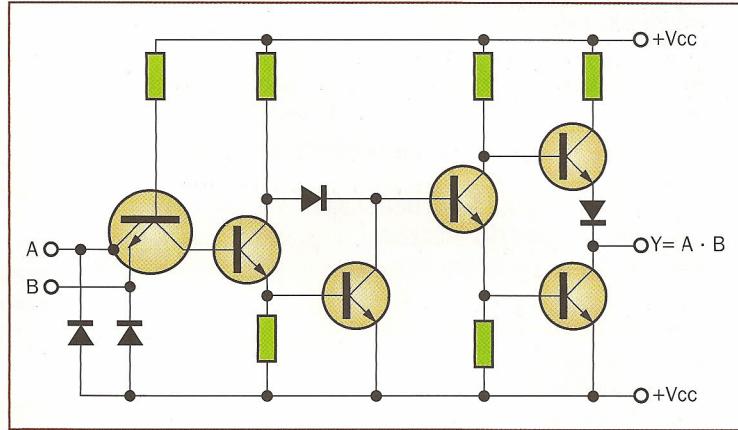
OS INTEGRADOS DA SÉRIE 74

A tecnologia TTL presta-se especialmente para ser realizada pela tecnologia **integrada**, ou seja, com um único chip de silício.

Nos anos 60 iniciou-se o êxito da série 74, a **família** mais célebre dos integrados TTL: eram econômicos, rápidos e de consumo moderado.

Como se pode ver no esquema do 7408, a **estrutura interna** era mais complexa do que o mínimo necessário para melhorar as suas características.

A etapa de **saída** dos TTL proporciona pouca corrente mas pode “absorver” muito mais para controlar várias entradas.

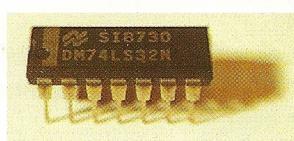


Esquema interno do 7408, um AND da tecnologia TTL: observe a entrada dos emissores múltiplos e a saída habitual totem-pole.

OUTROS INTEGRADOS BIPOLARES

Para as aplicações em que a **velocidade** é essencial, desenvolveram-se outras famílias lógicas bipolares, realizadas com transistores BJT. Citamos, por exemplo, a **ECL** (emitter-coupled logic: lógica ajustada do emissor), curiosamente alimentada com uma tensão negativa de 5,2 V, utilizada principalmente para usos aeroespaciais ou militares. Outra das famílias mais recentes dos integrados rápidos dos transistores, a **I²L**

(integrating injection logic: lógica de injeção integrada) utiliza, no entanto, transistores com coletores múltiplos.



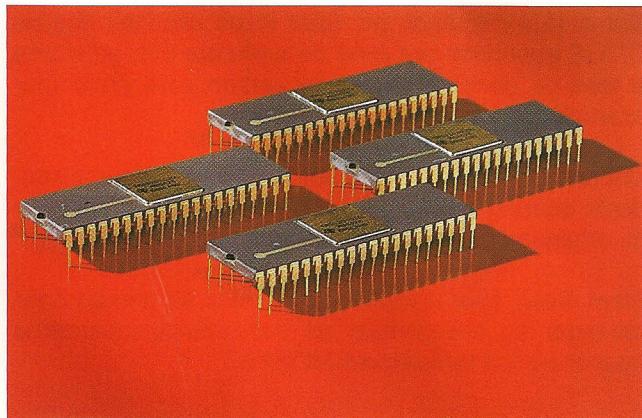
Freqüentemente, utilizam-se os encapsulados e a disposição dos terminais dos circuitos lógicos TTL da série 74 nos CMOS mais modernos.

Famílias CMOS

Devido aos modernos e velozes 74HC, os integrados CMOS impuseram-se no mercado como padrão

O transistor é um bom interruptor, mas tem um defeito: necessita de corrente da base para poder-se manter no estado de condução.

Com centenas, senão milhares, de transistores concentrados dentro de poucos milímetros quadrados dum chip, produz-se um **aquecimento** inaceitável, além de um aumento considerável do consumo. No entanto, o problema foi resolvido com a substituição dos BJT pelos transistores **efeito de campo** (FET) em especial os do tipo MOS (metal-oxide semiconductor: semicondutor de óxido metálico). Como teremos oportunidade de ver no curso de Analógica, estes transistores podem funcionar como interruptores controlados por uma simples **tensão**. A corrente necessária é supérflua.

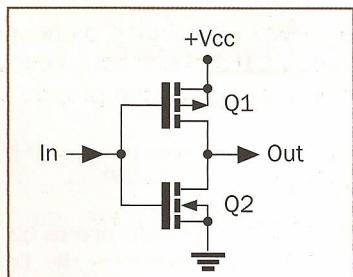


Apenas e devido aos MOSFET podem-se realizar circuitos integrados que contêm milhões de transistores.

UM INVERSOR CMOS

A figura indica um inverter CMOS, que é feito com dois transistores MOS **complementares**: um do canal N e outro do canal P, iguais aos transistores de união NPN e PNP.

Se **conduz** o MOS de cima e o de baixo está aberto, a saída está alta (1); no entanto, se conduz apenas o de baixo, a saída está baixa (0). Não existem resistências nem outros componentes o que torna possível uma **densidade** elevada nos integrados; além disso, a saída é simétrica e as entradas necessitam uma corrente mínima.

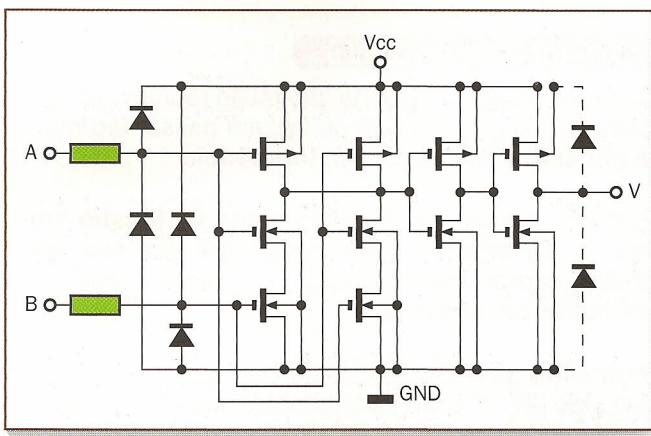


Inversor da tecnologia CMOS (complementary MOS: MOS completo): simples e quase perfeito.

SÉRIE 4000 E SÉRIE 74HC

Os primeiros CMOS da série 4000 eram lentos e **delicados**: podiam ser destruídos com uma carga elétrica mínima.

Os circuitos modernos da série 74HC (high-speed CMOS: CMOS de alta **velocidade**), com a disposição dos terminais idêntica à dos antigos TTL, são os mais rápidos e fortes, embora a tensão máxima de funcionamento seja a mais baixa. Como se pode ver no esquema do 74HC08, têm resistências e diodos de **proteção** contra as descargas accidentais; estas devem ser tratadas com muito cuidado.



Esquema do 74HC08, um AND CMOS. Observe a ausência de componentes passivos, além das resistências e diodos de proteção.



Consumo e aquecimento

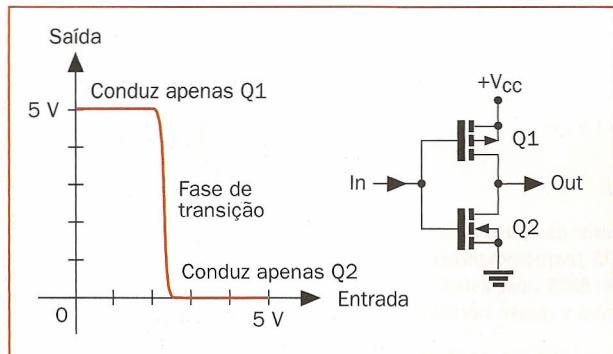
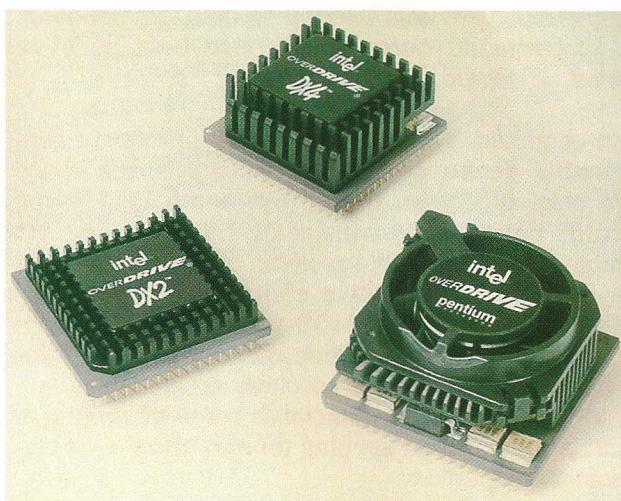
Os integrados lógicos CMOS não consomem corrente, exceto quando estão parados

Como já explicamos na lição 8, os circuitos digitais CMOS absorvem um **pico de corrente** breve durante a fase de comutação de um estado para outro (por exemplo de 1 a 0).

Um dos dois MOSFET de saída pode começar a **conduzir** quando o outro não está ainda totalmente aberto, originando assim uma passagem de corrente.

Além disso, toda a mudança do nível da tensão deve **carregar** ou descarregar as capacitâncias parasitas pequenas dos transistores MOSFET.

Muitos dos microprocessadores, quando funcionam com a freqüência alta, consomem tanta corrente que necessitam de um arrefecimento forçado.



A transição dos MOS para abertura ou fechamento não é instantânea; nas fases intermediárias passa corrente e produz-se aquecimento.

DISSIPAÇÃO

Cada passagem de corrente origina um arrefecimento, porque a **resistência interna** do transistor não é zero e portanto desperdiça-se potência.

Nas fases de **transição** entre um estado e outro, a resistência assume valores intermediários e o aquecimento é mais notável.

Quanto maior é a **freqüência** da comutação, também maior é o consumo. Um circuito lógico no qual se produzem transições, consome pouco ou nada... mas a 30 MHz produzem-se 30 milhões por segundo!

CAPACITORES DE BYPASS

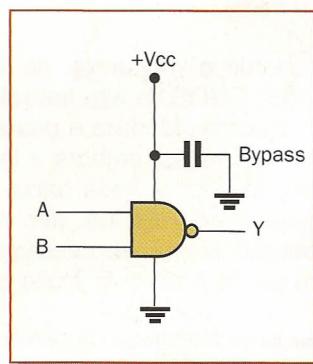
Como os picos da corrente são muito rápidos, as ligações da alimentação não os deixam passar facilmente por causa da sua própria **indutância**.

Portanto, podem haver outros **picos de tensão** breves na alimentação e na massa que, por sua vez, podem causar interferências no mesmo circuito ou em outros circundantes.

Para evitar este inconveniente põe-se um **capacitor** pequeno (47 nF é um valor habitual) entre os terminais da alimentação e da massa. Este **capacitor de bypass**

proporciona os picos da corrente evitando que se transformem em picos da tensão.

O capacitor de bypass substitui o depósito de reserva para os picos pequenos da corrente.





Caixas para estantes

As caixas padrões de 19 polegadas são caras, mas são fortes e versáteis

No campo industrial e semi-profissional, a caixa preferida é a que se fabrica em metal, de forma retangular e com **19 polegadas** (mais ou menos 48 centímetros) de comprimento, que segue as normas IEC 297. As **dimensões padrões** e as suas laterais permitem a montagem de armários especiais (estantes, "rack" em inglês) sem ser necessário praticar nenhuma espécie de orifícios ou outro tipo de montagens. Também a **altura** é padrão, ou melhor dito, é múltiplo da unidade da referência (U) de 44 mm aproximadamente. A profundidade é normalmente de 25 cm ou 35 cm.



Caixas para armários (estantes) de 1U, 2U e 3U de altura; são bastante fortes e adequadas para a sua utilização industrial.

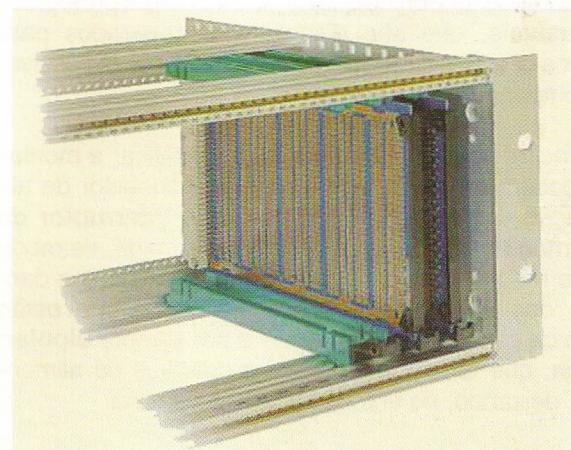
PLACAS E "BLACKPLANE"

Nestas caixas montam-se geralmente **placas** de circuito impresso. Por exemplo, a unidade central de controle, entradas e saídas digitais, interfaces diversas com o exterior.

Estas placas, que freqüentemente no seu conjunto formam um computador especializado, estão montadas verticalmente sobre **guias** especiais, que facilitam a sua inserção e substituição desde o frontal.

O conector posterior de cada placa insere-se normalmente num "**backplane**", ou placa de fundo, que substitui o barramento de ligação entre as placas e proporciona também a alimentação.

Entre as dimensões padrão das placas devemos citar a **Eurocard** de 100 x 160 mm, embora existam outras.



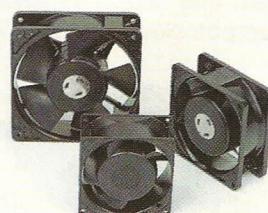
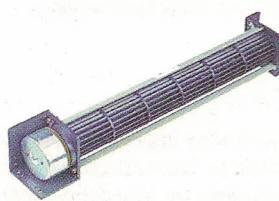
Uma placa Eurocard inserida nas guias correspondentes; o conector posterior assegura as ligações com a placa de fundo.

VENTILAÇÃO

Uma parte da corrente que alimenta os circuitos eletrônicos transforma-se em **calor**. Se não tem possibilidades de sair acumula-se, ocasionando um aumento da temperatura interna da caixa.

Como uma temperatura excessiva pode produzir um funcionamento errado, é necessário **extrair** o calor produzido. Pode conseguir-se extraendo o ar quente com um ventilador, e deixar que o ar frio circule. As **aberturas** para a entrada do ar dispõem-se de forma a que o fluxo do ar chegue a todos os circuitos encerrados na caixa.

Ventiladores do tipo axial ou radial para o arrefecimento dos circuitos eletrônicos.





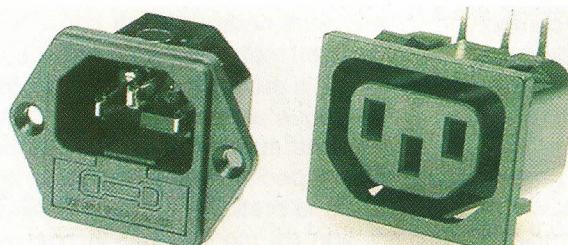
Caixas e alimentação

A entrada de alimentação deve ser segura e bloquear as interferências nos dois sentidos

A alimentação é levada normalmente às caixas através de um **conector tripolar** que cumpre as normas IEC (e VDE).

Trata-se do mesmo tipo de conector que foi usado durante muito tempo para a alimentação dos **computadores pessoais** e dos monitores associados.

Este conector leva os fios de alimentação e a imprescindível ligação à **terra**, que protege os operadores de possíveis derivações ou curto-circuitos.



Conector padrão de alimentação; o terminal central de terra é mais comprido, de modo que é o primeiro a fazer contato.

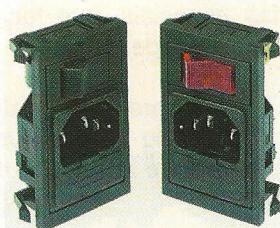
OS FUSÍVEIS E OS INTERRUPTORES

Os aparelhos eletrônicos estão normalmente protegidos por **fusíveis**, que são dispositivos preparados para isolar os circuitos quando a corrente se torna excessiva, interrompendo-a.

Para facilitar a sua **substituição** e simplificar a montagem podem ser colocados no mesmo conector da alimentação. Também é frequente que o **interruptor da alimentação** seja parte integrante da tomada, de modo que se reduzam ao mínimo os perigos existentes derivados dos fios revestidos de 127/220 V que estão dentro da caixa. O interruptor deve ser sempre **bipolar**, ou seja, que tenha separados os dois fios da alimentação, deixando, no entanto, ligado o de terra.



Conectores da alimentação com um interruptor e um porta-fusíveis incorporados.



FILTROS ANTI-INTERFERÊNCIAS

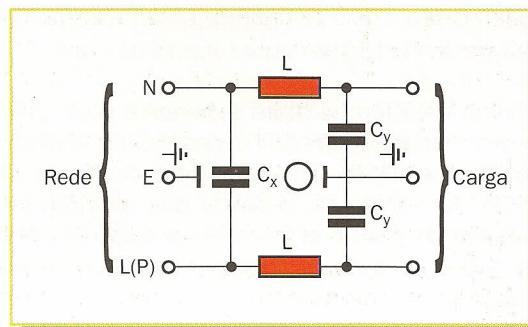
As normas da **compatibilidade eletromagnética (EMC)** impõem que um circuito não deve causar interferências nem que sejam causadas por outros circuitos ou por campos eletromagnéticos (ondas de rádio).

A caixa metálica serve às vezes de **blindagem** e ajuda a minimizar o problema, embora os fios que estão dentro da caixa possam transportar as interferências.



Normalmente acompanha-se sempre com um filtro de alimentação os capacitores e os indutores ou transformadores.

Especialmente a alimentação deve dispor de **filtros de bloqueio** adequados (freqüentemente integrados no conector) para evitar a saída e a entrada de sinais que não são desejados.



Dissipação nos integrados

Informações térmicas dos dados dos circuitos digitais

Um circuito integrado lógico, como qualquer outro semicondutor, tem limites de **temperatura** precisos, fora dos quais ou não funciona corretamente ou se estraga.

Um integrado pode **aquecer** se não alcança o limite inferior (os 74HC funcionam também a -40°C), devido a que a corrente circula pelo mesmo.

Os dados indicam normalmente a **potência dissipada** máxima para uma determinada temperatura ambiente,

por exemplo, 500 mW a 65°C : reduz-se quando sobe a temperatura.

Símbolo	Parâmetro	Valor	Unidade
I_{O}	Corrente de ventilação da saída DC por terminal de saída	25	mA
P_{D}	Desperdício de energia	500	mW
T_{stg}	Temperatura do armazenamento	-65 a +150	$^{\circ}\text{C}$
T_{L}	Temperatura principal (10 seg)	300	$^{\circ}\text{C}$

Alguns limites máximos do 74HC07 referentes à temperatura, incluindo o aquecimento causado pelo desperdício.

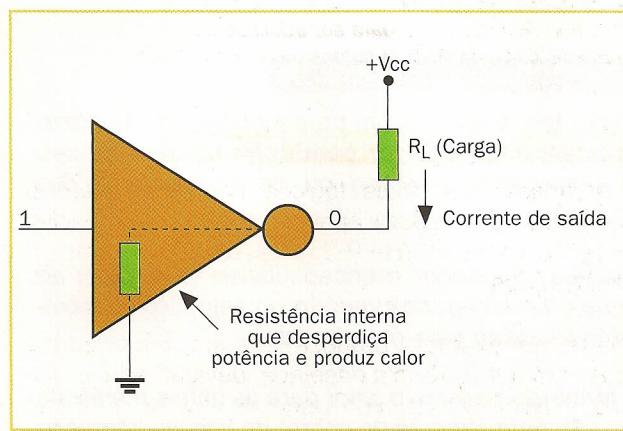
CORRENTE NAS SAÍDAS

Se uma saída deve proporcionar ou absorver **muita** corrente, nos seus extremos encontra-se uma tensão (para a resistência interna) e dissipa-se a potência.

O caso limite é um **curto-circuito**, por exemplo, uma saída com nível H ligada à massa: a potência desperdiçada é V_{CC} (alimentação) pela corrente que passa.

Os dados indicam a **corrente máxima** necessária para cada terminal de saída, por exemplo 25 mA por 5 V de alimentação; além disso, desta corrente se aquecem os transistores MOSFET da saída.

A corrente absorvida pela saída provoca um desperdício de potência na resistência interna dos transistores MOS.



CORRENTE DE ALIMENTAÇÃO

A corrente **estática** máxima da alimentação (nenhuma comutação) implica uma potência supérflua nos extremos do aquecimento: por exemplo, $10 \mu\text{A} \times 5 \text{ V} = 50 \mu\text{W}$. Sobre o funcionamento é necessário acrescentar a corrente **dinâmica** de acordo com as mudanças de estado, sempre atentos às capacidades parasitas e à

informação proporcionada pelo fabricante. No caso de um circuito com poucos componentes, como acontece com o 74HC07, esta permanece quase sempre limitada (mais ou menos $10 \mu\text{A}$ a 10 MHz), embora nos circuitos mais complexos possa contribuir notavelmente para um aumento do consumo.

Símbolo	Parâmetro	Condições do teste		Valor						Unidade		
		V_{CC} (V)		$T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$ 54HC e 74 HC			$-40 \text{ a } 85^{\circ}\text{C}$ 74 HC		$-55 \text{ a } 125^{\circ}\text{C}$ 54HC			
				Min.	Tip.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.			
I_{CC}	Corrente de alimentação inativa	6.0	$V_{\text{I}} = \text{Vcc} \text{ ou } \text{GND}$			1		10		20	μA	
C_{IN}	Capacitância da entrada				5	10		10		10	pF	
C_{OUT}	Capacitância da saída				3						pF	
C_{PD}	Capacitância do desperdício de energia				4						pF	

À corrente de alimentação acrescenta-se a mesma que se dá às comutações, por efeito das capacidades parasitas.

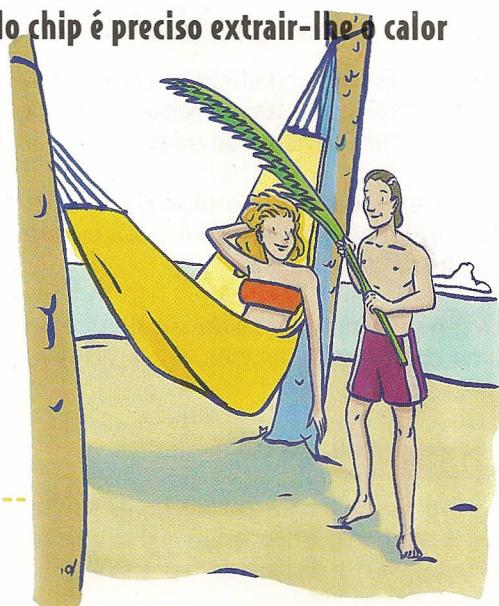


Arrefecimento dos integrados

Para ter sob controle a temperatura do chip é preciso extrair-lhe o calor

O desperdício da potência não tem efeito imediato sobre a temperatura, o mesmo acontece quando se quer acender um aquecedor num quarto e este não aquece imediatamente.

Significa isto que uma potência similar à dos limites do integrado pode ser **tolerada** por alguns milésimos de segundo, mas com a passagem do tempo a temperatura interna sobe. Se a potência média desperdiçada por um circuito é bastante elevada, é necessário **extraír** o calor para o exterior para estabilizar a temperatura interna de acordo com os valores aceitáveis.



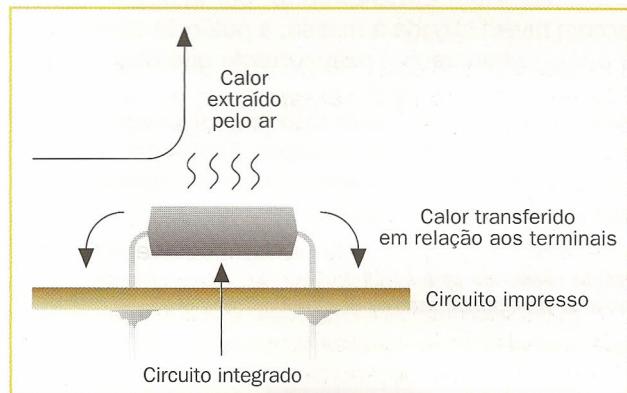
PERCORRIDOS PELO CALOR

O calor tem a sua origem no pequeno chip de silício e alcança o exterior por **condução térmica** de seu encapsulamento (plástico ou de cerâmica) e dos terminais.

Uma vez no exterior, o encapsulamento dá calor ao ar que o extraí por **convecção** ou seja, com o movimento causado pelo próprio calor.

Os terminais passam o calor para as trilhas metálicas (que são normalmente de cobre) do circuito impresso que, por sua vez, o expulsam para o ar.

Fluxos de calor provenientes do chip passam para o exterior, de acordo tanto com o ar como com os terminais.



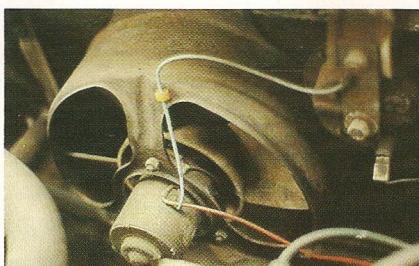
RESISTÊNCIA TÉRMICA E DISSIPADORES

Os condutores de calor perfeitos não existem: cada percurso oferece uma certa **resistência térmica** que na prática, se traduz numa "queda de temperatura" por cada watt transportado.

Isto significa que entre o chip e o ar exterior tem de existir uma certa **diferença de temperatura**. Para minimizá-la podem ser adotados diferentes sistemas (além de reduzir a potência desperdiçada).

A condução térmica entre o encapsulamento do integrado e o ar que o rodeia pode ser melhorado com um **dissipador** metálico e, se for necessário, com ventilação forçada. Se observarmos com atenção, verifi-

camos que, para um aumento da **temperatura do ar**, corresponde um aumento igual da temperatura do chip. É necessário portanto projetar pensando na máxima temperatura ambiente possível.



Como acontece com um automóvel, também com os integrados a única possibilidade é recorrer à ventilação forçada.

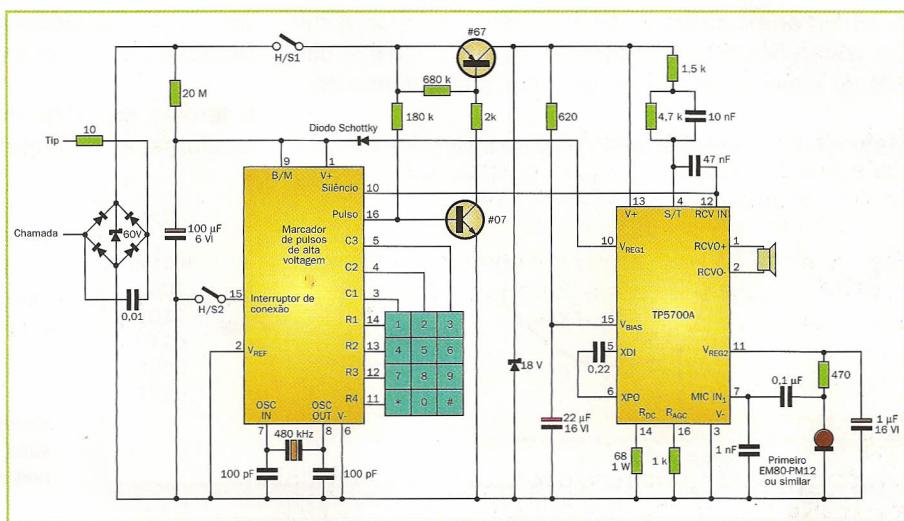


Telefonia digital

Os telefones atuais utilizam exclusivamente componentes eletrônicos

O telefone clássico (ver lição 5) era construído com dispositivos **eletromecânicos**; concretamente o disco giratório controlava um interruptor. Este fato implicava tempos relativamente longos para selecionar um número e, sobretudo, um enorme **custo de manutenção** dos complexos seletores da central.

Nos anos 70, o progresso verificado no campo da eletrônica digital tornou possível a substituição gradual dos mecanismos eletromagnéticos por circuitos **de estado sólido**, ou eletrônicos.

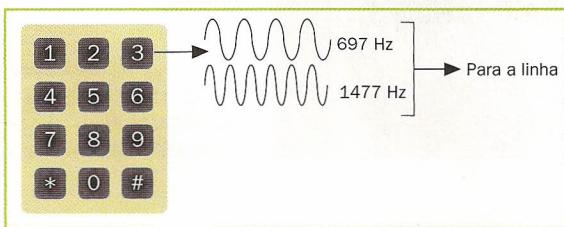


Esquema de um telefone digital moderno: apenas dois circuitos integrados realizam grande parte do trabalho.

NÚMEROS, TONS E FREQÜÊNCIAS

Em vez de enviar um número como uma série de impulsos (interrupções da linha), os telefones eletrônicos enviam um **som** por cada cifra.

Este som está formado por dois tons puros (ondas



CARGA DA LINHA E TELEFONES EM PARALELO

Os circuitos eletrônicos do telefone são alimentados pela corrente que procede da mesma **linha telefônica**; no esquema superior vê-se a ponte retificadora, que garante uma polaridade correta. Para não **sobreregar** os aparelhos centrais, convém evitar a ligação de mais de 3-4 telefones em paralelo, ou seja, na mesma linha. Entre outros inconvenientes, os telefones em paralelo permitem **escutar** as conversações alheias; para

No caso de que os telefones estejam em paralelo, a mesma linha deve alimentar a todos os aparelhos; seria melhor utilizar uma central pequena.

senoidais) sobrepostas; a **combinação** das duas freqüências identifica a cifra desejada: por exemplo, 697 Hz e 1477 Hz significam o número “3”. O sistema chama-se **DTMF** (Dual Tone Multiplexed Frequency: freqüência multiplexada de tom duplo) e permite uma transição rápida dos números sendo também pouco influenciável às interferências da linha.

A cada cifra numérica corresponde um par de freqüências que são enviadas simultaneamente.



evitar essa situação desagradável basta instalar uma central menor que admite apenas um aparelho de cada vez.



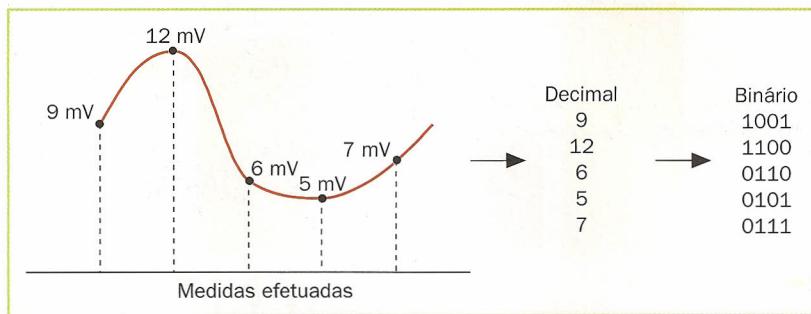


Redes telefônicas digitais

A voz, hoje em dia, já não viaja na forma de um sinal analógico pois converte-se também numa forma digital

Os sinais **analógicos** estão facilmente sujeitos a ruídos, distorções ou interferências. Além do mais, é difícil fazer viajar mais do que um sinal pelo mesmo fio.

Deste modo, o sinal de áudio procedente, por exemplo,



da campainha, **converte-se** (normalmente na primeira central local) numa forma digital.

A tensão da onda elétrica **mede-se** com intervalos regulares, e o número correspondente envia-se em forma binária (a técnica especial usada chama-se PCM, ou seja, Pulse-Code Modulation ou modulação do código de impulsos). À sua chegada, o procedimento oposto reconstrói a onda elétrica e portanto a voz

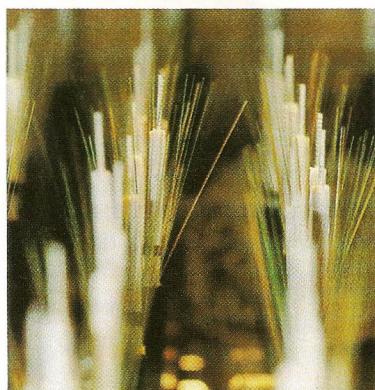
Conversão analógico-digital (simplificada): o sinal de áudio converte-se numa série de números binários.

DIVISÃO DO TEMPO

Para transmitir várias conversas através do mesmo fio, este último atribui a si próprio, por **turnos**, cada um dos sinais que esperam ser transmitidos ("multiplexado").

Deste modo, envia-se um número binário que pertence à **primeira** conversação, depois um outro que pertence à segunda etc.; quando todas estão terminadas, volta-se a começar desde a primeira.

O número de conversações simultâneas depende da velocidade da transmissão, e portanto da **frequência** que, por sua vez, depende da qualidade da linha.



São permitidas freqüências especialmente **altas** pela fibra óptica, quando os bips para transmitir viajam como se fossem impulsos luminosos.

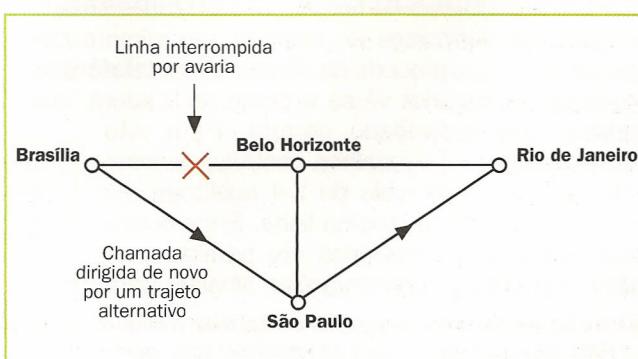
Apenas numa fibra ótica podem viajar centenas de milhares de chamadas telefônicas.

CENTRAIS DIGITAIS

As centrais telefônicas modernas podem, com todo o direito, considerar-se entre os **computadores** maiores do mundo.

A difícil missão de **encaminhar** as conversações, ou seja, escolher o melhor trajeto para elas, é realizado por um programa de computador (o software), em vez de através de dispositivos físicos (hardware).

As centrais digitais escolhem o melhor trajeto para a chamada, evitando possíveis problemas.





Geradores de sinais analógicos

Para testar os circuitos é útil dispor habitualmente de um sinal que possa ser controlado

Se um amplificador de som não funciona, para se encontrar a avaria, pode-se utilizar uma possível técnica que consistiria simplesmente em **aplicar um sinal à entrada**.

Desta forma, seria possível **seguir** este sinal ao longo de todo o amplificador, até encontrar o ponto no qual este se perde ou se altera.

Para pôr a funcionar um circuito, é útil também dispor de uma **fonte** do sinal com as características indicadas.

Gerador de funções, ou seja, sinais de diferentes formas, numa mistura de freqüências que inclui o campo de áudio.



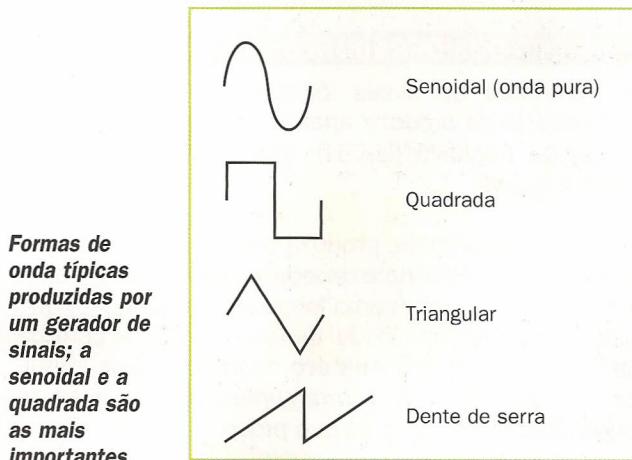
AMPLITUDE, FREQUÊNCIA E FORMA

O **nível** do sinal, ou seja, a sua amplitude, pode configurar-se normalmente entre poucos mV (por exemplo para uma entrada do microfone) e uns quantos volts.

A **freqüência** pode ser regulada entre as frações de Hz e centenas de KHz, pelo menos para as ferramentas com baixa freqüência (no campo da rádio e da televisão existem diferentes exigências).

A **forma da onda** pode ser senoidal e normalmente também é quadrada, triangular e/ou em dente de serra.

Às vezes também se pode introduzir uma **modulação**, ou seja, fazer que varie periodicamente a amplitude ou a freqüência do sinal.

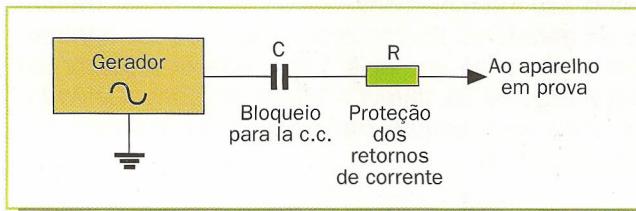


ADAPTAÇÃO EM CORRENTE ALTERNADA

Quando se utiliza um gerador de sinais, é conveniente eliminar a **componente contínua**, ou seja, acrescentar um capacitor em série à saída da ferramenta.

Pelo contrário, se tocarmos num ponto do dispositivo para lhe injetar o sinal de teste é possível que cause algumas **alterações** ou curto-circuitos que provocarão estragos na ferramenta, no circuito ou em ambos.

O valor do capacitor deve ser tanto mais elevado quanto mais baixa for a freqüência; uma resistência em série protege a ferramenta de eventuais **retornos** da corrente alternada, embora também atenuar o sinal.



Um capacitor em série bloqueia a componente contínua; uma resistência limita a corrente alternada (mas pode atenuar o sinal).



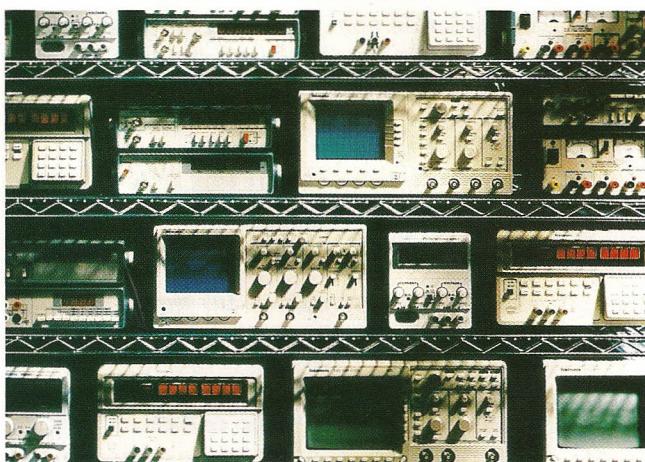
Geradores de sinais digitais

Se enviarmos sinais lógicos às entradas dos circuitos digitais, pode-se verificar o seu funcionamento

Nos circuitos de lógica combinada, basta ligar as entradas à massa ou à alimentação (por exemplo, com um comutador) para configurar respectivamente o 0 (L) ou o 1 (H).

No entanto, se o circuito é sensível às transições de estado, como o flip-flop e a lógica **seqüencial** em geral, os rebotes dos interruptores podem causar problemas. Isto significa que é necessário um circuito capaz de gerar impulsos **simples** e limpos; uma versão simples que se pode construir com um comutador e um flip-flop (ver lição 11 de Digital).

Entre as diferentes ferramentas, um gerador de impulsos, embora não seja essencial para ser utilizado pelos principiantes, pode ajudar no trabalho com alguns circuitos digitais.

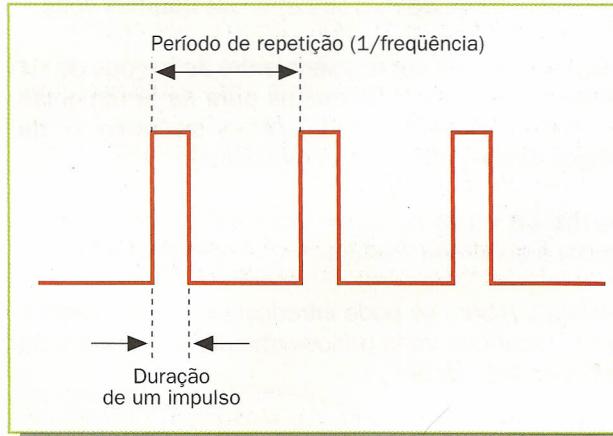


FUNÇÕES DOS GERADORES DIGITAIS

Os geradores de sinais lógicos não se limitam à possibilidade de produzir apenas um **impulso** positivo (L-H-L) ou negativo (H-L-H), mas oferecem também outras funções.

Pode-se, por exemplo, produzir uma seqüência de impulsos com a **freqüência** desejada, devidamente espaçados no tempo e com uma longitude (ou duração) que possa ser regulada. Pode também existir a possibilidade de produzir um **número** determinado de impulsos; no entanto, estas ferramentas são geralmente pouco úteis em relação ao seu preço.

Nos geradores de banco, a freqüência dos impulsos e a duração do impulso simples são reguláveis.



INJETORES DE SINAIS

Os injetores de sinais, além de serem os mais econômicos, são o complemento das sondas lógicas. Tratam-se de geradores de impulsos **reduzidos ao mínimo**, com a forma de um lápis. Estes podem produzir um **único** impulso de duração breve ou preestabelecida, ou ainda uma **seqüência** contínua de impulsos (de freqüência fixa).

Se são ligadas a uma **saída** de um integrado, produzem um breve (e geralmente inócuo) curto circuito no momento em que se produz o impulso, obrigando, por um instante, a saída a estar no estado desejado.



Um injetor de sinal tem um aspecto muito parecido com o de uma sonda lógica, mas desenvolve a função oposta.



Contador de 4 dígitos

Um circuito de contagem e visualização tem diferentes aplicações

Quer se trate de veículos em trânsito pela auto-estrada, garrafas numa esteira transportadora ou impulsos elétricos num circuito, a utilidade de um **contador** realizado por meios eletrônicos está fora de discussão.

Medir uma freqüência, avaliar uma velocidade ou um ritmo significa contar o número de **acontecimentos** baseando-se na unidade de tempo escolhida como amostra, por exemplo o segundo, o minuto ou a hora.

As aplicações práticas de um **contador digital** representam um mercado interessante, que determinou a difusão de muitas soluções baseadas num único chip de silício.

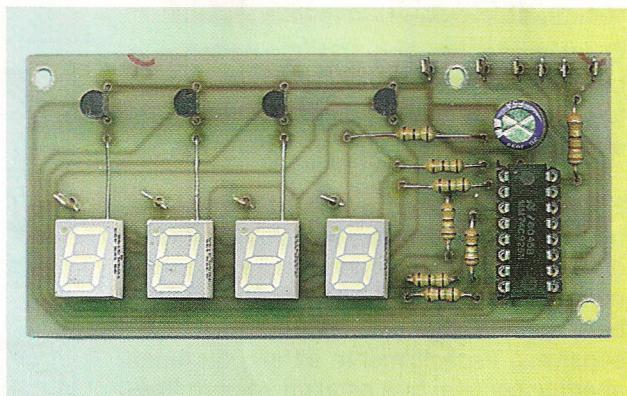


CONTADOR, DRIVER E VISUALIZAÇÃO

O nosso circuito inclui um **contador** de 0 a 9999, o visualizador (display) correspondente ao LED e os transistores (drivers) que proporcionam a corrente requerida por este último.

O coração do dispositivo está constituído pelo contador MM74C95, um exemplo de **integração** das distintas funções num único circuito, que se ocupa também de controlar os drivers dos visualizadores.

Além disso, contém uma **memória**, capaz de “fotografar” a contagem num determinado momento, e de manter os números parados no visualizador enquanto o contador avança (como o “parcial” de um cronômetro).



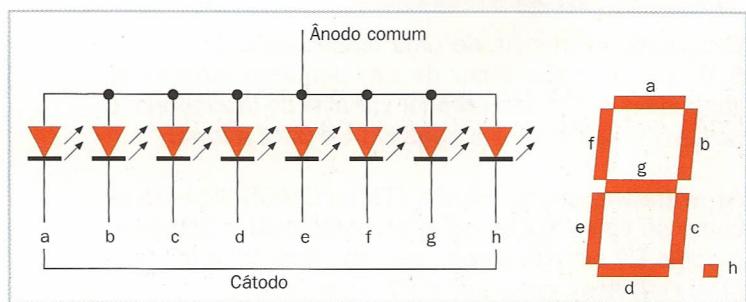
O contador digital já terminado, que inclui os seus quatro LED de sete segmentos.

APLICAÇÕES DO CONTADOR

A utilização mais óbvia consiste naturalmente em contar, por exemplo, o número de **interrupções** da barreira infravermelha já apresentada num projeto anterior.

Se contarmos quantos impulsos são recebidos pelo contador em apenas um segundo, obtém-se contudo, uma medida da **freqüência** (ciclos por segundo) do sinal da entrada.

Finalmente, utilizando um oscilador de freqüência, pode-se usar o contador para realizar um cronômetro, tal como se explica nas páginas seguintes.



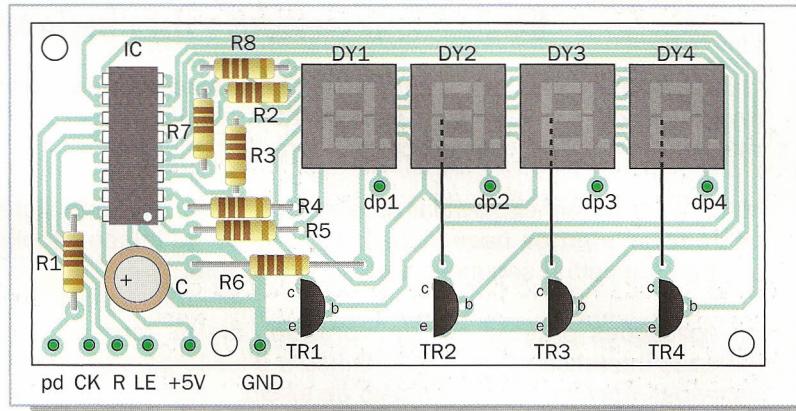
O contador utiliza os visualizadores de 7 segmentos que já utilizamos num projeto anterior.



Montagem do contador

A figura ao lado indica a **disposição** dos componentes na placa do circuito impresso; tal como sempre é necessário ter cuidado para seguir a orientação adequada. O primeiro passo consiste em **inserir** as quatro pontes, com o fio descascado, destinadas a terminar o trajeto de outras tantas pistas do circuito impresso (o quarto fica parcialmente debaixo do IC).

Os **visualizadores** dos sete segmentos (DY1.. DY4) são soldados para evitar um aquecimento excessivo: convém esperar entre um terminal e outro, ou alternar as soldas entre os quatro de forma que tenham tempo de arrefecer.

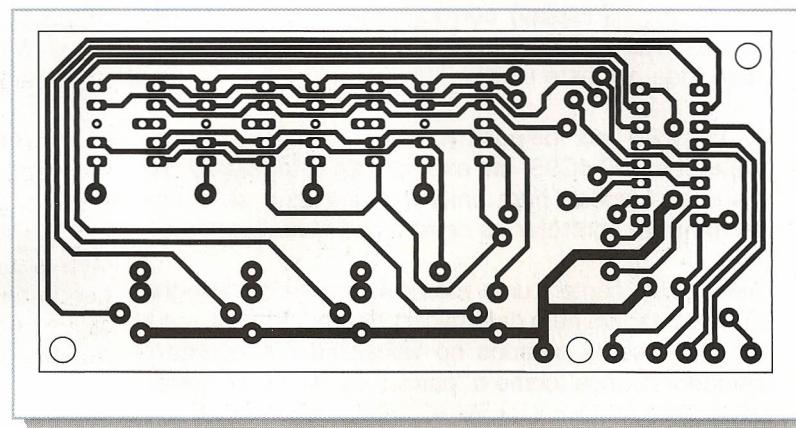


Disposição dos componentes: a parte descontínua das pontes está tapada pelo integrado ou pelos visualizadores.

ATENÇÃO ÀS CARGAS ESTÁTICAS

O integrado, do tipo CMOS, pertence a uma série bastante **delicada** no que se refere às cargas eletrostáticas; portanto, tem que ser manipulado com muita precaução.

Em primeiro lugar convém **descarregar-se** a massa, por exemplo, tocando num radiador, antes de apanhar com a mão o componente ou mesmo o circuito terminado. Também as entradas (CK, R, LE) são muito sensíveis, especialmente se são deixadas abertas: convém que estejam sempre **ligadas**, pelo menos com uma resistência, tal como se pode ver nos exemplos que descreveremos em seguida.



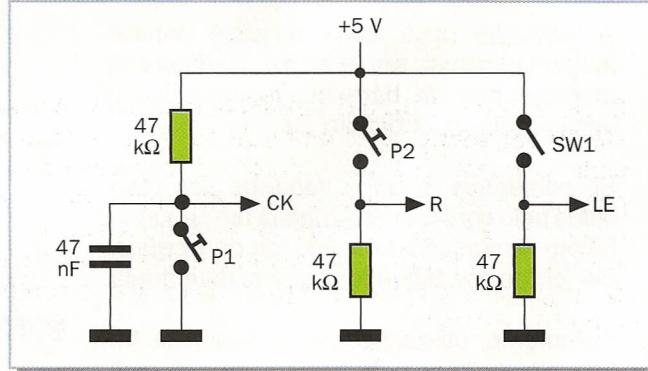
A base do circuito impresso vista pelo lado das trilhas de cobre.

ALIMENTAÇÃO E CONTAGEM

O contador necessita de uma tensão **estabilizada** de 5 V, que se pode obter de um pequeno módulo de ligação ou de um alimentador variável de laboratório: o positivo vai para +5 e o negativo vai para a terra.

As **entradas** aceitam sinais TTL ou CMOS; ligando-as como se vê na figura, pode-se comprovar o contador: o botão P1 avança a contagem (o capacitor evita possíveis rebotes), enquanto o P2 o põe a zero.

O interruptor SW1 permite **bloquear** o número que aparece no visualizador, sem que, por esse fato, se detenha o comutador: comutando novamente, ver-se-á a nova contagem que entretanto foi alcançada.



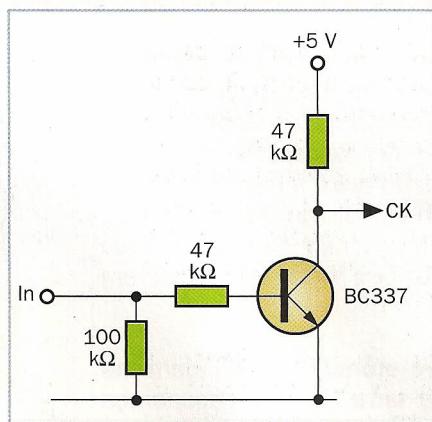
Como ligar as entradas para testar o funcionamento correto do contador digital.

TENSÕES NA ENTRADA

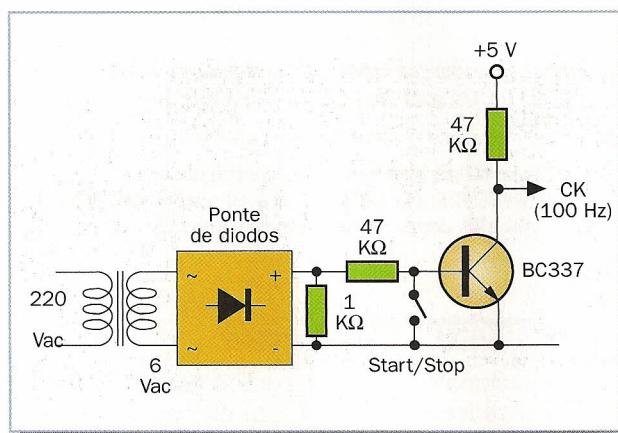
Se o contador deve estar ligado aos dispositivos que não saem com os sinais lógicos (TTL ou CMOS), é necessário um **interface** para adaptar a tensão e não estragar o integrado.

Na figura mostra-se um exemplo que já é habitual: o sinal externo controla um **transistor**, que funciona como interruptor e controla, por sua vez, a entrada do contador (relógio).

Nesta entrada nova é possível aplicar **tensões** compreendidas entre mais ou menos 2 e 24 V, por exemplo a saída do metrônomo eletrônico ou a barreira dos infravermelhos já apresentados em projetos anteriores.



Interface da entrada, para fazer avançar o contador com um impulso genérico da tensão.



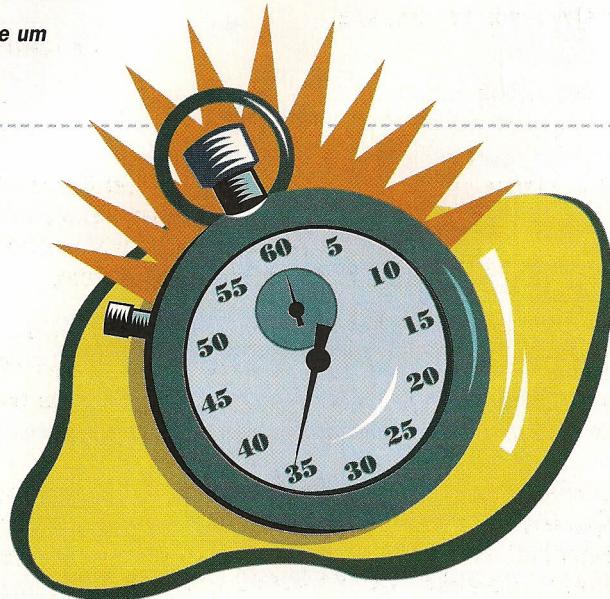
Cronômetro eletrônico que aproveita a freqüência da rede, obtida de um transformador de baixa tensão e duplicada pelos diodos.

UM CRONÔMETRO COM A REDE

A figura mostra como se pode realizar um cronômetro, que utiliza como oscilador... a freqüência da rede (60 Hz): a saída de uma ponte retificadora alcança 120 ciclos por segundo.

O interruptor **start-stop** controla a passagem dos impulsos e serve tanto para pôr a funcionar como para parar a contagem (em centésimas de segundo).

Convém ligar o R e o LE tal como se pode ver no esquema da página anterior: o botão P2 **zera** a contagem, enquanto que o SW1 funciona como **parcial**, fazendo parar os números no visualizador.



PONTO DECIMAL

O cronômetro já descrito anteriormente pode contar até **99 segundos**, após os quais começa de novo a partir de zero, até ter excedido a capacidade do contador e dos visualizadores. Para simplificar a leitura, é útil acender o **ponto decimal** do segundo visualizador, ou seja, o DY2, de forma a que se separem os segundos (os dois primeiros dígitos) dos centésimos de segundo.

Para consegui-lo basta ligar o terminal correspondente (dp2 no plano da montagem) ao terminal **pd** especialmente situado ao lado das entradas.

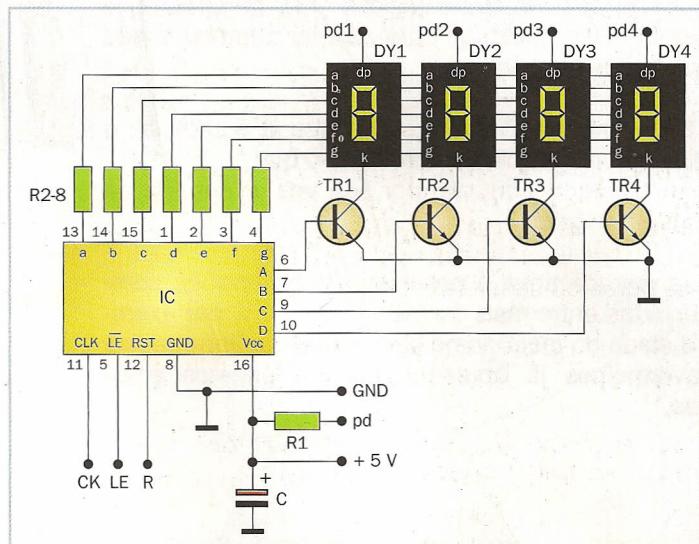


Funcionamento do contador

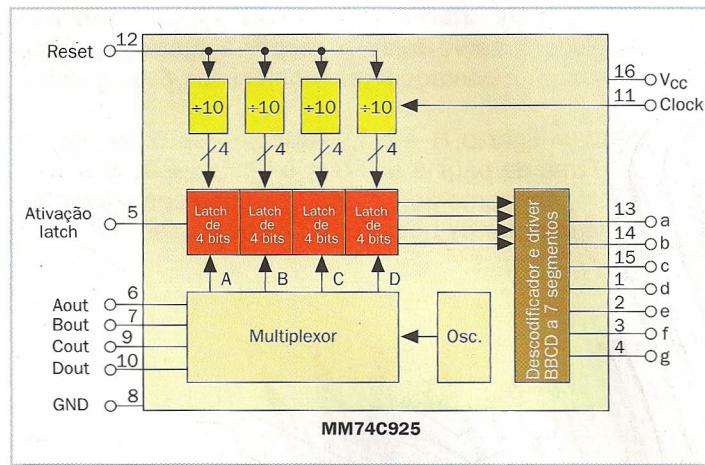
O **esquema elétrico** mostra como o integrado se ocupa de todas as funções; pode-se averiguar como é possível que quatro visualizadores de 7 segmentos não necessitem de $4 \times 7 = 28$ fios. A resposta é dada pelo “multiplexador”: os visualizadores acendem-se **um de cada vez**, embora o olho humano não perceba e fique com a impressão de que todos se acenderam ao mesmo tempo.

Realmente, a **persistência** da imagem na retina faz com que uma luz não desapareça imediatamente quando se apaga, pelo contrário, fica a impressão de que continua acesa ainda por uns instantes.

As sete saídas sobre o integrado alimentam os segmentos, enquanto que os **transistores** controlam o regresso da corrente à massa; atuam um de cada vez, de modo que se acende um único dígito.



Esquema elétrico do contador: os transistores funcionam como interruptores que controlam qual dos dígitos é que vão acender.



Esquema de blocos do circuito integrado MM74C925: em cima vêem-se os quatro contadores marcados como “÷10” (divisores por 10).

DIAGRAMA DE BLOCOS

Funcionalmente, o integrado contém quatro **contadores** de 0 a 9 (ou, dito de outra forma, divisores por dez), ligados em cascata, ou seja, um atrás do outro.

As suas saídas, passam para outros “latch” que desenvolvem a função da memória e controlam os quatro dígitos do visualizador através do **decodificador** adequado. Este decodificador escolhe quais os segmentos que se têm de acender, de acordo com o **número binário** (de 0000 a 1001, ou seja, de 0 a 9 decimal), procedente de cada contador. O multiplexador ocupa-se de acender apenas uma cifra de cada vez, com o ritmo ditado pelo **oscilador** que está incorporado no próprio integrado (mais ou menos 1 KHz).

LISTA DOS COMPONENTES

Todas os resistores são de 1/4 W, 5%

Resistências

R₁ = resistores de 220 Ω (vermelho, vermelho, marrom)

R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, R₈ = resistores de 180 Ω (marrom, cinza, marrom)

Vários

IC = MM74C925

DY₁, DY₂, DY₃, DY₄ = visualizadores (display) de sete segmentos de LED do cátodo comum D2000PK

TR₁, TR₂, TR₃, TR₄ = BC547 ou equivalente

C = capacitor eletrolítico de 100 μF 25 V

1 soquete de 16 pinos

10 enclaves para o circuito impresso 1 circuito impresso