

ELETRÔNICA LINHAGEM

30

para todos



**DIODOS CONTROLADOS
(SCR)**



EVOLUÇÃO DAS PAL



DADOS DOS SCR



**TELEVISÃO A
CORES**



**FERRAMENTAS PARA
ALTAS FREQUÊNCIAS**



**Projeto nº 30:
CARREGADOR DE BATERIAS
DE TAMPÃO**

SALVAT



**JACKSON
LIBRI**



Diódos controlados (SCR)

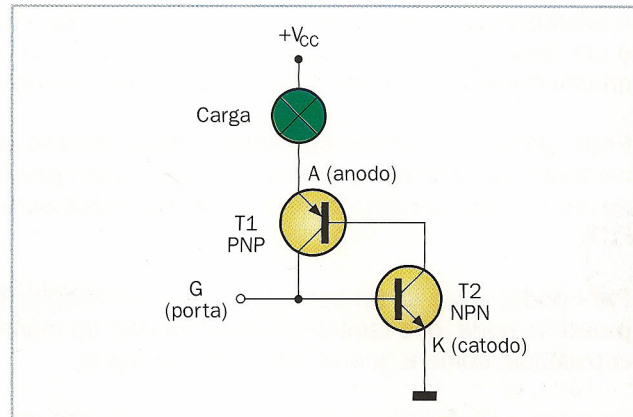
Estes interessantes componentes são capazes de "saltar" de um estado para outro

Quando se ligam entre si dois transistores **complementares** (ou seja, um NPN e um PNP), como os que estão na figura, não há passagem de corrente.

Realmente, os dois transistores estão ambos **interditados**, já que não há nada que faça passar a corrente nas uniões base-emissor.

No entanto, é interessante observar o que aconteceria a **cada** transistor se de alguma forma se fechasse, pois proporcionaria uma abundante corrente para a base do outro.

Dois transistores ligados deste modo não conduzem... pelo menos até que chegue um estímulo externo.



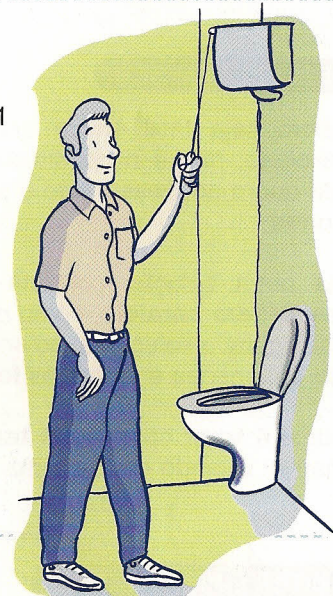
CONDUÇÃO AUTO-SUSTENTADA

Se enviarmos uma pequena corrente para a base do T2, este **começa** a conduzir; a sua condução proporciona, portanto, corrente para a base do T1 que, por sua vez, reforça a corrente da base do T2.

De fato, o circuito comporta-se como um interruptor que **se fecha e permanece fechado**; a tensão nos seus extremos baixa para o valor mínimo suficiente para deixar passar a corrente de base.

O único modo de reabrir este interruptor consiste em **tirar tensão**, de modo que se interrompa (embora apenas por um instante) a corrente nos dois transistores.

Uma comparação irreverente: uma vez ativada, a carga (corrente) continua enquanto houver água (tensão) disponível.



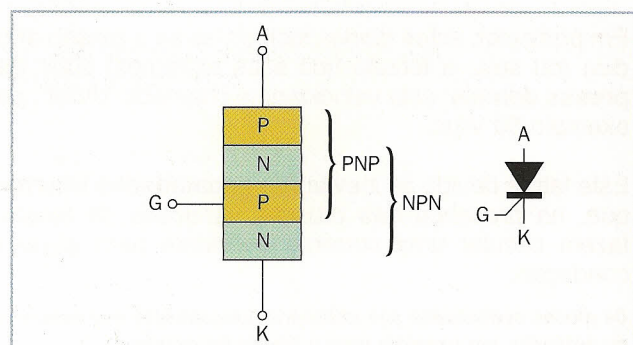
QUATRO REGIÕES PARA UM SCR

O dispositivo acima descrito pode ser realizado **num único chip**, utilizando quatro regiões dopadas P-N-P-N, como se indica na figura: as duas regiões centrais são comuns aos dois transistores.

Este dispositivo toma o nome de "thyristor" ou **SCR** (Silicon Controlled Rectifier: retificador controlado de silício), já que se comporta como um diodo que se ativa sob controle.

Os três terminais chamam-se anodo, catodo e

porta: esta última é o eletrodo de controle que permite colocá-lo na condução.



Estrutura de um SCR e o seu símbolo: um diodo com um eletrodo adicional de controle, a porta.



Circuitos com o SCR

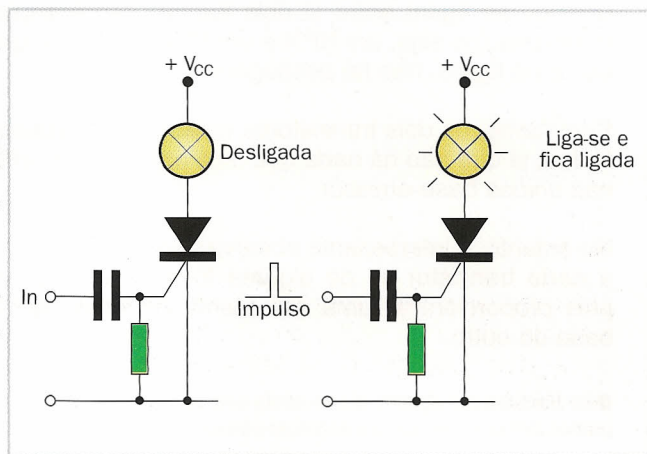
As características dos diodos controlados tornam-nos úteis em várias circunstâncias

A diferença que existe entre um transistor de união (BJT) e um diodo controlado é que este não necessita de nenhuma **corrente de base** para se manter na condução.

Pode, portanto, comutar **correntes fortes**, mesmo com centenas de ampères em alguns modelos, sem precisar de um controle robusto, como o que é necessário para os BJT.

Para poder enviá-lo em condução basta um simples **impulso** na porta, que também se pode ajustar de maneira capacitada, como a que se apresenta na figura.

***Junção capacitada:** um impulso na porta ativa a condução do SCR, que depois pode se manter sozinho.*

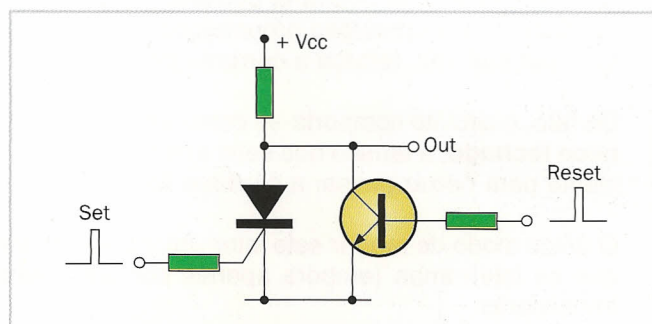


DESLIGAR UM SCR

Embora seja fácil enviar em condução um diodo controlado, não é nada simples **interromper** a corrente que o atravessa: não é possível fazê-lo a partir da porta.

Uma outra solução consiste na utilização de um transistor **em paralelo**, como no bi-estável já mostrado na figura; a solução é, no entanto, pouco prática no caso de tensões e correntes fortes.

O ideal é fazer com que a **tensão** falte ou se torne negativa: quando ela se torna negativa o SCR abre-se.



***Flip-flop SR:** um impulso na porta faz conduzir o SCR e outro impulso no transistor desliga-o "roubando-lhe" a corrente.*

LIMITES E PRECAUÇÕES

Os diodos controlados também têm uma característica **não desejada**: a de ter o "gatilho mole"; podem se fechar mesmo sem terem recebido impulsos na porta.

Em particular, estes diodos fecham-se se a tensão anódica (ou seja, a tensão nos seus extremos) subir **depressa demais**; esta velocidade é chamada " dV/dt ", por exemplo 50 V/ μ s.

Este fato é devido às inevitáveis **capacidades internas** que, na presença das bruscas variações de tensão, fazem circular uma corrente suficiente para ativar a condução.

Os diodos controlados são utilizados normalmente nos controles de potência, por exemplo para a tração ferroviária.



Triac

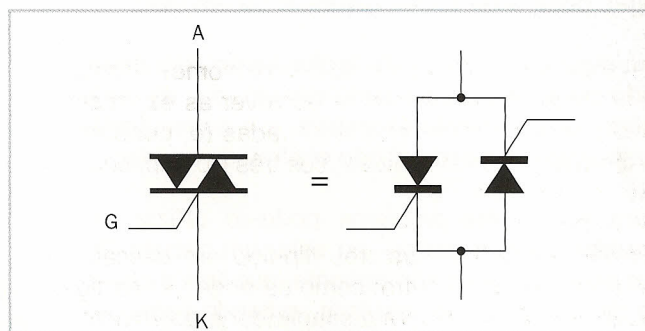
Na corrente alterna, é conveniente dispor de um diodo controlado bidirecional

Um "triac" é equivalente a um SCR normal, mas pode funcionar com **as duas** polaridades, como se estivesse constituído pelos dois SCR em paralelo ao contrário mostrados na figura.

A tensão que existe entre a porta do catodo, necessária para ativar a condução, pode ser sempre positiva ou, em muitos modelos, **negativa** quando é negativa também a tensão anódica. Um triac é normalmente utilizado para comutar correntes alternas, e apenas se

Um triac pode ser imaginado como dois SCR, dos quais um deles está ao contrário; no entanto, o controle está sempre entre a porta e o catodo.

desliga quando **passa pelo zero** da tensão, ou seja, quando chega ao fim de cada período da onda.

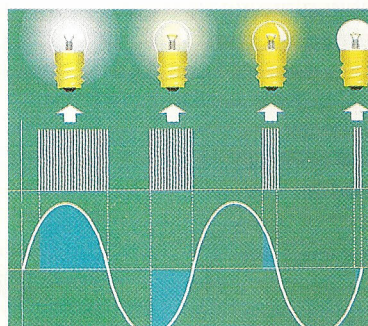


CONTROLE DA FASE

Um triac pode ser utilizado como um simples relé estático, para substituir uma forte corrente alterna, mas também pode ser aproveitado para construir **reguladores** como os das lâmpadas domésticas.

É suficiente ativá-lo, em cada período, com um certo **atraso**: permanecerá fechado até chegar ao fim do mesmo período, quando a tensão passar pelo zero.

Se regularmos o atraso, poderá **variar-se** a quantidade de energia proporcionada à carga em cada período.



do e, portanto, (por exemplo) a luminosidade de uma lâmpada incandescente.

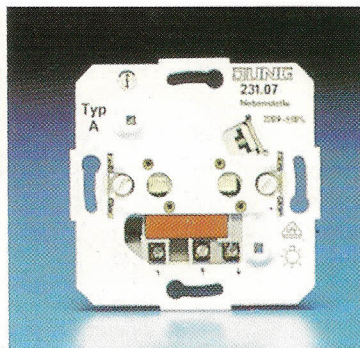
Se variarmos a fase do ponto de ativação, podemos controlar a energia proporcionada à carga (área azul) durante cada período.

ZERO CROSSING

A **brusca comutação** da ativação de um triac produz um impulso, que pode conter muitos harmônicos de alta frequência (os reguladores de luz de má qualidade produzem interferências tanto nos rádios como nos televisores).

Deste modo, são necessários **filtros** adequados (geralmente do tipo LC, ver lição 17), que evitam este desagradável inconveniente; as normas atuais são, em certo sentido, bastante severas neste ponto.

Se o triac for utilizado simplesmente como um relé estático, ou seja, como um interruptor, as interferências são eliminadas quando se liga imediatamente **em seguida** ao princípio da onda, ou seja, à passagem pelo zero (zero crossing).



Dentro de um regulador de luminosidade existe um triac e mais alguns componentes, entre os quais estão um indutor e um capacitor de filtro.



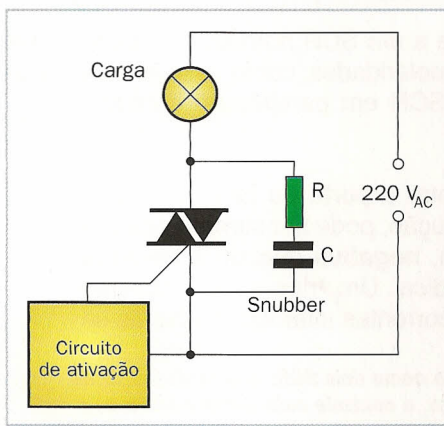
Pormenores sobre o SCR e o triac

Precauções circuitais e versões especiais relativas a estes dispositivos

Já comprovamos que uma **rápida variação** da tensão (ou seja, uma elevada dV/dt), causada por exemplo pela desligação de um motor em outro lugar, pode fazer fechar um SCR ou um triac.

Em alguns circuitos, este **fechamento não desejado** pode causar um curto-circuito, ou, de certo modo, uma corrente excessiva, e a conseqüente destruição do mesmo diodo controlado ou triac.

Para evitar este problema pode-se utilizar um **snubber** (amortecedor), ou seja, um circuito RC em paralelo com o componente, que tem o objetivo de "suavizar" os impulsos, evitando variações demasiadamente bruscas.



Snubber em paralelo com um triac para protegê-lo de uma excessiva dV/dt , que poderia fechá-lo acidentalmente.

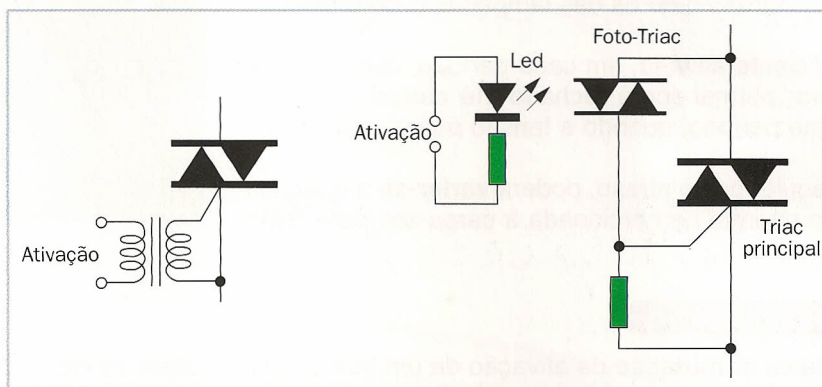
CONTROLE E ISOLAMENTO

Estes dispositivos são habitualmente utilizados para controlar circuitos alimentados com uma tensão relativamente **elevada**, por exemplo, os 220 V da rede.

Por outro lado, o circuito de controle costuma ser de **baixa tensão**: portanto, é necessário encontrar uma forma de isolamento que esteja entre as duas seções.

Pode-se utilizar, por exemplo, um pequeno **transformador**, com o

único objetivo de transmitir para a porta o impulso procedente do circuito de ativação, sem que haja continuidade elétrica.



Ativação com transformador e com foto-triac: dois modos de isolar os circuitos de controle da tensão aplicada à carga.

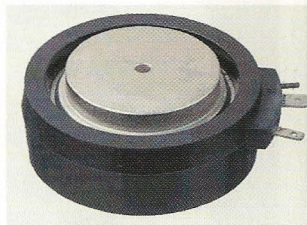
FOTO-SCR E TRIAC

Um modo ainda melhor seria poder-se **isolar opticamente** o triac (ou o diodo controlado) dos circuitos que o controlam; no entanto, existe o problema de transmitir energia suficiente para ativar.

Uma das soluções mais válidas está constituída pelo SCR e o triac que são **sensíveis à luz**: ativam-se quando se acende um LED montado no mesmo encapsulamento, mas sem contato elétrico com eles.

Podem permutar correntes fracas, mas normalmente são utilizados para controlar a porta de um dispositivo

de maior potência, como se ilustra na figura da parte superior.



SCR e triac de elevada potência, incluídos nos invólucros com uma adequada dissipação do calor.



Evolução das PAL

A lógica programável tornou-se cada vez mais sofisticada

Já vimos na lição 6 que os **integrados digitais** contêm inicialmente simples portas, que se vão tornando progressivamente mais complexas, processo este que não parece ir desaparecendo.

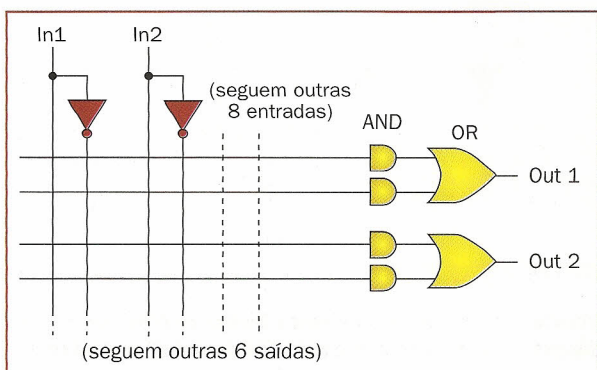
Também os dispositivos lógicos programáveis seguiram o mesmo caminho, de tal forma que hoje é possível **projetar** e realizar chips próprios com um custo razoável.

Um exemplo deste **progresso** pode ser visto através da evolução das PAL, que a crescente incorporação de novas funções tornou de fato continuamente mais versáteis.



UM LIMITE EXCESSIVO

Uma das **primeiras** PAL, a 10H8, tinha 10 entradas e 8 saídas, cada uma das quais procedente de um simples OR, como se mostra na figura.



É interessante observar que, com esta **estrutura**, se pode realizar facilmente um AND entre várias entradas (mesmo entre as 10 já referidas), mas não um simples OR de três entradas:

$$Y = A + B + C$$

Os OR de saída têm de fato **duas únicas entradas**, mas a nossa expressão requer a soma lógica (OR) de três termos.

A simples estrutura AND-OR da 10H8 é uma PAL da primeira geração; observe os OR de duas entradas.

COM A AJUDA DE MORGAN

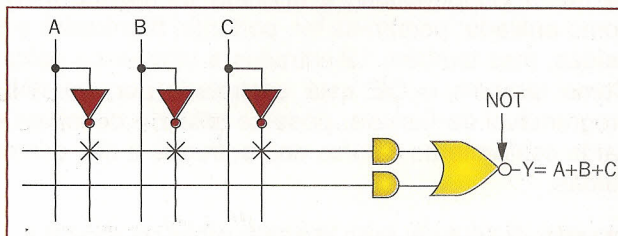
O teorema de Morgan (ver lição 5) permite **transformar** a expressão do OR, negando tanto entradas como saídas e trocando os OR com AND:

$$Y = A * B * C$$

Na prática, a saída está baixa se **todas** as entradas forem baixas: é sempre um OR. No entanto, é necessário um inversor adicional para inverter a saída da PAL.

Um OR de três entradas realizado com a PAL 10H8, aproveitando a inversão lógica da saída.

Deste modo, o inversor pode ser omitido se empregarmos a 10H8, que utiliza **NOR** à saída em lugar de OR, ou seja, que tem as saídas ativas baixas, conforme resulte mais cômodo; o problema apresenta-se, porém, em outras circunstâncias.





Entradas e saídas

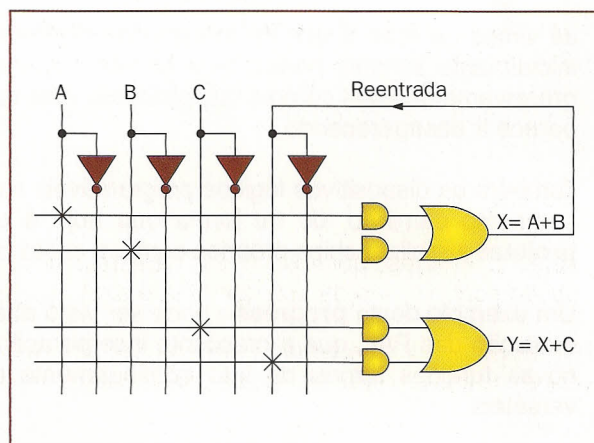
Os contatos multifunção tornam as PAL mais versáteis

Normalmente, é sempre possível resolver o problema do OR **a dois tempos**, fazendo antes um OR entre o A e o B e depois um OR entre o resultado anterior e a terceira entrada C.

$$X = A + B$$
$$Y = X + C$$

Trata-se, portanto, de **ligar** a primeira saída a uma das entradas, obtendo o resultado final numa segunda saída, como a que se mostra na figura; de certo modo estivemos esbanjando uma saída e uma entrada, e também perdendo tempo.

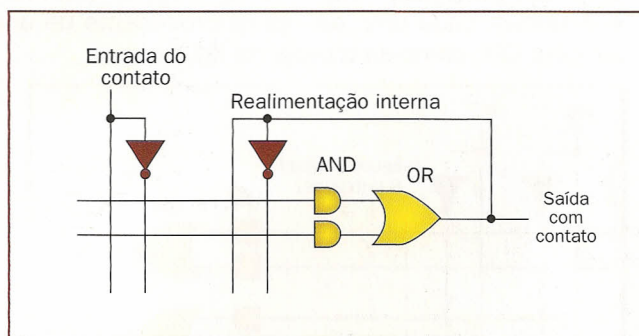
Com dois cruzamentos da PAL 10H8, pode-se obter o OR desejado de três entradas, mesmo que seja mais lento e com um certo esbanjamento.



REALIMENTAÇÃO DAS SAÍDAS

O uso de uma saída adicional é inevitável, dado que queremos utilizar o seu OR interno, mas pode-se **evitar** a ocupação de outra entrada, se aproveitarmos um modelo da PAL menos primitivo.

Nos integrados mais modernos, realmente, as saídas **voltam a entrar** na matriz interna: estão disponíveis nos AND sem interferirem com os contatos da entrada (ver figura). Portanto, podem ser utilizadas, tanto diretas como negadas, como **termos** nas expressões de outras saídas, exatamente como se estivessem ligadas por um fio a uma entrada posterior (à qual não corresponde nenhum contato).



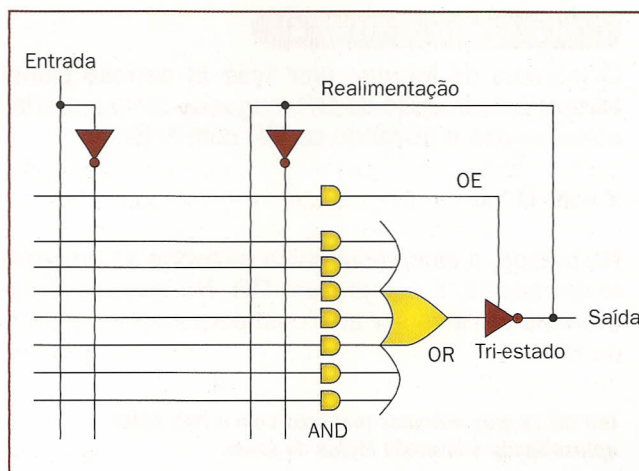
A realimentação das saídas para a matriz permite que sejam utilizadas diretamente como entradas de outras expressões.

CONTATOS PROGRAMÁVEIS

Um avanço bastante claro neste tema consiste na possibilidade de controlar a **saída enable** (OE: Output Enable), de modo que se envie a saída para alta impedância, ou seja, fazê-la funcionar como tri-estado.

Por exemplo, na 16L8 cada saída pode ser desativada de forma independente, e utilizada do mesmo modo como **entrada**: podem-se ter, portanto, 8 entradas e 8 saídas, mas também 15 entradas e uma única saída. Como também o OE está controlado por um AND programável de fusíveis, pode-se **ativar** e desativar a saída conforme os valores das entradas e das outras saídas.

As saídas da 16L8 são muito versáteis: podem ser ativadas e desativadas a partir da própria PAL.



Macro-células

As PAL modernas oferecem configurações de saídas programáveis

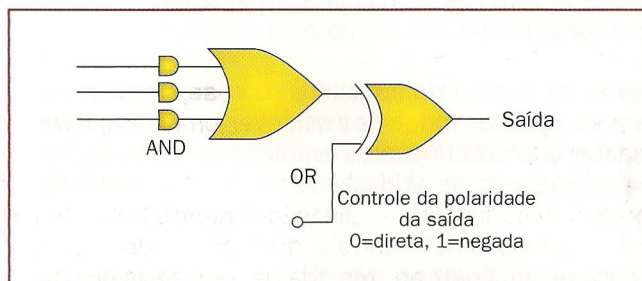
Já vimos que em **alguns** casos é muito útil ter um OR à saída, ao passo que em outros casos seria melhor um NOR, de modo que a saída estivesse “ativa baixa”.

Como os dois casos se podem apresentar nas diferentes saídas da mesma PAL, seria prático poder definir a polaridade em **cada uma das saídas**.

Por exemplo, a 16P8 utiliza um **XOR** à saída, programável com um dos seus fusíveis, permitindo, deste

Um XOR (OR exclusivo) permite estabelecer, para cada contato, se a saída do OR final deve ser direta ou negada.

modo, escolher se tem ou não uma inversão após o OR.

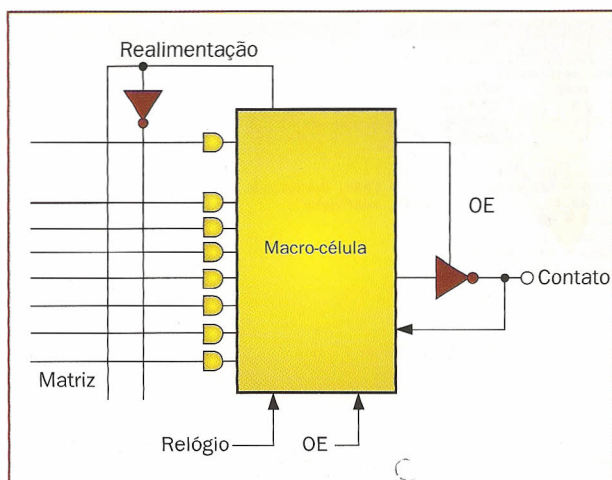


PAL UNIVERSAIS

Como as PAL foram criadas para **simplificar** os circuitos e reduzir o número de integrados diferentes para armazenar, não fazia sentido ter que utilizar muitos modelos diferentes da PAL.

Portanto, foram difundidas as PAL **configuráveis**, nas quais cada saída pode ser programada com uma estrutura distinta: os modelos acima descritos estão ultrapassados (quer dizer, já não são utilizados). Na prática, à saída da matriz encontra-se um pequeno circuito, chamado **macro-célula**, cujo conteúdo pode ser selecionado na fase do projeto entre as distintas opções disponíveis.

Estrutura da saída da GAL16V8, uma PAL programável eletricamente e com macro-células configuráveis.

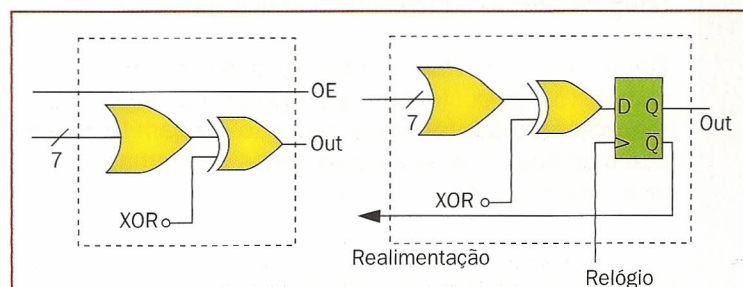


EXEMPLOS DE MACRO-CÉLULAS

A figura mostra dois exemplos de macro-célula (levemente simplificados) entre os oferecidos pela 16V8, **selecionáveis** para cada contato de saída, independentemente dos outros.

A primeira é uma clássica saída **combinatória**, de polaridade configurável com o XOR, que pode funcionar também em tri-estado e como entrada.

A segunda é uma saída **registrada**, ou seja, dotada de um flip-flop do tipo D; deve-se observar que, neste caso, o comando do tri-estado (OE) será comum para todas as saídas deste tipo.



As macro-células da 16V8 permitem escolher entre as diferentes configurações da saída.



Projetar com as PAL

Vejamos um exemplo de um dispositivo realizado com uma PAL

Um simples **registro de deslocamento** de 3 bits pode "ser construído" utilizando uma entrada e três saídas de uma PAL combinatória (registrada): mudam ao mesmo tempo, de acordo com o relógio.

Depois de terem sido atribuídos os nomes desejados para os contatos, podemos escrever as **expressões lógicas** que descrevem as entradas (e, portanto, no relógio seguinte, as saídas) dos três flip-flop, como na figura.

Praticamente **ligamos** três flip-flop em cascata, ou seja, um atrás do outro: como se pode ver na figura, as expressões refletem a simplicidade do circuito.

Registro do deslocamento de três bits, e expressões lógicas relativas para realizá-lo com parte de uma PAL.

ACRESCENTAR UM LOAD

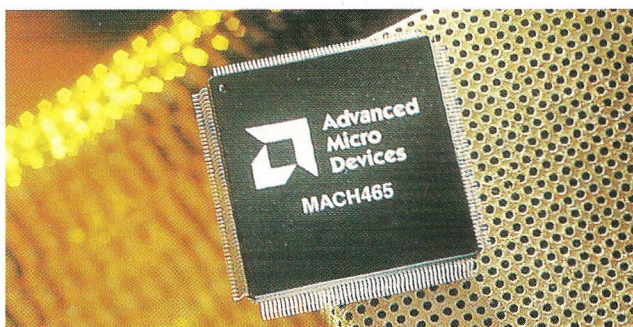
Pode-se acrescentar uma **entrada paralela**, ou seja, a possibilidade de configurar no registro de deslocamento o valor desejado (de modo simultâneo, ou seja, o relógio) simplesmente reprogramando a PAL.

É suficiente indicar que cada flip-flop (Q0, Q1, Q2) deve **copiar** a correspondente entrada de configuração (L0, L1, L2) se a entrada LOAD vale 1, de outro modo tudo funcionará como antes (ver figura).

Desta maneira acrescentamos um **multiplexor** à entrada de cada flip-flop... mas sem utilizar o soldador! Esta comodidade de modificação oferece grande economia, tanto de tempo como de dinheiro.

PARA ALÉM DAS PAL

Apesar da grande **flexibilidade** das PAL, de cuja potencialidade já falamos superficialmente, existem



```
Desloc.txt - Bloco de notas
Eicheiro  Editar  Procurar  Ajuda
CHIP SHIFTREG PAL16R8
;-----none-----Função-----comentário-----
PIN 1 CLK COMBINATORIAL ;relógio
PIN 4 SERIALIN COMBINATORIAL ;entrada
PIN 10 GND ;massa
PIN 12 Q0 REGISTERED ;saídas
PIN 13 Q1 REGISTERED
PIN 14 Q2 REGISTERED
PIN 20 VCC REGISTERED ;aliment.

EQUATIONS
Q0 = SERIALIN ;ao relógio, faz uma deslocação
Q1 = Q0
Q2 = Q1
```

```
Cargdesl.txt - Bloco de notas
Eicheiro  Editar  Procurar  Ajuda
;entradas adicionais
PIN 3 LOAD COMBINATORIAL
PIN 7 L0 COMBINATORIAL
PIN 8 L1 COMBINATORIAL
PIN 9 L2 COMBINATORIAL

EQUATIONS ;equações modificadas:
Q0 = /LOAD * SERIALIN ;se não é LOAD, deslocação
+ LOAD * L0 ;se LOAD, configura
Q1 = /LOAD * Q0
+ LOAD * L1
Q2 = /LOAD * Q1
+ LOAD * L2
```

Para acrescentar uma função de carga simultânea controlada pela entrada LOAD, basta modificar as equações da PAL.

situações nas quais não são suficientes. Este problema acontece sobretudo quando são necessárias numerosas ligações (ou flip-flop) **internas**: a PAL obriga a ocupar inutilmente contatos de saída.

Deste modo, convém utilizar dispositivos mais complexos e custosos, que estejam dotados de **macro-células internas** (e que não estejam ligados aos contatos); mas por agora, estes são temas para uma próxima lição.

Devido à sua versatilidade e comodidade, as famílias dos integrados lógicos programáveis estão em contínuo crescimento.



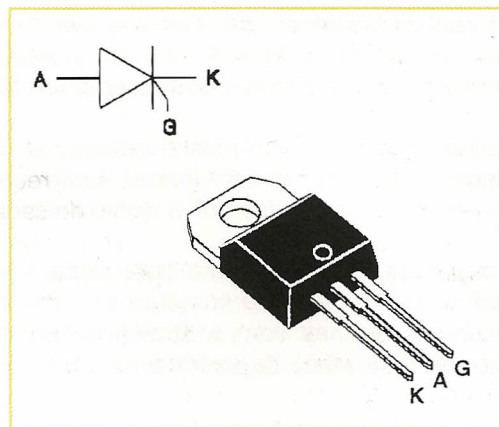
Dados dos SCR

Algumas das especificações devem ser examinadas com atenção

A família TYN x0 (SGS-Thompson) compreende vários diodos controlados, idênticos nas características, exceto pela **tensão máxima** que suportam.

A superação desta tensão provoca o fechamento do dispositivo, ou seja, envia-o para a **condução** como se tivesse recebido um impulso da porta.

Naturalmente este problema deve ser evitado, especialmente se produz a passagem de uma **corrente** elevada: além disso, tende a concentrar-se numa zona limitada da união, com a possibilidade de danificá-la.



Symbol	Parameter	TYN						
		0510	110	210	410	610	810	1010
V _{DRM}	Repetitive peak off-state voltage	50	100	200	400	600	800	1000

Modelos da família TYN x 10, e tensão máxima relativa aceitável.

LIMITES DE CORRENTE

A corrente suportada por um SCR depende da **repetitividade**: como se vê na figura, de 10 A_{rms} nas condições normais sobe acima dos 100 A para um único impulso breve.

Além disso, a corrente não deve subir mais **depressa** do que o indicado pelo dado di/dt , já que de outro modo se verifica o fenômeno de concentração irregular acima citado.

Em geral, para formas de onda não necessariamente senoidais, o dado I^2t indica a energia dissipada (de fato, a potência é I^2R e a energia é Pt), **energia** que aquece a união.

Symbol	Parameter	Value	Unit
I _{T(RMS)}	RMS on-state current (180° conduction angle)	T _c = 100 °C 10	A
I _{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (T _j initial = 25°C)	t _p = 8.3 ms 105	A
I ² t	I ² t value	t _p = 10 ms 50	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current Gate supply: I _G = 100 mA di _G /dt = 1 A/μs	50	A/μs

Alguns limites máximos relativos à corrente, com a energia produzida por ela e a sua velocidade de subida.

COMANDO E TENSÃO

Na figura, I_{GT} e V_{GT} são respectivamente a corrente e a tensão da porta (referente ao catodo) necessárias para **ativar** o dispositivo, ou seja, fazer com que se feche.

Por exemplo, se esta velocidade, devido a uma interferência, superar o valor indicado pelo **dV/dt**, o diodo ativa, isto é, fecha-se; a situação melhora levemente depois de colocar um resistor de baixo valor entre a porta e o catodo.

O tempo de fechamento t_{gt} é bastante longo: os SCR não são dispositivos especialmente rápidos; além disso, têm outro inconveniente: o limite na **velocidade** de subida da tensão anódica.

A ativação de um SCR pode-se produzir tanto por controle da porta como por uma subida rápida da tensão no anodo.

Symbol	Test Conditions	Value	Unit
I _{GT}	V _D = 12 V (DC) R _L = 33 Ω T _j = 25°C	Max 15	mA
V _{GT}	V _D = 12 V (DC) R _L = 33 Ω T _j = 25°C	Max 1.5	V
t _{gt}	V _D = V _{DRM} I _G = 40 mA di _G /dt = 0.5 A/μs T _j = 25°C	Typ 2	μs
dV/dt	Linear slope up to V _D = 67%V _{DRM} T _j = 110°C gate open	Min 200	V/μs



Dados dos triac

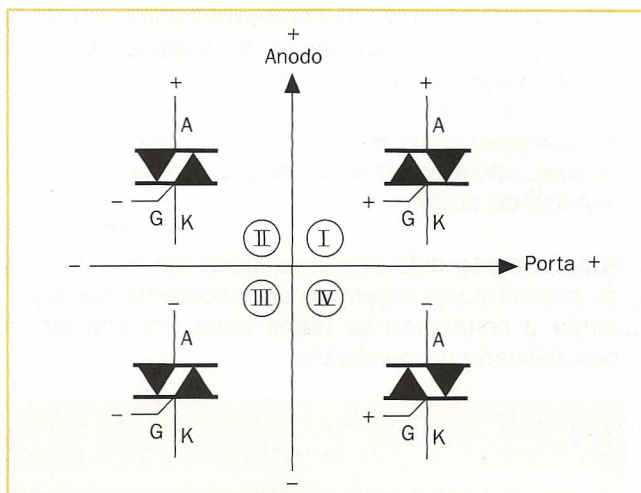
Estes componentes não são apenas SCR bidirecionais

O fato de trabalhar com corrente alterna requer que se tome em consideração também a **polaridade** das tensões e das correntes aplicadas a um triac.

Tomando como referência o catodo, as tensões no anodo e na porta podem formar quatro combinações distintas, simbolizadas pelos **quadrantes** da figura.

Os **dados** indicam se um triac pode funcionar nos quatro quadrantes, ou somente em dois ou três: por exemplo, apenas com a tensão da porta se tem a mesma polaridade da anódica (quadrantes I e III).

Os quadrantes indicam as quatro possíveis combinações da tensão anódica e tensão da porta que ativam a condução.



SENSIBILIDADE DA PORTA

Alguns triac são **ativados** com facilidade, ao passo que outros são mais “duros”, isto é, requerem uma maior corrente da porta para iniciar o processo de fechamento.

Por outra parte, um triac sensível está mais sujeito a **ativações acidentais**: a dV/dt do primeiro tipo é mais baixa (isto é, pior) do que o outro umas 10 vezes.

Por exemplo, a figura mostra como os triac da família BTA12SW requerem unicamente **10 mA**, enquanto os da família T1213H necessitam de **50 mA** para fecharem.

Symbol	Test Conditions	Quadrant		Sensitivity	
				13	Unit
I_{GT}	$V_D = 12\text{ V (DC)}$ $R_L = 33\ \Omega$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	I-II-III IV	Max Max	50 75	mA
dV/dt	Linear slope up to $V_D = 67\%V_{DRM}$ gate open		Min	500	V/ μs

Symbol	Test Conditions	Quadrant		Suffix		Unit
				SW		
I_{GT}	$V_D = 12\text{ V (DC)}$ $R_L = 33\ \Omega$ $T_j = 25^\circ\text{C}$	I-II-III	Max	10		mA
dV/dt	Linear slope up to $V_D = 67\%V_{DRM}$ gate open		Min	50		V/ μs

Dois triac de diferentes sensibilidades; observe como o da esquerda funciona somente em três quadrantes e o outro nos quatro.

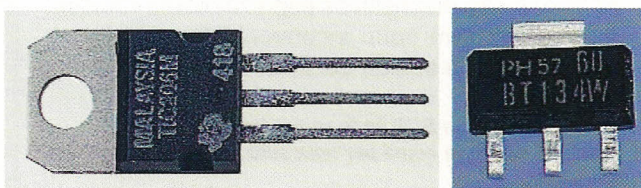
CARGAS RESIDUAIS

O projeto dos circuitos com triac é sempre bastante **delicado**, especialmente se estão em jogo cargas indutivas, como por exemplo o motor da uma batedeira.

Um dos parâmetros ao qual devemos prestar mais importância é a velocidade da descida da corrente **antes da desligação**, indicada nos dados com $(di/dt)_c$, onde o “c” significa “conmutating”.

Os triac estão disponíveis nos encapsulamentos de diferentes tipos, conforme a aplicação e a potência que se tem de dissipar.

Na realidade determina o número de **cargas** que permanecem na porta que, por sua vez, influem na sensibilidade do dV/dt quando a tensão volta; alguns triac são projetados para minimizar este efeito.



Dados das PAL

Estes versáteis dispositivos são considerados standard em alguns modelos

A **GAL16V8** (Lattice semiconductors: semicondutores de látex) é um exemplo de PAL programável eletricamente, muito difundida devido ao fato de a sua configuração ser bastante versátil.

De fato, é capaz de **competir** com grande parte dos modelos da PAL das primeiras gerações, além de oferecer uma ampla liberdade na escolha das configurações da saída.

A figura mostra esquematicamente como o chip está formado por uma **matriz** (array) de AND, cujas saídas, em grupos de 8, vão às macro-células finais (OLMC).

Esquema dos blocos da GAL16V8; as siglas OLMC significam "Output Logic Macrocell", isto é, macro-células de saída.

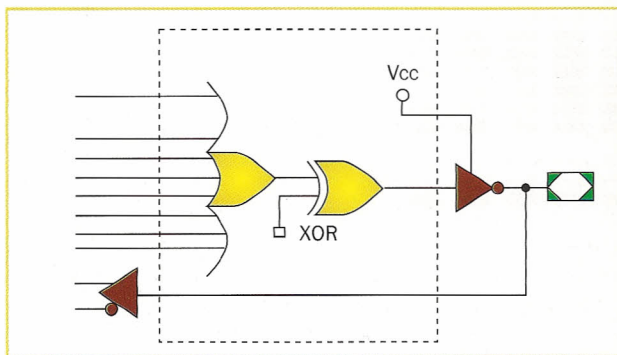
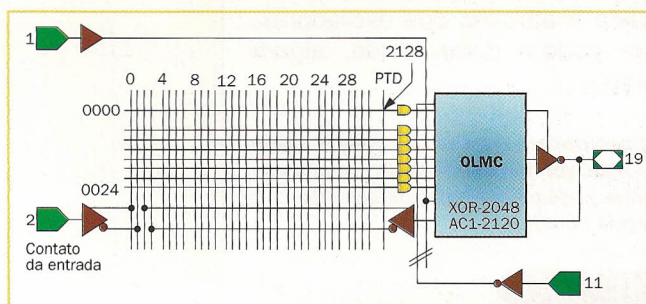
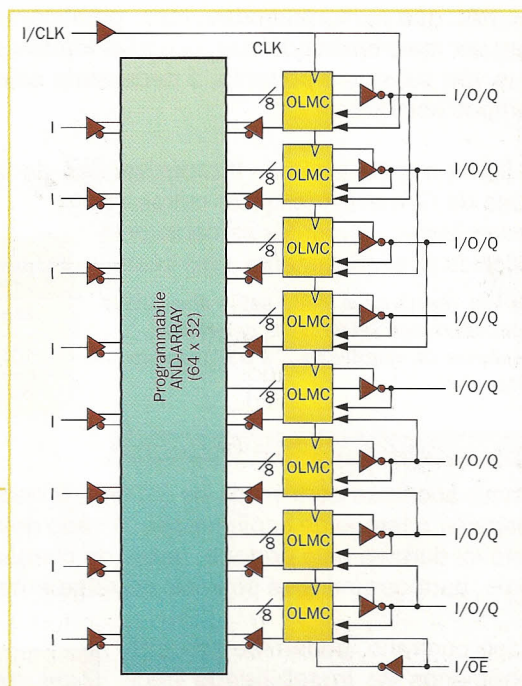
AND E OR

As 32 **entradas** da matriz, que são as linhas verticais mostradas na figura que está ao lado, provêm dos 8 contatos da entrada, diretos e negados, e das ligações de regresso (realimentação) das saídas, também diretas e negadas.

Cada **linha horizontal** representa um AND, cujas entradas podem ser ligadas ou não (em cada cruzamento) com as linhas verticais.

Cada macro-célula de saída recebe (no seu OR) oito destes AND, permitindo, portanto, escrever **expressões** nas quais se somam até 8 termos.

Um oitavo da GAL16V8, isto é, uma macro-célula que recebe as saídas de 8 AND, cada um deles nas 32 entradas programáveis.



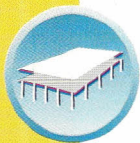
Exemplo de macro-célula "simples" no modo combinatório: um OR com saída direta ou negada, e realimentação desde a saída.

CONFIGURAR UMA MACRO-CÉLULA

Para cada macro-célula é possível escolher entre diferentes **configurações**, divididas em três grupos: "Simples", "Complexa" e "Registrada" (com flip-flop).

Podem **ser programadas** de modo que funcionem como saídas combinatórias ou sequenciais, como entrada ou também como E/S, isto é, entradas ou saídas conforme o estado do $\overline{OE}$.

Algumas configurações estão destinadas à competição com as antigas PAL, permitindo **substituir** estes integrados nos projetos já existentes sem nenhuma modificação no circuito.



Pormenores das PAL

As temporizações devem ser observadas com especial atenção

As PAL são muito cómodas, mas, geralmente resultam ser mais **lentas** do que as portas lógicas simples que vão substituir: portanto, é necessário calcular os tempos com precisão.

No modo combinatório, é importante o tempo da entrada à saída (t_{pd}), ao passo que no modo seqüencial também se considera o tempo do **relógio** que está à saída do dado (t_{co}).

A figura mostra algumas **temporizações** de três versões da GAL16V8 (existem outras intermediárias), diferentes somente pela velocidade e, obviamente, pelo custo.

As PAL (neste caso, GAL) estão disponíveis com diferentes velocidades garantidas, conforme as exigências... e o orçamento disponível.

Parameter	Test Cond.	Description	COM		COM/IND		COM/IND	
			-3		-10		-25	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
tpd	A	Input or I/O to Comb. Output	1	3.5	3	10	3	25
tco	A	Clock to Output Delay	1	3	2	7	2	12
tcf	-	Clock to Feedback Delay	-	2.5	-	6	-	10

CONFIGURAÇÃO E FREQUÊNCIA

Como acontece com todos os flip-flop, é necessário respeitar o tempo de configuração: o dado deve estar estável durante este período, **antes** de chegar ao relógio, para garantir que seja lido corretamente.

Os tempos de transição e de configuração limitam a **frequência máxima** do relógio, que, em todo o caso, (como se vê na figura) alcança valores muito razoáveis.

Caso contrário, podem-se produzir fenômenos de **instabilidade** (tecnicamente: meta-estabilidade), incluída a ativação dos osciladores, que podem durar, ainda, algum tempo.

Temporizações relativas ao relógio; como se pode ver não há tempo de espera: os dados podem ser tirados justamente depois do relógio.

Parâmetro	Cond. do teste	Descrição	COM		COM/IND		COM/IND	
			-3		-10		-25	
			Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
tsu	-	Tempo de configuração, entrada ou realimentação antes do relógio	2.5	-	10	-	15	-
th	-	Tempo de espera, entrada ou realimentação depois do relógio	0	-	0	-	0	-
fmax	A	Máxima frequência do relógio com realimentação externa, $1/(tsu + tco)$	182	-	58.8	-	37	-
	A	Máxima frequência do relógio com realimentação interna, $1/(tsu + tcf)$	200	-	62.5	-	40	-
	A	Máxima frequência do relógio sem realimentação	250	-	62.5	-	41.6	-

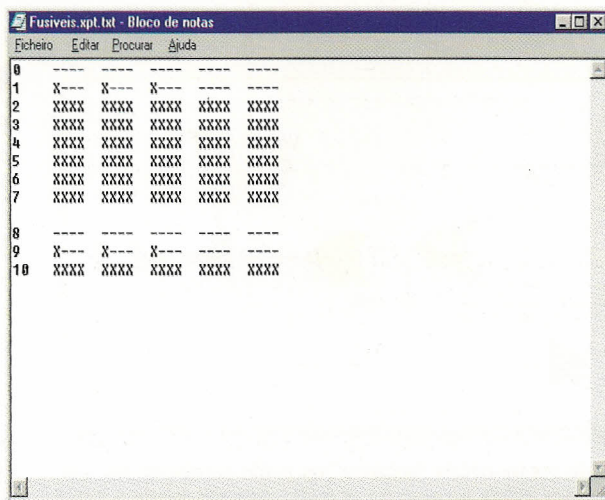
PROTEÇÃO

A fim de se evitar a cópia por parte de concorrentes desleais, a GAL 16V8 pode **ser protegida** se se configurar um bit (security cell) que impedirá que seja lida duas vezes: apenas pode ser apagado em bloco.

Além disso, pode-se acrescentar uma **assinatura** digital nos 64 bits que estão especialmente reservados; costuma-se escrever um código para identificar tanto o tipo como a versão do conteúdo.

Como a assinatura é **legível** embora a GAL esteja protegida, este fato permite responder à clássica pergunta: "alguém lembra qual é a versão da GAL que colocamos nesta placa?"

O arquivo destinado ao programador contém a indicação dos "fusíveis" que têm que ser suspensos, no formato desejado.





Televisão a cores

A cor é construída aproveitando as características do olho humano

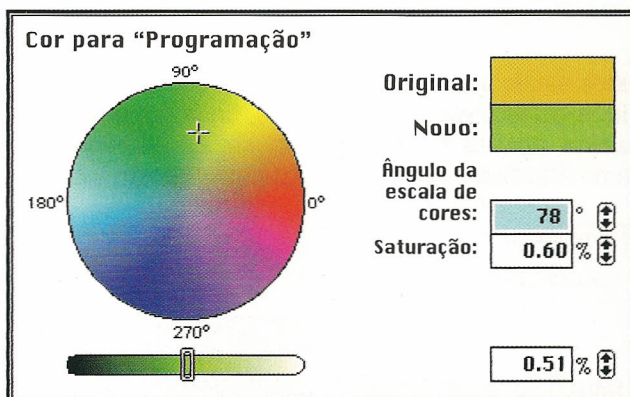
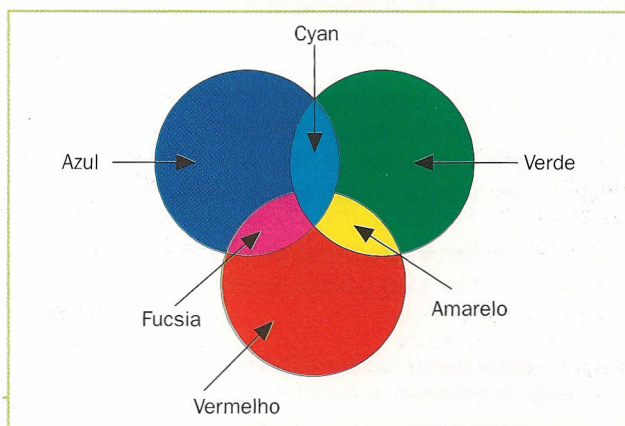
Um pintor, quando **mistura** diversas cores sobre uma tela, utilizando diferentes tintas dos seus tubos de cores, por exemplo amarelo e cyan (uma variante do azul) pode, com a combinação destas duas cores, conseguir o verde.

Pode-se obter o mesmo efeito misturando **luzes** de diferentes cores, mas neste caso as combinações serão diferentes: por exemplo, o amarelo pode ser obtido com a fusão da luz vermelha e azul.

Com esta técnica, chamada **síntese aditiva**, pode-se obter também grande parte das tintas visíveis,

A televisão a cores baseia-se na mistura aditiva de três luzes primárias (vermelho, verde, azul).

regulando a intensidade das três cores “primárias”: vermelho, verde e azul (RGB, das iniciais inglesas).



Roda de cores: o ângulo identifica a tinta, a distância que está no centro a saturação, e a luminosidade incluindo a intensidade.

ACRESCENTAR A COR

A televisão **transmite** uma cor na forma HSL (tinta, saturação e luminosidade), mas **mostra-a** no televisor utilizando o sistema RGB (vermelho, verde, azul).

De fato, por motivos históricos, a cor tem estado **vinculada** à tecnologia precedente da imagem a preto e branco, que já traz consigo a informação sobre a luminosidade (unicamente).

Os outros dois dados, tinta e saturação, são transmitidos através de um sinal aditivo: o **sub-portador da cor** (4,43 MHz no standard europeu PAL).

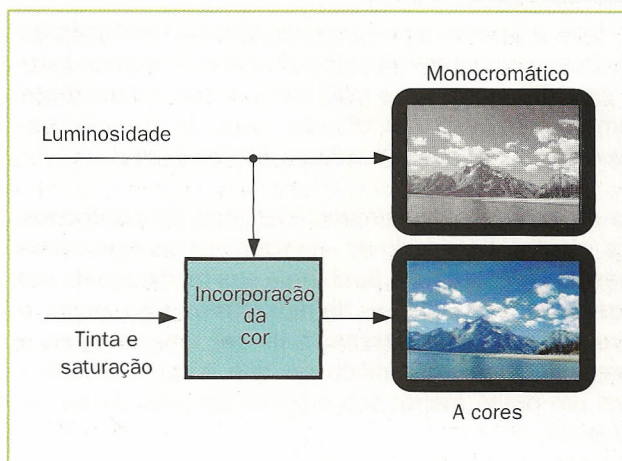
A informação da cor é acrescentada à imagem monocromática, isto é, a preto e branco.

TINTA, SATURAÇÃO E LUMINOSIDADE

Os nossos olhos não se limitam a notar a cor da tinta (por exemplo, verde ou vermelho), mas nos permite distinguir também outras **características** de uma cor.

A mesma tinta vermelha pode estar mais ou menos **saturada**, isto é, no estado puro ou atenuada com branco (que, além disso, é uma mistura de todas as cores): o cor-de-rosa é um vermelho pouco saturado.

Se variarmos a sua **luminosidade** podemos obter outras cores: por exemplo, o marrom é um laranja escuro. Tinta, saturação e luminosidade (HSL) descrevem perfeitamente uma cor.





Técnicas de televisão a cores

A cor é transmitida com pouca definição, quer dizer, com escassos pormenores

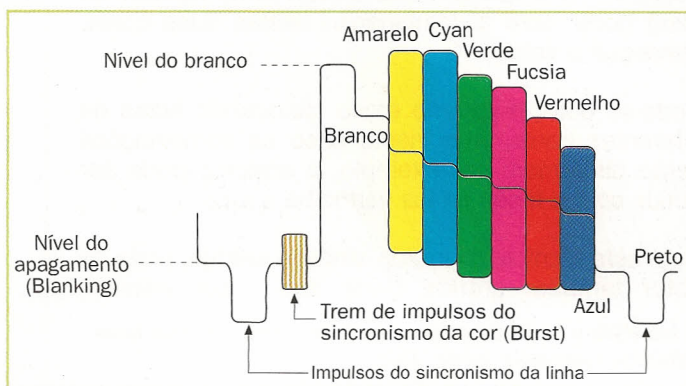
A **fase** do sub-portador de cor (depois de acrescentado ao sinal de vídeo) representa a tinta que se deseja mostrar nesse ponto, ao passo que a sua **intensidade** controla a saturação.

Devido ao fato de uma medida de fase requerer um **ponto de referência**, no princípio de cada fila da exploração são enviados alguns ciclos do sub-portador com uma fase bem especificada.

Trata-se do denominado **burst de cor**, que ocupa uma parte do blanking pouco depois do impulso

O trem dos ciclos (burst) de cor é utilizado para sincronizar um oscilador de referência no receptor da televisão.

do sincronismo, e que permite conhecer a "fase zero" que diz respeito à que se tem que medir.



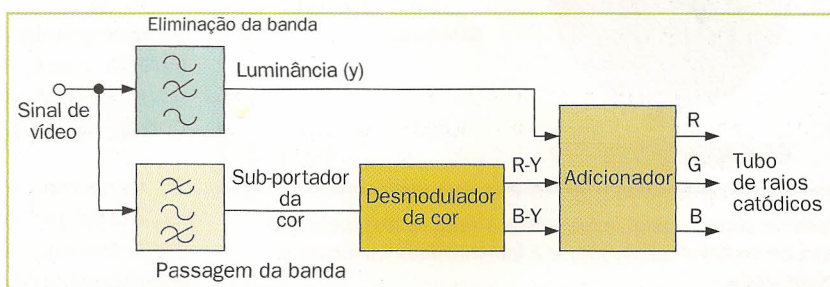
RECEPÇÃO DA COR

Na televisão, o sinal de **crominância** (quer dizer, o sub-portador com a cor) separa-se do sinal de luminância (intensidade), da imagem normal em preto e branco.

Um **desmodulador** encarrega-se de reconstruir a informação da cor que, combinada com a da luminosidade, produz os três sinais R (red: vermelho), G (green: verde) e B (blue: azul).

Demodulação da informação da cor: no final obtém-se um sinal RGB para enviar para o tubo de raios catódicos.

Estes sinais são enviados para **três canhões eletrônicos** do tubo de raios catódicos, cada um dos quais ilumina apenas os fósforos da cor correspondente; como resultado, na tela aparece uma imagem a cores.



RESOLUÇÃO DA COR

De fato, é interessante observar como a resolução da cor é notavelmente **inferior** à do preto e branco: existe uma diferença entre este fato e o que se acontece com os computadores, pois as cores da televisão estão relativamente desfocadas e são confusas.

No entanto, o olho humano identifica os **contornos** dos objetos baseando-se, principalmente, nas variações da luminosidade; também a sua resolução da cor é bastante baixa. Depois de reunidos os dois dados, o cérebro recebe a **impressão** de ver uma imagem a cores bastante mais nítida do que é na realidade... com um preço menor sob o ponto de vista da banda ocupada.



Vista de perto, a qualidade da cor na imagem da televisão é muito inferior àquela que parecemos ver.



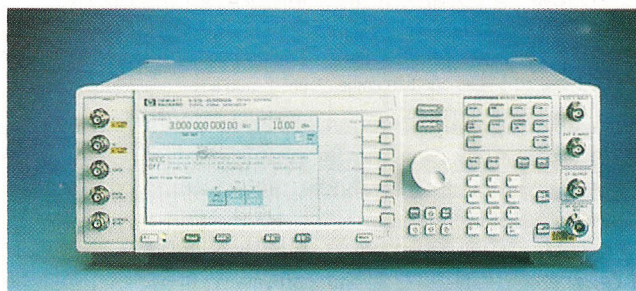
Ferramentas para altas frequências

No mundo das altas frequência é tudo completamente diferente, de maneira que são necessárias ferramentas especiais

Um **gerador de sinais** resulta ser muito útil também no campo do rádio, e em geral na alta frequência (RF), mas as suas características são diferentes das dos geradores já descritos na lição 12.

Portanto, deve ter uma **impedância de saída** precisa, para se adaptar o mais perfeitamente possível aos circuitos que vão controlar, normalmente de 50 Ω .

Além da potência da saída, medida por exemplo em dBm (ver lição 16 de Analógica), é importante a **pureza**, quer dizer, a ausência (ou quase) de frequências diferentes à da fundamental.

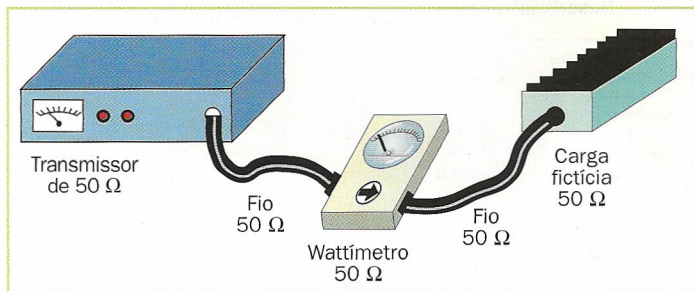


Gerador de sinais RF: em geral a saída pode ser modulada em amplitude ou frequência.

MEDIDAS DE POTÊNCIA

Quando se efetuam medidas num amplificador ou num transmissor, é importante poder conhecer a **potência** disponível da saída.

No entanto, deve-se medir **sem interromper** a ligação entre o dispositivo e a sua carga, e sem exagerar na impedância desta ligação.



Um **wattímetro** RF deve, portanto, ser considerado pelo circuito como um fragmento de um cabo coaxial de 50 Ω que, no entanto, extrai uma pequena parte da potência em trânsito para poder indicar o seu valor.

Um wattímetro para alta frequência é inserido ao longo do cabo coaxial pelo qual decorre a potência que vai ser medida.

ONDAS ESTACIONÁRIAS

Um dos principais problemas deste campo consiste na **inadaptação da impedância**, que causa reflexões não desejadas e as conseqüentes ondas estacionárias.

O medidor do **SWR** (Standing Wave Ratio - relação da onda estacionária) detecta a parte da potência que é refletida por causa de inadequações.

Alguns wattímetros são capazes de desenvolver também este objetivo, indicando tanto a potência direta (por exemplo, do transmissor à antena) como a **refletida** para o dispositivo que a produz.



Para uso náutico e de amadores, encontram-se wattímetros e medidores do SWR bastante econômicos, embora pouco precisos.



Medidas de sinais fracos

Normalmente é útil conhecer as frequências contidas num sinal RF

O **medidor de campo** é uma ferramenta criada para detectar sinais RF de fraca intensidade, recebidas por exemplo por uma antena, e marcar a amplitude num indicador.

Como já é habitual, interessa somente uma frequência, à qual a ferramenta deve poder **ajustar-se**; portanto, deve receber apenas a frequência selecionada, ignorando todas as outras.

No caso mais simples, a afinação é **manual** e pode ser obtida girando uma manivela graduada: este processo permite uma medida aproximada da frequência do sinal.



Medidores de campo de precisão; observe a entrada com tomada coaxial para altas frequências.

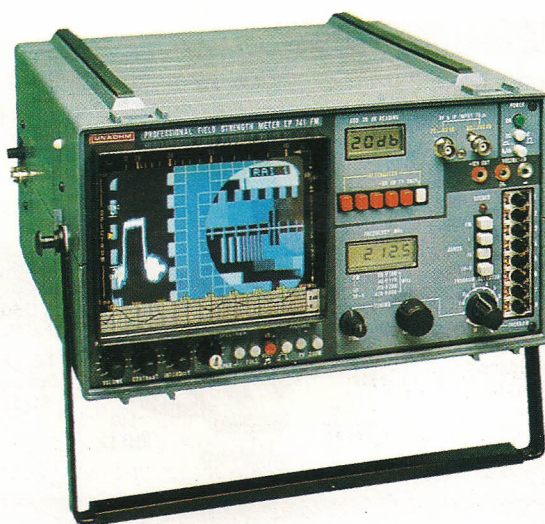
FREQUÊNCIAS DE VÍDEO

Os **instaladores de televisão** utilizam normalmente um medidor de campo dotado de um pequeno visor, no qual é possível ler a intensidade relativa dos sinais para as diferentes frequências.

Permite também observar e comparar a **intensidade** dos diferentes canais (frequências) recebidos, de modo que se possa dimensionar adequadamente a instalação da recepção da televisão.

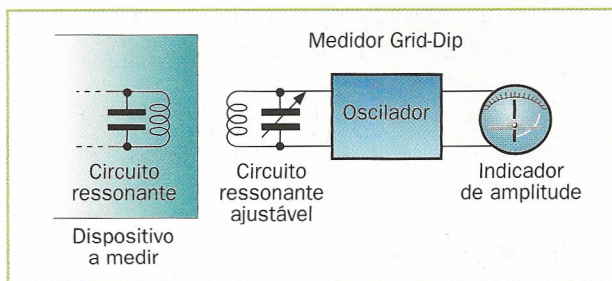
Trata-se de uma forma primitiva do **analisador de espectro**, que é uma ferramenta bastante útil (mas também muito cara na versão profissional) que examinaremos na próxima lição).

O medidor de campo da televisão pode também mostrar a imagem de vídeo e diferente informação sobre o sinal.



MEDIDAS DE RESSONÂNCIA

Muitas vezes não se deseja medir um sinal mas conhecer a **frequência da ressonância** de um circuito, por exemplo um grupo LC (indutor-capacitor).



O **medidor Grid-Dip**, que é uma ferramenta de amadores, utiliza um sistema equivalente ao que se costuma utilizar para afinar uma guitarra: um oscilador de frequência regulável, cuja bobina se aproxima ao circuito que se vai medir.

Quando se atravessa a frequência da ressonância do circuito que se vai medir, a **amplitude** do oscilador varia algumas vezes bruscamente, conforme o fator de qualidade (Q) do mesmo circuito.

Quando a indicação do medidor Grid-Dip muda, a sua manivela indica a frequência da ressonância do circuito.



Carregador de baterias de tampão

Um dispositivo útil para manter carregados os acumuladores de reserva

Num projeto anterior já descrevemos um carregador de baterias adequado para a **recarga** dos acumuladores de níquel e cádmio (NiCd), sublinhando como se deixam descarregar completamente.

No entanto, existem aplicações nas quais uma bateria deve estar **sempre carregada**, de modo que possa ter uma imediata disponibilidade com toda a sua capacidade em qualquer momento.

Neste caso, as de NiCd não são as mais indicadas: convém, especificamente neste caso, utilizar acumuladores **de chumbo** (Pb), que têm um comportamento muito adequado para este tipo de aplicação.

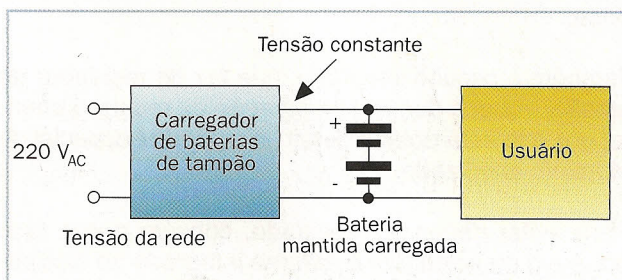


SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

Este tipo de recarregamento é chamado **de tampão**, já que serve para compensar a perda de capacidade devida à auto-descarga natural da bateria.

Um exemplo típico desta aplicação está constituído pelos **sistemas de emergência** (como as luzes de segurança), que devem entrar em funcionamento quando falta a tensão da rede.

Outra utilização muito difundida é nos sistemas **anti-roubo**: como não têm baterias de reserva, para os ladrões seria muito fácil cortar a corrente para desativar o sistema.



Num sistema de emergência, a bateria de reserva mantém-se sempre no máximo da própria carga.

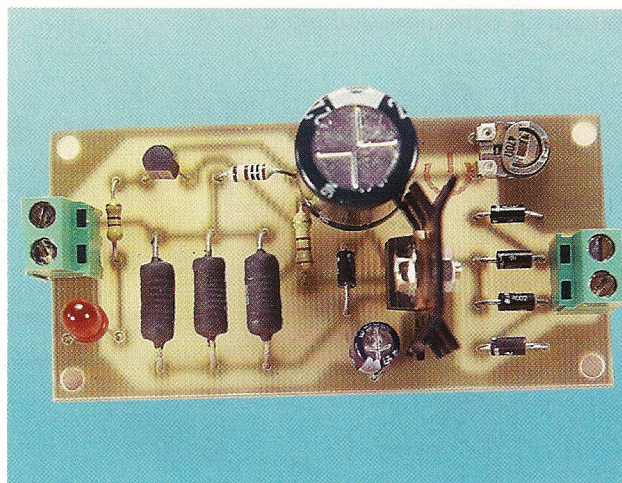
CARGA EM TENSÃO

Enquanto os acumuladores de níquel e cádmio requerem uma carga de corrente constante, os de chumbo são recarregados com **tensão constante**.

Na prática, um carregador de baterias de tampão é apenas um **alimentador estabilizado**, dotado de adequadas proteções contra correntes excessivas e curto-circuitos.

A tensão da saída deve ser regulada com **precisão**: se for insuficiente, a bateria não pode ser recarregada completamente; mas se for excessiva, a vida da própria bateria é reduzida.

O curto-circuito do carregador de baterias de tampão depois de terminado.



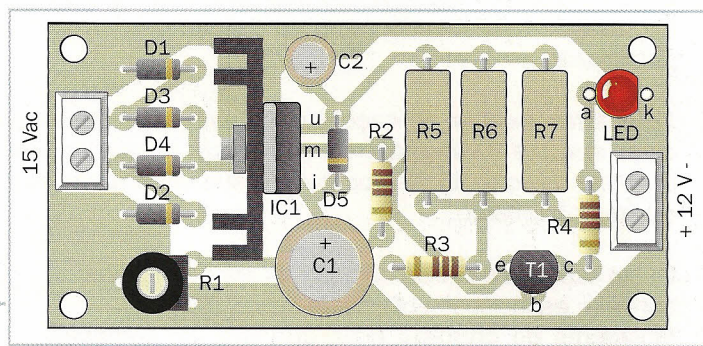


Montagem do circuito

A **base** prevista para este circuito aceita todos os componentes eletrônicos, com exceção do transformador da rede que, por exigências do isolamento e da segurança, deve ser colocada noutro lugar.

A montagem pode começar com os objetos **mais pequenos**, quer dizer, os resistores de 1/4 W (para os outros, ver posteriormente), o trimmer, os diodos e o transistor, continuando depois com os de maiores dimensões.

Disposição dos componentes do carregador de baterias de tampão na base do circuito impresso.



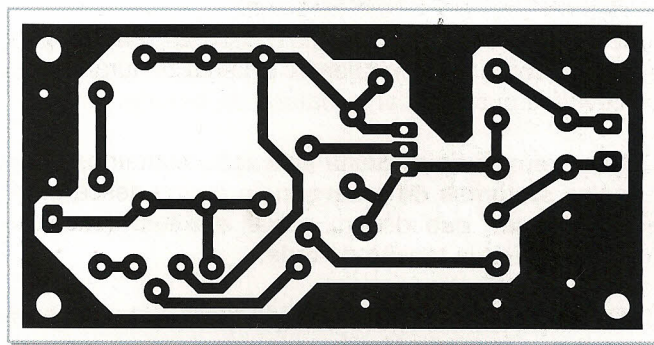
PRECAUÇÕES TÉRMICAS

Os **resistores de 3 W**, quando estão sujeitos ao aquecimento durante as condições de funcionamento, são montados com vários milímetros de distância da base.

Também o circuito integrado, que faz de regulador de tensão, aquece durante a operação da recarregamento; por isso está dotado de um **dissipador** especial de alumínio anodizado.

Para evitar danos ao integrado, convém **antes** fixar por meio de soldagem o mesmo integrado ao dissipa-

dor (talvez interpondo um leve estrato de massa termocondutora) para depois soldá-lo à base.

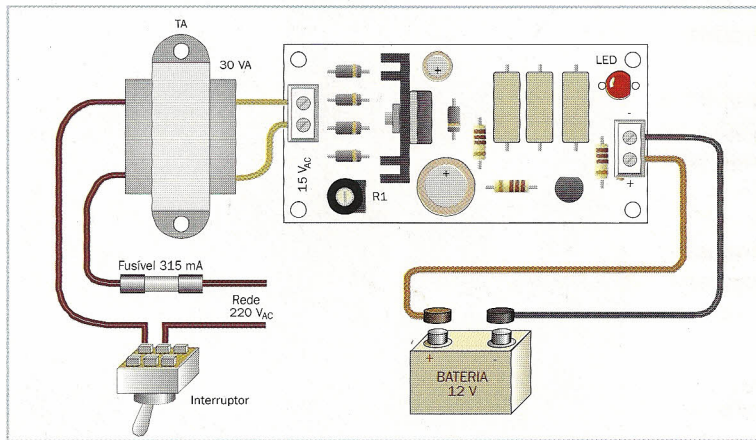


Circuito impresso do carregador visto do lado da soldagem.

TRANSFORMADOR DE ALIMENTAÇÃO

O sistema da alimentação do tampão extrai energia da **rede** através de um transformador de 30 VA (vol-tampères) com o secundário a 15 V.

Devido às exigências do **isolamento** elétrico é preferível escolher um modelo de mesa que tenha uma cobertura de resina, realizando as ligações com fragmentos de fio trançado flexível de, pelo menos, 0,75 mm² de seção.



A **cablagem** é mostrada na figura que está ao lado; pela parte da alta tensão (220 V) convém acrescentar um fusível em série de 315 mA do tipo semi-atrasado, e possivelmente um interruptor.

Ligações externas ao carregador de baterias, incluído o transformador de alimentação.

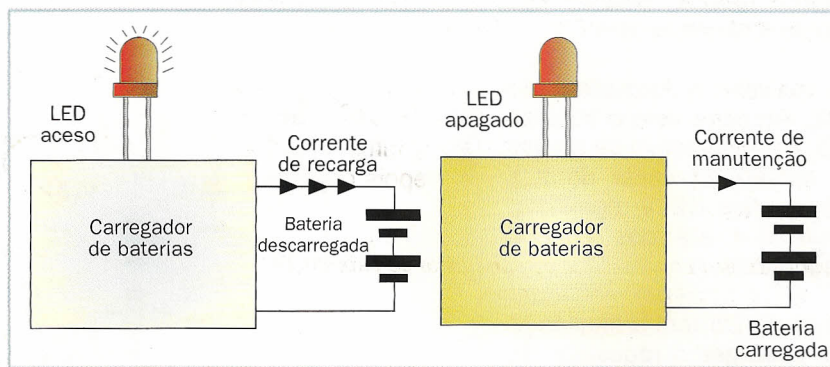
TESTE

Antes de ligar uma bateria para recarregar é fundamental uma correta **calibração**, quer dizer, a regulação precisa da tensão de saída que será aplicada à própria bateria.

Com um **voltímetro** ligado à saída, preferentemente do tipo digital (mais preciso), regula-se o trimmer resistente R1 até que indique exatamente 13,8 V.

Ligando um acumulador descarregado, o LED deve-se iluminar para indi-

O LED indica a corrente de carga: está, portanto, aceso com a máxima luminosidade quando a bateria está totalmente descarregada.



BATERIAS SELADAS

Para a sua utilização num ambiente fechado, convém utilizar baterias de chumbo do tipo **selado** (hermético), que não produzem hidrogênio inflamável durante o processo da carga.

O hidrogênio é **capturado** por um agente interno, que o restitui depois à bateria durante a seguinte descarga, evitando assim a sua emissão para o exterior (exceto nos casos anômalos, como sobrecargas).

O circuito é adequado para baterias de 12 V com uma **capacidade máxima** de 6 Ah, e capaz de proporcionar 1 A durante 6 horas; na prática, a diminuição da tensão durante a descarga reduz a sua vida útil.



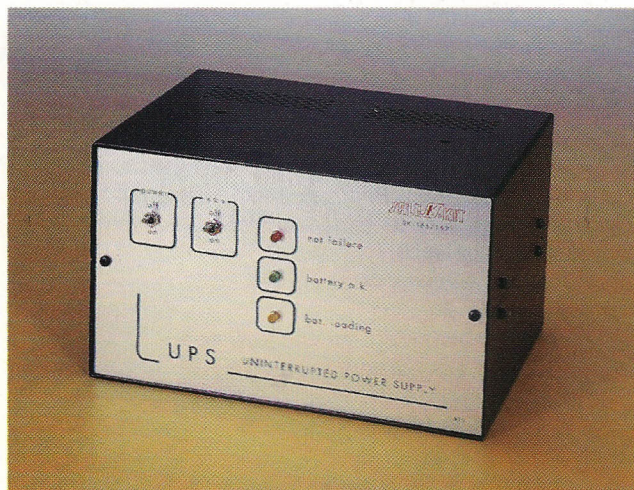
Acumuladores de chumbo do tipo hermético; deve-se utilizar explicitamente o mais adequado para o trabalho do tampão.

DURAÇÃO DAS BATERIAS

A **vida útil** de uma bateria de chumbo ligada ao tampão é normalmente de uns 5 anos, após esse período é provável que algum elemento (célula) deixe de funcionar.

Neste caso, é necessária a **substituição** do acumulador inteiro; recordemos que se deve levar a centros de recolhimento especiais (por exemplo, oficinas ou estações de serviço), porque o chumbo é um metal tóxico. Repetimos mais uma vez a necessidade de uma correta calibração do R1, e talvez um **controle** depois de passado algum tempo, porque são suficientes poucas dezenas de mV de erro para danificar prematuramente uma bateria.

Os sistemas de alimentação ininterrupta para computadores, capazes de proporcionar corrente na ausência da rede, utilizam normalmente baterias herméticas de chumbo.





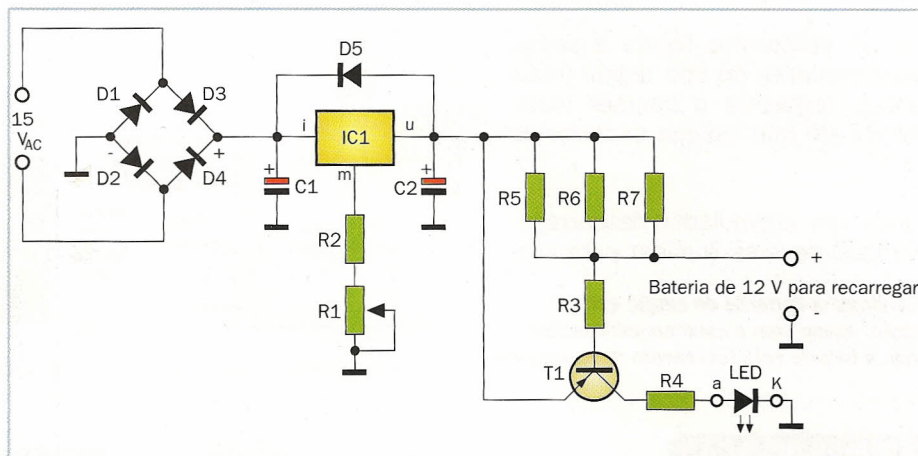
Funcionamento do circuito

O integrado IC1 é um **regulador estabilizado** normal de 12 V, que recebe na entrada a tensão retificada pelos quatro diodos em ponte e nivelada pelo C1.

A resistência formada pelo R2, em série com o trimmer R1, tem o objetivo de **eleva**r a tensão da saída do IC1 acima dos 12 V nominais, levando-a até aos 13,8 V requeridos.

O diodo D5 tem a finalidade de **proteger** o regulador da corrente inversa (devida à

carga do C1) que poderia estar ligando uma bateria ainda semi-carregada com o dispositivo desligado.



Esquema elétrico do carregador de baterias de tampão.

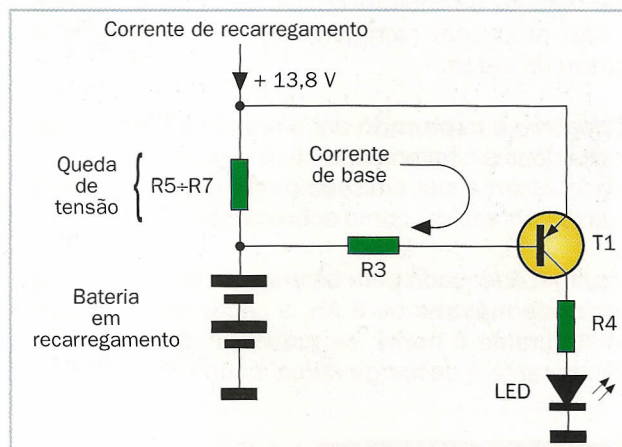
O INDICADOR DE CORRENTE

A **corrente de carga** atravessa os três resistores R5, R6 e R7, ligados em paralelo para formarem um único resistor de 3,3 W, de 9 W de dissipação.

A **queda da tensão** que se forma nos extremos deste resistor é aplicada à união base-emissor do T1, produzindo uma corrente de base que o situa mais ou menos na condução.

A sua corrente de coletor passa através do LED, iluminando-o visivelmente conforme a **intensidade** da corrente que atravessa os três resistores e vai para a bateria.

Funcionamento do LED indicador da corrente de carga.



LISTA DE COMPONENTES

Resistores de 1/4 W, 5%

R1 = trimmer de 220 Ω , linear

R2 = resistor de 220 Ω (vermelho, vermelho, marrom)

R3 = resistor de 1 K Ω (marrom, preto, vermelho)

R4 = resistor de 470 Ω (amarelo, violeta, marrom)

Resistores de potência

R5, R6, R7 = resistores de 10 Ω , 3 W, 10 %

Capacitores

C1 = capacitor eletrolítico de 2200 μ F, 35 V

C2 = capacitor eletrolítico de 100 μ F, 25 V

Semicondutores

D1, D2, D3, D4 = diodos 1N4001

D5 = diodo 1N4003

LED = diodo LED vermelho de 5 mm

T1 = BC557 ou equivalente

IC1 = regulador de tensão 7812

Vários

2 terminais duplos de parafuso para circuito impresso

2 terminais para circuito impresso

1 dissipador para IC1

1 circuito impresso

Para a fonte de alimentação

TA = transformador de alimentação de 30 VA, primário = 220 V; secundário=15 V (não compreendido no kit)

1 fusível de 315 mA do tipo semi-atrasado, com porta-fusível

1 interruptor de alimentação

Bateria para carregar

1 = bateria hermética de chumbo de 12 V, máx 6 Ah