

Revista



52

# ELETRÔNICA

**RUÍDO NAS TELECOMUNICAÇÕES - III**  
**COS MOS - CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES**  
**FONTE DE ALIMENTAÇÃO 6 V x 0,5 A**  
**ALARME E TEMPORIZADOR P/ AUTO**  
**PROVADOR DE SCR**  
**UM POUCO SOBRE "KLYSTRON"**  
**PRÉ AMPLIFICADOR P/ MICROFONE**  
**INTERRUPTOR TEMPORIZADO**



Revista

# ELETRÔNICA

nº 52  
OUTUBRO  
1976



**EDITORA  
SABER  
LTDA.**

Sérvio  
Fittipaldi

Élio Mendes  
de Oliveira

Hélio  
Fittipaldi

**REVISTA  
SABER  
ELETRÔNICA**

Newton  
C. Braga

W. Roth  
& Cia. Ltda

**ABRIL S.A. -  
Cultural e  
Industrial**

Élio Mendes  
de Oliveira

**REDAÇÃO  
ADMINISTRAÇÃO  
E PUBLICIDADE:**

Av. Dr. Carlos de  
Campos, nº 275/9  
03028 - S. Paulo - SP

**CORRESPONDÊNCIA:**

Endereço à  
**REVISTA SABER  
ELETRÔNICA**  
Caixa Postal 50450  
03028 - S. Paulo - SP

## sumário

"Alarme e Temporizador p/ Autos" .....	2
"COS MOS - Conceitos e Considerações" .....	6
Ruido nas Telecomunicações - III .....	9
As Baterias .....	16
Chave de Fenda - O Segredo do Sucesso .....	22
Fonte de Alimentação de 6 V, 0,5 A .....	26
Provador Simples de SCR .....	29
Fones e Microfones de Cristal .....	32
<b>ORIENTAÇÃO PARA O MONTADOR</b> .....	<b>34</b>
Um Pouco Sobre a Válvula "KLYSTRON" .....	36
Um Nervo Teste com Castigo .....	41
Reparação de TV - Curso Senai .....	46
Pré-Amplificador para Microfone .....	48
Interruptor Temporizado .....	51
A Potência da "POTÊNCIA" .....	55
Os Amplificadores Diferenciais .....	58
<b>CURSO DE ELETRÔNICA (Edição 7)</b> .....	<b>65</b>

**SOLER**  
Compre - Vende - Troca  
Livros - Revistas - Gibris  
Rua Presidente Faria, 175  
Centro - Curitiba - PR

**CAPA:** Uma apresentação artística em função  
de componente opto-eletrônico (Foto  
IBRAPE)

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores.  
É totalmente vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, sob pena das sanções legais, salvo mediante autorização por escrito da Editora.  
**NÚMEROS ATRASADOS:** ao preço da última edição em banca, por intermédio do seu jornaleiro, no distribuidor Abril de sua cidade ou pedidos pela Caixa Postal 50 450 - 03028 - São Paulo  
**SOMENTE A PARTIR DO NÚMERO 45 (MARÇO/76)**

# "ALARME E TEMPORIZADOR PARA AUTOS"



*Humberto de Almeida Pellizzoni*

Todos os dias, temos nossa atenção despertada para novos dispositivos eletrônicos aplicados ao automobilismo. Estranhamente, até a pouco, a indústria automobilística, se omite no avanço técnico da eletrônica. Na época atual, quando a crise dos combustíveis obrigou a procura de novas soluções, a eletrônica se fez presente, com inúmeros aperfeiçoamentos aos sistemas existentes. Já que a hora é propi-

cia, divulgaremos um dispositivo por nós idealizado, que não constitui-se em nenhuma grande novidade - apenas uma solução diferente.

Vamos pois direto ao assunto. Nos propusemos a realizar um dispositivo, que tenha duas funções: quando o proprietário do carro estiver "curtindo" o mesmo, e aquela chavinha miúda "chata" se fizer presente, nosso aparelho funcionará como

pausador (temporizador), para o limpador de pára-brisas; no entanto, se ele estiver fora, o dispositivo se transformará em um alarme, o que impede que outros "curtam" também o "carango"... A mudança de função se faz pelo acionamento de apenas uma chave.

No diagrama simplificado da figura 1, vemos que o principal componente é o SCR, que é selecionado pela chave de função para acionar ou o motor do limpador

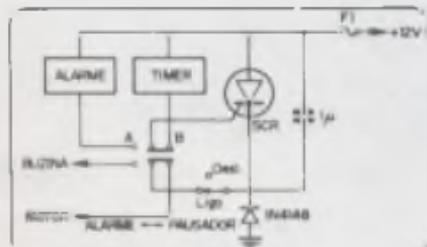


Figura 1

de pára-brisas ou a buzina, recebendo o sinal de gatilhamento de dois circuitos distintos; o "timer" no primeiro caso, e o alarme no segundo.

Primeiramente, vamos dar uma olhada no circuito do temporizador, esquematizado na figura 2.

Trata-se um circuito convencional utilizando transistor unijunção (TUJ), típico de temporizadores, principalmente quando o elemento a ser chaveado é um SCR (como no nosso caso). Por isso nos limitaremos a dar os aspectos gerais de funcionamento.

O capacitor C1, se carrega através de R1 e R2, sendo que o tempo de carga pode ser variado com o ajuste de R1, de uma forma diretamente proporcional. Ao atingir a tensão de disparo do TUJ (Q1), o mesmo drena a carga acumulada em C1, através de R5. Isto, até que a tensão sobre C1, caia ao limite de corte de Q1. Neste

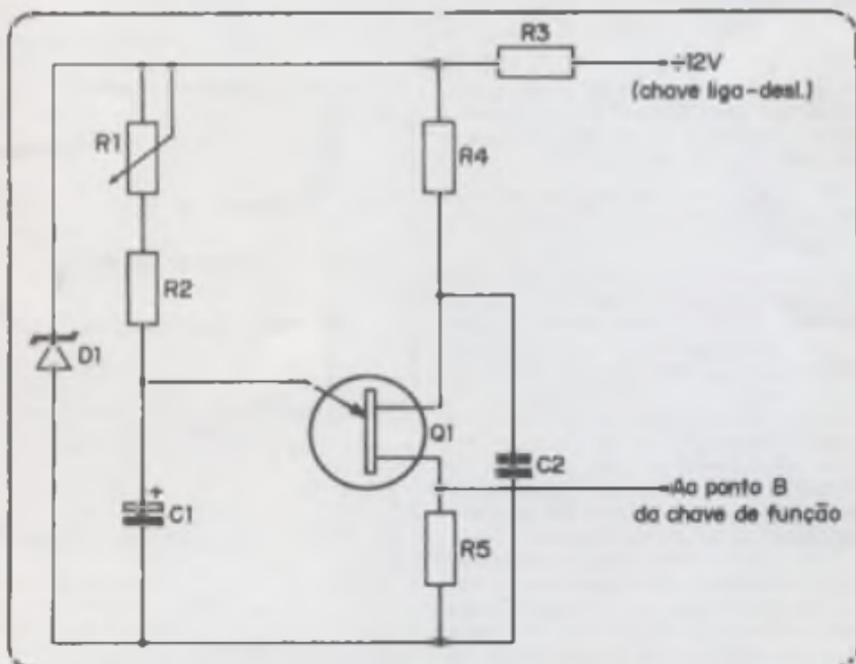


Figura 2

ponto, C1 novamente se carrega, reiniciando o ciclo de carga-descarga. Na base 1 do TJJ, colhemos os pulsos de acionamento da porta ("gate") do SCR. R4 e R5 completam a polarização de Q1. O capacitor C2 é um filtro para eliminação de ruídos e transitórios, podendo eventualmente, ser eliminado. Ligue o aparelho e veja se, sem C2, existe acionamento aleatório do SCR. Caso negativo, pode ser eliminado. Como

sabemos, a bateria do automóvel (chumbo-ácida), tem uma grama de variação sobre a tensão nominal (de 12 Volts, na maioria dos carros). Com pequena carga sua tensão é de 10,8 volts e completamente carregada, de 13,8Volts, aproximadamente. Essa variação, acarretaria outras no nosso circuito, de modo que um intervalo de tempo, uma vez ajustado, poderia sofrer alteração razoável. Para que isso

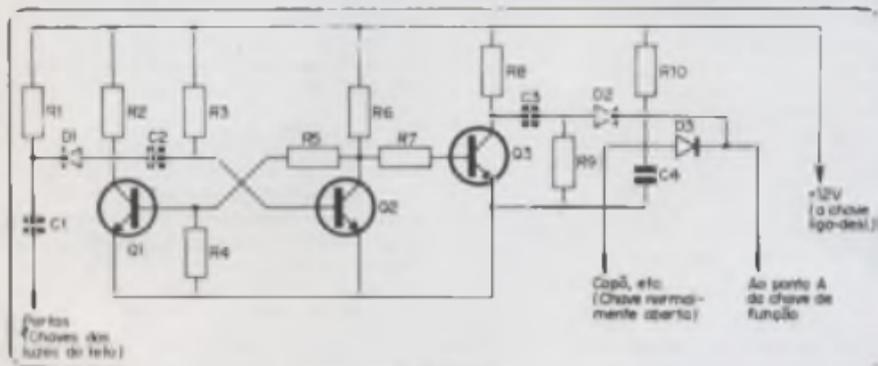


Figura 3

não aconteça, utilizamos um diodo regulador de voltagem (zener), D1. O mesmo é polarizado por R3, fornecendo uma tensão constante para o circuito.

Na figura 3, encontramos a parte do alarme, cujo funcionamento passaremos a analisar.

O pulso de acionamento do SCR, pode ser gerado de duas formas: através do interruptor da porta que acende a luz do teto, ou por intermédio de um interruptor normalmente aberto, colocado na porta traseira (no caso de veículos utilitários), ou mesmo através de um simples fio condutor que vai da solda "capô" do circuito, até o chassi do rádio-toca-fitas. No primeiro caso, com o dispositivo ligado, assim que a porta do carro for aberta, o interruptor da luz do teto fechará o circuito para a terra, como esquematizado na figura 4. No ponto que ligaremos o aparelho, teremos tensão de 12 Volts até que a porta seja aberta. Quando isto acontece, cairá ao potencial de massa, dando um degrau negativo de tensão (ver figura 5).

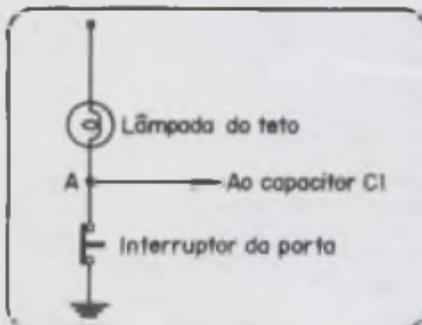


Figura 4

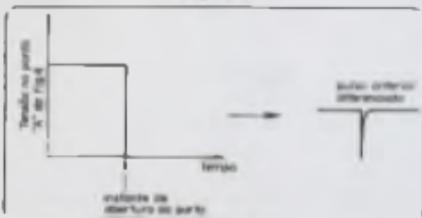


Figura 5

Após passar por C1, o degrau será diferenciado, indicado na figura 5. O circuito diferenciador é composto por R1/C1, com uma constante de tempo de 33  $\mu$ s. Os transistores Q1 e Q2, formam um multivibrador monoestável, com tempo de estado não estável de 5 segundos, aproximadamente. Este tempo é determinado pelos valores de R3/C2. O pulso negativo vindo de C1 via D1 leva Q2 ao corte, o qual muda o estado de Q1 do corte para a condução. Estando Q2 cortado, Q3 recebe tensão positiva na base, conduzindo. Caindo a tensão em seu coletor, a malha formada por R9/C3 diferencia este pulso. No entanto, D2 só conduz pulsos positivos. E esse pulso só se produzirá, quando Q3 voltar ao corte pela mudança do estado do monoestável, que, como já vimos, demora cerca de 5 s. Este lapso de tempo permite ao proprietário do carro, desligar o sistema quando ele próprio abrir a porta, de modo que não dispare o alarme toda vez que entrar no veículo.

Como vimos, a primeira possibilidade de disparo é retardada. Tal não acontece com a outra. Se o interruptor que fica em paralelo com C4, que é do tipo normalmente aberto, mas é acionado continuamente, seja pela tampa traseira, ou capô, se abrir instantaneamente, aparecerá um pulso positivo no anodo de D3, acionando o "gate" do SCR. A segunda possibilidade é portanto instantânea, o que é útil, pois não haveremos de desejar demora no alarme quando alguém tentar entrar pela traseira do veículo, por exemplo.

#### MONTAGEM

Estude a montagem, em placa de circuito impresso, de preferência. Ela conterá todos os componentes esquematizados nas figuras 2 e 3. Os demais componentes, o SCR, o capacitor de 1  $\mu$ F e o diodo mostrados na figura 1, serão montados, utilizando a técnica ponto-a-ponto com barra de terminais isolados. Evidentemente, todo o conjunto deverá estar em local bem escondido, com a fiação o mais oculta possível, para evitar que seja cortada e colocada o alarme fora de ação. Se o seu carro for como o fuca, que tem os fios da buzina acessíveis pelo lado externo do mesmo, é melhor tratar de instalar outra buzina, ou

mudar a original para local seguro, senão correrá o risco de cortarem os fios. O circuito apresentado, pode acionar opcionalmente outros dispositivos, além da buzina, tais como: faróis, lanternas, ou mesmo o sistema de sinalização de emergência, que faz piscar as 4 lâmpadas indicadores de direção. Apenas fique atento, para que a corrente não seja maior que a suportada pelo SCR. Caso isso aconteça, troque-o por um de maior capacidade. Lembre-se de dotá-lo de um dissipador de calor adequado.

#### RELAÇÃO DE COMPONENTES ALARME

Q1, Q2: Transistores BC 207  
Q3: Transistor BC 238  
SCR: 40379 (ou um tipo para menor tensão)  
D1, D2, D3: Diodos 1N914  
R1, R7: 33K $\Omega$ , 1/4W  
R2, R8: 12K $\Omega$ , 1/4W  
R2, R6: 12K $\Omega$ , 1/4W  
R3: 220K $\Omega$ , 1/4W  
R4: 10K $\Omega$ , 1/4W  
R5: 56K $\Omega$ , 1/4W  
R8: 1K8 $\Omega$ , 1/4W  
R9: 18K $\Omega$ , 1/4W  
R10: 1K5 $\Omega$ , 1/4W  
C1: 1nF, cerâmico  
C2: 20  $\mu$ F, 15V., eletrolítico  
C3: 47 nF, 200V., poliéster metalizado  
C4: 2n2 (2,2 nF), cerâmico

#### TEMPORIZADOR

Q1: transistor unijunção 2N2646 (TIS43)  
D1: Diodo zener BZX 79 C9V1  
R1: 470K $\Omega$ , potenciômetro de carvão linear  
R2: 4,7K $\Omega$ , 1/4W  
R3: 220 Ohms, 1/4W  
R4: 100 Ohms, 1/4W  
R5: 56 Ohms, 1/4W  
C1: 50  $\mu$ F, 12V, eletrolítico  
C2: 100 nF, 200V, poliéster metalizado

#### DIVERSOS

Chave 2 polos, 2 posições; chave 1 polo, 2 posições; fusível (de acordo com a corrente consumida pelos circuitos a serem comandados pelo SCR).

# "COS MOS - CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES" - I

Paulo Cesar Maldonado

O Circuito Cos-Mos, uma das mais avançadas técnicas de eletrônica atual, é frequentemente comentado, mas acredito que raramente usado devido ao seu custo elevado e raríssima orientação técnica.

O intuito é descrever-los de forma simples e prática a fim de que o leitor possa adaptar os antigos conceitos sobre seus circuitos a esta nova e moderna família de componentes.

O circuito Cos-Mos é sucessor dos TTL-DTL-RTL-HTL-ECL etc.

Comparado a outros circuitos convencionais são idênticos ao que diz respeito a portas, decodificadores, contadores, flip-flop, etc. A diferença está na pinagem e nas características técnicas, que automaticamente alteram o circuito elétrico mas não afetam as funções lógicas.

A construção interna não é tão importante, a atenção maior será voltada para as características técnicas e respectivas funções lógicas.

Vantagens do circuito Cos Mos em relação a outras famílias lógicas;

1 - A vantagem essencial que o caracteriza é o seu baixo consumo. Note que um circuito contador TTL consome uma corrente média de 30 mA e paralelamente a ele, a técnica Cos Mos, em idênticas condições, consome apenas 1.4 mA.

Os circuitos alimentados por simples baterias são positivamente e convenientemente acoplados a circuitos Cos Mos.

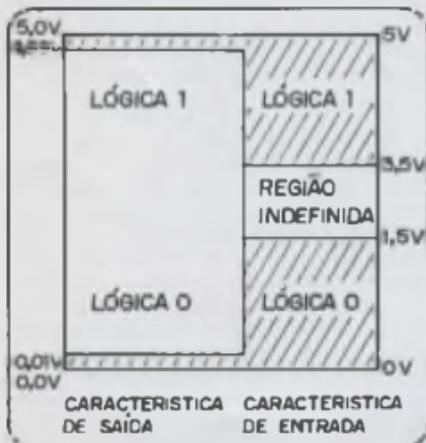
Certos equipamentos que requeriam uma fonte de alimentação assustadora em termos de tamanho e potência, vêm a fonte enormemente reduzida com a técnica Cos Mos.

2 - A vantagem consequente está nas funções lógicas bem mais concentradas o que nos permite utilizar um componente no lugar de 3 ou mais, conforme o caso exigir.

3 - Dentre os contadores da série Cos Mos existe um deles, o mais aprimorado por sinal, que possui 21 estágios de divisão o que equivale dizer que 5 circuitos integrados de série comum representa um único Cos Mos. Não deixa de ser uma grande vantagem.

4 - Outra característica vantajosa é sua faixa de operação de tensão de alimentação que varie de 3 a 15 Volts.

Os Cos Mos operam tranquilamente em qualquer tensão encaixada na faixa de 3 a



15 Volts, sem sofrer qualquer perturbações no desempenho lógico.

Pela razão acima o fator regulagem pode ser desprezado.

5 - Note na figura abaixo as características de entrada e saída dos Cos Mes:

O circuito Cos Mes interpreta como nível "0" a faixa entre "0" a 1,5 Volts e como nível "1" a faixa entre 3,5 a 5 Volts.

Quanto aos níveis de saída estes se compreendem na faixa de 0,0 V a 0,01V para o nível "0" e 4,99V a 5,0V para nível "1".

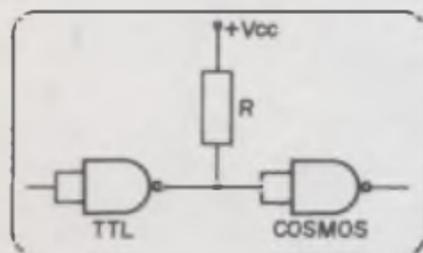
Sendo enorme a faixa de aceitação de entrada, e extremamente rígida a faixa de saída, obtém-se uma grande imunidade a ruído que se compreende entre 40% quando usada fonte de 5 Volts e 70% quando usado fonte de 15 Volts.

A imunidade a ruído nos permite utilizar Cos Mes em ambientes completamente poluídos eletricamente sem afetar o bom desempenho deles.

De sua alta e compacta aplicação em circuitos industriais de comando, centrais telefônicas próximas a picos de ruído de reles, circuitos controladores de elevadores com motores próximos etc.

A larga faixa de entrada permite que seja aceito vários tipos de casamento com outras famílias lógicas.

Veja abaixo o casamento entre um TTL e um Cos Mes.



Note que o nível alto compreendido por um Cos Mes é de 3,5 Volts a 5 Volts, por isso utilizamos um resistor R para aumentar a tensão TTL (cerca de 3 V) para um mínimo de 3,5 Volts.

A sua impedância de entrada é bastante alta o que reduz bastante a corrente e não sobrecarrega o circuito de entrada, redu-

zindo, também a potência geral consumida pelo Cos Mes.

Devido a sua alta impedância de entrada e baixa impedância de saída um Cos Mes pode alimentar até 40 outros circuitos da mesma família.

O TTL pode alimentar até centenas de Cos Mes.

Com isto o leitor já deve ter notado as imensas possibilidades em favor do projetista.

Como todo componente o Cos Mes apresenta 3 únicas desvantagens:

1- Custo elevado comparado com outras famílias lógicas normais.

2- Extremamente sensível a tensões eletrostáticas.

3- Baixa corrente de saída, a qual pode alimentar apenas 1 ou 2 circuitos de outras famílias.

Para você que já vai começar com as experiências Cos Mes preliminares, damos uma sequência de procedimentos que devem ser tomados para evitar que as tensões eletrostáticas danifiquem os mesmos.

1- Transporte, empacotamento e armazenamento devem ser feitos em recipientes condutivos, tais como papel de alumínio ou recipientes metálicos.

2- Durante o seu armazenamento, aconselhamos que todos os seus pinos permaneçam sob o mesmo potencial.

Isto pode ser conseguido curto circuitando todos os pinos com fio nú.

3- Não introduza tensões nos seus terminais quando o mesmo não estiver sendo alimentado.

4- As entradas não usadas devem ser conectadas ao VCC ou terra, porém, nunca deixadas em aberto.

5- Nunca retire-o do circuito sem antes desligar a fonte de alimentação.

6- A corrente da fonte de alimentação deve estar protegida quando estiverem sendo alimentadas com tensões próximas a 15 Volts.

7- Não é recomendável fiação longa entre os integrados.

8- Os picos de tensão devem ser des-coplados para VCC com capacitores de 01 UF, ao longo da chapa de circuito impresso.

9- Em hipótese alguma deverá falhar a terra do circuito, esta deverá ser constante e firme.

10- Não monte as unidades em caixas plásticas sem que estas estejam revestidas de material condutor ligado a terra.

11- A pessoa que for manusear estes componentes deverá estar ligada a terra e não usar roupas eletrostáticas tais como lã, nylon, fibras acrílicas, etc.

12- Os ferros de soldar deverão estar ligados à terra.

13- Sempre que possível utilize circuitos impressos com blindagem e ligados a terra.

14- Logo que soltos entre si os terminais do integrado, o mesmo deverá ser levado a mesa de trabalho em recipiente metálico.

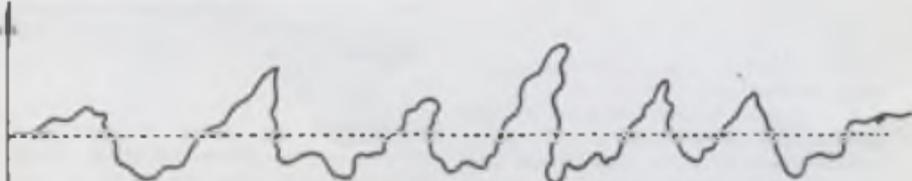
15- É bom que a mesa de trabalho possua uma pequena superfície condutiva para a permanência temporária das placas de circuito impresso em montagem, ou dos próprios circuitos integrados.

16- Recomenda-se o uso de resistências de 10 M ligadas ao VCC nas saídas dos conectores do circuito impresso.

Realmente trata-se de um circuito integrado bastante delicado, mas as precauções acima levadas a sério, lhe prometem um trabalho totalmente seguro.

Continua





# RUIDO NAS TELECOMUNICAÇÕES III

Eng<sup>o</sup> J.C. Costa

## RUIDO DE PARTIÇÃO

### Origem

Nas válvulas que trabalham com uma ou mais grades positivas, existe uma fonte de ruído que resulta da divisão da corrente total de cátodo pela placa e por essa ou essas grades.

De fato, o fluxo de elétrons que atravessa qualquer grade, apresenta elétrons que passam a distâncias variáveis (e com direções variáveis), dos fios das grades. Daqui, resulta que haverá elétrons que serão capturados pelas grades positivas, e outras que não o serão. Simplesmente em cada instante, o número de elétrons que estão dentro das condições de captura, varia de instante para instante. A divisão (partição) de corrente é, portanto, feita em cada instante de forma imprevisível.

A corrente que chega à placa, não será constante no tempo, embora apresente um valor médio constante. As flutuações dessa corrente devido às flutuações nas divisões, constitui o ruído de partição.

É claro que também as correntes das grades positivas, apresentarão também ruído de partição.

Um exemplo vulgar, é o pântodo, onde a divisão se efetua entre a grade blindagem e a placa.

Note-se que estas flutuações de corrente de placa, são independentes das flutuações que já possam vir produzidas, no caudal global de elétrons saído do cátodo (in-correlação).

Sendo independentes, isso significa que os desvios médios quadráticos com uma e outra origem, se somam. A potência de ruído na corrente de placa (ou grade-blindagem), é a soma das potências de ruído de partição e "SHOT".

Logo, uma válvula em que algumas delas funcionam com tensão positiva, é mais ruidosa que o diodo ou um triodo. Em particular, um pântodo é mais ruidoso que um triodo. Por esta razão, a etapa de entrada de um receptor à válvulas, nunca usa um pântodo mas sim um triodo.

Expressão analítica. Banda de Frequências.

A propósito do ruído "SHOT", foi referido que nas válvulas com grade de controle, o ruído devido àquele efeito, produzia uma corrente de ruído.

$$i_{ef}^2 = 2 \cdot e \cdot I_{D.C.} \cdot \Gamma^2 \cdot \Delta f$$

onde  $\Gamma^2$ , traduz a atenuação imposta pela carga de espaço.

Esta fórmula foi primeiramente indicada para o caso de um diodo e em seguida, aplicou-se ao caso de uma válvula com grade de controle sem especificar de que tipo de válvula.

No caso do triodo, e na situação habitual de grade negativa, a generalização é imediata e não levanta problemas, porque não há dúvida sobre que correntes estão em causa ( $i_a$  e  $i_c$ ).

Mas no caso de válvulas com outras grades (exemplo: pñtoto), para além da de controle, e que funcionam com tensão positiva, há o problema de averiguar que correntes são as que surgem na fórmula. Em geral, interessa-nos mais o desvio médio quadrático da corrente de placa. O ruído na corrente da grade de blindagem, não tem tanto interesse.

O problema, portanto, é saber:

- qual a fórmula para o "SHOT NOISE", na corrente de placa para uma válvula com partição de corrente.
- qual a fórmula para o ruído de partição, na corrente da placa.

É possível mostrar que a soma dos dois ruídos, provoca um desvio quadrático médio na corrente de placa de

$$i_{ef}^2 = 2 \cdot e \cdot I_{D.C.} \cdot \Gamma_P^2 \cdot \Delta f$$

$$\Gamma_P^2 = \Gamma^2 \left[ 1 + \frac{1}{k} \cdot \frac{1 - \Gamma^2}{\Gamma^2} \right]$$

$I_{D.C.}$  = valor D.C. da corrente de placa

$k$  = valor D.C. da corrente da blindagem

$i_c$  = valor D.C. da corrente de cátodo

onde  $\Gamma^2$ , é o fator de redução de ruído, devido à carga espacial.

Esta fórmula, mostra claramente que

$$\Gamma_P^2 > 2$$

ou seja que, por exemplo, um pñtoto é mais ruidoso que um triodo.

\* Para a corrente de blindagem, a fórmula é semelhante, trocando-se corrente da placa com a de blindagem e vice-versa nas duas fórmulas.

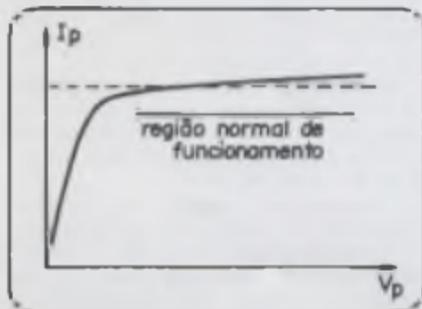
Também uma válvula misturadora, é sempre muito ruidosa. Há várias razões para isso, uma delas, resulta do número elevado de grades positivas, que reduz bastante a corrente de placa o que origina que  $\Gamma_P^2$  cresça em relação a  $\Gamma^2$ .

Em qualquer circunstâncias, vemos que o ruído de partição, não altera o caráter de espectro uniforme do "SHOT NOISE". Isto é, ruído de partição é também ruído branco, enquanto não se ultrapassar a marca dos 100 MHz.

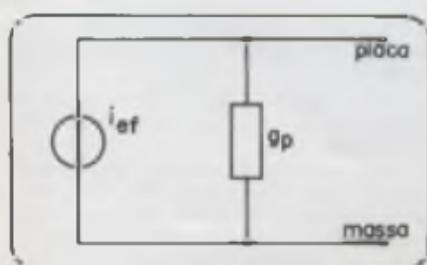
#### Circuito Equivalente para o pñtoto

Num pñtoto funcionando na situação habitual de grade de blindagem positiva e grade supressora nula ou negativa, a tensão da placa, pouca influência tem sobre o feixe de elétrons que abandona o cátodo. Também a divisão de corrente entre placa e blindagem em geral, é pouco afetada pela tensão da placa.

Dequi, resulta que o circuito equivalente de ruído para a placa de um pñtoto é um gerador de corrente em paralelo com uma elevada impedância - resistência dinâmica de placa.



Curva Característica de Placa de um Pñtoto



$$i_{ef} = 2. e . I_p \cdot \Delta f$$

Circuito Equivalente de Placa de um Pêntodo

### RUIDO DE EMISSÃO SECUNDARIA

#### Origem:

Esta fonte de ruído, tem particular interesse no tétrodo, quando polarizado com baixas tensões de placa.

É sabido, que o bombardeamento da placa pelos elétrons primários provoca uma emissão secundária de elétrons que, no caso de existir um eletrodo perto mais positivo que a placa, atrai esses secundários.

Mas a cada elétron primário que chega à placa, não corresponde sempre a emissão de um secundário. Há flutuações nessa emissão secundária, que são completamente independentes das flutuações da emissão primária.

Temos portanto, uma nova fonte de ruído no circuito de placa.

Expressão Analítica. Circuito Equivalente.

Não está ainda bem definida, a lei desta fonte de ruído, no entanto a fórmula seguinte, dá resultados dentro da ordem de grandeza.

$$i_{ef}^2 = 2. e . I_{sec} \cdot \Delta f$$

onde  $I_{sec}$  é o valor médio da corrente correspondente à emissão secundária.

Esta lei, novamente mostra o caráter Branco desta fonte de ruído.

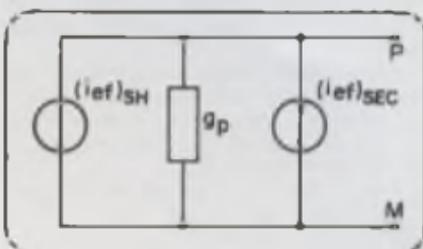
No entanto, isto só é válido, até frequências abaixo do inverso do tempo de trânsito da válvula.

Num tétrodo em que haja apreciável emissão secundária, o circuito equivalente

de ruído na placa, envolve duas fontes:

- a fonte que traduz os ruídos, "SHOT" e Partição
- a fonte que traduz o ruído de emissão secundária

Normalmente a grade de blindagem funciona desacoplada à massa pelo que o circuito equivalente será o seguinte:



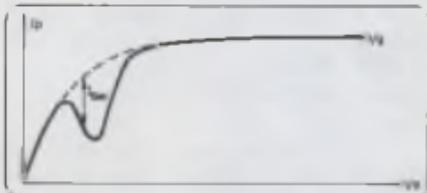
Circuito equivalente de tétrodo para corrente de placa

$I$  a corrente de cátodo

$$i_{ef}^2 = 2. e . I_p \cdot \Delta f \quad i_{ef}^2 = 2. e . I_{sec} \cdot \Delta f$$

onde as duas fontes são completamente incorrelatadas.

O valor da corrente de emissão secundária,  $I_{sec}$ , na prática tem de ser estimado a partir das correntes de placa e de blindagem.



Curva Característica de Placa de um Tétrodo

O circuito equivalente indicado, mostra bem que um tétrodo funcionando na região de forte emissão secundária, é mais ruidoso que um pêntodo para a mesma corrente de placa.

### RUIDO DE IONIZAÇÃO

Este ruído, tem em geral pouco interesse, visto que a tecnologia atual de constru-

ção de válvulas de vácuo, permite reduzir muito a concentração de moléculas parasitas, na atmosfera da válvula. As válvulas modernas, apresentam um nível de ruído de ionização bastante abaixo do ruído "SHOT".

Este ruído, resulta da presença de algumas poucas moléculas parasitas, dentro da válvula. O fluxo primário de elétrons, pode provocar a ionização aleatória dessas moléculas.

Após a ionização de uma molécula, três mecanismos de ruído surgem:

- o elétron libertado, é atraído pela placa, provocando mais um impulso na corrente de placa.
- o íon positivo, dirige-se para o catodo podendo ser captado pela grade de controle (negativo). Surge assim uma corrente parasita nessa grade.
- o íon positivo, acaba por cair no vale negativo da tensão (região da carga especial), onde, durante a sua existência, reduz o valor dessa carga e, portanto, provoca um pico de corrente de placa.

Verifica-se que o valor contínuo da corrente de grade de controle, dá uma idéia, do nível de ruído que estes três mecanismos provocam. Na prática, para íon menor que 10 nA, o ruído de ionização é abafado pelas outras fontes.

Porque no caso habitual, esta fonte de ruído é muito fraca comparada com os outros, não apresentamos a expressão analítica do ruído.

#### RUÍDO DE CINTILAÇÃO\*

##### Origem

Esta, é a segunda fonte de ruído, que tem importância prática. Principalmente ela revela-se importante nas muito baixas frequências: áudio ou sub-áudio.

Não há ainda, uma explicação única e universalmente aceita para explicar este fenômeno em todos os casos.

Sabe-se que depende da natureza (tungstênio, óxido etc) do catodo e do acabamento (porosidade) da sua superfície. É claro que a temperatura do catodo, é uma condição importante.

Por esta razão, as válvulas usadas em amplificadores D.C. ou de frequências da

ordem do Hertz (cadeias de controle), têm um catodo especial com um acabamento cuidadoso.

Várias explicações, têm sido propostas, desde que Schottky se referiu a esta fonte de perturbação.

A primeira, foi apresentada pelo próprio Schottky sugerindo que este ruído seria devido a variações locais na emissão eletrônica do catodo, devido à chegada ou saída de um íon ao/do cátodo.

Outra fonte foi sugerida como sendo a própria resistência ôhmica da camada emissora do catodo.

Finalmente tem-se pensado que o problema não é tanto flutuações na emissão do catodo mas sim flutuações na velocidade com que elétrons são emitidos devido a uma forte queda de tensão numa fina camada superficial de cobertura emissora do catodo. Van der Ziel admite que essa queda de tensão sofre flutuações no tempo principalmente nos locais onde existem poros.

De qualquer forma o importante é esse tipo de ruído (cintilação), tem um efeito decrescente com a frequência. Para as frequências usadas em telecomunicações (exceto áudio), em geral este ruído não se manifesta por estar abaixo do "SHOT". O valor da frequência para o qual estes dois ruídos se igualam é que depende da válvula, especialmente do tipo de catodo.

##### Características

São basicamente as seguintes:

- fonte de ruído independente do "SHOT"
- localização na gama das baixas frequências
- espectro de potência da forma geral  $1/f$  onde  $\alpha$  toma valores entre 0,8 e 1,3 sendo  $\alpha = 1$  o valor mais vulgar.

Para o caso mais vulgar de  $\alpha = 1$ , poderemos então escrever

$$N = C \frac{1}{f}$$

onde C é uma constante que depende da válvula (do catodo e respectiva temperatura).

\* É conhecido por "Flicker Noise" ou "Excess Noise".

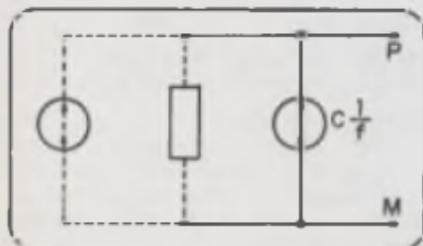
Daquela expressão, conclui-se que a potência de ruído entre  $f$  e  $f$  ou seja que a potência de ruído é constante numa oitava (du década) qualquer. Entre 0,1 Hz e 1 Hz existe a mesma potência que entre 10 Hz e 100 Hz.

$$N = C \int_{f_1}^{f_2} \frac{1}{f} df = C \ln\left(\frac{f_2}{f_1}\right)$$

As frequências apresentadas mostram bem a ordem de grandeza onde habitualmente temos de considerar esta fonte de ruído.

Note-se que esta fonte de ruído liga-se à emissão eletrônica do cátodo pelo que o tipo de válvula em causa (diodo, triodo etc) não interessa.

O circuito equivalente, referido à placa, será uma simples fonte de corrente sem qualquer resistência em paralelo e que produz uma corrente que se "soma" à das outras fontes de corrente de ruído.



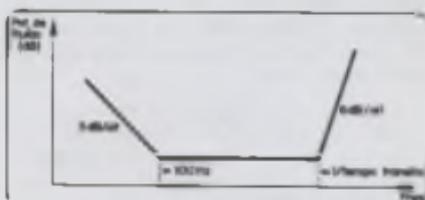
Circuito equivalente de Placa do ruído 1/f

## CONCLUSÃO

Analisando todas as fontes estudadas de ruído concluímos que há vários aspectos importantes a considerar:

- O ruído mais importante é o tipo "SHOT", seguido do ruído de Cintilação.
- Sob o título de ruído "SHOT" engloba-se em geral o ruído "SHOT" propriamente dito, o ruído induzido na grade e o ruído de partição.
- Os ruídos de ionização e de emissão secundária são passíveis de forte redução por meios tecnológicos, pelo que, em geral, não são considerados.
- Para os triodos e pñtodos podemos

traçar a seguinte curva de ruído global:



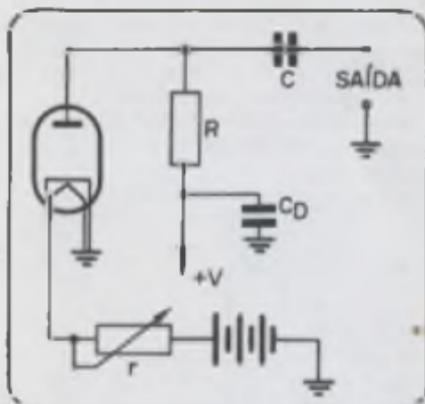
Aspecto Qualitativo do Ruído Interno de uma Válvula

onde nas baixas frequências existe uma "queda" a 3 dB/oct devido ao ruído de cintilação, e nas altas frequências o ruído sobe a 6 dB/oct devido à indução na grade de comando.

## FONTES LABORATORIAIS DE RUÍDO

Para medições de laboratório, recorre-se frequentemente a geradores de ruído os quais utilizam as propriedades "ruídoas" de alguns dispositivos eletrônicos como fonte de ruído.

Podemos descrever um caso que usa um diodo de vácuo.



Gerador de Ruído Branco com Diodo

O diodo é utilizado na região de saturação térmica, pela aplicação de uma elevada tensão positiva à placa.

A corrente através do diodo, é controlada pela temperatura do catodo, ou em termos práticos, pela corrente de filamento.

Sobre R desenvolve-se a tensão de ruído correspondente às flutuações da corrente de placa.

A capacidade C destina-se apenas a bloquear a tensão D.C. de alimentação.

É claro que, em rigor, o ruído total é a soma do ruído tipo "SHOT" gerado pelo diodo com o ruído térmico da resistência R. Mas já se viu que só sendo R muito pequeno poderá produzir um ruído da ordem do produzido pelo diodo. Em termos práticos, portanto, só o diodo consta.

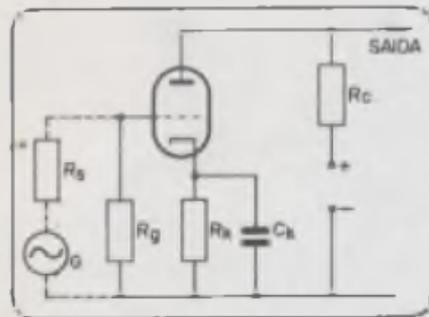
Normalmente uma fonte desta produz um espectro de ruído uniforme desde alguns KHz até várias centenas de MHz. A limitação nas baixas frequências vem, quer do ruído  $1/f$  quer de outras limitações dos circuitos amplificadores que se seguem ao circuito desenhado. Nas altas frequências a capacidade parasita de placa reduz o valor do ruído.

#### AMPLIFICADOR COM UM TRIODO

Interessa-nos o valor da tensão de ruído na placa da válvula e a sua decomposição nas parcelas constituintes.

Na grade do triodo surge-nos uma tensão de ruído resultante das duas resistências R e R em paralelo (R é a resistência interna da fonte G de excitação).

Esta tensão é amplificada como qualquer sinal e surge-nos na saída.



Amplificador com um Triodo

A ele soma-se o ruído interno gerado pelo triodo e que será em geral, fundamentalmente ruído tipo "SHOT".

Finalmente a carga R também gera ruído que se soma aos outros dois.

Quanto a R não será de considerar o seu efeito desde que a gama de frequências onde se trabalha esteja muito acima da frequência de corte de  $R_1/C_1$ .

Mas nesta análise geral três pontos importantes há a salientar:

a) Não é apenas R que é responsável pelo ruído gerado na entrada mais sim o paralelo de R com R. Se tivermos, por exemplo, os valores  $R = 50$  e  $R = 1$  M, só R contribui para o ruído em termos práticos.

t b) O ruído gerado pelo triodo manifesta-se por uma corrente  $i_{of}$ , a qual pode ser imaginada como resultante de uma tensão de ruído equivalente aplicada na grade do triodo:

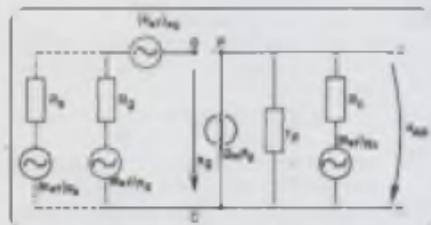
$$i_{of}^2 = g_m^2 \cdot (e_{of}^2)_{eq}$$

No caso mais vulgar de ruído tipo "SHOT", essa tensão referida à grade vale:

$$(e_{of}^2)_{eq} = 4 K (0,644 T_v) \cdot 1 / g_m v \cdot \Delta f$$

c) A carga R é importante pelo ganho de tensão que permite obter com este estágio mas a contribuição que ela própria dá para o ruído total é, em geral, baixa.

O circuito equivalente de ruído do amplificador é o seguinte:



Circuito Equivalente de Ruído

Exemplificando com valores numéricos  
 $R_s = 50 \Omega$   
 $R_L = 1 M\Omega$

$g_m = 2 \text{ mA/V}$   
 $\sigma = 0,88$

$R_c = 3,3 K\Omega$   
 $r_c = 5 K\Omega$

$T = 1000^\circ\text{C}$   
 $\Delta f = 20 \text{ KHz}$

obtêm-se os seguintes valores de ruído à temperatura ambiente ( $300^\circ\text{K}$ )

$(e_{af}^2)_{L_{eq}} = 40,4 \times 10^{-14} \text{ V}^2$  ← fonte de tensão equivalente  
 $(e_{af}^2)_{R_s} = 1,7 \times 10^{-18} \text{ V}^2$  ← tensão de ruído de  $R_s$   
 $(e_{af}^2)_{R_c} = 112 \times 10^{-14} \text{ V}^2$  ← tensão de ruído de  $R_c$   
 $(e_{af}^2)_{R_{eq}} = 674 \times 10^{-14} \text{ V}^2$  ← tensão de ruído na saída (sem  $R_L$ )

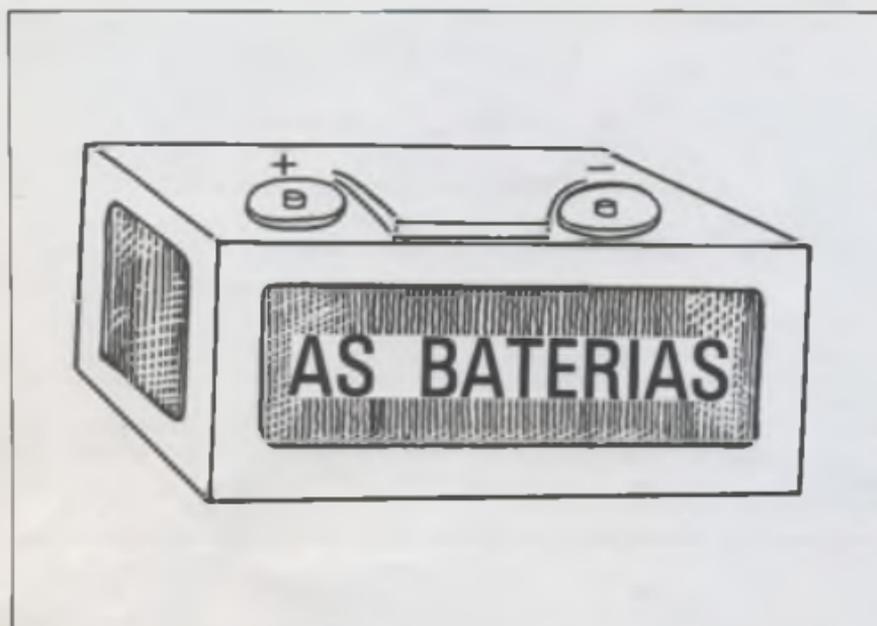
O que conduz a uma tensão de ruído de  $2,8 \mu\text{V}$  no caso de se considerar o  $R_s$  e de  $2,6 \mu\text{V}$  no caso de não se ruído de considerar.

Por outro lado, se o amplificador não fosse "ruidoso", obteríamos na saída apenas o ruído de  $R_s$  amplificado:  $0,52 \mu\text{V}$ .

Quer dizer que o amplificador piora o nível de ruído total de cerca de 5 vezes ( $\approx 14 \text{ dB}$ ).

É de notar que a grande contribuição para este mal vem do ruído interno gerado pelo efeito "SHOT".





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 idéia 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).

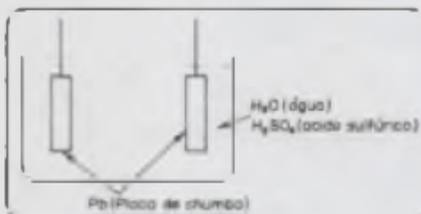


Figura 1

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).

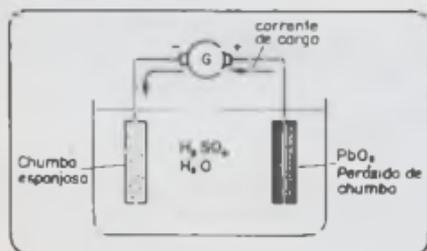


Figura 2

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).

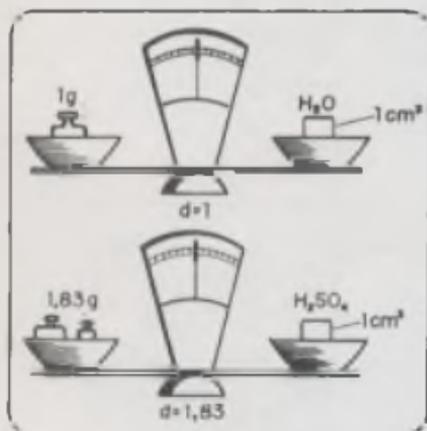


Figura 3

Assim, para o ácido sulfúrico concentrado, temos uma densidade de 1,83 enquanto que para a água pura, temos uma densi-

dade 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). Os materiais das placas

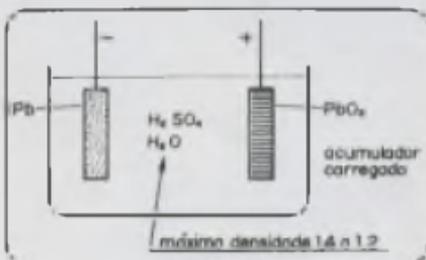


Figura 4

positiva e negativa tem 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. A 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. Quando completamente carregada, o material da placa positiva volta a ser dióxido de chumbo, enquanto que o material da placa negativa volta ser chumbo puro.

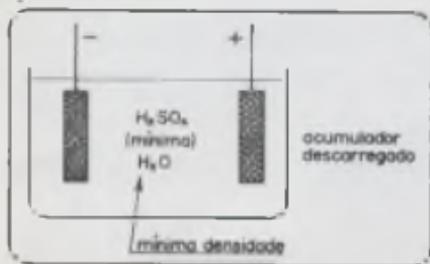


Figura 5

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 que se forma o sulfato de chumbo.

A outra parte da molécula, tendo elétrons em falta consiste num ión positivo (cation). O Ion positivo imigra para o eletrodo oposto (placa de dióxido de chumbo) retirando elétrons esse 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.

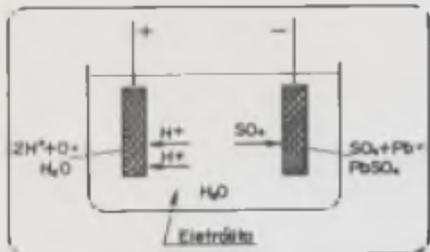
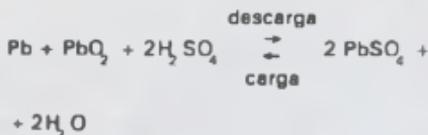


Figura 6

Esta ação pode ser descrita através de uma reação química:



A parte do lado esquerdo desta equação (reagentes) representa a célula na condição de carga enquanto 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 ( $\text{PbO}_2$ ) enquanto que a placa negativa é constituída de chumbo esponjoso ( $\text{pb}$ ) e a solução contém ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Na condição de descarga, ambas contém 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.

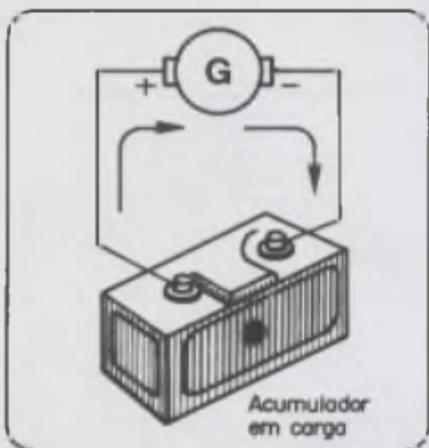


Figura 7

Se o acumulador estiver conectado a uma fonte externa que o carregue, como por exemplo, no caso dos automóveis, o 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 a situação existente quando em plena carga (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 à 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 de chuva e portanto a tornam impura. Essas substâncias podem reagir com as placas da bateria ou com o ácido, prejudicando o funcionamento de 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 e 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.

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 flui do dínamo para a bateria e portanto ela encontra-se na condição de recarga. (figura 8).

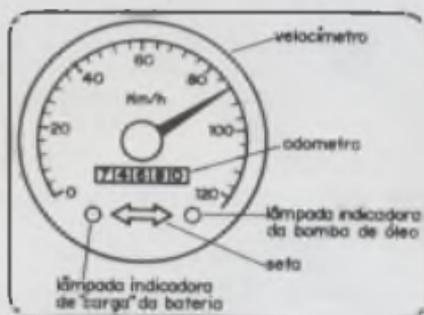


Figura 8

#### 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). Esse instrumento consiste numa seringa de borracha com um tubo de vidro onde, por sucção pode ser recolhida uma amostra da

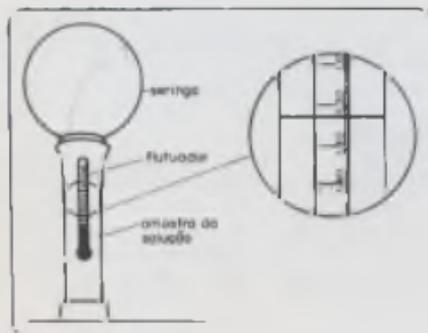


Figura B

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 deve-se 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 da solução de uma medida não afetem a medida posterior.

## TRANSISTORES E SÍMBOLOS LITERAIS

As características de funcionamento dos transistores são especificadas nos manuais por meio de símbolos com os quais o projetista deve estar familiarizado.

Através dessas indicações, não só o ponto de funcionamento do transistor pode ser estabelecido com o auxílio de suas curvas características como também os seus limites de operação.

A seguir damos alguns dos símbolos mais usados e seus significados:

$H_{FE}$  — trata-se da relação de transferência direta na configuração de emissor comum. Essa indicação nos dá a relação entre a corrente de coletor e a corrente de base para um transistor na configuração de emissor comum, ou seja, o ganho de corrente contínua para este transistor.

$I_B$  — trata-se da máxima corrente que pode circular pelo terminal de base de um transistor sem lhe causar dano.

$I_C$  — é a máxima corrente contínua que o transistor pode permitir que circule através de seu coletor sem se danificar.

$I_E$  — é a máxima corrente contínua que pode circular pelo emissor de transistor sem que ele se danifique.

$P_T$  — Esta indicação nos dá a máxima potência que o transistor pode dissipar quando em funcionamento, para uma determinada temperatura de seu invólucro. Para os transistores de potência, esta é especificada tanto para o caso do semiconductor sozinho, como para o caso da utilização de um dissipador de calor de dimensões determinadas.

$T_J$  — trata-se da temperatura da junção de um transistor. Esta grandeza normalmente é especificada juntamente com a potência máxima de operação. A potência máxima de operação está justamente limitada pela máxima temperatura que pode suportar o transistor em sua junção sem que esta sofra dano.

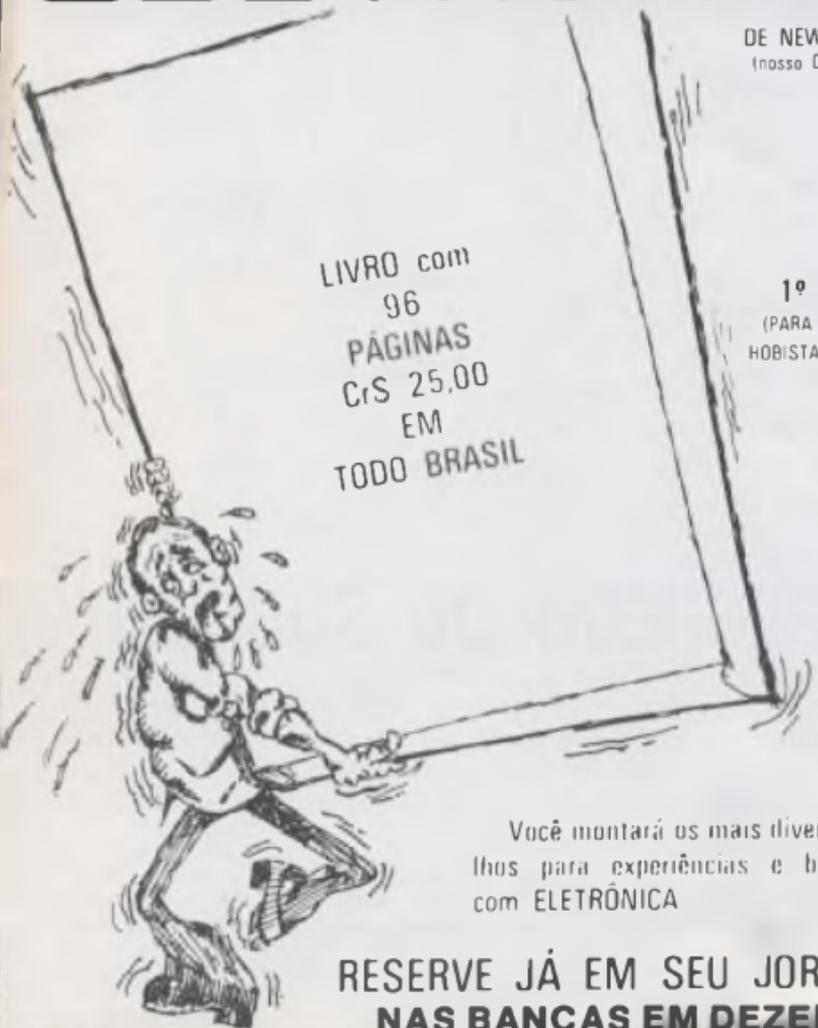
EXPERIÊNCIAS E  
BRINCADEIRAS COM

# ELETRÔNICA

DE NEWTON C. BRAGA  
(nosso DIRETOR TÉCNICO)

LIVRO com  
96  
PÁGINAS  
Cr\$ 25,00  
EM  
TODO BRASIL

1º VOLUME  
(PARA PRINCIPIANTES,  
HOBISTAS E ESTUDANTES)



Você montará os mais diversos aparelhos para experiências e brincadeiras com ELETRÔNICA

RESERVE JÁ EM SEU JORNALEIRO  
NAS BANCAS EM DEZEMBRO

# - CHAVE DE FENDA -



## O SEGREDO DO SUCESSO

Aldo Villela

Nossas livrarias e revistas técnicas, estão abarrotadas de livros e artigos que enchem o técnico profissional até as orelhas, de bons conselhos sobre como realizar o seu trabalho. E o pobre técnico "a-

mador"? O que já se fez até hoje para aquele punhado de homens destemidos que, abnegada e corajosamente, e o que é muito importante, livres de importunos conhecimentos especializados, numa hora

de necessidade enfrentam até mesmo os maiores desafios da técnica? Absolutamente nada. É vergonhoso, mas tem de ser dito: existe um vazio enorme na literatura especializada, que deve ser preenchido urgentemente.

Existem numerosas oportunidades para o técnico amador. Qualquer um - você, por exemplo - pode ter de um momento para outro, a "chance" de sair das sombras do seu modesto anonimato técnico e gozar das delícias da admiração e do aplauso de seus semelhantes.

Suponha por exemplo, que seu chefe realize uma festa, onde pretenda orgulhosamente exibir seu novo "som" estereofônico de oito canais. E, na hora "H" - você adivinhou - a peça resolve pregar uma peça a todos os presentes. É seu grande momento, que deve ser imediatamente aproveitado e convertido num expressivo triunfo técnico-social.

Evidentemente, você tem de estar sempre pronto para esse grande momento. O requisito fundamental e absolutamente indispensável é uma pequena chave de fenda (com "clip"), que deve andar sempre no bolso de seu paletó (ou da camisa se você não estiver usando o dito cujo). É muito importante, que você saiba sincronizar corretamente a retirada desse "documento" de identificação - não deve ser muito precipitado nem demorar demais. Para o máximo efeito, você tem de tirá-la do bolso e manuseá-la dispostamente, para que todos constatem imediatamente a sua grande intimidade com assuntos técnicos. Não demonstre medo nem reverências, pois do contrário, imediatamente aparecem os céticos (que infelizmente se escondem por toda parte), para duvidarem de sua competência. Vá, rapidamente, para perto do aparelho "doente" e vire-o antes que o infeliz proprietário possa protestar.

Ao fazer isso, olhe "discretamente" para a etiqueta de identificação que geralmente se encontra na parte posterior do aparelho. Somente, algo assim como "Ah, um XC2009 especial" (ou outro nome que você leu na etiqueta). O tom de voz é importante. Não demonstre muita reverên-



cia. E faça a declaração de modo aparentemente casual, demonstrando que você é entendido e conhece as coisas. Isso vai reforçar a confiança de todos na sua capacidade.

É muito importante, que em todos os seus atos você irradie calma e confiança. Evite qualquer manifestação que possa criar dúvidas quanto a sua capacidade, no espírito do crescente número de seus espectadores. Por exemplo, risque do seu vocabulário expressões como "ué?" ou "uai?" ou ainda "que será"?

Desaparafuse a tampa traseira - não peça licença, pois você é o responsável daqui por diante - assobiando alegre e descuidadamente. Isso evita que você tenha de responder a perguntas incômodas relativas aos detalhes de suas qualificações técnicas. Deixe cair os parafusos em qualquer lugar, mesmo no chão. Caso isso provoque os olhares desaprovadores da dona da casa, estenda o indicador direito, passe-o levemente pelo interior da caixa. Examine depois o dedo empoado contemplativamente, mas tome o cuidado de fazê-lo próximo a uma lâmpada, para que todos possam ver. Desse modo você não verá mais cara feia.

Incline-se sobre o aparelho, com olhar de entendido - olhar inteligente (pratique-o diante do espelho). Ao mesmo tempo, em voz abafada, murmure a lei de Ohm. Caso você tenha esquecido essa "oração", é suficiente recitar as palavras mágicas

"tensão", "corrente", "resistência" com pausas apropriadas e na sequência que lhe ocorrer no momento. Pode repeti-las várias vezes. A duração desse exame, deve ser apropriada, de acordo com o tamanho e complexidade do aparelho. A eventuais perguntas da platéia fascinada, responda apenas com gestos impacientes.



Peça ao dono do aparelho, para ligá-lo novamente para poder examinar atentamente esse processo crítico. Esse pequeno truque, evita o embaraço de procurar você mesmo o botão correspondente. No intuito de não fazer "papelão" diante do especialista (você), o proprietário fará todos os esforços para executar as operações necessárias com o máximo cuidado. Você deve premiar seus esforços com comentários animadores e elogios: "Isto, assim está certo! Continue assim mesmo; Bom ótimo!" Você conquista um amigo, de quem vai precisar mais tarde.

Se você tiver sorte, o proprietário apenas ligou errado o aparelho na primeira tentativa e agora funciona corretamente. Dê o caso por encerrado, com um expressivo movimento de ombros e guarde calmamente a chave de fenda. Aceite com modéstia os cumprimentos da "platéia", deixando porém, claro, que esse milagre só se deve à sua oportuna intervenção. Em hipótese alguma, você deve recolocar a tampa traseira. Esse tipo de trabalho, simplesmente é indigno de você. (Além disso, nem seria bom tentar mesmo, pois os parafusos já terão sumido).



Acontece porém, casos mais difíceis, onde o sucesso não é alcançado com tanta facilidade. Chegou a hora de mostrar que você é realmente senhor da situação. Peça ao dono do aparelho, a Documentação Técnica do mesmo. Possivelmente, ele terá a vaga lembrança de ter recebido alguma papelada, juntamente com o aparelho. Começa então uma diligente busca e, muito provavelmente, uma discussão entre o dono do aparelho e a esposa para decidir quem é que deu um fim nesses documentos tão vitais. Em nenhuma hipótese, você deve se intrometer, pois esta é uma excelente oportunidade para partir em direção à mesa de frios, doces, e outra guloseima de que você é adepto. Em tom bem natural (pratique antes), você dá a entender aos outros convidados o que pensa de gente relaxada que não sabe onde guarda seus papéis. Não deixe de mencionar discretamente, como essa bagunça, irá prejudicar futuros esforços em prol do aparelho.

Na maioria dos casos, a documentação não aparece e você pode sair lindamente da situação, livre de qualquer responsabilidade pelo desenlace. Se você conseguir ressusitar o aparelho teimoso, todos saberão dar o devido valor, à sua capacidade de realizar o milagre, apesar do "handicap". No caso improvável de seus esforços não trazerem resultado, todos os presentes compreenderão que você não tem culpa nenhuma.

Um meio excelente para domar aparelhos rebeldes é o "processo do chocalho" que, infelizmente só pode ser aplicado a aparelhos menores. Para os maiores é

necessário o "processo da pancadinha". Este consiste em dar pancadas firmes e sistemáticas em todas as peças internas mais importantes (importantes no aspecto, é lógico; você não precisa saber o que elas fazem). Se alguma coisa se quebrar, pergunte ao já agora trêmulo proprietário, com um leve tom de surpresa onde ele achou "esse" aparelho e quanto pagou pelo mesmo. Não esqueça de comentar que "hoje em dia, não se fazem mais peças como antigamente".

Outro método eficaz, é o do curto-circuito. Ponha a haste da chave de fenda, em



contato simultâneo com o maior número possível de terminais e partes metálicas não isoladas do aparelho. Importante nesse

processo, é evitar qualquer surpresa se houver falscas ou se alguma peça fumerar levemente. Tais reações incontroladas, podem facilmente receber uma interpretação errônea. Tomando o cuidado de manter o controle de volume na posição máxima, você pode conseguir com este método, excelentes efeitos sonoros e convencerá ao proprietário que ainda não deve perder a esperança quanto à recuperação de seu aparelho. Dê a entender que isso é apenas uma questão de tempo.

Se todas essas requintadas técnicas falharem, resta ainda um último e infalível recurso. Pergunte com a maior naturalidade possível aos presentes se alguém por acaso, trouxe consigo um "oscilógrafo de raios catódicos". Guarde bem o nome, e pronuncie-o corretamente, pois disso depende o mais retumbante sucesso. O silêncio embaraçado que irá seguir-se a esta pergunta, deve ser aproveitado com habilidade.

Lançando um olhar expressivo aos circunstantes boquiabertos, afaste-se rapidamente, mas com dignidade e passo firme, antes que a cena final se transforme num tribunal. Afinal de contas, nenhuma pessoa sensata deve esperar que você possa resolver um caso tão delicado sem usar um oscilógrafo de raios catódicos ou seja lá como se chama a coisa.

OBS: - Para evitar alguma situação mais embaraçosa, procure certificar-se antes, se não há nenhum enganheiro ou técnico eletrônico entre os presentes - Isso seria fatal.

---

**PREZADO LEITOR: POR ENQUANTO NÃO ESTAMOS ACEITANDO ASSINATURAS. NÃO PODEMOS FORNECER OS NÚMEROS 1 A 44.**



**EM SUA CORRESPONDÊNCIA, NÃO ESQUEÇA DE COLOCAR "REVISTA ELETRÔNICA".**

# FONTE DE ALIMENTAÇÃO DE 6 VOLTS , 0,5 A

Para alimentar os aparelhos que exijam uma tensão de 6 Volts, sob uma intensidade de corrente razoável, temos usado pilhas comuns as quais são ligadas em série.

Como muitos, são os aparelhos que descrevemos que funcionam com uma tensão de 6 Volts, ou seja, 4 pilhas. acreditamos que os leitores mais entusiastas já tenham destinado uma boa soma do capital disponível a compra de pilhas.

Assim, de modo a evitar um gasto excessivo de pilhas, descrevemos uma fonte de alimentação de 6 Volts regulada, que permite a obtenção dessa tensão, a partir da rede de alimentação, com o que, todos os aparelhos que exijam esta tensão podem ser alimentados, e o leitor não precisará se preocupar com as pilhas, usando-as apenas quando necessário.

Esta fonte, servirá para a alimentação de todos os circuitos de 6 Volts que montarmos, desde que estes não necessitem de corrente maior que 500 mA. Sua utilidade na bancada de serviço, será enorme, daí sua montagem ser altamente recomendável para todos que se dedicam a montagem dos circuitos que temos descrito nesta revista.

## O CIRCUITO

O princípio de funcionamento desta fonte, é bastante simples. Partimos do fato, de que na rede de alimentação domiciliar, dispomos de 110 ou 220 Volts de corrente alternada e desejamos obter cerca de 6 Volts em corrente contínua.

Para isso, devemos em primeiro lugar, abaixar a tensão de 110 Volts ou 220 Volts para os 6 Volts, que desejamos. Para esta finalidade usamos um transformador (figura 1).

O transformador, é formado basicamente por duas bobinas, denominadas primária

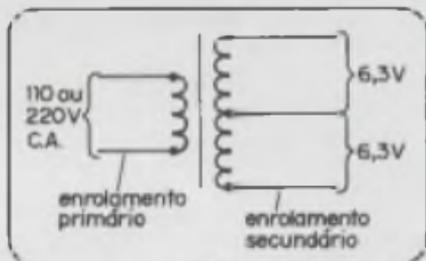


Figura 1

rio e secundário. No primário, é aplicada a tensão que deve ter seu valor alternado, e no secundário, é retirada esta tensão. A alteração de valor da tensão, é função do número de espiras dos dois enrolamentos. O mais importante a observar, é que no enrolamento secundário, ainda obtemos corrente alternada, se bem que a tensão já tenha sido reduzida.

A seguir, devemos retificar a corrente obtida, já que necessitamos de corrente contínua e não alternada, como a obtida no secundário do transformador. Para esta finalidade, usamos diodos semicondutores que tem a propriedade de conduzir a corrente num único sentido, e portanto evitar a circulação nos dois, como ocorre numa corrente alternada (figura 2).

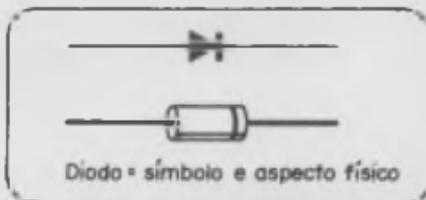


Figura 2

No nosso caso, usaremos dois diodos, o que nos leva a um processo de retificação, conhecido como "retificação de onda completa".

A seguir, temos a filtragem da corrente contínua obtida após os diodos que é feita por um capacitor eletrolítico de grande valor. Esse capacitor, atua como um reservatório de energia, evitando as variações que poderiam ocorrer na corrente de saída em função da sua retificação.

A próxima etapa, será a regulagem. Essa regulagem, consiste em se evitar que a tensão de saída, varie em função do consumo do circuito que seja ligado a fonte. Numa fonte não regulada, a tensão pode cair sensivelmente de valor, quando um circuito de consumo mais elevado, tem de ser alimentado o que pode causar um funcionamento deficiente.

A regulagem é feita, em função das propriedades elétricas de dois componentes: o diodo zener e o transistor.

O diodo zener, fornece o padrão de tensão, ou seja, determina qual deve ser a tensão de saída. Trata-se de um componente, que tem a propriedade de manter sempre a mesma tensão entre os seus extremos mesmo quando lhe aplicamos tensões de valores diferentes. Em suma, ele regula a tensão que lhe é aplicada.

Ocorre entretanto, que o diodo zener, só pode regular tensões quando a corrente exigida não é muito grande. No nosso caso, os 500 mA, seriam demais para este componente e ele não daria conta, se estivesse sozinho no circuito. Para ajudá-lo, usamos um transistor de potência.

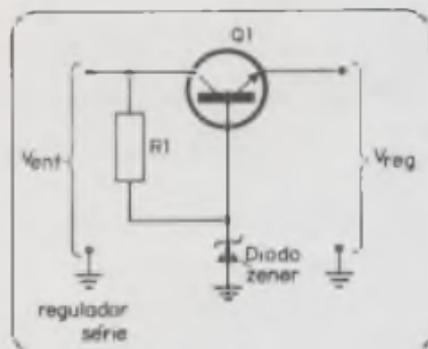


Figura 3

Esse transistor, amplia a regulagem do diodo zener, ou seja, estabelece a tensão de saída, em função da tensão de referência dada pelo diodo zener (figura 3).

Os componentes adicionais, tem por finalidade estabilizar o funcionamento de todos os componentes.

Obtemos deste modo, uma saída de tensão constante de 6 Volts sempre que o consumo do aparelho alimentado seja inferior a 500 mA.

#### A MONTAGEM

Todos os componentes, são de facilíma obtenção, e de baixo custo, e a descrição da montagem é feita de modo a facilitar o principiante, que pouca ou nenhuma prática tenha em montagens desse tipo.

Como sugestão, o leitor pode fixar os componentes, sobre uma base de madeira e eventualmente instalá-la numa caixa fechada, mostrando apenas os terminais de ligação.

Comece a montagem, por fixar o transformador, usando para esta finalidade os furos de suas abas. Parafusos com porcas ou parafusos de madeira podem ser usados para esta finalidade.

A posição do transformador é importante. O enrolamento de alta-tensão que deve ser ligado a rede, deve ficar do lado esquerdo, e o enrolamento de baixa tensão que tem três fios de saída, do lado direito.

Os componentes menores, são todos soldados numa ponte de 8 terminais. Para o trabalho de soldagem, use um soldador pequeno (30 Watts), e solda de boa qualidade. As interligações entre os componentes, são feitas com fio comum de capa plástica.

Fixada a ponte de terminais na base de montagem, solde os componentes, observando cuidadosamente a posição dos diodos, identificada pelos anéis em seu corpo, e a posição do capacitor eletrolítico. Oriente-se pelo desenho (figura 4), e pelo diagrama (figura 5).

Para completar, faça a ligação do transistor e dos terminais de saída. O transistor, tem como terminal de coletor (C), o próprio invólucro. Para fazer esta ligação,

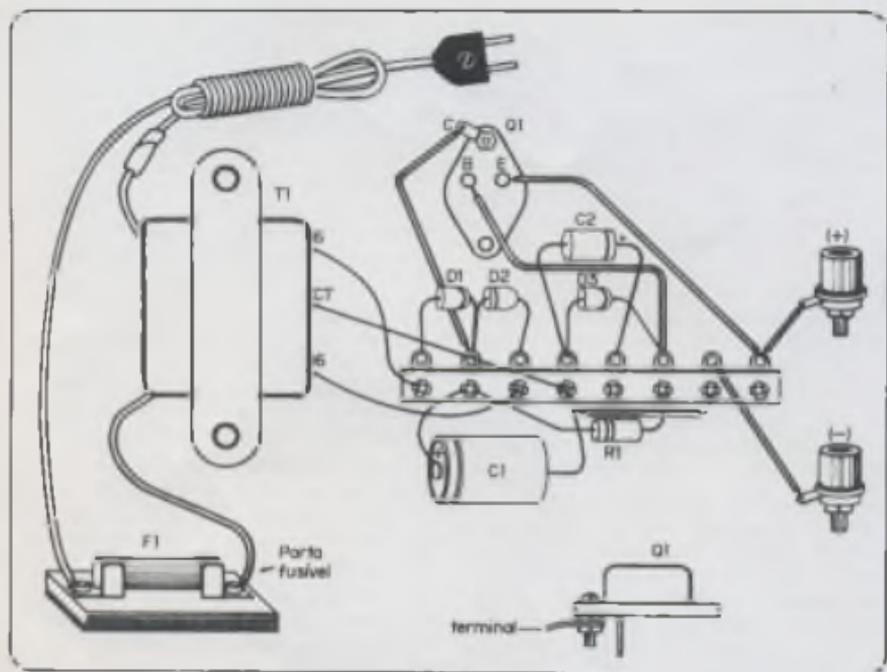


Figura 4

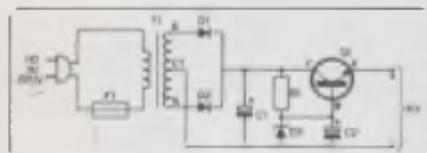


Figura 5

prenda com um parafuso com porca, um terminal simples e faça neste a conexão (aproveite este terminal de uma ponte).

Os bornes de ligação, já tem terminais próprio para conexões. O borne vermelho, deve corresponder ao polo positivo, e o preto ao polo negativo.

O fusível deve ser de 1 A, e tem por finalidade proteger o circuito em caso de algum curto-circuito acidental.

#### EXPERIMENTANDO A FONTE

Para experimentar a fonte, é simples. Depois de completada a montagem, confira todas as ligações, e se tudo estiver correto, liga a tomada na rede de alimenta-

ção. Entre os polos da fonte, ligue uma lâmpada de 6 V x 250 mA (lâmpada normalmente usada nos mostradores de rádios e que podem ser adquiridas, em qualquer casa de material eletrônico). A lâmpada deve acender, com seu brilho normal.

#### LISTA DE MATERIAL

T1 - Transformadores de filamento - 110 ou 220 Volts de primário e 6 + 6 Volts de secundário com 500 mA.

D1, D2 - 1N4001 - diodo retificador de silício

D3 - Diodo zener 6,8 Volts - 8ZX79 C6V8 ou equivalente

Q1 - Transistor 2N3055

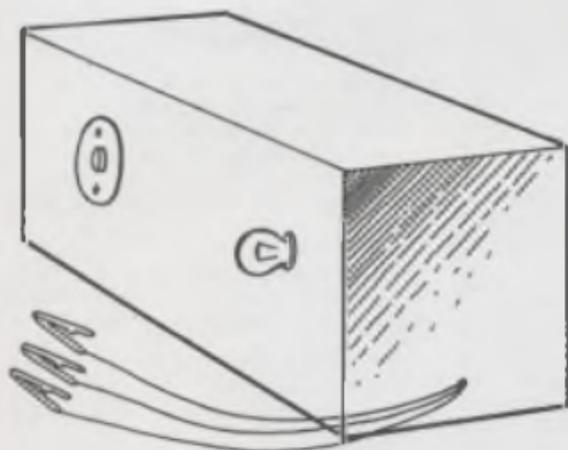
C1 - 2 200  $\mu$ F x 10 Volts - capacitor eletrolítico

C2 - 100  $\mu$ F x 10 Volts - capacitor eletrolítico

R1 - 470 Ohms x 0,5 Watts - resistor de carvão

Diversos: fusível e porta fusíveis, fio com tomada, base de montagem, etc.

# PROVADOR SIMPLES DE SCR



Muitas das nossas montagens destinadas aos principiantes, utilizam como base os diodos controlados de silício (SCR), que são semicondutores, cujas propriedades podem ser aproveitadas com as mais diversas finalidades.

Se bem que os SCRs sejam componentes bastante robustos, capazes de resistir a choques mecânicos, calor e sobre-cargas, em determinadas condições, podem sofrer danos permanentes quando então suas propriedades elétricas básicas deixam de se manifestar.

Provar um SCR não é tão simples, se o leitor não conhecer seu princípio de funcionamento. Na realidade, se para a prova uma polarização imprópria for utilizada o componente pode queimar-se. É o que ocorre, por exemplo, se para verificar seu funcionamento, tentarmos disparar o SCR com um pulso negativo, quando ele se encontra polarizado no sentido direto.

O circuito que descrevemos neste artigo permite uma prova bastante simples de

SCRs, do tipo que comumente usados, com relativa segurança.

O princípio de funcionamento deste simples provador que utiliza apenas 3

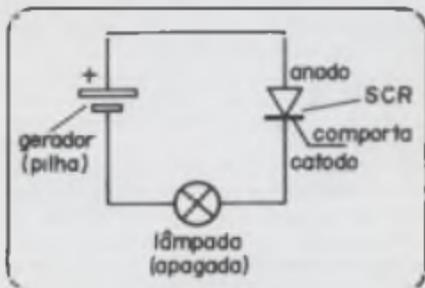


Figura 1

componentes é bastante fácil de ser compreendido pois é o próprio princípio de funcionamento do SCR, podendo ser analisado do seguinte modo:

a) Se polarizarmos o SCR no sentido direto, ou seja, ligando o polo positivo de uma fonte de alimentação ao seu anodo, e o seu catodo ao polo negativo figura 1), deixando o eletrodo de comporta (gate) desligado, o SCR não conduzirá nenhuma corrente. Uma lâmpada ligada em série com este circuito deverá permanecer apagada.

b) Se, agora aplicarmos uma polarização positiva ao eletrodo de comporta (gate) sinal este que pode vir através de um resistor ligado ao polo positivo da mesma fonte de alimentação, o SCR passará a conduzir intensamente a corrente. (figura 2). A lâmpada ligada em série com o circuito, que

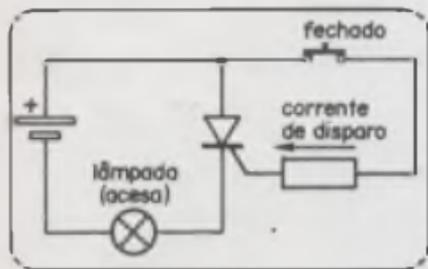


Figura 2

serve para indicar essa corrente deverá acender com seu brilho normal.

c) Mesmo depois do pulso de disparo desaparecer do eletrodo de comporta, ainda assim, o SCR deverá permanecer conduzindo a corrente, o que significa que a lâmpada deverá permanecer acesa. Um SCR permanece portanto no seu estado de condução quando excitado, enquanto houver uma polarização direta, ou seja, seu anodo for positivo em relação ao seu catodo. (figura 3).

d) O SCR não deve conduzir corrente se o polarizarmos no sentido inverso, mesmo quando haja excitação em seu eletrodo de comporta. Na verdade esta é uma situação perigosa, pois não devemos excitar o eletrodo de comporta com um pulso negativo, pois se ele estiver polarizado no sentido

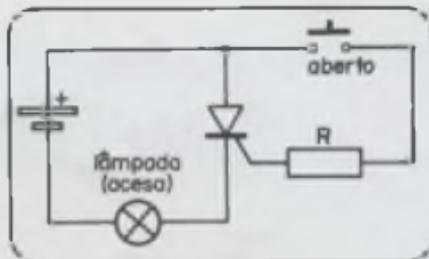


Figura 3

direto nestas condições, ele poderá sofrer dano permanente, inutilizando-se.

O provador que descrevemos realiza as provas da seqüência dada pelos Itens A, B e C. Ocorrendo como o descrito, o SCR se encontra em boas condições e pode ser usado normalmente.

O PROVADOR:

O diagrama do provador é dado na figura 4 e o aspecto de sua montagem numa pequena caixa é sugerido na figura 5.

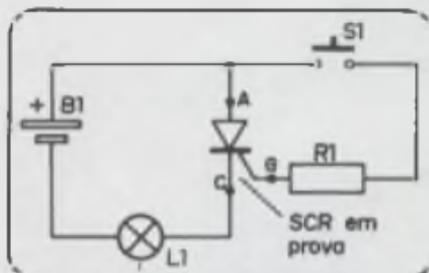


Figura 4

Como fonte de alimentação utilizamos 4 pilhas ligadas em série, podendo ser usadas 4 pilhas pequenas e um suporte conveniente.

A lâmpada indicadora deve ser do tipo para 6 Volts com uma corrente de operação compreendida entre 50 a 250 mA. Observamos que esta é a corrente de prova do SCR e que portanto ele deve ser capaz de suportá-la (D C106, por exemplo suporta-a perfeitamente já que é especificado para 4 A, ou seja, 4 000 mA).

A prova é realizada, pressionando-se o interruptor que momentaneamente aplica um pulso positivo ao eletrodo de comporta, disparando o SCR se ele estiver em

boas condições. Um resistor de limitação é usado para a corrente de disparo.

Para a conexão do SCR e o provador o

montador poderá usar três garras jacaré as quais são conectadas com fios de cores diferentes, conforme os terminais do SCR

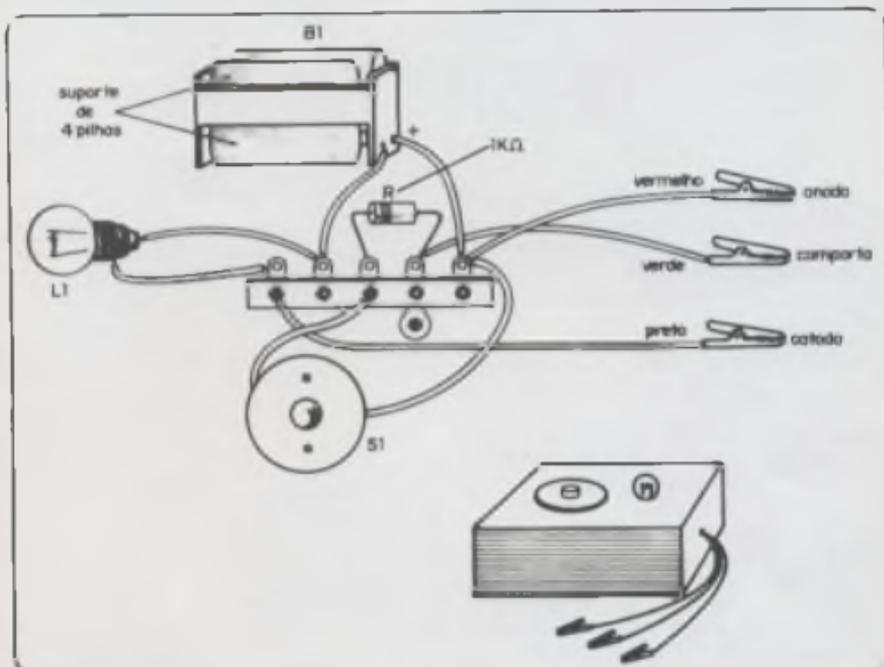


Figura 5

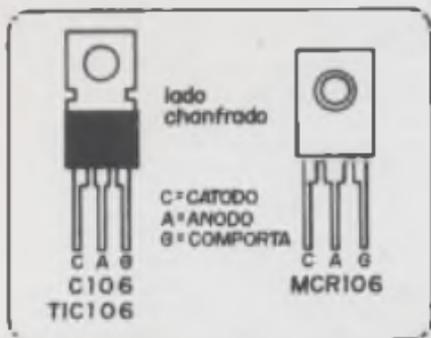
em prova. Nossa sugestão para as cores são as seguintes:

- Vermelho - anodo
- Preto - catodo
- Verde - comporta

#### A PROVA DO SCR:

- a) Ligue o SCR duvidoso aos terminais, observando cuidadosamente a disposição dos terminais. (consulte um manual se tiver dúvida ou consulte alguma publicação que tenha a disposição dos seus terminais). A lâmpada deve permanecer apagada.
- b) Pressione o botão por um ou dois segundos. A lâmpada deve acender e assim permanecer mesmo depois de soltarmos o botão.
- c) Para "desligar" o SCR desligue momentaneamente a garrinha vermelha. Observações: se na prova a, a lâmpada já acender, o SCR se encontra "em curto" estando portanto inutilizado.

Se na prova b a lâmpada não acender o SCR também se encontra inutilizado.



# FONES E MICROFONES DE CRISTAL

Estes componentes apresentam características elétricas tais que permitem sua utilização em aplicações em que outros tipos de transdutores como os fones magnéticos ou dinâmicos não podem ser usados.

Em algumas de nossas montagens exigiremos a utilização específica deste tipo de componente, e teremos motivos para dizer que não poderá haver sua substituição por um equivalente dinâmico ou magnético ou de qualquer outro tipo.

Os fones e microfones de cristal basicamente são constituídos por um cristal de Sal de Rochelle que apresenta propriedades piezoelétricas, ou seja, apresenta a propriedade de converter energia mecânica em elétrica e vice-versa. Desta modo, quando pressionado por uma onda sonora ele faz aparecer em determinada região uma diferença de potencial que pode ser aplicada a um circuito e amplificada, e do mesmo modo, quando estabelecemos uma diferença de potencial em determinada região, o cristal sofre uma deformação mecânica, podendo com isso gerar uma onda sonora equivalente. No primeiro caso temos a utilização do cristal como um microfone e no segundo como um fone. Entretanto, como o fenômeno ocorre sempre bilateralmente, podemos dizer que todo microfone de cristal pode ser usado como fone e vice-versa se bem que seus encapsulamentos normalmente permitem um maior rendimento numa função específica.

Com relação aos fones de cristal, eles normalmente podem ser encontrados com a aparência mostrada na figura 1. O leitor

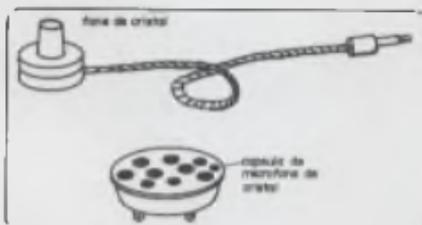


Figura 1



Figura 2

não deve confundir esse tipo de fone com o que eventualmente acompanhe seu rádio portátil ou gravador, pois estes normalmente são magnéticos. Os fones de cristal apresentam uma impedância bastante elevada, ao contrário dos fones magnéticos ou dinâmicos cuja impedância é muito baixa. Podemos facilmente verificar se um fone é magnético abrindo ou retirando seu condutor acústico de plástico. Nos fones magnéticos veremos na parte interna um pequeno disco de metal liso que é o diagrama, enquanto que nos fones de cristal, veremos uma lâmina de alumínio que possui no seu centro um pequeno resalto onde é preso o cristal. (figura 2).

Dentre as propriedades importantes que podemos destacar num fone ou num

microfone de cristal temos a sua elevada impedância da ordem de muitos megohms, e sua sensibilidade. No caso dos fones, trata-se portanto do tipo ideal para a construção de receptores experimentais de pequena sensibilidade, e do microfone, do tipo ideal para operar com amplificadores que não apresentem muito alto rendimento.

Um problema que ocorre com os fones e microfones de cristal é sua sensibilidade a umidade. O cristal piezoelétrico ao absorver umidade perde suas propriedades elétricas e "enfraquece" deixando de funcionar com o tempo. Tais dispositivos devem portanto ser guardados em lugares secos e não muito quentes, pois o calor também os afeta.



# orientação para o montador

- Como obter os componentes
- Custo aproximado
- Cuidados especiais
- Tempo de montagem

## Fonte de 6 Volts x 0,5 A.

Esta fonte de 6 Volts para o experimentador é bastante simples de montar não exigindo nenhum cuidado especial além dos fornecidos no próprio artigo.

Todos os componentes empregados são de muito fácil obtenção, e mesmo o transformador, admite uma tolerância bastante grande de tipo. Na verdade, transformadores para 6,3 Volts com correntes de 500, 600 ou mesmo 1 A podem ser usados, o que permite inclusive o aproveitamento de material de que o leitor já disponha.

O transistor de potência usado na regulagem é de tipo bastante comum que não oferece dificuldades de obtenção. Na verdade pode ser encontrado de diversas procedências em diversos tipos de invólucros. Preferivelmente o leitor deve procurar pelo invólucro de alumínio que é bem mais barato que os equivalentes, ficando em torno de Cr\$ 25,00.

Com relação ao custo total do aparelho, podemos dizer que está em torno de Cr\$ 70,00.

## Interruptor Temporizado

O componente básico desta montagem também é um SCR, que pode ser encontrado com facilidade, principalmente com a possibilidade de utilização de diversos equivalentes. Dependendo da procedência e do tipo será seu custo, girando geralmente em torno de Cr\$ 25,00. Os tipos que podem ser usados nesta montagem são os C106, TIC106 ou MCR 106, todos para uma tensão de 200 Volts se a rede for de 110 Volts e para 400 Volts se a rede for de 220 Volts.

Como se trata de montagem dirigida ao principiante todas as explicações necessárias a identificação e colocação dos componentes são dadas.

Podemos dizer que o custo total do material usado nesta montagem não deve superar os Cr\$ 50,00.

Se o leitor tiver habilidade em confeccionar placas de circuito impresso poderá obter neste caso uma montagem bastante compacta que lhe possibilitará embutir a unidade no local do interruptor normal, na parede.

Com relação ao capacitor eletrolítico, devemos observar que este componente pode ser encontrado em dois tipos de invólucros; com terminais axiais opostos feitos para ser instalados por baixo de chassi, ou em placas de fiação impressa, ou ainda com rosca, para serem fixados sobre chassi. Para o nosso caso devemos preferir o primeiro tipo.

### Alarme e Temporizador para Auto

Todos os componentes exigidos para esta montagem são de fácil obtenção em nosso mercado, sendo encontrados de diversas procedências, e portanto com diversos preços.

No caso do SCR, por exemplo, não só o C106, como também seus equivalentes MCR106, TIC106 podem ser usados, diferindo uns dos outros apenas em relação ao invólucro. O SCR deve ser para no mínimo 50 Volts. O preço do SCR, dependendo da procedência está em torno de Cr\$ 25,00.

Com relação ao transistor unijunção, o outro componente básico do circuito, também pode ser encontrado de diversas procedências, com a mesma denominação. O seu custo, em média é de Cr\$ 20,00.

Sendo estes dois os componentes mais caros desta montagem, são eles que determinam basicamente o custo do projeto que estará em torno de Cr\$ 80,00. Evidentemente, não estamos considerando os acessórios como a placa de fiação impressa, a caixa, etc.

Com relação a montagem, devemos ainda observar que, para a obtenção de uma montagem compacta deve ser usada a técnica de fiação impressa. A placa deve ser projetada pelo próprio montador, mas como o número de componentes empregados não é dos maiores, o leitor não terá dificuldades em evitar cruzamentos de fios, etc.

Para a instalação no veículo, o sucesso de funcionamento dependerá da habilidade de cada um que deverá conhecer bem a parte elétrica de seu carro. Uma consulta ao manual do fabricante será importante nesse caso.

### Pré-amplificador para Microfone

Esta montagem exigem certas precauções com as quais a maioria dos principiantes não está habituada. Por se tratar de circuito de áudio de alto-ganho, sujeito a captação de zumbidos, as ligações devem ser diretas e curtas, e quando isso não for possível, deve ser usado fio blindado.

Deste modo, esta montagem é especialmente recomendado para os montadores que já possuem certa habilidade, e que saibam confeccionar placas de circuito impresso.

Os transistores usados como base para este circuito são de tipo bastante comum no nosso mercado podendo ser encontrados com facilidade.

Como a fonte de alimentação para este pré-amplificador é de tipo especial que deve fornecer uma tensão de 18 Volts, temos duas possibilidades a considerar na avaliação do custo: incluindo a fonte e não incluindo a fonte.

Sem a fonte de alimentação, o custo total do material para esta montagem deve estar em torno de Cr\$ 60,00, enquanto que para a montagem de uma fonte apropriada com regulagem por diodo zener, deve-se gastar outro tanto.

De qualquer maneira a montagem deste circuito exige conhecimentos adicionais do montador que deverá saber como usá-lo e como ligá-lo ao amplificador com o qual deverá operar.

# UM POUCO SOBRE A VÁLVULA "KLYSTRON"

Aquilino R. Leal

Ao submeter-se uma partícula elétrica de carga  $q$ , a um campo elétrico de intensidade  $|\vec{E}|$ , na mesma, atuará uma força cujo módulo é proporcional ao módulo deste campo, e, ao módulo da carga, isto é,  $|\vec{F}| = q \cdot |\vec{E}|$ . O sentido desta força é dado pelo sinal da carga: se for positiva, a força terá o mesmo sentido que o campo elétrico e terá sentido contrário, se a carga  $q$  for negativa. Estes dois casos podem ser visualizados na fig. 1.

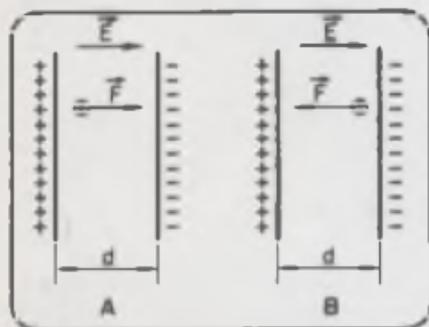


Figura 1 - Efeito que sofre uma carga elétrica num campo elétrico  $E$ . Observar que se a carga  $q$  é positiva (A) a mesma se desloca para a placa de menor potencial (negativa) e noutro sentido (B) quando a mesma é negativa.

A força  $|\vec{F}|$ , fará com que a carga elétrica o desloque do ponto de menor potencial, para o de maior potencial se a mesma for negativa, isto é, quando se tratar de elétrons - fig. 1-B. A velocidade de deslocamento desses elétrons é aproximadamente 300.000 km/s no vácuo, ou, o

que é a mesma coisa:  $3 \times 10^{10}$  cm/s. Se a distância  $d$  entre as duas placas (fig. 1), for, de apenas, alguns centímetros, o tempo gasto por um elétron para se deslocar de uma para outra placa é de ordem de  $10^{-11}$  segundos - este tempo é denominado tempo de transição.

O fluxo de elétrons, da placa de menor potencial para o de maior potencial, caracteriza a corrente elétrica, cujo sentido eletrônico é dado pelo sentido de deslocamento dos elétrons, no entanto, adotaremos o sentido convencional para a corrente elétrica, ou seja: contrário ao movimento dos elétrons.

Uma válvula eletrônica, nada mais é do que uma aplicação prática destes conceitos.

A válvula eletrônica convencional - fig. 2 - conduz corrente por meio de uma emissão de elétrons, que flui desde o catodo (negativo), a uma placa (positiva) denominada anodo. Evidentemente a emissão é acentuada, pelo simples fato de aquecer-se o elemento emissor de elétrons (catodo), por intermédio de um filamento. Os semicondutores não necessitam do artifício de aquecimento, por isso mesmo são chamados "frios". O catodo por sua vez é constituído por material que apresenta grande capacidade de liberar elétrons, devendo-se ao campo elétrico formado entre o catodo e anodo, regular a quantidade de elétrons do fluxo. Desde que consigamos controlar este campo, estaremos aptos a controlar o fluxo de elétrons e, portanto, a corrente elétrica que irá circular tanto na válvula como no circuito externo.

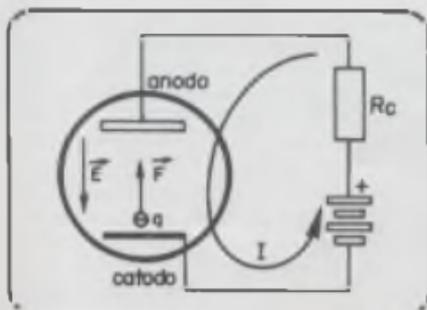


Figura 2 - Deslocamento de elétrons numa válvula eletrônica convencional. Note o sentido convencional da corrente  $I$  - contrário ao movimento dos elétrons.

O referido campo elétrico, pode ser controlado, por intermédio de uma placa colocada entre o cátodo e anodo (fig. 3), que recebe o nome de grade de controle. Esta placa ou grade, assemelha-se as uma tela de arame, que pelos buracos da mesma, irão passar os elétrons na sua frenética corrida em direção ao anodo.

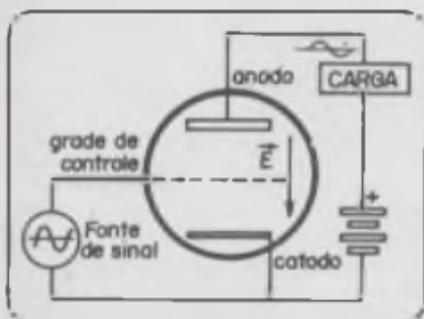


Figura 3 - De acordo com o potencial da grade, os elétrons serão mais ou menos fortemente atraídos pela placa.

A aplicação de uma tensão variável à grade, fará com que maior ou menor número de elétrons, alcance o anodo, pois esta tensão, irá fazer com que varie o campo elétrico entre anodo e cátodo produzindo portanto, um aumento ou diminuição na tensidade de fluxo eletrônico de acordo com a amplitude da tensão aplicada à grade. A corrente resultante da presença do campo elétrico, agora controlado adequa-

damente, circulará através de uma carga introduzida no circuito de placa, com o objetivo de produzir uma tensão de saída, que possua uma amplitude proporcional à tensão variável do sinal aplicada à grade, bem como, uma frequência que seja numericamente igual à frequência do sinal de entrada. Observe-se que, se a frequência do sinal é de 1.000 Hz (por exemplo), o fluxo de elétrons, variará 1.000 vezes em cada segundo, ou seja: os elétrons serão acelerados e freados, intercaladamente, 1.000 vezes em cada segundo! Assim, em ciclo do sinal, que por motivos de comodidade iremos considerar senoidal, realiza-se em 1/1000 segundos ou o que é a mesma coisa, em  $10^{-3}$  segundos.

A distância entre cátodo e anodo, é pequena e a velocidade dos elétrons é elevada, então, o tempo de transito é muito pequeno em comparação com o período do sinal - tempo gasto para realizar uma oscilação completa. À medida que a frequência do sinal aumenta, o tempo de transito que é constante, passa a ser comparável com o período do sinal aplicado à grade. Isto acontece com as frequências denominadas microondas; neste caso, o campo situado entre o cátodo e o anodo, pode inverter-se muito, antes que pelo menos um elétron tenha tido tempo de passar de um a outro eletrodo. Para compreender na íntegra o fenômeno, consideremos o seguinte caso: hipoteticamente, consideramos um sargento e os seus subordinados como, por exemplo, o sargento Tainha e os "seus" soldados, Zero, Dentinho, Cosme entre outros, tão conhecidos que são das histórias em quadrinhos. Num dia de educação física, a ginástica consiste, digamos, em entregar um bastão que está numa equipe, à equipe frontal de uma maneira ordenada, obedecendo as ordens "vai" e "volta", do sargento Tainha. À ordem "vai", o soldado que estiver com o bastão, coloca-se à correr em direção frontal, até atingir o primeiro soldado enfileirados da equipe adversária, quando exatamente neste momento, passará para o mesmo, o bastão; à ordem "volta", este outro procederá de forma análoga ao primeiro e assim, sucessivamente, o bastão passará de equipe a equipe obedecendo os

comandos do sargento. A brincadeira sempre será possível, desde que o tempo gasto pelo soldado atleta para alcançar a equipe adversária - tempo de transição - for menor que o intervalo de tempo entre dois comandos, "vai" e "volta", dados pelo sargento - o soldado, possivelmente, terá tempo suficiente para chegar e entregar o bastão a, àquele que o recebeu, disporá, quiçá, ainda de algum tempo para preparar-se enquanto o comando "volta" é verificado. O sargento pode fazer com que suas ordens, sejam compassadamente transmitidas de forma que, mal chegando o bastão a uma das equipes, o mesmo seja imediatamente levado de volta por outro soldado; neste caso o tempo de transito, é igual ao tempo gasto entre duas ordens consecutivas do sargento Tainha. Podemos dizer então, que a tropa alcançou a sua frequência máxima de operação. Pois bem, se o sargento Tainha, numa dessas manhãs, estiver de mau humor com os soldados, irá dar as ordens "vai" e "volta" tão rapidamente, que por mais que o soldado Zero se esforce, não consegue atingir a equipe oposta, pois logo que tenha partido receberá a ordem de volta, voltando ao ponto de partida e, mesmo antes de alcançá-lo receberá a ordem "vai" e terá de ir e isto se repetirá sucessivamente, o que nos diz que a tropa ainda não está preparada fisicamente para responder, adequadamente, à frequência das ordens do nosso bom amigo Tainha. Tranquilamente, diremos que não há passagem de carga elétrica (bastão), de uma equipe para outra (de um terminal para outro terminal - catodo e anodo).

Este exemplo, procurou mostrar o que sucede com os elétrons (soldados), quando o período da fonte de sinal (intervalo de tempo entre as duas ordens do sargento), é menor que o tempo gasto para o elétron alcançar o anodo. Esta ação, altera a relação de fase, entre a tensão da placa e a corrente, além de limitar tanto a potência de saída como a frequência.

Os efeitos do tempo de trânsito, constituem as limitações mais sérias, das válvulas eletrônicas convencionais quando empregadas em microondas; isto sem levar em conta, os altos valores de impe-

dância (capacidade e/ou indutiva), que se originam nas mesmas a causa da altíssima frequência em pauta. Para contornar este problema, foram criados vários tipos de válvulas capazes de poder operar com frequências altíssimas e, dentre elas, podemos citar a válvula KLYSTRON.

Antes de iniciar propriamente a descrição do funcionamento da válvula Klystron, convém relembrar certos aspectos relativos ao movimento dos elétrons. Sem entrar em maiores detalhes, o elétron pode ser definido como uma partícula de matéria "carregada" negativamente apresentando uma massa bem definida. Quando em movimento, esta partícula possui uma certa quantidade de energia cinética e, como sabemos, um aumento ou diminuição de sua velocidade, implicará em um aumento de redução de energia. Lembremos que a expressão que determina a energia de uma partícula, é  $\frac{1}{2} m v^2$  em que  $m$  e  $v$  representam, respectivamente, a massa (kg) e a velocidade da partícula (m/s.).

Como já constatamos, um "campo elétrico positivo", atrai os elétrons enquanto um "campo negativo", os repelem. Se um elétron se desloca em direção a um eletrodo positivo (fig. 1-B), a força elétrica de atração, acelerará seu movimento. Afastando-se do mencionado eletrodo, a força irá exercer sobre o mesmo, uma certa oposição ao movimento, diminuindo-lhe a velocidade. Um "campo negativo", produz um efeito inverso ao descrito.

Baseando-nos no princípio de conservação de energia é de se supor que, quando, se aumenta a velocidade de um elétron, a energia adicional deve ter uma procedência, e quando se lhe diminui a velocidade, a energia liberada deve ter algum destino. No primeiro caso, houve um incremento positivo de energia cinética, enquanto que no segundo, negativo. O incremento positivo, provém do campo elétrico e o incremento negativo, de energia cinética, é absorvido pelo campo.

Partindo destas considerações, estamos praticamente, no limiar do entendimento do princípio de funcionamento de uma válvula Klystron, cujo circuito básico é visto na fig. 4. Uma grade positiva, por-

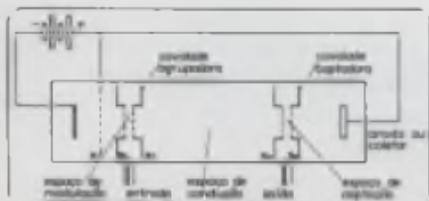


Figura 4 - Corte de uma válvula amplificadora do tipo Klyetron.

tanto aceleradora,  $g_1$  atrai os elétrons provenientes do catodo (K), e os envia, em feixes de alta velocidade, ao encontro das grades  $g_2$  e  $g_3$ , denominadas grades agrupadoras de elétrons; estas duas grades, estão situadas num circuito ressonante - cavidade agrupadora. Em tempo: os circuitos ressonantes, são formados por cavidades ressonantes nas quais os elétrons se movem e apresentam uma "frequência de ressonância" que está determinada pelas dimensões e forma da cavidade; o princípio de funcionamento de uma cavidade ressonante é, em princípio, análogo aos circuitos osciladores LC. Esta cavidade recebe o sinal de alimentação por meio de um guia de onda ou uma espira de acoplamento. A tensão do sinal irá estabelecer um campo elétrico entre as grades agrupadoras  $g_1$  e  $g_2$ , de modo que nos semi-ciclos positivos do sinal o campo acelera o movimento dos elétrons à medida que se aproximam e, nos negativos, retarda o referido movimento. Logicamente, o campo não produzirá nenhum efeito no movimento dos elétrons, quando a onda do sinal passar pelo seu ponto neutro.

Assim, o fluxo de elétrons que emana das grades agrupadoras é constituído por elétrons que se locomovem a distintas velocidades: uns apresentarão um movimento mais rápido que ao ingressar na cavidade, outros com movimento mais lento e os demais se deslocarão com igual velocidade.

Posto isto, podemos, agora, afirmar que a velocidade do elétrons foi modulada de acordo com o sinal aplicado à cavidade agrupadora, por isso, o espaço compreendido entre as grades agrupadoras denomina-se espaço de modulação.

As grades  $g_4$  e  $g_5$  - fig. 4 - são denominadas grades captadoras de elétrons pela razão que veremos adiante. O espaço compreendido entre a última grade agrupadora ( $g_3$ ) e a primeira captadora ( $g_4$ ) denomina-se espaço de condução estando, este espaço, desprovido de campo elétricos. Na ausência de um campo de aceleração, os elétrons manterão a mesma velocidade que tinham ao abandonar o espaço de modulação. Como alguns elétrons circulam com maior velocidade que outros como já se viu, estes alcançarão os mais lentos e em alguma região do espaço de condução os elétrons irão aglomerar-se, formando grupos e, é justamente nesse ponto de formação de grupos onde se encontram as grades captadoras  $g_4$  e  $g_5$  colocadas em uma cavidade ressonante de saída denominada cavidade captadora. Estes grupos induzem uma tensão de radiofrequência (RF) na cavidade captadora, na sua frequência de ressonância, da mesma forma que um pulso de corrente exercita um circuito LC sintonizado. Com uma correta relação de fase entre a referida tensão e os grupos de chegada, o campo retardará os elétrons ao passarem pelo espaço situado entre captadoras. Esta região é conhecida por espaço de captação. A energia despreendida pelos elétrons devido ao seu retardo de movimento é "extraída" por uma outra espira de acoplamento enquanto os elétrons retardados se chocam, logo a seguir, contra a placa coletora que os devolve ao catodo.

Porque, os elétrons circulam pelo espaço de modulação, em um fluxo constante, a tensão do sinal acelera ou retarda igual quantidade de elétrons, em consequência, na cavidade agrupadora não se produz nenhum intercâmbio de energia durante todo o ciclo do sinal se, como é claro, as perdas forem desprezadas. Na cavidade captadora os elétrons chegam em grupos quando a tensão da cavidade se encontra no seu semi-ciclo negativo e, a circulação de elétrons é rarefeita durante o semi-ciclo positivo. A quantidade de elétrons que sofreu retardo ao atravessar o espaço de captação é muito maior que a quantidade de elétrons que são acelerados e, em consequência, a energia de entrada ao campo é muito maior que a de saída. Esta diferen-

ça de energia representa um aumento de potência em relação ao sinal aplicado à válvula e, portanto, a válvula amplificou o sinal de entrada.

As válvulas Klystron são fabricadas, normalmente, com mais de duas cavidades e neste caso recebem o nome de Klystron de cavidades múltiplas e, além disso, na prática, a válvula apresenta dois catodos em vez de um na região de catodo; a finalidade dos dois catodos é focar os elétrons concentrando-os num estreito feixe.

As válvulas Klystron de cavidades múltiplas apresentam um maior rendimento que as outras além de uma potência de saída mais elevada, chegando a entregar potências da ordem de quilowatts (kw)!

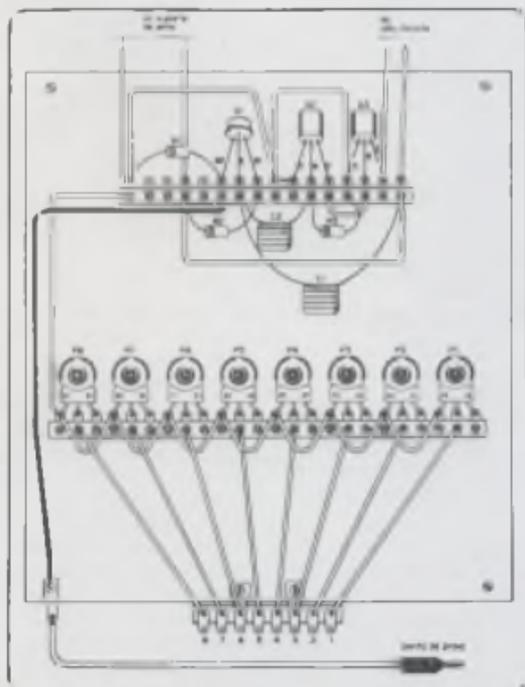
A amplificação de potência não é a única aplicação das válvulas Klystron em microondas; empregam-se também como osciladores e multiplicadores de frequência.

O oscilador Klystron funciona pela simples realimentação de parte de sua potência de saída desde a cavidade captadora à agrupadora, evidentemente, com uma correta fase. Quando a válvula Klystron é empregada como multiplicador de frequência, a sua cavidade de saída é menor que a de entrada, encontrando-se sintonizada para "ressonar" em algum múltiplo de frequência desta.

### ÓRGÃO ELETRÔNICO — ERRATA

Solicitamos aos leitores interessados na montagem do ÓRGÃO ELETRÔNICO — Revista Saber Eletrônica — nº 51, que acrescente no desenho da página 37 — figura 11, a ligação que

foi omitida. Esta ligação deve ser feita entre o emissor (E) do transistor unijunção (Q1), ao terminal da ponta de prova.



# UM NERVO TESTE COM CASTIGO



O tradicional jogo de passar a argolinha pelo arame com uma inovação: se o jogador errar será castigado com um choque imediatamente!

Se bem que "dar choques" nos outros não possa ser considerada nenhuma brincadelinha inocente, vemos proliferar em diversos locais dispositivos cuja finalidade aplicar um inofensivo porém bem dado choque elétrico.

Nossa finalidade neste artigo não é instigar nenhum leitor a brincadeiras perigosas, pois acreditamos que todos tenham bom senso suficiente para que o local, a hora e a pessoa em que a brincadeira seja feita saibam ser escolhidos.

Desenvolvemos portanto uma versão "mais forte" do conhecido jogo do nervo--teste em que a "última" se verá contem-

plada com um choque razoável se errar em qualquer instante da passagem da argola pelo fio tortuoso.

Evidentemente, a descarga elétrica não deve ter intensidade suficiente para ser perigosa, se bem que, qualquer choque elétrico seja perigoso, dependendo das condições em que ocorre.

A base deste aparelho é um dispositivo que eleva a tensão de uma pilha de 1,5 Volts para 60 ou 90 Volts, porém sob uma corrente muito baixa, mas suficiente para causar a sensação de choque de modo considerável porém, não perigoso.

Com isso, quem estiver segurando no arame tortuoso e errar a passagem da argola, acionará o dispositivo, provocando a produção de descarga de tensão razoável.

A construção deste dispositivo é extremamente simples não exigindo mais do

que dois componentes, e sua instalação pode ser feita quer seja numa base de madeira ou numa caixinha. Devemos entretanto já alertar o montador que a caixinha deve ser material inquebrável, pois com frequência o susto tomado pelo jogador ao levar o choque, faz com que os fios sejam puxados violentamente o que torna possível a caixa ser levada junto e levar tombo bastantes fortes que poderiam quebrá-la com facilidade.

Avisar o jogador sobre o castigo fica a critério do leitor, já que o fator surpresa pode ser bastante interessante se você deseja se divertir as custas de algum amigo. Você poderá por exemplo dizer que o circuito "apitará" se ele errar, ou ainda poderá colocar em algum ponto da caixinha ou base de madeira uma lâmpada que servirá somente para enfeite. Não ligue a lâmpada à pilha, pois seu consumo afetará o desempenho do circuito! (figura 1).

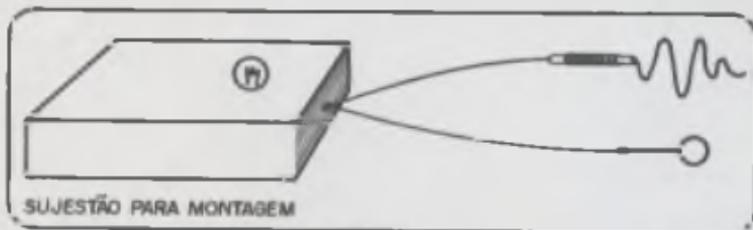


Figura 1

#### O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:

A base deste circuito é um transformador que pode elevar a tensão de 1,5 Volts de uma pilha para 60 ou 90 Volts, provocando portanto a descarga elétrica na pessoa que segura os fios. Analisemos o princípio de funcionamento do transformador neste circuito:

Se tivermos uma bobina formada por algumas voltas de fio esmaltado e estabelecermos em determinado instante uma corrente nessa bobina, será criado em seu interior e nas suas vizinhanças um campo magnético cujas linhas de influência se propagarão até se estabilizarem numa determinada posição final. (figura 2)

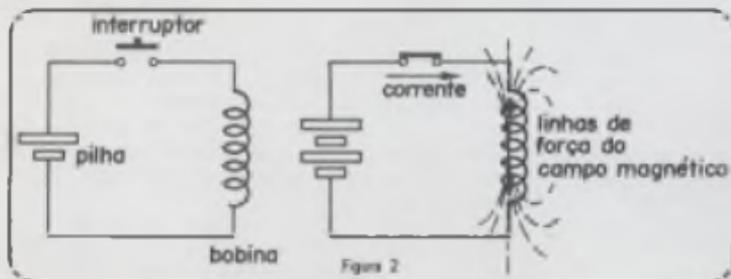


Figura 2

Se nas proximidades dessa bobina houver uma segunda bobina (figura 3) no momento em que as linhas de influência ou força da primeira bobina cortarem as suas espiras, haverá uma "indução eletromagnética" em que uma tensão elétrica aparecerá na segunda bobina enquanto as linhas de força da primeira estiverem se propagando, ou seja, enquanto o campo magnético da primeira bobina estiver crescendo em intensidade.

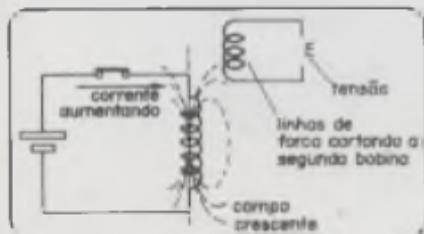


Figura 3

Quando o campo estabilizar na sua posição definitiva, mesmo havendo a circulação de uma corrente intensa na bobina número 1, não teremos mais tensão na segunda bobina (figura 4), pois a indução eletromagnética é um fenômeno tipicamente dinâmico, exigindo uma variação da intensidade da corrente.

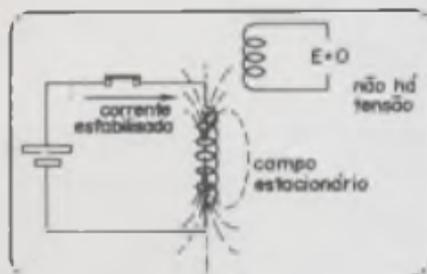


Figura 4

Uma nova variação pode entretanto ser provocada nesse campo no momento em que a corrente na primeira bobina for interrompida. Nestas condições o campo magnético não desaparece instantaneamente, mas "contraí-se" de modo que suas linhas de força, novamente cortam a segunda bobina pelo que, uma nova tensão em seus extremos aparece.

Isso quer dizer que teremos tensão na segunda bobina só nos momentos em que a corrente na primeira é ligada ou desligada, mas nunca nos momentos intermediários, como por exemplo quando a corrente circula depois de estabilizar, ou quando desligada. (figura 5)

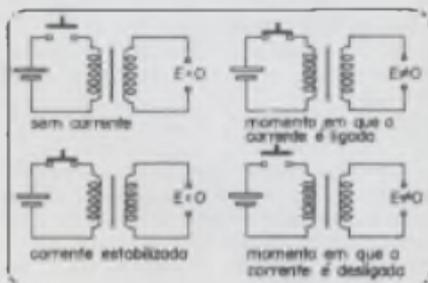


Figura 5

A tensão que aparecerá na segunda bobina dependerá do número de voltas que existe na primeira bobina e do número de voltas da segunda bobina. Por exemplo, se a primeira bobina tiver 10 voltas de fio e a segunda 1 000 Voltas (relação de 1:100) ao aplicarmos uma tensão de 1 Volt na primeira teremos cerca de 100 Volts na segunda, pois seu número de espiras é 100 vezes maior.

Este é exatamente o princípio de funcionamento de um transformador (figura 6). Nas condições normais, é utilizado na sua operação uma tensão alternante aplicada a um dos enrolamentos de modo que sempre teremos uma tensão no segundo, pois a tensão alternante faz circular uma corrente que varia constantemente de

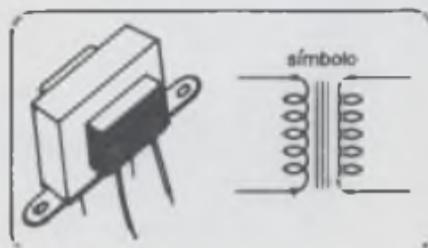


Figura 6

intensidade, ou seja, inverte de sentido cerca de 120 vezes por segundo.

No nosso caso, como usaremos uma pilha e a pilha não fornece uma corrente de intensidade variável, a indução de tensão e portanto o choque só pode ocorrer nos instantes exatos em que o jogador encosta a argola no arame tortuoso ou ainda a desencosta. (momentos em que a corrente é estabelecida ou desligada).

Se a argola for mantida firmemente encostada no fio tortuoso, ele não tomará choque algum.

#### O CIRCUITO:

O transformador usado em nosso circuito é do tipo encontrado na solda de radios e válvula. Consta ele de dois enrolamentos feitos num núcleo de ferro laminado. Cada enrolamento apresenta duas pontas onde são feitas as ligações externas. (figura 7)

A relação entre as espiras dos dois enrolamentos, denominados primário e secundário é de 1:40 ou 1:60 o que quer dizer que podemos obter de 60 a 90 Volts a partir de uma pilha de 1,5 Volts.

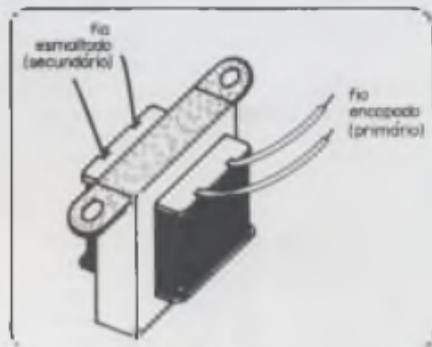


Figura 7

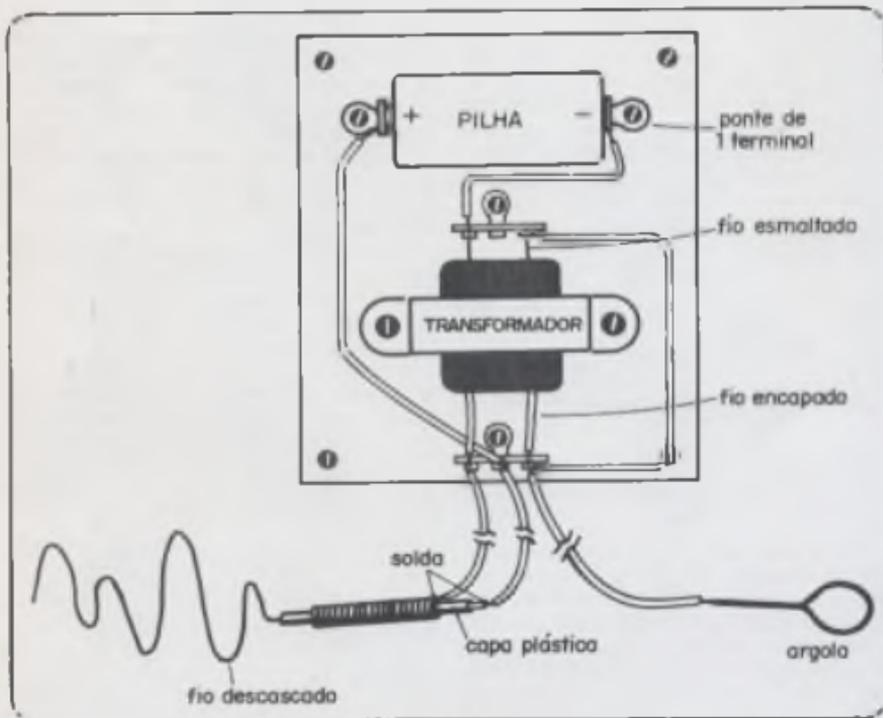


Figura 8

O leitor poderá adquirir esse transformador pedindo por um "transformador de solda para a válvula 6V6 ou 50C5".

#### AS LIGAÇÕES:

Devemos observar que no transformador temos 4 fios que correspondem aos dois enrolamentos. Os dois fios de capa plástica correspondem ao enrolamento com maior número de espiras, e portanto onde será obtida a alta tensão. O enrolamento de menor número de espiras termina pelo próprio fio esmaltado com que é enrolado. Ao se fazer a soldagem dos fios desse enrolamento, suas pontas devem ser raspadas de modo que o esmalte que as recobre seja removido.

A pilha é a fonte de alimentação do circuito, devendo ser usada uma pilha grande, de lanterna, para maior durabilidade, já que a corrente consumida pelo circuito é razoável.

#### OA MONTAGEM:

Para a montagem, como ferramentas, tudo que o leitor necessitará será de um ferro de soldar de pequena potência (30 Watts), de um alicate de corte e outro de ponta, e uma chave de fenda.

O aparelho é montado sobre uma base de madeira (caso o leitor queira pode usar uma caixinha, conforme sugerido) de 10 x 10 cm, e os componentes são fixados por meio de parafusos com porcas.

Para as conexões oriente-se pela figura. O principal ponto a ser observado é em relação a posição do transformador, cujo enrolamento de menor número de espiras (que termina em fio esmaltado) deve ficar do lado da pilha (figura 8)

A pilha poderá ter seus terminais diretamente soldados em um terminal simples que pode ser cortado de uma ponte de terminais, já que poderá haver certa dificuldade em se obter um suporte para uma única pilha em nosso mercado.

As conexões entre os componentes podem ser feitas por meio de fio flexível (cabinho) ou ainda por meio de fio rígido, enquanto que a conexão à argola e arame tortuoso deve ser feita com cabinho.

A argola não oferece dificuldades para

elaboração. Use fio rígido 14 ou 16 removendo sua capa plástica, dobrando-o e soldando-o no ponto da argola.

Para a confecção do arame tortuoso, um pouco mais de cuidado deve ser tomado.

de um pedaço de fio rígido de 30 ou 40 cm (fio 14 ou 16) descasque uma parte, deixando cerca de 8 cm com capa plástica. (figura 9)

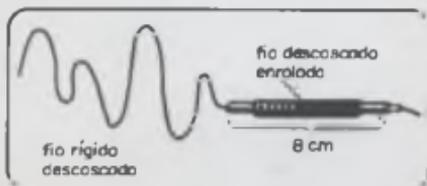


Figura 9

Nessa parte encapada você enrolará fio descascado do tipo rígido até formar uma cobertura metálica, onde deverá posteriormente ser feita uma conexão. A segunda conexão será feita no fio interno.

A figura 8 fornece os pormenores necessários a uma perfeita montagem.

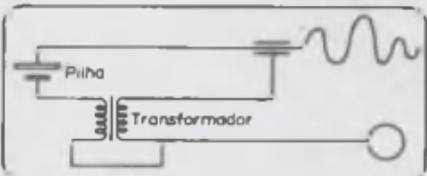


Figura 10

#### PROVA DO APARELHO

Completada a montagem, a prova do aparelho é das mais simples. Segure numa das mãos a argola e na outra o arame tortuoso, pelo cabo. Encoste um no outro, isto é, o arame tortuoso na argola. Se tudo estiver certo . . . . . Catapimba!..

#### LISTA DE MATERIAL: (figura 10 - diagrama)

- 1 transformador de solda (ver texto)
- 1 pilha de lanterna
- 1 base de madeira

Diversos: fio rígido 14 ou 16; fio flexível de ligação; solda, pontes de terminais, parafusos de fixação, etc.

**IMAGEM**Fraca, sem chuva**SOM**

Normal

**CIRCUITOS A SEREM VERIFICADOS**

Considerando que não há chuva e que o som é normal, suspeita-se de imediato das etapas de pré e amplificadora de vídeo.

Devemos então examinar os circuitos:

- 1) Amplificadora final de vídeo
- 2) Pré amplificadora de vídeo

**DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA**

Neste circuito o sinal para a etapa de áudio é retirado no final do canal de FI, sendo assim, considerando-se que o som é normal o efeito deve estar nas partes que amplificam o sinal de vídeo:

- 1) Executamos medições na etapa amplificadora final (T-401), as tensões entradas foram normais
- 2) Na etapa pré amplificadora encontramos tensões aquém das normais.

**FALHA CONSTATADA**

Na verificação dos componentes do circuito, foi encontrado o transistor T-206 defeituoso (baixa resistência inversa entre base e emissor)

**COMPONENTES SUBSTITUÍDOS**

Um transistor B-035

**CONCLUSÃO**

Com o transistor pré amplificador defeituoso a etapa final de amplificação não recebia a necessária excitação, advindo daí a imagem fraca.

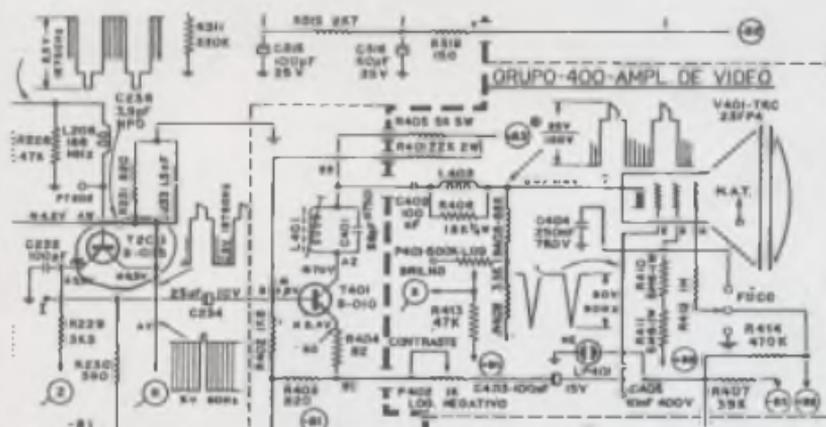
## VERIFICAÇÃO DOS CIRCUITOS

INSTRUMENTO(S) UTILIZADO(S): VOLTÍMETRO ELETRÔNICO

TELEVISOR ANALISADO: PHILCO MOD. TV 374/374 ULD-1

### PRÉ AMPLIFICADOR DE VÍDEO

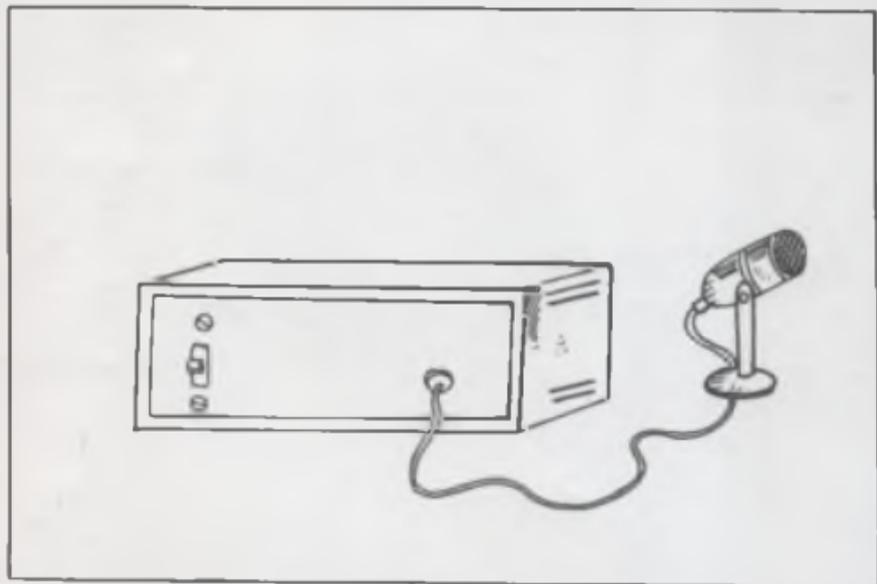
Transistor	Características	Tensão encontrada
T-20E	300V/500	28 V
Base		4 V
Coletor		10 V
Emissor		7,0 V



VOCÊ ESTÁ APRENDENDO A METODOLOGIA  
DE ANÁLISE DE DEFEITOS "SENAI"  
ESCOLA ROBERTO SIMONSEN - SÃO PAULO

# PRÉ-AMPLIFICADOR PARA MICROFONE

Damos neste artigo, o diagrama de um pré-amplificador para microfones, que pode ser usado, com praticamente qualquer amplificador. A entrada deste pré-amplificador, é de alta-impedância, sendo portanto recomendado para ser utilizado, com microfones piezoelétricos (cerâmica ou cristal).



A ligação de um microfone a um amplificador convencional, pode oferecer certos problemas, que nem sempre o amador está preparado para enfrentar. O amplificador, pode não ter ganhos suficientes para fornecer bom volume, com o microfone usado; ou ainda, o amplificador pode não ter uma entrada de impedância, compatível com o microfone usado.

O pré-amplificador que descrevemos neste artigo (sugerido pela Philips), pode

ser a solução para os dois tipos de problemas: sua impedância de entrada, é bastante elevada para poder operar com microfones piezoelétricos, e, sua impedância de saída, é bastante baixa para poder ser acoplada a amplificadores convencionais, com um sinal de intensidade bastante elevada.

Este pré-amplificador, utiliza dois transistores de tipos bastante comum, podendo fornecer ganhos de 13 ou 40 dB, con-

	ganho 13 dB	ganho 40 dB	unidade
Impedância de entrada	145 k	120 k	Ohms
Impedância de saída	47	120	Ohms
frequência inferior	20	20	Hertz
frequência superior	20 k	20 k	Hertz

forme as características dadas na tabela abaixo:

A saída obtida, tem uma amplitude de 2 Volts, o que, na impedância indicada, significa o mais do que suficiente para a excitação de qualquer amplificador.

O circuito, apresenta uma distorsão de apenas 0,15%, para um ganho de 13 dB, e uma distorsão de 0,45%, para um ganho de 40dB. Na figura 1, damos os gráficos, nos quais representamos as curvas de respostas e as distorsões para as duas saídas.

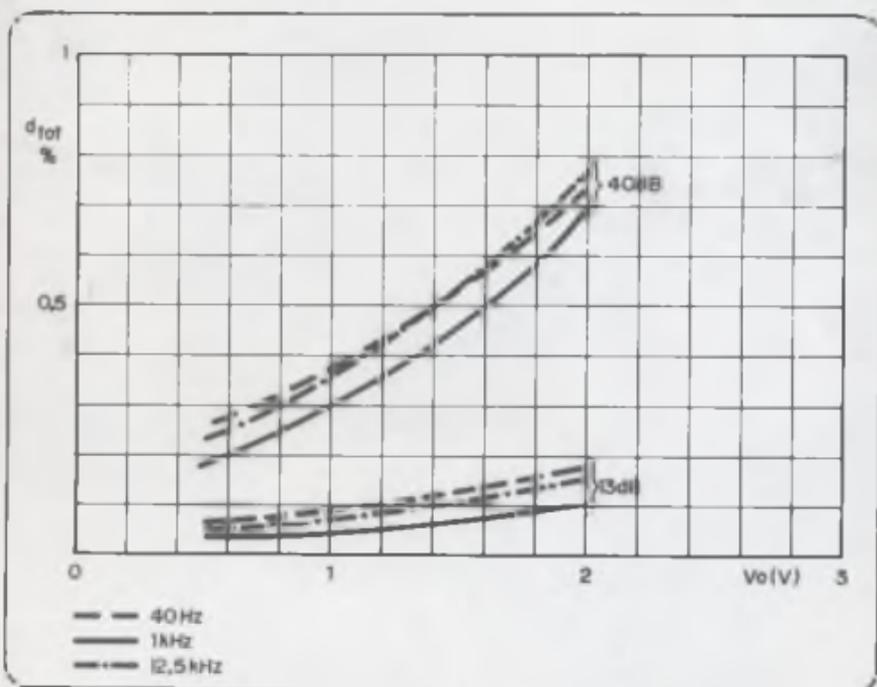


Figura 1

O circuito, deve ser alimentado com uma tensão de 18 Volts, que pode ser obtida de uma fonte separada, ou ainda, do próprio amplificador com o qual deve operar.

**MONTAGEM:**

O diagrama é dado na figura 2.

Como todo circuito de alto-ganho para sinais de pequena intensidade de áudio, o problema principal a ser evitado na monta-

gem, é com a captação de zumbido. Para isso, sugerimos a técnica de montagem, em placa de fiação impressa com os cabos (por onde seguem os sinais) os mais curtos e diretos possíveis, ou ainda, blindados.

Todos os resistores empregados na montagem, são de 1/4 ou 1/8 de Watt, enquanto que os capacitores eletrolíticos, podem ter uma tensão de isolamento de 6 Volts.

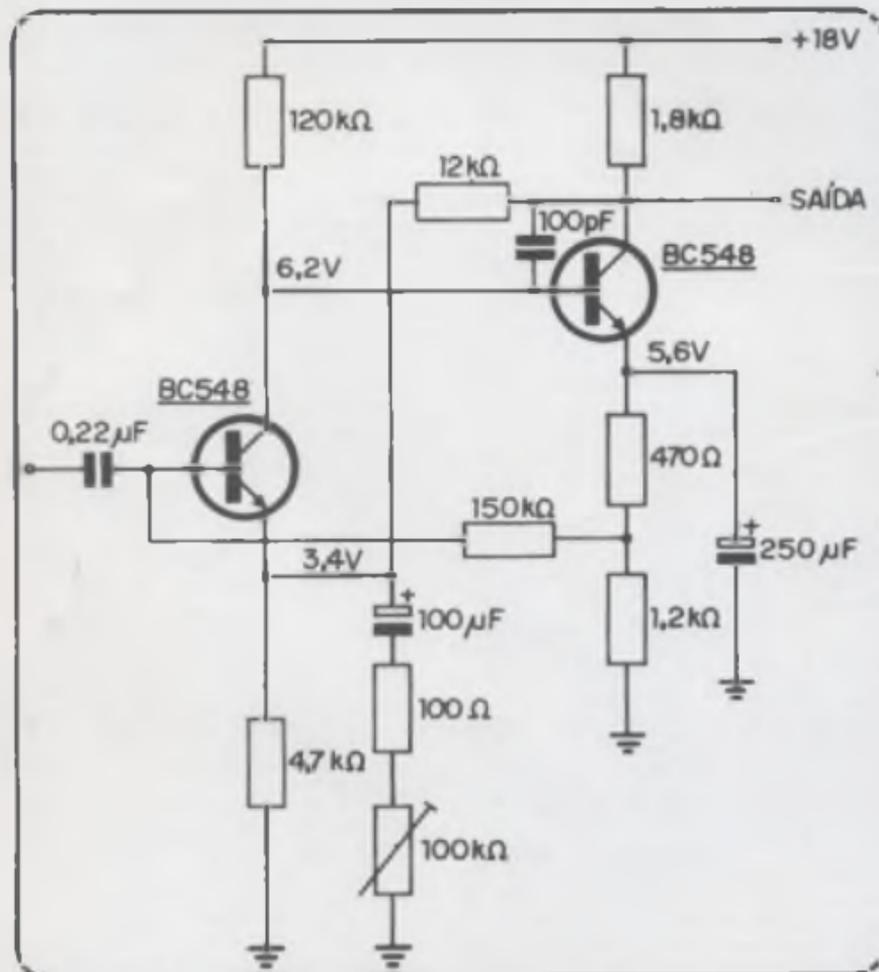
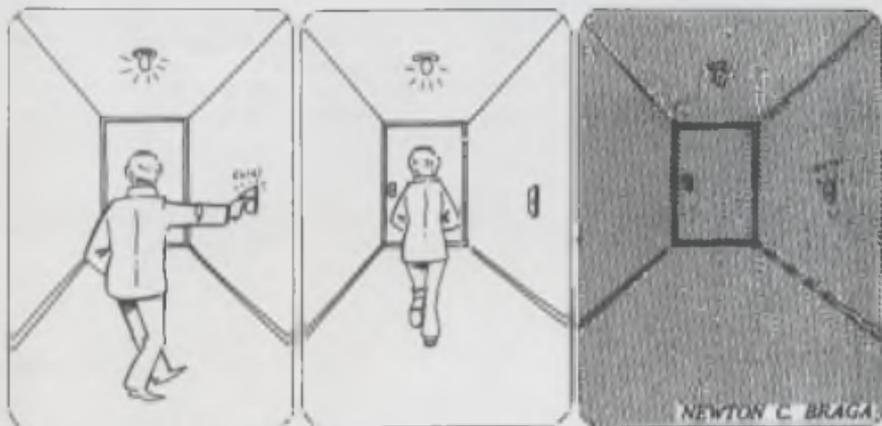


Figura 2

# INTERRUPTOR TEMPORIZADO



O circuito que descrevemos, mantém uma lâmpada incandescente acesa, por um intervalo de tempo pré-determinado, após o qual, desliga-a automaticamente. O intervalo de tempo durante o qual a lâmpada permanece acesa, pode ser ajustado, entre uns poucos segundos, até mais de um minuto, com o que, o aparelho pode ser usado com as mais diversas finalidades.

Podemos usá-lo, por exemplo, em conjunto com uma lâmpada de iluminação comum, num corredor onde ao acionarmos o interruptor, a lâmpada se acende e assim permanece até que tenhamos percorrido toda a extensão desse corredor, quando então ela apagará automaticamente, no controle de tempo de exposição de chapas fotográficas, ou ainda como controle de tempo de jogos etc.

Para a montagem desse aparelho, necessitamos de um número reduzido de componentes de baixo custo, e, como se trata de um circuito bastante simples, até mesmo os principiantes que pouca ou nenhuma prática tenham em montagens eletrônicas, poderão executá-la sem problemas.

## O CIRCUITO

A base deste circuito, é um SCR (diodo controlado de silício), de tipo bastante comum. O SCR, funciona como um inter-

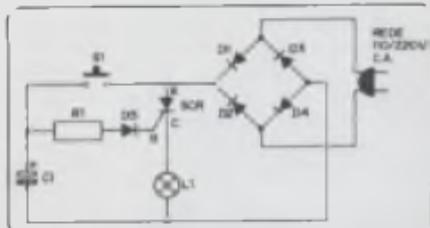


Figura 1

ruptor que é acionado quando um sinal de intensidade e polaridade apropriada é aplicado ao seu eletrodo de comporta. Este dispositivo possui portanto três terminais: anodo, catodo e comporta (gate). Entre o anodo e o catodo, ligamos o circuito que deve ser controlado, de modo que a corrente flua em sentido determinado, já que o SCR só produz a corrente num senti-

do, e, no eletrodo de comporta, aplicamos o sinal de controle. Como o sinal de controle pode ter uma intensidade muito pequena em relação à corrente que circula pela lâmpada, podemos dizer que o SCR se comporta como um sensível interruptor acionado por eletricidade.

Na ausência de sinal, a lâmpada permanece apagada, e com o sinal presente a lâmpada acende com seu brilho normal.

No circuito que descrevemos, a corrente

de excitação do SCR é fornecida por um capacitor que se descarrega através de seu eletrodo de comporta durante um certo intervalo de tempo. O circuito na sua totalidade funciona do seguinte modo, portanto:

Ao acionarmos o interruptor de pressão, estabelecemos por alguns segundos uma corrente que carrega o capacitor até que entre suas armaduras seja estabelecida uma diferença de potencial, aproximada-

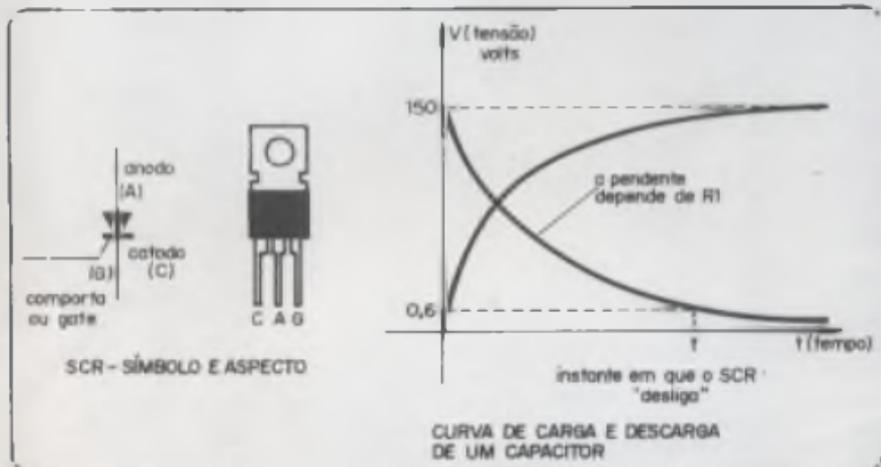


Figura 2

mente igual a tensão de pico da rede (150 Volts para a rede de 110 Volts e 300 Volts para a rede de 220 Volts, aproximadamente). Neste momento, já há um sinal de excitação na comporta do SCR, que conduz intensamente a corrente fazendo com que a lâmpada acenda com seu brilho normal.

Ao soltarmos o interruptor, cessando a corrente de carga, o capacitor começa a se descarregar vagarosamente pela comporta do SCR, mantendo esse dispositivo excitado, e portanto, em seu estado de condução. A lâmpada permanece acesa durante um intervalo de tempo que dependerá justamente, da velocidade com que o capacitor se descarrega. Um resistor em série com a comporta do SCR, limita essa corrente de descarga, tornando-a bastante lenta.

Quando a corrente de descarga, não mais consegue excitar o SCR, este na primeira passagem de um semiciclo de alimentação para outro, desliga, e assim permanece, ocorrendo então o apagamento da lâmpada.

Para o circuito prático, podemos dizer que encontramos duas limitações no que se refere ao máximo intervalo de tempo obtido: o tamanho do capacitor e o tamanho do resistor. Na prática, temos de limitar o valor do resistor em aproximadamente 1,5 M $\Omega$ , enquanto que o capacitor deve ser de boa qualidade e ser capaz de suportar a elevada tensão com que se carregará. Podemos dizer que, para um capacitor de poliéster de 1  $\mu$ F e um resistor de 1,5 M $\Omega$ , o intervalo de tempo obtido variará entre 10 e 20 segundos. Para cada 1  $\mu$ F de capacitância acrescentado, o intervalo de tempo,

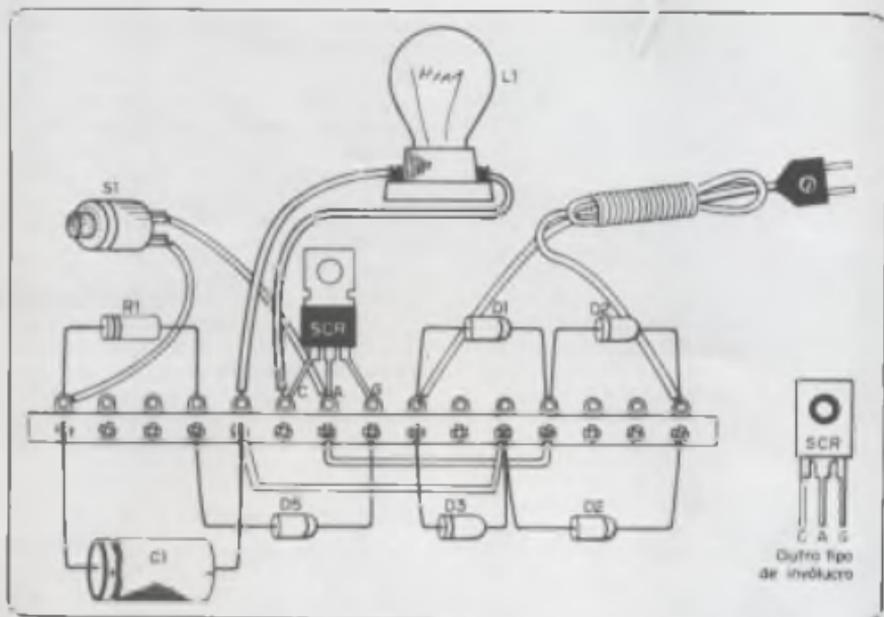


Figura 3

terá um acréscimo da mesma ordem. Observamos que a capacitância máxima está limitada pelas eventuais fugas existentes no capacitor assim como pelo seu tamanho. Para mais de  $2 \mu\text{F}$  podem ser usados capacitores eletrolíticos respeitada sua polaridade.

Para intervalos de tempo pequenos, de até 40 segundos, podemos usar capacitores de poliéster metalizado, com tensão de isolamento de acordo com a rede local. Poderemos associar esses capacitores em paralelo, para obtermos intervalos de tempo maiores.

Para intervalos de tempo muito grandes, maiores que 1 minuto, deveremos usar capacitores eletrolíticos, que devem ter uma tensão de isolamento de pelo menos 350 Volts, para a rede de 110 Volts e de pelo menos 450 Volts, para a rede de 220 Volts.

#### OS COMPONENTES

Sendo todos os componentes bastante comuns no nosso mercado eletrônico, o

leitor não terá maiores dificuldades para sua obtenção.

O SCR, por exemplo, pode ser encontrado de diversas procedências, em diversos tipos de invólucros. Se o invólucro for diferente do tipo mostrado no desenho, peça ao vendedor para fazer a identificação dos terminais: anodo, catodo e gate (comporta).

O SCR recomendado para esta montagem, suporta uma corrente de até 4 Ampères, mas como os diodos usados na ponte são para 1 Ampère, a potência da lâmpada controlada fica limitada a 100 Watts em 110 Volts e 200 Watts em 220 Volts.

Os diodos utilizados, são todos de tipo bastante comum em nosso mercado. Qualquer diodo para uma tensão inversa de pelo menos 400 Volts e corrente de 1A pode ser utilizado. A sua ligação deve ser feita de acordo com o circuito. Oriente-se pelo anel pintado em seu corpo, ou pelo símbolo desenhado, já que qualquer inversão poderá causar dano ao aparelho.

O capacitor usado, conforme dissemos, pode ser do tipo eletrolítico para longos intervalos de tempo, ou de poliéster se o intervalo for pequeno. Damos uma tabela de valores aproximados de tempos obtidos em função dos valores de capacitores:

C1	tempo
1 $\mu\text{F}$	10 a 20 segundos
2 $\mu\text{F}$	20 a 40 segundos
3 $\mu\text{F}$	30 a 60 segundos
8 $\mu\text{F}$	1 minuto a 1 min e 30 s
16 $\mu\text{F}$	2 minutos a 3 minutos

Com relação aos demais componentes são todos de fácil aquisição não havendo nenhuma recomendação especial a ser feita.

#### MONTAGEM

Para os principiantes, sugerimos a montagem numa ponte de terminais a qual é fixada numa base de material isolante (madeira, acrílico ou PVC). O montador mais experiente, poderá entretanto, montar a unidade numa placa de fiação impressa, e se for o caso, alojar o conjunto numa pequena caixa, ou até mesmo embutir no interruptor normal com o qual deverá funcionar.

Para a execução desta montagem, as ferramentas usadas são as comuns: um soldador de pequena potência (30 Watts), solda de boa qualidade, um alicate de corte, um alicate de ponta e uma chave de fenda pequena.

Depois de fixar a ponte de terminais na base de montagem, comece soldando os diodos e o SCR na posição indicada pelo desenho. A identificação dos diodos, é fei-

ta pelo anel em seu corpo, ou pelo símbolo nele existente. Veja o diagrama também.

A seguir, solde os demais componentes, cortando seus terminais de acordo com as necessidades. Não deixe o terminal de nenhum componente encostar em outro..

Na soldagem do capacitor, se for do tipo eletrolítico, observe cuidadosamente sua posição.

Complete a montagem fazendo as interligações entre os componentes usando para esta finalidade fio rígido. As conexões do interruptor, lâmpada incandescente e tomada de força são feitas com fio flexível de comprimento de acordo com as necessidades.

#### AJUSTE E FUNCIONAMENTO

Completada a montagem, confira todas as ligações cuidadosamente, verificando a posição dos diodos, do SCR e do capacitor, se não existem soldas "frias" (mal feitas), ou terminais encostando um no outro. Se tudo estiver em ordem coloque uma lâmpada no soquete e ligue o plugue à tomada de força. Aperte o interruptor. A lâmpada deve acender e assim permanecer durante o intervalo de tempo esperado. Se o intervalo de tempo for menor que o esperado, troque o capacitor por um de maior valor.

#### LISTA DE MATERIAL

SCR - MCR106, C106 ou TIC106 - diodo controlado de silício

D1 a D5 - 1N4004 ou BY127 - diodos retificadores

R1 - 500k $\Omega$  a 1,5M $\Omega$  - resistor de carvão

C1 - Capacitor (ver texto)

S1 - Interruptor de pressão (tipo botão de campanha)

L1 - Lâmpada incandescente (ver texto)

Diversos: cabo de alimentação, fios, base de montagem, ponte de terminais isolados, para uso soquete para a lâmpada, etc.

# A Potência da "Potência"

Marco A. Mantovani



Você entra em uma loja, e diz ao vendedor:

"Eu queria comprar um amplificador de 100 Watts!"

Porém esse padrão 100 Watts, é muito

vago, e na verdade muitas vezes, essa potência não é realmente fornecida pelo amplificador. Nesta nossa conversa, veremos o porque desta grande controversia na medida.

Dois são os tipos de potência fornecida (apesar do resultado ser sempre o Watt): a de pico (IHF) e a RMS (Rootmean Square).

A potência de pico (IHF), é aquela fornecida pelo amplificador por pequenos intervalos de tempo, e a RMS é a fornecida pelo aparelho por pelo menos 30 segundos, sendo este tempo mais do que suficiente para que ele a forneça continuamente.

A diferença é simples - todo amplificador, é dotado de uma fonte de alimentação, que fornece uma tensão contínua para os circuitos do aparelho, sendo esta armazenada por um capacitor. À medida que esta energia é utilizada, a fonte repõe ao capacitor a quantidade gasta. Quando em funcionamento contínuo, a energia gasta é repostada pela fonte, tendo-se uma estabilização; já a potência de pico, que é fornecida por pouco tempo, encontra o capacitor completamente carregado, extraindo dele maior quantidade de carga, do que extrairia em funcionamento contínuo.

Esta potência de pico, também chamada de "peak power" ou "potência musical", foi adotada pelo Instituto de Alta Fidelidade dos Estados Unidos, pois a música é formada por picos instantâneos.

A impedância das caixas acústicas, influencia em grande parte, a potência de um amplificador transistorizado, pois o altofalante, faz parte direta do circuito de saída do mesmo; o que não acontece, nos amplificadores à válvulas, pois estes possuem um transformador de saída, com derivações no secundário para alto-falantes de 4, 8, 16 Ohms. Escolhida a impedância, seja ela qual fosse, a carga refletida às válvulas de saída, era sempre igual; os atuais amplificadores transistorizados, não possuem esse transformador, daí a grande influência.

Atualmente a maioria das caixas, possuem uma impedância de 8 Ohms e os fabricantes constroem seus amplificadores, para um melhor desempenho nessa impedância, mas, se utilizar-mos caixas com 4 Ohms, esta potência aumentará consideravelmente:

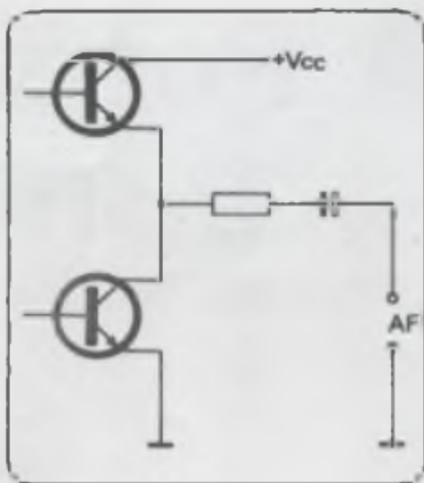


Figura 1

Esta é, figura 1, a configuração de saída da maioria dos amplificadores do mercado; o ponto AF, é a saída para os alto-falantes. Se utilizarmos uma caixa com 8 Ohms, a corrente nos transistores de saída, será normal (o amplificador foi projetado para essa corrente, não?), sendo que com caixas de 4 Ohms esta corrente aumentará consideravelmente, aumentando assim a potência, como também a temperatura de funcionamento e a distorção em geral.

Geralmente, na Indústria Nacional, a potência é indicada em valores IHF, com uma carga de 4 Ohms, sendo poucos os fabricantes que fazem o "obsequio", de publicá-las corretamente. Podemos dizer que com caixas de 4 Ohms, a potência do aparelho estará 40% maior do que com caixas de 8 Ohms.

Outra informação que na maioria dos casos não é fornecida, é: se os dois canais estão operando simultaneamente; pois com um só canal funcionando o capacitor da fonte (aquele mesmo que vimos à pouco), pode fornecer toda a sua energia somente para este canal, aumentando assim, a potência por ele fornecida. Exemplo:

Temos um amplificador de 35 Watts com os dois canais operando. Basta essa informação

ser omitida, e já podia-se anunciar: "40 Watts por canal!!".

Como vocês já devem ter percebido, uma das coisas importantes de um amplificador, é a fonte de alimentação; sendo esta mal planejada, não adiantaria muito, um circuito bem projetado; pois a medida que o amplificador é solicitado, aumenta o consumo de corrente, até o ponto máximo do transformador, após o que, a tensão tende a cair, caindo então a potência. Uma fonte estabilizada, ajudaria em muito alguns dos aparelhos do nosso mercado.

Que onda é essa?

Outra coisa que influi em muito nas especificações de potência, é a onda utilizada para a medida, vejamos porque:

Para medirmos a potência RMS de um amplificador, uma carga resistiva fecha os terminais de saída do aparelho, à sua entrada, temos um gerador de sinais senoidais, à frequência padrão de 1 KHZ, e a sua saída um osciloscópio. Aumentamos então, o sinal de entrada, até que a distorção da senóide seja tolerável: então medirmos a tensão nos terminais de saída, com um voltmetro calibrado em RMS (raiz média quadrática), e pela fórmula, obtemos a potência contínua:

$$P = \frac{E^2}{R}$$

onde: E é dado em Volts

R é dado em Ohms

P é obtido em Watts

Em outros tipos de onda, como por exemplo a onda quadrada: o valor da potência IHF e RMS são iguais, em ondas senoidais, a IHF é simplesmente o dobro da RMS, já em ondas complexas a potência IHF, poderá ser várias vezes superior a RMS.

Uma maneira prática de acharmos a potência RMS partindo da IHF, consiste em multiplicá-la por 0,7. Exemplo:

Se, um amplificador fornece 100 Watts IHF com uma carga de 4 Ohms, teremos:

- 80% da potência, com caixas de 8 Ohms ou seja 80 Watts. Multiplicaremos agora este valor por 0,7 e teremos  $80 \cdot 0,7 = 42$  W.

Vejamos bem, este é realmente um amplificador de 42 Watts!!! O que aconteceu??? Como em um passe de mágica, ele passou a ter 100 Watts! ou seja "SEM estes Watts".

A medida da potência, geralmente é feita em uma frequência padrão (1 KHZ), e para as outras frequências qual será a potência? Adotou-se praticamente, anunciar uma faixa onde o aparelho forneça pelo menos 50% de sua potência; então um amplificador de 100 Watts com 0,25% de distorção de 20 a 20.000 HZ, irá fornecer pelo menos 50 Watts em qualquer ponto de seu espectro sonoro, sendo que na frequência padrão, teremos os famigerados "100 Watts".

Uma coisa que devemos levar em consideração, é a tolerância dos componentes utilizados na montagem, pois mesmo com esmerado controle de qualidade, estas, apresentam variações que vão influenciar diretamente na potência e nas características gerais do aparelho. Os fabricantes, costumam informar a potência, da seguinte forma (quanto a tolerância):

100 Watts  $\pm$  1 db

e quanto vale esse 1 db? Em 100 Watts, vale mais ou menos 23 Watts, sendo que esse amplificador, poderia ser anunciado como tendo de 77 a 123 Watts (Geralmente para mais!), sendo que esta é a tolerância de 1 db em 100 Watts. Muitos fabricantes, usam este artifício para "aumentar" a potência de seus amplificadores.

Alguns fabricantes honestos (bem poucos), que confiam em seus produtos, ficam grandemente prejudicados por outros que tiram partido dessa diferença de medidas, pois muitos consumidores, ignoram por completo todos esses fatores, e estão somente preocupados em saber quantos Watts tem, sem saber os meios pelos quais foram obtidos.

Procurar saber esses meios, é uma coisa útil, pois não só estará contribuindo para com o seu bolso, como também para o aprimoramento cada vez maior da nossa Indústria de som.

Ah!!! quantos Watts tem o seu potente amplificador???

# OS AMPLIFICADORES DIFERENCIAIS

Ao examinar um amplificador operacional do tipo integrado, deparemos sempre com uma etapa amplificadora diferencial na sua entrada, constituída por dois ou quatro transistores, numa configuração bastante característica, raramente observada em outros casos. Por que usar uma configuração deste tipo num amplificador operacional? Que excepcionais características, apresenta um circuito desse tipo que o tornam quase obrigatório nos circuitos lineares, especificamente nos amplificadores operacionais?

Neste artigo, baseados em informações do Manual de Circuitos Integrados Lineares RCA, daremos algumas das propriedades elétricas principais, dos circuitos amplificadores diferenciais e falaremos do porque de sua utilização na maioria dos circuitos integrados lineares.

## O AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

Em se tratando de circuitos integrados, a configuração do amplificador diferencial, pode ser considerada ideal por uma série bastante convincente de razões.

Podemos citar por exemplo, o balanceamento inerente da tensão base-emissor, e também o ganho por igual dos transistores em condições de curto-circuito.

Os dois transistores, podem ser praticamente idênticos - no que se refere as propriedades elétricas - dada a possibilidade de serem fabricados simultaneamente na mesma pastilha e em posição muito próxima.

A configuração, por outro lado, exige poucos capacitores e resistores de grande valor o que simplifica bastante a sua fabricação segundo a técnica do circuito integrado.

O ganho de um amplificador diferencial, é também função da relação entre as resistências de coletor, e não, se deu valor absoluto.

Em vista disso, pelo reduzido número de componentes, o amplificador diferencial, se torna ideal para um processamento monolítico, o que explica sua escolha pela maioria dos fabricantes, como base dos circuitos integrados lineares (figura 1).



Figura 1

Sua versatilidade em termos de comportamento elétrico, também é excepcional.

Com efeito, os amplificadores diferenciais, podem proporcionar amplificação linear, desde sinais de corrente contínua, até sinais de frequências correspondentes a faixa de VHF. Com isso, eles se adaptam perfeitamente as mais diversas funções como multiplicadores de frequência, limitadoras de sinal, moduladores em amplitude, detectores de produto, geradores de sinais, etc. Além disso, torna-se extremamente simples, as configurações capazes de determinar o seu ganho, a compensação de temperatura ou o silenciamento.

A configuração diferencial, possibilita por suas características elétricas, excelente isolamento de saída em relação a entrada, elimina a necessidade de neutralização e simplifica bastante a disposição dos circuitos de realimentação. O casamento dos coeficientes de temperatura (dos componentes fabricados numa mesma pastilha de silício), assegura características elétricas estáveis, numa ampla gama de temperaturas de funcionamento.

## FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO

Na figura 2, temos a configuração básica de um amplificador diferencial balanceado, do tipo normalmente encontrado quando se deseja ganho de sinal num circuito integrado linear. Esta configuração é a base de inúmeros circuitos utilizados, com as mais diversas finalidades e encontrados com as mais diversas especifica-

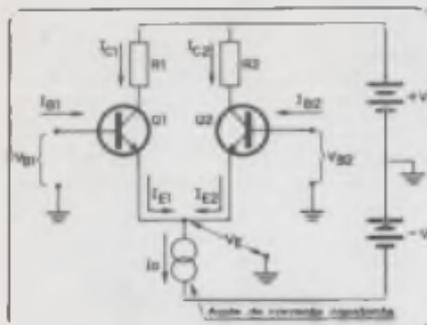


Figura 2

ções, desde aplicações em corrente contínua, até sinais de altas frequências.

Analisemos seu princípio de funcionamento.

Q1 e Q2, constituem o par diferencial, cada um funcionando de modo similar a uma configuração de componentes discretos, até o momento que seus emissores são interligados.

Evidentemente, neste caso, como os dois transistores são fabricados numa mesma pastilha simultaneamente, suas características elétricas são bastante semelhantes, com o que um casamento perfeito no que se refere ao seu comportamento pode ser feito (o que não seria possível de modo tão bom se fossem usados transistores discretos).

As correntes dos transistores Q1 e Q2, acoplados pelo emissor, são provenientes de uma fonte de corrente constante, formada por um terceiro transistor e um resistor (figura 3). Redes de compensação

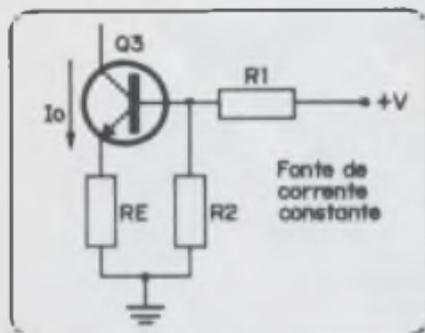


Figura 3

de temperatura, de modo a assegurar constância de funcionamento em função das variações das condições ambientais, podem ser agregadas a este circuito básico. Entretanto, para facilidade de explicação, inicialmente as omitimos.

O amplificador da figura 2, está conectado de modo a funcionar com uma fonte simétrica de alimentação, e de polaridade oposta. Ressaltamos porém, que é possível fazer a alimentação de um amplificador diferencial, com uma fonte simples desde

que uma rede de polarização de base para os transistores, seja agregada.

Na análise do amplificador diferencial simétrico, consideramos dois circuitos independentes, sendo um formado pelo transistor Q1 e seu resistor de coletor R1 e o outro pelo transistor Q2 e pelo seu resistor de coletor R2.

Se as características dos dois transistores forem absolutamente idênticas, os circuitos comportam-se como divisores de tensão de mesmas características e podemos interligar seus emissores, alimentando os circuitos com a mesma fonte. Agora, se duas tensões de entrada  $V_{a1}$  e  $V_{a2}$  ambas nulas, ou de mesmo valor e polaridade, forem estabelecidas nas entradas do par de transistores, o amplificador não perde sua condição de equilíbrio, porque é mantida a igualdade entre as correntes de coletor  $I_{c1}$  e  $I_{c2}$ , e portanto a diferença de potencial entre os coletores de Q1 e Q2 é mantida nula (figura 4).

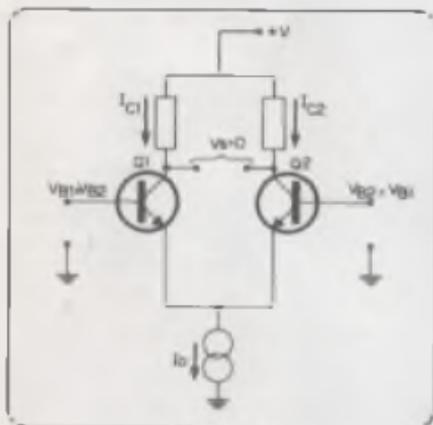


Figura 4

Pela figura 2, vemos que a soma entre a corrente de emissor de Q1 e Q2, deve resultar na corrente fornecida pela fonte  $I_0$ , que é constante. Assim, se houver um aumento da corrente de coletor de um dos transistores, é evidente que a corrente do outro emissor, deve diminuir na mesma proporção. A qualidade da fonte de corrente constante, influi bastante na eficiência

dessa processo, que é de fundamental importância para o comportamento elétrico de um amplificador diferencial.

Assim, quando a base de Q1 se torna positiva em relação a base de Q2 (entrada diferencial), aumenta a corrente através de Q1 enquanto que a corrente de Q2 diminui na mesma proporção, mantida ainda a soma entre ambas igual a  $I_0$ , com o que o divisor de tensão formado pelos dois transistores é desequilibrado.

Nestas condições,  $I_{c1}$  é maior que  $I_{c2}$ , aparecendo uma diferença de potencial entre os coletores dos dois transistores, sendo o coletor de Q2, positivo em relação ao coletor de Q1 (figura 5). A aplicação de uma entrada diferencial, produz em consequência o aparecimento de uma saída diferencial.

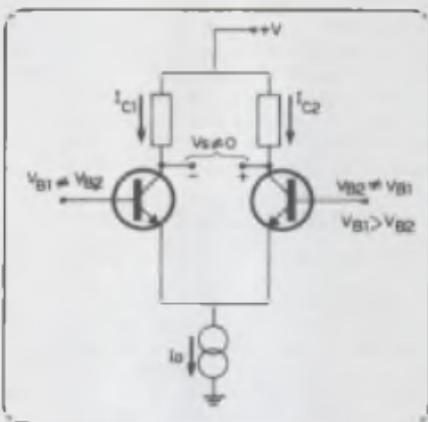


Figura 5

Este é exatamente o princípio de funcionamento do amplificador diferencial na sua aplicação fundamental, sendo esta denominada como entrada e saída diferenciais.

O amplificador diferencial é entretanto, uma configuração bastante versátil que oferece outras possibilidades de conexão, que descrevemos a seguir:

a) Por exemplo, se somente a tensão  $V_{a1}$  aumentar em relação à massa, a tensão de coletor de Q1, diminui com relação a mesma referência. Tomando a saída do coletor de Q1, em relação à massa, o amplificador funciona como uma etapa simples do

modo convencional, com inversão de fase. Este modo de funcionamento, é conhecido como entrada e saída simples com inversão de fase (figura 6).

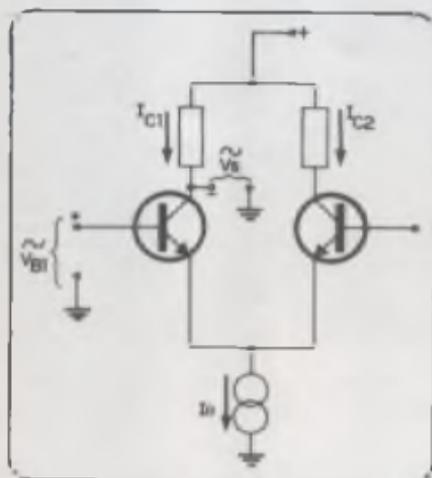


Figura 6

b) Como o aumento da corrente em Q1, provoca uma diminuição da corrente de Q2 (de modo que a soma seja mantida constante), uma tensão incremental positiva em  $V_{B1}$ , provoca um aumento da tensão de coletor de Q2, em relação a massa. Tomando a saída no coletor de Q2, o

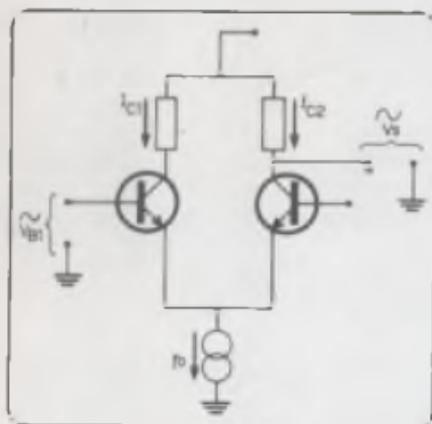


Figura 7

modo de funcionamento do amplificador diferencial pode ser dito como: entrada e saída simples sem inversão de fase (figura 7).

c) Também podemos utilizar o amplificador diferencial, segundo o modo de entrada diferencial e saída simples. Neste caso, a saída é tomada do coletor de Q1 ou de Q2, conforme queiramos ou não inversão de fase, e é aplicada uma entrada diferencial ( $V_{B1} - V_{B2}$ ), entre as bases dos transistores.

A relação existente entre a variação da tensão de entrada e a variação da tensão de saída (a primeira expressa como a diferença entre as tensões de base e a segunda expressa como a variação das tensões de coletor em relação a terra), é denominada ganho diferencial de tensão ( $A_v$ ). Se a tensão de entrada é tomada como a tensão entre as bases, e a tensão de saída como a diferença de tensão entre os coletores, a relação é denominada ganho de tensão diferencial com saída simétrica ( $A_{v_{DSE}}$ ).

Se a tensão for tomada de um coletor em relação a massa, temos o ganho de tensão diferencial com saída simples ( $A_{v_{ISE}}$ ).

#### CARACTERÍSTICAS DE TRANSFERÊNCIA

A variação das correntes de coletor  $i_{C1}$  e  $i_{C2}$  em função da diferença entre as tensões de entrada ( $V_{B1} - V_{B2}$ ), é uma das características mais importantes na descrição do funcionamento de um amplificador diferencial. A corrente circulante pelo coletor, pode ser expressa em função da corrente circulante pelo emissor do transistor, tomando-se como base a relação normal de ganho para um transistor, ou seja:

(I)

$$I_{C1} = \alpha_1 I_{E1} \quad I_{C2} = \alpha_2 I_{E2}$$

Nesta expressão, o fator  $\alpha$  (alfa), representa a fração da corrente de emissor que circula pelo coletor.

Se, no amplificador diferencial Q1 e Q2 são iguais, então  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  e portanto, as relações entre as correntes de emissor e as correntes de coletor podem ser escritas como:

(II)

$$I_{C1} = \alpha I_{E1} \text{ ou } I_{E1} = \frac{I_{C1}}{\alpha}$$

$$I_{C2} = \alpha I_{E2} \text{ ou } I_{E2} = \frac{I_{C2}}{\alpha}$$

Podemos também escrever, uma equação que relaciona a corrente de emissor  $I_E$ , com a tensão base-emissor  $V_{BE}$ :

(III)

$$I_E = I_S \left( \frac{V_{BE}}{e h} - 1 \right)$$

Nesta expressão:  $I_S$  é a corrente de saturação da junção base-emissor, ou seja, a corrente de fuga inversa do diodo emissor-base.

$h$ , é dado pelo expressão  $h = kT/q$  onde  $T$  é a temperatura da junção em graus Kelvin e  $k$  a constante de Boltzmann ( $k = 1,38 \times 10^{-23}$  W.s<sup>2</sup>/C) e  $q$  a carga do elétron ( $q = 1,6 \times 10^{-19}$  C).

Para uma temperatura de 300°K (aproximadamente 27°C), a corrente de fuga  $I_S$ , é da ordem de  $0,2 \times 10^{-8}$  A, para os transistores monolíticos típicos e o fator tem um valor da ordem de  $26 \times 10^{-23}$  V.

Para uma corrente de emissor  $I_E$  maior que 1 nA, pode ser desprezada na equação o termo "-1" e a corrente de emissor de Q1 e Q2 pode ser dada por uma relação simplificada:

(IV)

$$I_{E1} = I_{S1} \left( e^{V_{BE1}/h} \right)$$

$$I_{E2} = I_{S2} \left( e^{V_{BE2}/h} \right)$$

Para o caso dos transistores serem idênticos,  $I_{S1} = I_{S2} = I_S$ , as expressões de (IV) podem ser escritas como:

(V)

$$I_{E1} = I_S \left( e^{V_{BE1}/h} \right)$$

$$I_{E2} = I_S \left( e^{V_{BE2}/h} \right)$$

Segundo foi explicado anteriormente, a corrente da fonte  $I_O$  deve ser igual a soma das correntes dos emissores de Q1 e Q2, e portanto a sua expressão pode ser escrita do seguinte modo:

(VI)

$$I_O = I_S \left( e^{V_{BE1}/h} \right) + I_S \left( e^{V_{BE2}/h} \right)$$

$$I_O = I_S \left( e^{V_{BE1}/h} + e^{V_{BE2}/h} \right)$$

Podemos nesta expressão, colocar o termo  $I_S$  em evidência de modo que a equação passará a ser escrita como:

(VII)

$$I_O = I_S e^{V_{BE1}/h} \left[ 1 + e^{(V_{BE2} - V_{BE1})/h} \right]$$

Podemos ainda fatorar esta expressão levando-a a seguinte forma:

(VIII)

$$I_O = I_S e^{V_{BE2}/h} \left[ 1 + e^{(V_{BE1} - V_{BE2})/h} \right]$$

Como demonstramos anteriormente que:

$$I_S e^{V_{BE1}/h} = I_{E1} \text{ e } I_S e^{V_{BE2}/h} = I_{E2}$$

podemos escrever:

$$I_O = I_{E1} \left[ 1 + e^{(V_{BE2} - V_{BE1})/h} \right]$$

$$I_O = I_{E2} \left[ 1 + e^{(V_{BE1} - V_{BE2})/h} \right]$$

(IX)

Se nas equações anteriores substituirmos  $I_{E1}$  e  $I_{E2}$  por seus valores dados segundo as seguintes expressões,

$$I_{E1} = \frac{I_{C1}}{\alpha} \text{ e } I_{E2} = \frac{I_{C2}}{\alpha}$$

temos:

(X)

$$I_O = \frac{I_{C1}}{\alpha} \left[ 1 + e^{(V_{BE2} - V_{BE1})/h} \right]$$

$$I_O = \frac{I_{C2}}{\alpha} \left[ 1 + e^{(V_{BE1} - V_{BE2})/h} \right]$$

Observando a figura 2, torna-se evidente, que as tensões base-emissor  $V_{BE1}$  e  $V_{BE2}$  podem ser expressas em função das tensões de entrada  $V_{B1}$  e  $V_{B2}$ , do seguinte modo:

(XI)

$$V_{BE1} = V_{B1} - V_E$$

$$V_{BE2} = V_{B2} - V_E$$

e, portanto:

(XII)

$$V_{BE1} - V_{BE2} = V_{B1} - V_{B2}$$

$$V_{BE2} - V_{BE1} = V_{B2} - V_{B1}$$

Utilizando estas equações, podemos expressar a corrente da fonte  $I_O$  em função da tensão existente entre as entradas, ou seja, em função da tensão diferencial:

(XIII)

$$I_O = \frac{I_{C1}}{\alpha} \left[ 1 + e^{(V_{B2} - V_{B1})/h} \right]$$

$$I_O = \frac{I_{C2}}{\alpha} \left[ 1 + e^{(V_{B1} - V_{B2})/h} \right]$$

Resolvendo-se as equações anteriores para  $I_{C1}$  e  $I_{C2}$ , podemos obter as expressões da corrente de coletor dos dois transistores em função da tensão de entrada diferencial:

(XIV)

$$I_{C1} = \frac{\alpha I_O}{1 + e^{(V_{B2} - V_{B1})/h}}$$

$$I_{C2} = \frac{\alpha I_O}{1 + e^{(V_{B1} - V_{B2})/h}}$$

A figura 8, mostra a curva obtida para  $I_{C1}$  e  $I_{C2}$  em unidades do fator  $h$  ( $h = kT/q$ ), para as equações anteriores.

Essas curvas de transferências, são bastante importante no que se refere as informações que podem fornecer sobre o funcionamento de um amplificador diferencial.

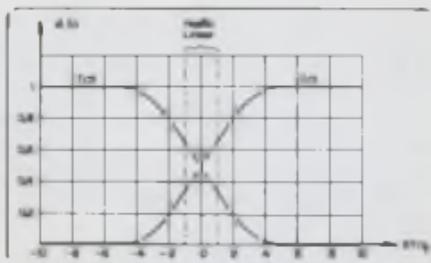


Figure 8

São as seguintes as características que podemos extrair das curvas:

a) As características de transferência da figura 8, são lineares em uma região central, em torno do ponto de funcionamento. Para as curvas indicadas ( $KT/q = 26$  mV), a região linear corresponde aproximadamente a uma excursão da tensão de entrada de 50 mV (pico a pico).

b) A máxima pendente das curvas que ocorre no ponto de funcionamento, nos permite definir a transcondutância efetiva do amplificador diferencial.

c) A pendente das curvas de transferência (transcondutância), depende do valor da corrente  $I_O$  fornecida pela fonte de corrente constante e pode ser variada modificando-se esse valor, sem afetar a região linear. Esta relação, implica na possibilidade de se obter um controle de ganho do amplificador mediante a variação da corrente  $I_O$ .

d) As funções de transferência e as suas pendentes, são função do fator  $\alpha$  e da temperatura, ambos previsíveis, e de duas constantes físicas.

e) O amplificador diferencial, comporta-se como um limitador natural já que, com entradas maiores que  $\pm 4$   $kT/q$  (aproximadamente 100mV para as curvas mostradas), não se obtém aumentos adicionais da tensão de saída.

f) A corrente de saída de um amplificador diferencial, é igual ao produto da tensão de entrada pela transcondutância. Num amplificador diferencial, a transcondutância é proporcional a corrente da fonte  $I_O$ , o que quer dizer que o circuito pode ser utilizado como misturador, multiplicador

de frequência, modulador ou de detector de produto, bastando para isso, se fazer lo de multiplicando, e a forma de onda de entrada é multiplicador.

No ponto de funcionamento ( $V_{B1} - V_{B2} = 0$ ), a transcondutância toma seu valor máximo, denominado transcondutância máxima que pode ser expressa pela equação:

(XV)

$$g_m = \frac{\alpha I_0}{4 \frac{kT}{q}}$$

Para uma temperatura de funcionamento de 225°C, esse valor pode ser calculado com aproximação pela expressão:

(XVI)

$$g_m = \frac{\alpha I_0}{4 \times 26}$$

As equações anteriores, revelam que para um mesmo valor da corrente de fonte lo, a transcondutância efetiva do amplificador diferencial, é a quarta parte do valor correspondente a um único transistor. Estas condições, ocorrem porque no ponto de funcionamento, a corrente lo se divide em partes iguais entre os transistores, e a ten-

são de entrada fica também aplicada (em ambos), em partes iguais.

Quando se faz funcionar o amplificador de modo a se obter uma saída simétrica entre os coletores, dos transistores do par diferencial, as correntes de saída através da impedância de carga, contribuem com partes iguais para a tensão de saída de cada transistor. Como resultado se obtém uma tensão de saída correspondente ao dobro da que seria obtida em terminação simples. Esta duplicação da tensão de saída, se produz porque se dobra a impedância de carga, e não por um aumento da transcondutância. Sem dúvida, se uma impedância de carga de valor reduzido é ligada entre os coletores dos dois transistores, em relação aos valores dos resistores de alimentação de coletor em paralelo, a corrente de carga, fica sendo o dobro da corrente obtida com terminação simples, para um mesmo sinal de entrada. Esta condição, pode ser esquematizada definindo-se uma transcondutância efetiva aparente ( $g_{m(ap)}$ ), que no circuito da saída pode ser expressa como:

(XVII)

$$g_m(ap) = \frac{q\alpha I_0}{2kT}$$

## DECODIFICADOR FM ESTÉREO (SEM BOBINAS)

Em nosso nº 50 publicamos o artigo acima sob autoria de Marco A. Mantovani, esclarecemos que a parte teórica é fundamentada em informação técnica de ROBERT BOSCH DO BRASIL.

# CURSO DE ELETRÔNICA<sup>©</sup>

## LIÇÃO 7

Na lição anterior, estudamos que não existem condutores perfeitos e que a oposição encontrada pela corrente ao circular por um meio recebe o nome de resistência elétrica. Resistência elétrica é, portanto, a propriedade manifestada por um meio, em relação a corrente que nele circula e que depende não só da natureza desse meio, ou seja, do material de que é feito, como também de suas dimensões. Estudamos, que a resistência pode ser medida, e para esta finalidade adota-se como unidade o OHM ( $\Omega$ ). Nesta próxima lição, estudaremos que a corrente, a resistência e a tensão, são grandezas elétricas interdependentes num meio, e que a relação de interdependência entre essas três grandezas é dada por uma das mais importantes Leis da Eletricidade, a Lei de Ohm.

### 19. A LEI DE OHM

Estudemos nas lições anteriores, que a corrente elétrica, consiste num movimento ordenado de cargas elétricas e a tensão, é a causa do movimentação dessas cargas, ou seja, a ação externa responsável pela movimentação das cargas num meio condutor. Assim, sempre relacionamos essas duas grandezas como sendo causa e efeito. A tensão é a causa e a corrente o efeito. Sem a tensão, não há corrente, pois é preciso que se manifeste uma diferença de potenciais entre dois pontos, para que entre eles se estabeleça um fluxo de cargas elétricas, ou seja, uma corrente.



figura 55

É evidente que, entre qualquer causa e efeito deve existir um fator de limitação da intensidade do efeito, em função da intensidade da causa. Se entre a força que empurra um objeto e a força de atrito não existisse um relacionamento, ou seja, se a força de atrito não limitasse o movimento, assim como a massa do corpo, este seria lançado com velocidade infinita sob a ação de qualquer empurrão. Sua massa e o atrito atuam portanto como fator de limitação entre a causa: a força e o efeito: o movimento.

Para o caso da tensão e da corrente, também existe um

Causa e Efeito

Limitação do efeito

fator intermediário de limitação entre uma e outra. Sendo a tensão a causa, e a corrente o efeito, existe um fator que limita ou determina o efeito para determinada causa. Vejamos como isso ocorre em eletricidade:

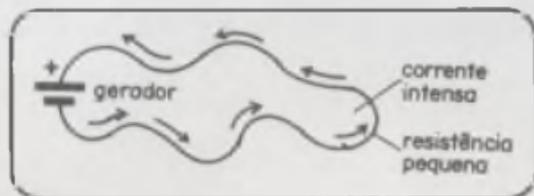


figura 56

Se ligarmos entre os polos de um gerador, um condutor que apresente uma pequena resistência, sendo a resistência pequena, e portanto pequena a oposição à passagem da corrente, para uma causa (tensão), o efeito será maior, ou seja, a corrente circulante será intensa. Em outras palavras, se ligarmos um condutor de pequena resistência entre os polos de um gerador, sendo a oposição à passagem da corrente pequena, para uma mesma causa, o efeito será mais acentuado, isto é, a corrente será maior.

Por outro lado, se ligarmos entre os polos de um gerador, um condutor que apresente uma resistência mais elevada, sendo a oposição à passagem da corrente maior, este atuará como um fator de limitação entre a causa e o efeito, e para uma mesma tensão, a corrente será menor. Para uma mesma causa, o efeito será menor.

É claro, que independentemente, da resistência, se quisermos aumentar o efeito, ou seja, fazer com que a corrente circulante seja maior, podemos fazer isso simplesmente alterando a causa, isto é, aumentando a tensão. Não precisamos modificar necessariamente a resistência para isso.

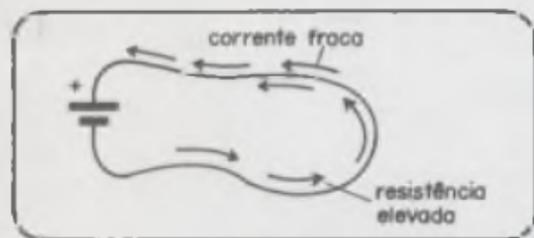


figura 57

Pelo que se percebe, a resistência é o nosso fator de limitação entre a causa e o efeito, ou seja, atua como uma dosagem para a corrente que circulará com certa tensão, mas ao mesmo tempo, tanto a corrente, como a tensão e mesmo a resistência são interdependentes, o que quer dizer que num circuito, a corrente em qualquer instante dependerá tanto da tensão como da resistência.

De que modo a corrente depende da tensão e da resistência?

menor resistência maior corrente

maior resistência menor corrente.

A resistência é o fator de limitação

Para melhor entendermos a interdependência entre a tensão e a corrente, neste caso, podemos imaginar uma experiência prática.

Nessa experiência, tomamos um condutor que apresenta certa resistência e o ligamos aos polos de um gerador que possa estabelecer em seus extremos a tensão que quisermos. Esse gerador pode ser constituído por um agrupamento de pilhas, por exemplo, que são acrescentadas ao circuito por meio de uma chave seletora. Cada pilha fornece 1,5 Volt, de modo que na posição 1 da chave, a tensão nos extremos do condutor será de 1,5 Volt, na posição 2, com duas pilhas a tensão será 3 Volts, na posição 3, a tensão será 4,5 Volts e assim por diante.

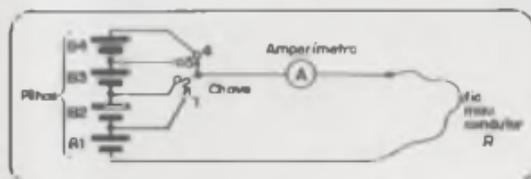


figura 58

Neste circuito, representado por A, colocamos um instrumento, cuja finalidade é medir a corrente que está percorrendo o condutor. Do mesmo modo que podemos medir tensões e resistências, também podemos medir correntes, e o instrumento usado para esta finalidade denomina-se amperímetro.

A experiência que faremos, consiste em estabelecermos entre os extremos do condutor, diferenças de potenciais crescentes e anotarmos as correntes circulantes de modo que, analisando os resultados obtidos, possamos saber como uma depende da outra. É evidente que aumentando a tensão, a corrente também aumentará, argumentará o leitor, mas o importante a saber é em que proporção aumentará. Será que dobrando a tensão, a corrente também dobrará ou aumentará menos rapidamente?

Suponhamos que na nossa experiência prática, colocando a chave em posições sucessivas tenhamos anotado as correntes que tabelamos da seguinte forma:

posição da chave	tensão (V)	corrente anotada (A)
1	1,5	0,3
2	3,0	0,6
3	4,5	0,9
4	6,0	1,2

Evidentemente, para confirmar os resultados, podemos analisar tabelas obtidas em outras condições, ou seja, com outros condutores.

O amperímetro

proporção

Uma nova experiência realizada com um outro condutor, poderá nos fornecer a seguinte tabela:

posição da chave	tensão (V)	corrente anotada (A)
1	1,5	0,5
2	3,0	1,0
3	4,5	1,5
4	6,0	2,0

Analisando as tabelas podemos descobrir fatos bastantes interessantes:

Observamos, por exemplo, que em qualquer caso, quando dobramos a tensão, a corrente também dobra intensidade. Assim, na primeira tabela, quando passamos de 1,5 para 3 Volts a corrente que era de 0,3 A passa para 0,6, e quando passamos de 3,0 para 6 Volts a corrente de 0,6 passa para 1,2. Na tabela 2, vemos que quando passamos de 1,5 para 3 volts, a corrente de 0,5 passa para 1 A, ou seja, também dobra.

O mesmo acontece quando triplicamos a tensão. Assim, quando passamos de 1,5 para 4,5 Volts, a corrente, na primeira experiência que era de 0,3 passa a ser 0,9 A, ou seja, também triplicada. Na segunda experiência constatamos o mesmo fato.

Esses fatos nos permitem dizer, que os aumentos de correntes se fazem na mesma proporção que os aumentos de tensão, ou seja, em proporção direta. Assim, de modo mais preciso, podemos dizer que neste caso, "a corrente é diretamente proporcional a tensão". A qualquer aumento ou diminuição de tensão corresponde um aumento ou diminuição da corrente, na mesma proporção. Isso justamente é o que rege a Lei de Ohm.

Nos meios em que a corrente é diretamente proporcional a tensão a relação de dependência entre essas duas grandezas é dada pela Lei de Ohm.

Onde a resistência entra em tudo isso? Conforme vimos até agora, a resistência simplesmente atua como fator de limitação entre a tensão e a corrente, mas sua ação se realiza de modo constante, e conforme veremos, isso aparecerá de modo mais preciso na fórmula matemática da Lei de Ohm, o que será abordado no próximo item.

Por enquanto, estude o resumo deste item, e tente realizar os testes de avaliação.

dobrando a tensão a corrente dobra

triplicando a tensão a corrente triplica

proporção direta

**Resumo do quadro 18**

- A tensão é a causa e a corrente o efeito. Entre a causa e o efeito existe uma relação de dependência.
- A resistência é um fator constante que limita ou estabelece o relacionamento entre a tensão e a corrente.
- Para pequenas resistências, a corrente correspondente a uma tensão determinada, é maior do que para a mesma tensão e uma resistência menor.
- Aplicando-se tensões crescentes a um condutor de certa resistência, a corrente ~~circulante~~ nesse resistor cresce proporcionalmente.
- Qualquer que seja o valor da resistência considerada, um aumento de tensão sempre causa um aumento na mesma proporção da corrente circulante.
- Isso nos permite afirmar que, para um condutor de determinada resistência, a corrente é diretamente proporcional à tensão.

Se você entendeu perfeitamente o ensinado nesta lição, poderá tentar resolver os testes de avaliação. Caso contrário, sugerimos uma nova leitura da parte teórica.

**Avaliação 88**

Um condutor que apresenta certa resistência constante é conectado aos polos de um gerador (pilha). Com relação a corrente circulante neste condutor, podemos afirmar que: (selele a alternativa correta).

- a) A corrente circulante pelo condutor, dependerá exclusivamente da resistência do condutor.
- b) A corrente circulante pelo condutor, dependerá apenas do material de que ele é feito.
- c) A corrente circulante pelo condutor, dependerá da diferença de potencial estabelecida no condutor e da sua resistência.
- d) A corrente circulante dependerá somente da diferença de potencial estabelecida pelo gerador.

Resposta: c

**Explicação:**

Conforme vimos, entre a causa e o efeito, existe um fator de limitação que é a resistência. Assim, a corrente circulante

pelo condutor não só depende da causa que é a diferença de potencial estabelecida entre seus extremos, como também do fator de limitação que é a resistência do condutor. Os dois fatores estão presentes, daí somente a alternativa C ser a correta.

Se você acertou, passe para o teste seguinte, mas se errou recomendamos uma nova leitura do item anterior como também das lições anteriores. Procure conhecer melhor o que é resistência elétrica.

### Avaliação 56

Mantendo constante a resistência de um condutor ligado a um gerador, se diminuirmos a tensão estabelecida neste circuito, ou seja, se diminuirmos a ddp nos extremos do condutor, podemos afirmar que: (assinale a alternativa correta).

- a) a corrente aumenta na mesma proporção
- b) a resistência diminui na mesma proporção
- c) a corrente diminui na mesma proporção
- d) a resistência aumenta na mesma proporção

resposta: c

### Explicação:

Conforme dissemos, sendo a tensão a causa e a corrente o efeito, uma diminuição da causa só pode ter como consequência uma diminuição no efeito. No caso, como a diminuição se faz em proporção direta, uma do condutor, é acompanhada de uma diminuição na mesma proporção da corrente circulante. Evidentemente, o próprio teste estabelece que a resistência é constante e que portanto não pode sofrer alterações. A resposta certa C é portanto justificada. Passe para o teste seguinte.

### Avaliação 57

Segundo estabelece a Lei de Ohm, podemos dizer que, num condutor que apresente uma resistência constante, a corrente circulante é ..... à tensão nele estabelecida. (Complete o espaço com as palavras correspondentes a uma das seguintes alternativas).

- a) Inversamente proporcional.
- b) diretamente proporcional.
- c) inversamente proporcional ao quadrado

Resposta: b

**EXPLICAÇÃO:**

A resposta correta, é "diretamente proporcional". Expliquemos o porque. Dizemos que duas grandezas dependem uma da outra em proporção direta, quando ao aumento de uma, corresponde a um aumento na mesma proporção da outra. Um exemplo de duas grandezas que estão numa dependência em proporção direta, é a temperatura e a pressão num recipiente de volume constante, um tambor de gás, por exemplo. Quanto maior for a temperatura, maior será a pressão. A tensão e a resistência estão numa proporção direta. Dizemos que a relação é "inversamente proporcional", quando um aumento de uma grandeza corresponde a uma diminuição da outra. Como exemplo de dependência em proporção inversa, podemos citar a velocidade e o tempo para um movimento uniforme. Quanto maior for a velocidade, menor será o tempo necessário para se percorrer certa distância. Se você acertou passe para o próximo item.

**20. A RELAÇÃO TENSÃO/CORRENTE  
PELA LEI DE OHM**

Conforme vimos pelos itens anteriores, num condutor que apresente resistência constante, ao aumentarmos a tensão, a corrente aumenta na mesma proporção e a corrente obtida em cada relação é dada pelo valor da resistência do circuito. Assim, se a experiência for realizada com um condutor de pequena resistência e o gerador estabelecer uma ddp considerável, as correntes obtidas terão valores altos. Por outro lado, se as experiências forem realizadas com um condutor de grande resistência, as correntes anotadas terão valores menores. As duas tabelas que obtivemos mostram bem que diferenças podem ser obtidas.

Voltemos a analisar essas duas tabelas, de modo a podermos retirar novas e importantes informações:

Caso 1	experiência	tensão (Volts)	corrente (Ampères)
	1	1,5	0,3
	2	3,0	0,6
	3	4,5	0,9
	4	6,0	1,2
Caso 2	1	1,5	0,5
	2	3,0	1,0
	3	4,5	1,5
	4	6,0	2,0

Conforme podemos perceber nos dois casos, à medida que a tensão aumenta, a corrente aumenta na mesma proporção, e a resistência do condutor do caso 1 é maior que a resistência do caso 2, porque para a mesma tensão, 1,5 Volt, a corrente em 1 é menor que em 2.

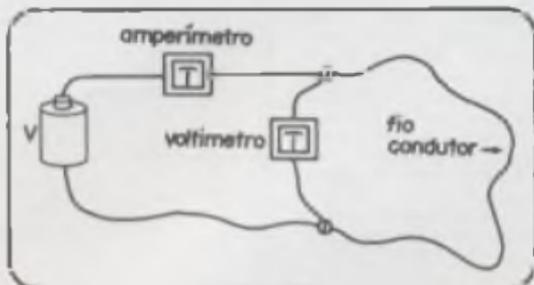


figura 59

Observamos ainda, em relação as duas tabelas, um fato interessante: Se dividimos na primeira tabela, a tensão pela corrente, ou seja, se relacionarmos a tensão e a corrente, em cada caso, ou seja, para cada tensão tomando a corrente correspondente, obteremos sempre os mesmos valores.

Explicamos melhor: se dividirmos 1,5 por 0,3, a corrente e a tensão na primeira medida da primeira tabela, obtemos como resultado 5. Se fizermos a mesma coisa dividindo 3 por 0,6 o que corresponde a segunda medida da primeira tabela obtemos o mesmo valor: 5. Obteremos também 5 se dividirmos 4,5 por 0,9 e 6 por 1,2.

O que significa isso? Significa que para esta experiência, a relação entre a tensão e a corrente é uma constante. Se chamarmos de  $V$  a tensão e de  $I$  a corrente, podemos simplesmente escrever que:

$$V/I = \text{constante}$$

Será que ocorre o mesmo em relação aos valores obtidos na segunda experiência em que obtivemos dados para a elaboração da segunda tabela?

Perfeitamente. Se dividirmos 1,5 por 0,5 obtemos como resultado 3.

Dividindo 3,0 por 1,0 obtemos também 3, e o mesmo ocorre quando dividimos 4,5 por 1,5 e 6 por 2.

Uma análise mais profunda desse fato, nos revela que o fato de divisão da tensão pela corrente, sempre resulta num valor constante para cada experiência e está relacionada justamente com a Lei de Ohm.

Podemos dizer que esse valor constante, deve-se a alguma propriedade inerente do condutor com o qual realizamos a experiência e que justamente fixa a corrente circulante para uma determinada tensão.

relação  
corrente  
tensão

$$V/I = c \text{ constante}$$

o significado da constante

Pela bem, a relação existente entre a tensão e a corrente em cada experiência, é justamente a resistência do condutor com o qual é realizada a experiência. Assim, concluímos que, quando a resistência é constante, a relação entre a tensão e a corrente é constante sendo numericamente igual a resistência.

Se um dispositivo de dois terminais (um bipolo), entre os quais possa se estabelecer uma corrente, seguir essa propriedade, ou seja, se a relação entre a tensão e a corrente entre seus polos for uma constante, diremos que se trata de um bipolo ôhmico, ou seja, um bipolo que segue a lei de Ohm.

Assim, chegamos a uma expressão final de relacionamento entre a tensão e corrente e a resistência de um condutor ou de um bipolo ôhmico: chamando de  $V$  a tensão dada em Volta, de  $I$  a corrente dada em ampéres e de  $R$  a resistência dada em Ohms, podemos escrever:

$$R = V/I$$

Para encontrar a resistência de um bipolo ôhmico, basta portanto dividir a tensão aplicada entre seus extremos pela corrente consequente circulante pelo bipolo.

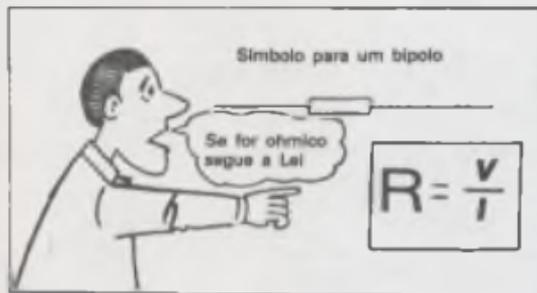


figura 60

A fórmula dada acima, é uma das mais importantes em todo o desenvolvimento de nosso curso de eletrônica, pois aparecerá com bastante frequência nos mais diversos projetos. O leitor deve portanto levá-la bastante a sério, procurando memorizá-la o mais rapidamente possível.

A seguir, daremos um resumo do que estudamos neste item, e faremos alguns testes de avaliação que o leitor deverá tentar resolver com o máximo de cuidado. Uma revisão de matemática também será útil. Recomendamos que o leitor se preocupe em ler alguma coisa sobre resolução de equações do primeiro grau, para o que deverá consultar livros de matemática do ginásio.

a resistência

bipolo

bipolo ôhmico

Lei de Ohm. Expressão

**Resumo do quadro 20**

- Realizando experiências com condutores de resistências constantes, verificamos a existência de uma relação definida entre a corrente e a tensão nestes.
- Dividindo-se a tensão pela corrente, em cada caso, obtemos sempre o mesmo valor, indicando esse valor a existência de algum fator inerente ao próprio circuito.
- Esta relação entre a tensão e a corrente, é justamente a resistência.
- Deste modo, concluímos que para encontrar a resistência de um condutor, ou seja, um bipolo que siga a Lei de Ohm, tudo que temos de fazer é dividir a tensão pela corrente.
- De modo mais apropriado, chamando de V a tensão, de I a corrente e de R a resistência, podemos escrever:

$$R = V/I$$

**Avaliação 58**

Num condutor que apresente uma resistência constante, a relação entre a tensão e a corrente circulante deve ser: (assinale a alternativa correta).

- a) variável
- b) dependente da tensão
- c) independente da tensão mas não da corrente.
- d) constante.

Resposta d

**Explicação:**

Conforme estudamos, a relação entre a tensão e a corrente num circuito (que siga a Lei de Ohm), deve ser constante, no sentido de que a um aumento de tensão, corresponde um aumento de corrente na mesma proporção. Essa relação de proporcionalidade direta, justamente faz que a divisão de uma grandeza por outra, resulte num valor constante. Trata-se portanto o circuito em questão de um bipolo ôhmico.

Se você acertou o teste, passe para o seguinte. Caso contrário, estude novamente o item anterior.

**Avaliação 59**

Submetendo-se um condutor que siga a Lei de Ohm, um bipolo ôhmico portanto à uma ddp de 4 Volts, verificamos que a corrente circulante é de 2 Amperes. Podemos afirmar que a resistência desse bipolo é: (assinale a alternativa correta).

- a) 0,5 Ohm.
- b) 1,0 Ohm.
- c) 2,0 Ohms.
- d) 4,0 Ohms.

Resposta c

**Explicação:**

Conforme vimos no item teórico, para encontrar a resistência basta dividir a tensão pela corrente correspondente, já que esta relação é constante e numericamente igual a resistência. Assim, para o caso de uma tensão de 4 Volts e de uma corrente de 2 Ampères, bastará dividirmos 4 por 2 obtermos a resistência, ou seja, 2 Ohms. A resposta correta é portanto a correspondente a alternativa c. Se você acertou, passe para a questão seguinte, caso contrário, releia novamente a lição.

**Avaliação 60**

Chamamos de bipolo, a qualquer dispositivo dotado de dois terminais entre os quais possa se estabelecer um ddp (diferença de potencial). Uma lâmpada, um gerador, um condutor são bipolos. No caso, temos um bipolo em que aplicamos diferenças de potenciais crescentes e anotamos as correntes correspondentes, obtendo a seguinte tabela:

tensão	corrente	Tensão em Volta Corrente em Ampères.
1	1	
2	4	
3	8	
4	16	

Baseados na tabela, podemos afirmar que: (assinale a alternativa correta).

- a) O bipolo segue a Lei de Ohm.
- b) O bipolo é formado por um isolante perfeito.
- c) O bipolo não segue a Lei de Ohm.
- d) A resistência desse bipolo independe da tensão

resposta c

**Explicação:**

Perceba o leitor, que se dividirmos as tensões pelas correntes correspondentes, não obtemos um valor constante. No primeiro caso, dividindo 1 por 1, obtemos 1. No segundo caso dividindo 2 por 4, obtemos 0,5 e assim por diante. Assim, neste bipolo, a corrente não é diretamente proporcional a tensão, o que significa que não se trata de um bipolo ôhmico. Não se trata

também de um isolante porque circula uma corrente para cada tensão, e conforme vimos, para cada tensão, a resistência manifestada pelo bipolo muda. A melhor alternativa é portanto a correspondente a C. Podemos ir além, verificando que, para o primeiro caso, tensão 1, temos uma corrente 1. Para o segundo, uma tensão 2 correspondente a uma corrente 4, ou seja  $2 \times 2$ . Para o terceiro caso de 3 Volts, temos uma corrente 9, ou seja  $3 \times 3$  ou  $3^2$  (três elevado ao quadrado). Podemos dizer que esse bipolo, segue uma lei de proporcionalidade direta "ao quadrado", ou seja, a corrente é diretamente proporcional ao quadrado da tensão, isto é:  $I = V^2$ .

Se você acertou, passe para o item seguinte, caso contrário, recomendamos uma leitura com bastante atenção no item anterior.

## 21. A MATÉRIA E A LEI DE OHM

Segundo vimos nos itens anteriores, através da Lei de Ohm, podemos determinar a resistência de um bipolo quando conhecermos a ddp em seus extremos e a corrente circulante.

Como a relação entre a tensão e a corrente é uma constante, numericamente igual a resistência, podemos estabelecer uma fórmula que, em função de duas grandezas conhecidas possamos calcular a terceira. De modo explícito podemos dizer que:

Conhecendo a tensão e a corrente, podemos calcular a resistência.

Conhecendo a resistência e a corrente, podemos calcular a tensão.

Conhecendo a tensão e a resistência, podemos calcular a corrente.

Assim, partindo de expressão inicial que chegamos no item anterior:

$$R = V/I$$

Onde R é dada em Ohms  
I em Ampères  
V em Volts

$$V = R \times I$$

Ou seja, podemos calcular a tensão, multiplicando a resistência pela corrente. Esta fórmula é usada, quando conhecermos a resistência e a corrente e quisermos calcular a tensão. E, finalmente, podemos também escrever:

cálculo de R

cálculo de V

$$I = V/R$$

Isto é, podemos calcular a corrente, bastando para isso dividir a tensão pela resistência. Esta fórmula é usada quando se conhece a tensão e a resistência e se deseja calcular a corrente.

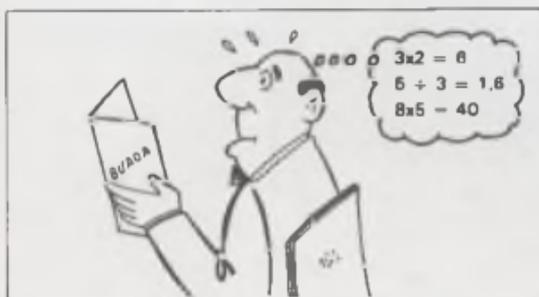


Figura 61

Observe nossos alunos que a utilização da Lei de Ohm, ou seja, de qualquer uma das três fórmulas, é de bastante importância em eletrônica. Frequentemente, bipolos lineares são usados, de modo que a determinação de resistências, correntes ou tensões é bastante comum em trabalhos práticos.

Como o uso das fórmulas envolve apenas operações simples como multiplicação e divisão, acreditamos que o leitor não terá maiores dificuldades em sua utilização. Entretanto, para evitar qualquer tipo de problemas, demos alguns exemplos práticos de aplicação a seguir:

a) Determinar a resistência de um bipolo ôhmico que é percorrido por uma corrente de 2,4 A quando a tensão em seus extremos é de 7,2 Volts.

Neste caso queremos determinar R. Para isso aplicamos a fórmula

$$R = V/I$$

Devemos portanto dividir 7,2 Volts que é a tensão por 2,4 Amperes que é a corrente:

$$R = 7,2 / 2,4$$

$$R = 3 \text{ Ohms}$$

A resistência é portanto de 3 Ohms.

b) Qual é a tensão entre os extremos de um condutor de 3 Ohms de resistência o qual é percorrido por uma corrente de 2,2 Amperes?

Resolução; neste caso, temos a resistência e a corrente e queremos calcular a tensão. Aplicamos então a fórmula:

$$V = R \times I$$

cálculo de I

exemplos

Devemos portanto multiplicar 3 Ohms que é a resistência por 2,2 Ampères que é a corrente.

$$V = 2,2 \times 3$$

$$V = 6,6 \text{ Volts}$$

A tensão é de 6,6 Volts, portanto,

Daremos a seguir um resumo do que foi visto neste quadro e testes de avaliação.

### Resumo do quadro 21

- Partindo da expressão  $R = V/I$  podemos também calcular a corrente e a tensão num bipolo ôhmico.
- Para encontrar a tensão multiplicamos a resistência pela corrente, ou seja, aplicamos a fórmula  $V = R \times I$
- Para encontrar a corrente, dividimos a tensão pela resistência, ou seja, aplicamos a fórmula  $I = V/R$
- Estas fórmulas só podem ser aplicadas para determinar correntes, resistências e tensões em bipolos ôhmicos, ou seja, bipolos que sigam a Lei de Ohm.
- As unidades para as grandezas devem ser observadas com o máximo de cuidado. Resistência em Ohms, tensões em Volts e correntes em Ampères.

### Avaliação 81

Num bipolo ôhmico circula uma corrente de 0,25 A quando a diferença de potencial em seus extremos é de 20 Volts. A resistência desse bipolo é: (assinale a alternativa correta)

- a) 0,0125 Ohm
- b) 8 Ohms
- c) 80 Ohms
- d) 0,8 Ohm

Resposta:  
c

### Explicação:

Conforme vimos, existe uma relação constante entre o tensão e a corrente num bipolo que sigam a Lei de Ohm, e essa relação nos dá a resistência. No nosso caso, basta dividir 20 Volts que é a tensão por 0,25 Ampères que é a corrente, para obtermos a resistência em Ohms. O resultado desta divisão é 80, que corresponde a alternativa C. Se você acertou passe para o teste seguinte. Caso contrário procure ler novamente a lição. Se sua dificuldade é a matemática, procure estudar as operações fundamentais.

**Avaliação 82**

A resistência de um condutor é de 20 Ohms. Que diferença de potencial deve ser estabelecida entre seus extremos para que circule uma corrente de 4 Ampéres? (assinale a alternativa correta)

- a) 5 Volts
- b) 0,2 Volt
- c) 80 Volts
- d) 4 Volts.

Resposta:

c

**Explicação:**

Conforme estudamos no Item 21, para obtermos a tensão extremos de um bipolo que siga a Lei de Ohm, quando conhecemos a resistência e a corrente que o percorre, basta multiplicar a corrente pela resistência, ou seja, aplicar a fórmula:

$$V = R \times I$$

No nosso caso  $R = 20$  Ohms e  $I = 4$  Ampéres, o que significa que bastará multiplicarmos 20 por 4 para obtermos a tensão, ou seja, 80 Volts. A alternativa correta é portanto a C. Se você não acertou, procure com calma memorizar as três fórmulas dadas nos itens anteriores.

**Avaliação 83**

Uma lâmpada incandescente (que dentro de certos limites pode ser considerada um bipolo ôhmico) cujo filamento apresenta uma resistência de 20 Ohms, é ligada a um gerador que fornece uma tensão de 100 Volts. Que corrente percorre o filamento desta lâmpada? (assinale a alternativa correta)

- a) 0,2 A
- b) 5 A
- c) 0,5 A
- d) 50 A

Resposta:

b

**Explicação:**

No caso bastará dividirmos a tensão pela resistência ou seja, bastará dividirmos 100 por 20 para obtermos a corrente. Obtemos portanto 5 Ampéres que corresponde a alternativa b.

O motivo pelo qual rigorosamente uma lâmpada não segue a Lei de Ohm será visto em lições posteriores.

Se você acertou, passe para o teste seguinte. Este teste é o mais difícil de série, e se você não conseguir resolvê-lo não se desespere pois isso não afetará seriamente seus estudos. A dificuldade maior está no emprego de uma matemática um pouco mais elevada para a maioria dos leitores, ou seja, a expressão das grandezas em potências de 10.

#### Avaliação 84

Qual é a resistência de um bipolo Ôhmico que, ao ser submetido a uma ddp de  $3,2 \times 10^2$  Volts é percorrido por uma corrente de  $8 \times 10^{-6}$  A? (assinale a alternativa correta)

- a)  $4 \times 10^7$  Ohms
- b)  $4 \times 10^6$  Ohms
- c)  $4 \times 10^8$  Ohms
- d)  $4 \times 10^9$  Ohms

Resposta:

•

#### Explicação:

Sabemos que, para encontrar a resistência, temos de dividir a tensão pela resistência, ou seja:

$$R = \frac{3,2 \times 10^2}{8 \times 10^{-6}}$$

$$R = \frac{3,2}{8} \times \frac{10^2}{10^{-6}}$$

Para fazer esta divisão, separamos as potências de 10:

$$R = \left(\frac{3,2}{8}\right) \times \left(\frac{10^2}{10^{-6}}\right)$$

O resultado da primeira divisão é 0,4. Para a segunda devemos subtrair os expoentes ou seja:

$$3 - (-6) = 3 + 6 = 9$$

Assim, o resultado será:

$$R = 0,4 \times 10^9$$

O valor 0,4 não está bem expresso, de modo que devemos transformá-lo em:  $4 \times 10^{-1}$  de modo que:

$$R = 4 \times 10^{-1} \times 10^9$$

$$R = 4 \times 10^8 \text{ Ohms}$$

A alternativa correta é portanto a c.

