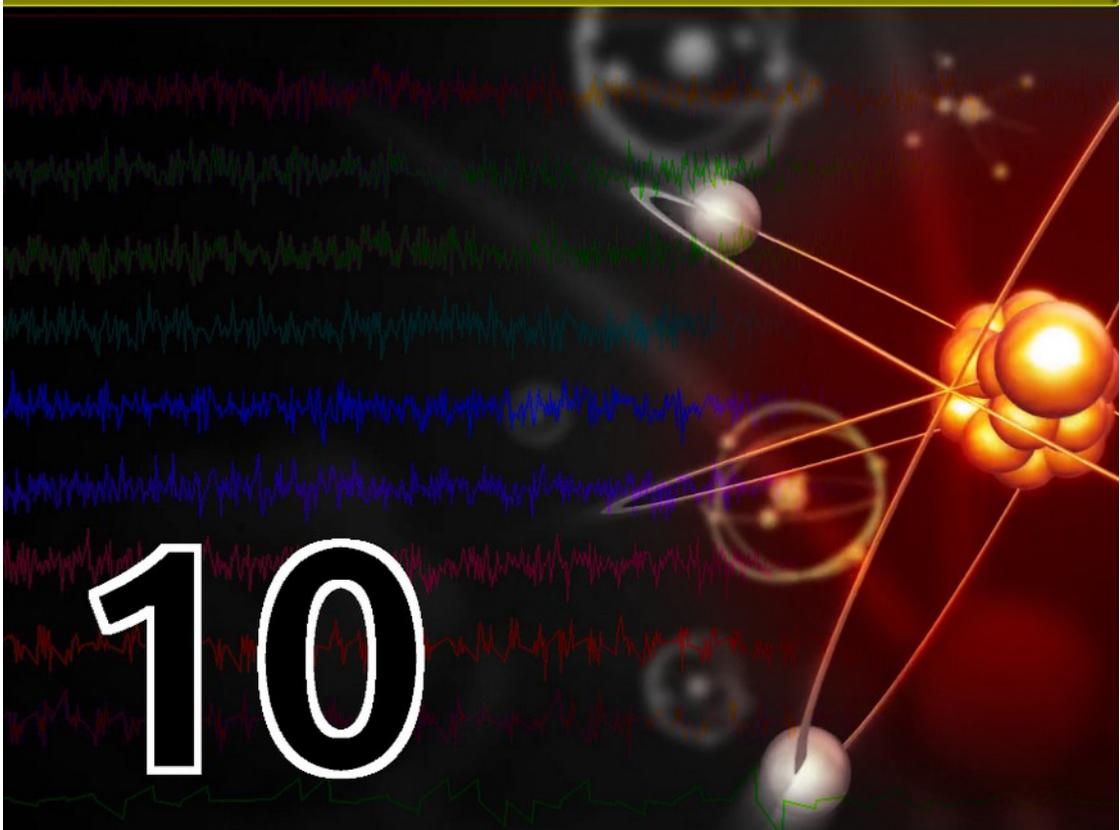


NEWTON C. BRAGA

COMO FUNCIONA

Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos



10

MOSFET - CLPs - PLL - PEN DRIVE - IGBT
DSPs - CTAs - CA3140 - Sensores de O₂ - etc.



**MOUSER
ELECTRONICS**



Como Funciona

Aparelhos, Circuitos e

Componentes Eletrônicos

Volume 10

Newton C. Braga

Patrocinado por



MOUSER
ELECTRONICS



São Paulo - Brasil - 2021



Instituto NCB

www.newtoncbraga.com.br
leitor@newtoncbraga.com.br

Diretor responsável: Newton C. Braga

Coordenação: Renato Paiotti

Impressão: AgBook – Clube de Autores

Nosso Podcast



Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos
- Volume 10

Autor: Newton C. Braga
São Paulo - Brasil - 2021

Palavras-chave: Eletrônica - aparelhos eletrônicos -
componentes - física - química - circuitos eletrônicos - como
funciona

Copyright by
INSTITUTO NEWTON C BRAGA.
1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).

Índice

APRESENTAÇÃO DA SÉRIE.....	8
APRESENTAÇÃO.....	10
COMPARADORES DE TENSÃO E DISCRIMINADORES DE JANELA...11	
OS AMPLIFICADORES OPERACIONAIS.....	11
O 741.....	13
COMPARADORES DE TENSÃO.....	14
DISCRIMINADORES DE JANELA.....	18
COMO FUNCIONAM AS FONTES CHAVEADAS.....	21
COMO FUNCIONA UMA FONTE CHAVEADA.....	23
UMA FONTE CHAVEADA NA PRÁTICA.....	30
PROBLEMAS COM FONTES CHAVEADAS.....	34
RÁDIO RELÓGIOS E RELÓGIOS ELETRÔNICOS.....	35
O RELÓGIO DIGITAL.....	36
OS MOSTRADORES.....	39
OS CIRCUITOS DOS RÁDIOS RELÓGIOS.....	45
RELÓGIOS ESPECIAIS.....	50
AS NOVAS FUNÇÕES DO TÉCNICO.....	54
COMO FUNCIONA O MOSFET.....	56
TIPOS.....	58
CIRCUITOS PRÁTICOS.....	59
1. AMPLIFICADOR DE BANDA LARGA.....	59
2. SEGUIDOR DE FONTE.....	60
3. PROVADOR DE BOBINAS E CAPACITORES.....	61
4. ELETROSCÓPIO.....	63
CONCLUSÃO.....	64
COMO A ELETRICIDADE CHEGA ATÉ NOSSAS CASAS.....	65
TENSÃO E CORRENTE (VOLTS E AMPÈRES).....	66
AS TENSÕES DE NOSSAS REDES DE ENERGIA.....	69
COMO FUNCIONAM OS CLPS.....	72
ORIGEM.....	72
POR DENTRO DO CLP.....	73
Hardware.....	74
CALCULANDO A RESOLUÇÃO DE CONVERSOR A/D DE UM CLP	79

Software.....	80
ENTRADAS E SAÍDAS.....	86
Exemplo de Aplicação.....	87
COMO FUNCIONA O PLL.....	88
PLL BÁSICO.....	88
FAIXA DE CAPTURA.....	90
DETECTORES DE FASE.....	91
Detector de fase tipo I.....	91
Detector de fase tipo II.....	93
FILTRO PASSA-BAIXAS.....	95
USANDO PLLS.....	96
Regeneração de sinais.....	96
Demodulação de FM.....	97
CONCLUSÃO.....	99
COMO FUNCIONA O PEN DRIVE.....	100
MEMÓRIA FLASH.....	101
USB 3.0.....	104
A dinâmica.....	105
COMO FUNCIONA O GRAVADOR DE FITA.....	108
A GRAVAÇÃO MAGNÉTICA.....	111
OS SISTEMAS MODERNOS.....	119
COMO FUNCIONA O IGBT (INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR).....	122
A ESTRUTURA DO IGBT.....	122
CIRCUITO EQUIVALENTE E ESTRUTURAS.....	124
CARACTERÍSTICAS DE COMUTAÇÃO.....	126
CONCLUSÃO.....	130
CONHEÇA UM POUCO DOS PROCESSADORES DIGITAIS DE SINAIS - DSPS.....	132
A IDEIA BÁSICA.....	133
APLICAÇÕES.....	136
CONCLUSÃO.....	138
APARELHOS DE SURDEZ.....	139
A CURVA DE RESPOSTA DO OUVIDO.....	139
COMO DETERMINAR O TIPO DE APARELHO A SER USADO.....	144
AS TECNOLOGIAS.....	146
AJUDA AUDITIVA.....	147
CONCLUSÃO.....	149

AS BATERIAS.....	150
A CARGA E A DESCARGA.....	157
A DENSIDADE E D DENSÍMETRO.....	158
COMO FUNCIONAM OS TECLADOS DIGITAIS.....	160
TIPOS DE TECLADOS.....	160
DECODIFICADORES.....	166
ASPECTOS MECÂNICOS.....	172
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
COMO FUNCIONAM OS SENSORES DE OXIGÊNIO.....	175
SENSORES DE ZIRCÔNIO.....	175
CIRCUITOS TÍPICOS.....	177
CIRCUITO PRÁTICO.....	178
CONHEÇA OS CTAS.....	182
O QUE É UM CTA.....	182
FUTURAS TECNOLOGIAS.....	185
APLICAÇÕES.....	185
CONCLUSÃO.....	186
COMO FUNCIONA O CA3140.....	188
CIRCUITOS TÍPICOS.....	189
Seguidor de Tensão.....	190
Amplificador com Ganho 10.....	190
Voltímetro de 3 Escalas.....	191
Booster de Corrente.....	192
Indicador de Sobretensão.....	192
Amplificador para Transdutor Magnético.....	193
OUTROS MAIS DE 160 LIVROS DE ELETRÔNICA E TECNOLOGIA DO INCB.....	195

APRESENTAÇÃO DA SÉRIE

Esta é uma série de livros que levamos aos nossos leitores sob patrocínio da Mouser Electronics (www.mouser.com). Os livros são baseados nos artigos que ao longo de nossa carreira como escritor técnico publicamos em diversas revistas, livros e no nosso site. São artigos que representam 50 anos de evolução das tecnologias eletrônicas e, portanto, têm diversos graus de atualidade. Os mais antigos foram analisados com eventuais atualizações. Outros pela sua finalidade didática, tratando de tecnologias antigas e mesmo de ciência não foram muito alterados a não ser pela linguagem que sofreu modificações. Os livros da série consistirão numa excelente fonte de informações para nossos leitores.

Os artigos têm diversos níveis de abordagem, indo dos mais simples que são indicados para os que gostam de tecnologia, mas que não possuem uma fundamentação teórica forte ou ainda não são do ramo. Neles abordamos o funcionamento de aparelhos de uso comum como eletroeletrônicos, não nos aprofundando em detalhes técnicos que exijam conhecimento de teorias que são dadas nos cursos técnicos ou de engenharia.

Outros tratam de componentes, ideais para os que gostam de eletrônica e já possuem uma fundamentação quer seja estudando ou praticando com as montagens que descrevemos em nossos artigos. Estes já exigem um pequeno conhecimento básico da eletrônica. Estes artigos também vão ser uma excelente fonte de consulta para professores que desejam preparar suas aulas.

Temos ainda os artigos teóricos que tratam de circuitos e tecnologias de uma forma mais profunda com a abordagem de instrumentação e exigindo uma fundamentação técnica mais alta. São indicados aos técnicos com maior experiência, engenheiros e professores.

Também lembramos que no formato virtual o livro conta com links importantes, vídeos e até mesmo pode passar por atualizações on-line que faremos sempre que julgarmos necessário.

Trata-se de mais um livro que certamente será importante na sua biblioteca de consulta, devendo ser carregado no seu tablete, laptop ou celular para consulta imediata.

Os livros podem ser baixados gratuitamente no nosso site e um link será dado para os que desejarem ter a versão impressa pagando apenas pela impressão e frete.

Newton C. Braga

APRESENTAÇÃO

Saber como funcionam componentes, circuitos e equipamentos eletrônicos é fundamental não apenas para os profissionais da eletrônica que usam de forma prática a tecnologia em seu dia a dia como também para aqueles que não sendo técnicos, mas possuindo certo conhecimento, precisam conhecer o funcionamento básico das coisas.

São os profissionais de outras áreas que, para usar melhor equipamentos e tecnologias precisam ter um conhecimento básico que os ajude.

Assim, tratando de conceitos básicos sobre componentes e circuitos neste primeiro volume e depois de equipamentos prontos num segundo, levamos ao leitor algo muito importante que já se tornou relevante em recente estudo feito por profissionais.

A maior parte dos acidentes que ocorrem com o uso de equipamentos de novas tecnologias ocorre com pessoas que não tem um mínimo de conhecimento sobre o seu princípio de funcionamento.

A finalidade deste livro não é, portanto, ajudar apenas os estudantes, professores e profissionais, mas também os que usam tecnologia no dia a dia e desejam saber um pouco mais para melhor aproveitá-la e não cometer erros que podem comprometer a integridade de seus equipamentos e até causar acidentes graves.

Nota importante: componentes básicos como os resistores, capacitores, indutores, transformadores, diodos, transistores, também têm a seu princípio de funcionamento explicado na nossa série de livros “Curso de Eletrônica”. Neste livro, abordamos alguns componentes que especificamente têm explicações mais detalhadas do que as encontradas naquelas publicações.

COMPARADORES DE TENSÃO E DISCRIMINADORES DE JANELA

Os amplificadores operacionais permitem o desenvolvimento de uma infinidade de aplicativos. Dentre eles focalizamos neste artigo os discriminadores de janela e os comparadores de tensão. Dentre as inúmeras aplicações para estes circuitos destacamos os controles industriais, termostatos, alarmes de temperatura ou luz e outros circuitos de precisão em que deva haver uma comutação rápida em um ou mais níveis de sinais de um sensor ou de um circuito de processamento. A base dos circuitos que analisamos é o 741 que, pelo seu baixo custo e versatilidade, permite a implementação fácil de qualquer projeto.

O que se pode fazer com um amplificador operacional? Na verdade, não há limite para isso e tanto no caso da eletrônica para amadores como para profissionais, podemos encontrar uma infinidade de projetos. A maioria destes projetos leva por base o mais conhecido de todos os amplificadores operacionais que é o 741.

Baseados também neste amplificador daremos neste artigo alguma teoria sobre os chamados comparadores de tensão e os discriminadores de janela, que são configurações com aplicações muito importantes tanto na eletrônica profissional como para amadores.

Completaremos o artigo com alguns diagramas imediatos que, sem dúvida, poderão servir de base para projetos mais complexos.

Iniciamos nossas explicações com a análise do próprio 741.

OS AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

Na figura 1 temos o símbolo adotado para representar um amplificador operacional.

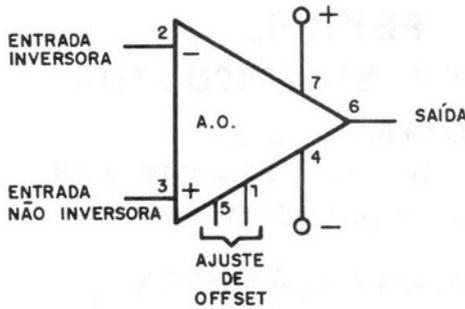


Figura 1 – Símbolo do amplificador operacional

Conforme podemos ver, ele possui duas entradas: uma inversora, marcada com (-), e uma não inversora, marcada com (+). A saída é única e como elementos adicionais, temos os terminais de alimentação e, eventualmente, os de compensação externa e ajuste de corrente de fuga (offset).

Se aplicarmos um sinal na entrada não inversora, ele será amplificado e aparecerá com a mesma fase na saída. Se o sinal for aplicado na entrada inversora, ele será amplificado e aparecerá na saída com a fase invertida.

Na figura 2 mostramos o que ocorre com um sinal senoidal.

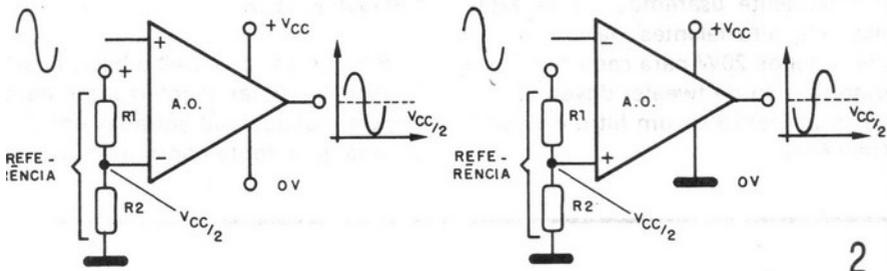


Figura 2 - Amplificando um sinal senoidal

O sinal também pode ser aplicado entre as entradas, o que significa que aplicamos uma tensão diferencial que será amplificada em função de sua polaridade. Isso significa que ele amplifica a diferença de tensão entre as entradas.

Se esta diferença for positiva temos uma saída positiva e se a diferença for negativa temos uma saída negativa (figura 3).

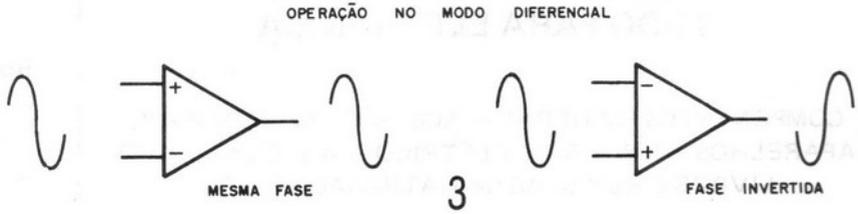


Figura 3 – Diferença positiva e negativa

Um amplificador operacional ideal tem uma resistência de entrada infinita, um ganho de tensão infinito e uma resistência de saída nula.

Na prática não chegamos a estes resultados: a impedância de entrada é alta, da ordem de M ohms, a impedância de saída é baixa, da ordem de dezenas de ohms, e o ganho pode variar entre 5 000 e 200 000 para os tipos mais comuns.

Podemos controlar o ganho de um amplificador operacional através de uma realimentação negativa, conforme mostra a figura 4.

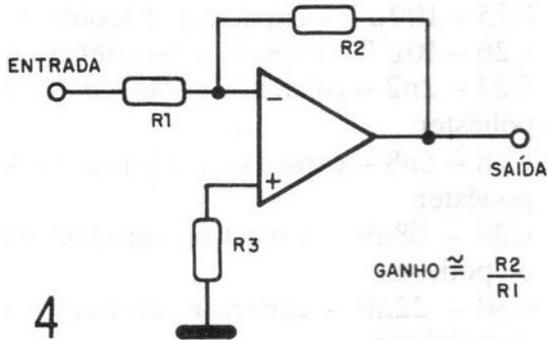


Figura 4 – Controlando o ganho

O 741

O 741 pode ser encontrado no comércio com designações que dependem do fabricante tais como LM741, MC1741, SN72741, uA741 etc., consistindo num amplificador operacional dos mais populares e versáteis. No nosso país ele pode ser encontrado com extrema facilidade, pois é importado por muitas empresas distribuidoras.

Na figura 5 temos o seu invólucro com a identificação dos terminais e o circuito interno equivalente.

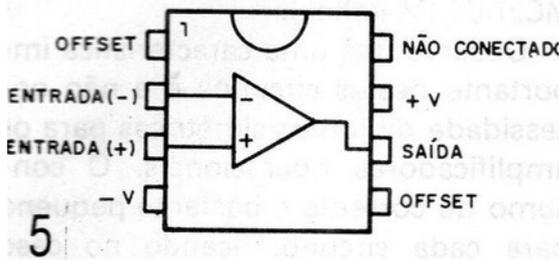


Figura 5 – O 741

As características deste integrado são:

- Tensão máxima de alimentação (fonte simétrica): 18 - 0 - 18 V
- Potência máxima de dissipação: 670 mW
- Tensão de offset de entrada (tip.): 0,8mV
- Impedância de entrada (mín.): 1M ohms
- Faixa de operação (típ.): 1 MHz
- Ganho (tip.): 200 000
- CMRR (tip.): 95 dB
- Resistência de saída: 75 ohms

COMPARADORES DE TENSÃO

Uma das aplicações interessantes para os amplificadores operacionais é o comparador de tensão. O primeiro tipo é mostrado na figura 6, e o princípio de funcionamento é descrito a seguir.

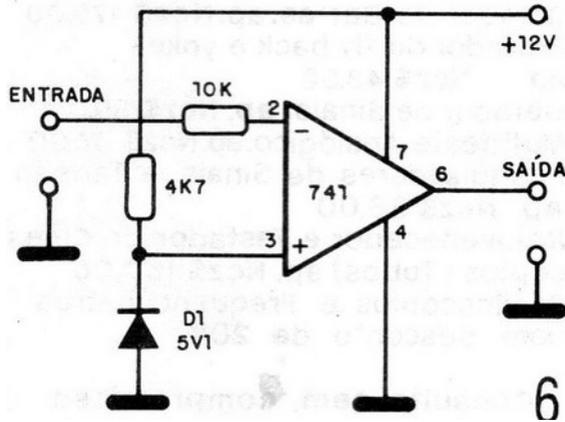


Figura 6 – O comparador de tensão

Fixamos na entrada não inversora a tensão de referência por meio de um diodo zener. No nosso caso, esta tensão é de 5,1 V dada por um zener de 400 mW. Assim, quando aplicamos uma tensão na entrada, o amplificador operacional a amplifica, comparando-a com a tensão de referência.

Como o ganho do amplificador é muito alto, bastará que a diferença de tensão entre as duas entradas seja de alguns milivolts para que tenhamos na saída a saturação, ou seja, obtenhamos valores próximos de zero ou da tensão positiva de alimentação.

Se então a tensão de entrada for menor que a tensão de referência, temos sua amplificação com inversão de fase, resultando assim numa tensão positiva próxima da tensão de alimentação.

É o trecho 1 do gráfico mostrado na fig. 7

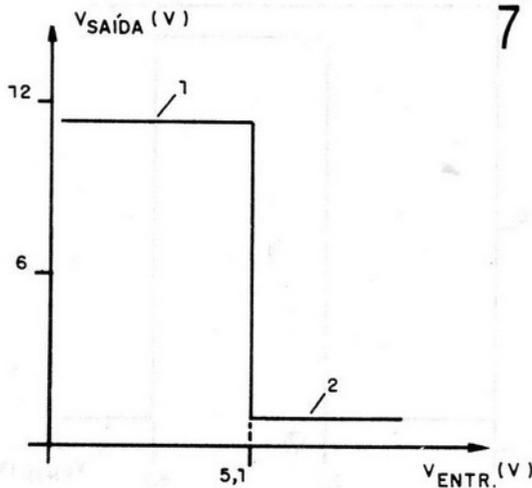


Figura 7 – Trecho do gráfico do comparador.

No entanto, quando a tensão de entrada superar a tensão de referência, teremos uma diferença de valores positiva que, após a amplificação com a fase invertida, leva a saída à saturação, mas próximo do negativo da fonte, ou seja, 0 V.

Temos então o trecho 2 da curva mostrada na mesma figura. Uma etapa de potência na saída deste circuito pode ser usada para excitar um relé de "sobre indicação". Quando a tensão superasse um certo valor determinado, ocorreria a comutação do relé.

Veja que é o zener que fixa o ponto de transição em que a saída do amplificador operacional operacional cai do máximo (saturação positiva) para o mínimo (saturação negativa).

Outros valores podem ser usados e até mesmo um trimpot para a fixação manual da tensão. É claro que o zener tem como vantagem a precisão em que se pode estabelecer o ponto de transição da saída. Um comportamento oposto pode ser obtido com o circuito mostrado na figura 8.

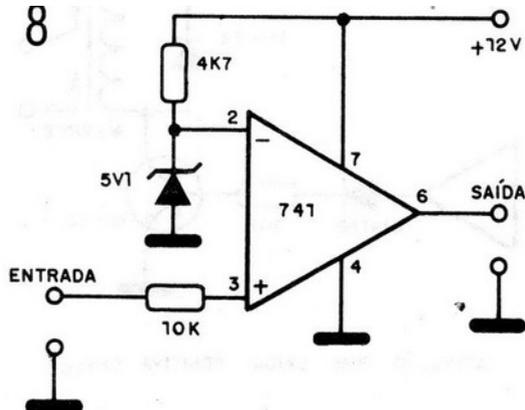


Figura 8 - Comportamento oposto

O zener fixa a referência na entrada negativa. Assim, quando a tensão na entrada está abaixo da tensão de referência, temos uma diferença negativa que será amplificada e saturará em perto de 0 V a saída.

Quando a tensão de entrada ultrapassar o valor de referência, teremos a saturação no valor positivo mais próximo da tensão de alimentação.

A curva da figura 9 mostra o que ocorre.

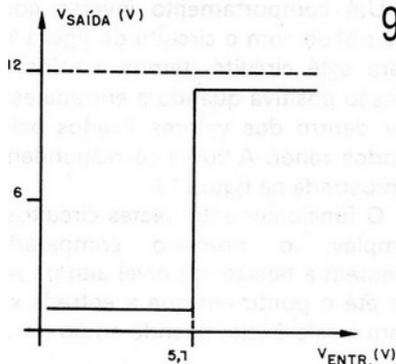


Figura 9 – Comportamento do circuito

Este circuito pode ser usado para levar um nível 1 a uma entrada lógica, ou a um circuito indicador, quando a tensão de entrada ultrapassar um valor determinado.

DISCRIMINADORES DE JANELA

Combinando os dois circuitos comparadores de tensão podemos elaborar uma configuração bastante interessante que é o chamado discriminador de janela. Ele recebe esta denominação porque deixa passar apenas uma estreita "janela" de valores de tensão que são fixados pelos elementos de referência.

Assim, para o circuito da figura 10, a janela vai de 5,1 a 6,2V, quando então a saída vai à saturação perto de zero.

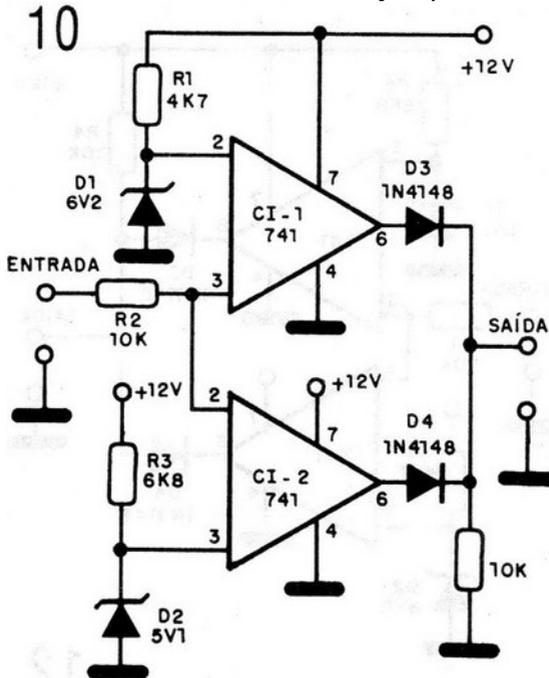


Figura 10 – Comparador de janela

Para quaisquer outros valores da tensão de entrada, a tensão de saída estará próxima da tensão de alimentação. Os diodos D1 e D2 fixam os limites ou a "largura" da janela de tensão.

A curva correspondente é mostrada na figura 11.

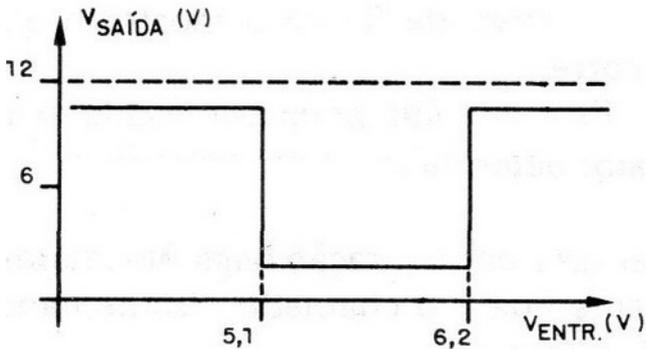


Figura 11 – Curva do comparador

Um comportamento inverso pode ser obtido com o circuito da figura 12.

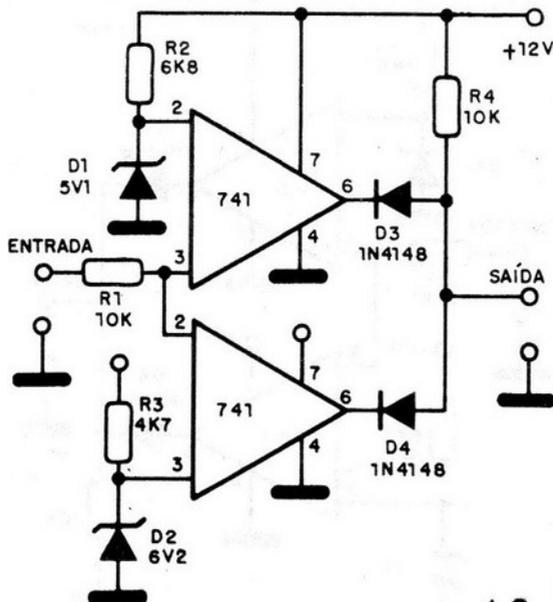


Figura 12 – Comportamento inverso

Para este circuito, temos a saída de tensão positiva quando a entrada estiver dentro dos valores fixados pelos diodos zener. A curva correspondente é mostrada na figura 13.

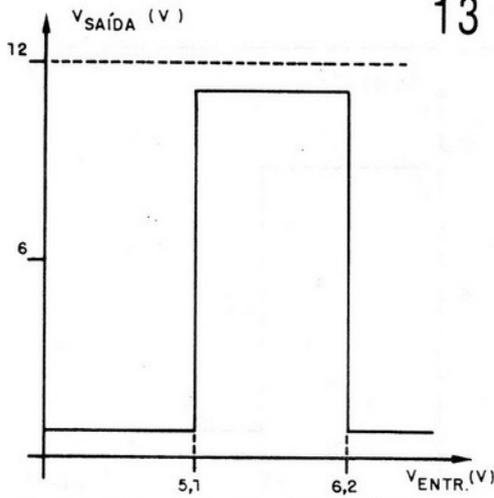


Figura 13 – Curva obtida

O funcionamento destes circuitos é simples: o primeiro comparador mantém a tensão em nível alto na saída até o ponto em que a entrada supera a referência, quando então ela cai a zero.

A tensão de saída se manterá em zero até que o segundo comparador entre em ação. Neste momento, sua saída se eleva ao nível alto, assim permanecendo para qualquer valor superior à referência.

Podemos fixar a "janela" para qualquer largura dentro da faixa de alimentação dos integrados simplesmente escolhendo os diodos zener apropriados. A impedância de entrada do circuito é de 10 k ohms, o que possibilita a operação direta com diversos tipos de transdutores.

Na figura 14 damos dois circuitos de ativação de relés.

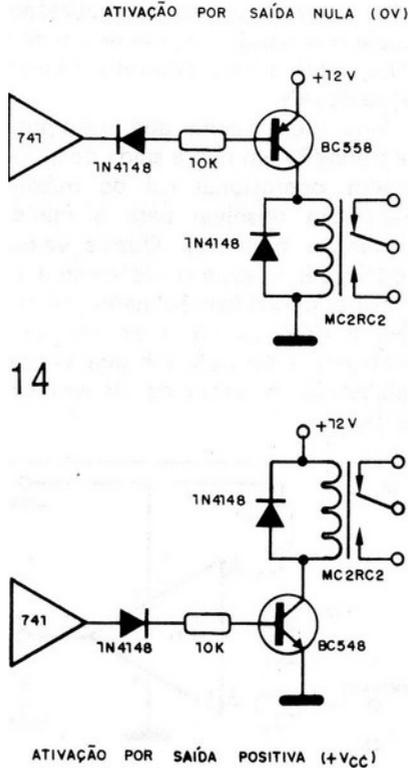


Figura 14 – Acionamento de relés

O primeiro dos circuitos ativa o relé com os níveis altos de tensão, ao mesmo tempo em que o segundo circuito, ativa o relé com níveis baixos de tensão.

Observe que uma característica importante destes circuitos é a não necessidade de fontes simétricas para os amplificadores operacionais. O consumo de corrente é bastante pequeno para cada circuito, ficando no caso mais de 90% da corrente para o acionamento do próprio relé.

COMO FUNCIONAM AS FONTES CHAVEADAS

A maioria dos equipamentos eletrônicos atuais utiliza fontes chaveadas que se caracterizam por um excelente desempenho, melhor rendimento e utilização de poucos

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

componentes. No entanto, não são muitos os técnicos que sabem exatamente como estas fontes funcionam e por este motivo sentem alguma dificuldade no momento de fazer sua reparação. Neste artigo vamos analisar o funcionamento deste tipo de fonte com informações que são de grande utilidade para o técnico reparador. De fato, nosso exemplo prático será dado em função da fonte do televisor PHILCO TV-389 que tem uma das configurações mais simples e tradicionais deste tipo de fonte.

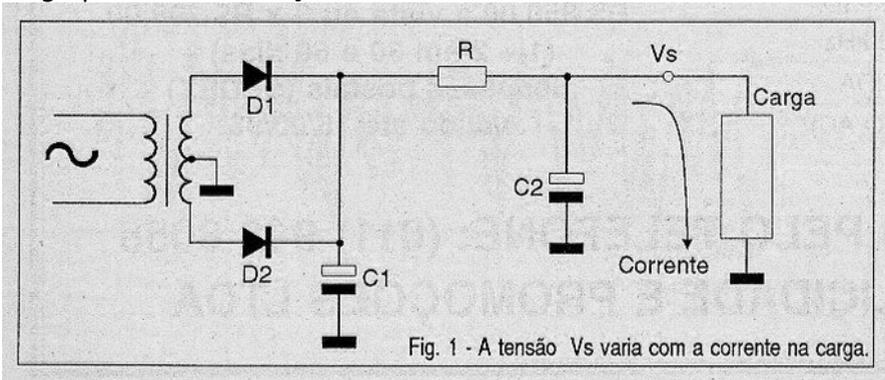
Este artigo foi escrito numa época (1999) em que as fontes começavam a ser utilizadas de forma mais ampla em televisores analógicos. No entanto, o princípio de funcionamento das fontes atuais se mantém. Vale como referência para consulta.

As fontes chaveadas estão presentes na maioria dos televisores, computadores e outros equipamentos eletrônicos por motivos que já citamos na apresentação. No entanto, poucos técnicos dominam o funcionamento desta fonte e mal consegue entender o porquê de elas serem melhores que as fontes comuns que usam transformadores e retificadores com regulares lineares.

Desta forma, nosso primeiro passo neste estudo é analisar o princípio de funcionamento de uma fonte chaveada comparando-a com uma fonte comum.

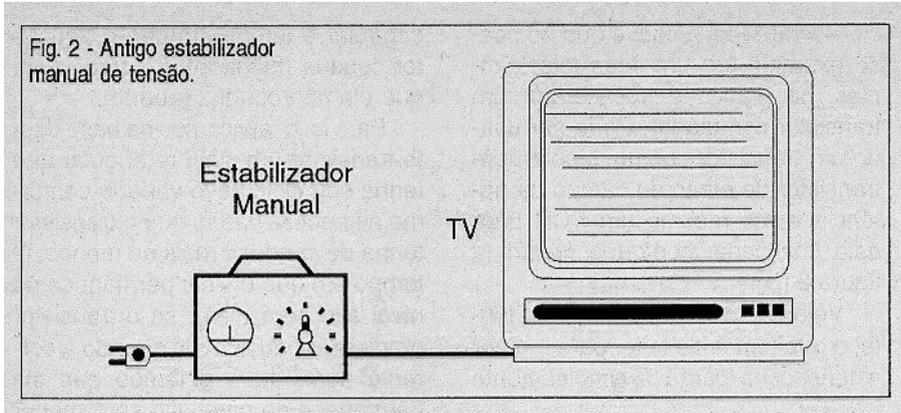
COMO FUNCIONA UMA FONTE CHAVEADA

Numa fonte comum com regulagem de tensão, como a mostrada na figura 1, a tensão contínua obtida depois dos retificadores e de um capacitor de filtro não possuem regulagem alguma, o que significa que variações da corrente no circuito de carga provocam variações de sua tensão de saída.

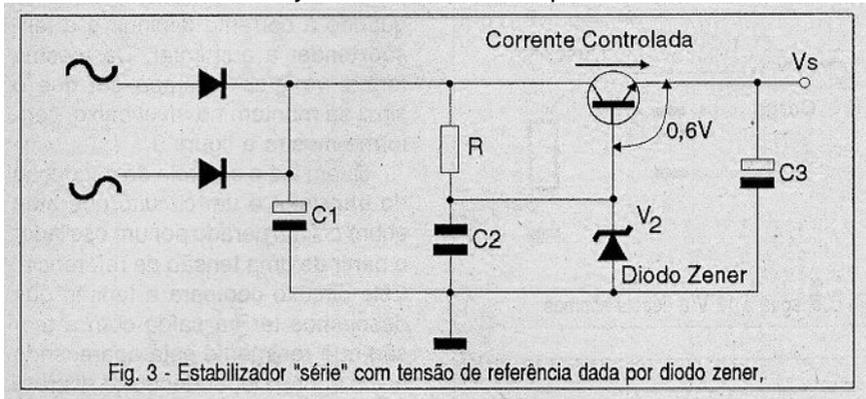


Quando o consumo da carga aumenta a tensão cai e da mesma forma, quando a tensão de entrada varia, a tensão na saída sofre variações correspondentes.

Os televisores muito antigos que usavam este tipo de fonte sofriam com as variações da tensão da rede de energia quando o quadro aumentava e diminuía, o brilho sofria iguais alterações ao sabor das variações da tensão da rede de energia. Nos horários de pico, quando o consumo de energia aumentava, quase ninguém obtinha uma imagem perfeita. As indústrias que fabricavam reguladores manuais de tensão (e mesmo automáticos) faturavam alto.



O primeiro tipo mais comum de estabilizador de tensão incorporado nos televisores era do tipo analógico, consistindo num circuito em série como o da figura 3, funcionando como um resistor variável, ou seja, um reostato de potência.



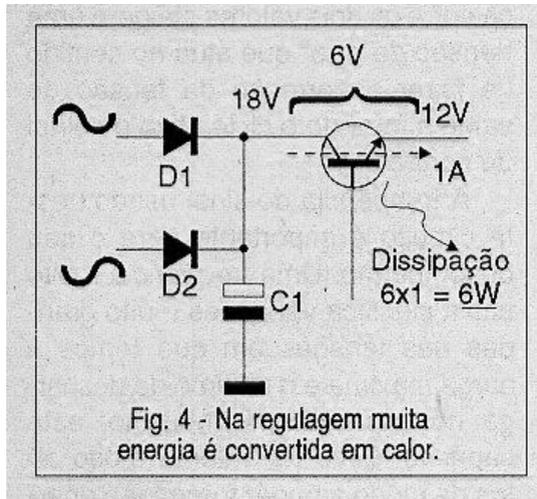
Neste tipo de regulador o que o transistor faz é mudar sua resistência, que forma com a carga um divisor de tensão, de modo a compensar as variações de tensão. Assim, quando a carga exige mais corrente, provocando uma queda na tensão de saída o resistor "diminui" de resistência e com isso a tensão volta a subir.

Quem controla o transistor é o diodo zener que fornece uma referência de tensão de tal forma, que a tensão de emissor deve ficar sempre 0,6 V menor que a tensão de base. Se a tensão

de emissor cai, o zener com sua tensão fixa atua sobre o transistor, aumentando sua corrente de base de modo a haver a compensação.

Este tipo de regulador de fonte funciona bem com fontes de baixa potência. Com fontes de alta potência existe um inconveniente: o transistor funciona como um resistor variável e com isso gera calor. Este calor será tanto maior quanto maior for a corrente da carga e maior a diferença de tensão entre seu coletor e seu emissor.

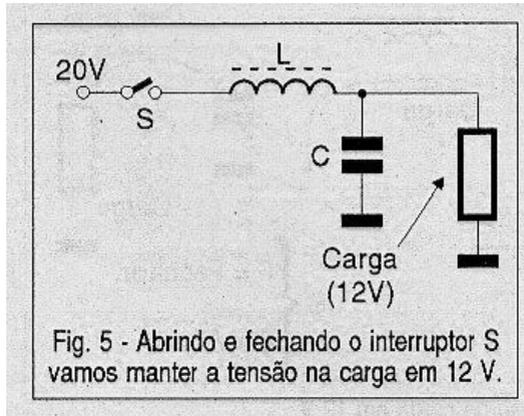
Por exemplo, se aplicarmos 18 volts no coletor de um transistor regulador deste tipo para obter 12 V sob corrente de 1A na carga, a diferença de 6 volts multiplicada por 1 A significa 6 watts de potência que será transformada em calor, conforme mostra a figura 4.



Num televisor no qual o consumo chega a mais de 100 watts a perda de 30 a 50 watts ou mesmo mais na forma de calor somente num transistor da fonte não é nada interessante. Além do gasto desnecessário de energia temos a necessidade de usar transistores potentes montados em bons radiadores de calor.

As fontes chaveadas, operando por um princípio completamente diferente possuem um rendimento melhor e por isso se adaptam perfeitamente aos aparelhos de alto consumo. Tomemos como exemplo o circuito da figura 5 em que desejamos manter constante a tensão numa carga a partir de uma tensão de

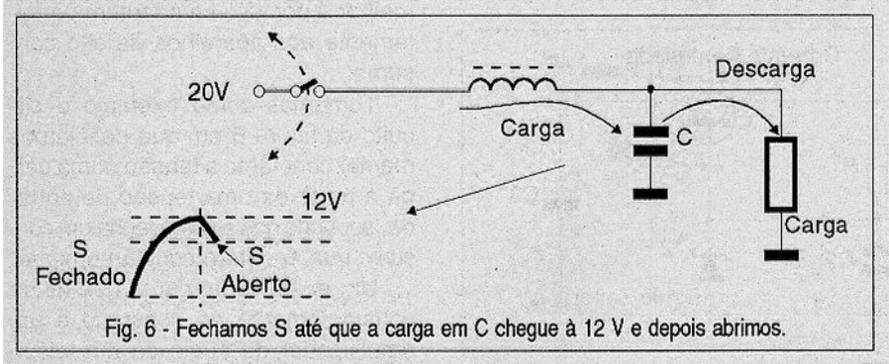
entrada, supondo que a carga tenha um consumo que se altere constantemente.



Um exemplo de carga que muda constantemente de consumo é um amplificador de áudio ou um televisor, onde o consumo depende do volume do som (no primeiro caso) ou do brilho da imagem que se modifica a cada cena (no segundo caso).

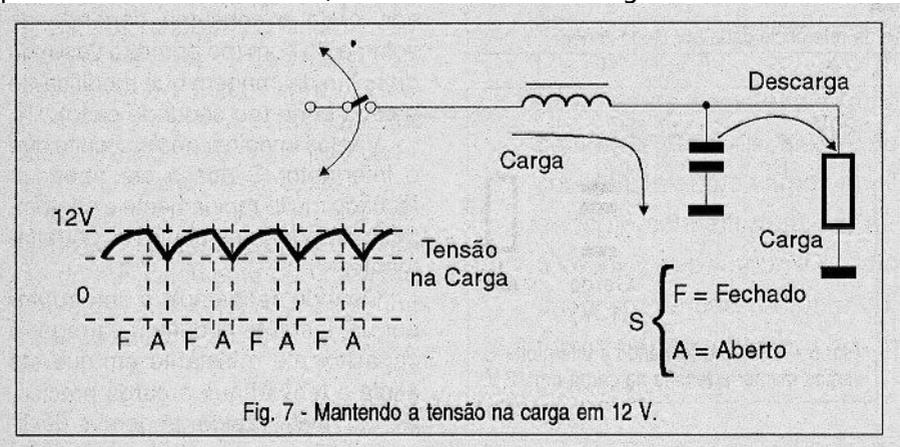
Vamos imaginar neste circuito que o interruptor S possa ser aberto e fechado muito rapidamente e por tempos que podemos controlar perfeitamente. Quando fechamos o interruptor por um instante podemos carregar o capacitor até o instante em que ele atinja a tensão que a carga precisa. Sendo muito rápido, podemos desligar o interruptor neste instante para que a tensão não passe do valor desejado.

A tensão não cairá imediatamente a zero, pois agora o capacitor pode descarregar-se lentamente sobre a carga, conforme mostra a figura 6.



Esperando a tensão no capacitor cair um pouco, fechamos novamente o interruptor de modo a restabelecer a carga, mas somente até a tensão que precisamos.

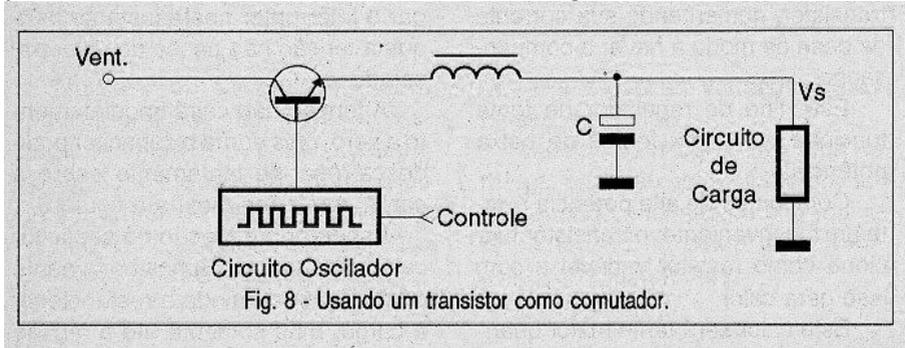
Neste momento, abrimos novamente o interruptor e esperamos nova descarga. Isso significa que abrindo e fechando o interruptor com uma velocidade conveniente, podemos manter a tensão na carga entre dois valores fixos que sejam convenientes para seu funcionamento, conforme mostra a figura 7.



Se a carga tiver seu consumo aumentado, isso significa que o capacitor demora um pouco mais para carregar e um pouco menos para descarregar até os pontos desejados. Teremos então de mudar os tempos de fechamento e abertura da chave para compensar isso.

Evidentemente, na prática o abrir e fechar da chave, deve ser controlado por um circuito eletrônico que possa perceber essas mudanças.

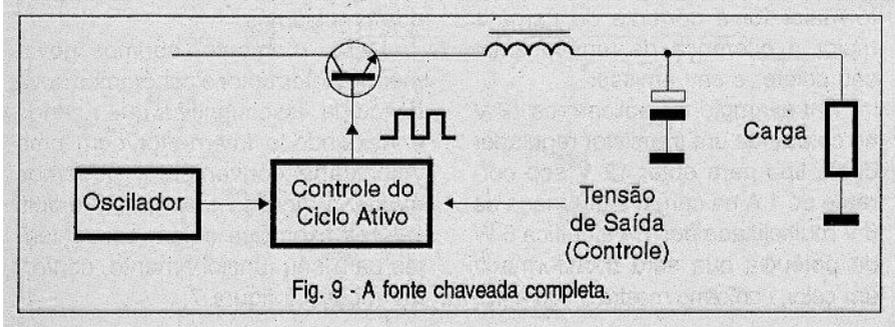
Na verdade, a chave que no nosso exemplo era um interruptor simples, na prática é trocada por um transistor comutador. Pode ser usado um transistor comum bipolar, um transistor de efeito de campo de potência e até mesmo um SCR para esta finalidade, conforme mostra a figura 8.



Veja então que, neste tipo de fonte, o que temos de fazer para manter a tensão na carga é simplesmente controlar o tempo em que o transistor conduz (fechado) e o tempo em que ele não conduz (aberto).

Para isso, aplicamos na base deste transistor um sinal retangular que tenha seu ciclo ativo variado conforme as necessidades que o transistor tenha de conduzir mais ou menos. O tempo em que o sinal permanece no nível alto será maior se o transistor precisar conduzir mais quando a corrente aumenta e o tempo que ele permanece no nível alto será menor quando a corrente diminuir e a tensão tender a aumentar.

Da mesma forma, varia-se o tempo em que o sinal se mantém no nível baixo, conforme mostra a figura 9.



Quem faz o controle da condução do transistor é um circuito que atua sobre o sinal gerado por um oscilador a partir de uma tensão de referência. Este circuito compara a tensão que desejamos ter na saída com a tensão que realmente está aparecendo neste ponto. Dependendo da diferença entre os dois valores ele gera uma "tensão de erro" que atua no sentido de fazer a correção da tensão de saída alterando o ciclo ativo do sinal de controle.

A frequência do sinal usado nestes circuitos é importante para o seu desempenho. Uma frequência muito baixa significa variações muito grandes nas tensões em que temos a carga máxima e o mínimo de descarga do capacitor. Além disso, este capacitor deve ter valores muito altos de modo a poder fornecer a energia que a carga precisa para o funcionamento.

Uma frequência mais alta permite que a tensão seja mantida entre limites mais estreitos com capacitores de valores mais baixos. Além disso, a indutância em série pode ser de menor valor. Esta indutância influi na velocidade da carga do capacitor quando ocorre a condução do transistor.

As frequências normalmente usadas na prática estão entre 10 kHz e 80 kHz. Nos televisores em especial, o projeto é facilitado pelo uso da frequência do oscilador horizontal (15 750 Hz) que pode ser obtida com facilidade do próprio fly-back (transformador de saída horizontal) conforme veremos na análise prática de um circuito.

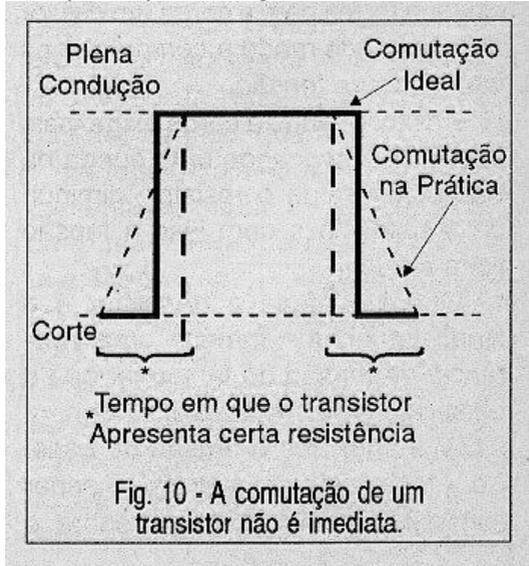
Mas, qual é a vantagem deste tipo de funcionamento?

Uma chave aberta não permite a circulação de corrente e, portanto, não gera calor (corrente nula). Da mesma forma, num interruptor perfeito, a diferença de potencial entre suas

extremidades é nula, o que significa que, qualquer que seja a corrente, não há também produção de calor.

Em suma, se pudermos ter um transistor que se comporte como um comutador perfeito, não haverá perda apreciável de energia no circuito regulador.

Na prática, evidentemente, isso não ocorre. Por melhor que seja um transistor comutador leva certo tempo para que ele ligue assim como para que desligue, conforme mostra a figura 10.

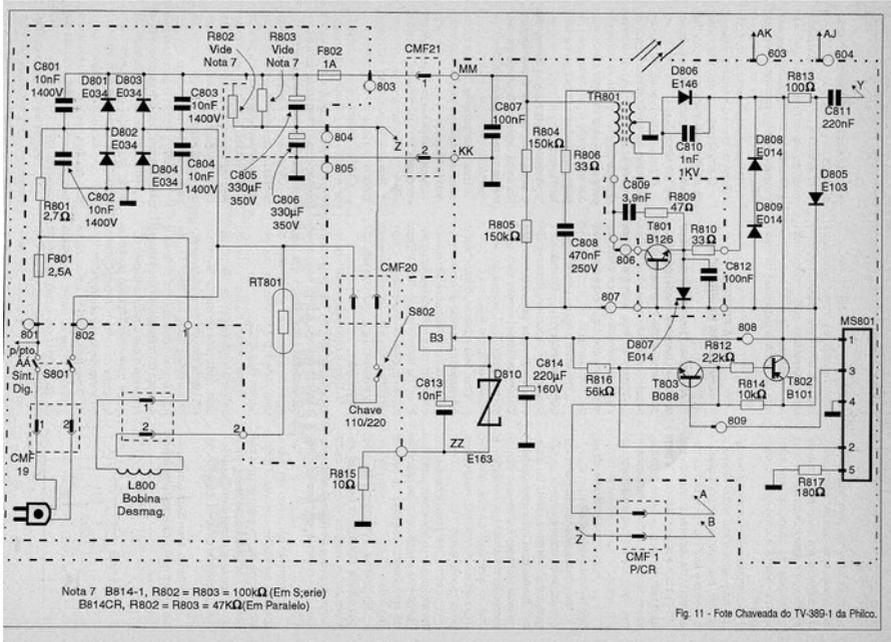


No intervalo de tempo em que a corrente cresce de zero até o máximo e depois no intervalo em que ela decresce do máximo até zero, o transistor apresenta certa resistência ocorrendo então a geração de calor.

No entanto, esse calor é muitíssimo menor que o de uma fonte linear equivalente. O rendimento de uma fonte chaveada é, portanto, muito maior que o de uma fonte comum. Um transistor comutador pode operar com correntes muito elevadas sem necessitar de grandes radiadores de calor.

UMA FONTE CHAVEADA NA PRÁTICA

Na figura 11 temos o diagrama da fonte chaveada usada no televisor Philco TV389-1 que bastante popular ainda em nosso país.



Vamos analisar esta fonte, com especial enfoque para o setor de regulagem que caracteriza o sistema que estudamos. O televisor é ligado acionando-se o interruptor duplo S801. Quando este interruptor é acionado temos a circulação de uma pequena corrente de partida que vai circular pela base do transistor T801, passando pelo resistor R804 e R805.

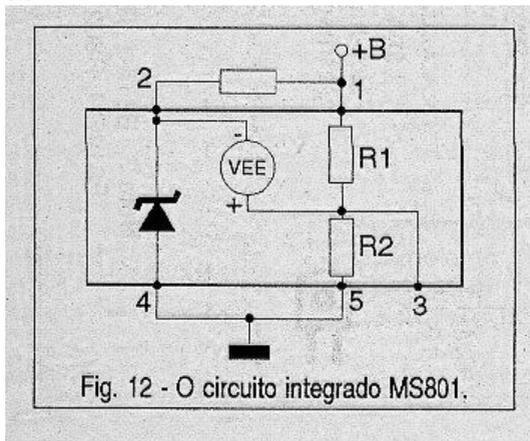
Com esta corrente o transistor é polarizado no sentido de haver a produção de uma corrente de coletor que vai circular pelo enrolamento primário do transformador TR801. Essa corrente circulando também pelos resistores R804 e R805 vai realimentar o transistor T801 provocando sua saturação.

Com a circulação desta corrente pelo primário do transformador é induzida no secundário do mesmo componente uma tensão que será aplicada à base de T801 por meio de uma rede RC que tem por componentes R806 e C808.

Desta forma, o transistor é levado ao corte uma fração de tempo depois dada pela constante de tempo RC deste circuito de realimentação. Isso significa que o transistor T801 se mantém no corte apenas durante a duração do pulso que é gerado neste processo e que é reforçado pelo pulso de gatilhamento obtido do transformador de saída horizontal, voltando a saturação no seu final.

O que temos então é um oscilador gatilhado e que opera na frequência de 15 750 Hz, mas cujo tempo de condução do transistor pode ser variado pela sua polarização de base. Esta variação é justamente que vai proporcionar a regulação da tensão de saída. Quem faz a regulação da tensão modificando o nível do pulso de gatilhamento é o transistor T802 juntamente com o circuito integrado MS801.

Na figura 12 temos o circuito equivalente do circuito integrado MS801.



O amplificador de erro que fornece a referência para a atuação dos elementos de controle da regulação é o transistor T803.

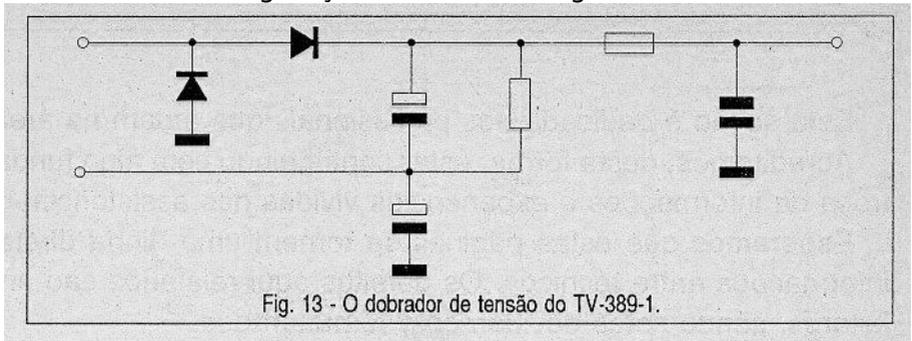
Como ocorrem variações rápidas da tensão de saída, a fonte deve ter uma retificação e filtragem adicionais. O diodo D806 tem por finalidade retificar parte dessas variações ao mesmo tempo em que outra parte é retificada pela própria junção base emissor do transistor T801.

A saída desta fonte corresponde à tensão +B3 de 112V do televisor. Na saída desta fonte temos um elemento de proteção

que é o Diac D810 de 115V. Esse componente se comporta como um circuito aberto até a tensão de 115V. Nesta tensão este componente conduzirá intensamente colocando o +B3 em curto com a terra.

A operação com duas tensões é importante nesta nossa análise.

Quando a chave S802 de seleção de tensões se encontra na posição de 110 VAC o circuito funciona como um dobrador de tensão com a configuração mostrada na figura 13.



Observe que neste circuito num semiciclo carrega-se um dos capacitores com a tensão de pico da rede e no semiciclo seguinte o outro capacitor também com a tensão de pico. Os dois capacitores ficam então ligados em série com a carga, somando-se sua tensão na descarga.

Quando a chave seletora está na posição de 220 VAC os diodos D1 à D4 formam uma ponte retificadora de onda completa e a carga dos capacitores ocorre com o valor de pico, mas eles não estarão em série. Isso significa que a carga receberá a mesma tensão que no caso da alimentação com 110V.

Na fonte de alimentação de televisores em cores encontramos a bobina desmagnetizadora.

Esta bobina está ligada com um PTC (RT801) que apresenta uma resistência muito baixa quando a corrente é estabelecida pelo circuito. Tão logo o PTC aquece, a corrente reduz enormemente deixando de circular pela bobina que provoca a desmagnetização do cinescópio.

PROBLEMAS COM FONTES CHAVEADAS

Para o técnico que trabalha com este tipo de fonte o importante é saber o que ocorre com o circuito quando determinados componentes entram em pane.

O princípio de funcionamento que analisamos nos permite deduzir o que ocorre nos principais casos de pane e como deve ser feita a análise para descoberta de problemas. Conforme podemos ver pelo circuito a corrente de saída de +B3 passa toda por T801. As condições de operação deste transistor são, portanto bastante críticas nesta fonte.

Temos então duas possibilidades iniciais:

Se este transistor entrar em curto, não haverá controle sobre a tensão de saída que deve subir acima dos 115 V provocando então a condução de D810. O resultado é um curto à terra que certamente vai provocar a abertura de F802. O técnico que encontrar F802 aberto deve imediatamente proceder a uma análise de T801 antes de fazer a troca do fusível.

Se o transistor abrir não teremos a condução de corrente alguma. O fusível provavelmente não queimará, mas não teremos tensão de saída. Com o transistor em bom estado, mas conduzindo acima do que deve (provocando a queima de F802) ou não conduzindo, o técnico deve analisar os elementos que controlam este transistor.

Novamente temos as seguintes possibilidades:

Os elementos que provocam a realimentação do sinal e o pulso de gatilho não estão presentes na base do transistor T801. Neste caso, devemos analisar os resistores R804, R805, o transformador TR801 e o resistor R813 juntamente com C811.

O pulso está presente, mas não temos tensão na saída porque o controle não é feito de forma normal. Neste caso devemos verificar o circuito de controle e amplificador de erro formado por MS801, T802 e T803.

Veja que neste circuito temos basicamente pulsos o que significa que o multímetro não pode ser usado da maneira convencional a não ser para verificar a tensão de entrada do circuito no ponto MM e de saída no ponto B3.

Para os demais setores do circuito a análise é feita da forma convencional.

RÁDIO RELÓGIOS E RELÓGIOS ELETRÔNICOS

Um equipamento eletrônico muito comum e que eventualmente é levado a uma oficina para reparos é o relógio digital, normalmente incorporando um rádio AM/FM. Esse equipamento de cabeceira utiliza diversas tecnologias, que evoluíram ao longo dos anos passando do uso de componentes discretos e lógica TTL/CMOS para circuitos altamente sofisticados com microprocessadores e circuitos especialmente projetados para essa aplicação. Neste artigo damos informações importantes para o profissional que deve estar preparado para reparar este tipo de equipamento, não importando qual seja a sua tecnologia de construção.

Nota: o artigo foi escrito em 2005, mas vale como referência ainda para os que desejam recuperar ou reparar um equipamento deste tipo. Existem alguns tipos que ainda são encontrados no comércio.

Um equipamento digital que a maioria das pessoas tem, sem se dar conta da sua importância é o relógio digital.

O relógio digital tanto pode ser de pulso, de parede ou mesmo de enorme porte como os que ficam no alto de grandes edifícios como pode estar incorporado a outros aparelhos como por exemplo o rádio de cabeceira.

Na verdade, os rádio relógios com despertadores e outras funções interessantes consistem em equipamento indispensável para a maioria das pessoas. O profissional de reparação que souber trabalhar com esse tipo de equipamento tem mais uma fonte de lucro garantida

Observamos, entretanto, que muitos relógios e rádio relógios modernos usam tecnologias tão compactadas em CIs que os tornam praticamente descartáveis. A não ser que o problema seja muito simples como um componente passivo, um mau

contacto ou ainda uma solda fria, a troca de circuitos não é compensadora e nem sempre simples, pela dificuldade de se obter o tipo original.

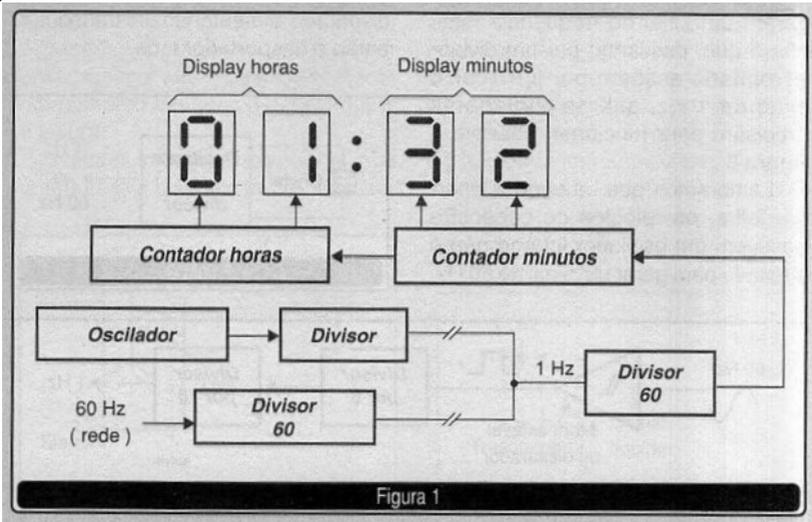
Isso deve ser alertado ao cliente quando ele trazer esse tipo de equipamento para reparo.

Neste capítulo vamos tratar de dois tipos de circuitos de relógios digitais: os que funcionam de modo independente como os de mesa e parede, e os que funcionam em conjunto com rádios.

O trabalho mais eficiente, conforme veremos, é possível apenas nos aparelhos que possuem circuitos convencionais e que, portanto, podem ser acessados com facilidade.

O RELÓGIO DIGITAL

Na figura 1 temos um diagrama de blocos de um relógio digital comum.



O circuito é formado basicamente por um contador, que é dividido em três blocos separados para a contagem dos segundos, dos minutos e das horas.

Nos modelos mais simples temos apenas dois blocos que se destinam à contagem dos minutos e das horas.

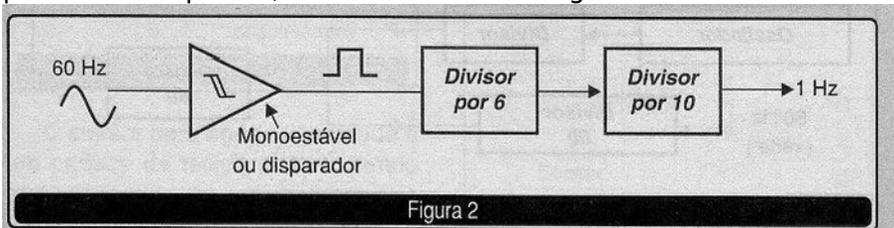
O contador de segundos é um contador até 60 em que temos dois dígitos: um deles está ligado a um contador até 10 e o outro, a um contador até 6, de modo que no total tenhamos a contagem até 60.

Quando a contagem chega aos 59, o pulso seguinte zera o contador, possibilitando o reinício da contagem e aparecendo assim no seu indicador o valor 00. Perceba que na entrada deste circuito devem ser aplicados pulsos a uma razão de 1 por segundo.

Existem diversas formas de se obter um pulso por segundo para esses circuitos. O modo como isso é feito determina a precisão do relógio. Nos relógios alimentados pela rede de energia, podemos aproveitar sua frequência de 60 Hz, que é bastante estável para obter 1 Hz.

Assim, o que se faz é inicialmente modificar o sinal senoidal tornando-o retangular através de um disparador ou um multivibrador monoestável. Isso é necessário para que esse sinal de 60 Hz se torne compatível com os circuitos digitais.

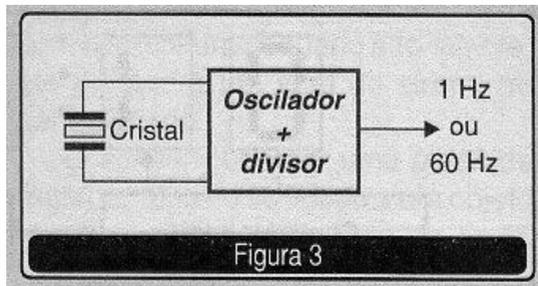
Depois, passamos este sinal por um divisor de frequência por 6 e outro por 10, conforme mostra a figura 2.



Veja que existem países em que a rede é de 50 Hz. Assim, pode ocorrer que um relógio comprado num país de rede 50 Hz, ao ser ligado na nossa rede, passe a atrasar. Para a maioria dos relógios comuns existe uma chavinha interna ou jumper que permite modificar o seu sincronismo conforme a frequência da rede.

Nos relógios de pulso, ou mesmo usados no carro, não é possível contar com os 60 Hz da rede.

Para esses relógios, são usados cristais que geram um sinal de frequência mais alta e que, passando por um divisor apropriado acabam por fornecer o sinal de 1 Hz, que os contadores precisam para funcionar, conforme mostra a figura 3.



Lembramos que, quando a energia falha, os relógios de cabeceira possuem um oscilador interno que é ajustado para gerar um sinal de 60 Hz, enquanto faltar energia e com isso manter apenas os contadores funcionando. Com isso, ao voltar a energia, o relógio estará na hora certa.

Esses osciladores, entretanto, não são muito precisos, o que pode significar que a hora em que ele retorna pode ter pequenas alterações.

Passando para o bloco de minutos:

A cada 60 pulsos o contador de segundos é zerado, conforme vimos, mas ao mesmo tempo, ele gera um pulso para o contador de minutos. Isso significa que a cada 60 segundos ou 1 minuto o contador de minutos recebe o seu pulso, que conta de maneira semelhante.

Esse contador também tem dois blocos, um para contar até 10, e outro até 6, e quando ocorre a passagem do pulso 59 para o 60, ele zera produzindo agora um pulso para o contador de horas. O contador de horas pode ser programado de duas maneiras: pode contar até 12 ou até 24 conforme o tipo de relógio ou conforme o seu ajuste.

No contador até 12 quando chegarmos ao décimo terceiro pulso de horas, ele passa a marcar 1 ou ainda quando passamos do décimo primeiro para o décimo segundo ele marca 00.

Os circuitos de contagem podem ser acoplados a circuitos auxiliares, como, por exemplo, memórias que podem "gravar" um determinado valor da contagem. Quando esse valor é atingido, um oscilador de áudio é disparado, alimentando um transdutor: o despertador toca.

Esse sinal pode também ser usado na forma digital para acionar o circuito de alimentação do rádio: o rádio entra em funcionamento no horário programado.

Nos relógios mais sofisticados os contadores podem ser usados de forma independente como cronômetros e a contagem pode ser invertida, de modo a termos contagens progressivas ou regressivas.

Na figura 4 temos alguns tipos de relógios digitais que podem ter muitas funções.



Na verdade, os relógios tendem a incorporar equipamentos sofisticados como, calculadoras, controles remotos, GPS e muito mais. Até mesmo TVs já são disponíveis nos tipos de pulso.

OS MOSTRADORES

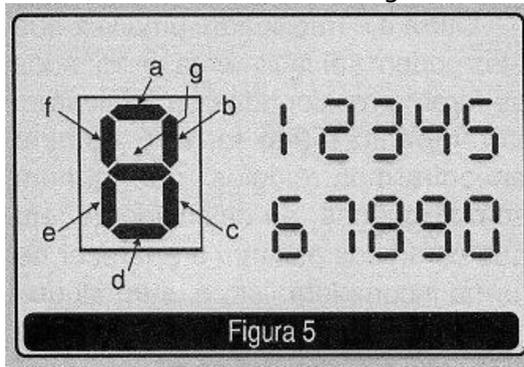
Existem diversos tipos de mostradores que são usados tanto nos relógios digitais de pulso, rádio relógios como também em outros aparelhos eletrônicos.

Analisemos estes mostradores:

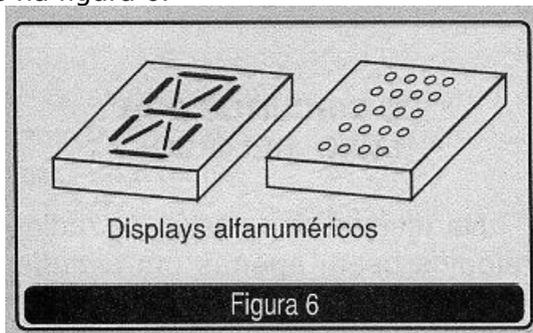
a) diodo foto emissor (LED).

Neste tipo de mostrador, cada dígito é formado basicamente por 7 segmentos, que nada mais são do que LEDs acionados de modo independente. Conforme o LED que seja alimentado, o segmento correspondente acende e, com a

combinação dos 7 segmentos, podemos formar todos os algarismos de 0 a 9, conforme mostra a figura 5.



Nos tipos mais sofisticados, em lugar dos 7 segmentos, podemos ter uma disposição de segmentos de pontos conforme as mostradas na figura 6.



Esses tipos de disposição permitem que letras sejam formadas, assim como outros símbolos e até mesmo figuras. Assim, além de informações numéricas, podem aparecer letras com mensagens como, por exemplo AM (antes do meio dia) ou PM (depois do meio dia), etc.

Uma vantagem importante do display com LEDs é que ele "acende" com um bom brilho e, portanto, pode ser visto no escuro. Como desvantagem, temos o alto consumo de energia, que praticamente impede que ele seja usado em relógios de pulso ou alimentados por baterias, pois elas teriam uma durabilidade muito pequena.

Os primeiros relógios digitais de pulso usavam este tipo de mostrador, mas para evitar o elevado consumo de energia, eles mantinham o display desligado ficando em funcionamento apenas o contador. Quando o usuário desejava ver as horas, apertava um botão que ativava o display.

Atualmente os displays de LEDs são usados apenas em rádios-relógios e relógios alimentados pela rede de energia, no carro e em outros dispositivos indicadores (instrumentos, computadores, etc.) em que o consumo de energia não seja tão importante.

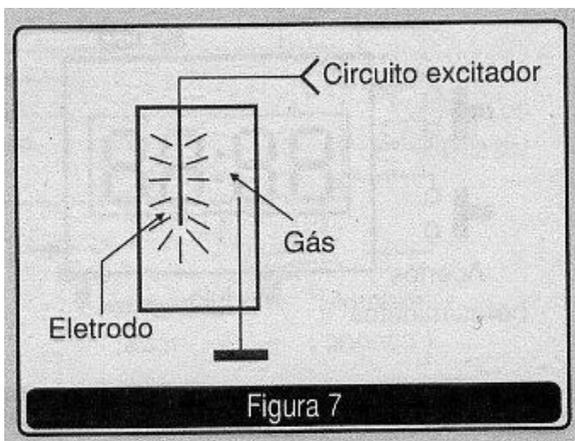
No carro, para evitar o consumo elevado de corrente dos displays, eles só são ativados quando o sistema elétrico do carro recebe energia da chave de contacto. Os primeiros displays de LEDs tinham a cor predominantemente vermelha. Atualmente, displays de outras cores são comuns.

b) Filamentos ou plasma

Alguns aparelhos possuem como displays indicadores os formados por um tubo com gás que é submetido a uma alta tensão.

Quando os segmentos que devem acender são aterrados por um circuito especial de excitação, o gás nas suas proximidades ioniza emitindo luz.

Dessa forma, os eletrodos parecem acesos e em conjunto formam o dígito que se deseja apresentar, conforme mostra a figura 7.



A principal desvantagem desse tipo de display, é que nos aparelhos alimentados por bateria é preciso gerar alta tensão para os tubos. É preciso contar com um circuito inversor que gera tensões da ordem de 80 V para este tubo.

Num outro tipo, também encontrado em alguns relógios de tecnologia mais antiga, temos displays que são formados por finos filamentos que emitem luz, como lâmpadas incandescentes, quando percorridos por uma corrente. Esses filamentos estão dispostos de modo a termos a configuração de 7 segmentos tradicional.

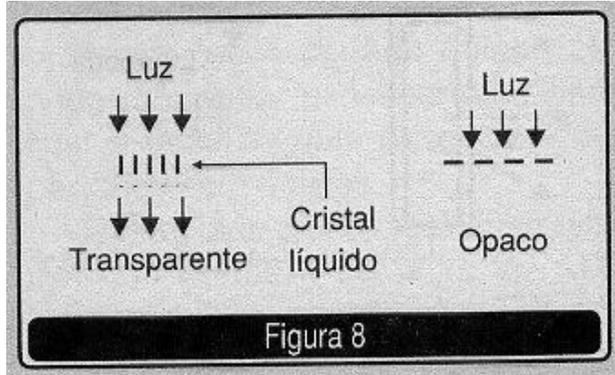
Também, uma das desvantagens deste tipo de display, é o elevado consumo de corrente, que dificulta seu uso em aplicações alimentadas por baterias e pilhas. Evidentemente, nos casos em que isso ,e necessário, pode-se acrescentar um botão que ative o display somente no momento em que se desejar fazer a leitura.

Nesses mostradores, como nos anteriores, a disposição dos filamentos ou segmentos pode ser programada de modo a ter todas as funções de um relógio com sinais especiais tais como os dois pontos entre as horas e minutos, eventualmente com um acionador que os faz piscar ao ritmo de uma piscada por segundo, etc.

c) Mostradores de cristal líquido

Pelas suas características de consumo e facilidade de acionamento direta pelos circuitos digitais, os mostradores mais usados tanto em relógios como também na maioria dos instrumentos digitais, é o de cristal líquido. Nesses mostradores existe uma substância denominada cristal líquido cujas moléculas possuem a interessante propriedade de poderem ser orientadas através de campos elétricos.

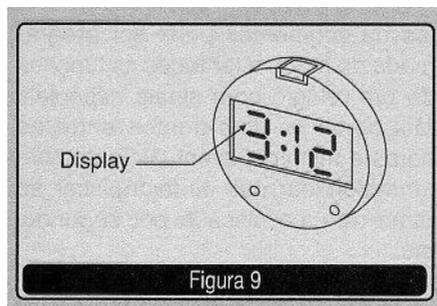
Assim, conforme mostra a figura 8, quando essa substância se encontra sem polarização elétrica, as suas moléculas ficam posicionadas de tal forma que a luz pode atravessá-la sem problemas.



Quando isso ocorre, a substância é totalmente transparente.

Quando existe uma polarização elétrica obtida de uma tensão no seu meio, as moléculas da substância giram e como uma espécie de "persiana" impedindo a passagem da luz, ou seja, ela se torna opaca.

Nos displays, o que se faz é colocar a substância que tem essas propriedades entre dois eletrodos transparentes extremamente finos que podem ser ligados ao circuito de controle. Assim, conforme o eletrodo que seja energizado, provocando o aparecimento de um campo, a região abaixo dele se torna opaca. Na figura 9 temos um exemplo de display de cristal líquido usado num relógio digital.

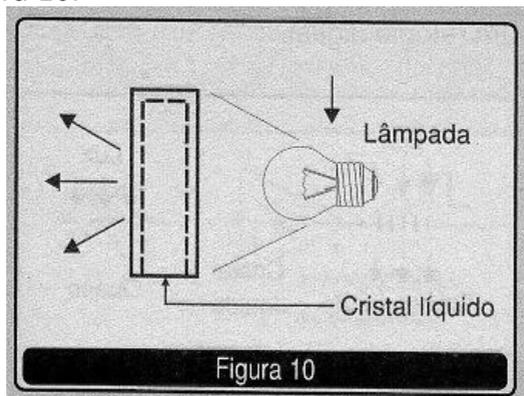


As regiões que formam os segmentos são determinadas pelos eletrodos transparentes que têm conexão com o circuito

integrado de acionamento. Na face posterior do display existe um eletrodo comum para todos, funcionando como terra.

Para se evitar problemas de eletrólise e polarização permanente, este display não pode ser alimentado ou excitado por corrente contínua, pois se assim fosse, haveria uma pequena corrente circulando num sentido único na substância, afetando sua integridade. Assim, nos circuitos de mostradores de cristal líquido, os setores são alimentados por uma pequena tensão alternada gerada por um circuito especial.

O fundo do painel pode ser feito de diversas formas conforme a apresentação dos símbolos que desejamos. Por exemplo, podemos deixar o fundo com um eletrodo transparente e colocar uma lâmpada por trás de modo que teremos um mostrador luminoso, em que acendem somente os segmentos que forem orientados de modo a deixar passar a luz, conforme mostra a figura 10.

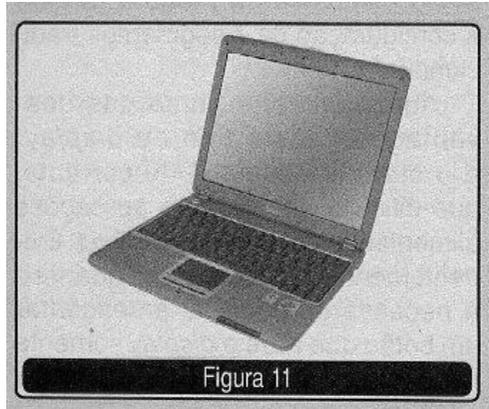


Mas, o mais comum é deixar o fundo preto, de modo que tenhamos o aparecimento de segmentos nesta cor, quando eles forem energizados.

A maioria dos relógios de pulso que usa mostrador de cristal líquido faz este tipo de acionamento. Diversas são as vantagens que o uso de mostradores de cristal líquido apresenta: A principal delas é a economia de energia, já que o consumo desses dispositivos é extremamente baixo. Correntes da ordem de microampères podem excitar mostradores de vários dígitos com muitas informações disponíveis.

A segunda é o baixo custo e durabilidade que permite que estes mostradores sejam usados, não só em relógios, mas também em instrumentos de medida, em videogames portáteis, computadores e até mesmo em televisores de bolso.

Na figura 11 mostramos um computador que faz uso de um display de cristal líquido.



Para a excitação dos mostradores normalmente são usados circuitos especiais CMOS. Apesar de todas as vantagens, estes mostradores também têm suas desvantagens:

Uma delas está no fato de que eles precisam de iluminação para serem usados, ou seja, não produzem luz. Ou eles usam uma fonte própria que pode ser uma lâmpada ou outro dispositivo, ou aproveitam a iluminação ambiente.

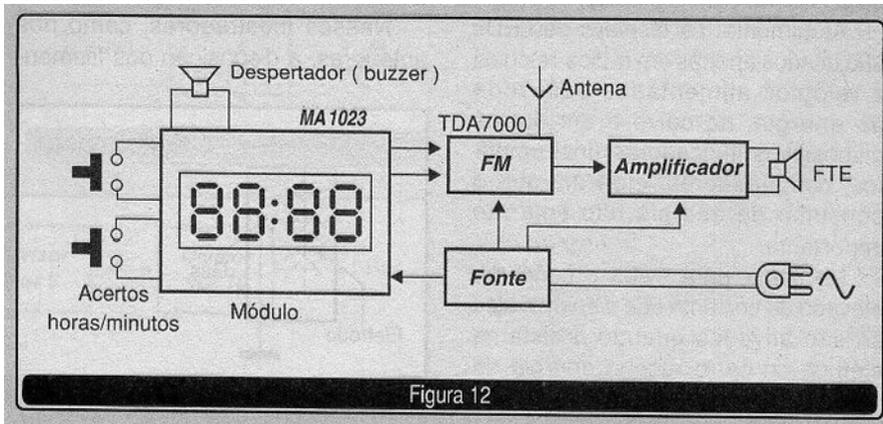
Outra é a fragilidade, já que eles podem ser facilmente danificados se forem pressionados ou se tiverem um impacto muito forte. É comum encontrarmos relógios que tenham sofrido quedas, ou calculadoras, em que os dígitos passam a aparecer de forma incompleta, ou seja, sem alguns dos seus segmentos, por problemas que ocorrem com o display.

OS CIRCUITOS DOS RÁDIOS RELÓGIOS

Na maioria dos casos, os rádio relógios usam apenas um circuito integrado para a função de relógio. Nele são reunidas todas as funções que vimos e mais algumas como, por exemplo, de programação e controle.

Os rádios, por outro lado, ou podem se basear num único chip ou ainda terem uma configuração tradicional como, por exemplo, com transistores nas etapas de FI e áudio, além de misturadores.

Na figura 12 temos um diagrama simplificado de um rádio relógio comercial que se baseia em dois circuitos integrados bastante conhecidos.



O primeiro deles é o módulo MA1023, que consiste num relógio digital completo que inclui também o mostrador. Ou seja, numa pequena placa temos a pastilha com montagem "on board" e o display correspondente a todo o circuito do relógio. A montagem "on board" consiste em se fixar na placa de circuito impresso diretamente o chip, fazendo a soldagem de suas ligações através de "micro fios".

Depois uma espécie de "pingo" de epóxi ou outra cola, protege diretamente o chip, evitando assim a necessidade de um invólucro.

Na figura 13 temos um exemplo de montagem "on board" muito usada em aparelhos comerciais de baixo custo.

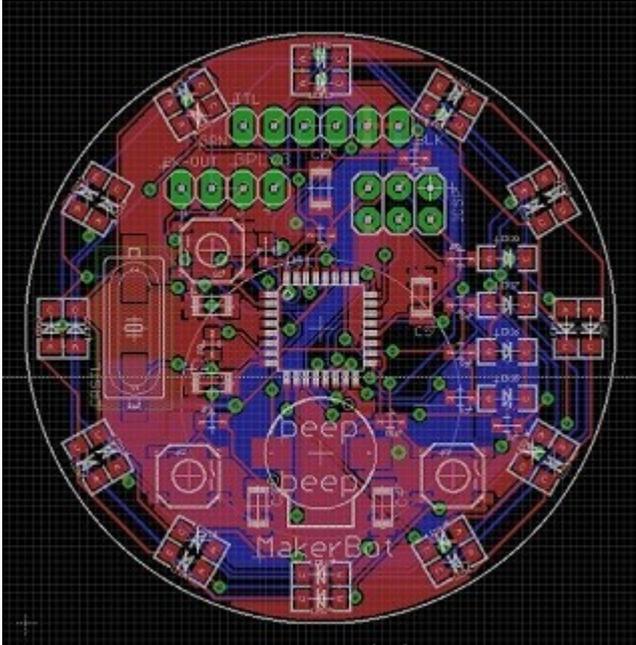


Figura 13 – Chip on board

Observe que é impossível fazer qualquer reparação num chip "on board", pois ele não pode ser retirado da placa para substituição, e a própria medida de tensões em seus terminais não é nada fácil.

Estes são os componentes preferidos das montagens descartáveis de baixo custo, como módulos de relógios, brinquedos (videogames, órgãos eletrônicos de baixo custo, bonecas falantes etc.) e até mesmo calculadoras.

Um ponto importante que deve receber atenção especial dos técnicos que trabalham com estes módulos é o relacionado com os pinos de programação de contagem, conforme já vimos, pois existem redes de 50 Hz e 60 Hz.

Conforme mostra a figura 14 podemos ter um pino que admite dois níveis lógicos: ligado ao positivo da alimentação (nível alto) ele programa a contagem na rede de 60 Hz; colocado no nível baixo (terra) ele programa o relógio para funcionar na rede de 50 Hz.

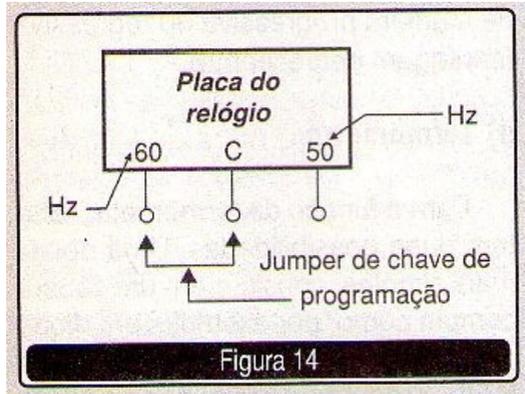
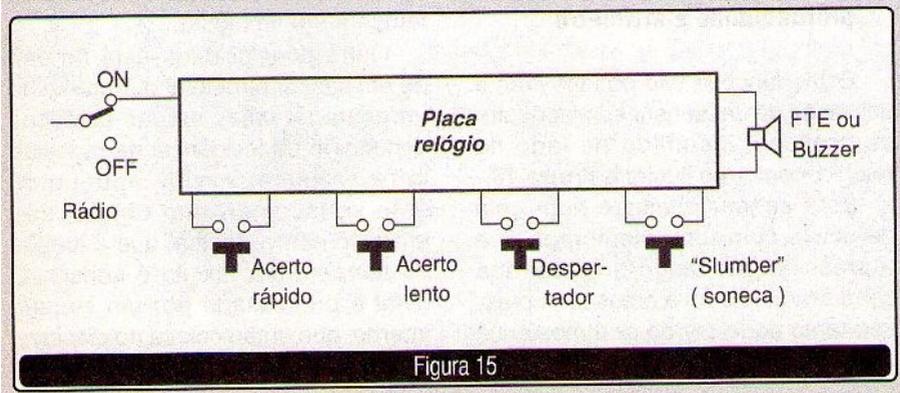


Figura 14

Outra maneira, mostrada na mesma figura, consiste em se conectar um determinado pino a um de dois pontos da placa, conforme a rede. Diante de um relógio deste tipo, o técnico pode identificar este pino e fazer a alteração da programação de modo a funcionar na nossa rede de energia.

Esses relógios possuem ainda um oscilador interno, cuja frequência é ajustada por um trimpot, de modo a manter o contador funcionando quando há um corte de energia. Conforme já explicamos, esse oscilador funciona com uma bateria externa, normalmente de 9V, e atua somente sobre o contador, pois se mantivesse o display acionado, o alto consumo faria com que ela se esgotasse rapidamente.

Assim, quando a energia volta, a contagem continua normalmente, com os 60 Hz normais, e o relógio não precisa ser acertado novamente. Na placa do relógio encontramos diversas saídas de controle importantes, mostradas na figura 15.



Duas delas são as correspondentes ao acerto rápido e ao acerto lento.

Essas saídas fazem com que os contadores sejam acelerados para se acertar as horas. Essas mesmas saídas, em conjunto com uma terceira, da função despertador, permitem levar o contador até a hora em que se deseja que o relógio desperte.

A saída do despertador pode ser usada para acionar o rádio ou então um buzzer (transdutor cerâmico) que é acionado por um oscilador constante do próprio relógio. Outras funções importantes são do "soneca" (slumber), que faz com que o relógio toque o despertador novamente depois de um certo tempo se ele não for atendido, ou seja, se o operador desligar durante o toque e não desativar o alarme.

Para o receptor de rádio podemos tomar como exemplo um circuito integrado bastante popular em alguns modelos que podem aparecer em sua oficina.

Nesse receptor um único circuito integrado TDA7000 (existem muitas versões deste integrado, algumas mais modernas e outras com designações que dependem do fabricante, mas que no fundo são bastante semelhantes).

Esse circuito integrado consiste num receptor de FM completo que funciona apenas com uma bobina e necessita de poucos componentes externos para polarização, desacoplamento e um amplificador de áudio, conforme mostra a figura 16.

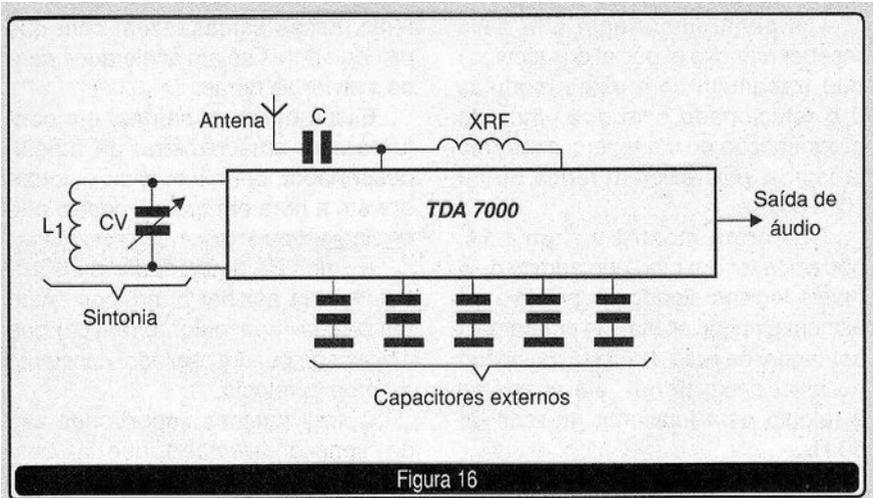


Figura 16

Observe que neste circuito o que temos basicamente em torno do circuito integrado são capacitores, já que estes não são facilmente integráveis.

O receptor de FM tem seu controle feito tanto pelo painel externo onde o operador pode fazer seu acionamento, controlar o volume e mudar de estação como também um acionamento controlado pelo sistema despertador.

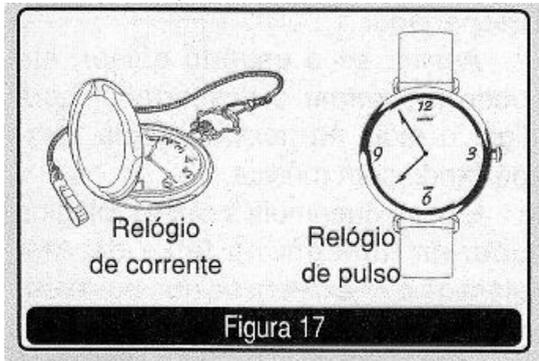
Assim, se o usuário quiser, ele pode programar o despertador para ligar o rádio na hora desejada, despertando com música. Evidentemente, muitos rádios relógios operam também na faixa de AM, além do que, existem os que possuem outros recursos como toca-fitas e até CD-players.

Outros ainda, incorporam o circuito de telefone sem fio ou mesmo telefone comum. O princípio de funcionamento, entretanto é sempre o mesmo, como o circuito que vimos, podendo ser analisado de forma totalmente independente conforme os blocos que analisamos, todos geralmente contidos num único circuito integrado dedicado.

RELÓGIOS ESPECIAIS

Evidentemente, para os relógios de pulso, a contagem do tempo é um mero complemento. Os relógios modernos possuem muitas funções que certamente nunca foram previstas nem por

Alberto Santos Dumont que, pela primeira vez "amarrou" um relógio no pulso, por ser mais cômodo consultá-lo. (Para os que não sabem, não foi só o avião que Santos Dumont inventou: até sua época os relógios eram carregados no bolso, presos por correntes, exigindo assim um incômodo movimento de retirada, para serem consultados...).



Os relógios modernos podem ter as seguintes funções adicionais:

- a Calculadora
- b Cronômetro
- c Barômetro
- d Altímetro
- e Termômetro
- f Controle remoto
- g Medidor de batimentos cardíacos
- h Pedômetro
- i Medidor de profundidade
- j Agenda
- k GPS
- l Telefone Celular

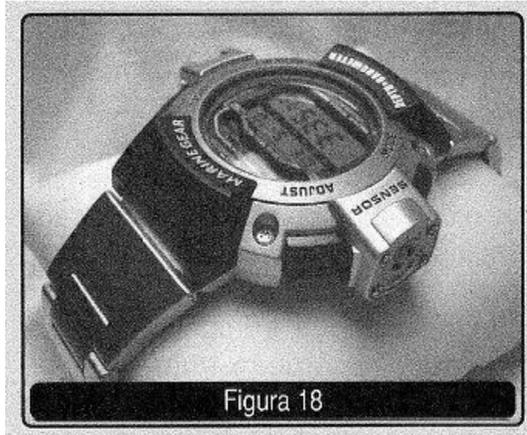
Para que os leitores possam explicar aos seus clientes "não eletrônicos" como funcionam essas funções vamos ajudá-lo:

a) Calculadora

O relógio possui um chip com as funções básicas de calculadora além da contagem de horas. Na sua parte frontal existe um teclado, normalmente para ser acionado com a ponta de uma caneta, dadas suas dimensões.

b) barômetro, medidor de profundidade e altímetro

Estas funções são obtidas com a utilização de um sensor semiconductor de pressão, instalado no lado do relógio, conforme mostra a figura 18.



Este sensor consiste num chip de silício com uma membrana que o pressiona de modo a mudar sua condutividade com a pressão.

A pressão tanto pode ser do ar atmosférico como da água.

Quando usado no ar, o sinal pode ser levado ao chip interno, que processando-o faz a conversão em termos de altura (a pressão diminui com a altitude) ou em termos absolutos (como barômetro).

Quando usado na água, o sinal é convertido para indicação em metros ou pés de profundidade segundo programação do chip interno.

Em todos os casos devem ser feitos ajustes prévios de modo a compensar as condições locais (zerado).

c) Cronômetro

Esta é uma função simples que existe na maioria dos relógios, já que um cronômetro nada mais do que um contador de tempo e os relógios já o possuem.

Basta acrescentar os controles que permitam modificar a maneira como relógio "conta o tempo", de maneira progressiva ou regressiva (contagem decrescente).

d) Termômetro

Para a função de termômetro existem duas possibilidades. Uma delas, mais simples consiste num sensor comum como por exemplo um diodo polarizado no sentido inverso ou um NTC, cuja condução depende da temperatura ambiente.

Outra possibilidade está no uso de um sensor piroelétrico. Trata-se de um material cujas cargas estáticas dependem da incidência de radiação infravermelha.

Assim, apontando este sensor para um objeto, sua emissão infravermelha, que é função da temperatura, excita o sensor. O sinal é processado por um circuito interno que então coloca no display a temperatura do objeto focalizado.

e) Controle remoto

Nesta função um teclado no painel aciona um circuito codificador, excitando um LED emissor infravermelho que deve ser apontado para o televisor ou outro aparelho. Evidentemente, o aparelho a ser controlado deve ser do tipo que reconheça os sinais do emissor.

Os fabricantes de relógios "descobriram" que os sistemas de controle remoto dos diversos aparelhos são semelhantes, assim basta programar o relógio para que seus sinais sejam compatíveis com o do aparelho que se deseja controlar.

f) Pedômetro

O pedômetro é um medidor de passos cuja finalidade é indicar a um atleta a distância que ele percorre, ou quantos passos dá.

Basta programar ou o ritmo dos passos e sua distância para se ter um controle sobre um exercício.

Alguns tipos de pedômetros são acionados pelo próprio balanço do corpo quando caminhamos, registrando assim pelas variações bruscas desse movimento, cada passo dado pelo atleta.

g) Batimentos cardíacos

Para os batimentos cardíacos podem ser usados sensores de contacto que operam pela variação da resistência da pele com o bombeamento do sangue.

h) Agenda

Nesta função o relógio conta com um microprocessador e um teclado que permite programar números de telefones e nomes de pessoas.

Como o teclado é do mesmo tipo usado em calculadoras, os relógios com agendas normalmente possuem a função de calculadora.

Veja que todas essas funções não estão limitadas a relógios de pulso, mas também a relógios de mesa e mesmo do tipo incorporado a agendas de uso executivo.

Evidentemente, o princípio de funcionamento é o mesmo, e a partir da leitura deste artigo o leitor terá maior facilidade em compreendê-los.

AS NOVAS FUNÇÕES DO TÉCNICO

Houve tempo em que o "técnico eletrônico" era o possuidor de uma oficina ou simplesmente mantinha uma placa na porta de sua casa anunciando que "consertava rádio e TV".

Hoje em dia a eletrônica é muito mais ampla e mudou o modo como os aparelhos devem ser mantidos ou instalados.

Assim, a função do novo profissional de service não é simplesmente a de reparar aparelhos eletrônicos comuns, já que a tendência atual é de que os aparelhos sejam "descartáveis", mudando constantemente sua linha, saindo do mercado seus componentes o que os torna bem difíceis de serem reparados.

No entanto, o profissional não vai perder sua fonte de lucros por causa disso: muito pelo contrário. As novas condições da eletrônica podem ajudar o profissional bem preparado a ganhar muito dinheiro.

Além da reparação (quando ela se torna economicamente viável) o profissional pode instalar equipamentos de segurança como alarmes, porteiros eletrônicos, portões automáticos, eletrodomésticos (que se tornam cada vez mais eletrônicos) são alguns exemplos de atividades altamente lucrativas.

O novo profissional também pode vender aparelhos, cuidando de sua instalação e manutenção. A venda de sistemas de segurança incluindo alarmes, circuitos fechados de TV com sua instalação ou ainda de antenas parabólicas com sua instalação, consistem em atividades das mais lucrativas para o profissional eletrônico bem preparado.

O profissional dos novos tempos também pode servir de consultor para seus clientes, informando-os sobre a melhor maneira de fazer uma escolha de um aparelho para uma determinada aplicação.

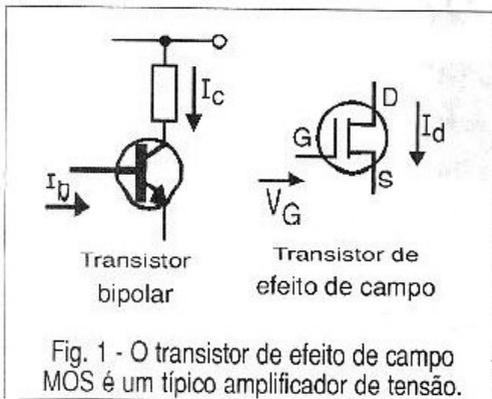
O profissional bem preparado sabe aproveitar as mudanças constantes da eletrônica moderna, acompanhando todas as suas novidades e sobretudo, procurando constante atualização.

A eletrônica é extremamente dinâmica! Tudo muda rapidamente. Não permanecer atualizado significa a falência. Lembre-se disso.

COMO FUNCIONA O MOSFET

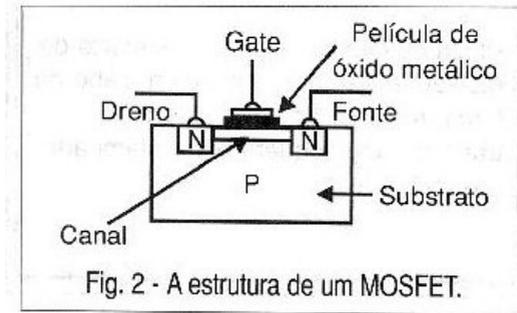
Os transistores de efeito de campo não são componentes novos. Na verdade, em teoria foram criados antes mesmo dos transistores comuns bipolares. No entanto, com a possibilidade de se obter este dispositivo na versão de alta potência, o MOSFET se tornou um componente extremamente popular que já começa a ser o preferido em muitas aplicações. Neste artigo falaremos do MOSFET comum, seu princípio de funcionamento e algumas aplicações práticas, deixando para o futuro a abordagem da sua versão de potência que exige um espaço maior.

Os transistores de efeito de campo diferentemente dos transistores bipolares comuns são típicos amplificadores de tensão e não de corrente. Enquanto a corrente de coletor de um transistor comum é função da corrente de base, num transistor de efeito de campo, a corrente de dreno é função da tensão de porta, conforme indica a figura 1.

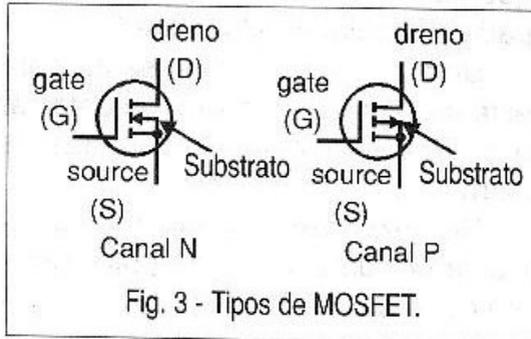


MOSFET é a abreviação de Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor ou Transistor de Efeito de Campo de Óxido de Metal Semicondutor.

Na figura 2 temos uma estrutura simplificada de um MOSFET.

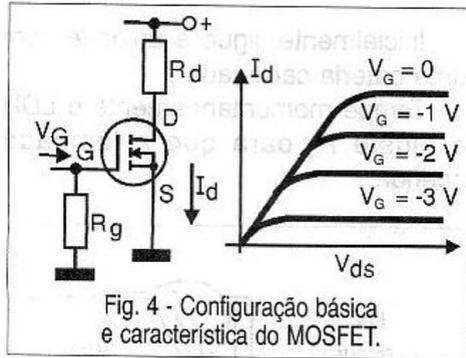


Uma fina película de óxido de metal isola a região de comporta da região do canal que liga o dreno à fonte. Dependendo da polaridade dos materiais semicondutores usados podemos ter MOSFET de canais N ou P, conforme mostram os símbolos da figura 3.



O eletrodo ligado ao substrato normalmente nas aplicações comuns é unido ao eletrodo de fonte, se bem que existam aplicações que exijam transistores em que este eletrodo seja polarizado de forma independente.

Para usar o transistor de efeito de campo de canal N o circuito básico é o mostrado na figura 4.

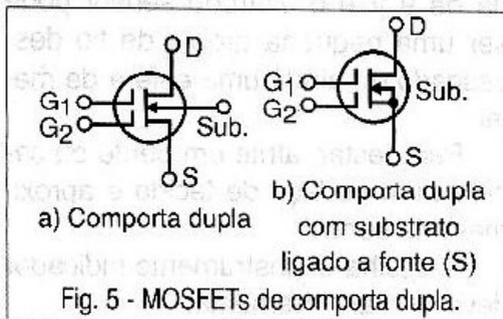


Com uma tensão nula de comporta a corrente de dreno tem um valor que depende da tensão de alimentação até o ponto de saturação. Para cortar a corrente de dreno a comporta deve ficar negativa em relação a tensão de fonte. Tanto mais negativa ela fica menor é a corrente que pode fluir entre o dreno e a fonte conforme mostra o gráfico junto à figura.

Observe que estas curvas são bastante semelhantes as obtidas com válvulas (principalmente os tipos pêntodo) e que polarizando o componente na sua região linear ele se torna um excelente amplificador de sinais.

TIPOS

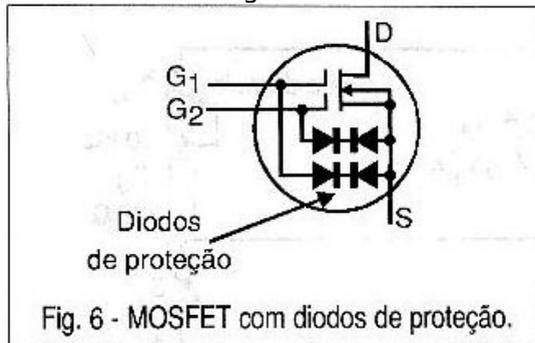
Além dos tipos de comporta único, os MOSFETs comuns podem ser encontrados nas versões de comporta dupla com o símbolo mostrado na figura 5.



Como estes componentes podem operar com frequências bastante altas, os tipos de comporta dupla se prestam a operação como misturadores de sinais.

Levando-se em conta que os MOSFETS são bastante sensíveis as descargas estáticas, o manuseio deve ser feito com muito cuidado no sentido de não se tocar na comporta sob pena de danificar de modo irreversível o componente.

O que ocorre é que a descarga "fura" a finíssima camada de óxido que isola a comporta do canal, tornando o componente imprestável. Os tipos comuns são protegidos contra este problema com a inclusão na própria pastilha de diodos de proteção, conforme mostra a figura 6.



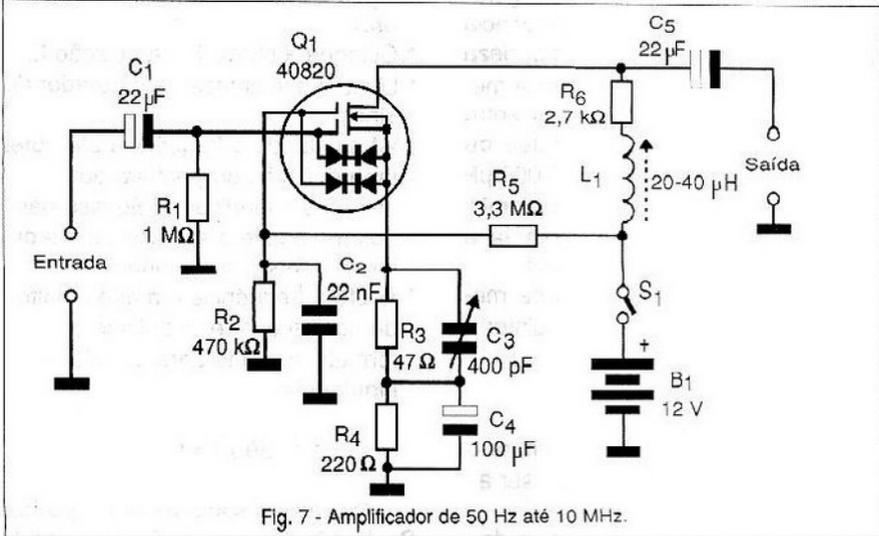
A característica de elevadíssima impedância de entrada dos MOSFETs os torna ideais para inúmeras aplicações que envolvam a amplificação de pequenos sinais de áudio até frequências relativamente elevadas.

As aplicações que daremos a seguir podem ser elaboradas em função de tipos comuns como os 40673 da RCA ou ainda 3N187 e equivalentes da série 3N.

CIRCUITOS PRÁTICOS

1. AMPLIFICADOR DE BANDA LARGA

O circuito mostrado na figura 7 pode amplificar sinais que vão desde a faixa de áudio até 10 MHz.



A faixa muito larga de frequências de operação e sua impedância de entrada da ordem de 1 M ohms o torna ideal como etapa de entrada para instrumentos tais como freqüencímetros ou mesmo osciloscópio.

A intensidade máxima do sinal de entrada (a partir do qual temos a saturação) é da ordem de 100 mVrms. A amplitude máxima do sinal de saída é de 1 Vrms.

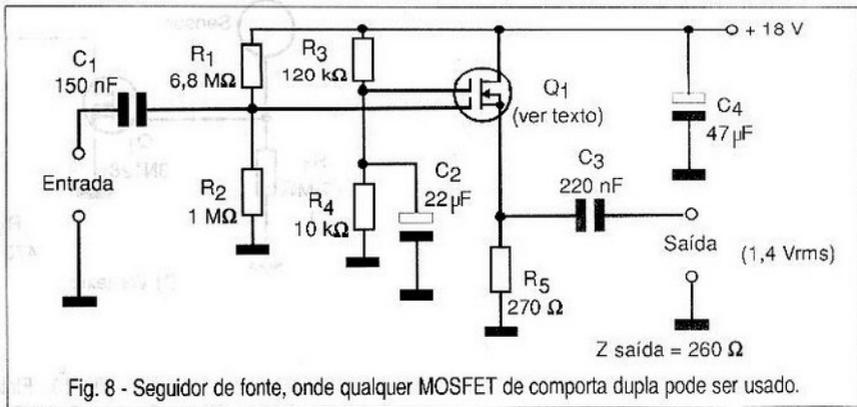
O indutor que serve de carga para a saída é ajustado para se obter com o trimmer o ganho máximo do circuito na frequência de 10 MHz, mas dependendo da aplicação estes componentes podem ser alterados.

Observe que uma das comportas tem uma polarização fixa dada por R2 e R3 de modo a levar o componente a uma corrente de repouso ideal para a aplicação.

2. SEGUIDOR DE FONTE

Um seguidor de fonte é um amplificador que tem um ganho de tensão unitário, porém uma elevadíssima impedância de entrada e uma impedância muito baixa de saída. O circuito da figura 8 mostra uma aplicação deste tipo que pode ser

considerada equivalente ao seguidor de tensão normalmente feito com amplificadores operacionais.

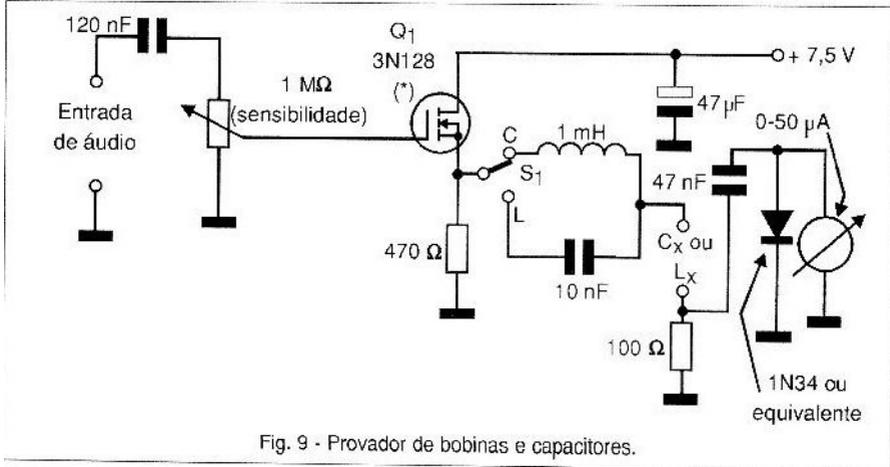


Neste caso a amplitude máxima do sinal de entrada antes do qual se obtém a saturação é da ordem de 2 volys e a amplitude máxima do sinal de saída é da ordem de 1,5 Vrms.

Dentre as aplicações recomendadas para este circuito podemos citar o casamento de impedância de fontes de sinais de áudio como, por exemplo, microfones.

3. PROVADOR DE BOBINAS E CAPACITORES

O circuito da figura 9 é uma ponte que serve tanto para medida de capacitâncias como indutâncias e faz uso de um transistor de efeito de campo MOS de canal duplo alimentado por uma tensão de 9 V.



O princípio de funcionamento é simples: aplica-se o sinal de um gerador de sinais na entrada (a frequência vai depender da ordem de grandeza da indutância ou da capacitância medida - normalmente ela estará entre 20 Hz e 20 kHz para medidas de capacitância entre 50 nF e 50 000 uF e indutâncias entre 5 mH e 6000 Hz com os valores de capacitância e indutância de referência usados.

O procedimento para uso na medida de capacitância é o seguinte:

a) Capacitância

* Ligue o gerador de sinais na entrada do circuito: quanto menor o capacitor mais alta deve ser a frequência usada.

* Ligue o capacitor aos terminais de prova.

* Coloque a chave S1 na posição C.

* Acione a alimentação e o gerador.

* Vá ajustando a frequência do gerador até obter uma deflexão do ponteiro indicador em determinado instante. Ajuste a sensibilidade caso não seja possível detectar esta deflexão ou tente nova faixa de frequências.

* Leia a frequência no gerador e calcule a capacitância pela fórmula:

$$C = 1 / (0,0395 \times f \times f)$$

Esta fórmula é válida para o caso de L1 ser de 1 mH.

b) Capacitância

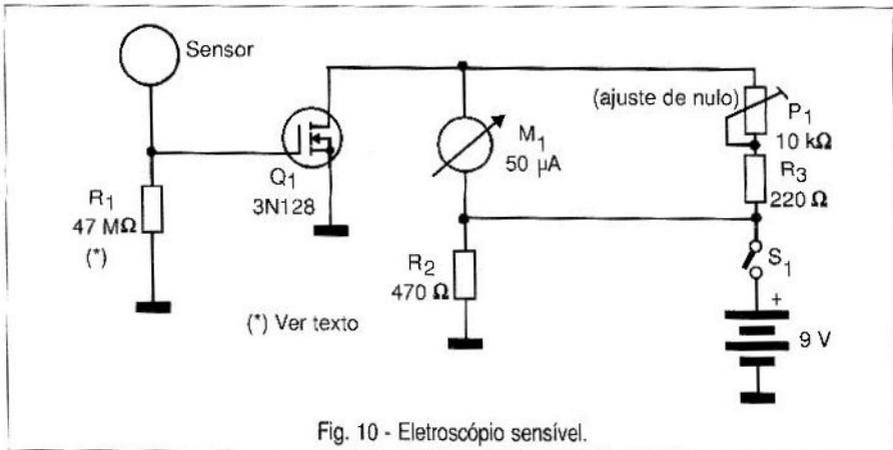
- * Ligue o gerador de sinais na entrada. Observe que maior indutância significa a escolha inicial de frequências mais baixas.
- * Ligue o indutor nos terminais de prova.
- * Coloque a chave S1 na posição L.
- * Ligue a alimentação e o gerador de sinais.
- * Vá ajustando a frequência até obter uma deflexão do ponteiro do instrumento indicador. Se isso não ocorrer ajuste a sensibilidade e/ou mude a faixa de frequências.
- * Anote a frequência em que o salto da agulha ocorrer e aplique a fórmula seguinte para calcular a indutância:

$$L = 1 / (0,39 \times f \times f)$$

(os valores são para um capacitor C2 de 10 nF e a indutância é obtido em microhenry).

4. ELETROSCÓPIO

O circuito mostrado na figura 10 é de um simples eletroscópio eletrônico que pode ser usado com vantagem nas aulas de física substituindo o tradicional eletroscópio de folhas de ouro.



O circuito é alimentado por uma bateria de 9 V e o eletrodo sensor pode ser uma pequena argola de fio descascado ou ainda uma esfera de metal. Para testar atrite um pente ou caneta num pedaço de tecido e aproxime-o do sensor. A agulha do instrumento indicador deve oscilar fortemente.

CONCLUSÃO

Os circuitos que vimos são apenas exemplos de aplicação dos transistores de efeito de campo MOS de comporta dupla de baixa potência. Existem muitas possibilidades de uso para este componente com características excepcionais.

Lembramos que existem diversos circuitos integrados de amplificadores operacionais que incorporam nas suas etapas de entrada estes transistores e que, portanto, podem ser utilizados em circuitos equivalentes.

COMO A ELETRICIDADE CHEGA ATÉ NOSSAS CASAS

Este artigo faz parte do livro *Instalações Elétricas Sem Mistérios* (2005). Nele abordamos o modo como a energia é transmitida até nossas casas dando ideia dos valores das tensões nos diversos pontos do processo. A energia gerada pelas usinas não está numa forma apropriada para consumo.

Para que ocorram poucas perdas na transmissão por longas distâncias, no local em que a usina produz a energia, ela é transformada, ou seja, sua tensão é modificada (mais adiante veremos o que isso significa).

Assim, a tensão enviada da usina até os centros de consumo é muito alta. Existem linhas de transmissão de energia que operam com 80 000, 150 000, 250 000 e até 750 000 V!

Obviamente, esta tensão é extremamente perigosa: se fosse levada diretamente até nossa casa, não precisaríamos sequer tocar nos fios para levar choques mortais.

A simples aproximação de um fio com tais tensões faria com que saltassem faíscas, fulminando-nos instantaneamente.

Assim, a energia, para chegar até nossa casa, passa por uma série de transformações, entrando em ação dispositivos que, justamente por sua função, são denominados transformadores.

Para que o leitor tenha uma ideia do que ocorre, damos na figura 6 todo o processo pelo qual a energia passa até chegar nas nossas casas.

Partindo da usina em que a energia é gerada, ela passa por um primeiro transformador que eleva sua tensão para um valor da ordem de dezenas de milhares de volts a centenas de milhares de volts. A energia que vem de Itaipu para São Paulo, por exemplo, está na forma de uma tensão de 750 000 V.

Perto do centro de consumo, a energia sofre uma transformação no sentido de baixar sua tensão para um valor menor, mais apropriado para as redes urbanas, ou seja, para ser levada para os bairros em fios colocados em postes comuns.

Normalmente, a tensão usada neste caso é da ordem de 13 000 volts.

Mas, mesmo 13 000 V é demais para se colocar numa instalação elétrica domiciliar. Portanto, temos nos postes,

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

transformadores que fazem o “abaixamento final” da tensão de modo que ela possa ser usada de maneira mais segura nas residências.

Estes transformadores fornecem tensões de 110 V a 220 V que são levadas até os locais de consumo. Os valores exatos das tensões encontradas nas redes de energia serão vistos em outros artigos.



Transformador que reduz a tensão para 110/220 V para consumo doméstico.

TENSÃO E CORRENTE (VOLTS E AMPÈRES)

A maioria das pessoas, mesmo os técnicos, fazem confusão entre tensões e correntes, misturando volts e ampères, e com isso podem ser levados a falsos entendimentos de muitas coisas que ocorrem numa instalação elétrica. Para entender bem eletricidade, seja ela a de uma instalação comum ou mesmo de circuitos eletrônicos complicados, o ponto fundamental é saber diferenciar tensão e corrente.

Por este motivo, mesmo visando fazer dos artigos deste site algo que trate apenas de coisas práticas, para um bom entendimento dessas coisas, precisamos abrir de quando em quando espaços para explicar algo teórico.

Se bem que isso possa parecer maçante, observamos ao leitor a necessidade de entender bem as próximas linhas, para que no futuro não seja um daqueles técnicos “entendidos” que falam besteiras, como dizer que a “corrente” de uma tomada é 110 V, confundindo-a com tensão e coisas semelhantes, que só podem levar o cliente mais esclarecido a desconfiar de sua competência. Evidentemente, a confiabilidade de um profissional ou mesmo do trabalho de alguém que mexa com eletricidade, porque gosta ou porque necessite, está no correto entendimento das coisas.

Mas, vamos ao que interessa: corrente e tensão.

A eletricidade pode ser usada para transportar energia, porque ela pode se movimentar através de fios de metal. Desta forma, quando um fio elétrico está conduzindo eletricidade, existe nele o movimento ordenado de minúsculas partículas de eletricidade denominadas elétrons, observe a figura 1.



Chamamos ao movimento ordenado destas cargas (todas no mesmo sentido) de corrente elétrica. A corrente é, portanto, o fluxo da eletricidade nos fios e nos aparelhos que estão funcionando e é medida numa unidade denominada Ampère (abreviada por A). Não existe, portanto, a tal “corrente” de 110 V.

Lembre-se: sempre que falarmos em corrente, a unidade é o ampère (A).

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

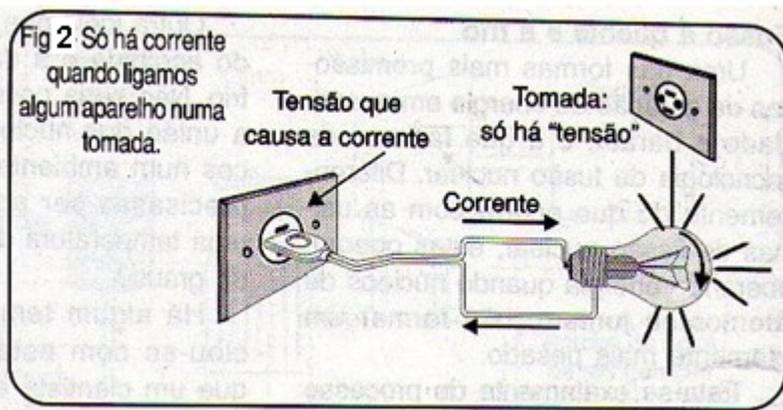
- Volume 10

Uma corrente, para se estabelecer por um fio, precisa de uma, força externa, ou seja, de algum tipo de ação externa que “empurre” as cargas.

Esta pressão externa ou força externa é denominada “tensão elétrica” e é medida em volts (abreviado por V). Assim, a tensão é a “CAUSA” da corrente e a corrente é o EFEITO. Sem uma não pode haver a outra.

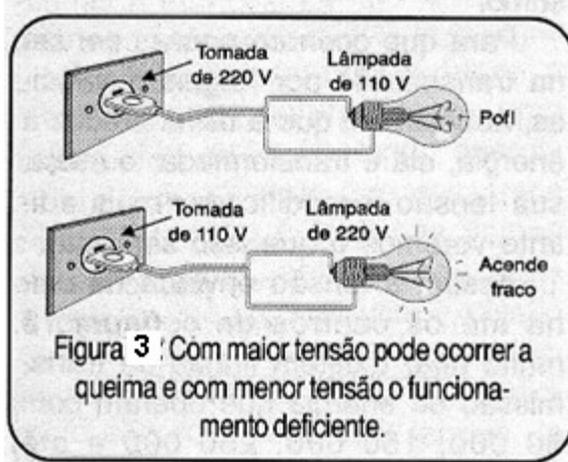
Veja, entretanto, que podemos estabelecer uma tensão num fio elétrico, mas sem circular corrente alguma: na ponta do fio, a tensão se manifesta e “fica à espera” de que alguma coisa seja ligada para que a corrente possa passar. É mais ou menos o que ocorre nas tomadas de força de sua casa: nelas pode existir uma tensão elétrica de 110 V ou 220 V, mas sem corrente alguma.

A corrente só vai existir quando “ligarmos” a esta tomada alguma coisa, por exemplo uma lâmpada, conforme ilustra a figura 2.



Perceba que uma tensão maior significa uma “pressão” maior para a corrente. É por esta razão que, se ligarmos uma lâmpada que foi projetada para funcionar com uma tensão de 110 V numa tomada de 220 V, ela queima: a “pressão elétrica” será demais, fazendo passar uma corrente maior do que ela suporta. Da mesma forma, se ligarmos uma lâmpada de 220 V numa tomada em que tenhamos só 110 V, ela não queima, mas a “pressão elétrica” será insuficiente para produzir a corrente

desejada e a lâmpada acenderá com brilho reduzido (bem fraca!). Veja a figura 3.



Este mesmo raciocínio é válido para outros aparelhos que sejam ligados numa tomada de 110 V e 220 V conforme a tensão para a qual tenham sido fabricados ou para a qual tenham sido ajustados (muitos aparelhos possuem “chavinhas” que permitem programá-los para funcionar em 110 V, 115 V, 127 V ou 220 V - observe sempre estas chavinhas antes de

ligar qualquer um a uma tomada e sempre se certifique do valor da tensão que vai encontrar na tomada onde irá usá-lo!).

Corrente e tensão são coisas diferentes. A tensão está sempre presente numa tomada de energia, mas a corrente só circula quando ligamos alguma coisa. É a circulação da corrente que leva a energia elétrica até o aparelho ou dispositivo que está sendo alimentado.

AS TENSÕES DE NOSSAS REDES DE ENERGIA

Para consumo doméstico, podemos encontrar diversos valores de tensões nas redes brasileiras. Essas tensões dependem do sistema de fornecimento, se ele é trifásico de 3 ou 4 condutores ou se ele é monofásico de 3 condutores, conforme a figura 4

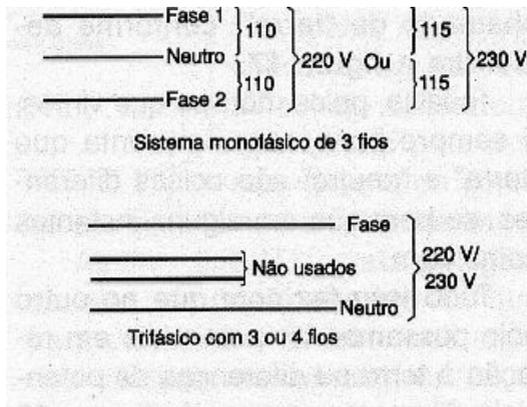


Figura 4 – Tensões nas redes domésticas

Essas diferenças trazem algumas confusões e podem levar equipamentos mais sensíveis a apresentar problemas de funcionamento, se indevidamente ajustados.

Em geral, os aparelhos elétricos e eletrônicos indicados como “110 V” funcionam bem com tensões na faixa de 110 a 127 volts, ao mesmo tempo em que os indicados por “220 V” funcionam bem com tensões de 220 a 254 V.

Entretanto, o usuário precisa estar atento, principalmente se na sua localidade já houver precedentes de funcionamento indevido.

Assim, temos as seguintes tensões nas redes de energia de nosso país:

a) Sistema trifásico de 3 ou 4 condutores:

115/230 V

120/240 V

127/220 V

220/380 V

220 V

b) Sistema monofásico de 3 condutores:

110/220 V

115/230 V

127/254 V

Para facilitar o entendimento, quando nos referirmos em nossos artigos à rede de 110 V, o que for dito será válido para

tensões entre 110 e 127 V, e quando nos referirmos à rede de 220 V, estaremos considerando as tensões de 220 a 240 V. Para o caso da tensão de 240 V, especificamente, será sempre interessante verificar se os equipamentos alimentados podem operar com esta tensão.

COMO FUNCIONAM OS CLPS

É cada dia mais intensa a automação de todos os processos de produção. A padronização dos procedimentos neste sentido leva a um grupo de dispositivo que hoje é encontrado praticamente em todas as aplicações industriais: o controle lógico programável ou CLP. Como funciona este dispositivo é o que explicaremos de uma forma bem didática neste nosso artigo.

Quando se fala no controle de processos industriais o primeiro requisito que nos vem à mente é a eficiência e simplicidade de uso. O uso de computadores no controle de processos é fundamental, no entanto existem os casos em que as máquinas devem tomar, por sí só, todas as decisões.

Para esta finalidade elas precisam ser dotadas de “inteligência própria”. e essa inteligência está nos dispositivos denominados CLPs.

Os CLPs (Controles Lógicos Programáveis) ou usando o termo inglês PLC (Programmable Logic Control), como o nome sugere podem ser programados de forma lógica para realizar o controle de um processo.

ORIGEM

No início, a industrialização de qualquer produto usava mão de obra humana e era realizada por etapas ou estágios nas quais as pessoas realizavam sempre as mesmas tarefas. Da mesma forma, as máquinas utilizadas eram projetadas para ter uma única função.

Numa segunda fase, valorizando a mão de obra, passou-se a aproveitar melhor as máquinas. Além de deixar para as máquinas o trabalho mais pesado, a função do homem passou apenas a controlá-lo, utilizando sensores.

Os sensores informavam os circuitos sobre as operações a serem realizadas e eles atuavam sobre atuadores, principalmente do tipo eletromecânico como relés e contatores.

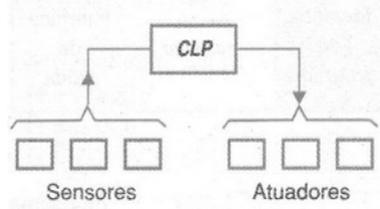
A terceira fase veio com a automação por programa quando apareceu CLP. O aparecimento dos microprocessadores e microcontroladores tornou possível a elaboração de sistemas

capazes de controlar atuadores a partir de sinais de sensores, contendo programas relativamente complexos.

Os primeiros CLPs foram usados na General Motors em 1968 tendo sido criados pelo engenheiro Richard Morley, responsável por especificação para um equipamento que foi se aperfeiçoando até nossos dias.

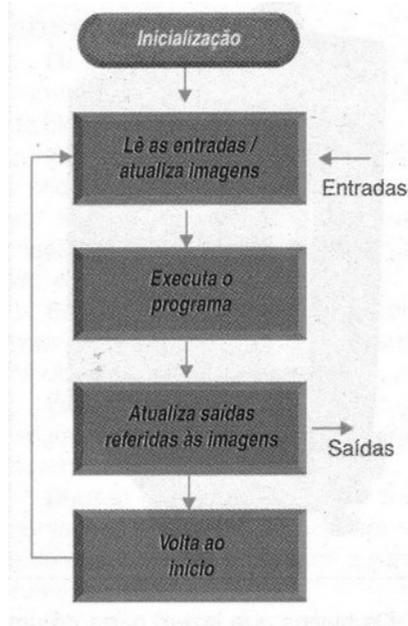
POR DENTRO DO CLP

Podemos analisar uma máquina como um conjunto de atuadores que devem ser ativados a partir de informações enviadas por sensores, segundo um padrão inteligente determinado por um programa. O CLP é o elemento “inteligente” que faz isso, como sugere a figura 1.



Os sinais analógicos ou digitais recebidos pelos CLPs são enviados a uma CPU (Unidade Central de Controle - UCP se adotarmos a sigla em português).

A operação de um CLP é feita em ciclos, conforme mostra a figura 2.



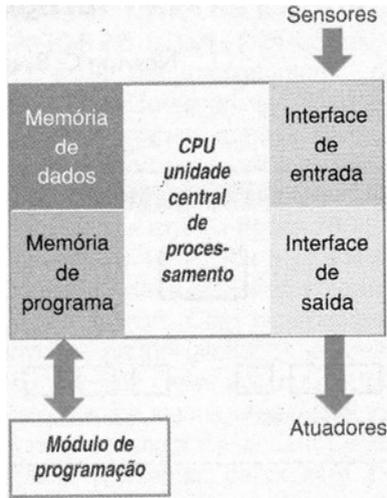
Podemos dividir um CLP em duas partes:

- **Hardware** - parte física do dispositivo formada pelos seus circuitos eletrônicos, interfaces, fonte de alimentação etc.
- **O software** - programa de controle gravado na memória

Analisemos essas partes:

Hardware

Na figura 3 temos um diagrama de blocos de um CLP.



A montagem normalmente é feita em caixas padronizadas, como a mostrada na figura 4.



Os blocos que fazem parte de um CLP são os seguintes:

a Fonte de alimentação

As tensões de alimentação dos CLPs são padronizadas. Na maioria dos casos a tensão é de 24 V contínuos, obtidos de uma fonte chaveada. Para as CPUs, que normalmente exigem tensões

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

mais baixas, são usados reguladores internos que baixam os 24 V para as tensões que os cerne das CPUs exigem, normalmente na faixa de 2,7 a 5 V.

Observamos que os 24 V são justificados pelo fato de que operando com tensões mais elevadas temos uma imunidade maior a problemas de ruído e interferências que tendem a ser muito mais intensos num ambiente de fábrica.

Outro motivo está na compatibilidade com os padrões de interfaceamento como o RS-232.

b CPU

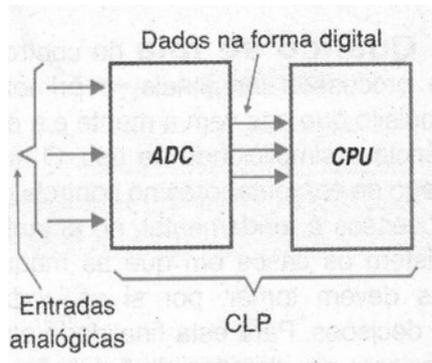
Na CPU de um CLP podemos encontrar tanto um microcontrolador como um microprocessador. A diferença está no modo como os sinais são processados.

Os microcontroladores já possuem uma região de memória interna com uma interface de comunicação. Por isso, os microcontroladores são mais indicados para as aplicações mais simples. Os CLPs com microprocessadores são empregados nas aplicações mais complexas. A maioria dos CLPs atuais trabalha com microprocessadores da série IBM-PC.

Na verdade, um CLP tem a mesma CPU de um computador, com a diferença de que o microprocessador é montado de uma forma a atender a uma nova função. Em lugar de entradas e saídas para teclados ou monitores temos entradas e saídas dos sensores e programação.

c Interfaces de Entrada e Saída (I/O)

A comunicação de um CLP com o mundo exterior deve ser feita prevendo-se a possibilidade de ele trabalhar com sinais analógicos e digitais. As entradas analógicas são ligadas a um conversor analógico para digital (ADC) existente no interior do CLP, conforme mostra a figura 5.



Um CLP comum, muito usado em máquinas industriais de nosso país, tem 8 entradas analógicas para sensores. Para as aplicações críticas, em que se exige uma precisão grande de controle de um processo a partir dos sensores ligados a essas entradas, a resolução deve ser de pelo menos 12 bits.

No entanto, para as aplicações mais simples, em que se exige uma resolução menor, ela pode ser de 8 bits.

As faixas de tensões de entrada para os conversores dos CLPs também são padronizadas. As principais faixas que encontramos nos CLPs comerciais são de 0 a 10 V, -5 a 15 V, -10 a 10 V.

Também podemos fazer com que essas entradas operem no modo “corrente” com as faixas padronizadas de 0 a 20 mA e 4 a 20 mA.

d Entradas Digitais

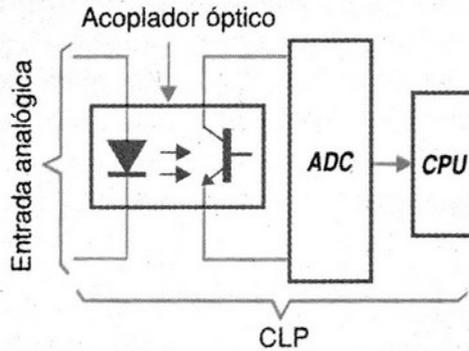
Existem sensores que já possuem saídas para sinais digitais, como os encoders, ao mesmo tempo em que outros, mesmo sendo analógicos possuem integrados os conversores para os sinais na forma digital. Esses sensores podem ser ligados nas entradas digitais dos CLPs.

Os níveis altos dos CLPs correspondem a tensões de 24 V em lugar dos 5 V TTL ou níveis na faixa de 5 a 15 V para os circuitos CMOS.

Nos CLPs tipo P (positivo) o nível 1 ou alto corresponde a uma tensão de 24 V e o nível 0 ou baixo, corresponde a uma tensão de 0 V.

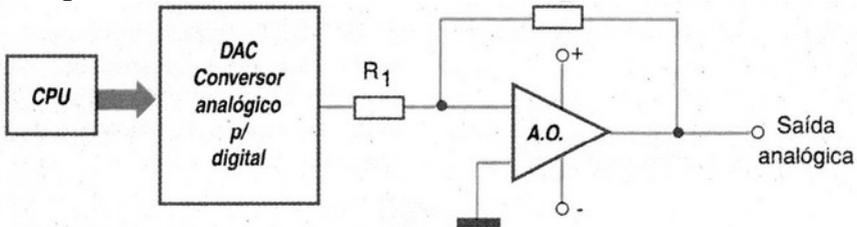
Nos CLPs tipo N (negativo), o nível 1 ou alto corresponde a uma tensão de 0 V e o nível 0 ou baixo a uma tensão de 24 V.

Para maior segurança as entradas dos CLPs são isoladas, normalmente por um acoplador óptico conforme mostra a figura 6.



e Saídas Analógicas

Na figura 7 temos um circuito típico de uma saída analógica de um CLP.



O valor digital da grandeza que deve ser aplicada a um atuador passa por um DAC (Conversor Digital-Para-Analógico). A tensão analógica correspondente ao valor de saída é levada a um amplificador operacional. Além de atuadores outro dispositivo que pode ser comandado pelas saídas analógicas é a interface homem-máquina ou IHM.

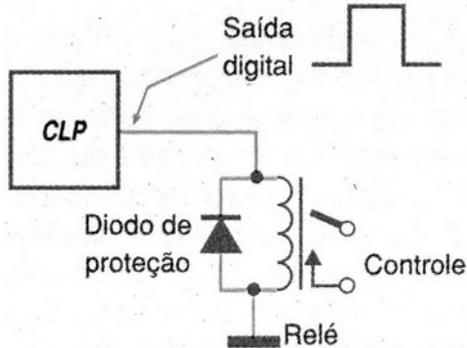
Essas interfaces fornecem informações através de diversos tipos de indicadores a um operador que deve monitorar o funcionamento de uma máquina.

f Saídas Digitais

As saídas digitais dos CLPs trabalham com os mesmos níveis de sinais das entradas digitais, ou seja, 0 e 24 V. Relés e outros dispositivos de dois estados podem ser controlados além

de se fazer o interfaceamento entre uma saída digital de um CLP e um sistema de atuadores.

Um deles é o mostrado na figura 8 e que permite um isolamento total entre o CLP e o atuador.



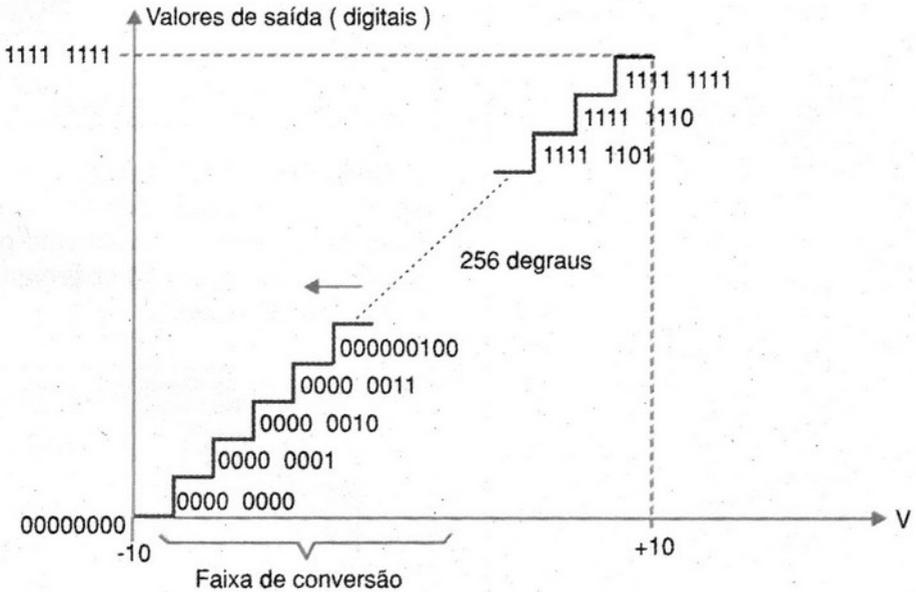
CALCULANDO A RESOLUÇÃO DE CONVERSÃO A/D DE UM CLP

Um trabalho importante do profissional de CLPs é determinar a resolução de um conversor A/D ou ADC uma aplicação.

Vamos supor que na entrada analógica de um CLP seja aplicado um sinal de -10 a +10 V e o conversor utilizado seja de 8 bits. Nesse caso, os 8 bits significam:

28 = 256 níveis de saída ou valores digitais

A “escada” de conversão deste CLP terá 256 degraus, conforme mostra a figura 9.



Veja que as tensões de entrada limitadas pela altura de um mesmo degrau fornecem uma saída única. Essa faixa de valores dá a resolução do dispositivo.

Para calcular esta faixa, dividimos a faixa de tensões de entrada pelo número de degraus da escada de conversão (2, elevado ao número de bits do conversor). Para o ADC tomado como exemplo temos:

$$R \text{ (resolução)} = (10 - (-10)) / 256$$

$$R = 20/256$$

$$R = 0,078 \text{ V}$$

$$R = 78 \text{ mV}$$

Veja que variação mínima da tensão de entrada que este conversor pode detectar na faixa de -10 a +10 V é de 78 mV.

Software

Os programas utilizados nos CLPs têm uma estrutura que utiliza 5 tipos de blocos:

- a Organização

Este bloco organiza a sequência de operações que devem ser realizadas no processo de automação. É um bloco do tipo executável, ou seja .EXE.

b Programa

Neste bloco fica o programa que vai ser instalado na memória do CLP.

c Funções

Nesse bloco estão os valores das variáveis externas que devem ser utilizadas pelo programa.

d Dados

Estes blocos guardam informações adicionais que devem ser utilizadas pelo programa durante sua execução.

e Passos

Neste bloco são colocados os sinais gráficos como as formas de sinalização externa do processo que está sendo controlado.

Linguagens:

Os CLPs utilizam as seguintes linguagens de programação que são estabelecidas pela norma IEC 1131.

- Linguagem de contatos ou LADDER
- Linguagem de blocos lógicos ou DIL
- Linguagem de blocos lógicos ou LIS

Operação do CLP

Em operação o CLP tem duas condições: Run e Stop.

Na condição RUN (rodando), o programa está sendo executado e o equipamento controlado está em funcionamento normal.

Na condição STOP o CLP está fora de funcionamento.

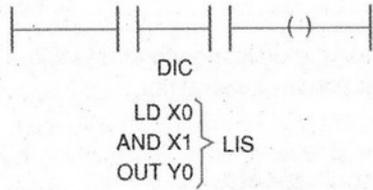
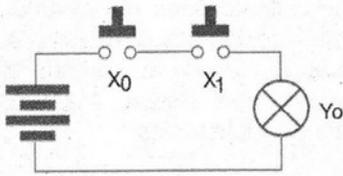
A condição STOP pode ocorrer por uma parada momentânea (espera ou standby) devido a uma falha de funcionamento da máquina ou ainda para que seja feita a manutenção.

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

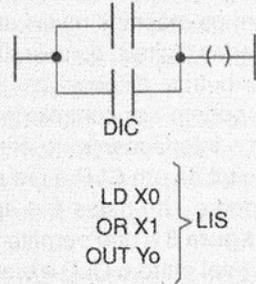
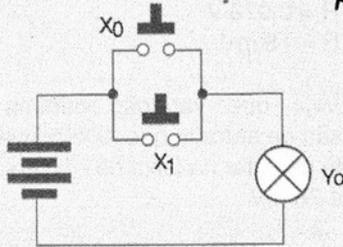
- Volume 10

A própria simbologia utilizada no desenvolvimento de uma aplicação com CLP é diferente da utilizada em eletrônica tradicional.

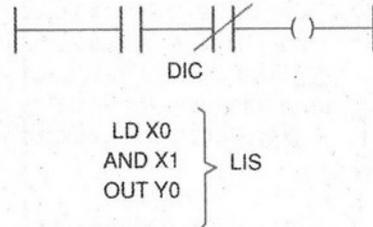
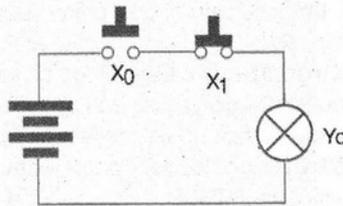
Na figura 10 temos uma relação das funções lógicas básicas utilizadas nos CLPs e a sua representação LIS e DIC.



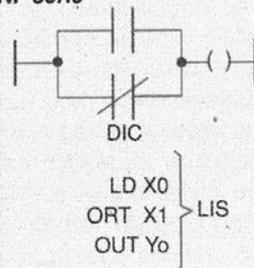
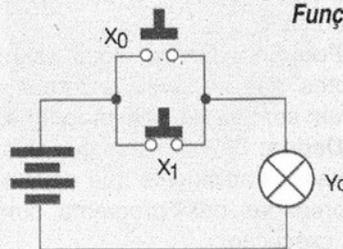
Função AND



Função OR



Função NA / NF série

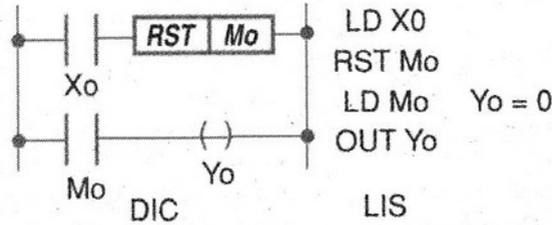


Além desses blocos temos outros que formam o "set" de instruções do CLP.

a Reset (RST)

Esta instrução desativa uma saída, independentemente do estado de sua entrada.

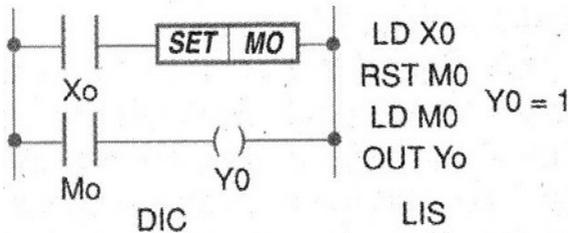
Na figura 11 temos a representação desse bloco na simbologia DIC e LIS além da expressão lógica.



b Set (SET)

Esta instrução leva uma saída ao nível 1 ou ativa sua saída, independentemente do estado da entrada.

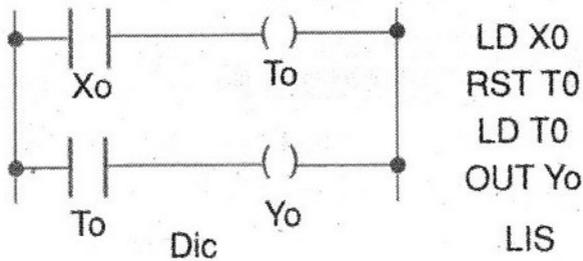
Na figura 12 temos a sua representação.



c Timer (T)

Esta instrução é usada no manuseio dos tempos dos processos. Ela ativa uma saída depois de um determinado retardo e por um intervalo de tempo.

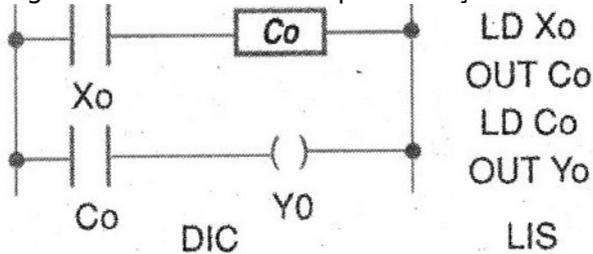
A representação desse bloco é mostrada na figura 13.



d Contador (C)

O contador ou Counter ativa uma saída depois de um número de eventos previamente programados.

Na figura 14 temos a sua representação.



e Comparador (CMP)

Sua função é comparar os valores de dois registros ou temporizadores fornecendo um resultado que pode ser utilizado como variável para outras etapas do processo.

f Mover (MOV)

Esta instrução movimentada dados entre diversos outros blocos. Por exemplo, é possível mover dados para contadores ou temporizadores onde eles possam ser usados.

g Filtro (REFF)

Sua finalidade é eliminar ruídos digitais. Através dela é possível evitar que ruídos provoquem a ativação inadequada de uma saída.

h Alternar (ALT)

Esta função consiste num flip-flop tipo JK disparado pelo flanco de subida de um sinal de entrada.

Aplicando um sinal retangular de entrada, obtido de uma outra função de um CLP ele vai dividir sua frequência por 2, ou seja, gerar um pulso de saída a cada dois pulsos de entrada.

i Refresh (REF)

Restabelece o estado das entradas e saídas no bloco de memória antes do programa terminar.

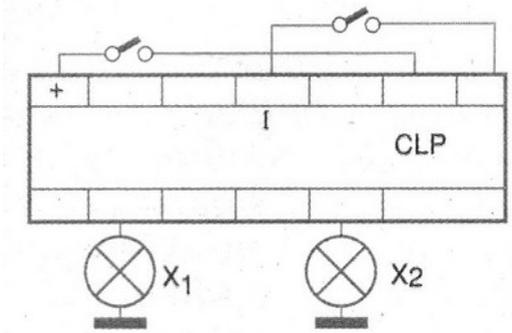
j Fim (END)

Esta instrução é sinalizar o término da execução do programa. Sem ela, o programa continuará varrendo a memória em busca de novas instruções o que tornará o processamento lento.

ENTRADAS E SAÍDAS

A numeração dos terminais de entrada e saída pode ser feita de diversas formas:

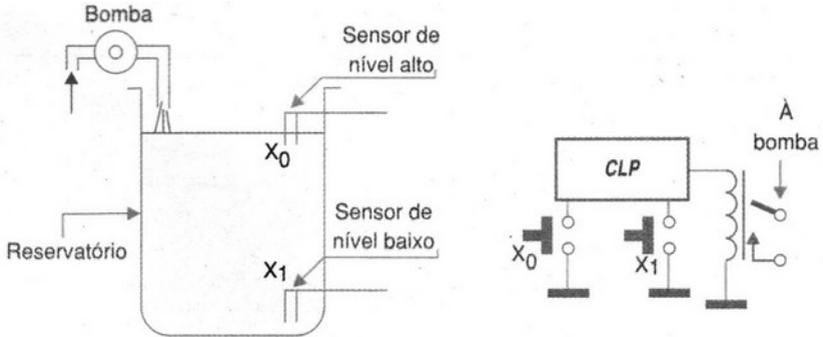
Para as entradas, por exemplo, podemos usar as letras I ou E. As saídas podem ser representadas pela letra S ou Q também seguidas de um número, conforme mostra a figura 15.



Na figura temos uma lâmpada ligada a saída Q 0.0 ou S180. A numeração depende do fabricante do PLC como no exemplo que tomamos um PLC Siemens S7200.

Exemplo de Aplicação

Na figura 16 temos um circuito simples em que ligamos sensores de contacto a um PLC para controlar a bomba que enche um reservatório.



Quando o nível do reservatório cai a ponto de acionar o sensor de nível baixo, a bomba é acionada. Um sensor de nível alto desliga a bomba quando o reservatório está cheio.

COMO FUNCIONA O PLL

PLL ou Phase Locked Loop é o nome de um dos mais importantes de todos os circuitos que atualmente encontramos em aplicações eletrônicas de todos os tipos. O PLL está para a frequência assim como o amplificador operacional está para a tensão. Qualquer profissional da eletrônica que trabalhe com circuitos de comunicações, instrumentação digital, DSPs, microcontroladores e microprocessadores ou mesmo circuitos de sinais analógicos precisa conhecer o princípio de funcionamento dos PLLs. Neste artigo, de forma simples vamos analisar o funcionamento de mais este importante circuito eletrônico básico.

PLLs ou Phase Locked Loop (que alguns traduzem por Elo Travado em Fase) são encontrados em receptores de AM, FM, modems, sintetizadores de frequências, telefones sem fio, telefones celulares, instrumentos digitais e analógicos e numa infinidade de outras aplicações onde frequências estejam presentes. O PLL trabalha com frequências do mesmo modo que um amplificador operacional trabalha com tensões daí sua importância na eletrônica moderna.

PLL BÁSICO

Para entender como funciona um PLL vamos analisar seu funcionamento por partes, começando com uma configuração bastante simples que é mostrada na figura 1.

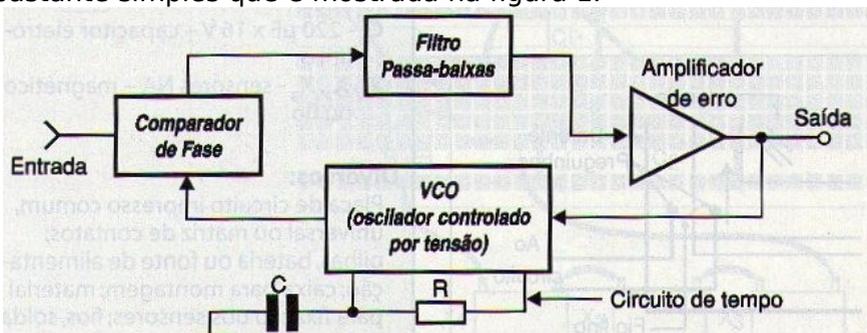


Figura 1 – Configuração básica de um PLL.

Neste circuito temos um bloco (que analisaremos melhor depois) cuja tensão de saída depende da diferença de fase entre dois sinais de mesma frequência aplicados à sua entrada. Esta tensão é filtrada por um filtro passa-baixas que, nas configurações mais simples nada mais é do que um resistor e um capacitor. O sinal deste filtro serve para controlar a frequência do bloco final que consiste num oscilador controlado por tensão ou VCO (Voltage Controlled Oscillator). Este circuito gera um sinal cuja frequência pode ser deslocada dentro de uma faixa de valores a partir da tensão aplicada na sua entrada. O sinal deste oscilador, conforme mostra o diagrama básico é aplicado à entrada através de um elo (loop) de realimentação.

Partindo da situação em que não existe sinal de entrada, a frequência do sinal na saída é determinada apenas pelas características do VCO e ficará num valor central. Se aplicarmos na entrada deste circuito um sinal de frequência f , o detector de fase entrará em ação e comparará a frequência deste sinal com a frequência do VCO que é aplicada à entrada. Supondo que os sinais tenham frequências diferentes, o detector de fase vai gerar um sinal que é a diferença das frequências ($f - f_0$) o qual será aplicado ao filtro. O resultado, é que como esta frequência é relativamente baixa, ao ser aplicada ao filtro é criada uma tensão que oscila sensivelmente atuando sobre o VCO.

A reação do VCO a este ripple ou ondulação aplicada a partir do VCO é uma mudança de frequência que justamente tende a fazer com que sua saída se aproxime da frequência do sinal de entrada. No momento em que as frequências se igualam o ripple desaparece e a tensão na saída do filtro passa-baixas se estabiliza "travando" o VCO justamente na frequência e entrada. Dizemos que o VCO capturou o sinal ou "travou" o sinal reconhecendo sua frequência. Na figura 2 mostramos num gráfico o que ocorre.

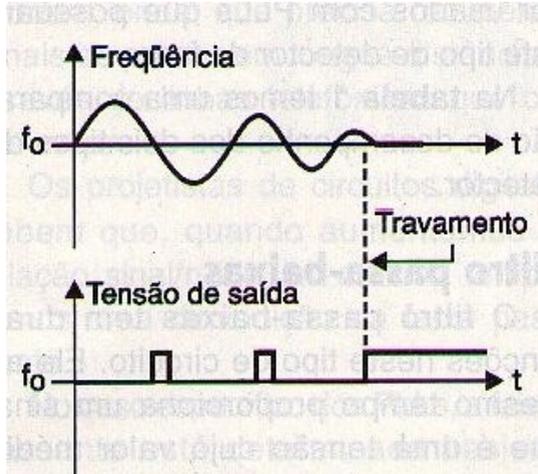


Figura 2 – O travamento de um PLL.

Qualquer alteração na frequência do sinal de entrada que ocorra vai gerar um novo sinal diferença na saída do detector de fase e uma mudança de tensão na saída do filtro que levará o VCO a "procurar" a nova frequência. Na teoria, um circuito como este seria bastante simples de implementar, mas provavelmente não teria um desempenho conforme o esperado por diversos fatores que devem ser levados em consideração. Assim, para implementação de um PLL real, precisamos ir além analisando alguns pontos importantes de seu funcionamento.

FAIXA DE CAPTURA

Ao tomarmos como exemplo os blocos da figura 1, consideramos que a diferença de frequências entre o sinal de entrada e o gerado pelo VCO era suficientemente baixa para que a sua diferença pudesse passar pelo segundo bloco que é o filtro passa-baixas. Se trabalharmos com sinais muito diferentes, a diferença pode ser uma frequência alta demais para passar pelo filtro e o sistema não funciona. Não teremos uma tensão de saída para atuar sobre o VCO. Isso significa que existe uma faixa bem determinada de frequências, em torno da qual o VCO opera em o circuito pode atuar, travando. Esta faixa de frequências é chamada de "faixa de captura" ou em inglês "lock range".

Obs.: é interessante que o leitor se familiarize com todos os termos em inglês usados na descrição do funcionamento dos PLLs pois eles não só são usados nas documentações originais que estão neste idioma como em muitos documentos em português que não traduzem muitos termos técnicos.

A faixa de captura de um PLL é dada pela diferença entre a frequência mais alta e a frequência mais baixa, em torno de f_0 (frequência central do VCO) que pode ser capturada, conforme mostra a figura 3.

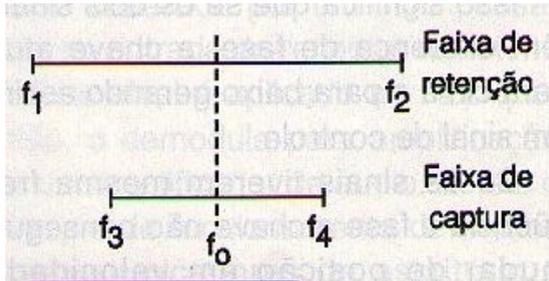


Figura 3 – A faixa de captura de um PLL.

Nos PLLs comuns que podemos obter na forma de circuitos integrados a frequência central f_0 pode ser selecionada através de resistores e capacitores externos ao mesmo tempo em que a faixa de captura depende do tipo.

Assim, por exemplo, um CI como NE567 pode operar com um f_0 de até 500 kHz, capturando sinais cuja faixa de frequências em torno de f_0 chega a ser de até 10 para 1, ou seja, o f_1 e 10 vezes menor que o f_2 no gráfico da figura 3.

DETECTORES DE FASE

Encontramos dois tipos diferentes de detectores de fase nos PLLs comuns. Estes detectores são chamados de tipo I e tipo II.

Detector de fase tipo I

O detector de fase do tipo I consiste num multiplicador de quatro quadrantes. Para entender melhor como funciona este tipo de circuito, vamos imaginar que a na sua entrada sejam aplicados

dois sinais digitais de mesma frequência, mas com uma certa diferença de fase, conforme vamos explicar a partir da figura 4.

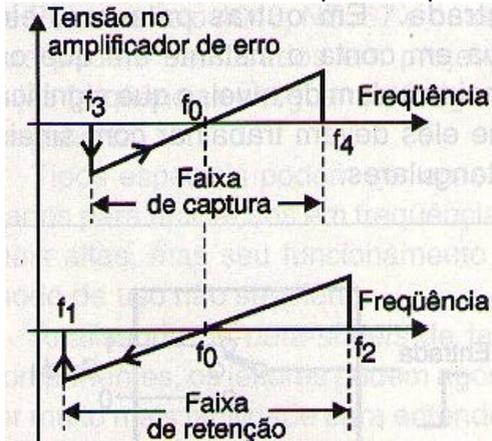


Figura 4 – Funcionamento do detector de fase tipo 1.

Vamos imaginar que estes sinais sejam aplicados a uma porta Ou-Exclusivo, o que nos leva a obter uma saída que seja formada por pulsos cuja largura corresponde justamente à diferença de fase entre os dois sinais. Estes pulsos, conforme sua largura representam uma tensão média que justamente será proporcional a esta diferença de fase conforme mostra a curva em (b) da figura 4.

Um ponto muito interessante que podemos observar analisando esta figura é que a frequência do sinal de saída é o dobro da frequência dos sinais de entrada (conforme veremos oportunamente, esta característica permite que os PLLs sejam usados para multiplicar frequências). O grande problema deste tipo de circuito é que ele tende a travar quando sinais de frequências múltiplas são aplicados à entrada, conforme mostra a figura 5.

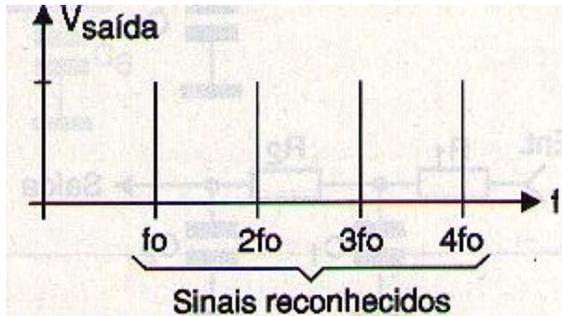


Figura 5 – O circuito trava também com frequências múltiplas.

Em outras palavras, este tipo de detector de fase não é capaz de diferenciar um sinal da frequência fundamental de uma harmônica, podendo travar em qualquer dos dois. Um outro problema que também deve ser considerado é que se os sinais aplicados na entrada não tiverem um ciclo ativo próximo de 50% o detector do tipo I também não funcionará direito. O grande fator positivo na operação deste tipo de circuito é a sua imunidade a ruídos na entrada.

Detector de fase tipo II

Este tipo de circuito trabalha com as frentes dos sinais aplicados na entrada. Em outras palavras, ele leva em conta o instante em que os sinais mudam de nível o que significa que eles devem trabalhar com sinais retangulares. Podemos comparar este detector a uma chave de 1 polo x 3 posições, conforme mostra a figura 6.

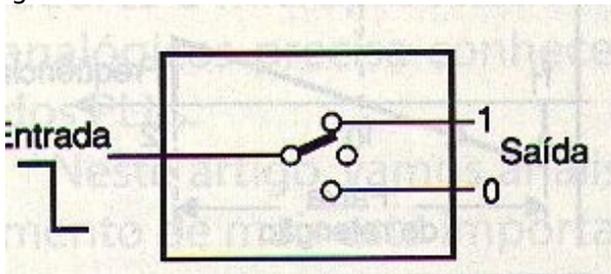


Figura 6 – Chave de 1 polo x 2 posições.

Quando o sinal de entrada tem uma transição negativa faz com que a chave seja levada para a posição de nível lógico 1 (para cima) a não ser que ela já esteja nesta posição. Da mesma forma, uma transição negativa do sinal do VCO faz com que a chave passe para a posição de nível lógico 0 (para baixo). Isso significa que os dois sinais têm diferença de fase, a chave atua para cima e para baixo gerando assim um sinal de controle.

Se os sinais tiverem mesma frequência e fase a chave não consegue mudar de posição em velocidade suficiente e com isso assume uma posição média em que o nível nem é alto e nem baixo (circuito aberto).

Veja que, neste tipo de detector se os sinais estiverem em fase não há sinal de saída, e assim não há sinal residual quando ele trava. Também é preciso observar que, para o filtro passa-baixas a chave atua como um circuito de carga e descarga do capacitor. O filtro, neste tipo de detector atua de maneira semelhante a um circuito de amostragem e retenção (sample and hold). Outro ponto importante deste circuito é que a faixa de captura não depende do filtro passa baixas.

O ponto negativo deste tipo de detector de fase está na possibilidade dele ser enganado por ruídos no sinal. Um sinal que tenha oscilações, como o mostrado na figura 7 pode levar o circuito a gerar várias transições indevidas. Sinais livres de ruídos devem ser usados com PLLs que possuam este tipo de detector de fase.

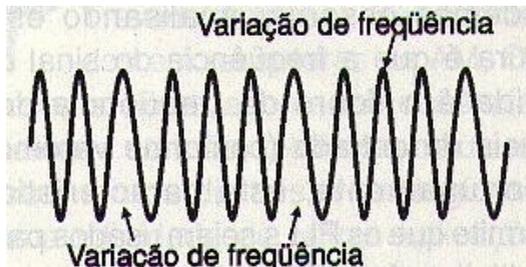


Figura 7 – Sinais com variações de frequência.

Na tabela dada a seguir temos uma comparação de desempenho dos dois tipos de detector:

	Tipo I	Tipo II
Ciclo ativo do sinal de entrada	deve ser próximo de 50%	Irrelevante
Sensível a harmônicas	Sim	não

Sensível a ruídos	Não	sim
ondulação (ripple)	Alto	baixo
Faixa de captura	Estreita	larga
Diferença de fase quando o sinal é capturado	90 graus	0 grau
Frequência quando fora da captura	Frequência central do V CO	Frequência mínima do VCO

FILTRO PASSA-BAIXAS

O Filtro passa baixas tem duas funções neste tipo de circuito. Ele ao mesmo tempo proporciona um sinal que é uma tensão cujo valor médio corresponde à diferença de fase dos sinais e determina a velocidade segundo a qual a frequência do VCO muda. Como a velocidade segundo o qual ele atua sobre o VCO é um fator importante para determinar a imunidade ao ruído presente no sinal de entrada, nos projetos de PLLs os componentes associados ao filtro devem ser escolhidos com o máximo de cuidado.

O tipo mais simples de filtro é o formado por um circuito RC, conforme mostra a figura 8 em (a). No entanto, como esta configuração mais simples não garante o melhor desempenho, costuma-se usar uma configuração um pouco mais complexa que é mostrada na mesma figura em (b).

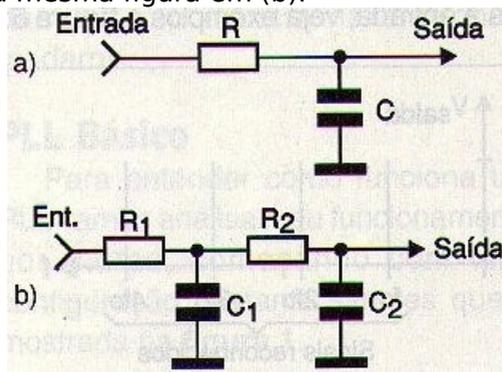


Figura 8 – Filtros passa-baixas.

Para maior estabilidade o valor de R2 deve ser da ordem de 1/5 do valor de R1 neste tipo de filtro. Esta regrinha é apenas uma aproximação pois existem métodos de cálculos que podem

ser aplicados em casos em que se deseja uma performance muito mais próxima da ideal.

USANDO PLLS

As propriedades do circuito que analisando servem para uma infinidade de aplicações práticas que envolvem a necessidade de se reconhecer um sinal de determinada frequência como ponto de partida para a aplicação. Vamos analisar algumas dessas aplicações:

Regeneração de sinais

Existem aplicações em que se necessita que o sinal aplicado a entrada do circuito seja exatamente o mesmo que se tenha na saída. Este tipo de comportamento é, em especial, altamente desejável num modem, onde, que precisa recuperar sinais que percorrem longas distâncias através de linhas telefônicas que os deformam. Os projetistas de circuitos digitais sabem que, quando aumentamos a relação sinal/ruído, ao mesmo tempo temos uma diminuição da faixa passante. No caso específico dos PLLs a faixa passante está determinada basicamente pelas características do filtro. Na figura 9 mostramos como é possível implementar demodulador para sinais FSK usando um PLL.

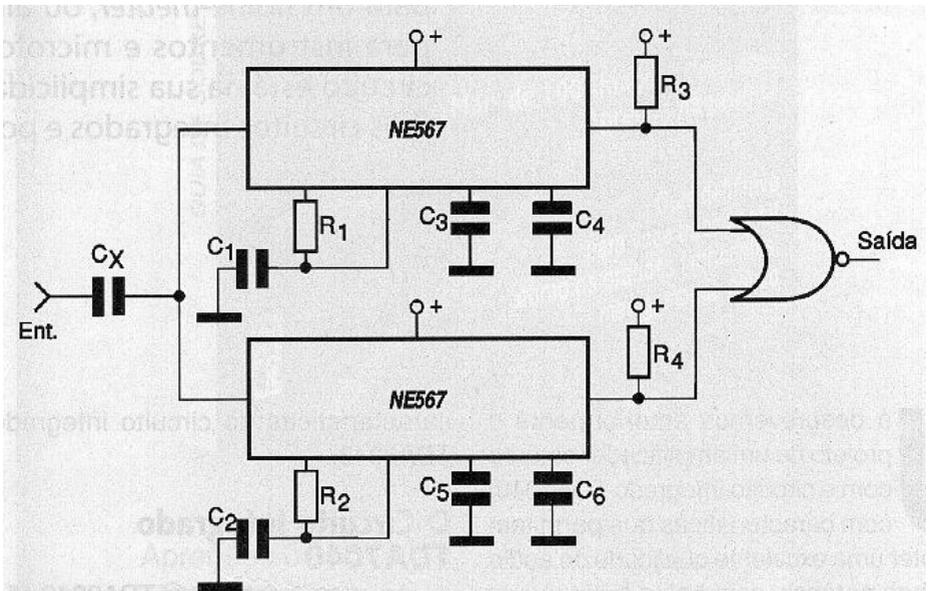


Figura 9 – Demodulador FSK com PLL.

Evidentemente, as transmissões de dados usando FSK não mais são usadas, mas o circuito serve como um exemplo de aplicação.

Demodulação de FM

Eis uma função bastante interessante que pode ser implementada utilizando-se um PLL. Este tipo de aplicação para os PLLs, em especial é usada em circuitos de comunicações porque eles são muito mais lineares do que os detectores de relação ou de quadratura.

No entanto, o circuito também é um pouco mais caro pela necessidade de se ter um VCO linear e de ser capaz de operar em frequências muito mais altas. Neste tipo de aplicação, o VCO é ligado de tal forma que sua frequência central seja a mesma que a frequência intermediária usada no receptor com o qual ele opera. A faixa de captura deve ser pelo menos duas vezes mais larga que a faixa de frequências em que se desloca o sinal quando modulado em frequência, conforme mostra a figura 10.

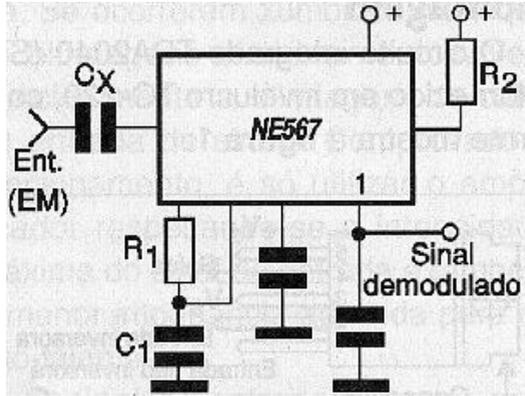


Figura 10 – Demodulador de FM com PLL.

Por exemplo, para um receptor de FM comum que tem uma FI de 10,7 MHz e uma largura de faixa de modulação de 75 kHz estes são os valores a serem considerados no projeto, conforme mostrado na figura 10. Uma outra aplicação semelhante é a mostrada em blocos na figura 11.

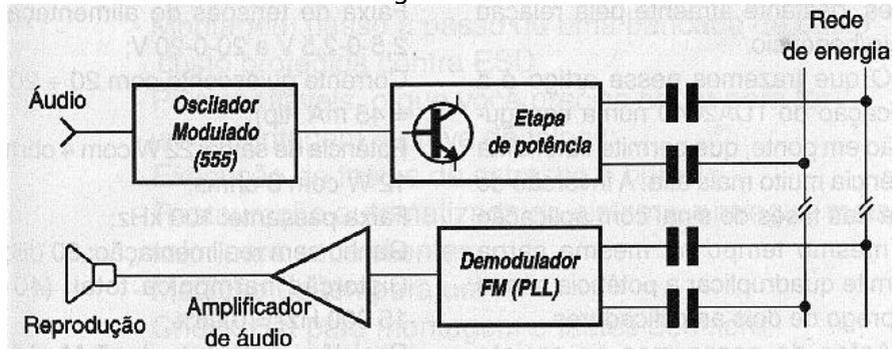


Figura 11 – Outra configuração para um demodulador de FM utilizando um PLL.

O sinal de um amplificador de áudio modula em frequência um oscilador de alta frequência. Este sinal modulado em frequência é aplicado à rede de energia sendo separado por um filtro passa altas na entrada do receptor remoto. Este sinal é aplicado ao PLL que então o demodula para amplificação por um amplificador de áudio. Este é princípio de funcionamento de muitos intercomunicadores de escritório e babás eletrônicas.

CONCLUSÃO

PLLs são usados em uma infinidade de aplicações e o que demos foi uma simples descrição do seu princípio de funcionamento e algumas aplicações em circuitos práticos. Existem muitos circuitos integrados de PLLs como o 4046, NE567 e outros que podem ser usados em projetos cujas frequências cheguem até alguns megahertz. Tipos especiais podem ser encontrados para aplicações em frequências mais altas, mas seu funcionamento e modo de uso não se altera. Analisando os datasheets de tais componentes os leitores podem agora ter muito mais facilidade para entender suas características e como usá-los num novo projeto.

COMO FUNCIONA O PEN DRIVE

Uma das mídias mais utilizadas atualmente para transportar dados (arquivos, fotos, filmes, músicas etc.) é o pen drive. Pequeno, com grande capacidade de armazenamento, ele pode ser transportado facilmente e custa barato. Veja neste artigo como ele funciona.



A melhor maneira de se transportar um arquivo em nossos dias é através do pen drive. Com grande capacidade, fácil de transportar, os tipos comuns comportam de 64 MB a 32 GB e têm preço bastante acessíveis. Os mais baratos atualmente e mais comuns são os de 2 GB, o que significa uma capacidade equivalente a 4 CDs ou metade de um DVD, mas num tamanho muito menor com uma vantagem: podemos apagar e gravar a informação desejada quantas vezes quisermos.

Na verdade, os MP3, MP4, iPods nada mais são do que pen drives ligados a circuitos conversores de sinais digitais em analógicos (sons) acoplados a um amplificador de áudio. Temos também como exemplos destas memórias em formatos diferentes os cartões de máquinas fotográficas e filmadoras.



Além disso, podemos encontrá-los nos mais diversos formatos, o que torna este dispositivo ideal para ser dado como brinde, o que já ocorre de forma muita intensa, conforme podemos ver pela foto abaixo, num catálogo da eBrindes.



Como funciona este dispositivo extremamente pequeno, que tipo de chip ou circuito existe no seu interior é o que veremos neste artigo.

MEMÓRIA FLASH

Um pen drive encontramos uma pequena placa de circuito impresso em que o componente principal é uma memória Flash

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

ou EEPROMs (Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory - Memória Somente de Leitura Apagável-Programável Eletricamente).

Esta memória pode ser programada diretamente a partir de sinais que recebe através de um conector USB (Universal Serial Bus) e sua leitura também feita através da mesma interface.

O chip de memória que encontramos nos Pen Drive é formado por uma matriz que contém um circuito como o da figura 1 para cada bit que deve ser armazenado. Assim, numa memória de 2 GB (8 Giga Bytes) temos $8 \times 2 = 16$ bilhões desses circuitos no chip que ocupa apenas alguns milímetros quadrados de área.

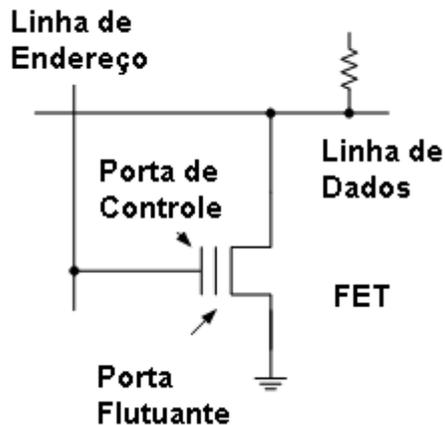


Figura 1 – O circuito de uma célula de uma EEPROM de um pen drive.

Na figura 2 temos um chip de uma memória deste tipo, como os encontrados no interior de um pen drive.



Figura 2 – Chip de uma EEPROM – Memória Flash (Pen Drive)

Conforme podemos ver pela figura 1, o FET é de um tipo especial que possui uma porta flutuante (floating gate) que o torna uma espécie de transistor duplo. Esta porta é separada da porta de controle por uma fina camada de óxido de modo que fica completamente isolada eletricamente do circuito. No entanto, por indução ela pode acumular cargas elétricas negativas.

Na ausência destas cargas o nível lógico da saída de dados é 1, e quando as cargas são induzidas é 0. As cargas induzidas na porta flutuante podem ficar armazenadas nela por anos. Assim podemos deixar cada transistor no nível 0 ou 1, conforme o bit que desejamos armazenar, simplesmente, induzindo ou não cargas negativas na porta flutuante. Para apagar a informação, basta então descarregar todas as cargas induzidas nesta porta.

Para essa operação de apagar ou gravar, basta usar um sinal elétrico conveniente na porta de controle, colocando o nível desejado na porta dados.

O processo de gravação é denominado Fowler-Nordweim Tunneling. Os leitores interessados podem encontrar mais informações na Wikipedia.

O que o processo faz é colocar elétrons na porta flutuante (floating gate) de modo que ela adquira uma carga negativa e assim o seu nível lógico possa mudar. Isso é conseguido com uma tensão normalmente entre 10 e 13 V.

O efeito desta carga é fazer com que a porta flutuante do transistor funcione como um canhão de elétrons. Os elétrons

excitados são disparados de tal forma que passam para o outro lado da camada de óxido isolante, carregando assim negativa a porta flutuante.

Esses elétrons, dada sua carga negativa, funcionam como uma barreira entre a porta de controle e a porta flutuante. Um recurso especial denominado cell sensor ou sensor de célula monitora o nível da carga que passa pela porta flutuante.

Se o nível das cargas da comporta estiver acima de 50% do limiar, o valor da saída será 1. Quando o nível das cargas cair para menos de 50% do valor limiar, a saída será 0. Veja que uma memória EEPROM totalmente descarregada (apagada) tem todas as comportas abertas, resultando num nível de saída de cada célula igual a 1.

Pode-se fazer a descarga de modo que as células fiquem todas com o nível 1, pela aplicação de um campo elétrico proveniente uma tensão mais elevada. Nas denominadas memórias Flash, isso é feito por um circuito próprio que apaga blocos de uma vez e não célula por célula.

Uma vez que um bloco seja apagado, as células podem ser novamente gravadas com a informação desejada. Assim, as denominadas memórias Flash, que são uma espécie mais moderna de EEPROMs, o fato de se fazer o apagamento por blocos as torna mais rápidas que as memórias tradicionais do mesmo tipo.

A camada de óxido isolante é extremamente eficiente nesta função, pois as cargas podem ser armazenadas durante anos, sem que o chip perca as informações.

USB 3.0

A interface Universal Serial Bus ou USB se tornou o padrão para a conexão da maioria dos periféricos de um computador. Pela sua versatilidade que possibilita a conexão sem a necessidade de se programar previamente o dispositivo, pelo número pequeno de fios que o cabo utiliza, a USB também é utilizada na comunicação de um pen drive com o computador.

As USBs em suas versões anteriores 1.0 e 2,0, foram as mais utilizadas nas versões tradicionais de Pen Driver, muitos dos quais ainda podem ser encontrados a venda e com uma boa funcionalidade.

Mas, a chegada da USB 3.0 traz inúmeras vantagens na comunicação de dispositivos externos com um computador, caso dos pen-drives. A USB 3.0 é muito mais rápida com uma taxa de leitura de 80 MBs ou mesmo mais, e de gravação de 60 MBs. Usando-o na porta USB 2.0, entretanto, sua velocidade será menor, de até 30 MBs

Assim, no caso de dispositivos que estão sendo lançados, é ainda preciso usar um cabo especial para adaptar o conector USB 3.0 ao tradicional, pois o 3.0 faz uso de 4 fios a mais. A Kingston que lançou recentemente pen drives da série Ultimate Data Traveler de 16 a 64 GB com esta tecnologia, fornece o cabo adaptador para quem ainda não tem uma porta USB 3.0 no seu computador.



Pen Drives USB 3.0 da Kingston.

A dinâmica

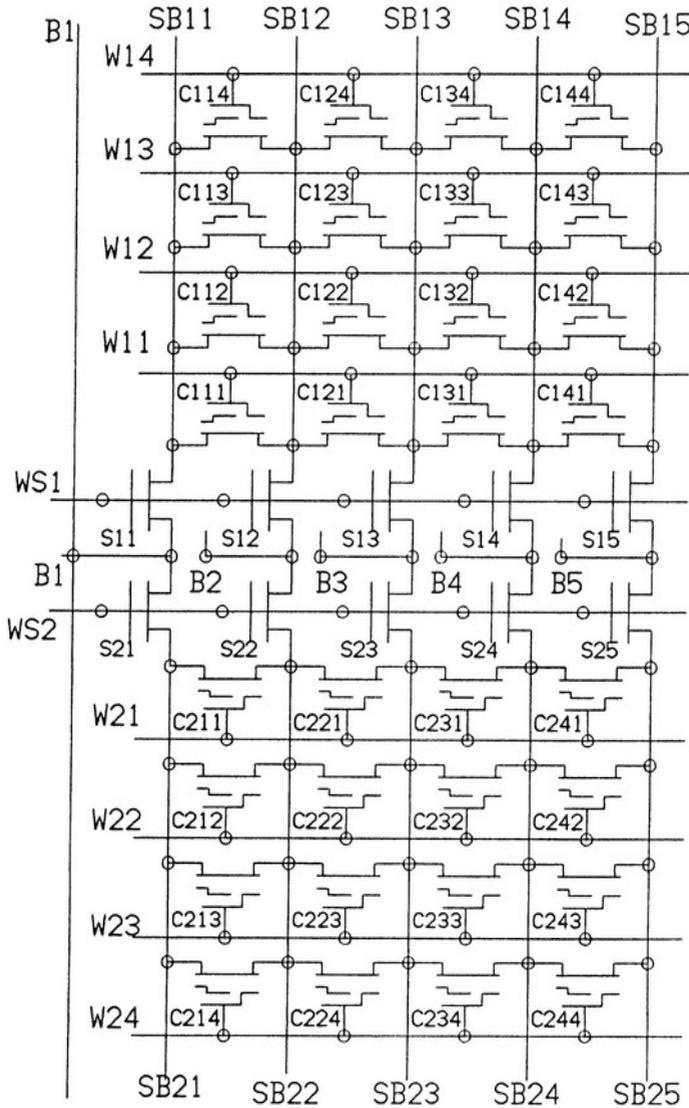
Quando você conecta seu pen drive na USB de seu computador para gravar dados, os dados são enviados serialmente (em fila) bit a bit para um circuito que decodifica as informações que eles trazem.

Estas informações (bytes) são então encaminhadas às células que devem recebê-los, através de um circuito que gera os endereços. Cada byte gravado é acompanhado de bytes que indicam em que bloco e em que linha a informação está, para que a leitura possa ser feita posteriormente sem erros. Assim,

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

conforme mostra a figura abaixo, uma memória de pen drive é organizada em linhas, com 8 colunas (b bits), 16 colunas para os tipos de 16 bits ou ainda 32 colunas para os de 32 bits.



Organização de uma EEPROM ou Memória Flash. W são as linhas que habilitam a gravação e SB são as linhas que contém os dados.

Na figura acima, quando habilitamos a linha W22, por exemplo, os 5 bits aplicados nas entradas de SB21 a SB24 são gravados nos transistores de C212 a C242. Para ler, basta habilitar as mesmas linhas com tensão apropriada e sensoriar os níveis lógicos nas mesmas saídas.

Evidentemente, este é um exemplo simplificado já que existem bilhões de células semelhantes a estas num único pen drive e, além disso temos os circuitos de leitura que geram os bits de endereçamento e fazem a leitura da saída.

Uma vez que a leitura dos dados gravados vai sendo feita eles são novamente serializados por um circuito apropriado, e enviados para o computador, entrando pela USB.

Conclusão

Com a evolução da tecnologia de fabricação dos chips de memória, as capacidades dos pen-drives se tornam cada vez maiores e a velocidade tanto de leitura como de armazenamento também.

Assim, dos primeiros tipos que armazenavam apenas 64 MB, já temos os que chegam aos 64 GB, um aumento de mil vezes na capacidade, acompanhado de uma multiplicação da velocidade que não chega a tanto, mas nos surpreende quando esvaziamos ou gravamos informações nos tipos mais modernos.

COMO FUNCIONA O GRAVADOR DE FITA

(Toca-fitas - walkmans - secretárias eletrônicas)

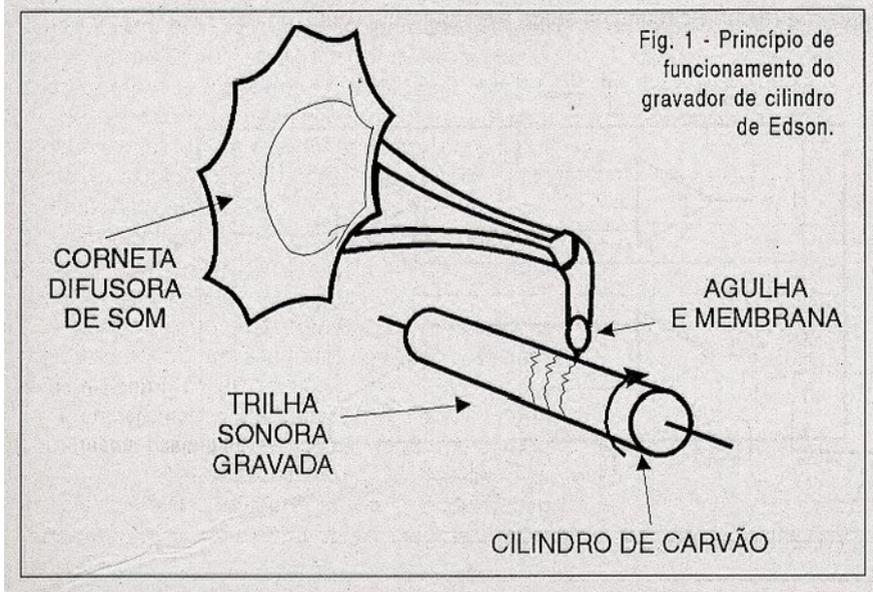
Saber como funciona qualquer aparelho eletrônico moderno não é apenas uma necessidade que o profissional da área tem. Qualquer praticante da eletrônica ou simplesmente usuário do aparelho que conhecer o princípio de funcionamento de qualquer aparelho certamente pode usá-lo melhor e mais que isso: pode saber exatamente como comprar, investindo melhor seu dinheiro e sem o perigo de ser enganado por anúncios ou por vendedores.

Um aparelho de uso comum e que tem um princípio de funcionamento pouco conhecido é o gravador de fita, do tipo usado em toca-fitas de carro, em secretárias eletrônicas e em walkman. Neste artigo vamos explicar de uma forma simples de que modo o som pode ser gravado numa fita magnética e depois reproduzido com perfeição.

Os inventores desde há muito tempo tiveram a ideia de registrar os sons da mesma forma que a imagem pode ser registrada numa fotografia. Um desses pioneiros foi Thomas Alva Edison que, com seu fonógrafo conseguiu "gravar" sons num cilindro de carvão reproduzindo-os depois com uma agulha.

O método de Edison era muito simples: o microfone era simplesmente uma corneta que terminava numa membrana a qual movimentava uma agulha que encostava num cilindro de carvão que deveria girar numa certa velocidade constante para registrar o som.

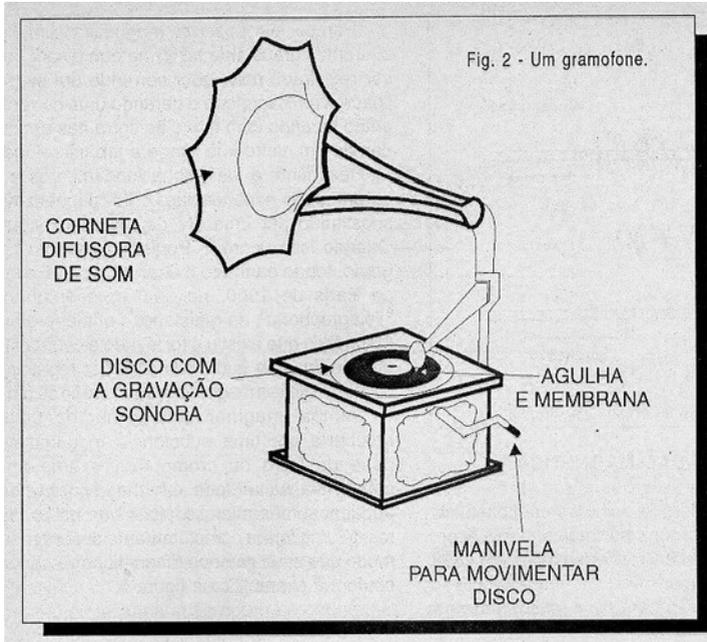
Com o movimento, a agulha registrava no cilindro uma trilha tortuosa que nada mais era do que um "retrato" do som captado. Terminada a gravação, o cilindro era girado na mesma velocidade original com que se registrou o som. Com isso, a agulha, agora percorrendo de modo forçado as trilhas gravadas, vibrava e transmitia essas vibrações membrana. O resultado era a vibração da membrana reproduzindo o som original, conforme mostra a figura 1.



Outro pioneiro da gravação de sons, na mesma época, entre 1877 e 1887 foi Emile Berliner.

O aperfeiçoamento mais importante para este aparelho foi a troca do cilindro por um disco de cera mas, mesmo assim, durante muito tempo o sistema era totalmente mecânico: não existia eletrônico. As trilhas tortuosas que registravam o som passaram a ser gravadas nas duas faces de um disco.

Desta forma, os aparelhos deste tipo, denominado "gramofones", como o patenteado por Emile Berliner, tinham a aparência mostrada na figura 2.



Uma manivela movimentada o disco ou então servia para dar corda num mecanismo de mola, semelhante ao que encontramos em brinquedos de criança. Uma vez que o disco entrava em movimento, a agulha se apoiava no disco por meio do braço e apoiado no braço havia uma corneta para a reprodução. Assim, as vibrações da agulha se transmitiam a uma membrana e o som produzido era "aumentado" pela ação da corneta.

Veja que não havia válvulas, transistores ou circuitos integrados neste sistema. A possibilidade de se amplificar o som captado pela agulha por meio de dispositivos eletrônicos veio muito tempo depois.

O princípio de funcionamento dos toca-discos modernos ainda se mantém: fazendo com que uma agulha percorra um sulco onde estão registrados na forma de ondulações os sons, podemos reproduzi-los, conforme mostra a figura 3.

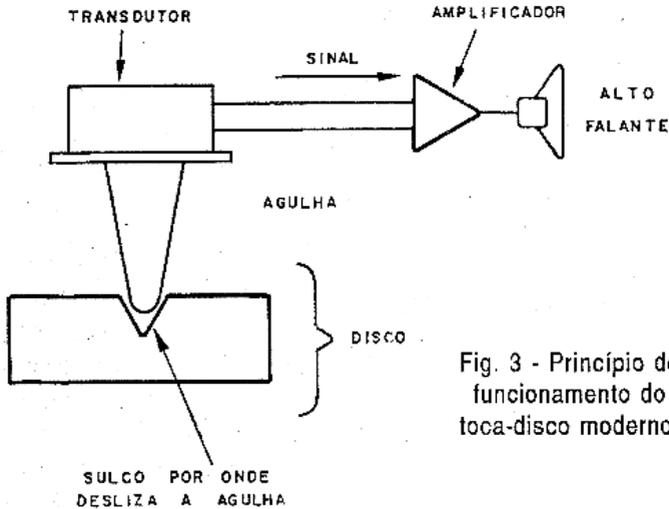


Fig. 3 - Princípio de funcionamento do toca-disco moderno.

Paralelamente, entretanto, outros pesquisadores trabalharam num modo um pouco diferente de registrar os sons: sem utilizar sulcos ou agulhas, mas de uma forma que envolvesse diretamente a eletricidade, que ainda era uma novidade na época.

Desse trabalho paralelo desenvolveu-se uma linha completamente diferente de dispositivos capazes de registrar sons (e posteriormente imagens) que são os gravadores de fita magnética ou simplesmente, gravadores de fita.

É deles que vamos falar a seguir:

A GRAVAÇÃO MAGNÉTICA

Valdemar Poulsen foi um dos responsáveis pela ideia de se gravar sons por meios magnéticos. Suas primeiras experiências foram feitas em 1898 e, sobre elas, ele escreveu:

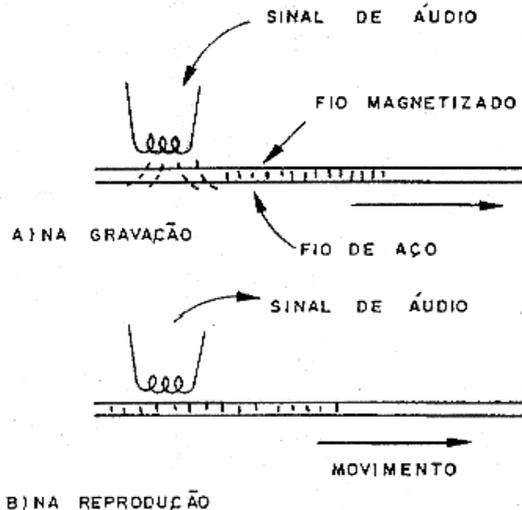
"Parece ser possível magnetizar um fio em diferentes graus e de tal forma que o som poderia ser registrado nele, quer correndo um eletroímã ligado a um microfone e gerando uma corrente, ou então fazendo com que o fio corra nas proximidades de um eletroímã ligado a um microfone".

Realmente a ideia tinha fundamentos e após as primeiras experiências, o fio magnetizável foi substituído por uma fita de

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

material magnético. Quando isso ocorreu, Poulsen já estava consagrado, tendo ganhado o Grand Prix da Exposição de Paris de 1900 no qual apresentou o seu "Telegraphone", que era, na realidade, o primeiro gravador magnético que existiu e foi levado ao conhecimento público.



Mas, de que modo podemos registrar sons por meio de magnetismo, usando materiais magnéticos como um fio ou uma fita?

Vamos imaginar que tenhamos uma fita recoberta com uma substância magnetizável, à base de ferro ou cromo, por exemplo. Essa substância, na verdade, é formada por milhões de pequenos ímãs microscópicos que estão dispostos de uma forma completamente desordenada de modo que seus campos magnéticos se cancelam, conforme mostra a figura 5.

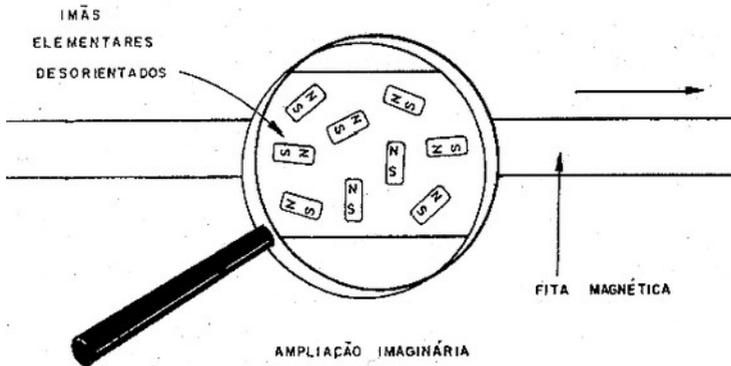


Fig 5 – Um a fita magnética é formada por grande quantidade de ímãs elementares

Isso significa que, mesmo sendo formada de uma grande quantidade de pequenos ímãs, esta fita não apresenta, no total, campo magnético algum. Se pegarmos essa fita e a colocarmos num mecanismo que a movimente diante de uma bobina, poderemos ter uma ação sobre os pequenos ímãs que modifica seu comportamento, ou sua posição.

Vamos supor então que, conforme mostra a figura 6, a bobina seja percorrida por uma corrente que nada mais seja do que um sinal de áudio.

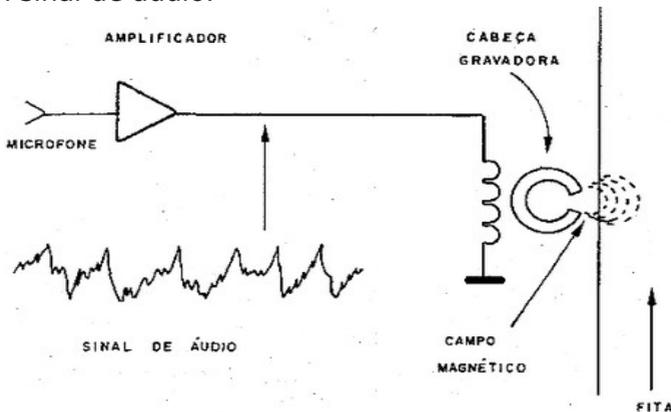


Fig. 6 – O campo magnético aplicado à fita ter as mesmas variações do sinal de áudio.

Conforme representado na figura, o sinal de áudio corresponde a variações da intensidade da corrente que, numa determinada frequência se torna mais intensa ou mais fraca e até inverte de sentido. Ora, ao circular pela bobina, esta corrente produz um campo magnético de características semelhantes, e este campo magnético atua justamente sobre as partículas da fita, mudando-as de orientação.

O que ocorre então é que, à medida que a fita passa diante do eletroímã, as partículas se orientam ou se ordenam, colocando-se em posições que justamente vão criar campos magnéticos que retratam o som original, ou seja, a corrente que criou o campo no eletroímã, conforme mostra a figura 7.

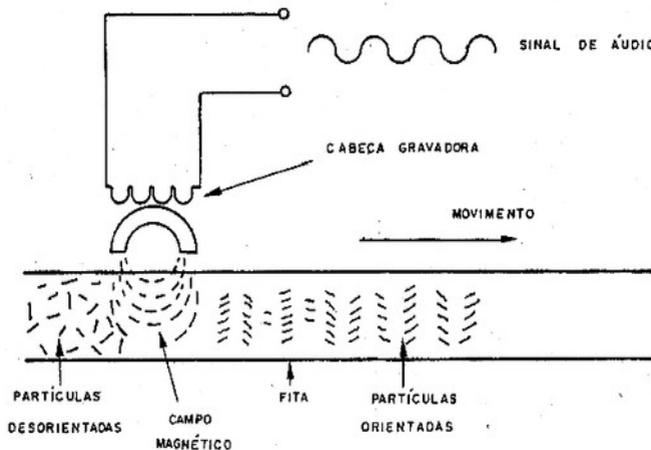


Fig. 7 – Na gravação as partículas sofrem um processo de orientação.

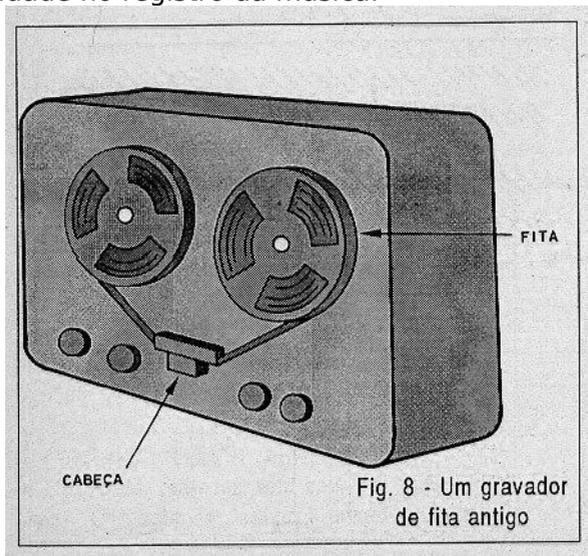
É importante observar que para termos um registro perfeito, que garanta depois a reprodução do som com fidelidade, precisamos observar algumas condições especiais de operação para o sistema.

A primeira condição importante é a escolha da velocidade apropriada para a fita. Esta velocidade deve ser tal para que haja tempo de registrarmos todas as variações de corrente, inclusive as mais rápidas que correspondem aos sons de altas frequências ou agudos.

Se a velocidade for muito pequena, num sinal de alta frequência, mesmo antes de termos a movimentação de um conjunto de partículas levando-as às posições de registro, a

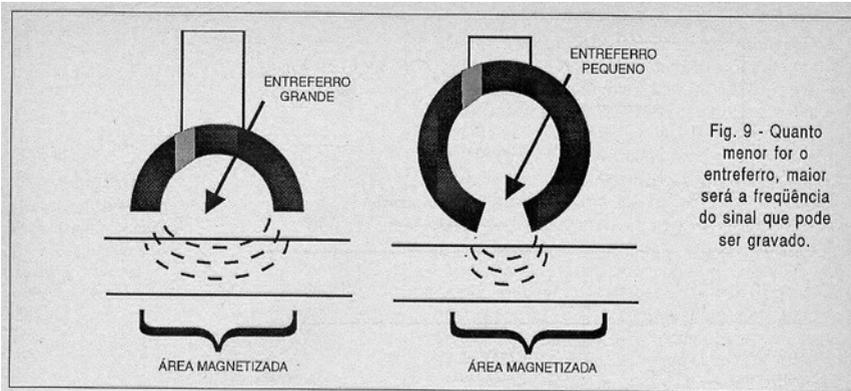
corrente já inverte e sua orientação é desfeita, ou seja, o som não é registrado. No entanto, uma velocidade de registro muito elevada reduz a duração da fita pois ela "acaba logo". A obtenção de uma relação ideal entre resposta de frequência e tempo de gravação é, portanto algo que deve ser considerado num gravador.

Muitos gravadores do tipo profissional, como o mostrado na figura 8 possuem diversas velocidades de modo a permitir que se obtenha mais tempo com menor resposta de agudos, por exemplo no registro da palavra falada, ou menos tempo com maior fidelidade no registro da música.



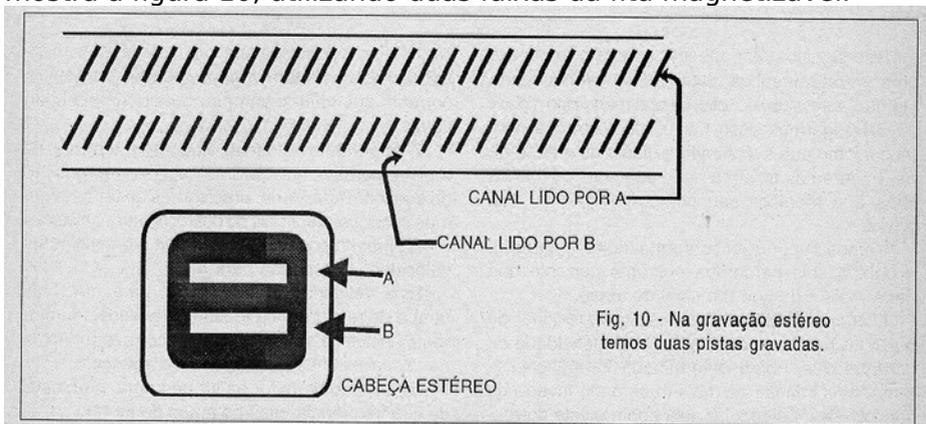
Para que o sinal possa ser concentrado numa região muito pequena de modo a se ter maior capacidade de reproduzir sons de frequências elevadas, as bobinas devem ser capazes de concentrar o campo magnético numa região bem pequena.

Isso significa que as cabeças dos gravadores devem possuir "entreferrros" muito pequenos, conforme mostra a figura 9.



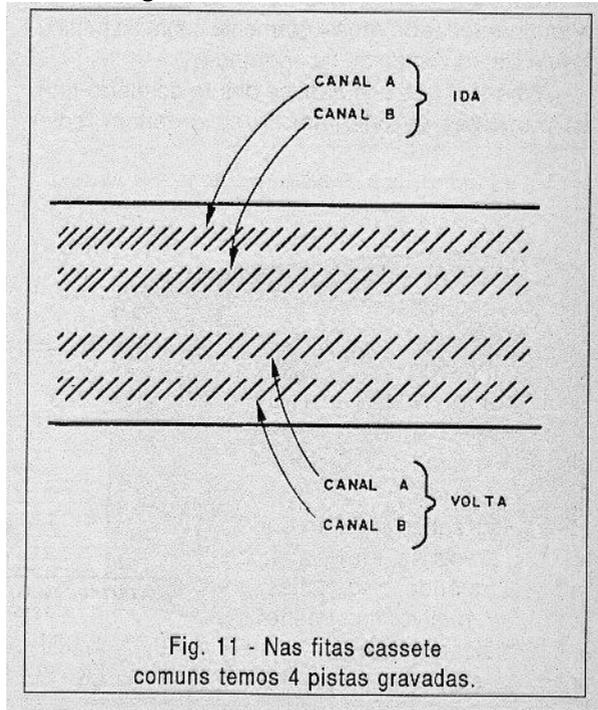
Os leitores que possuem toca-fitas, walkmans e gravadores sabem que o acúmulo de partículas metálicas nesta cabeça pode prejudicar a reprodução ou a gravação dos sons. Neste caso, os pedaços de material metálico acumulado neste ponto podem dispersar as linhas do campo magnético, impedindo que atuem sobre a fita. Da mesma forma, na captação esse material impede que as partículas atuem sobre a bobina induzindo a corrente correspondente ao sinal.

Se quisermos ter uma gravação estereofônica precisamos de dois canais. Para estes, as cabeças são duplas, conforme mostra a figura 10, utilizando duas faixas da fita magnetizável.



Na verdade, nas fitas que utilizamos nos toca-fitas, e que podem tocar nos dois sentidos (no sistema auto-reverse dos toca-

fitas de carro) são empregadas quatro faixas de gravação conforme mostra a figura 11.



Nestas fitas temos o registro dos sons duas vezes (um para cada canal) na ida e mais duas vezes, na volta da fita.

Um ponto importante para se obter um registro "limpo" dos sons é que a fita esteja totalmente desmagnetizada quando o sinal é aplicado. Para garantir que isso ocorra, desorientando as partículas, os gravadores possuem uma bobina adicional que gera um campo de alta frequência a partir de um oscilador. Esta bobina, denominada "apagadora" apaga qualquer informação que esteja previamente na fita, desorientando as partículas e deixando-as prontas para uma nova orientação.

O interessante do processo é que, uma vez orientadas segundo o sinal aplicado ao eletroímã, as partículas mantêm suas posições originais, ou seja, "gravam" a informação correspondente a esse som.

Para recuperar a informação, reproduzindo o som temos de pensar num processo inverso. Devemos então passar a fita diante de uma bobina que possa "captar" o campo das partículas orientadas, gerando em função disso um sinal.

Para que o processo funcione o primeiro ponto importante a ser observado é o relacionado com a velocidade da fita. A velocidade com que a fita se movimenta diante da bobina deve ser a mesma que foi utilizada durante o registro.

Se isso não ocorrer, conforme mostra a figura 12, teremos uma modificação do comprimento de onda do sinal gerado, ou seja, da frequência, e os sons se tornarão mais graves ou mais agudos.

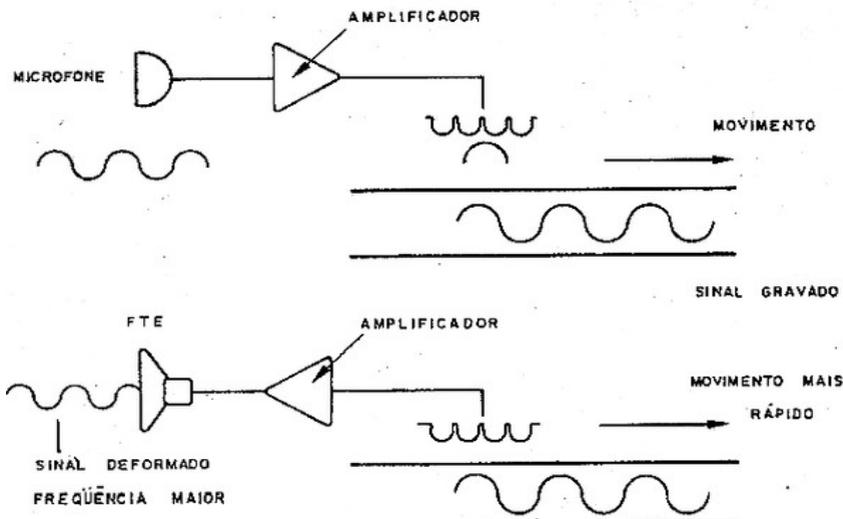


Fig. 12 - Alternando a velocidade a frequência do sinal muda.

O leitor sabe perfeitamente que a voz se torna mais "grossa" quando o toca-fitas, por algum motivo movimenta a fita mais devagar do que deve.

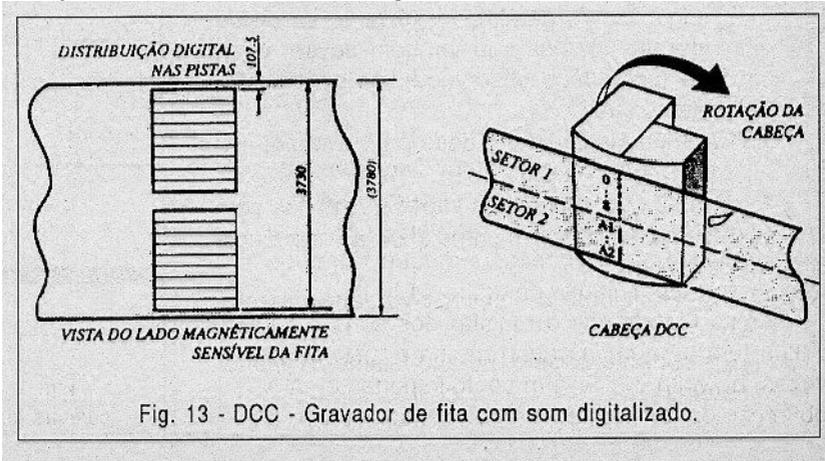
O segundo ponto importante a ser observado é que a cabeça que vai "sentir" o campo magnético da fita deve estar a mais próxima possível e alinhada com esta fita. O atrito da cabeça com a fita libera partículas as quais tendem a se acumular no local e que, com o tempo, prejudicam a reprodução.

Assim, o sistema reproduzidor consiste simplesmente num bom amplificador ligado às cabeças de leitura e de circuitos que sejam capazes de manter constante a velocidade da fita.

Os amplificadores que trabalham nos reproduzidores de fita, como toca-fitas, walkman e gravadores devem ter uma sensibilidade elevada, pois o sinal que a bobina captadora fornece é muito fraco, da ordem de poucos microvolts.

OS SISTEMAS MODERNOS

Partindo da ideia original, o gravador evoluiu bastante passando dos enormes tipos "de rolo" como o mostrado na figura 13, para os tipos compactos em que a fita vinha em cassetes e que hoje é o mais difundido e agora o DCC.



Os aparelhos modernos permitem a reprodução fiel de sons até uma frequência máxima de 20 kHz (nos tipos profissionais) com tempos de gravação bastante longos.

No gravador cassete comum, os sons ainda são registrados na forma de variações da intensidade do campo magnético criado, ou seja, do grau de magnetização. No entanto, com o tempo, assim como por outros fatores, este campo pode enfraquecer o que leva a deterioração da fita não sem antes apresentar uma perda gradual da qualidade da reprodução.

Uma maneira que está sendo adotada atualmente, e que promete muito, de se contornar este problema é a que utiliza a

gravação digital. Em lugar de gravarmos as variações de intensidade que cobrem uma faixa contínua, ou seja, corresponde a uma gravação analógica, convertemos os sons em informações digitais.

Informações digitais significam que na fita temos regiões magnetizadas ou não magnetizadas que passam a representar zeros e uns (níveis baixos e altos), conforme mostra a figura 14.

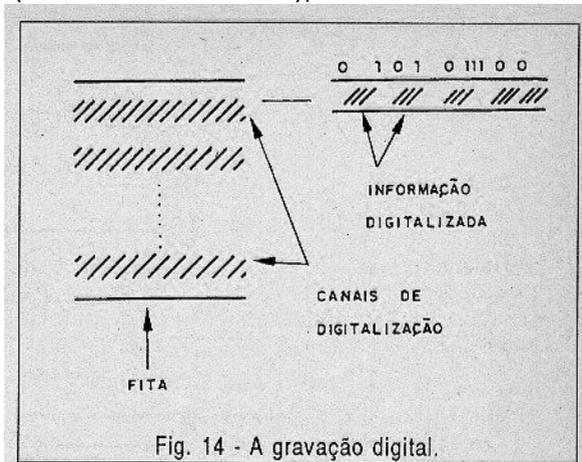


Fig. 14 - A gravação digital.

Desta forma, uma região magnetizada que represente um nível alto (um), mesmo que perca um pouco de sua magnetização ainda pode ser reconhecida como nível alto e isso impede a perda da informação e, portanto, a distorção.

O DCC, criado pela Philips é justamente o sistema que faz uso da gravação digital de som em fita cassete. Bastante compacto, ele deve substituir a fita cassete comum, com uma gravação digital muito mais fiel (seu som é comparado ao dos CDs) com muito menor possibilidade de deterioração ou perda dos sinais gravados.

A gravação digital ainda apresenta a possibilidade de se colocar num display informações como a música que está sendo tocada, sua duração, autor, etc.

O próximo passo, poderia argumentar o leitor, será a gravação da imagem.

Na realidade ele já foi dado e o gravador de videocassete é justamente isso. Como ele funciona é algo que veremos num futuro artigo.

Obs.: na época em que foi escrito artigo o CD e o DVD ainda não haviam nascido e apostava-se ainda na gravação digital em fita magnética. Isso não “pegou” e o DCC nunca chegou a ser adotado.

COMO FUNCIONA O IGBT (INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR)

Reunindo as características de comutação dos transistores bipolares de potência à alta impedância de entrada dos transistores de efeito de campo, o IGBT se torna cada vez mais popular nos circuitos de controle de potência de uso industrial e até mesmo em eletrônica de consumo e embarcada. Veja neste artigo o que é o IGBT e quais são suas características principais.

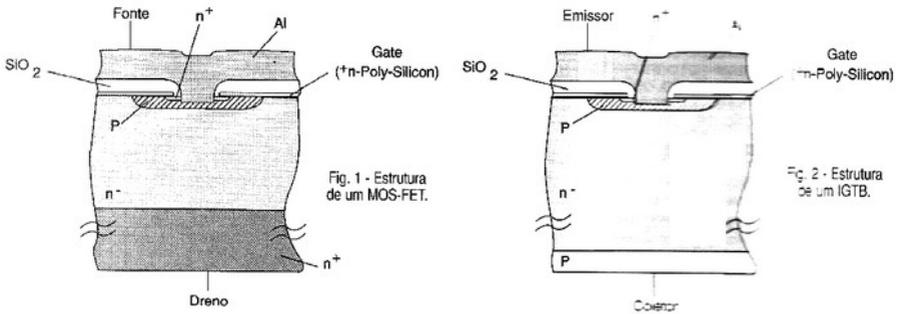
Os transistores bipolares de potência possuem características que permitem sua utilização no controle de correntes elevadas com muitas vantagens. No entanto, as suas características de entrada, exigindo correntes elevadas, já que operam como amplificadores de corrente, trazem certas desvantagens em algumas aplicações.

Por outro lado, os transistores de efeito de campo MOS de potência podem também controlar potências elevadas com muitas vantagens pelo fato de que exigem tensão para o disparo, pois embora sejam dispositivos de alta impedância, têm como desvantagem uma baixa velocidade de comutação devida às capacitâncias de comporta que aumentam com a intensidade de corrente (largura do canal) que deve ser controlada.

Juntando o que há de bom nestes dois tipos de transistores, o IGBT é um componente que se torna cada vez mais recomendado para comutação de cargas de alta corrente em regime de alta velocidade.

A ESTRUTURA DO IGBT

Na figura 1 temos a estrutura de um transistor de efeito de campo de potência (MOSFET), ao mesmo tempo em que na figura 2 temos a estrutura de um IGBT.



Conforme podemos observar, a única diferença que existe nas duas estruturas é a presença de uma zona p no IGBT. Pela presença desta camada, lacunas são injetadas na camada n altamente resistiva de modo que um excesso de portadores é criado.

Com o aumento de condutividade consequente da camada n, pode-se reduzir a tensão no estado ON do IGBT. O resultado disso é que obtemos para o IGBT uma redução considerável na tensão no estado de máxima condução, conforme indicam as curvas da figura 3.

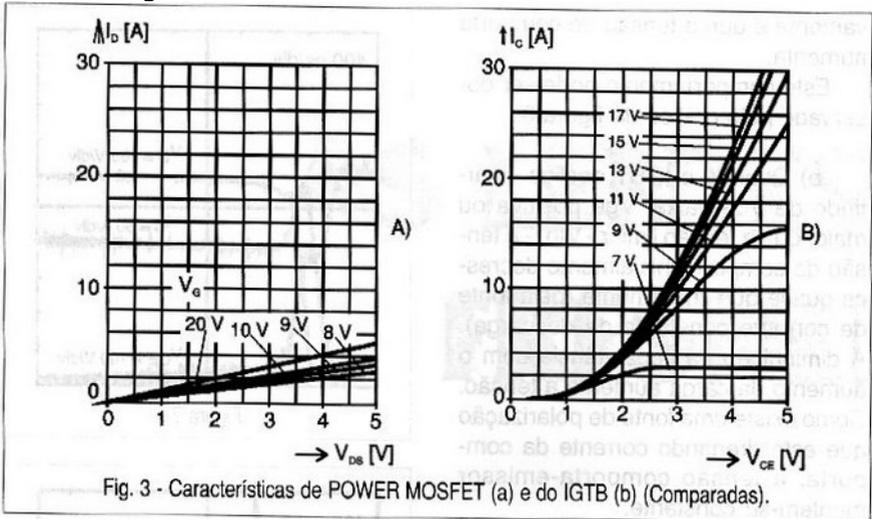


Fig. 3 - Características de POWER MOSFET (a) e do IGBT (b) (Comparadas).

Ao mesmo tempo em que as tensões sobem quase que linearmente com o aumento da corrente num MOSFET de

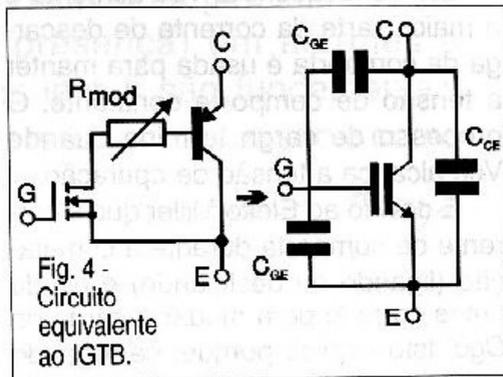
potência comum, no IGBT a tensão sobe de maneira muito menos acentuada com o aumento da corrente. Veja que para um aumento da corrente de 0 a 6 ampères, a tensão sobe de 0 para 5 V com alimentação de 20 V no caso do transistor bipolar, ao mesmo tempo em que para um IGBT alimentado com 17 V, a tensão sobe de 0 para apenas 4 V aproximadamente, quando a corrente vai a 24 ampères.

O que acontece é que a resistência R_{dson} (resistência entre dreno e fonte em condução) é influenciada principalmente por uma região central pouco dopada, o que é essencial para se obter uma capacidade de bloqueio da tensão.

Com a presença de uma camada p no IGBT, temos um excesso de portadores na região central. Em consequência da voltagem limiar, que é criada na junção pn do lado do coletor, um transistor IGBT de 1000 V tem uma resistência no estado ON reduzida de um fator de 5 vezes quando comparada com a de um MOSFET de mesmas características de bloqueio e mesma área de pastilha.

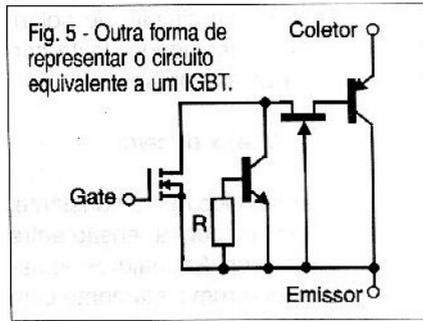
CIRCUITO EQUIVALENTE E ESTRUTURAS

Podemos comparar um IGBT a um circuito formado por um transistor de efeito de campo que controla a corrente de base de um transistor bipolar, veja figura 4.



Na mesma figura temos as capacitâncias parasitas deste circuito que influem principalmente na sua velocidade de

comutação. Uma outra forma de representar o circuito equivalente de um IGBT é exemplificada na figura 5.



Nesta representação temos um transistor PNP excitado por MOSFET de canal N numa configuração pseudo-Darlington. O transistor JFET foi incluído no circuito equivalente para representar a contração no fluxo de corrente entre os poços p.

Atualmente existem duas estruturas básicas utilizadas na construção dos IGBTs, as quais são mostradas na figura 6.

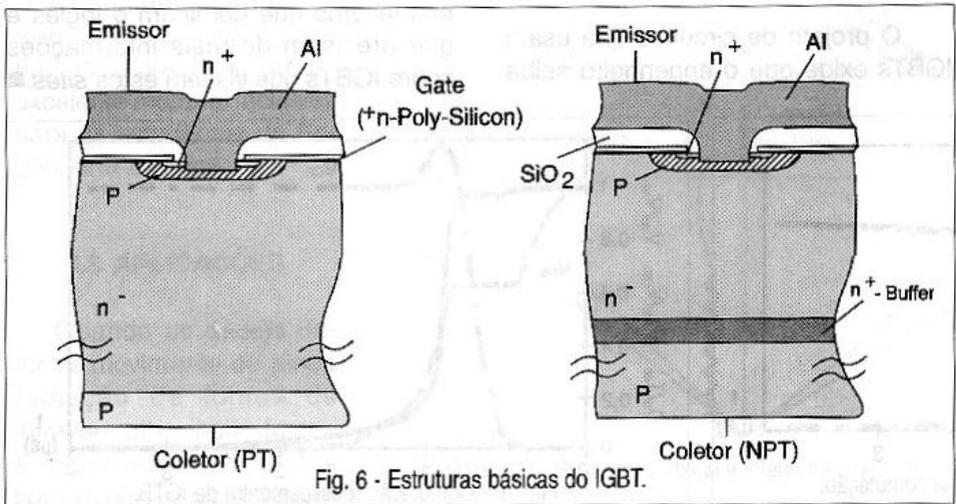


Fig. 6 - Estruturas básicas do IGBT.

A primeira é denominada estrutura PT e a segunda NPT, que foi desenvolvida pela Siemens.

A estrutura PT (Punch Through = socada através) tem camadas epitaxiais características e uma região N+ dopada (camada buffer) e uma região N- sobre um substrato dopado com polaridade p. O tempo de vida dos portadores de carga é minimizado pela forte difusão de metal, ou por radiação de alta energia.

O material de base da estrutura NPT (Non Punch Through) é um wafer homogêneo dopado com impurezas N-. Do lado de trás, uma camada p especialmente formada é criada durante o processamento do wafer. Neste caso, não é necessário limitar o tempo de vida dos portadores de carga.

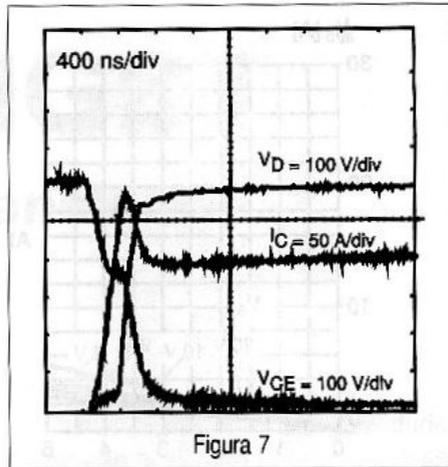
Em ambos os casos a estrutura de célula de um IGBT típico é formada do lado frontal.

CARACTERÍSTICAS DE COMUTAÇÃO

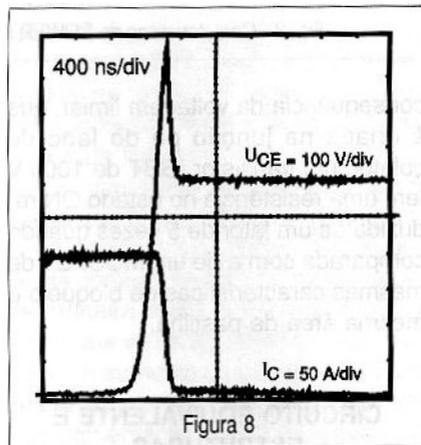
OS IGBTs são componentes usados principalmente como comutadores em conversores de frequência, inversores etc.

Nestas aplicações normalmente uma carga indutiva é ligada e desligada, podendo com isso aparecer tensões inversas elevadas contra as quais o dispositivo deve ser protegido. Esta proteção é feita com o uso de diodos.

Quando o IGBT liga novamente, o fluxo de corrente no diodo funciona inicialmente como um curto. A carga armazenada tem que ser removida inicialmente para que o diodo bloqueie a tensão. Isso faz com que apareça uma corrente que se soma à corrente da carga, a qual é chamada de corrente reversa de recuperação do diodo ou I_{rr} . O máximo da corrente I_{rr} ocorre quando a soma das tensões instantâneas sobre o IGBT e o diodo igualam a tensão de alimentação, de acordo com exemplo no gráfico da figura 7.



Quando o IGBT desliga, o resultado é uma variação de corrente, e isso faz com que um pico de sobretensão apareça devido à variação da corrente nas indutâncias parasitas, veja a figura 8.



Este pico de tensão é responsável por perdas e exige um aumento no tempo morto entre a condução de dois dispositivos semelhantes quando usados numa configuração de meia-ponte.

Um ponto importante que deve ser levado em consideração em todo dispositivo de comutação é o Efeito Miller. O Efeito Miller nada mais é do que a realimentação da tensão coletor-emissor (V_{ce}) através da capacitância existente entre a comporta e o coletor do dispositivo (C_{gc}).

Isso quer dizer que uma variação da tensão entre coletor e emissor (V_{ce}) tem o mesmo efeito que uma fonte de corrente interna no circuito de polarização, onde a intensidade desta corrente é dada pela expressão:

$$i_g = C_{gc}(V_{ce}) \times dV_{ce}/dt$$

Infelizmente, C_{gc} não é constante, mudando de valor com a tensão entre coletor e emissor. As maiores variações de C_{gc} ocorrem justamente com pequenas tensões entre emissor e coletor.

Em consequência disso temos explicações para alguns comportamentos do IGBT:

a) Quando o IGBT liga (turn-on) - partindo de V_{ce} alto e V_{ge} igual a zero ou negativo - com uma corrente constante carregando a comporta, um aumento linear da tensão de comporta é obtido. Com a queda da tensão entre coletor e emissor (V_{ce}) a corrente de polarização de comporta é usada para carregar C_{gc} , e a tensão de comporta permanece constante.

Mais tarde, quando a tensão entre o coletor e o emissor cai, C_{gc} aumenta de valor de tal forma que, uma pequena variação de V_{ce} é suficiente para levar a um aumento da corrente de comporta. Somente quando a corrente necessária à carga se reduz novamente é que a tensão de comporta aumenta. Este comportamento pode ser observado pelo gráfico da figura 9.

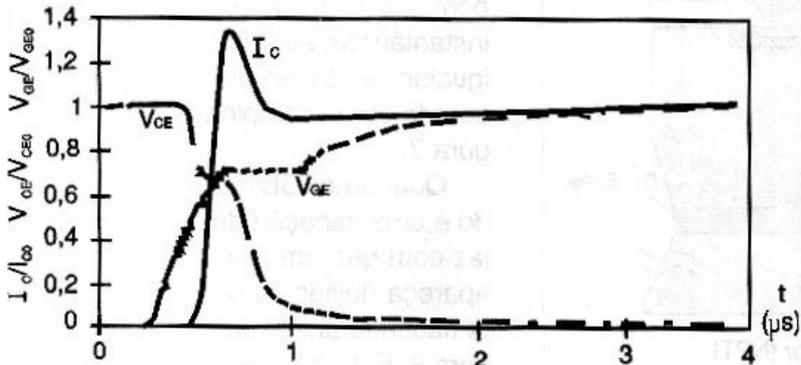
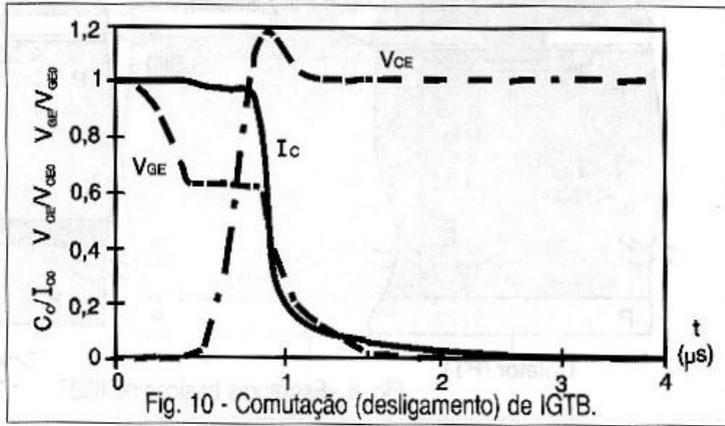


Fig. 9 - Comportamento do IGBT na comutação.

b) Quando o IGBT desliga - partindo de V_{ce} baixa, V_{ge} positiva ou maior que a tensão limiar - V_{th} - a tensão de comporta inicialmente decresce quase que linearmente (pela fonte de corrente constante de descarga). A diminuição da capacitância com o aumento da carga aumenta a tensão. Como existe uma fonte de polarização que está drenando corrente da comporta, a tensão comporta-emissor mantém-se constante.

Em consequência, V_{ce} aumenta e a maior parte da corrente de descarga da comporta é usada para manter a tensão de comporta constante. O processo de carga termina quando V_{ce} alcança a tensão de operação. Na figura 10 mostramos o que acontece na forma de um gráfico.



É devido ao Efeito Miller que a corrente de comporta durante a comutação (ligando ou desligando) é usada antes de tudo para mudar a carga de C_{gc} . Isto explica o porquê, carregando ou descarregando, a comporta tem sua velocidade de resposta reduzida. Deve ser mencionado que as mudanças de C_{gc} e V_{cc} regulam por si próprias de tal forma que apenas a corrente disponível na comporta é usada. Isso esclarece o porquê um resistor de grande valor ligado em série com a comporta faz com que todos os eventos que envolvam a comutação de um IGBT tenham seu tempo de duração aumentado.

CONCLUSÃO

O projeto de circuitos que usam IGBTs exige que o engenheiro saiba levar em conta as características diferenciadas destes componentes.

Em princípio, podemos tratá-los como transistores bipolares quando analisamos o modo como ele controla as cargas, e como POWER-FETS ao pensarmos no disparo. No entanto, alguns elementos intermediários entram em ação e podem ser importantes nas aplicações de alta velocidade.

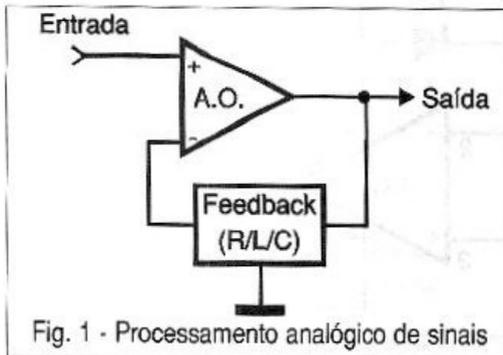
Na Internet o leitor encontra no site da Siemens (Infineon) e da International Rectifier (Application-Note AN-983) uma boa literatura técnica que pode complementar este artigo. Sugerimos

aos leitores que dominam o inglês e que precisam de mais informações sobre IGBTs que visitem estes sites.

CONHEÇA UM POUCO DOS PROCESSADORES DIGITAIS DE SINAIS - DSPS

Os processadores de sinais digitais estão presentes numa infinidade de aplicações de tecnologia moderna como telefones celulares, equipamentos de telecomunicações, equipamentos de som, instrumentos, no carro etc. O que é exatamente um DSP é o que procuramos explicar neste artigo bastante didático para os que ainda não estão familiarizados com esta tecnologia. (2000)

Antigamente, quando se desejava trabalhar um sinal como, por exemplo, um sinal de determinada frequência de modo a filtrá-lo e eliminar certas componentes modificando sua forma de onda, fazia-se uso de um circuito analógico, uma rede de componentes passivos e, eventualmente, de um conjunto de amplificadores operacionais, conforme mostra a figura 1.



Em resumo, entrava-se com um sinal analógico (uma forma de onda), trabalhava-se este sinal na sua forma analógica com um circuito analógico, portanto, e novamente obtinha-se a saída na forma analógica original.

Com a escolha apropriada dos circuitos capazes de trabalhar estes sinais era possível fazer quase tudo com eles.

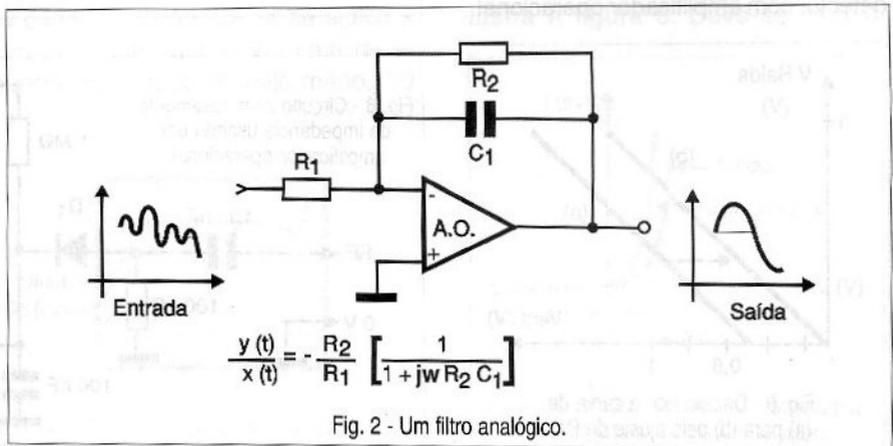
No entanto, com a evolução da eletrônica digital, com processadores cada vez mais poderosos, ficou claro que o trabalho com um sinal na forma digital poderia ser mais simples e

até levar a aplicações que não seriam simples de obter com um circuito analógico.

A IDEIA BÁSICA

Quando modificamos um sinal na sua forma analógica de modo a alterar forma de onda, frequência, e introduzir retardos, nada mais fazemos do que aplicar algum tipo de processamento que pode ser calculado a partir de procedimentos matemáticos convencionais.

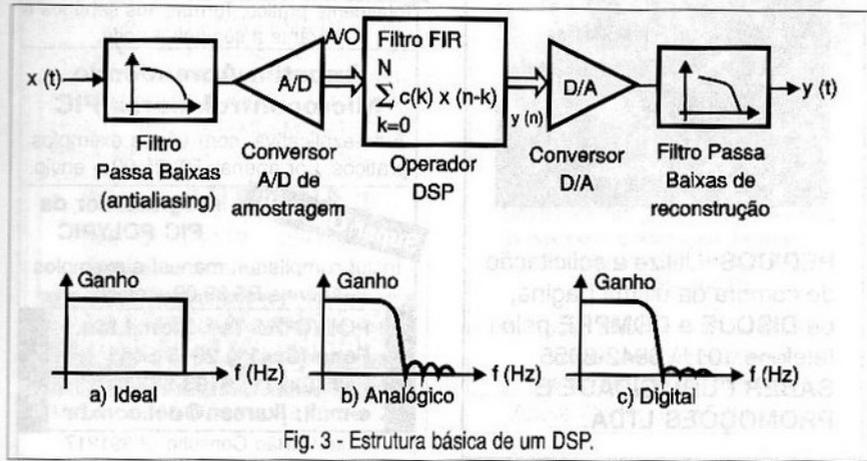
Quando cortamos as frequências baixas de um sinal, num filtro, podemos calcular com precisão exatamente os elementos deste filtro de modo a obter os efeitos desejados, observe a figura 2.



Em suma, o trabalho de um sinal analógico, qualquer que seja ele, também envolve um tipo de processamento que faz uso de recursos matemáticos.

Ora, uma das principais vantagens da eletrônica digital e dos microprocessadores é a de poder realizar cálculos muito complexos com grande velocidade e precisão.

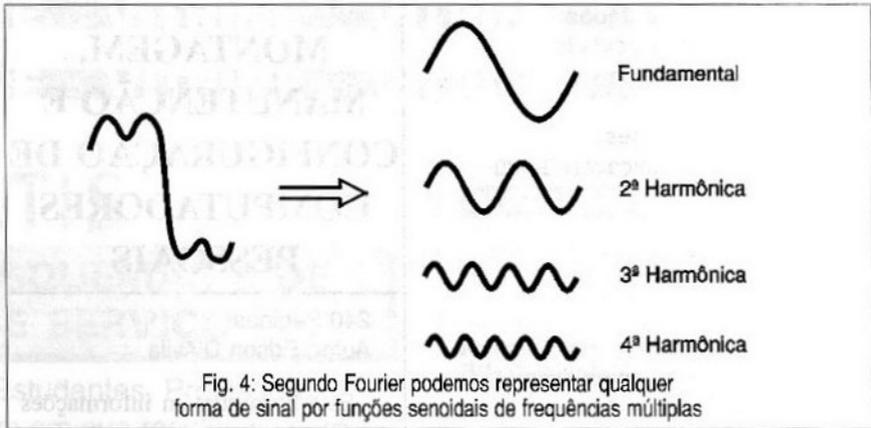
Isso significa que poderíamos substituir os circuitos analógicos que trabalham com um determinado tipo de sinal por equivalentes digitais, se os sinais fossem convertidos para a forma digital. Assim, conforme ilustra a figura 3, chegamos à ideia básica do processador de sinais digital ou DSP (Digital Signal Processor).



Um sinal (uma forma de onda) é convertido para a forma digital por um conversor analógico digital. Esta forma de onda se transforma numa sequência de valores numéricos expressos na forma digital que podem ser aplicados em sequência a um segundo bloco, que é justamente o processador.

O processador trabalha então a forma de onda em sua forma numérica fazendo os cálculos e as transformações de acordo com o que se deseja do circuito.

Se é um filtro, por exemplo, o processador pode ser programado para aplicar a transformada de Fourier ao sinal, e eliminar em certas proporções as componentes harmônicas de certas frequências, como indica a figura 4.



Isso fará com que o valor numérico que representa o sinal na saída seja diferente daquele que o representa na entrada, mas com uma nova forma, que é justamente o que se deseja do circuito.

Por exemplo, se todas as harmônicas de um sinal de determinada frequência e forma de onda complexa forem cortadas, a saída será um sinal senoidal. O circuito processador digital terá transformado um sinal de qualquer forma de onda de certa frequência em um sinal senoidal de mesma frequência, conforme ilustra a figura 5.



Para recuperar o sinal em sua forma analógica original basta agregar à saída deste conjunto um conversor digital para analógico ou D/A.

No nosso exemplo modificamos a forma de onda do sinal, mas o DSP pode fazer muito mais. Por exemplo, se em lugar de transformarmos o sinal que entra apenas retardarmos sua

aplicação à saída, memorizando o seu valor instantâneo numa memória, podemos elaborar uma câmara de eco.

Mas, o DSP pode fazer muito mais que isso.

APLICAÇÕES

No exemplo que apresentado mostramos como um DSP pode modificar um sinal analógico trabalhando nele na forma digital. São as seguintes as aplicações em que os DSPs podem ser usados:

a) Filtragem digital

Resposta a impulsos finitos (FIR)
Resposta a impulsos infinitos (IIR)
Filtros casados (correlatores)
Transformadas de Hilbert
Filtros adaptativos

b) Processamento de sinais

Compressão (reconhecimento de voz)
Expansão
Média
Cálculos de energia
Processamentos Homomórficos

c) Processamento de dados:

Criptografia e embaralhamento (scrambling)
Codificação (Codificação Trellis)
Decodificação (Decodificação Viterbi)

d) Processamento numérico

Escalar, vetorial, matriz aritmética e computação com funções transcendentais

Funções não lineares
Geração de números pseudo-aleatórios

e) Análise espectral

Transformada de Fourier Rápida (FFT)
Transformada de Fourier Discreta (DFT)
Transformadas de seno/cosseno
Modelagem ARMA, MA e AR

Tudo isso leva o DSP a ser encontrado nos seguintes tipos de circuitos:

a) Telecomunicações

- * Geração de tom
- * Circuitos DTMF
- * Interfaces de assinantes
- * Full duplex
- * Transcoders
- * Vocoders
- * Repetidoras
- * Cancelamento de ruído
- * ISDN

b) Comunicação de dados:

- * Modems de alta velocidade
- * Fax de alta velocidade

c) Radiocomunicações:

- * Sistemas de comunicações seguras
- * Radiodifusão
- * Telefones celulares

d) Computadores:

- * Estações de trabalho
- * PCs
- * Aceleradores gráficos

e) Processamento de imagem

- * Compressão, restauração
- * Visão de robô
- * Animação

f) Instrumentação

- * Análise espectral
- * Aquisição de dados
- * Geração de formas de onda

g) Processamento de som

- * Rádio digital (AM/FM)

- Volume 10

- * HI FI
- * Cancelamento de ruído
- * Síntese de música e processamento

h) Controle

- * Servos
- * Robótica
- * Controle de motores

i) Medicina

- * Scanners
- * Raio X
- * Eletrocardiograma

f) Vídeo digital

- * TV digital

g) Radar e Sonar

- * Navegação
- * Oceanografia
- * Localização automática

E muitas outras.

CONCLUSÃO

Quando se desejar trabalhar com sinais analógicos processados em tempo real, a melhor solução para a realização de operações complexas é a que faz uso do DSP. Disponíveis em diversas fabricantes tais como Texas, Motorola etc., estes componentes podem ser encontrados em configurações que atendem a aplicações específicas.

Sites sobre DSP:

Texas Instruments - <http://www.ti.com>

APARELHOS DE SURDEZ

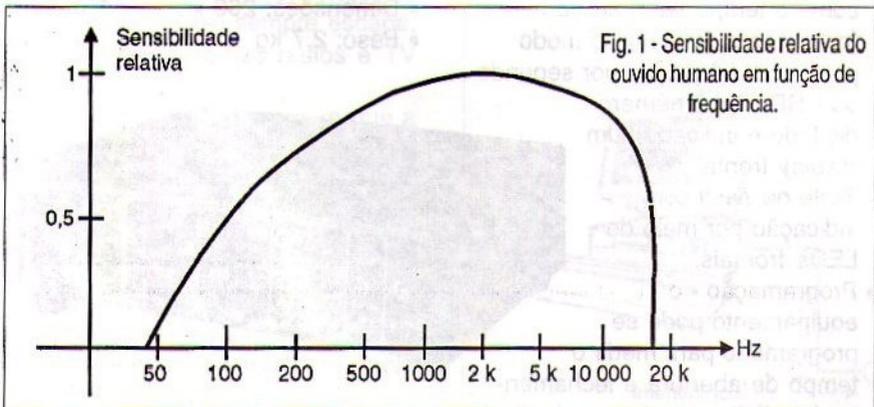
Diversos leitores nos solicitaram a publicação de um artigo que explicasse o funcionamento dos aparelhos de surdez. Muitos manifestaram o desejo de montar e reparar tais aparelhos. Neste artigo falamos um pouco desse tipo de equipamentos. Os aparelhos de surdez ou de ajuda auditiva, ao contrário do que muitos pensam não consistem em simples amplificadores de áudio com montagem compacta.

Na verdade, a surdez é um problema médico e a solução nem sempre consiste na utilização de um amplificador de características comuns. As características diferenciadas dos amplificadores usados com a finalidade de devolver a audição à pessoas que tenham deficiências, devem ser muito bem definidas a partir de exames feitos no paciente.

De fato, cada paciente tem um problema específico e a solução para este problema passa por um estudo que o leitor deve entender.

A CURVA DE RESPOSTA DO OUVIDO

Nosso ouvido não responde de maneira uniforme à todas as frequências do espectro. A sensibilidade maior, conforme mostra a figura 1, está na região das médias frequências, e essa curva muda de característica à medida que a pessoa envelhece.

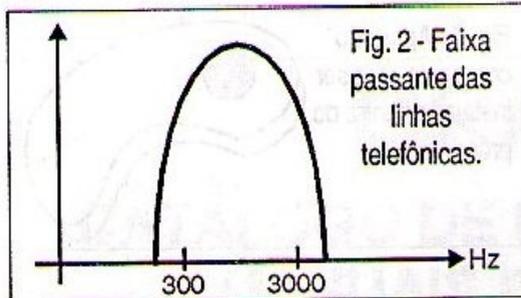


De fato, à medida que nos tornamos mais velhos o limite superior da faixa de frequências que podemos ouvir vai diminuindo. Um jovem pode ouvir sons agudos que as pessoas de mais idade não podem.

Além da alteração dessa curva pela idade existem doenças que podem modificar esta curva, levando o paciente a apresentar uma queda de sensibilidade apenas em determinados trechos. Evidentemente, apenas o trecho que apresenta uma redução de sensibilidade deve ser reforçado num caso como este.

Outro problema que deve ser analisado é que, de toda a faixa audível, apenas a faixa que vai dos 300 aos 3 000 Hz é responsável pela inelegibilidade da palavra.

Assim, se uma pessoa perde a sensibilidade auditiva fora desta faixa, isso pode afetar apenas a audição de música ou um pouco na denominada "coloração" do som que é dada pelas componentes de altas e baixas frequências. No entanto, essa pessoa não tem a inteligibilidade afetada e pode entender perfeitamente as conversas ou mesmo usar o telefone sem notar qualquer diferença.

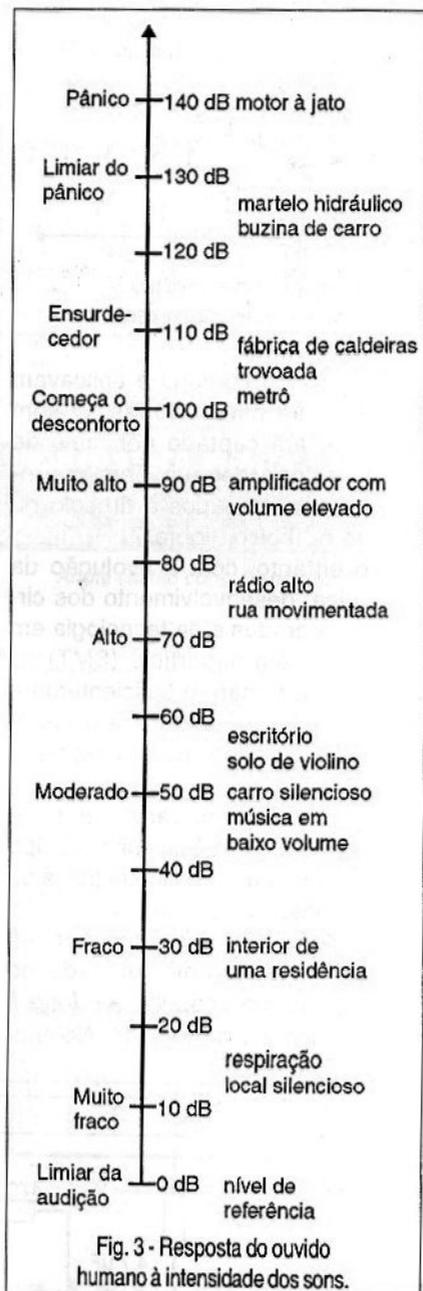


Mas, além da sensibilidade que pode variar em toda a faixa audível, quando se pensa num amplificador para ajuda auditiva, devemos levar em conta a sensibilidade em função da potência. Nossos ouvidos possuem uma sensibilidade com características logarítmicas.

Essa característica é feita para a nossa própria proteção. Os sons mais fortes que aparecem na natureza são milhões de vezes mais intensos que os mais fracos. Se o nosso ouvido tivesse uma resposta linear, teríamos duas possibilidades: se a

sensibilidade fosse muito grande, ouviríamos os sons mais fracos normalmente, mas os sons fortes poderiam até nos matar. Por outro lado, se a sensibilidade fosse pequena, não ouviríamos os sons fracos, se bem que os sons fortes não nos incomodassem.

Com uma curva logarítmica de resposta, temos maior sensibilidade do ouvido para os sons fracos ao mesmo tempo em que os sons fortes são atenuados para não nos causarem mal.



Na figura 3 mostramos a curva de sensibilidade do ouvido com destaque ao ponto em que os sons começam a ser perigosos.

Um problema de natureza médica comum ocorre pela incidência constante de sons muito fortes que levam o ouvido a uma atrofia perigosa. Trabalhando em ambientes ruidosos ou ouvindo sempre música com o volume muito alto, o ouvido começa a perder suas características originais e a surdez pode ser inevitável.

Um estudo realizado entre jovens suecos que se alistaram no exército revelou o fato preocupante que uma boa parte deles tinha deficiência auditiva. A origem ficou clara: todos frequentavam discotecas onde o som era ajustado num volume muito elevado.

Quantos jovens de nosso país não estão nas mesmas condições? O nível alto das conversas dessas pessoas pode revelar o fato preocupante de que seus ouvidos já não estão funcionando direito!

Alerta: Se bem que exista uma legislação que impeça que ruídos em ambientes públicos e de trabalho não superem determinada nível, não existe nada parecido em relação a salas de espetáculos, clubes, bailes e até mesmo à potência aplicada a um fone de ouvido num walkman! Podemos dizer com certeza que os 0,5 watts ou pouco mais de potência aplicados dentro do ouvido por um fone de walkman são mais do que suficientes para gerar 110 dB ou mais capazes de levar, em pouco tempo, o usuário a apresentar uma atrofia do aparelho auditivo.

COMO DETERMINAR O TIPO DE APARELHO A SER USADO

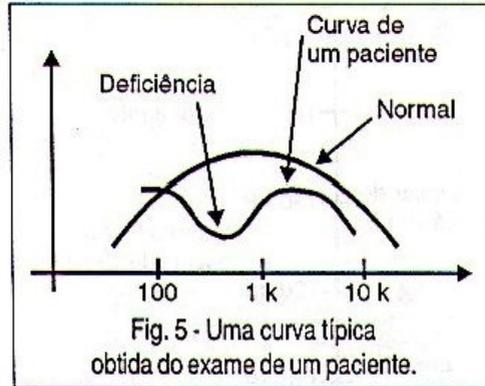
Para a determinação das características do aparelho usado é preciso verificar antes quais são as frequências que devem ser reforçadas no caso específico de um determinado paciente.

Isso é feito por meio de um exame em que se usa um equipamento especial acoplado a um fone. O paciente, conforme mostra a figura 4, fica numa cabine com este fone de ouvido e é convidado a acenar sempre que ouve um som ou ainda a apertar um botão de resposta.



O operador do equipamento que faz o exame, gera então tons em determinadas frequências e vai aumentando sua intensidade até que o paciente ouça alguma coisa.

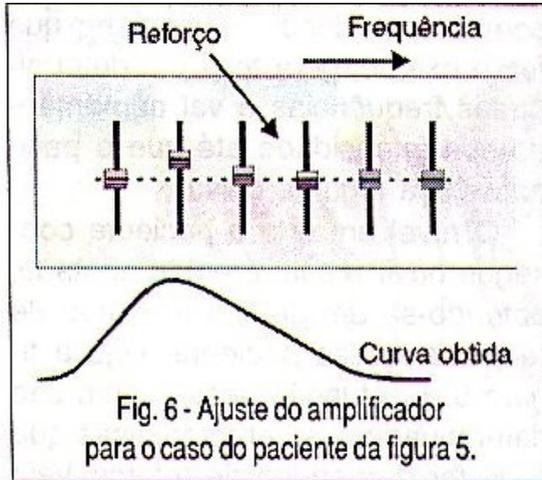
O nível em que o paciente consegue ouvir o som é então anotado, obtendo-se um gráfico da curva de resposta desse paciente, conforme mostra a figura 5.



Em função dessa curva é possível determinar então quais são as características que deve ter o aparelho de reforço.

Veja que se aumentarmos a intensidade de tons de frequências que o paciente ouve bem, isso não só pode ser desagradável como até pode causar problemas mais graves que seria a degradação da capacidade de ouvir aquelas frequências que eram normais. Assim, os aparelhos de surdez modernos possuem filtros equalizadores ajustáveis que permitem determinar a curva de resposta que eles vão ter conforme o exame feito no paciente.

No caso dado como exemplo, basta então reforçar aquelas frequências em que se constatou a perda de sensibilidade até o ponto em que elas possam levar a resposta final ao ponto desejado, que seria a curva de audição normal, conforme mostra a figura 6.



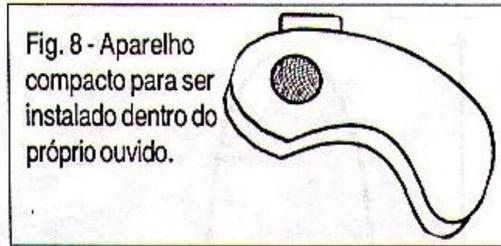
Veja então que o aparelho de surdez não é um simples amplificador, mas um amplificador com equalizador que deve ser ajustado conforme as necessidades específicas do paciente a partir de um exame.

AS TECNOLOGIAS

Os primeiros aparelhos de surdez eram unidades grandes transistorizadas que usavam pilhas comuns e aplicavam o som a um par de fones. O som ambiente era captado por meio de um microfone comum. Tais aparelhos eram carregados à tiracolo ou mesmo no bolso, conforme mostra a figura 7.



No entanto, com a evolução da eletrônica, desenvolvimento dos circuitos integrados e da tecnologia em montagem em superfície (SMT) os circuitos se tornaram suficientemente compactos para poderem caber dentro do próprio ouvido, conforme mostra a figura 8.



Tais circuitos poderiam ser alimentados por uma única pilha do tipo "botão" com uma autonomia típica de alguns dias.

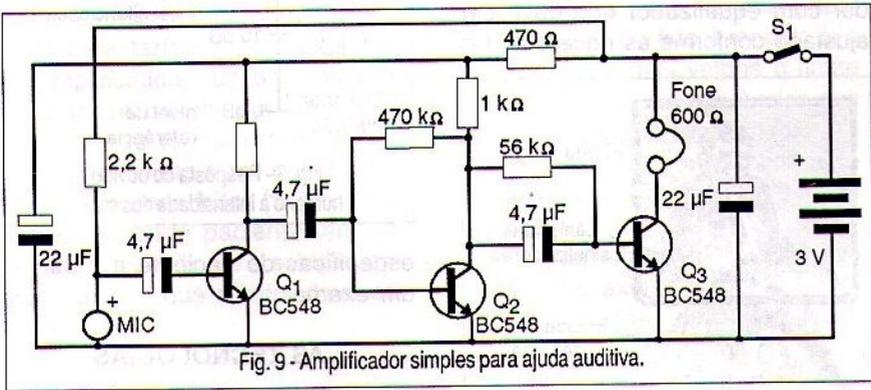
Os sons são captados por um minúsculo microfone colocado do lado externo do aparelho e o fone é posicionado do outro lado. No momento em que o dispositivo é encaixado no ouvido, cria-se uma barreira natural que impede a realimentação acústica responsável pela microfonia (um forte apito que ocorre quando o aparelho é retirado ligado, em alguns casos).

Evidentemente, um dos problemas atuais no nosso país para as pessoas que usam tais aparelhos é manter um bom estoque de baterias, pois elas nem sempre são fáceis de serem encontradas. Também deve ser levado seu custo que não é dos menores.

AJUDA AUDITIVA

Um tipo de aparelho mais simples que pode até ser usado em casos em que se constata uma degradação da audição em toda a faixa audível é o denominado amplificador de ajuda auditiva não sintonizado ou não equalizado.

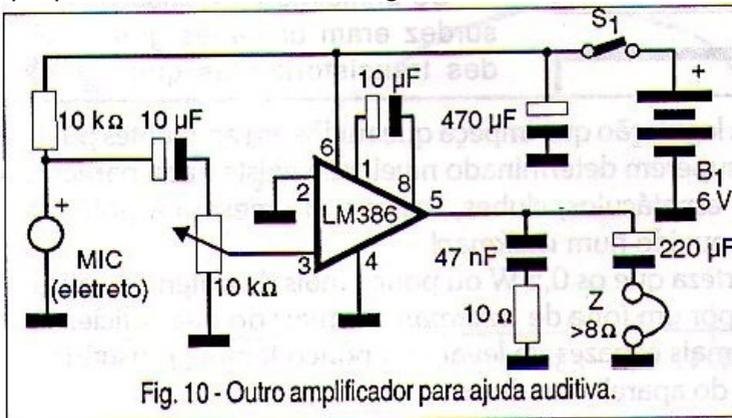
Neste caso, o que temos é um simples amplificador, como o de circuito mostrado na figura 9 e que amplifica da mesma maneira toda a faixa audível.



Este amplificador pode funcionar com uma ou duas pilhas comuns e tem um bom rendimento com fone de ouvido de baixa impedância do tipo usado em walkmans. O transformador deve ser obtido de algum rádio transistorizado fora de uso já que se trata de componente de difícil de obtenção atualmente. Os aparelhos que usam este tipo de componente não são mais fabricados.

O microfone é de eletreto e deve ser posicionado de modo a captar os sons ambientes.

Na figura 10 temos um outro circuito simples que usa 4 pilhas pequenas e um circuito integrado LM386.



Neste circuito não precisamos usar transformador de saída já que a saída é de baixa impedância. O fone deve ter de 4 a 16 ohms de impedância e o ganho depende do circuito de realimentação.

CONCLUSÃO

A adoção de um aparelho de surdez para uma pessoa não é algo que deva ser feito sem critério, conforme vimos. No entanto, aparelhos simples que possam ser adotados de forma controlada com pessoas que tenham uma deficiência geral são aceitos em alguns casos. De qualquer maneira, diante de um caso que exija uma ajuda, consulte antes um especialista para ver que tipo de dispositivo deve ser usado.

AS BATERIAS

Este artigo sobre baterias é de 1976. Ele trata basicamente das baterias da época em que maioria em uso nos carros era do tipo não selado. O artigo tem uma finalidade didática, se bem que no site possam ser encontradas versões mais atuais ainda em uso em carros comuns.

As baterias são o coração do sistema elétrico de seu automóvel, pois além de fornecer a energia necessária a sua partida, são responsáveis pela alimentação de todo o seu circuito, quando o dínamo não consegue suprir seu fornecimento. Manter a bateria em boas condições de funcionamento é de vital importância para o desempenho de seu carro.

Neste artigo, de modo bastante resumido, daremos algumas noções do princípio de funcionamento da bateria de seu carro, de modo que o leitor possa ter uma ideia do que ocorre com o coração do sistema, elétrico.

A base de uma bateria de automóvel é o acumulador ácido de chumbo. Uma bateria de automóvel, nada mais é do que uma associação de acumuladores de chumbo, ou células, cujo número depende da tensão que se deseja obter.

Um acumulador de chumbo é formado basicamente por duas chapas de chumbo imersas numa solução ácida (água e ácido sulfúrico), denominada solução eletrolítica (figura 1).

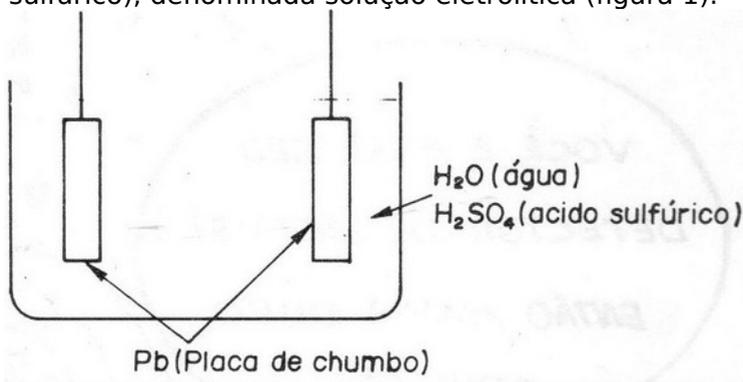


Figura 1

Nas condições iniciais, em que temos apenas duas placas de chumbo imersas na solução eletrolítica, o acumulador não pode fornecer nenhuma energia, pois as placas se encontram em igualdade de condições.

Entretanto, se ligarmos essas placas a um gerador externo (um dínamo, por exemplo), a partir do instante em que circular uma corrente por entre as placas tem início uma reação química, em que a proporção de ácido dissolvido na água se altera e, ao mesmo tempo, a constituição de uma das placas de chumbo, que se recobre de uma camada de dióxido de chumbo (PbO_2), que é a placa positiva (figura 2).

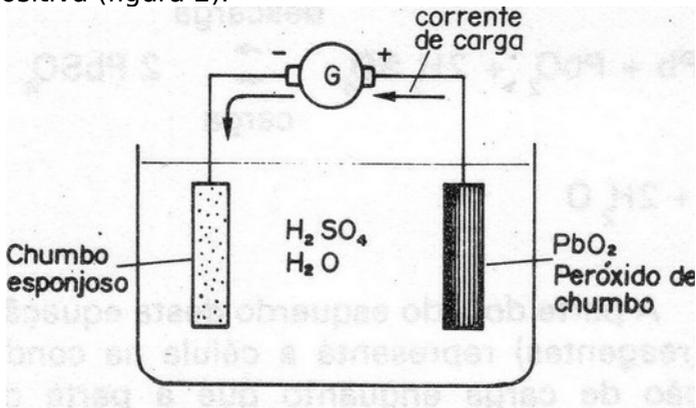


Figura 2

Depois de certo tempo, uma das placas se encontra completamente recoberta de dióxido de chumbo, a bateria é dita carregada, aparecendo uma tensão entre as placas, mesmo após a remoção do gerador externo.

O grau de acidez do eletrólito é de vital importância para o conhecimento do estado de carga de um acumulador. Esse grau de acidez é medido em termo de densidade específica, com um instrumento denominado densímetro, do qual falaremos mais adiante.

A densidade pode ser considerada como a relação existente entre a massa de um certo volume do eletrólito, e o mesmo volume de água pura (figura 3).

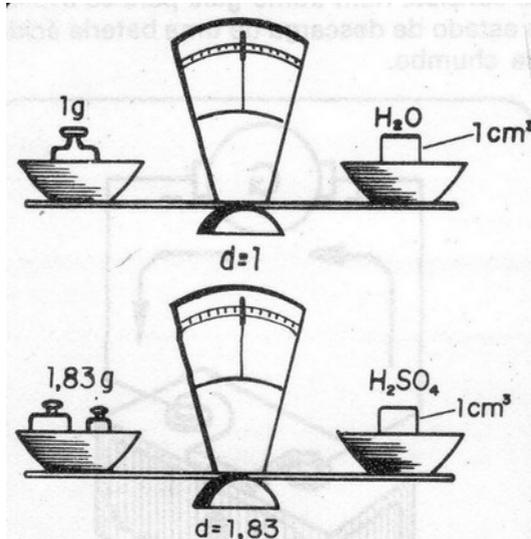


Figura 3

Assim, para o ácido sulfúrico concentrado, temos uma densidade de 1,83 ao mesmo tempo em que para a água pura, temos uma densidade de 1,00.

A medida que formos adicionando ácido na água, a densidade de solução cresce a partir de um valor mínimo de 1,00 (água pura) até um valor máximo, que tenderá a 1,83 quando tivermos uma quantidade muito grande de ácido para uma quantidade de água desprezível.

Quando uma bateria se encontra carregada, todo o ácido existente em seu interior se encontra dissolvido no eletrólito, quando então ele apresenta máxima densidade (figura 4).

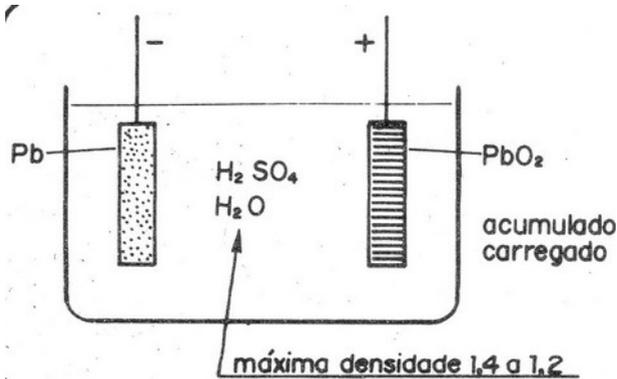


Figura 4

O material, das placas positiva e negativa, têm então propriedades semelhantes a uma esponja. Os poros desse material ficam então preenchidos com a solução da bateria na qual são imersos.

Quando a bateria sofre uma descarga, o ácido em contacto com as placas se separa do eletrólito, formando uma combinação ativa com os elementos dessas placas transformando-as em sulfato de chumbo.

À medida que a descarga se prolonga, mais ácido vai deixando a solução para se combinar com as placas tendo como consequência uma redução gradativa da densidade do eletrólito.

Com a bateria completamente descarregada, a densidade, do eletrólito é, portanto, mínima. Quando uma bateria é carregada, o processo inverso ocorre. O ácido existente no material sulfatado das placas é levado de volta ao eletrólito (figura 5) e durante esse processo a densidade do eletrólito torna-se progressivamente maior.

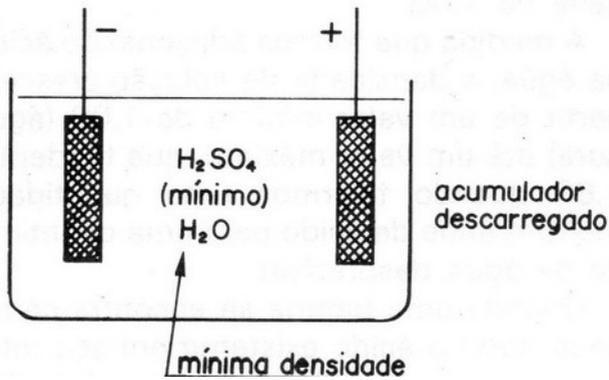


Figura 5

Quando completamente carregada, o material da placa positiva volta a ser dióxido de chumbo, ao mesmo tempo em que o material da placa negativa volta ser chumbo puro.

Podemos obter energia elétrica da célula assim formada quando o eletrólito reage com material das placas, o que quer dizer que a célula se comporta como um reservatório de energia.

A energia é obtida quando as placas reagem com o eletrólito. Como uma molécula de ácido sulfúrico se dissocia na solução, parte dela se combina com o chumbo esponjoso existente na placa negativa, o que a torna, portanto, negativa, ao mesmo tempo em que se forma o sulfato de chumbo.

A outra parte da molécula, tendo elétrons em falta consiste num íon positivo (cátion). O íon positivo imigra para o eletrodo oposto (placa de dióxido de chumbo) retirando elétrons dessa placa de modo a ocorrer uma neutralização, quando então se forma água pura, e ao mesmo tempo a placa de dióxido de chumbo se torna positiva, pela retirada de seus elétrons (figura 6). Novamente o sulfato de chumbo é formado nesse processo.

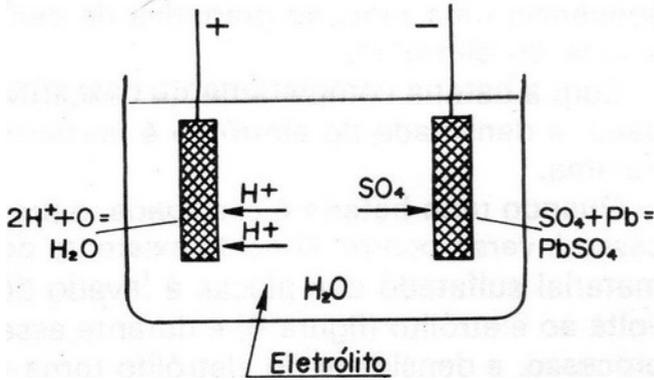
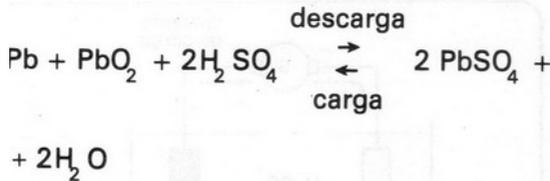


Figura 6



A parte do lado esquerdo desta equação (reagentes) representa a célula na condição de carga ao mesmo tempo em que a parte da direita (produto da reação) representa a condição da bateria descarregada.

Na condição de plena carga, a placa positiva contém somente dióxido de chumbo (PbO_2) enquanto a placa negativa é constituída de chumbo esponjoso (Pb) e a solução contém ácido sulfúrico (H_2SO_4). Na condição de descarga, ambas contêm sulfato de chumbo, e a solução contém a menor proporção de água.

Se a descarga se prolongar, o ácido existente na solução se reduz a um valor mínimo até que a corrente fornecida ao circuito externo não mais pode ser mantida. Neste ponto, dizemos que a bateria se encontra completamente descarregada.

Como a quantidade de ácido sulfúrico que se combina com as placas está em proporção direta com a corrente consumida (ampère-hora), a densidade do eletrólito consiste num ótimo guia para se avaliar o estado de descarga de uma bateria ácida de chumbo.

Se o acumulador estiver conectado a uma fonte externa que o carregue, como por exemplo, no caso dos automóveis, o

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

dínamo, (sua tensão deve ser ligeiramente maior que a do acumulador de modo a forçar sua carga), a corrente fluirá pelo acumulador no sentido oposto ao da descarga e as células de direção "em carga".

O efeito dessa corrente será uma mudança na constituição do eletrólito (densidade) assim como das placas, fazendo-se retornar à situação existente quando em plena carga (figura 7).

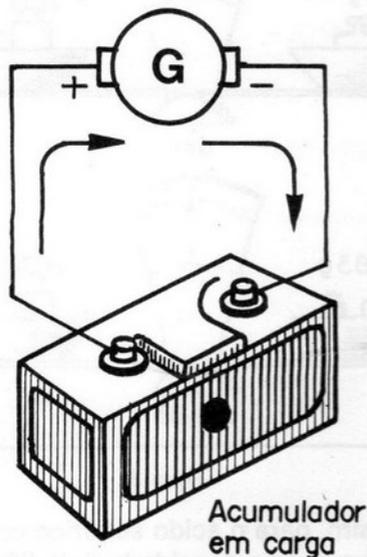


Figura 7

Devemos neste ponto observar que a adição de água ou ácido sulfúrico a uma bateria não provoca sua recarga. Adicionando-se ácido o que se faz é aumentar a densidade do eletrólito, tendo como resultado a obtenção de um valor próximo ao existente quando da carga completa.

A bateria deve ser recarregada por meio de uma fonte externa.

Também devemos observar que não se deve acrescentar água da chuva a bateria, pois ao contrário do que se pensa, essa água não é pura (destilada),

Na atmosfera poluída e cheia de partículas em suspensão em torno das quais a água se condensa, também existem outras impurezas, em suspensão as quais se dissolvem nas gotas de água da chuva e, portanto, a torna impura.

Essas substâncias podem reagir com as placas da bateria ou com o ácido, prejudicando o funcionamento da bateria e até mesmo reduzindo consideravelmente sua durabilidade.

A CARGA E A DESCARGA

Quando em funcionamento regular num veículo, a bateria se carrega e descarrega com certa regularidade, devendo exercer a função de suprir energia ao circuito elétrico (lâmpadas, sistemas de ignição, buzina, rádio, etc.) quando o dínamo não pode fazer isso por se encontrar em baixa rotação, e devendo receber energia do dínamo a qual acumula quando a rotação do motor é suficientemente elevada para que este possa fornecer energia ao sistema elétrico do veículo e ainda sobrar um pouco para ser armazenada.

Obs. Nos carros modernos, em que lugar do dínamo é usado o alternador, este problema não existe.

Um monitor desse processo de carga e descarga de vital importância que deve ser sempre observado no painel do carro é a lâmpada de alerta (vermelha) ou o amperímetro.

No caso da lâmpada vermelha, esta normalmente permanece acesa quando o veículo se encontra em marcha lenta, condição em que a bateria fornece energia ao circuito e, portanto, se descarrega.

Quando o veículo acelera, a lâmpada vermelha deve apagar, indicando que a corrente fluído dínamo para a bateria e, portanto, ela encontra-se na condição de recarga. (figura 8).

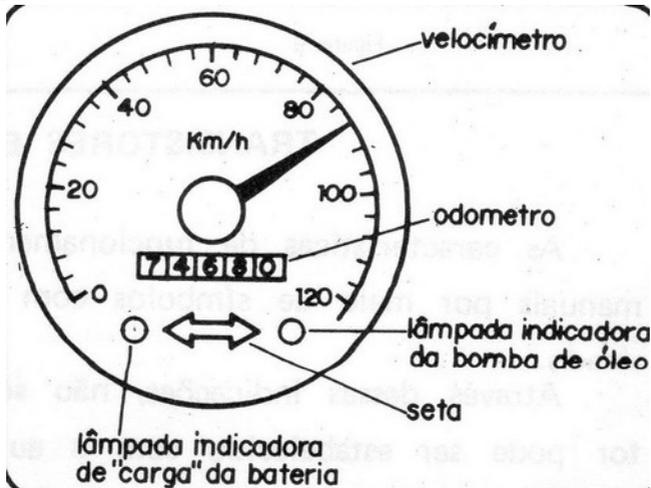


Figura 8

A DENSIDADE E O DENSÍMETRO

Conforme dissemos, a relação existente entre a massa de um determinado volume de eletrólito e a massa do mesmo volume de água pura nos dá o que denominamos de densidade.

Para o caso de água pura essa densidade é de 1,00 e para o ácido sulfúrico concentrado 1,83. Isso quer dizer que a densidade de uma solução eletrolítica como a usada em bateria deve oscilar entre 1,00 e 1,83.

Evidentemente condições extremas nunca podem ser obtidas pois indicam invariavelmente uma bateria fora de condições de uso. Normalmente, uma bateria carregada, fora de uso, apresenta uma densidade de solução de 1,26 a 1,28.

Para medir a densidade do eletrólito de uma bateria utiliza-se um instrumento denominado densímetro (figura 9).

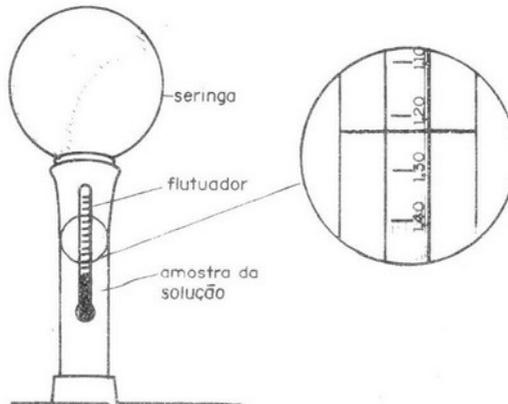


Figura 9

Esse instrumento consiste numa seringa de borracha com um tubo de vidro onde, por sucção, pode ser recolhida uma amostra da solução da bateria em análise.

Nesse tubo de vidro existe um "mergulhador" que flutua no eletrólito com uma parte imersa que depende justamente da densidade da solução. Na linha em que ele flutua podemos ler diretamente por meio de uma graduação a densidade da solução.

Uma bateria completamente descarregada tem uma densidade de 1,11 a 1,13. Nunca se deve deixar a bateria descarregar-se até uma densidade abaixo desse valor.

Observação: os densímetros devem ser sempre lavados após cada leitura de modo que os resíduos de solução de uma medida não afetem a medida posterior.

COMO FUNCIONAM OS TECLADOS DIGITAIS

Existem muitos projetos digitais que envolvem o uso de teclados para entradas de dados, programações ou outras funções equivalentes. A obtenção de muitos desses teclados no comércio não é difícil, e existe mesmo a possibilidade de se fazer o aproveitamento de telefones fora de uso ou calculadoras. No entanto, nem todos os teclados são iguais quanto à disposição e ligação das teclas, o que significa que nem sempre podemos aproveitar qualquer teclado para um projeto. Como reconhecer os diversos tipos de teclados e fazer sua escolha para um projeto é o que veremos neste artigo, em que daremos também circuitos de decodificação. Newton C. Braga

A entrada de dados num circuito digital pode ser feita através de interruptores de pressão simples, que são dispostos normalmente na forma de um teclado.

É o que ocorre com uma calculadora, um telefone e muitos outros dispositivos eletrônicos. Na eletrônica digital o uso destes teclados torna-se cada vez mais frequente, como visto em alguns projetos que nós mesmos publicamos, tais como a chave de código e o alarme para auto e outros.

No entanto, o que muitos leitores talvez não saibam é que muitos teclados não se constituem simplesmente num conjunto de interruptores de pressão, mas sim numa configuração adicional que já prevê certa disposição para suas ligações em função do tipo de circuito em que devem operar.

Assim, um teclado em que tenhamos uma disposição matricial não serve para as mesmas finalidades de um teclado digital. Como reconhecer os diversos tipos de teclados e como usá-los é o que veremos a seguir.

TIPOS DE TECLADOS

O tipo mais simples de teclado que podemos elaborar é aquele em que temos acesso a cada tecla de modo independente, eventualmente apenas com um ponto comum de terra, conforme mostra a figura 1.

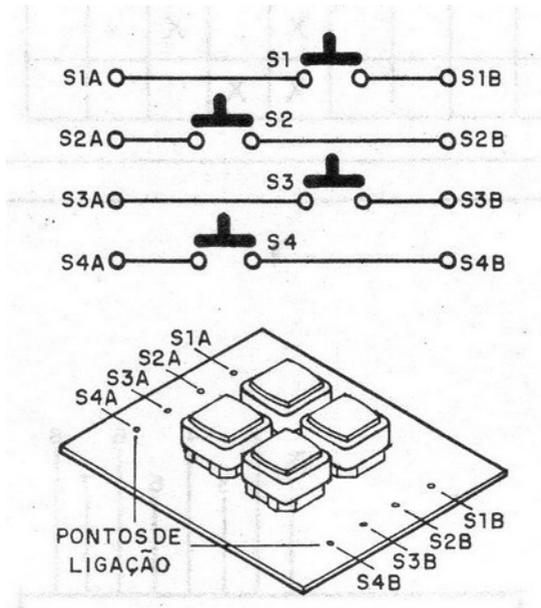


Figura 1 – Teclas independentes

Um teclado deste tipo pode ter 4, 9, 12 ou mesmo 16 teclas. Numa montagem simples podemos até improvisar este teclado com interruptores de pressão.

Podemos também usar teclas isoladas, que são vendidas em casas, especializadas, para fixá-las numa placa de circuito impresso previamente projetada para ter o teclado da forma exigida pelo projeto.

É evidente que, num projeto que use este tipo de ligação, o número de ligações a partir do teclado aumenta na mesma proporção que o número de teclas. Assim, uma primeira possibilidade para reduzir o número de ligações é fazer com que todas as teclas tenham apenas um polo de acesso. O outro será comum (figura 2).

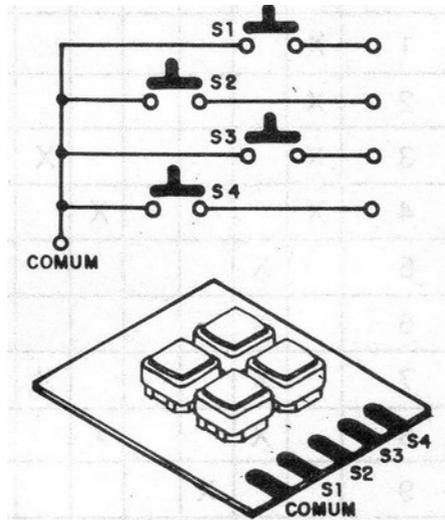
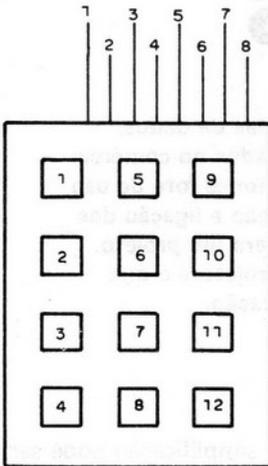


Figura 2 – Teclado com ponto comum

Este é o tipo de teclado chamado de teclas independentes, que facilmente pode ser identificado pela simples observação das ligações por baixo de sua placa de circuito impresso. Com a finalidade de reduzir ainda mais o número de ligações externas podemos elaborar teclados com uma disposição diferente.

Estes teclados fazem a ligação cruzada entre trilhas ou pontos formando assim uma matriz. Nesta matriz, para cada tecla acionada temos dois enlces, o que simplifica bastante a realização do projeto e reduz o número de ligações.

A simplificação pode ser dada pelo fato de que em um teclado de 16 teclas precisamos apenas de 8 fios de saída. Na figura 3 temos um exemplo de teclado de 12 teclas com a sua respectiva tabela de enlces.



3

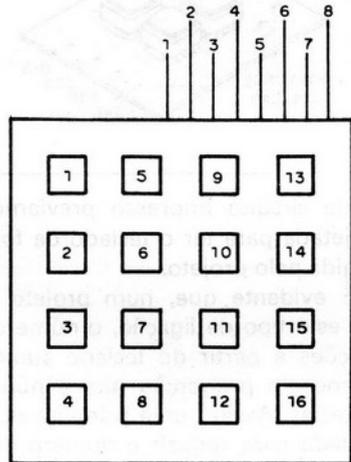
Tecla	Enlaces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1		X						X
2		X					X	
3		X				X		
4		X			X			
5			X					X
6			X				X	
7			X			X		
8			X		X			
9				X				X
10				X			X	
11				X		X		
12				X	X			

Figura 3 – Teclado de 12 teclas

Veja que, com este tipo de ligação ainda podemos utilizar mais teclas sem esgotar as combinações possíveis.

É o que ocorre com o teclado de 16 teclas, cujo aspecto e ligações são mostrados na figura 4.

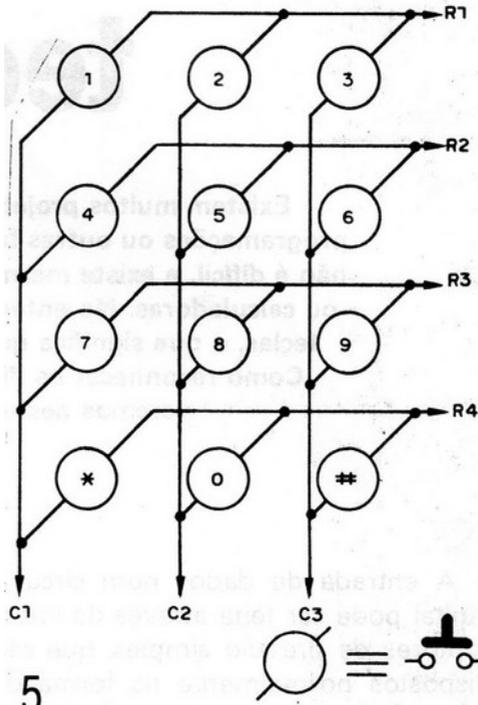
Tecla	Enlaces							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	X							X
2	X						X	
3	X					X		
4	X				X			
5		X						X
6		X					X	
7		X				X		
8		X			X			
9			X					X
10			X				X	
11			X			X		
12			X		X			
13				X				X
14				X			X	
15				X		X		
16				X	X			



4

Figura 4 – Teclado de 16 teclas

Na figura 5 temos um teclado do tipo SPST (matriz XY 3 x 4), que é utilizado em telefonia.



5

Figura 5 – Teclado 3 x 4 para telefonia

Outro tipo de teclado para telefone de teclas é mestrado na figura 6.

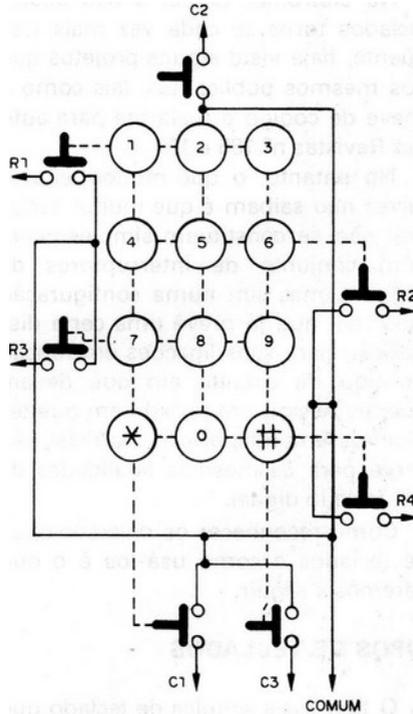


Figura 6 – Outro teclado para telefonia

Para estes dois últimos teclados, cuja utilização é basicamente reservada a discagem telefônica, existem circuitos integrados especiais de decodificação a partir dos quais já se obtém os pulsos ou os tons aplicados ao circuito de transmissão ou processamento.

Para os demais teclados, entretanto, dependendo da aplicação precisamos utilizar circuitos decodificadores.

DECODIFICADORES

Um dos problemas de um teclado em qualquer aplicação que não envolva o emprego de circuitos especiais é o chamado "repique" (bouncing).

Quando se estabelece um contato elétrico por meio de um interruptor (de pressão, por exemplo) como uma tecla, não obtemos uma transição pura do nível lógico 0 para o nível 1, ou

seja, com o aparecimento imediato de uma tensão na saída onde havia 0.

As características mecânicas do contato fazem com que certo número de oscilações ocorra antes que a saída se estabilize num determinado nível de tensão, conforme mostra a figura 7.

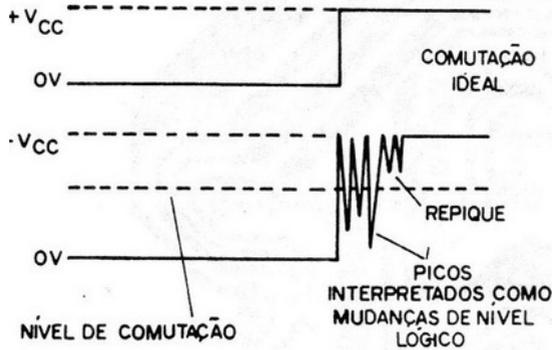


Figura 7 – O repique

Estas oscilações ou repiques podem ser interpretados pelo circuito lógico de entrada como mais de um pulso ou mais de um toque, conforme sugere a mesma figura, levando o conjunto a um funcionamento errôneo.

A utilização de circuitos especiais anti-repique (debouncing) é um fato importante em muitos projetos, conforme mostra a figura 8.

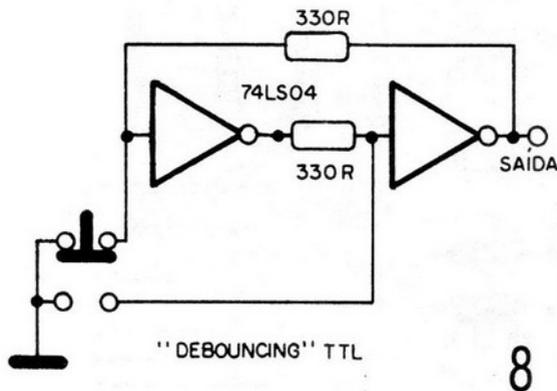


Figura 8 – Circuito anti-repique

8

Estes circuitos lógicos podem ajudar na obtenção de um sinal puro para o circuito final, que desse modo não estará mais sujeito a "erros de interpretação". Como se necessita deste tipo de circuito em muitas aplicações, a elaboração conjunta de decodificadores pode até ficar facilitada.

Na figura 9 temos dois circuitos básicos para a decodificação de teclados.

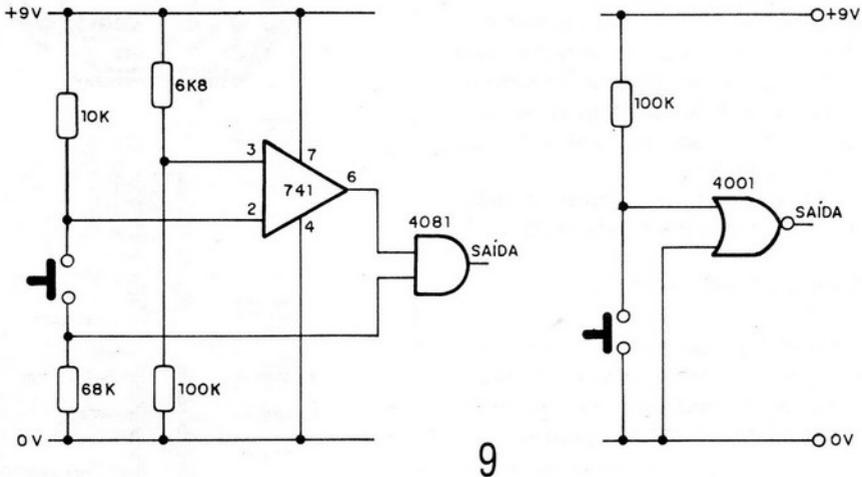


Figura 9 – Decodificador de teclado básico

A partir destes diagramas podemos fazer circuitos específicos como os sugeridos a seguir pela Mecanorma (O artigo é de 1988. Esta empresa não mais existe), que fabrica teclados matriciais de diversos tipos.

O primeiro deles é para um teclado de 4 teclas e é mostrado na figura 10.

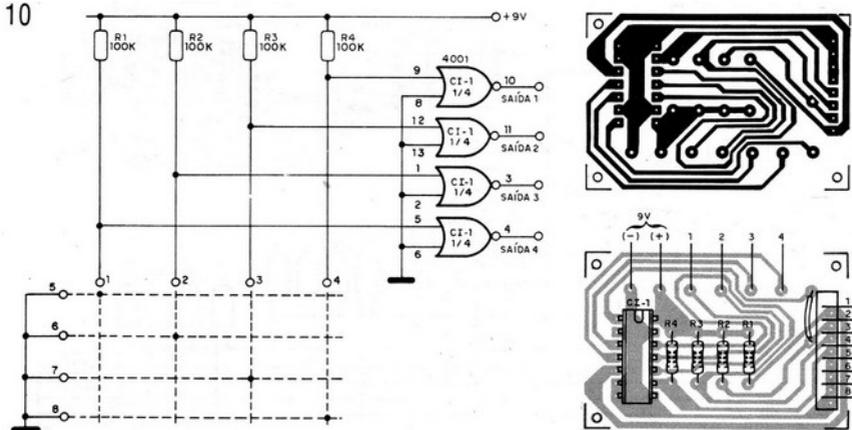


Figura 10 – Decodificador para 4 teclas

Os resistores são de 100 k e o circuito integrado é um CMOS do tipo 4001, formado por 4 portas NOR de duas entradas. Este circuito pode ser facilmente implementado numa plaquinha de circuito impresso que é dada junto ao diagrama.

A Mecanorma sugere a utilização deste circuito com seu teclado flexível de 4 teclas 2197000. Este teclado tem uma resistência da ordem de 1500 por tecla e pode operar com tensões de alimentação de até 30 V sob corrente de até 50 mA. Para o teclado de 12 teclas temos o circuito da figura 11.

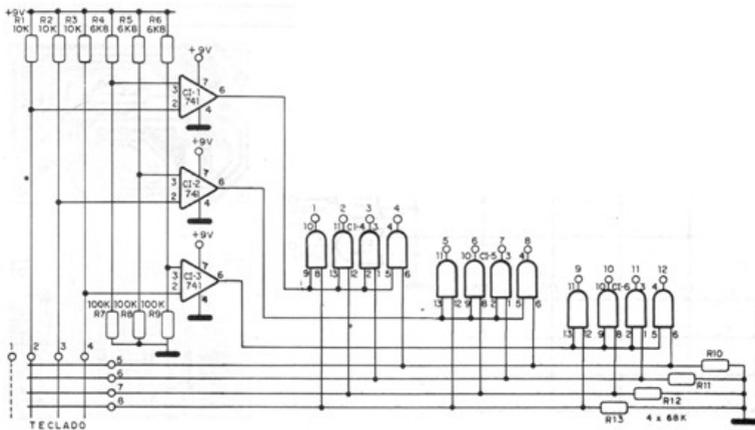
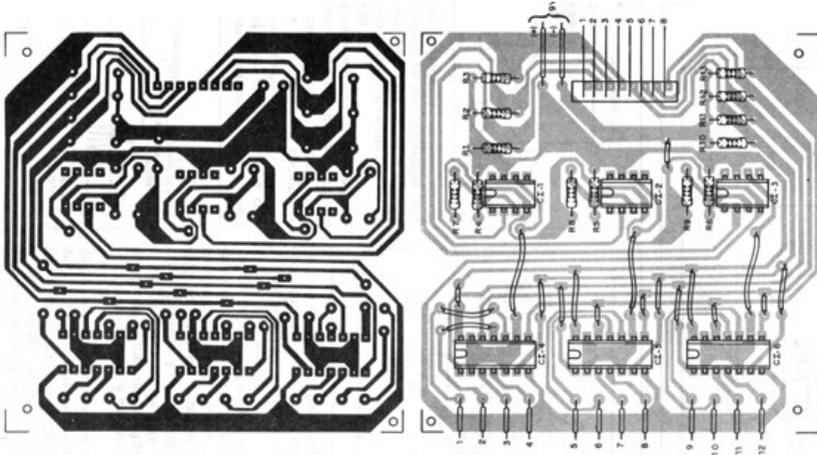


Figura 11 – Circuito para teclado de 12 teclas

Os resistores são todos de 1/8 W e são empregados 6 integrados.

Temos três amplificadores operacionais do tipo 741 e três integrados CMOS do tipo 4081 formados por 4 portas AND de duas entradas. Este circuito fornece um nível alto na saída de cada uma das 12 portas quando a tecla correspondente é pressionada.

A sua alimentação deve ser feita com tensões de 5 a 15 V.

Os circuitos apresentados até agora possuem vantagens muito importantes em relação a quaisquer outros ou mesmo o uso direto.

A primeira vantagem é o comportamento anti-repique que leva a saída a uma transição rápida e única quando a tecla correspondente é pressionada.

A segunda característica, e esta é muito importante, é de que podem ser pressionadas simultaneamente até 3 teclas que ainda assim teremos as três saídas correspondentes no nível alto.

Finalmente, temos um circuito decodificador para teclado de 16 teclas tipo matricial como o Mecanorma 2197200 (figura 12).

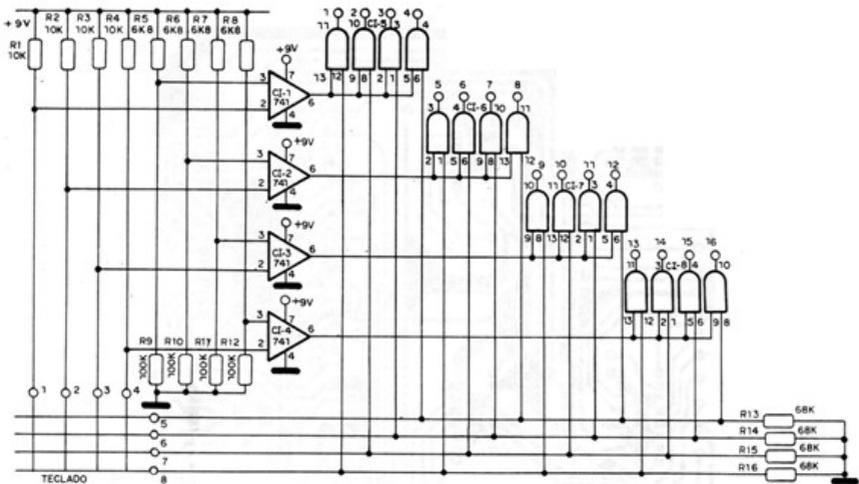


Figura 12 – Teclado de 16 teclas

Os resistores usados são todos de 1/8 W e são empregados 8 circuitos integrados. Quatro dos integrados são amplificadores operacionais do tipo 741.

Os demais integrados são CMOS do tipo 4081 formados cada um por quatro portas AND de duas entradas. Veja que em qualquer um dos quatro circuitos a conexão ao teclado se faz por cabo flexível chato de 8 condutores, e as saídas dependem do número de teclas.

A alimentação do circuito de 16 teclas é feita com uma tensão de 9 V.

ASPECTOS MECÂNICOS

O tipo mais simples de teclado é o constituído por interruptores de pressão ou teclas isoladas, cuja estrutura mecânica é mostrada na figura 13.

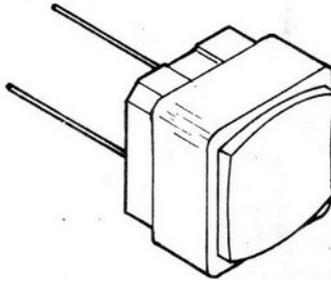


Figura 13 – Tecla simples

Uma desvantagem deste tipo de tecla é seu custo relativamente alto, pois para um teclado devemos adquirir diversas unidades. Os teclados de telefone e de calculadoras possuem uma estrutura conforme a mostrada na figura 14.

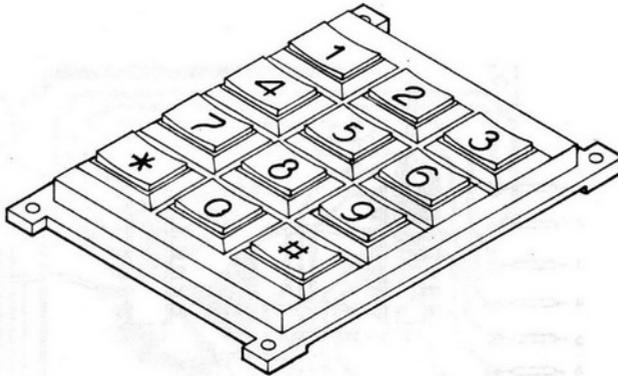


Figura 14 – Teclado comum

As teclas atuam sobre pequenas esponjas condutoras que interligam por pressão os pontos de uma placa de circuito impresso. Para evitar que a oxidação das trilhas prejudique os contatos, elas são prateadas nesses pontos.

Este tipo de teclado, além de ter um custo bastante baixo, tem ainda a vantagem de apresentar uma boa robustez, durabilidade e além de tudo uma excelente aparência.

Na figura 15 temos um teclado flexível.

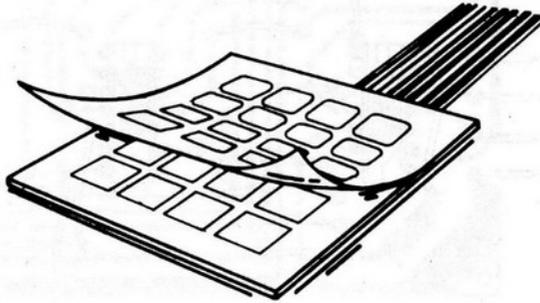


Figura 15 – Teclado flexível

Este teclado tem uma espessura muito pequena, pois é formado totalmente por painéis flexíveis superpostos. Os próprios condutores de saída são formados por finíssima camada de material condutor depositado por eletrólise numa lâmina de poliéster.

Estes teclados podem operar com tensões de até 30 V e correntes de 50 mA.

A sua resistência na condição de fechado é de 150 ohms ou pouco mais e na condição aberto é de 50M ohms. O fabricante garante uma durabilidade superior a 1 000 000 de operações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que vimos, os leitores já poderão projetar seus equipamentos com teclados com mais facilidade. Damos na figura 16 dois circuitos para ativação de relés e triacs a partir dos decodificadores.

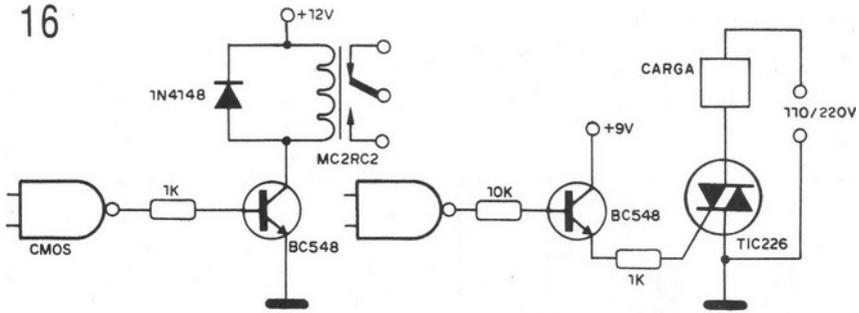


Figura 16 – Circuitos para relés

Estes circuitos se destinam ao acionamento de cargas maiores ou mesmo o controle direto do teclado sobre circuitos de potência.

Se você tem um teclado aproveitado de telefone ou calculadora ou ainda deseja entrar numa linha de projetos um pouco diferente, eis aqui os elementos que o ajudarão a chegar lá.

Nota: Atualmente contamos com as telas de toque (touch screens) que habilitam o acionamento capacitivo pelo toque dos dedos, como fazemos com os telefones celulares. Kits ou placas de desenvolvimento possibilitam o desenvolvimento de projetos com estes tipos de teclados usando microcontroladores.

COMO FUNCIONAM OS SENSORES DE OXIGÊNIO

Os sensores de oxigênio encontram uma vasta gama de utilizações tanto doméstica (detectores de vazamento de gás), industrial como automotiva. Veja neste artigo como funcionam e como são usados estes sensores.

O oxigênio (O_2) é um gás comburente, ou seja, é a reação que ocorre entre este gás e outros materiais que provoca o que denominamos combustão ou queima. Não existe combustão na ausência de oxigênio e uma alteração na sua concentração num ambiente pode indicar vazamentos de gás.

Como detectar as variações de concentração de oxigênio num ambiente é um problema cuja solução pode levar a diversos equipamentos eletrônicos de grande utilidade.

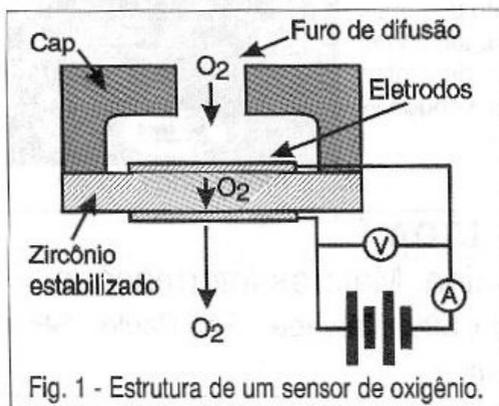
Podemos citar, por exemplo, os detectores de vazamento de gás de uso doméstico que se baseiam na mudança da concentração do oxigênio pela presença do gás combustível. Podemos citar as denominadas "sondas lambda" usadas nas saídas dos motores de automóveis que verificam se todo o combustível foi queimado e se é preciso aumentar ou diminuir a presença deste gás na mistura.

Em escala industrial estes equipamentos podem ser usados para detectar a presença de oxigênio em ambientes em que ele não pode estar presente.

Existem vários tipos de sensores de oxigênio envolvendo técnicas químicas como células galvânicas e dispositivos semicondutores. O tipo mais comum é o de Óxido de Zircônio que é justamente o que vamos analisar neste artigo.

SENSORES DE ZIRCÔNIO

Na figura 1 temos uma vista em corte de um sensor cerâmico de zircônio (óxido de zircônio) a partir do qual analisamos seu princípio de funcionamento.



Entre dois eletrodos porosos (para dar passagem ao ar ambiente) existe um disco de óxido de zircônio. Este material tem propriedades semicondutoras onde os portadores de carga que estabelecem a corrente são íons de oxigênio.

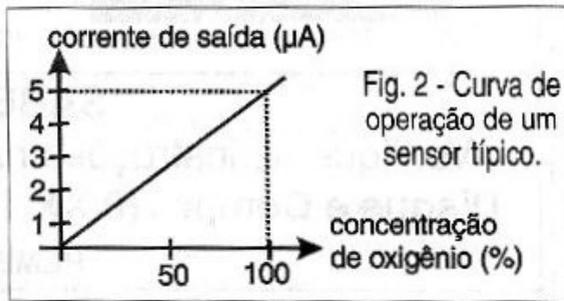
Assim, se estabelecermos uma tensão entre os eletrodos a corrente que vai circular depende justamente da concentração de íons de oxigênio que existe no material. Esta corrente é extremamente baixa, da ordem de 5 μA exigindo circuitos amplificadores apropriados.

As propriedades semicondutoras do zircônio, entretanto só se manifestam a uma temperatura muito alta, da ordem de 400 graus centígrados. Para o caso dos sensores de oxigênio usados em carros, como o gás já sai aquecido do motor o sensor pode ser usado diretamente da maneira indicada.

No entanto, para o caso de uma medida da concentração de oxigênio do ar ambiente ou de um local em que ele se encontre em baixa temperatura, o sensor precisa ser aquecido. Isso normalmente é feito por um elemento adicional que é encontrado nestes sensores e que serve como elemento de aquecimento.

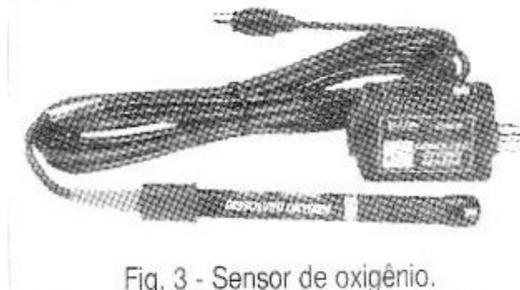
O elemento de aquecimento é um fio de platina que é percorrida por uma corrente algo intensa que o aquece até a temperatura de operação do sensor.

Na figura 2 temos uma curva de operação deste tipo de sensor mostrando de que forma a corrente depende da concentração de oxigênio.



Os tipos comerciais comuns como os da Fujikura, Pasco, Electrovac e outros (cujas páginas com informações podem ser acessadas pela Internet) podem detectar concentrações de oxigênio na faixa de 0 a 98% com boa precisão chegando a 1000 ppm conforme o tipo.

Na figura 3 temos fotos de alguns tipos de sensores de oxigênio comerciais das empresas citadas acima.



CIRCUITOS TÍPICOS

Um circuito típico de sensor de oxigênio para uso ambiente (gás em temperatura ambiente) tem a configuração em blocos mostrada na figura 4.

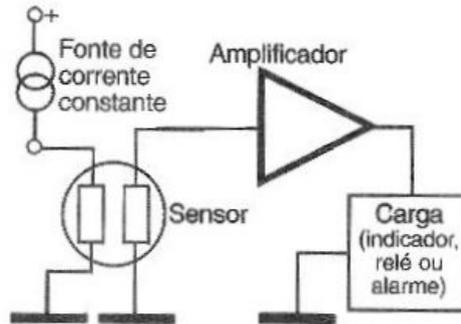


Fig. 4 - Diagrama de blocos de um circuito que usa um sensor de oxigênio.

Um circuito de aquecimento mantém a temperatura do sensor em aproximadamente 400 graus para que ele possa funcionar. O ideal para as aplicações em que se exige mais precisão é usar neste circuito uma fonte de corrente constante. Nas aplicações menos críticas como simples alarmes de vazamento ou de presença de oxigênio uma fonte comum pode ser usada.

Os eletrodos são polarizados por uma baixa tensão aparecendo sobre um circuito externo uma corrente ou uma tensão proporcional à concentração de oxigênio. Uma etapa amplificadora, normalmente usando um amplificador operacional aparece então para aumentar o sinal da saída do sensor.

Este sinal pode então ser aplicado a um indicador numérico ou então um relé ou circuito que dispara um sistema de aviso. O circuito de aviso pode ser ajustado para que com disparo ocorra com determinada concentração de gás.

CIRCUITO PRÁTICO

Na figura 5 temos um circuito bastante simples de alarme de gás que utiliza o sensor TGS308.

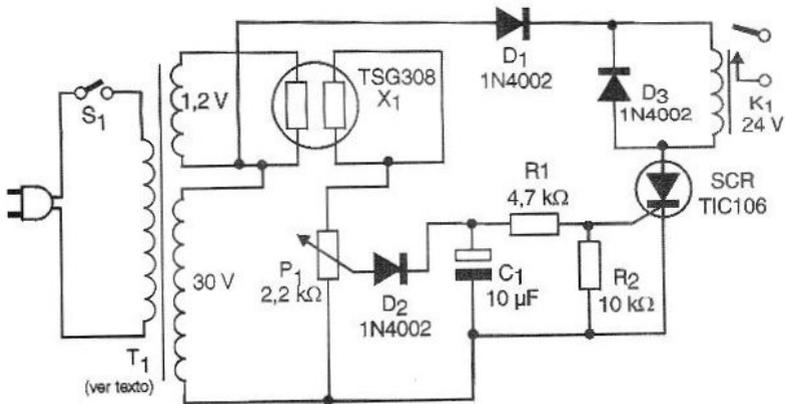


Fig. 5 - Um alarme de gás.

O circuito aciona um relé de 24 V quando a concentração de oxigênio supera um determinado valor. Outros sensores equivalentes podem ser usados nesta mesma configuração devendo apenas o leitor verificar qual é a tensão de aquecimento.

Neste circuito o elemento de aquecimento é ligado ao enrolamento de 1,2 V de um transformador especial. O ponto de ajuste do disparo é obtido pelo trimpot de 2,2 k ohms. Esta tensão será da ordem de 20 V para uma concentração de gás mais alta. Na figura 6 temos uma sugestão de placa de circuito impresso para este alarme.

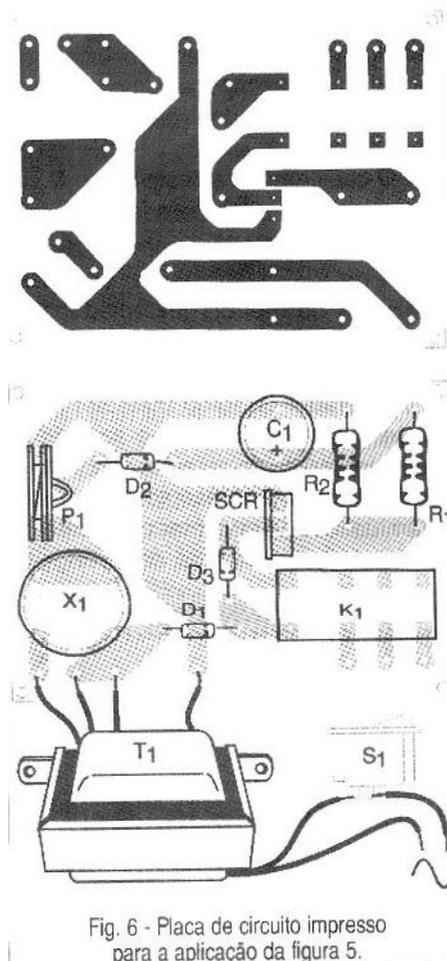


Fig. 6 - Placa de circuito impresso para a aplicação da figura 5.

O SCR não precisa ser montado em radiador de calor e a corrente do secundário do transformador é de 50 mA para o enrolamento de 30 V e 500 mA para o enrolamento de 1,2 V.

Observamos que este circuito, por ser simples, não tem retardo de acionamento podendo disparar ao ser ligado. Se isso ocorrer um capacitor de 470 uF deve ser ligado depois do diodo em série com o relé e um resistor de 100 ohms associado em série com o diodo.

LISTA DE MATERIAL**Semicondutores:**

SCR - TIC106 ou MCR106 - diodo controlado de silício

D1, D2 - 1N4002 - diodos retificadores

Resistores: (1/8 W, 5%)

R1 - 4,7 k ohms

R2 - 10 k ohms

P1 - 2,2 k ohms - trimpot

Capacitores:

C1 - 10 uF/30 V - eletrolítico

K1 - relé de 24 V

T1 - Transformador com primário de acordo com a rede local e secundários de 1,2 V x 500 mA e 30 V x 50 mA.

Nota: o artigo é de 2000. Diversas tecnologias foram desenvolvidas desde então levando a dispositivo de vários tipos para a detecção de gases.

CONHEÇA OS CTAS

Os CTAs ou Charge Transfer Amplifiers não são componentes muito novos, existindo desde 1973, no entanto, as exigências de baixo consumo dos circuitos alimentados por baterias, principalmente os usados em telecomunicações, abriram numa nova gama de aplicações para esses componentes. Novas gerações de CTAs apareceram e com elas um novo recurso para os projetistas de equipamentos que antes, se baseavam em amplificadores operacionais comuns. Veja neste artigo o que são os CTAs e as suas novas gerações.

Nota: o artigo é de 2004

Os equipamentos alimentados por bateria, principalmente os usados em telecomunicações, aquisição de dados e outros exigem circuitos que tenham consumo muito baixo. Os conversores A/D usados em tais aplicações já podem ser elaborados usando tecnologias de baixo consumo, no entanto, esses elementos dos circuitos devem ser excitados por amplificadores operacionais.

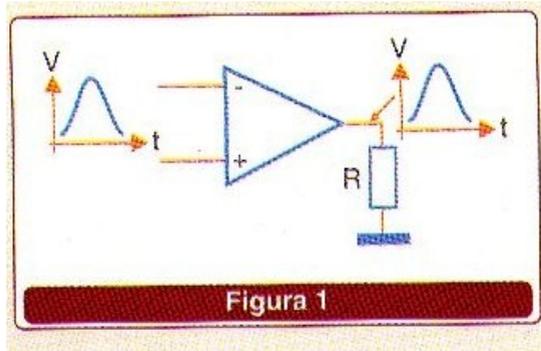
Uma solução para a excitação desses estágios com um consumo muito baixo está no uso dos CTAs ou Charge Transfer Amplifiers. Hoje, os circuitos que empregam esta tecnologia estão se tornando comum e novos conceitos na elaboração dos CTAs devem melhorar ainda mais sua performance.

Os CTAs atuais são menores, mais precisos, não consomem quase energia e dissipam uma potência extremamente baixa, quando comparados aos amplificadores operacionais comuns.

O QUE É UM CTA

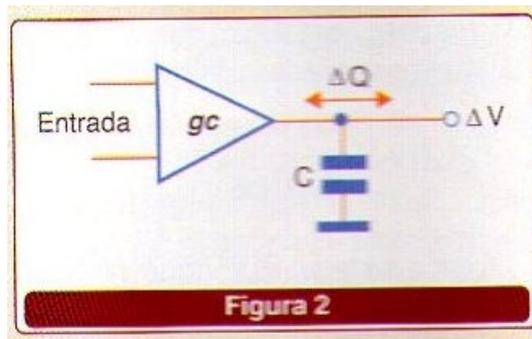
Quando se analisar um amplificador comum, a característica principal que é levada em conta é a sua transcondutância. Esta característica associa uma variação da corrente de saída a uma variação da tensão de entrada. Se, num amplificador comum a carga for resistiva, conforme mostra a

figura1, uma variação da tensão de entrada provoca uma variação correspondente da tensão sobre o resistor ou da tensão de saída.



Nos CTAs, entretanto, utiliza-se o termo inglês “transconveyance”, que pode ser traduzido como “transcondução” ou “transveiculação”, já que ainda não existe um termo apropriado em nosso idioma.

Essa característica é definida para um amplificador que tenha como carga de saída um capacitor, conforme mostra a figura 2.



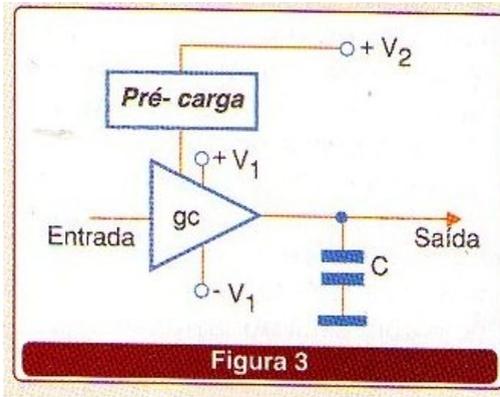
Neste caso, as variações da tensão entrada se traduzem em variações da carga de um capacitor. Como a carga de um capacitor é dada por $Q = CV$ e C , a capacitância do capacitor de saída é fixa, essas variações da tensão de entrada se traduzem em variações da tensão nas armaduras do capacitor.

Como esses circuitos trabalham com cargas e não correntes, eles podem ser muito mais eficientes que os

amplificadores comuns. Evidentemente, eles precisam de um circuito mais preciso e também precisam de um clock.

Além de um clock, os CTAs precisam ainda de um capacitor de saída que tipicamente tem valores entre 0,6 e 1 pF, o que para aplicações comuns é considerado um valor elevado, principalmente quando se trabalha com um conversor A/D. Os conversores A/D precisam de baixas capacitâncias de entrada devido ao tempo necessário à estabilização.

Um outro problema para os CTAs está na necessidade de se usar três tensões de alimentação, ou seja, uma terceira tensão separada além da tensão positiva e negativa exigidas para um amplificador operacional comum. Esta terceira tensão é chamada de “pre-charge voltage” ou “tensão pré-carga”, e tem por finalidade proporcionar uma polarização dinâmica, conforme mostra a figura 3.



Esta tensão exige que o chip do amplificador tenha uma etapa de referência de tensão interna adicional, o que implica em dissipação de potência e aumento do tamanho do componente.

Ainda deve ser considerado que os CTAs possuem uma tensão de offset imprevisível relativamente alta, da ordem de 15 mV ou mais, já que é difícil controlar as correntes parasitas, a injeção de corrente num capacitor além de outros problemas comuns quando se tem uma carga capacitiva.

Todos esses fatores fazem com que ainda existam algumas dificuldades que impedem a utilização dos CTAs em aplicações comuns.

FUTURAS TECNOLOGIAS

Atualmente estão sendo desenvolvidas novas tecnologias que visam evitar os problemas comuns a estes tipos de amplificadores, preservando, entretanto, as suas características mais importantes. As novas gerações de CTAs devem alcançar velocidades que permitam trabalhar com dados de 10 bits e uma precisão que se estende a faixas de amostragens de 100 Hz a 50 MHz.

As tensões de operação devem ficar na faixa de 1 a 5 V e a potência dissipada deve ser mantida no menor valor possível.

Os novos dispositivos não terão capacitores de acoplamento de entrada, o que significa uma capacitância de entrada extremamente baixa, da ordem de 40 fF (*), enquanto os circuitos anteriores têm capacitâncias de 600 fF. O uso de arquitetura totalmente diferencial também melhorará as características de polarização.

$$(*) f = \text{femto} = 10^{-15}$$

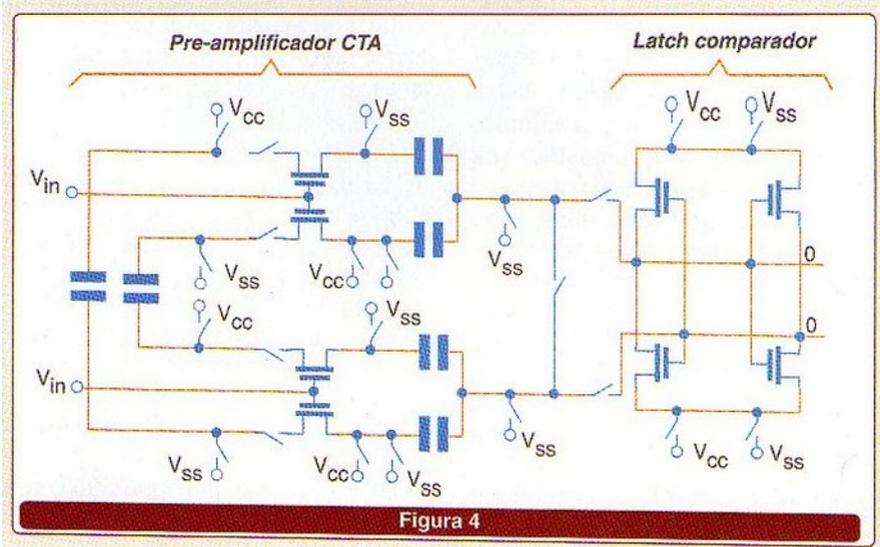
Outro ponto importante nas novas arquiteturas é a eliminação da terceira tensão, “pre-charge”, eliminando-se assim a necessidade de circuitos adicionais.

A configuração totalmente diferencial, permite que a tensão de offset seja reduzida de 15 mV para os tipos comuns para valores médios de 0 mV.

A dissipação de potência com 2,1 V para um dispositivo típico será de 0,5 uW por MHz, dependendo da arquitetura e de outros fatores como o ganho de tensão, valor do capacitor de saída, etc. Com uma alimentação de 1,5 V essa dissipação cairá para algo em torno de 300 nW por MHz.

APLICAÇÕES

Os circuitos básicos nos conversores A/D consistem em comparadores, não importando qual a sua arquitetura (delta-sigma, pipeline, aproximação sucessiva etc.). Na figura 4 temos um circuito típico de um CTA totalmente diferencial, funcionando como comparador, com um Latch Dinâmico.



A capacitância de entrada do latch, da ordem de 70 fF funciona como carga para o CTA. Usando técnicas especiais, o offset do latch pode ser mantido abaixo de 20 mV. A potência dissipada pelo latch com alimentação de 2,1 V é de 1 uW por MHz, o que resulta numa dissipação total do circuito da ordem de 1,5 uW por MHz.

Um conversor A/D de 2 MHz, 10bits consumiria menos de 400 uW por MHz de potência dinâmica, com alimentação de 2,1 V. Isso representa uma redução de 60% em relação aos componentes com tecnologias tradicionais.

A velocidade deste circuito foi limitada a 2 MHz, dados problemas de projeto, mas pode ser aumentada para 10 MHz, usando técnicas mais modernas de conversão de sinais.

CONCLUSÃO

Novas tecnologias de construção de CTAs podem levar a circuitos com consumos muito menos, maior estabilidade e velocidades de operação compatíveis com as exigências dos conversores A/D usados em equipamentos modernos.

Com o tempo, o uso de amplificadores do tipo Charge Transfer será comum neste tipo de aplicação. Os desenvolvedores

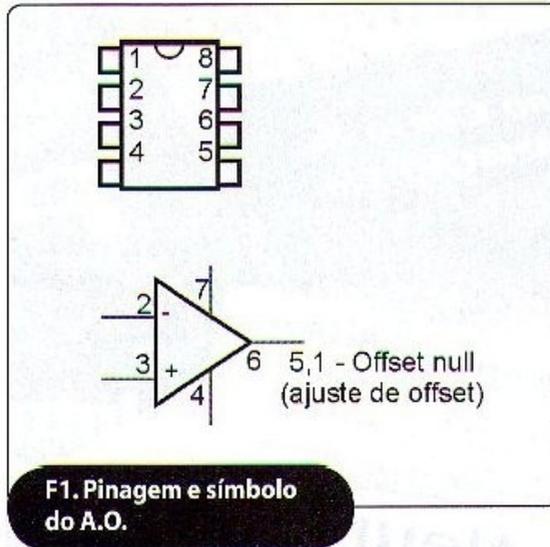
e futuros projetistas devem estar atentos às novas tecnologias que vão aparecer nos próximos anos na forma de componentes totalmente inovadores.

COMO FUNCIONA O CA3140

Pelas suas características de elevadíssima impedância de entrada, graças ao emprego de transistores de efeito de campo, este amplificador operacional encontra uma infinidade de aplicações práticas, principalmente as que envolvem pequenos sinais e sensores. Neste artigo trataremos desse componente, com alguns circuitos práticos.

Um amplificador operacional ideal deve ter uma impedância de entrada infinita e uma impedância de saída nula. Na prática isso não acontece e os amplificadores operacionais típicos podem ter no máximo alguns megohms de impedância de entrada e algumas dezenas de ohms de impedância de saída.

No entanto, existem aplicações em que uma impedância de entrada muito alta é importante. Para essa finalidade, pode ser usado um dos mais tradicionais amplificadores operacionais, o CA3140 que é encontrado em invólucro DIL de 8 pinos com a pinagem mostrada na figura 1.



Esse amplificador operacional usa transistores de efeito de campo nas suas etapas de entrada o que lhe dota de uma impedância de entrada que chega a mais de 10 000 000 megohms!

Podemos dizer que ele se comporta praticamente como um circuito aberto, não precisando de corrente de entrada, mas tão somente de uma tensão.

O circuito integrado CA3140 tem as seguintes características:

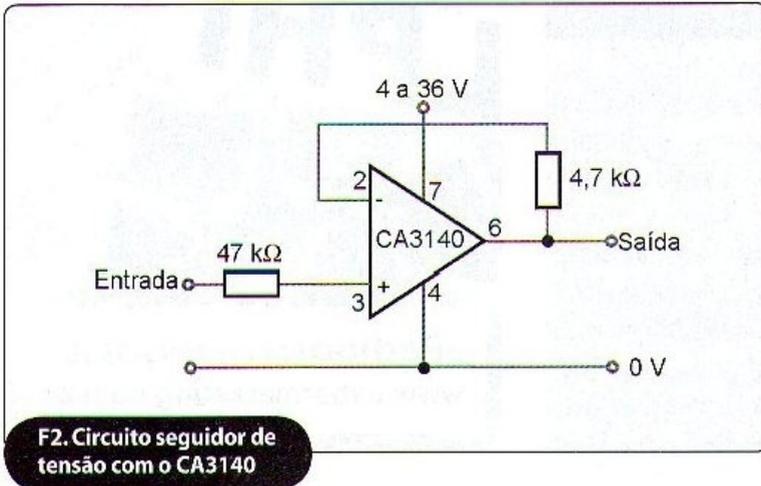
- Faixa de tensões de alimentação 4 a 30 V
- Corrente máxima sem carga: 4 mA
- Resistência de entrada típica: 1,5 teraohms
- Faixa de frequências: 4 MHz
- Corrente máxima de saída: 10 mA

CIRCUITOS TÍPICOS

O CA3140 pode ser utilizado da mesma forma que um amplificador operacional comum, devendo apenas ser levadas em conta as suas características.

Seguidor de Tensão

Na figura 2 temos um seguidor de tensão típico.



Num seguidor de tensão o ganho de tensão é unitário (a amplitude do sinal de entrada é igual à do sinal de saída).

No entanto, o ganho de potência é extremamente elevado, já que temos uma impedância de entrada extremamente elevada e uma impedância de saída muito baixa.

Amplificador com Ganho 10

O ganho de tensão do circuito mostrado na figura 3 é de 10 vezes.

Como Funciona - Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

- Volume 10

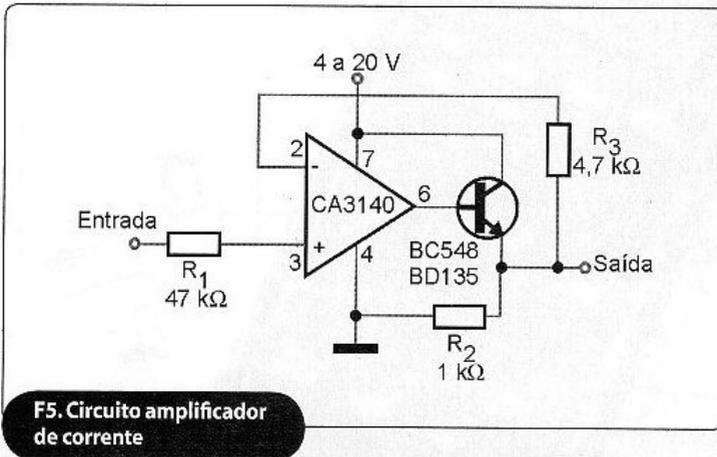
A seleção das faixas é feita pela chave e tem fundos de 100 mV, 1 V e 10 V.

O fundo de escala é determinado pelo resistor R1 juntamente com R6. Esse ganho pode ser alterado, caso o leitor deseje modificar as escalas do instrumento.

O instrumento indicador é um voltímetro com 1 V de fundo de escala, ou um multímetro ajustado para essa escala. A sensibilidade do circuito é de 1 M ohms/V. A alimentação é feita por uma bateria de 9 V e como o consumo é extremamente baixo, sua durabilidade será muito grande.

Booster de Corrente

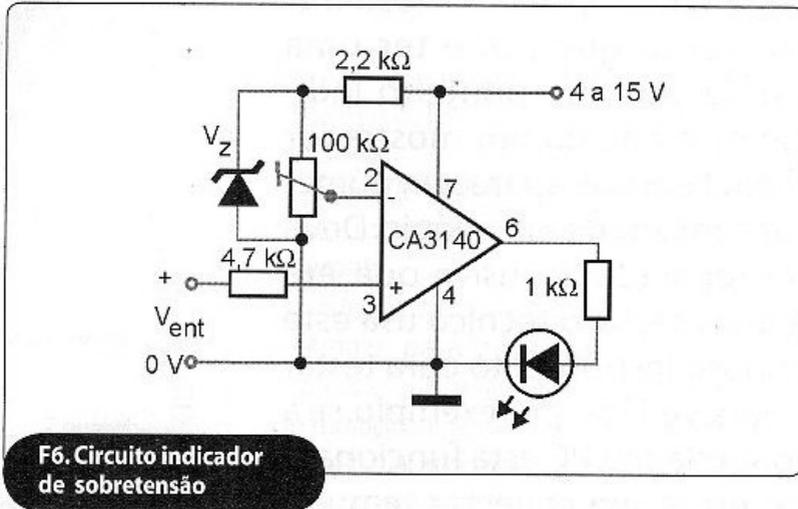
Para se aumentar a capacidade de controle do CA3140 pode ser usado um circuito amplificador, como o da figura 5. Esse circuito permite controlar cargas de até 100 mA.



Podem ser usados transistores de maior potência ou Darlington para se obter correntes ainda maiores para a saída.

Indicador de Sobretensão

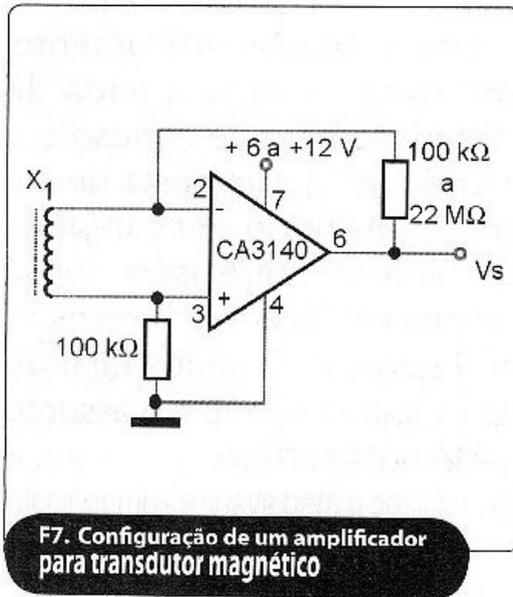
O circuito da figura 6 indica quando a tensão de entrada supera um determinado valor ajustado pelo trimpot e tendo como referência o diodo zener.



O diodo zener deve ter uma tensão entre 3 e 5 V tipicamente, podendo ser usados tipos de 400 mW. Quando a tensão de entrada supera o valor ajustado, o LED acende. Com o uso de uma etapa de maior corrente, pode ser acionado um relé.

Amplificador para Transdutor Magnético

Na figura 7 mostramos uma configuração bastante usada para o CA3140.



A alimentação desse circuito pode ficar entre 6 e 12 V.

Este circuito é ideal para operar com transdutores de impedâncias na faixa de alguns ohms até 1 000 ohms como microfones, sensores de pulsos, etc. O ganho é dado pelo resistor de realimentação, podendo ser alterado conforme a intensidade do sinal fornecido pelo transdutor.

OUTROS MAIS DE 160 LIVROS DE ELETRÔNICA E TECNOLOGIA DO INCB

Para você conhecer os outros livros sobre eletrônica do Instituto Newton C. Braga.

Acesse :

<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/livros-tecnicos>

Ou fotografe o QR abaixo:

