

# ELETRÔNICA

**MONTAGENS:**  
**FREQÜENCÍMETRO**

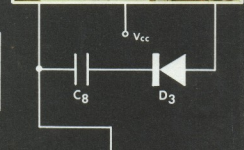
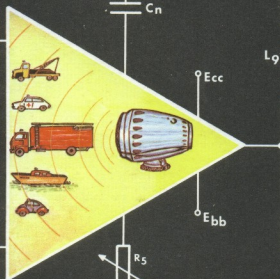
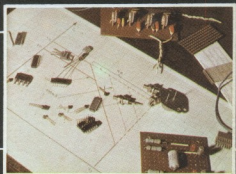
(Conclusão)

**INTERRUPTOR GREFUSCULAR**

**PRÉ-AMPLIF. MISTURADOR**

**HOBBY**

**SIRENE ELETRÔNICA**



**3ª LIÇÃO**

**CURSO DE ELETRÔNICA**

**Rádio - TV - Som**

**RUÍDO nas**  
**TELECOMUNICAÇÕES**  
**VOLTÍMETRO com FET**  
**CIRCUITOS LSL**



diretor  
superintendente:  
diretor  
administrativo  
diretor  
de produção:

EDITORA  
SABER  
LTDA.

Savério  
Fittipaldi  
Élio Mendes  
de Oliveira  
Hélio  
Fittipaldi

diretor  
de redação:

REVISTA  
SABER  
ELETRÔNICA

Alexandre  
V. Martins

diretor  
técnico:

Newton  
C. Braga

diretor de  
publicidade:

W. Roth  
& Cia. Ltda.

serviços  
gráficos:

distribuição  
nacional:

ABRIL S.A. -  
Cultural e  
Industrial

diretor  
responsável:

Élio Mendes  
de Oliveira

Revista Saber  
ELETRÔNICA é  
uma publicação  
mensal  
da Editora  
Saber Ltda.

REDAÇÃO  
ADMINISTRAÇÃO  
E PUBLICIDADE:

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

CORRESPONDÊNCIA:

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

## sumário

Monte um Freqüencímetro Digital (Conclusão) .....	2
Pré-Amplificador Misturador .....	24
O Volt .....	28
Interruptor Crepuscular .....	29
"HOBBY": Sirene para Sistemas de Alarme e Brin- quedos .....	36
Voltímetro com FET .....	42
ORIENTAÇÃO PARA O MONTADOR .....	45
Dissipadores de Calor .....	47
O Ohm .....	47
Circuitos de Tempo Imunes ao Ruído com Elemen- tos LSL .....	48
Ruído nas Telecomunicações .....	54
CURSO DE ELETRÔNICA (Lição 3) .....	65

CAPA: Aspecto do desenvolvimento de um projeto e protótipos, gestão para aplicação da Sirene (HOBBY) e flagrante de uma aula prática do Curso de Eletrônica do Liceu Acadêmico São Paulo (ensino profissionalizante).

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).

# MONTE UM FREQUÊNCÍMETRO DIGITAL<sup>©</sup>

JOSÉ CARLOS J. TELLES  
NELSON HOLZCHUH

## CONCLUSÃO

Nesta última etapa (veja as Revistas 46 e 47), vamos explicar todos os estágios da montagem; entretanto, antes de entrarmos em detalhes, faremos algumas observações de ordem prática; assim, temos o seguinte: por se tratar de uma montagem onde a maior parte dos componentes são circuitos integrados, o soldador a ser usado deve ser de, no máximo, 30 Watts; a solda tem de ser do tipo especial para placas de fiação impressa ( $\phi$  1 mm - 60/40); não deve ser exagerada a quantidade de solda nos pontos de soldagem a fim de se evitar curto-circuito entre "caminhos" do circuito impresso; depois de soldados, os componentes devem ter seus terminais cortados o mais rente possível da solda. Observe com cuidado a seqüência de montagem.

### MONTAGEM DO PAINEL FRONTAL

A montagem do painel frontal deve ser dividida em duas partes, sendo a primeira

relativa à dos componentes na placa de fiação impressa e a segunda, a confecção da placa de acrílico.

Inicialmente coloque os três pedaços de fio de interligação do circuito impresso (lado dos componentes). Esse fio deve ser do tipo rígido, # 24 ou # 26 encapado, de preferência de cor preta para evitar reflexos no painel. Em seguida, coloque os 5 CI numéricos (FND70) observando a posição dos mesmos na placa (figura 1).

Os interruptores Ch1 e Ch2 devem ser encaixados na placa de modo que suas bases fiquem perfeitamente encostadas na superfície isolante da placa. Note que a parte de acrílico do painel será fixada através das porcas dos interruptores; portanto, é importante que as mesmas sejam perfeitamente assentadas (ver figura 1).

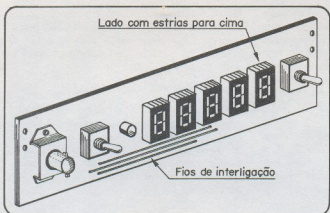


Figura 1 - Vista da montagem dos componentes no painel frontal.

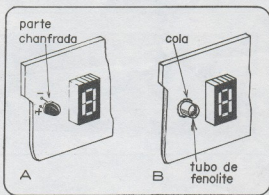


Figura 2 - A - Colocação do LED indicador de ultrapassagem de escala.  
B - Colocação do tubo de fenolite em torno do LED.

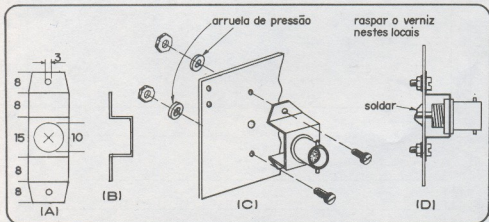


Figura 3 - A - Medidas da peça metálica de fixação da tomada "BNC".  
B - Indicação das dobras da peça.  
C - Vista explodida da montagem da tomada "BNC".  
D - Detalhe da montagem da tomada "BNC".

O LED indicador de "estouro" da escala deve ser colocado observando-se a sua polaridade. Em seguida, coloque um tubo de fenolite de aproximadamente 7 mm de diâmetro por 12 mm de comprimento em torno do LED colando-o com adesivo epoxi à placa de fiação impressa. Veja os detalhes dessa etapa na figura 2.

O último componente a ser colocado nesta placa é a tomada tipo "BNC". Para tal, é necessário confeccionar a peça metálica da figura 3. A colocação da tomada pode ser vista também na figura 1.

**Nota:** Aperte muito bem a porca da tomada BNC e raspe o verniz da placa de fiação impressa no lugar onde for encostar as arruelas de pressão dos parafusos que fixam a peça da figura 3.

### PAINEL DE ACRÍLICO

O acrílico usado deve ser do tipo "fumê" não muito escuro. Inicie a confecção desta peça cortando as partes de acordo com as medidas da figura 5. Os três furos do painel (parte A) devem ser feitos cuidadosamente a fim de não se "lascar" o acrílico.

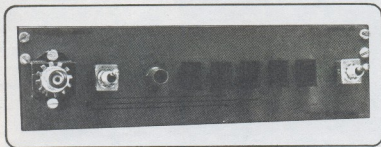


Figura 4 - Foto do painel frontal.

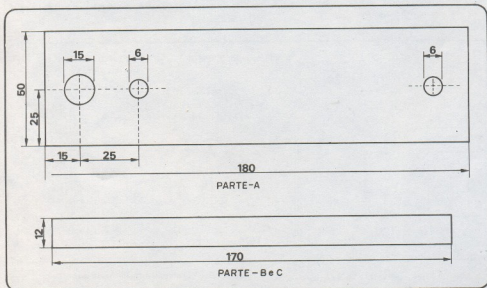


Figura 5 - Medidas (em mm) das peças de acrílico do painel frontal.

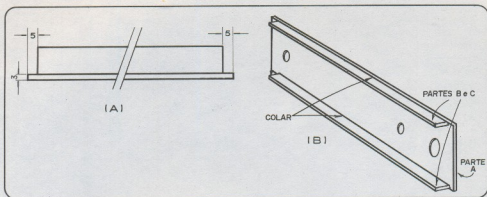


Figura 6 - A - Indicação para o posicionamento das partes a serem coladas.  
B - Detalhe da colagem das partes B e C na parte A.

As duas tiras mais estreitas (partes B e C) devem ser colocadas nos extremos e perpendicularmente à parte A com cola especial para acrílico ou então com clorofórmio. Veja os detalhes da colagem na figura 6.

Após a colagem, recorte dois pedaços de fita "crepe" sendo um de 17 mm x 70 mm e um círculo de 7 mm de diâmetro. Cole-os do lado de dentro do painel na posição indicada na figura 7.

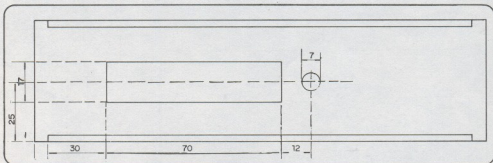


Figura 7 - Indicação da colação dos pedaços de fita crepe.

Em seguida, pinte o lado de dentro do painel com tinta tipo "spray" preto fosco (figura 8). Após a secagem da tinta, retire os dois pedaços de fita "crepe".

Para completar esta etapa, faça a inscrição no painel com letras brancas decalcáveis, de acordo com a figura 9. Recorte

dois pedaços de fita "crepe" como foi feito anteriormente e cole-os nas janelas deixadas pela pintura, porém agora, no lado da frente do painel. Finalmente, pinte a parte frontal do painel com verniz incolor tipo "spray". Depois de seco o verniz, retire os pedaços de fita "crepe" e o painel estará pronto.

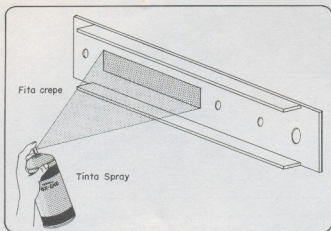


Figura 8 - Pintura do painel de acrílico (parte interna)

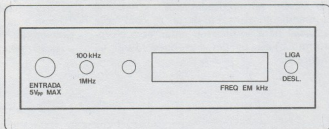


Figura 9 - Inscrições no painel frontal.

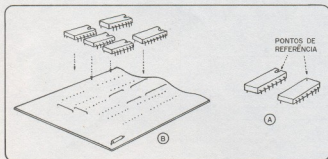


Figura 10 - A - Detalhe da colocação dos circuitos integrados na placa de fiação impressa.  
B - Tipos de pontos de referência para colocação dos CI nas placas.

### MONTAGEM DA PLACA DOS CIRCUITOS CONTADORES, MEMÓRIA E DECODIFICADORES

A montagem desta placa, é mais fácil que a anterior, uma vez que nela só se têm que colocar e soldar os fios de interligação, os circuitos integrados e dois resistores.

Inicialmente coloque os fios de interligação da placa, observando muito bem a posição dos mesmos no seu desenho (encarte). O fio usado nesta montagem deve ser # 24 ou # 26, flexível e c/isolamento.

Com relação à colocação dos circuitos integrados, é recomendável o uso de so-

quetes, ou então, se preferir o leitor, os mesmos poderão ser soldados diretamente na placa. Veja no desenho da figura 10 a posição dos integrados; note que, dependendo do integrado, o ponto de referência pode ser um rebaixo ou então um ponto em um dos extremos dos mesmos. No caso de se usar os soquetes observe na figura 11 o detalhe da colocação dos mesmos.

Execute todas as soldas com cuidado e corte as sobras dos terminais dos componentes e fios junto aos pontos de solda.

### MONTAGEM DA PLACA DOS CIRCUITOS DE ENTRADA E ATRASO

Nesta placa temos circuitos integrados, transistores, capacitores, resistores e alguns fios de interligação do circuito.

Comece a montagem através da colocação dos fios. Veja a posição dos mesmos nos desenhos mostrados nas páginas 19, 20, 21 e 22. Os circuitos integrados, assim como na montagem anterior, poderão ser soldados diretamente na placa ou então através de soquetes.

A montagem dos circuitos integrados e dos componentes discretos (transistores,

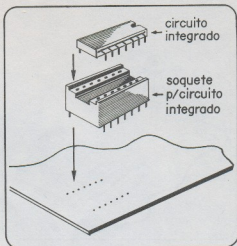


Figura 11 - Detalhe da colocação dos soquetes para CI.

capacitores e resistores) deverá ser feita segundo as indicações do desenho da figura 12. Todavia, para um melhor esclarecimento, veja na figura 13 a colocação dos transistores com relação ao posicionamento da base, emissor e coletor.

Para finalizar a montagem desta placa, fixe a ela a cantoneira metálica cujo desenho e dimensões para a sua confecção aparecem na figura 14.

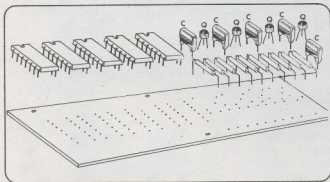


Figura 12 -

Detalhe da colocação dos componentes da placa dos circuitos de entrada e atraso

### MONTAGEM DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Antes de se iniciar a montagem da fonte de alimentação é necessário que seja feita a peça metálica cujas medidas estão

na figura 14. Recomendamos que esta peça seja confeccionada com alumínio de 1,5 mm de espessura a fim de que a mesma tenha bastante rigidez, uma vez que ela terá a função de suportar o transformador de alimentação. Uma outra função



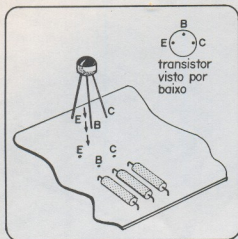


Figura 13 - Detalhes da colocação dos transistores.

desta peça é de servir como dissipador de calor. Assim sendo, depois de pronta, a mesma deverá ser pintada de preto fosco. Observe entretanto, que a tinta no lugar onde for parafusado o circuito integrado estabilizador da fonte de alimentação, deve ser raspada para que haja um bom contacto térmico, empregando-se, entre o CI e o suporte, um pouco de graxa de silicone.

Depois disso, monte os quatro diodos retificadores e o capacitor eletrolítico. Veja, com cuidado, a posição desses componentes nos desenhos apresentados nas páginas 19, 20, 21 e 22.

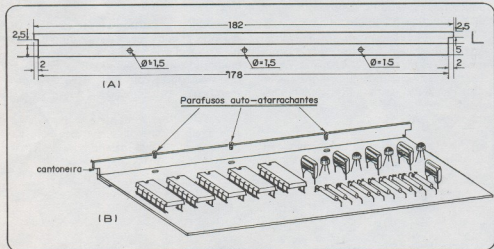


Figura 14 - A - Desenho das medidas (em mm) da cantoneira da placa dos circuitos de entrada e atrás. B - Detalhe da fixação da cantoneira na placa.

Continue a montagem juntando a peça metálica à placa de fiação impressa, prendendo junto a elas com parafusos e porcas o transformador de alimentação, o suporte do fusível e o circuito integrado estabilizador. Coloque os três terminais deste último nos seus respectivos furos e solde-os com cuidado. Veja os detalhes dessa montagem nos desenhos das figuras 16 e 17.

Para finalizar a montagem da fonte, ligue os fios do transformador, do suporte

do fusível e do cabo de alimentação conforme indicação da figura 18.

## MONTAGEM DO CONJUNTO

As duas peças metálicas que serão colocadas nas laterais do conjunto devem ser feitas em alumínio. Observe na figura 20 as suas medidas e note que as dobras da peça da direita são invertidas com relação à da esquerda.

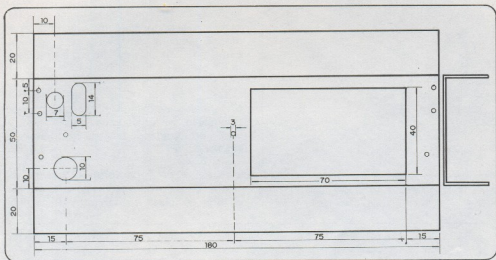


Figura 15 - Medidas (em mm) do suporte metálico da fonte de alimentação.

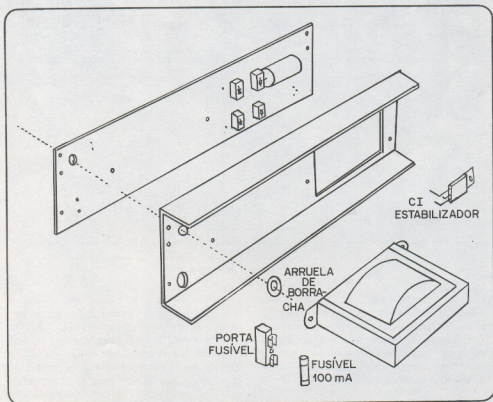


Figura 16 - Detalhe da montagem da fonte de alimentação.

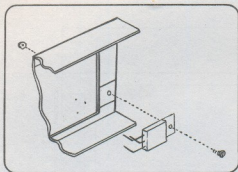


Figura 17 - Detalhe da colocação do CI estabilizador da fonte de alimentação.

A cantoneira que servirá como suporte para a placa dos circuitos de entrada e atraso também deve ser construída em alumínio. Veja as suas dimensões na figura 21 e foto da figura 23.

Depois de construídas as peças comece a montagem do conjunto. Para uma melhor orientação, recomendamos que o leitor veja com cuidado a vista explodida da figura 22.

Junte as peças conforme o desenho da figura 22 usando parafusos auto-atarrachantes. A placa dos circuitos de entrada

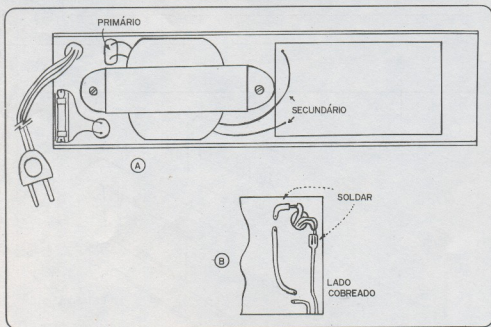


Figura 18 - A - Detalhe das ligações do transformador de alimentação e porta-fusível. B - Detalhe das ligações do cabo de alimentação.

deverá ser colocada por último, sendo que, as duas saliências da cantoneira fixada a ela devem ser encaixadas nos furos das peças laterais de modo que a placa tenha movimento giratório em torno do eixo formado pela cantoneira (basculante). Veja este detalhe na foto da figura 24.

A próxima etapa é relativa à soldagem entre a placa dos contadores (placa hori-

zontal) com as placas do painel frontal e placa da fonte de alimentação (placas verticais). Entretanto, antes de iniciar as soldas, verifique a coincidência entre os "caminhos" impressos nas placas (ver figura 25). Neste caso, recomendamos o máximo de cuidado nas soldas pois os "caminhos" são muito estreitos e próximos uns dos outros. Para uma melhor ilustração veja a foto da figura 26.

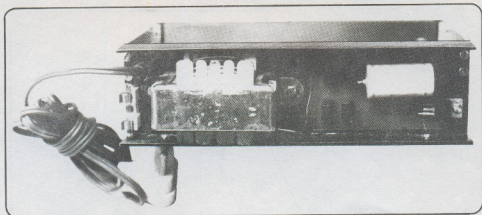


Figura 19 - Foto da fonte de alimentação.

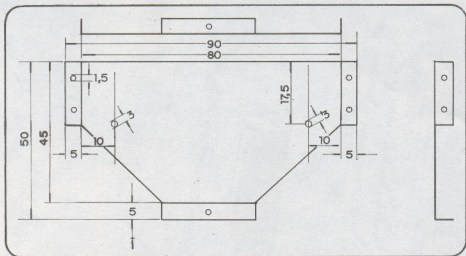


Figura 20 - Medidas (em mm) das peças laterais (o desenho mostra a peça esquerda; a peça do lado direito tem as mesmas dimensões, porém deverá ser dobrada invertidamente).

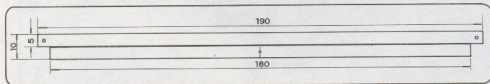


Figura 21 - Medidas (em mm) da cantoneira de sustentação da placa dos circuitos de entrada.

Interligue, agora, as placas dos contadores com a placa dos circuitos de entrada fazendo coincidir as letras (A, B, C, etc.) de uma placa com as de outra. Use fio

# 26 isolado e flexível deixando-os com uma pequena folga para que a placa superior possa bascular. Note os detalhes deste item na foto da figura 27. **Observação:** os

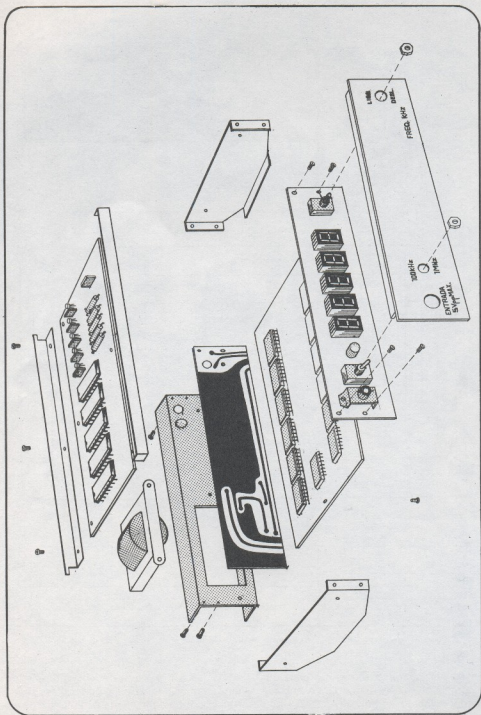


Figura 22 - Vista esplodida da montagem do frequencímetro.

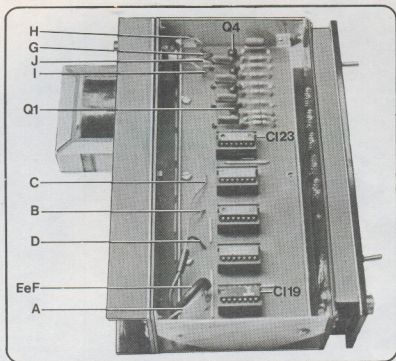


Figura 23 - Foto do conjunto montado.

pontos E e F (F é a ligação de massa) devem ser interligados através de um fio blindado.

Depois de feitas todas as ligações, o freqüencímetro está pronto para funcionar, pois, como foi dito no começo desta série de artigos, o mesmo não depende de nenhum ajuste. Entretanto, antes de ligá-lo, é recomendável que confira todas as ligações, veja com cuidado se não existe nenhum "curto" entre "caminhos" da fiação impressa, se as soldas estão bem feitas, etc..

Para prová-lo, injete, em sua entrada, um sinal alternado cuja freqüência esteja dentro da banda de operação do freqüencímetro. Note que a amplitude do sinal deve ser de no mínimo 1 Vpp e no máximo de 5 Vpp.

Se o freqüencímetro não funcionar, verifique se existe algum mau contacto entre os terminais dos CI e seus respectivos

soquetes. Há também a possibilidade de um CI defeituoso; neste caso, tente localizá-lo seguindo o circuito através do diagrama da figura 26.

### CONSTRUÇÃO DA CAIXA

A caixa do freqüencímetro poderá ser construída com chapas de PVC de 3 mm de espessura. Inicialmente, recorte as partes seguindo as medidas da figura 27. Execute a furação para a ventilação antes de começar a montagem.

Depois de preparadas, as peças devem ser coladas com cola especial para PVC. Esta cola é facilmente encontrada em casas de material de construção pois é a mesma usada na colagem de canos plásticos.

Continuando, cole a moldura na parte frontal; oriente-se pela figura 28.

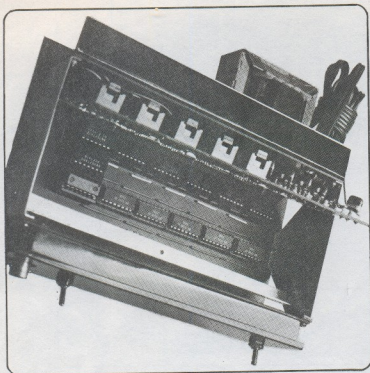


Figura 24 - Foto da placa basculante (levantada).

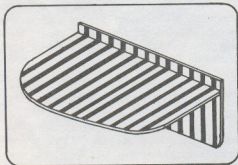


Figura 25 - Detalhe da interligação das placas.

Na tampa do fundo, deverão ser fixadas três pequenas placas de alumínio através de rebites conforme se pode ver na figura 29.

Três ranhuras deverão ser feitas na caixa, segundo os detalhes da figura 30, a fim de que a tampa trazeira possa ser fixada a ela.

Para se proporcionar um perfeito acabamento à caixa, passe massa usada em pintura de automóvel nas emendas, lixe bem com lixa fina e pinte com tinta tipo "spray", de preferência cor cinza claro.

O chassis do freqüencímetro deverá ser colocado pela parte trazeira da caixa, sendo fixado à mesma com dois parafusos auto-atarrachantes. Estes parafusos deverão ser colocados na parte inferior da caixa prendendo o chassis através do suporte da fonte de alimentação.

**OBSERVAÇÃO:** Solicitamos aos nossos leitores fazerem uma correção na página 22, fim da segunda coluna, da Revista 47: onde se lê:

$$Ee2-1 = \frac{R_z}{R_1 + R_2 + \frac{R_{c1} + R_2}{R_E}} V_{cc}$$

leia-se:

$$Ee2-1 = \frac{R2}{R1 + R2 + \frac{Rc1 \times R2}{RE}} Vcc$$

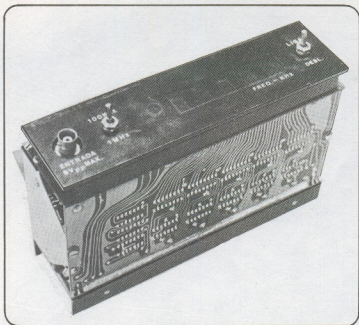
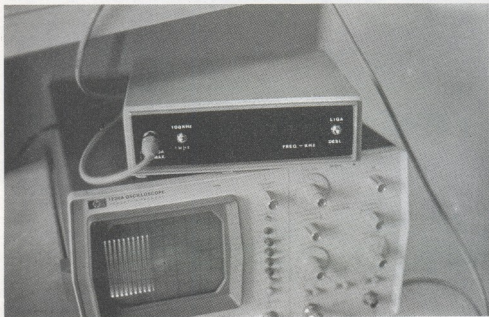


Figura 26 - Foto dos detalhes da interligação das placas.





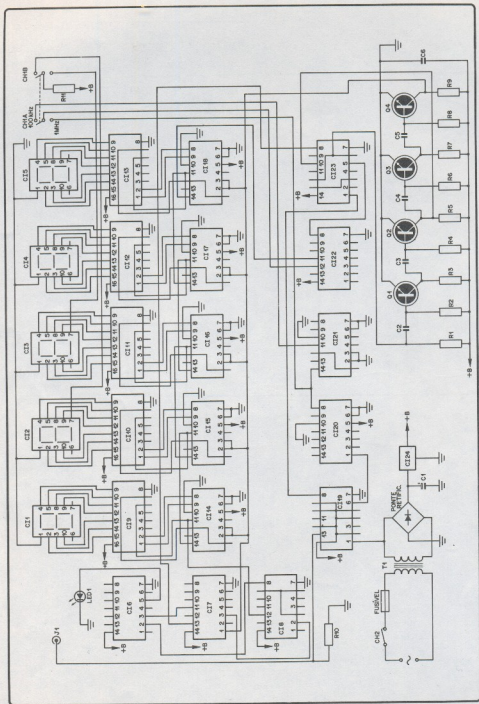


Figura 27 - Diagrama esquemático do freqüencímetro.

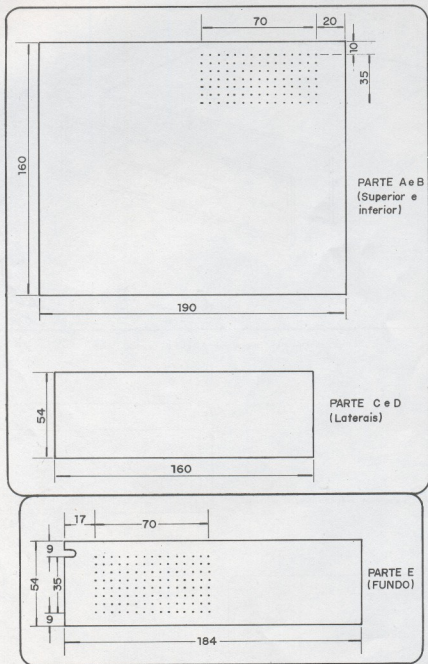


Figura 28 - Medidas (em mm) das partes da caixa.

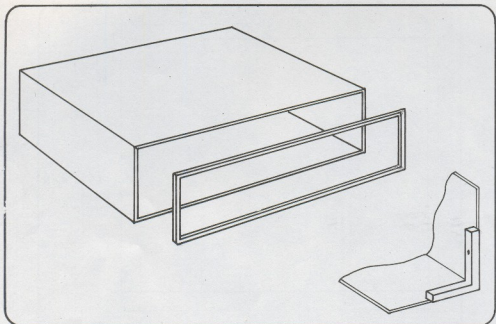


Figura 29 - Detalhe da colagem da moldura.

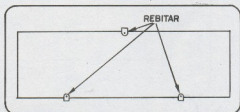


Figura 30 - Detalhe da colocação das três plaquetas de metal.

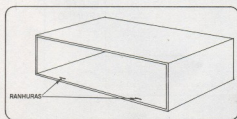
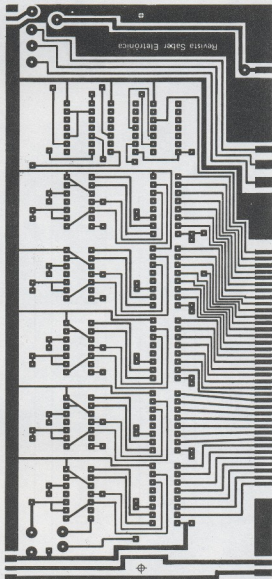
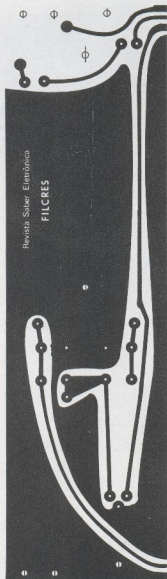
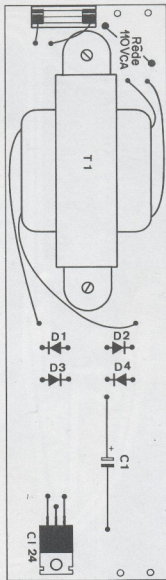
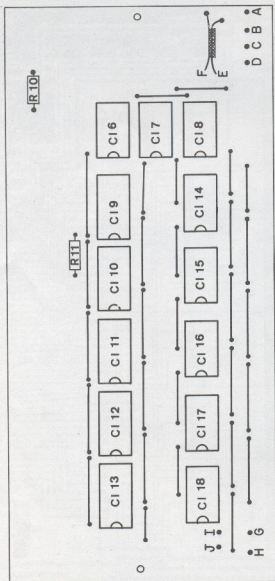


Figura 31 - Detalhe das ranhuras feitas na parte do fundo da caixa a fim de permitir o encaixe da tampa trazeira.

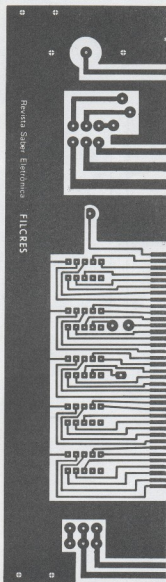
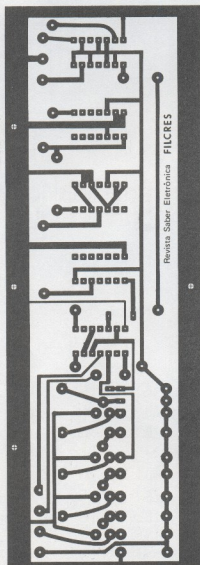
FRÉQUÊNCÍMETRO DIGITAL – PLACAS DE FIAÇÃO IMPRESSA  
(VISTAS DOS LADOS COBREADOS)



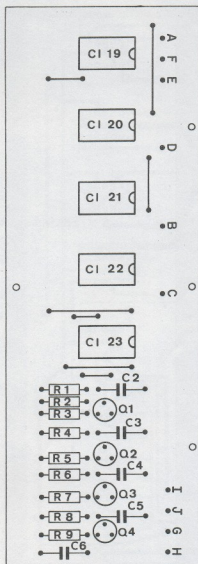
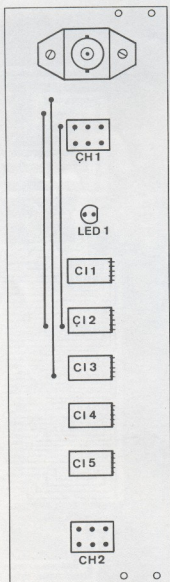
FREQÜENCIMETRO DIGITAL – PLACAS DE FIAÇÃO IMPRESSA  
(VISTAS DOS LADOS DOS COMPONENTES)



FREQÜENCÍMETRO DIGITAL – PLACAS DE FIAÇÃO IMPRESSA  
(VISTAS DOS LADOS COBREADOS)



FREQÜENCÍMETRO DIGITAL – PLACAS DE FIAÇÃO IMPRESSA  
(VISTAS DOS LADOS DOS COMPONENTES)



## RELAÇÃO DE COMPONENTES

### CIRCUITOS INTEGRADOS

CI 1 - FND 70	CI 9 - 7405	CI 17 - 7490
CI 2 - FND 70	CI 10 - 7405	CI 18 - 7490
CI 3 - FND 70	CI 11 - 7405	CI 19 - 7413
CI 4 - FND 70	CI 12 - 7405	CI 20 - 7518
CI 5 - FND 70	CI 13 - 7405	CI 21 - 7490
CI 6 - 7474	CI 14 - 7490	CI 22 - 7472
CI 7 - 7400	CI 15 - 7490	CI 23 - 7400
CI 8 - 7472	CI 16 - 7490	CI 24 - 7518

### DIODOS

LED 1 - Vermelho

D 1 - SKE - 1/0273
D 2 - SKE - 1/0273
D 3 - SKE - 1/0273
D 4 - SKE - 1/0273

### TRANSISTORES

Q 1 - BC 208
Q 2 - BC 208
Q 3 - BC 208
Q 4 - BC 208

### CAPACITORES

C 1 - 2200 $\mu$ F @ 16 V - Eletrolítico
C 2 - 22 nF @ 125V - Flat-Foil
C 3 - 22 nF @ 125V - Flat-Foil
C 4 - 22 nF @ 125V - Flat-Foil
C 5 - 22 nF @ 125V - Flat-Foil
C 6 - 100 nF @ 125V - Flat-Foil

### RESISTORES

R 1 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 2 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 3 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 4 - 10 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 5 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 6 - 10 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 7 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 8 - 10 k $\Omega$ @ 1/8 W
R 9 - 1 k $\Omega$ @ 1/8 W

R 10 - 820 $\Omega$ @ 1/8 W
R 11 - 68 $\Omega$ @ 1/8 W

### TRANSFORMADOR

Prim. 110 V
Sec. 9 V @ 1A

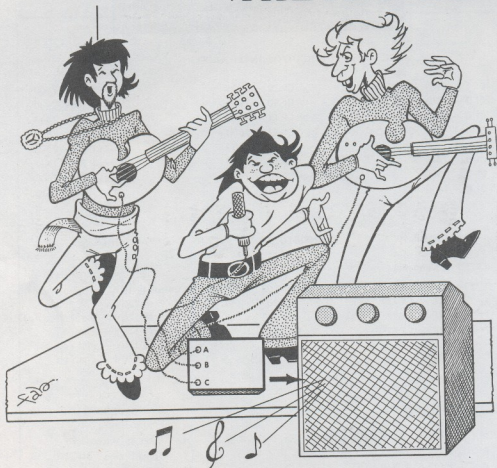
### DIVERSOS

- 1 - Cabo de alimentação
- 1 - Tomada tipo "BNC"
- 2 - Interruptores reversíveis de de 2 seções, com alavanca, tipo miniatura ("Joto")
- 1 - Porta fusível miniatura
- 1 - Fusível miniatura (100 mA).



# PRÉ-AMPLIFICADOR MISTURADOR

©



AS EXCELENTE CARACTERÍSTICAS DE BAIXO NÍVEL DE RUÍDO DO TRANSISTOR BC549 TORNAM-NO IDEAL PARA APLICAÇÕES EM CIRCUITOS DE ENTRADA DE ÁUDIO, ESPECIFICAMENTE NOS PRÉ-AMPLIFICADORES E MISTURADORES. NESTE ARTIGO DESCRIVEMOS UM SIMPLES CIRCUITO QUE REUNE AS DUAS POSSIBILIDADES DESTES SEMICONDUTOR: UM MISTURADOR/PRÉ-AMPLIFICADOR DE ÁUDIO COM A VANTAGEM DE PODER SER UTILIZADO NÃO SOMENTE COM TRÊS ENTRADAS MAS TANTAS MAIS QUANTAS O LEITOR NECESSITAR, SIMPLEMENTE PELA REPETIÇÃO DA ETAPA BÁSICA.

O transistor BC549 pode ser analisado como a "versão plástica" ou SOT54 do transistor BC 109, cujo baixo nível de ruído o tornou popular nos circuitos de entrada de áudio.

Nosso pré-amplificador misturador utiliza um transistor BC549 em cada entrada de modo a proporcionar um certo ganho de sinal o que dá maior versatilidade ao circuito, proporcionando-lhe a possibilida-

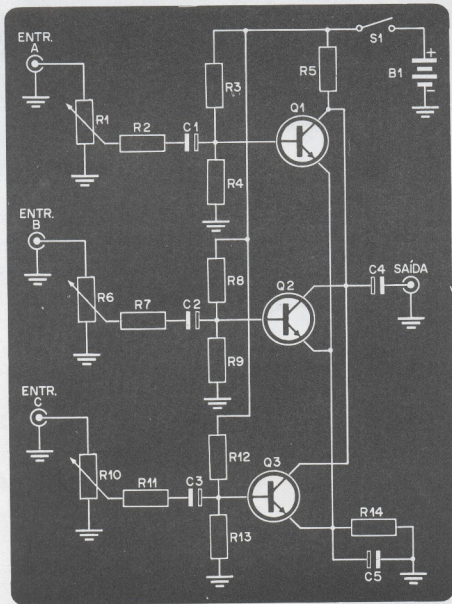


Figura 1

de de amplificação do sinal o que não é possível com os misturadores passivos.

Assim, poderemos usá-lo não somente com fontes de sinais convencionais como também com fontes de baixo nível de sinal. O controle independente de cada entrada possibilita uma regulagem dos níveis de sinal de tal modo a haver um equilíbrio compatível com a aplicação do circuito. Podemos então aplicá-lo simplesmente com a finalidade de fazer gravações

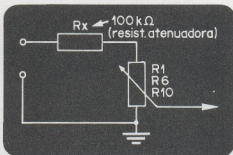


Figura 2

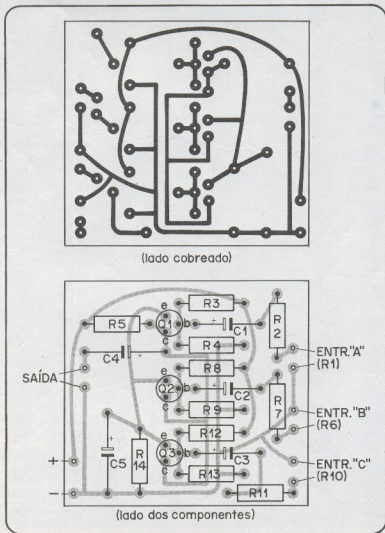


Figura 3

com fundos musicais, ou ainda misturar sinais de três fontes, obtendo equilíbrio perfeito de suas intensidades, como por exemplo em gravações de conjuntos musicais.

As possibilidades de aplicação, evidentemente, só são limitadas pela capacidade de imaginação do leitor.

### O CIRCUITO

O circuito básico é mostrado com três entradas (figura 1) e, portanto, três transistores. Entretanto, outras etapas idênticas podem ser acrescentadas proporcionando a possibilidade de se misturarem sinais de outras fontes.

Cada etapa consiste num amplificador de emissor comum com um controle individual de excitação o que permite acomodar o nível de sinal (excitação) de cada fonte de modo a se conseguirem os efeitos desejados. Para uma aparência profissional deste misturador/pré-amplificador, os controles de "mixagem" podem ser feitos com potenciômetros deslizantes.

O importante a observar em relação às características elétricas deste circuito é que

ele está projetado de modo a poder funcionar com fontes de sinais de uma boa gama de impedâncias. Assim, para as gravações comuns, não precisará haver uma preocupação excessiva com o casamento de impedância de microfones, cápsulas ou outras fontes de sinais. O único caso a ser considerado é o da excitação excessiva que pode ocorrer com a ligação direta de um amplificador (saída do alto falante à entrada) caso em que uma rede atenuadora, um potenciômetro para dosar o sinal, deve ser acrescentado (figura 2).

### MONTAGEM

Na figura 3 temos a placa de fiação impressa usada para o caso do circuito de 3 entradas. O reduzido número de componentes não oferecerá maiores dificuldades ao montador experiente. Os resistores podem ser de 1/8 ou 1/4 W e os capacitores eletrolíticos são para uma tensão de isolamento de 10 Volts. Devemos apenas lembrar que, como se trata de um circuito de entrada de áudio, suscetível à captação de ruído, deve-se tomar o máximo cuidado com as conexões de entrada e saída de sinais que devem ser perfeitamente blindadas e a blindagem aterrada.

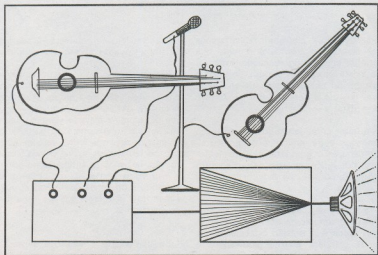


Figura 4

Com relação à fonte de alimentação para este circuito existem duas possibilidades: pode ser usada uma bateria comum de 9 Volts que durará bastante tempo, já que o consumo da unidade é bastante pequeno, ou ainda poderá ser aproveitada a própria fonte de alimentação do amplificador com o qual este misturador pré-amplificador deverá operar.

### COMO USAR O MISTURADOR-PRÉ-AMPLIFICADOR

Na figura 4 temos ilustrada a utilização do misturador pré-amplificador em conjunto com três fontes de sinais que são dois microfones de guitarra e um microfone comum. Com esta configuração pode-se ajustar individualmente o nível de excitação de cada microfone de modo a se obter perfeito equilíbrio da intensidade de cada instrumento e do cantor. Com isso não teremos a superposição de qualquer uma das fontes "atrapalhando" o desempenho do sistema.

### RELAÇÃO DE COMPONENTES

- Q1, Q2, Q3 - BC549
- R1 - 5 k $\Omega$  - potenciômetro log (entrada de baixa impedância).
- R6 - 100 k $\Omega$  - potenciômetro log (entrada de alta impedância).
- R10 - 100 k $\Omega$  - potenciômetro log (entrada de alta impedância).
- R2 - 2,7 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R3 - 180 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R4 - 39 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R5 - 1,5 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R7 - 22 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R8 - 180 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R9 - 39 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R11 - 22 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R12 - 180 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R13 - 39 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R14 - 330 k $\Omega$  @ 1/8 W
- C1, C2, C3 - 10  $\mu$ F @ 12 V
- C4, C5 - 100  $\mu$ F @ 12 V
- B1 - Bateria de 9 Volts
- S1 - Interruptor Simples

N

## O VOLT

A unidade de força eletromotriz, diferença de potencial ou tensão elétrica é o Volt que pode ser definido como a diferença de potencial (d.d.p.) que existe entre dois pontos de um fio condutor, percorrido por uma corrente constante de 1 Ampère, quando a potência dissipada entre dois pontos é igual a 1 Watt.

Para que o leitor entenda melhor o significado de tensão elétrica e de diferença de potencial, podemos comparar essas grandezas às equivalentes de um circuito hidráulico, ou seja, de um circuito em que a corrente consiste na movimentação de uma massa de água.

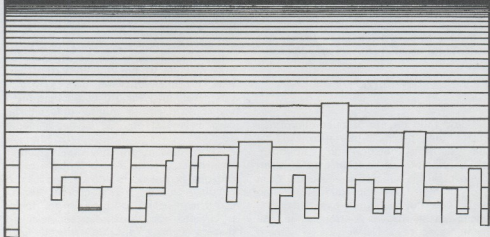
Para que a água possa circular por um encanamento deve existir uma força externa que a impulsiona. Essa força é a pressão estabelecida no reservatório. A grandeza elétrica equivalente à pressão é justamente a tensão elétrica. Os "Volts" de um circuito medem, portanto, a "pressão" com

que a eletricidade, ou seja, as cargas elétricas, são impulsionadas através do condutor.

Por outro lado, se o encanamento for instalado entre dois locais em que existam reservatórios de água a circulação do líquido de um para o outro dependerá da diferença de nível. A água circulará sempre do mais elevado para o mais baixo e a pressão que impulsionará o líquido através do encanamento dependerá da diferença de nível e que será, portanto, responsável pela diferença de pressão. Ao falarmos de diferença de potencial elétrico entre dois pontos de um circuito, estamos expressando a diferença de "pressão" ou tensão que se manifesta nas cargas que são impulsionadas através do circuito.

Enquanto que a tensão é expressa em valor absoluto, a diferença de potencial sempre é tomada entre dois pontos.

# interruptor crepuscular



NEWTON C. BRAGA

DÉSCREVEMOS NESTE ARTIGO UM SIMPLES CIRCUITO QUE, CONECTADO A UMA LÂMPADA INCANDESCENTE COMUM, FARÁ COM QUE ELA ACENDA TÃO LOGO A LUZ AMBIENTE CAIA ABAIXO DE UM NÍVEL PRÉ-DETERMINADO E APAGUE TÃO LOGO A ILUMINAÇÃO AMBIENTE VOLTE AO NORMAL. APLICADO À LUZ DA VARANDA, POR EXEMPLO, ESTE CIRCUITO PERMITE QUE VOCÊ A ENCONTRE ACESA QUANDO VOLTAR À NOITE, ISSO SEM A PREOCUPAÇÃO DE TÊ-LA DE DEIXAR ACESA AO SAIR. AO AMANHECER, POR OUTRO LADO, ELA SE APAGARÁ SOZINHA.

Evidentemente, muitas outras aplicações para este circuito podem ser imaginadas pelo leitor. Partindo da idéia que podemos acionar uma lâmpada quando a iluminação sobre um elemento sensível cair abaixo de um certo nível podemos:

a) fazer com que a lâmpada da sala de estar esteja sempre acesa durante a noite

e apagada durante o dia, mesmo quando estejamos fora, dando a impressão de que há alguém em casa;

b) ter um sistema automático de operação para as luzes da vitrine de uma loja, um sistema que as acenda tão logo escureça e as apague ao amanhecer sem a necessidade de nossa intervenção;

c) ter um acendimento automático das luzes de um jardim ao anoitecer e seu apagamento ao amanhecer, exatamente como faz a iluminação pública com as luzes da rua;

d) usar o sistema para demonstrar em salas de aula (cursos de física, ciências ou eletrônica) o princípio de funcionamento dos elementos foto sensíveis;

e) em qualquer aplicação em que variações do nível de iluminação deva ser detectada com uma resposta imediata que consista no acendimento de uma lâmpada.

## O PROJETO

Como todo projeto destinado ao principiante, uma descrição pormenorizada de sua construção, obtenção dos componentes e princípio de funcionamento, assim como possíveis aplicações será dada. Com isso, visamos fazer com que até mesmo os leitores que nenhuma experiência tenham em montagens eletrônicas se animem a executá-lo. Na verdade, o número reduzido de componentes, seu baixo custo, não exigirá do leitor mais do que alguns Cruzeiros, uma boa dose de atenção às nossas explicações e algumas ferramentas básicas. Com relação a essas ferramentas, para montagens eletrônicas, citamos o soldador que não deve ter mais do que 30 W de dissipação, boa solda, um alicate de pontas, um alicate de corte lateral e uma chave de fendas.

Ao desenvolvermos este circuito visamos uma configuração que fosse capaz de unir a simplicidade de operação a um desempenho que justificasse sua montagem prática para diversas finalidades. Entretanto, como unir a simplicidade a um desempenho excelente às vezes é impossível, tivemos de sacrificar alguns pontos de nossas exigências para possibilitarmos ao montador menos experiente a sua execução.

Assim, se bem que este interruptor seja bastante sensível para ser acionado até mesmo com a iluminação de um fósforo ou

uma vela a alguns metros de distância, ele só poderá acionar lâmpadas incandescentes (ou cargas resistivas), numa potência total de no máximo 100 Watts (rede de 110 Volts) ou 200 Watts (rede de 220 Volts). Diodos de maior corrente poderão ser opcionalmente usados, caso em que a potência máxima ficará limitada apenas pelo SCR, ou seja, 400 Watts para a rede de 110 V e 800 W para a rede de 220 V. Entretanto para estas alterações, o leitor deverá já ter certa experiência em eletrônica.

Como a montagem tem como objetivo uma aplicação doméstica, acreditamos que 100 W (110 V) ou 200 W (220 V) será mais do que suficiente para a maioria dos casos; uma solução para cargas maiores consiste em se montar uma unidade para cada 100 ou 200 W de lâmpadas.

Outra desvantagem que deve ser observada neste circuito é uma pequena oscilação que ocorre no estado de transição do circuito. Quando a transição da iluminação é lenta, como no caso do por do sol, o circuito não dispara instantaneamente mas dá algumas "piscadas" antes de haver plena condução.

A maior vantagem deste circuito, além da simplicidade, é o fato dele permanecer sem consumir corrente, mesmo quando ligado, quando a lâmpada se encontra apagada. Assim, com a lâmpada apagada o circuito, propriamente, não consome energia. E, mesmo quando ligado, toda energia é consumida pela lâmpada (figura 1).

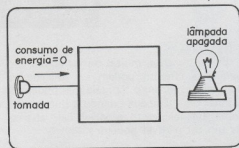


Figura 1

A descrição da montagem é feita em função da utilização de uma barra de terminais como base de montagem de modo a torná-la mais didática; os leitores mais habilidosos poderão usar a técnica da placa de fiação impressa, o que tornará o dispositivo bastante compacto.

## OS COMPONENTES

Todos os componentes para esta montagem podem ser encontrados em boas casas de material eletrônico, pois são bastante comuns.

O "coração" da montagem é um SCR (diodo controlado de silício). Esse SCR é de um tipo que pode operar tanto na rede de 110 como 220 V, suportando correntes de até 4 A. Diversos são os tipos que podem ser usados nesta montagem, sendo os indicados: C106, TIC106, e MCR106.

Esse SCR deve ser montado num pequeno dissipador de calor que poderá ser feito com uma folha de alumínio dobrada em U, conforme mostra a figura 2, com área de cerca de 100 cm<sup>2</sup>.

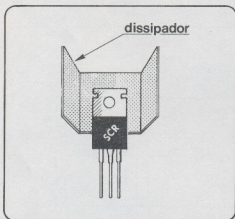


Figura 2

Se o aparelho for usado com finalidade demonstrativa em que a lâmpada não exceda 40 W, o dissipador não será necessário.

Um segundo componente bastante importante e um pouco mais crítico, é o elemento sensível, denominado LDR ou foto-resistor, que é um dispositivo cuja resistência depende da luz incidente e que realiza o disparo do circuito em função, da luz que nele incide. Esse LDR é de um tipo normalmente usado em controles automáticos de brilho de alguns tipos de televisores e pode ser encontrado com facilidade. Na nossa montagem original utilizamos um LDR do tipo B 8 731 0302 (IBRAPE), mas equivalentes poderão ser usados, como o RPY-58 ou qualquer outro (figura 3) já que sua característica poderá ser compensada por um correto ajuste do controle de sensibilidade.

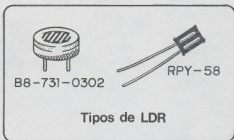


Figura 3

Os outros componentes são bastante fáceis de serem obtidos. Os diodos semicondutores, por exemplo, são do tipo BY127 ou 1N4004, mas qualquer diodo para 1 A @ 400 V serve.

Os resistores, assim como o trim-pot, onde será ajustada a sensibilidade do circuito não oferecem dificuldade quanto à aquisição. O capacitor pode ser de óleo ou poliéster com uma tensão de isolamento, pelo menos, 400 V.

## MONTAGEM

Como dissemos, de modo a facilitar o montador inexperiente, descrevemos a montagem numa ponte de terminais, com os componentes bem separados e todas as conexões acessíveis. Evidentemente, pa-



ra os leitores dotados de maior experiên-  
cia a sugestão é a utilização de uma  
placa de fiação impressa que não oferecere-  
rá dificuldades de projeto dado o reduzido  
número de componentes deste circuito.

Uma vez de posse de todos os compo-  
nentes e uma vez determinado o tipo de  
aplicação a que será dada ao circuito, o  
leitor deve começar por cortar a ponte  
de terminais que normalmente é adquirida

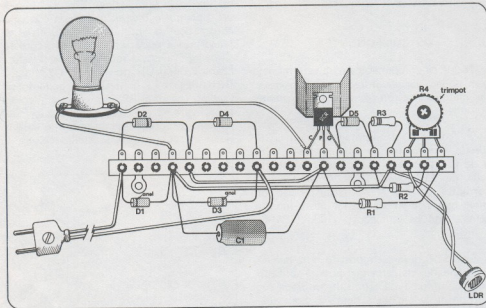


Figura 4

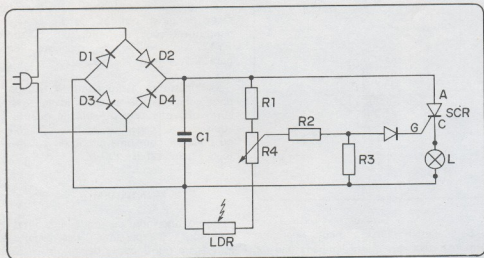


Figura 5

em pedaços de meio metro ou um metro de modo a ter o número de terminais constante do desenho (19 terminais) e, em seguida, por meio de dois parafusos, deve fixar essa ponte numa base de madeira ou outro material isolante (figura 4).

Depois de examinar o diagrama (figura 5) enquanto o soldador se aquece bem, poderá passar à elaboração do circuito.

Comece por soldar os 4 diodos (D1 a D4) observando cuidadosamente sua polaridade (figura 6) já que qualquer inversão poderá causar sua queima no momento da ligação. A identificação dos polos dos diodos é feita através do anel em torno de seu corpo que indica o lado do catodo ou ainda pelo próprio símbolo do componente gravado em seu corpo.

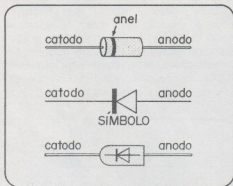


Figura 6

Em seguida, cuidadosamente, com um alicate de pontas separe os terminais do SCR de modo que possam ser soldados em cada terminal correspondente da ponte. A posição do SCR é importante já que o lado chanfrado (gate) deve ficar do lado direito da ponte. A soldagem deve ser rápida para que o calor excessivo não venha danificar esse componente.

Em seguida, solde o quinto diodo (D5) na comporta do SCR observando atentamente, neste caso também, a posição desse componente pelo símbolo nele gravado ou pelo anel.

Passa agora à soldagem dos resistores, do capacitor e do trim-pot. Os resistores devem ser identificados por seus anéis coloridos. Para o principiante, damos as cores dos três primeiros anéis e os valores correspondentes:

- 1 M $\Omega$  - marrom, preto, verde
- 100 k $\Omega$  - marrom, preto, amarelo
- 10 k $\Omega$  - marrom, preto, laranja

Complete as conexões da ponte fazendo as interligações dos componentes por meio de fio rígido #20 ou #22. Dois pedaços de fio são necessários.

Em seguida, passe às ligações externas.

Se a montagem for experimental faça a conexão correspondente ao soquete da lâmpada que deverá ser acionada pelo circuito. Se ele for utilizado para a alimentação da lâmpada da varanda ou uma lâmpada distante, deixe dois pedaços de fio soltos correspondentes a essa ligação para fazer no final da montagem a conexão aos cabos dessa lâmpada.

Outra ligação externa a ser feita é a correspondente ao cabo de alimentação. Se a montagem for experimental, use um pedaço de dois metros de comprimento, do tipo que pode ser adquirido em qualquer casa de material eletrônico.

Se o circuito for usado para a alimentação de uma lâmpada numa instalação embutida, deixe apenas um par de fios soltos para posterior conexão à rede de alimentação.

A última ligação externa é a correspondente ao elemento sensível, ou seja, o LDR. O comprimento do cabo a ser usado dependerá do local em que o LDR deve ser instalado. Observamos que o LDR não deve receber diretamente a iluminação da lâmpada que ele próprio acionará pois, pelo contrário, haverá uma realimentação de luz que provocará uma desagradável oscilação do circuito. O LDR deve ser colocado, por exemplo, num pequeno tubo, de modo a receber iluminação ambiente de apenas uma direção (figura 7).

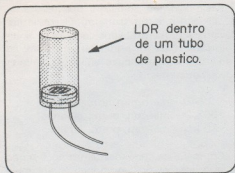


Figura 7

Na nossa montagem experimental, usamos um par de fios de meio metro de comprimento soldando seus extremos diretamente aos terminais do LDR. Devemos observar que os terminais do LDR, conforme o tipo, são bastante delicados, devendo a soldagem ser feita com o máximo de cuidado, usando um alicate de pontas para segurar seus terminais e assim dissipar o calor.

### RELAÇÃO DE COMPONENTES

- SCR - TIC106, MCR106 ou C106
- D1 a D5 - BY127 ou 1N4004
- C1 - 0,001  $\mu$ F @ 400 V (capacitor a óleo ou poliéster)
- R1 - 1 M $\Omega$  @ 1/4 W
- R2 - 100 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R3 - 10 k $\Omega$  @ 1/4 W
- R4 - 470 k $\Omega$  - trim-pot
- LDR - Ver texto

### OPERAÇÃO DO CIRCUITO

Uma vez conferidas as conexões, constatando-se que não há nenhum erro, coloque uma lâmpada no soquete correspondente, afaste o LDR da lâmpada de modo que ele não possa receber sua iluminação, mas tão somente a da luz ambiente e ligue o dispositivo à rede de alimentação (tomada). Em seguida, ajuste o trim-pot com uma chave de fendas para um ponto em que a lâmpada se apague com a iluminação ambiente. Passe agora a mão na frente do LDR interrompendo sua iluminação. A lâmpada deve acender automaticamente. Se isso não ocorrer, tente um novo ajuste do LDR.

O ajuste do LDR é função da iluminação ambiente devendo ser sempre feito quando houver mudança de local ou de condições de funcionamento para o aparelho.

### COMO FUNCIONA

O princípio de funcionamento do SCR já é conhecido do leitor, pois já tivemos oportunidade de analisá-lo em outras ocasiões em que usamos este componente (veja o número 47 no artigo "Lâmpada Mágica"). Basicamente podemos lembrar que se trata de um dispositivo que deixa a corrente passar quando o seu terminal de comporta (gate) é excitado e que a condução da corrente por esse componente se faz num único sentido já que se trata de um diodo (figura 8). Quando alimentado por corrente alternada ou quando alimentado por uma corrente contínua pulsante, como a obtida neste circuito pelos 4 diodos, sem haver filtragem, o diodo deixa de conduzir tão logo o estímulo de comporta deixe de ocorrer. Na alimentação com corrente contínua pura o SCR continua conduzindo mesmo depois de cessado o estímulo.

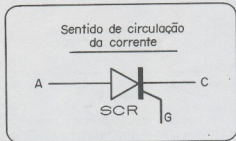
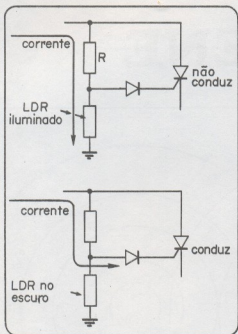


Figura 8

Neste circuito operamos com corrente contínua mas, não sendo esta filtrada, o SCR deixa de conduzir tão logo o estímulo em sua comporta deixe de ocorrer.

Ora, o LDR é um dispositivo que apresenta uma resistência elevada quando se encontra no escuro e que apresenta uma resistência muito baixa quando iluminado. O LDR é, portanto, um dispositivo cuja

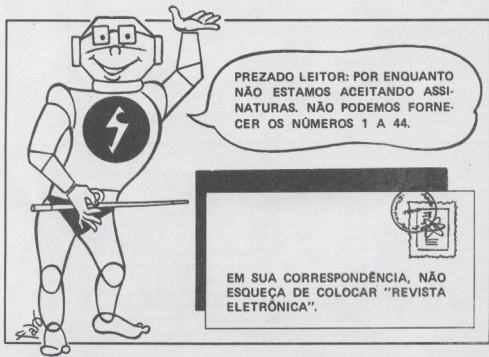


resistência é inversamente proporcional ao grau de iluminação: quanto maior for a iluminação, menor a resistência.

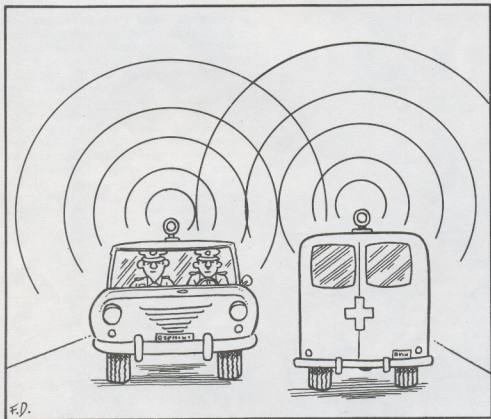
Ligamos o LDR na comporta do SCR de tal modo que ele desvie a corrente de comporta para terra quando se encontrar iluminado (baixa resistência) e que deixe a corrente chegar à comporta quando no escuro (alta resistência) figura 9. Com isso temos o comportamento desejado: recebendo a corrente de disparo, no escuro, o SCR dispara e acende a lâmpada. Quando iluminado, o LDR não deixa a corrente de disparo chegar ao SCR e a lâmpada permanece apagada. O momento em que ocorre o disparo é ajustado pela relação existente entre a resistência do LDR com determinada iluminação e a resistência em série, ou seja, a resistência formada  $R_4$  e  $R_1$ . Por meio de  $R_4$  (trim-pot) podemos, portanto, ajustar o circuito para operar exatamente com o grau de iluminação que desejamos.

Figura 9

z



# SIRENE



O SOM PRODUZIDO POR ESTA SIRENE PODE SERVIR PARA AS MAIS DIVERSAS FINALIDADES; DESDE SISTEMAS DE ALARME, CASOS EM QUE É NECESSÁRIA UMA POTÊNCIA RELATIVAMENTE ALTA, ATÉ BRINQUEDOS E DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO, EM QUE UMA POTÊNCIA MENOR JÁ É SUFICIENTE. DAMOS, NESTE ARTIGO, AS DUAS VERSÕES: DE ALTA POTÊNCIA QUE PODE FORNECER UM SINAL DA ORDEM DE 5 WATTS E UMA DE MENOR POTÊNCIA FORNECENDO UM SINAL DE 400 mW. TODOS OS COMPONENTES SÃO DE FÁCIL OBTENÇÃO E PODEM SER FEITAS MUITAS VARIAÇÕES EM TORNO DO CIRCUITO ORIGINAL.

# PARA SISTEMAS DE ALARME E BRINQUEDOS

O som produzido pela sirene também pode ser alterado com algumas modificações. Pelo acréscimo de dois componentes ao circuito original podemos obter um som variável de altura crescente, semelhante ao de uma sirene de fábrica e com modificações nos valores dos componentes podemos alterar a tonalidade do som emitido. Com isso conseguem-se efeitos bastante interessantes que podem ser usados em espetáculos teatrais, festas, etc.

A alimentação para o circuito pode ser feita de diversas maneiras. Para a versão de baixa potência podemos usar pilhas, bateria, ou mesmo a fonte descrita que permite sua ligação na rede de alimentação de 110 ou 220 Volts. Para a versão de maior potência podemos usar 6 ou 12 Volts de uma bateria de automóvel, de uma bateria formada por pilhas grandes, ou ainda a fonte de alimentação que descrevemos, para a utilização da rede de 110 ou 220 Volts.

Como se trata de um circuito relativamente simples, temos diversas possibilidades de montagem. Podemos usar uma placa de fiação impressa que deve ser confeccionada pelo próprio montador segundo as técnicas convencionais. Também é possível o emprego de uma ponte de terminais que é a técnica recomendada para os principiantes ainda sem o domínio da técnica de confecção de placas de fiação impressa. Damos pormenores a respeito desta segunda versão porque facilmente se pode montar o dispositivo simplesmente pela observação do diagrama.

Evidentemente, a montagem em placa de fiação impressa apresenta a vantagem

de se poder obter uma distribuição muito mais compacta para os componentes o que facilita sua instalação numa caixa de reduzidas dimensões.

## OS COMPONENTES

Todos os componentes são comuns em nosso mercado, havendo ainda a possibilidade de utilização de uma grande quantidade de equivalentes sobre os quais fazemos algumas observações.

Com relação aos transistores Q1, Q2 e Q3, por exemplo, recomendamos para a montagem original os tipos BC548. Entretanto, são diversos os equivalentes para este transistor que podem ser utilizados, como: BC547, BC549, BC107, BC108, BC237, BC238, etc. Na verdade, qualquer transistor NPN para uso geral de baixa potência pode ser utilizado neste circuito.

O transistor de potência é do tipo 2N3055, para a versão de maior potência. Esse transistor pode ser encontrado com facilidade pois diversos são os fabricantes que o têm na sua linha. Na sua aquisição o leitor deve também pedir pelo dissipador de calor e pelos seus acessórios de montagem que consistem em lâmina isolante de mica ou plástico, buchas de fibra ou plástico e parafusos de fixação.

É importante observar que esse transistor tem o coletor eletricamente conectado ao seu invólucro; se ele for montado diretamente sobre o dissipador este também ficará conectado ao coletor e, portanto, ao positivo da fonte de alimentação. Isso

deve ser levado em conta na instalação eventual do sistema num veículo. O dissipador não poderá encostar em nenhum ponto de seu chassis!

O transformador usado na versão de baixa potência é um de saída para rádio-receptores transistorizados, de 400 ou 500 mW, com um primário de 100 a 200 Ohms e um secundário com impedância de acordo com o alto-falante, este podendo ser de qualquer tipo, estando seu tamanho limitado apenas pela instalação desejada, isto é, pela disponibilidade de espaço. Não existe restrição quanto ao seu tamanho.

Com relação à versão de alta potência, o alto-falante deve ser capaz de suportar a potência fornecida pelo transistor. Deve, portanto, ser usado um alto-falante "pesado" para, pelo menos, 10 Watts, sendo seu tamanho também escolhido em função da disponibilidade de espaço para instalação.

## MONTAGEM

Na figura 1 vemos o diagrama para a versão de baixa potência, enquanto a figura 2 ilustra o diagrama para a versão de alta-potência. A figura 3 mostra a fonte de alimentação que permite a ligação da sirene na rede de corrente alternada de 110 ou 220 Volts.

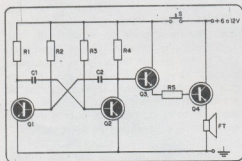


Figura 1

Na figura 4 temos a montagem dos componentes para as duas versões, na ponte de terminais. Os principais pontos

a serem observados nesta montagem é em relação à disposição dos terminais dos transistores que deve ser feita comparando-a com o desenho e em relação aos capacitores eletrolíticos que são componentes polarizados.

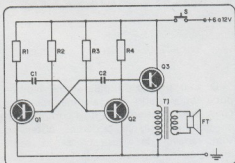


Figura 2

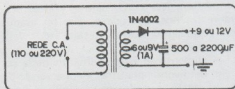


Figura 3

Comece a montagem soldando, nos locais correspondentes, os transistores de pequena potência (Q1, Q2 e Q3), usando um soldador de, no máximo 30 W e solda de boa qualidade (60/40).

Em seguida solde os capacitores e os resistores fazendo sua identificação pelo código de cores.

Para os principiantes que ainda têm dificuldade na leitura de valores através do código de cores damos a identificação dos componentes usados nesta montagem.

- \* Resistores (3 primeiros anéis):  
 1 k $\Omega$  - marrom, preto e vermelho  
 56 k $\Omega$  - verde, azul e laranja  
 22 k $\Omega$  - vermelho, vermelho e preto

- \* Para os capacitores de poliéster, o código de cores também é usado, sendo a seguinte a correspondência com os valores da montagem:

330 nF - laranja, laranja, amarelo  
 470 nF - amarelo, violeta, amarelo  
 680 nF - azul, cinza, amarelo

Os anéis seguintes indicam a tolerância e a tensão de operação, não precisando ser observados nesta montagem.

Depois da soldagem dos componentes, faça sua interconexão usando fio rígido #20 ou #22. Finalmente coloque o transformador de saída (versão de baixa potência) prestando atenção para não inverter suas ligações (primário com secundário). O enrolamento de baixa impedância deve ser conectado ao alto-falante. Se a versão

for a de alta potência complete a montagem com a ligação do transistor Q4.

A fonte de alimentação é a última parte da montagem. Se for formada por pilhas use um suporte apropriado. Se for a bateria do automóvel use um conector adequado e, se for a fonte para a rede, monte-a com cuidado.

### COMO FUNCIONA

A base deste circuito é um multivibrador astável, ou seja, um circuito formado por dois transistores os quais trocam de

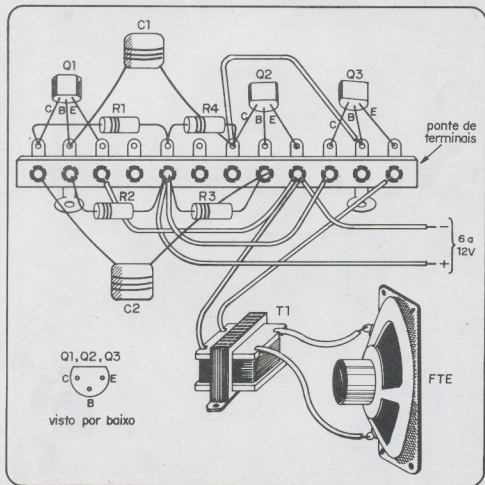


Figura 4

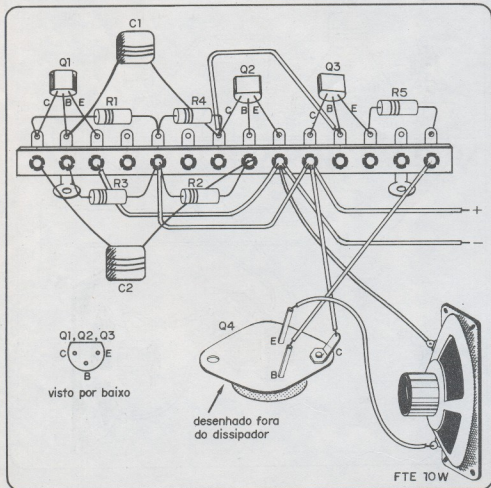


estado constantemente. Quando um deles está conduzindo o outro está desligado e vice-versa. A velocidade de comutação depende fundamentalmente de dois fatores: do valor dos resistores ligados à base do transistor (R1 e R2) e dos capacitores ligados a essas mesmas bases (C1 e C2). Alterando, portanto, o valor dos capacitores, dentro de certos limites, podemos modificar a frequência do multivibrador e, portanto, a tonalidade do som emitido. Se aumentarmos o valor do capacitor obtemos som mais grave e se diminuirmos sua capacitância obtemos sons mais agudos. Por esse motivo, damos também os códigos de cores para os capacitores de 330 e 680 nF que podem ser experimen-

tados no mesmo circuito para obtenção de sons diferentes.

O transistor Q3 para a versão de baixa potência atua como amplificador de áudio, sendo acoplado pelo emissor (seguidor de emissor) ao transformador de saída. Com isso, a potência obtida é da ordem de 200 a 400 mW o que corresponde ao som de um rádio-receptor portátil no máximo volume.

No caso da versão de alta potência usamos um segundo transistor Q4 que é acoplado diretamente a Q3 de modo a se obter uma potência bem mais elevada.



Esse acoplamento Darlington, com uma tensão de alimentação de 12 Volts, permite a obtenção de uma potência da ordem de 5 Watts o que é mais do que suficiente para as aplicações a que o destinamos. O acoplamento da carga ao emissor permite a obtenção de uma baixa impedância de saída, eliminando a necessidade do transformador de saída.

## VARIAÇÕES

A primeira variação (figura 5) permite a obtenção de um som crescente, o que é possível pelo efeito do capacitor C3 que se carrega através do potenciômetro, alterando lentamente a tensão de alimentação do multivibrador. Apertando-se S1, o capacitor descarrega-se lentamente alterando a tensão nesse multivibrador e, portanto, sua frequência. Com isso o efeito obtido é semelhante ao de uma sirene mecânica em que a alteração de tom é dada pela mudança de sua rotação. O potenciômetro permite controlar a variação do tom.

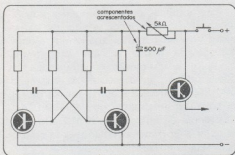


Figura 5

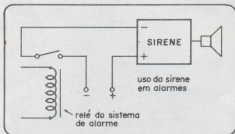


Figura 6

A segunda variação (figura 6) mostra o modo de se ligar a sirene a um sistema de alarme ou aviso.

## FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação (figura 4) que permite a ligação da unidade à rede, utiliza um transformador que deve fornecer, pelo menos, uma corrente de 1A a uma tensão de 6 ou 9 V. Um diodo (1N4002 ou 1N4004 ou ainda BY127) é usado na retificação. O capacitor usado nesta fonte é um eletrolítico de 500 a 2 200 μF com tensão mínima de operação de 15 V.

## RELAÇÃO DE COMPONENTES

### a) Versão de baixa potência

Q1, Q2 e Q3 - BC548 ou equivalente  
 R1, R4 - 1 kΩ @ 0,5 W  
 R3, R2 - 56 kΩ @ 0,5 W  
 C1, C2 - 330 nF (poliester ou cerâmica)  
 T1 - Transformador de saída (ver texto)  
 FT - Alto-falante (ver texto)  
 Diversos: ponte de terminais, fios, solda, interruptor de pressão, etc.

### b) Versão de alta potência

Q1, Q2 e Q3 - BC548 ou equivalente  
 Q4 - 2N3055  
 R1, R4 - 1 kΩ @ 0,5 W  
 R2, R3 - 56 kΩ @ 0,5 W  
 R5 - 22 kΩ @ 0,5 W  
 C1, C2 - 330 nF (poliester ou cerâmica)  
 FTE - Alto-falante 8 Ohms (ver texto)  
 Diversos: ponte de terminais, dissipador, fios, solda, interruptor simples, etc.

### c) Fonte de alimentação

T1 - Transformador: primário 110 ou 220 Volts;  
 secundário 6 ou 9 V @ 1 A  
 D1 - Diodo 1N4002 ou equivalente (ver texto)  
 C1 - 500 a 2 200 μF @ 12 Volts.  
 Diversos: cabo de alimentação, fios, solda, etc.

# VOLTÍMETRO com FET

©

AS CARACTERÍSTICAS DE ELEVADA RESISTÊNCIA DE ENTRADA DOS TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FET) TORNAM A APLICAÇÃO DESSE COMPONENTE ESPECIALMENTE ATRAENTE EM CIRCUITOS DE MEDIÇÃO EM QUE A INFLUÊNCIA DO INSTRUMENTO NA GRANDEZA MEDIDA DEVE SER A MENOR POSSÍVEL.

Os transistores de efeito de campo ainda não são muito populares entre os experimentadores e projetistas nacionais. Entretanto, diversos tipos a preços acessíveis já são disponíveis em nosso mercado, o que nos leva a publicar este artigo muito mais informativo do que realmente prático. É preciso lembrar que os transistores de efeito de campo são bastante sensíveis, principalmente às cargas estáticas, pelo que devem ser tomadas precauções especiais quando do seu manuseio.

Conforme dissemos na introdução desse artigo, os transistores de efeito de campo se tornam importantes em aplicações em que uma alta impedância de entrada seja requisito básico do circuito, como ocorre em instrumentos de medida. Nesses, essa característica é absolutamente necessária de modo a se reduzir ao máximo a influência do instrumento no circuito que está sendo medido e, com isso, obter-se precisão compatível com as necessidades.

Neste artigo fazemos considerações sobre o projeto de um simples voltímetro com transistor de efeito de campo, o que pode servir de base para a elaboração de

um projeto mais completo, com diversas escalas de tensões.

## COMO FUNCIONA

Para explicar as possibilidades de aplicação do transistor de efeito de campo neste tipo de circuito, analisemos a configuração da figura 1. Nela encontramos uma fonte de tensão contínua de 1 V que possui uma resistência interna de 500 k $\Omega$ . Queremos medir a tensão da fonte com um voltímetro que apresenta uma resistência de entrada de 5 M $\Omega$ . Podemos calcular a corrente circulante pelo circuito pela seguinte expressão:

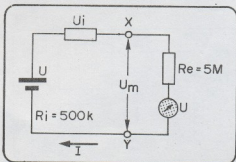


Figura 1

$$I = \frac{U}{R_t}$$

$I$  = corrente  
 $U$  = tensão da fonte  
 $R_t$  = resistência total

Com os valores adotados no circuito obtemos a seguinte corrente:

$$I = \frac{1}{5 \times 10^6 + 5 \times 10^5} = 18 \times 10^{-5} \text{ A}$$

Na resistência interna da fonte teremos uma queda de tensão que pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$U_i = IR_i$$

$U_i$  = queda de tensão na fonte

$I$  = corrente no circuito

$R_i$  = resistência interna

No caso do nosso circuito essa queda de tensão vale:

$$U_i = \frac{1}{5 \times 10^6 + 5 \times 10^3} \cdot 5 \times 10^5 = 0,09 \text{ V}$$

Deste modo, independentemente da precisão do instrumento, estaremos de qualquer maneira cometendo um erro de medida da ordem de 9%.

Perceba o leitor que, quanto maior for a resistência interna da fonte a ser medida e quanto menor for a resistência apresentada pelo instrumento, maior será o erro introduzido pela ligação do instrumento ao circuito. Por esse motivo, instrumentos comuns, multímetros de resistência de entrada relativamente baixa (sensibilidade menor que 100 000 Ohms por Volt) de modo algum fornecem segurança na medida de tensões baixas sobre resistências elevadas.

Na figura 2 temos ilustrado o que ocorre com a ligação de um instrumento de 100 000 Ohms por Volt, na escala de 0-1 Volt, na medida de uma tensão de

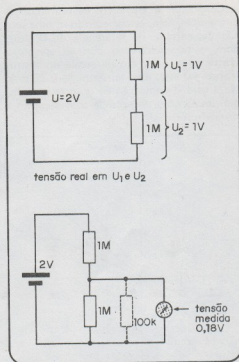


Figura 2

1 Volt sobre uma resistência de 1 MΩ no circuito indicado.

Entretanto a limitação das resistências de entrada dos multímetros comuns está relacionada com a própria sensibilidade do instrumento usado já que nenhuma etapa amplificadora é usada. Com a utilização de válvulas e, mais recentemente, de transistores de efeito de campo, pode-se aumentar essa resistência interna de tal modo a obter-se a menor influência possível do instrumento sobre a tensão ou qualquer outra grandeza medida.

## O CIRCUITO

O nosso voltímetro básico consiste numa etapa amplificadora com dreno comum e realimentação reforçada de modo que, mesmo com a utilização de um instrumento indicador de pouca sensibilidade, podem ser feitas medidas de tensão sem se "carregar" o circuito analisado.

Colocando-se em curto os terminais de entrada, ou seja, estabelecendo-se uma tensão de entrada de referência de 0 Volt, com o potenciômetro pode-se ajustar a corrente para o meio da escala do instrumento, ou seja, uma corrente de 0,25 mA. Na figura 3 damos então a correspondência das tensões de entrada com a corrente no instrumento.

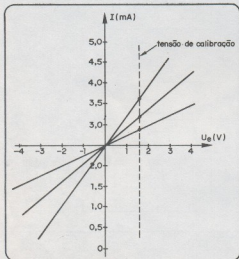


Figura 3

Como existe uma pequena variação de características entre os transistores de um mesmo tipo, devido às tolerâncias de fabricação, as pendentes obtidas podem variar sensivelmente, o que exige uma calibração individual para cada caso.

A calibração pode ser feita com uma pilha comum de 1,5 Volt. A corrente indicada pelo instrumento corresponderá então a uma tensão de 1,55 Volt (f.e.m. de uma pilha nova, já que, para uma corrente de carga desprezível, a tensão sobre a carga pode ser aproximada igual à f.e.m.).

### CUIDADO NO MANUSEIO DO FET

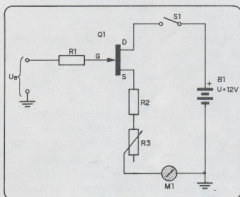
Os transistores de efeito de campo do tipo MOS (Metal-Óxido-Semicondutor) exigem precauções muito especiais durante o seu manuseio, principalmente se não possuírem proteção de comporta, pois a

fina camada isolante de óxido pode perfurar com facilidade simplesmente devido às cargas acumuladas em nosso corpo quando tocamos em seus terminais.

Os transistores desse tipo são normalmente adquiridos com uma bucha protetora que, em hipótese alguma, deve ser removida quando do manuseio do transistor.

Somente depois de completada a soldagem de todos os outros componentes do circuito, passe ao transistor de efeito de campo. Para isso, em primeiro lugar, enrole um fio fino condutor em torno de seus terminais e, em seguida, retire a bucha protetora. Somente então proceda à dobra e corte dos terminais.

Tanto o soldador como a pessoa que manusear o transistor devem estar bem conectados à terra. No caso da pessoa bastará que ela segure algum fio ligado à terra durante esta operação.

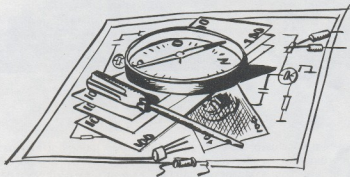


### RELAÇÃO DE COMPONENTES

- R1 - 100 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R2 - 5,6 k $\Omega$  @ 1/8 W
- R3 - 10 k $\Omega$  - potenciômetro ajustável
- M1 - 0-0,5 mA - miliampérmetro de bobina móvel
- B1 - Bateria de 12 Volts
- Q1 - Qualquer transistor de efeito de campo.

N

# orientação para o montador



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

## SIRENE PARA SISTEMAS DE ALARME

Esta sirene, recomendada para os principiantes, inclusive, não usa componentes caros e nem de difícil obtenção. Os transistores são bastante comuns no nosso mercado especializado, estando o custo das unidades de pequena potência em torno de Cr\$ 5,00. Os transistores de maior potência estão em torno de Cr\$ 15,00. O que podemos, então, concluir é que o custo do projeto, excluindo-se a caixa, estará em torno dos Cr\$ 60,00. Nenhum cuidado especial deve ser tomado com a montagem a não ser com a soldagem dos semicondutores que são sensíveis ao calor.

## PRÉ-AMPLIFICADOR MISTURADOR DE ÁUDIO

Esta montagem é bastante simples e o texto suficientemente pormenorizado para não se necessitar de muitas explicações adicionais. Com relação aos componentes, como se tratam de transistores bastante comuns, o leitor não terá dificuldades com sua obtenção. O preço desses mesmos transistores é bastante acessível, estando em torno de Cr\$ 5,00 a unidade, o que significa que, sem incluímos a caixa e a fonte de alimentação, o custo total do projeto será da ordem de Cr\$ 80,00. Devemos ainda observar, em relação à montagem, que, como se trata de um circuito de áudio de pequenos sinais, os cabos de entrada e de saída devem ser blindados para se evitar a captação de zumbidos. A alimentação poderá ser feita a partir do próprio equipamento amplificador com o qual a unidade deverá operar se sua tensão for compatível, ou feito a partir de baterias.

## VOLTÍMETRO COM FET

Este artigo não trata, propriamente, de uma montagem, mas sim de informação técnica de onde se pode partir para a realização prática posterior de um instrumento de medida. O leitor que nele se basear para a construção de um instrumento deve ter em mente os cuidados necessários para o manuseio deste tipo de componente. Com relação ao transistor, informamos que pode-se partir de qualquer tipo de FET. O custo dependerá, portanto, de suas características situando-se entre Cr\$ 20,00 e Cr\$ 50,00.

## FREQÜENCÍMETRO DIGITAL

Neste número temos a conclusão deste artigo, destinado ao montador experiente, conforme tivemos oportunidade de alertar logo de início. De fato, o grande número de componentes e a própria complexidade do circuito exigem uma certa experiência por parte do montador, principalmente no que se refere ao trato de circuitos integrados. A obtenção dos circuitos integrados utilizados nesta montagem não oferecerá maiores dificuldades, já que se tratam de tipos facilmente encontrados no mercado especializado, inclusive com possibilidades de substituição por equivalentes. Evidentemente, neste caso, a substituição deverá ser feita com perfeito conhecimento da função envolvida, pois pelo contrário o desempenho do equipamento poderá ser seriamente comprometido.

Com relação ao custo do projeto, devemos observar que dependerá muito de como forem obtidos os componentes; em São Paulo o gasto será da ordem de Cr\$ 1 600,00, excluindo-se a parte mecânica, ou seja, caixa, interruptores, tinta, cola, etc; para isso um acréscimo de uns Cr\$ 600,00 deve ser feito. O custo do instrumento completo ficará em torno dos Cr\$ 2 200,00 portanto, o que, evidentemente, é bem menos do que um equivalente importado.

Com relação às placas de fiação impressa o leitor poderá obtê-las prontas, bastando pedir informações pelo telefone 221-3993 (São Paulo).

## PRÉ-AMPLIFICADOR MISTURADOR DE ÁUDIO

Esta montagem é bastante simples e o texto suficientemente pormenorizado para não se necessitar de muitas explicações adicionais. Com relação aos componentes, como se tratam de transistores bastante comuns, o leitor não terá dificuldades com sua obtenção. O preço desses mesmos transistores é bastante acessível, estando em torno de Cr\$ 5,00 a unidade, o que significa que, sem incluirmos a caixa e a fonte de alimentação, o custo total do projeto será da ordem de Cr\$ 80,00. Devemos ainda observar, em relação à montagem, que, como se trata de um circuito de áudio de pequenos sinais, os cabos de entrada e de saída devem ser blindados para se evitar a captação de zumbidos. A alimentação poderá ser feita a partir do próprio equipamento amplificador com o qual a unidade deverá operar se sua tensão for compatível, ou feito a partir de baterias.

## INTERRUPTOR CREPUSCULAR

Esta montagem, destinada ao principiante, tem um texto suficientemente pormenorizado para não exigir muitas explicações adicionais. Assim, em nossa orientação, daremos apenas conselhos de como se obter os componentes assim como seu custo aproximado. O SCR, por exemplo, que é o componente fundamental, tem um custo da ordem de Cr\$ 20,00, dependendo da procedência e do local onde seja adquirido. Os diodos semicondutores são bastante comuns, podendo ser encontrados com facilidade em qualquer boa casa de material eletrônico a um custo em torno de Cr\$ 2,50 a unidade. Com relação ao LDR, como praticamente qualquer tipo pode ser experimentado nesta montagem, sua obtenção não será das mais difíceis. O custo aproximado deste componente está em torno de Cr\$ 15,00 dependendo, evidentemente, do tipo da procedência. Considerando os demais componentes, exceto as instalações, lâmpada e fios, o projeto ficará em torno de Cr\$ 100,00.

### DISSIPADORES DE CALOR

#### FATOR DE IMPORTÂNCIA NOS CIRCUITOS DE POTÊNCIA

Todo o calor desenvolvido num componente, pela circulação de uma corrente elétrica, deve ser transferido ao meio ambiente de modo a haver uma temperatura constante, dentro dos limites especificados como seguros. Se houver uma dificuldade na transferência desse calor gerado, o resultado de seu acúmulo no componente será uma elevação excessiva da temperatura que poderá ultrapassar os limites considerados seguros e o componente poderá danificar-se.

O máximo cuidado deve ser tomado com a instalação de transistores, diodos ou outros semicondutores de potência nos seus dissipadores de calor, principalmente quando estes tiverem de operar nos limites de suas tolerâncias.

Para a instalação dos transistores e outros semicondutores em dissipadores de calor, devemos observar que haja um perfeito contacto térmico entre o invólucro do componente e o irradiador. Normalmente, folhas de mica ou plástico especial separam o invólucro do componente do irradiador, provendo um isolamento elétrico entre ambos. Essas folhas, entretanto, não devem se constituir num isolamento térmico. A condução de calor deve ser a melhor possível e isso pode ser melhorado pelo emprego de pastas à base de silicone.

Por outro lado, a escolha do formato e do tamanho do dissipador também é importante. A quantidade de calor transferida é função tanto da diferença de temperatura entre o irradiador e o meio ambiente (gradiente térmico) bem como da

sua superfície de contacto com esse meio ambiente. Devemos, portanto, observar para que o dissipador seja instalado em local que seja bem ventilado de modo a permitir a circulação do ar aquecido, levando-o para longe do componente e permitindo que o ar frio chegue até ele rapidamente.

Com relação aos dissipadores, devemos ainda observar que os corpos negros irradiam melhor o calor do que os corpos de outras cores. Assim, os dissipadores de metal anodizado em negro são mais eficientes que os de metal brilhante.

### O OHM

A unidade de resistência elétrica é o Ohm que pode ser definido como a resistência elétrica que existe entre dois pontos de um fio condutor, quando uma diferença de potencial de 1 Volt, aplicada entre esses dois pontos, produz no condutor, uma corrente de 1 Ampère, não sendo o condutor sede de alguma força eletromotriz.

A resistência elétrica é, na realidade, a oposição que a corrente encontra ao circular num meio condutor. Essa dificuldade que a corrente encontra em circular, pode ser comparada à dificuldade ou oposição que a água encontra ao tentar fluir por um encanamento mais estreito ou de paredes internas rugosas.

Na definição dizemos que o condutor em questão não é sede de nenhuma força eletromotriz no sentido de que nenhuma força adicional que "empurre" as cargas elétricas é aplicada, ou seja, a corrente circulante se deve exclusivamente à ação de forças elétricas externas.



# circuitos de tempo imunes ao ruído com

## ELEMENTOS LSL<sup>®</sup>

OS ELEMENTOS IMUNES A RUÍDOS LSL (LOW SPEED LOGIC) APRESENTAM A VANTAGEM DE SEUS TEMPOS DE COMUTAÇÃO PODEREM SER REDUZIDOS POR MEIO DE UM CAPACITOR EXTERNO, O QUE ASSEGURA TAMBÉM UMA IMUNIDADE AOS RUÍDOS. ESSA POSSIBILIDADE PODE SER APROVEITADA COM VANTAGENS NOS CIRCUITOS DE TEMPO ONDE HAJA PRESENTE UM ELEVADO NÍVEL DE RUÍDO.

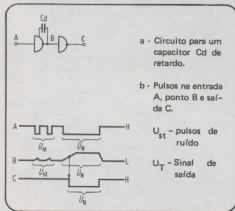


Figura 1 - Circuito supressor para uma porta LSL NAND.

Neste artigo, baseados no "Siemens Electronic Components Bulletin" (VII - 1972 - número 4), descrevemos circuitos de tempo (figura 1) que usam portas NAND LSL (FZH 111) e que podem ser empregados com as seguintes finalidades:

- Ecurtamento de pulsos
- Retardamento de pulsos

- Monitoração de largura de pulsos
- Monitoração de frequência de pulsos

### ELEMENTOS DE RETARDO

Na figura 2 ilustramos um circuito elementar no qual se obtém um retardamento no disparo, (a) ou um retardamento no desligamento (comutação LO-HI e HI-LO).

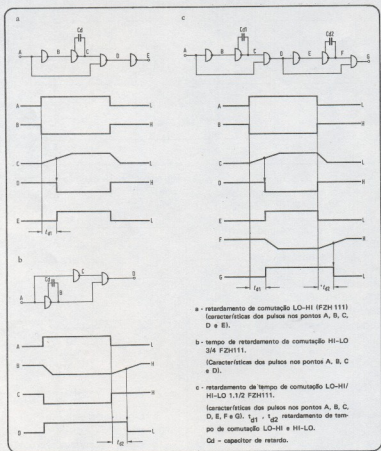


Figura 2 - Elementos de retardo com a porta FZH 111.

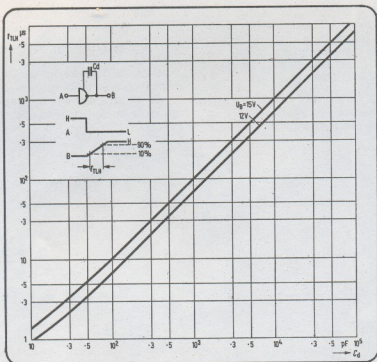


Figura 3 - tempo de crescimento  $t_{TLH}$  para os elementos do retardo da figura 2 em função da capacitância  $C_d$ ,

do capacitor de retardo. Parâmetro: tensão de alimentação  $U_B$ .

A figura 3 mostra a relação entre o tempo de retardo e o valor do capacitor  $C_d$ , assim como o tempo de crescimento TLH. O tempo  $t_d$  de aproximadamente 50%, corresponde à excursão do elemento seguinte do circuito lógico, e do crescimento linear de  $t_{TLH}$  com o tempo (TLH = tempo de transição LO-HI).

### ENCURTAMENTO OU ALONGAMENTO DE PULSOS

No circuito da figura 4, o capacitor  $C_d$  encurta os pulsos aplicados ao ponto B e prolonga a duração dos pulsos aplicados ao ponto D, conforme mostram os gráficos correspondentes.

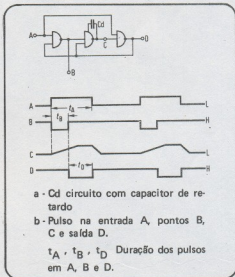


Figura 4 - Retardamento e prolongamento dos pulsos por elementos LSL.

A figura 5 vemos um gráfico em que é representada a duração do pulso de saída ( $t_b$ ) em função da capacitância Cd.

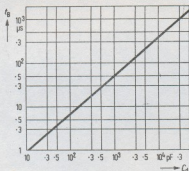


Figura 5 - duração dos pulsos  $t_b$  para o circuito mostrado da figura 4 em função da capacitância Cd do capacitor Cd de retardo.

### MONITOR DA LARGURA DE PULSOS

No circuito ilustrado na figura 6, a duração do pulso na entrada A é responsável

pele aparecimento de um pulso no ponto D. Para uma determinada duração do pulso de entrada  $t_a$  (figura 4b), a duração ( $t_b$ ) do pulso invertido permanece constante. Com o aumento da duração do pulso de entrada ( $t_a$ ), os pulsos sofrem na saída um mesmo acréscimo de duração  $T_D = t_a - t_b$ , aparecendo no ponto D. Quando, entretanto,  $T_D$  excede determinado valor, um sinal HI aparece na saída. A saída pode ser em seguida comutada ao nível LO por meio do interruptor S.

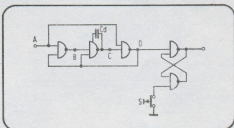


Figura 6 - Circuito LSL para monitoração de largura de pulsos. S faz contacto (rearma para o nível LO).

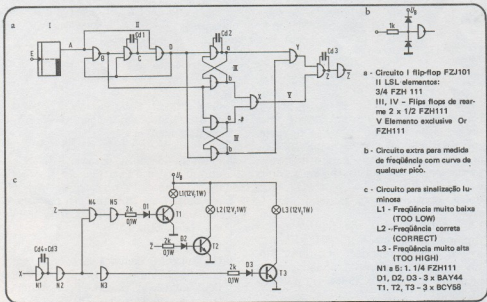


Figura 7 - Monitoração de frequências com elementos LSL:

## MONITORAÇÃO DE FREQUÊNCIA

Atuando semelhantemente a um filtro de banda passante, o circuito da figura 7a pode ser usado na monitoração de uma frequência nominal entre dois limites pré-estabelecidos de tolerância.

Na saída  $\bar{Z}$  obtém-se um sinal HI para uma determinada gama de frequências que pode ser estabelecida em função dos valores dos capacitores  $Cd1$  e  $Cd2$ , aparecendo

um sinal LO para frequências fora dessa gama.

O "flip-flop" I reduz a série de pulsos na entrada E de uma relação de 2:1 (figura 8, linhas E e A). Se a frequência muda de um valor mais elevado para um valor mais baixo (aumento da duração do período T, figura 8, linha E), a duração  $t_a$  dos pulsos na entrada A do elemento LSL II aumenta de  $t_a = t_b$  ( $t_b$  é a duração do pulso invertido em B).

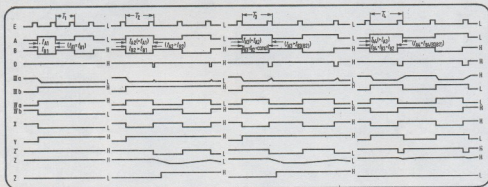


Figura 8 - Características dos pulsos para o circuito da figura 7.

E: Na saída E do flip-flop I  
A, B, D: nos pontos A, B e D do elemento LSL II.  
IIIa, IIIb, IVa e IVb - nas saídas a e b dos flip-flop de rearme III e IV.

X, Y - nas saídas X e Y dos elementos exclusive OR V (IIIa e IVb determina X, e IIIb e IVa determina Y).  
Z', Z,  $\bar{Z}$  : nas saídas Z'. (sem retardo, ou seja, sem o capacitor Cd3) Z com retardo (ou seja com o capacitor Cd3) e  $\bar{Z}$  (saída principal).

Acima de certo valor de  $t_a$ ,  $t_b$  permanece constante. Quando  $t_a$  cresce mais pulsos LO de duração  $t_D = t_a - t_b$  aparecem no ponto D, como explicamos na conexão correspondente para a monitoração de largura de pulsos (figura 8, linha E, A e D). Para  $t_a = t_b$  e para T2,  $t_b$  é também constante, e  $t_a > t_b$ .

As saídas B e D são ligadas a dois "flip-flop" de rearmagem ("reset") III e IV, um dos quais é retardado. Os dois "flip-flop" são definitivamente armados pelos pulsos em B (figura 8, linhas IIIa e b; IVa e b, para T1).

Dependendo da duração do pulso  $t_a$ , as seguintes das três opções de saída em D são disponíveis:

1. Sinal HI - ( $t_a = t_b$ , duração T1 na figura 8) os estados dos dois "flip-flop" se mantém inalterados;
2. Pulso LO de curta duração - ( $t_a > t_b$ , duração T2 e T3 na figura 8); ponto b no "flip-flop" IV é lavado ao nível HI e o estado do "flip-flop" III permanece inalterado (figura 8, linhas IIIa e b, IVa e b, para T2 e T3);
3. Um pulso LO de longa duração ( $t_a > t_b$ ; duração T4 na figura 8, ambos os "flip-flop" mudam de estado - figura 8, linhas IIIa e b, IVa e b para T4).

Se a frequência for muito alta ou muito baixa ( $1/T1$  ou  $1/T4$  na figura 8) ambos

os "flip-flop" têm a mesma forma de informação de saída. Informação diferente aparece somente numa determinada faixa (T2 e T3 na figura 8) que é ajustável por meio do capacitor Cd2.

O nível lógico HI aparece na saída  $\bar{Z}$  de um elemento exclusivo OR V quando a informação fornecida pelos "flip-flop" III e IV nos quais é conectado não for idêntica. O ponto a do "flip-flop" III está então no nível LO e o ponto b do "flip-flop" IV estará no nível HI (figura 8, linhas IIIa e IVb para T2 e T3). Isto resulta em saídas HI tanto na saída X e Y como na saída Z (figura 8, linhas X, Y e Z).

### CAPACITÂNCIA DOS CAPACITORES Cd1, Cd2 e Cd3

O limite superior para a gama de frequências de operação é, como já foi observado, feito pelo capacitor Cd1. O diagrama mostrado na figura 9 é usado para determinar a capacitância requerido por Cd1 para certo limite de frequência de corte.

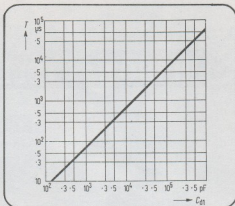


Figura 9 - Diagrama determinado o limite superior da frequência de corte ( $1/T$ ) para o circuito da figura 7 em função da capacitância Cd1 do capacitor de retardo Cd1.

A capacitância Cd2 determina a frequência inferior de corte; Cd2 deve ter uma capacitância aproximadamente de 1/5 de Cd1. De modo a assegurar uma saída estável, é conveniente fixar Cd3 de modo que tenha uma capacitância aproximadamente 3 vezes maior que Cd1.

## O AMPÈRE

A unidade de corrente elétrica é o Ampère que pode ser definido como a intensidade de uma corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível e colocados a uma distância de 1 metro um do outro, no vácuo, produz entre esses condutores uma força de  $2 \times 10^{-7}$  Newton por metro de comprimento.

Se bem que esta seja a definição legal de Ampère, podemos melhor estendê-lo dizendo que 1 Ampère é a corrente que circula num condutor de 1 Ohm de resistência quando entre seus extremos é estabelecida uma diferença de potencial de 1 Volt.

A intensidade de uma corrente mede a quantidade de cargas elétricas que são transportadas por um condutor em cada segundo. Intensidade de corrente é, portanto, a quantidade de cargas por unidade de tempo.

Comparando ao circuito hidráulico, podemos dizer que a corrente elétrica corresponde ao fluxo de água, ou à quantidade de água que passa em cada segundo por um ponto do encanamento.

A corrente só pode circular através de um circuito se houver, para isso, uma causa e esta causa é a tensão elétrica. Só existe fluxo de água num encanamento se houver pressão. A pressão da água é, portanto, equivalente à tensão elétrica.

# RUÍDO NAS TELECOMUNICAÇÕES

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

## INTERESSE DO RUÍDO

A palavra ruído é conhecida e utilizada na linguagem diária, o que traduz a existência de uma noção intuitiva sobre o ruído.

De fato, quando duas pessoas conversam, cada uma recebe através dos seus meios auditivos uma informação vinda do seu interlocutor e um som complicado que podemos designar por "barulho de fundo". Exemplo: composição dos diversos sons originados pelas máquinas de uma fábrica; a soma dos sons emitidos por carros, ônibus, motores, businas, numa estrada, etc. E isto é conhecido por todos nós.

De uma maneira geral esse barulho de fundo é suficientemente baixo para que cada interlocutor entenda o outro; mesmo assim as pessoas procuram locais pouco ruidosos. Mas é do conhecimento geral que, se a "barulheira" for forte, a conversa só é possível "berrando no ouvido do parceiro".

Torna-se evidente que o ruído perturba as comunicações e tanto mais quanto mais forte ele for mais fraco será o nível da informação. É esta a noção comum de ruído.

Mas o ruído não é só áudio e não tem só origem na composição aleatória de diversas fontes sonoras.

Vejamos um exemplo histórico que explica os dois diferentes grupos de ruído nas comunicações.

É sabido que, na antiguidade, se comunicava à distância transmitindo uma informação (notícia) de castelo em castelo (já nessa altura se procuravam os pontos altos) por meio de fogos ou reflexões em espelhos.

Suponhamos que do castelo A se queria enviar uma mensagem para o castelo B. Em A acendia-se uma fogueira e, com um refletor metálico, provoca-se uma feixe luminoso dirigido para B. Através de interrupções no feixe, de acordo com um código pré-estabelecido, podia-se enviar a mensagem.

Mas, chegaria a mensagem corretamente a B? Vejamos que várias causas podiam impedir a recepção total ou parcial da notícia.

- a) Se a distância fosse muito grande era evidente que a luz chegaria a B muito fraca.
- b) Nevoeiros, chuvas, etc., podiam atenuar de tal forma a luz que em B não se receberia sinal nenhum.
- c) Uma tempestade com trovoadas poderia confundir o indivíduo encarregado de receber a mensagem.
- d) Outras fontes luminosas próximas podiam por em dúvida qual a fonte A.
- e) Se a comunicação fosse feita de dia (em geral não o era) a luz solar, evidentemente, enfraqueceria o brilho da fonte A.

Vemos que há várias fontes de ruído que perturbam (ou mesmo impedem) a recepção da informação. É também óbvio a importância da intensidade do sinal na chegada e a existência de várias causas que o podem afetar. E isso era tão bem sabido que não só se procurava usar espelhos convergentes (ganho da antena), como se recorria a distância pequenas entre A e B, como, ainda, se limitava o campo de visão do indivíduo com anteparos.

Para distâncias maiores recorria-se a "Castelos Repetidores" que recebiam as mensagens e as repetiam para outros.

Mas aqui temos novas fontes que poderão ser responsáveis por uma perturbação na informação original e de tal modo que na chegada ela tivesse um conteúdo diferente e até, em alguns casos, oposto.

a) Num "Castelo Repetidor" o indivíduo que recebe a mensagem podia registá-la mal porque estava, por exemplo, sujeito ao nervosismo de um cerco a esse castelo.

b) Recebida a mensagem, ela era transmitida, muito provavelmente, oralmente, ao encarregado da nova emissão e talvez até por um vocabulário próprio e não por repetição palavra a palavra da mensagem recebida.

c) O alcaide do "Castelo Repetidor" talvez quisesse acrescentar uns pontos à notícia para traduzir a situação local.

Vemos que, numa comunicação à distância, temos dois grupos de fontes de ruído:

- as externas (trovoadas, luz solar, outros fogos)
- as internas (em cada estação repetidora e na recepção final).

Nas comunicações modernas também esta divisão é válida.

Como fontes externas podemos considerar:

- ruído solar (o Sol é uma fonte muito poderosa de radiações num espectro largo de frequências)
- ruído galático (resultante dos muitos sois que habitam o espaço exterior)
- ruído humano (resultante das fábricas, linhas de transmissão, motores, etc).

É evidente que uma antena que recebe um sinal de RF vindo de uma emissora distante "vê" não só a antena emissora como essas várias fontes de ruído. O sinal que "entra" no receptor já é uma mistura de sinal desejado mais ruído.

Como fontes internas de ruído podemos considerar:

- ruído térmico de agitação molecular nos condutores;
- ruído nos elementos ativos (válvulas, transistores, etc.) dos amplificadores.

Essas fontes de ruído se sobrepõem ao sinal total recebido no receptor, produzindo, na saída, um sinal ainda mais "perturbado".

É evidente que a inteligibilidade da mensagem recebida será tanto maior quanto mais forte for o sinal na entrada do receptor, menor o ruído exterior (mais diretas as antenas) e menos ruidoso o equipamento receptor.

Quando se pretende estabelecer uma ligação rádio, com ou sem repetidores, diversas alternativas se põem: feixe hertziano, satélite, dispersão troposférica. Além de considerações económicas, um aspecto importante a considerar é o ruído. Para cada caso diversas são as fontes de ruído mais importantes a considerar; dificuldade é determinar qual a via que produzirá uma menor potência global de ruído na saída (para a mesma potência de sinal).

Há, portanto, necessidade de se conhecer as múltiplas origens de ruído, o seu espectro e a influência que a temperatura, a



corrente e a impedância podem ter sobre essas origens. Exemplo: sabendo que a maior parte do ruído introduzido por um receptor é devido ao primeiro amplificador de RF, no caso dos receptores dos observatórios rádio-astrômicos, procura-se trabalhar com temperaturas criogênicas nesses passos, já que o ruído é proporcional à temperatura.

Voltando aos exemplos auditivos, é habitualmente designado também por ruído uma fonte sonora bem definida e constante no tempo, como o silvo de uma máquina qualquer. No entanto, em comunicações, não é habitual considerar essas fontes de perturbação, embora elas caiam dentro da idéia geral de ruído-perturbação. E isso porque uma fonte dessas é eliminável, pelo menos teoricamente. É o caso do ruído produzido pelos 60 Hz da fonte de alimentação: podemos melhorar a filtragem ou, até, usar baterias.

O que nos interessa aqui são aquelas perturbações perfeitamente aleatórias cujas origens, em geral, são conhecidas, mas que, não permitindo a previsão do seu valor instantâneo e distribuindo-se por todo o espectro do sinal útil, não permitem a sua eliminação, nem mesmo teoricamente. Consideramos apenas o chamado ruído aleatório. O ruído produzido por um transistor é conhecido e sabem-se as suas origens. Podemos reduzir esse ruído (existem transistores mais ruidosos que outros), mas não podemos eliminá-lo. O valor instantâneo da tensão de ruído não é conhecido nem é previsível, de modo que não podemos somar ao conjunto sinal mais ruído uma fonte igual de perturbação mas de sinal contrário. Também o espectro do ruído se distribui por todo o sinal pelo que não é possível eliminar o ruído "cortando fatias" do espectro mais perturbadas, sacrificando partes do sinal propriamente dito.

Portanto, consideraremos apenas aquelas perturbações inevitáveis e apenas descritíveis sob forma estatística, dado o seu caráter aleatório na distribuição dos valores instantâneos do ruído.

Neste artigo começaremos por um breve resumo histórico dos primórdios desta ciência do ruído, indicando alguns dos principais responsáveis pelos atuais conhecimentos.

Em seguida será feita uma descrição das diversas fontes de ruído internas e externas; naquelas analisaremos as válvulas, os transistores de função e ainda o FET.

Antes das fontes exteriores, considerar-se-á a sobreposição de diversas fontes de ruídos internas como preparação para o cálculo do "Noise Figure" de um amplificador.

Para cada fonte de ruído procurar-se-á descrever a sua origem, a banda de frequências que cobre, o seu espectro e, ainda, indicar os resultados matemáticos que o quantificam.

## RESENHA HISTÓRICA

Recordamos que a eletrônica propriamente dita nasceu com De Forest em 1906 com a invenção do triodo. No entanto as primeiras constatações da existência de ruído nesta disciplina surgiram logo em seguida.

Foi W. Schottky que, pela primeira vez, em 1915, escreveu um trabalho sobre ruído. Ele não só previa a existência do que hoje chamamos de ruído térmico, como analisava profundamente o "SHOT NOISE" das válvulas. E o curioso é, que naquela época, as válvulas eram profundamente ruidosas devido a defeitos de fabricação, mas onde ele soube distinguir o "SHOT NOISE".

Outro contribuinte para este ramo da ciência foi J. B. Johnson que, em 1925, fez um trabalho sobre o ruído de cintilação nas válvulas. Neste trabalho ele analisava, ainda, o efeito redutor da carga espacial sobre o ruído.

Entretanto, o ruído térmico previsto pelo fundador deste ramo não era encarado como importante, exatamente porque ele o considerava, no seu célebre artigo, bas-

tante mais fraco que as perturbações produzidas pelas outras fontes.

Para o fim da década de vinte, com um domínio quase total do "SHOT NOISE", J. B. Johnson (1927) notou que a resistência de entrada na grade dos triodos era responsável por um ruído adicional na saída. Em 1928 apresentaram o problema a H. Hyquist o qual, em cerca de um mês, apresentou toda a teoria do ruído térmico.

A partir de 1930, com estes dois tipos de ruído detectados e analisados, verificou-se que existiam outras fontes de ruídos nas válvulas.

Em 1923 S. Ballantine publicou um artigo sobre o ruído produzido pela ionização nas válvulas a vácuo.

Em 1938 W. Schottky e J. Bakker publicaram dois artigos sobre o ruído de partição nas válvulas multi-grades. North, em 1940, também analisou o assunto.

Por volta de 1940, mais ou menos, todas as fontes de ruído eram conhecidas e havia explicação coerente para a maioria delas.

Por esta época (1947) surge o transistor e a atenção volta-se mais para este novo componente. Muitos são os investigadores que se debruçam sobre o transistor dos quais podemos salientar A. van der Ziel e D.O. North.

E as publicações sucedem-se a um ritmo tal que já não é possível referir as mais importantes, tão notórias são todas elas.

Recentemente (a partir da década de 60) o esforço é mais sobre os transistores FET e MOS-FET e sobre os circuitos integrados. Novamente A. van der Ziel pode ser referido como um contribuinte importante.

## FONTES DE RUÍDO INTERNAS

Dividiremos este capítulo em quatro partes:

- ruído térmico
- ruído nas válvulas
- ruído nos transistores de junção
- ruído nos transistores FET e MOS-FET.

## Ruído térmico

Origem — Expressões Analíticas

É também conhecido por ruído Johnson ou Nyquist devido às importantes contribuições dadas por estes dois cientistas.

Num condutor qualquer, a uma temperatura acima do zero absoluto, sabe-se que há uma rede cristalina por entre a qual "vagueia" um número enorme de elétrons. Nessa rede, cada nó está sujeito a uma oscilação térmica tanto mais forte quanto maior a temperatura.

Esta agitação comunica-se aos elétrons livres os quais executam um permanente movimento Browniano dentro da rede cristalina.

É evidente que em qualquer secção reta do condutor haverá, em cada instante, um fluxo efetivo de corrente elétrica correspondente à somatória dos movimentos dos muitos elétrons que atravessam essa secção. Mas, em média, esse fluxo será nulo: tantos elétrons passam para a direita quantos passam para a esquerda (figura 1).

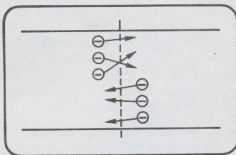


Figura 1

No entanto, haverá flutuações instantâneas em torno dessa média: ora o fluxo instantâneo produz uma corrente para um lado,

ora produz para o outro e com intensidades variáveis.

Essas flutuações são perfeitamente aleatórias e como tal não podem ser descritas por uma função determinística no tempo. Só uma descrição estatística é possível.



Figura 2

Tomando um condutor homogêneo e uniformemente aquecido a uma certa temperatura absoluta  $T$  e fechando-o sobre si próprio (figura 2), é possível calcular o valor médio quadrático dos valores instantâneos de corrente na seção de fecho.

$$i^2_{ef} = 4.K.T. \frac{1}{R} \cdot p(f) \cdot \Delta f$$

onde:

- $K$  — constante de Boltzman  
( $1,38 \times 10^{-23}$  W seg<sup>2</sup>·K)
- $T$  — temperatura absoluta em °K
- $R$  — resistência ôhmica do condutor em  $\Omega$
- $P(f)$  — fator de Planck
- $\Delta f$  — largura de banda da janela (de frequências) de medição.

Antes de analisarmos a expressão anterior podemos pensar na situação do condutor não se fechar sobre si próprio: resistência com os terminais livres.

Ao fluxo instantâneo de elétrons em cada seção reta do condutor vai corresponder um desequilíbrio instantâneo entre a car-

Vemos que num circuito em que existe um condutor, vamos ter uma tensão ou uma corrente perturbadora independente de qualquer corrente ou tensão de sinal que sobre ele exista. Portanto, vamos ter uma perturbação, um ruído, que é inevitável, já que condutores são indispensáveis e estes não podem funcionar ao zero absoluto.

#### Análise das Expressões do Ruído Térmico

Podemos começar pela expressão de  $i^2_{ef}$

Como era de prever, aumentando a temperatura do condutor, a agitação molecular aumenta pelo que o movimento Brocciano da "população" de elétrons torna-se mais rápido. Maiores serão os fluxos efetivos de elétrons numa seção reta qualquer, pelo que o valor médio quadrático da corrente elétrica deve aumentar. Por isso, ele é proporcional a  $T$ . A constante  $K$  de Boltzman surge como o habitual fator de conversão de temperatura em energia.

Mas é de prever que também os elétrons encontrem maior dificuldade em movimentar-se devido ao aumento do número de choques por segundo que, em média, cada elétron sofre com os nós da rede. Como isto é exatamente a resistência ôhmica do condutor, era de prever que  $i^2_{ef}$  fosse inversamente proporcional a  $R$ .

ga elétrica distribuída ao longo do condutor. A cada desequilíbrio corresponderá uma certa tensão instantânea entre os terminais do condutor.

Claro que, em média, essa tensão será nula, mas os seus valores instantâneos terão uma certa distribuição estatística ao longo do tempo.

Neste caso, é possível demonstrar que, para um condutor em equilíbrio térmico, à temperatura absoluta  $T$ , o valor quadrático médio dessa tensão vale:

$$e^2_{ef} = 4KTR. p(f) \cdot \Delta f$$

O fator  $p(f)$  é dado por:

$$p(f) = \frac{\frac{hf}{kT}}{\frac{hf}{eKT} - 1}$$

$h = \text{const. de Planck} = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J.S.}$

que resulta da conhecida distribuição estatística de Plank associada à natureza quântica da energia.

Podemos verificar que para a temperatura ambiente ( $290^\circ \text{ K}$ ) o cociente  $hf/kT = 1,65 \times 10^{-13} \text{ s}$ . Isto significa que, para frequências até a ordem de 1 000 GHz,

podemos dizer que  $\frac{hf}{kT} < \frac{1}{10}$  e, portanto,

$p(f) \cong 1$ .

Se associarmos isto ao fato de  $i_{ef}^2$  ser proporcional a  $\Delta f$ , vemos que o valor de  $i_{ef}^2$  por unidade de largura de banda é constante e independente da localização dessa banda — para a gama de frequências presentemente utilizadas, ou seja todas as frequências contribuem igualmente para o ruído térmico. A semelhança disto com o espectro da luz branca leva a designar este ruído por BRANCO.

Quanto à expressão de  $e_{ef}^2$  podemos fazer idênticos comentários. No entanto observamos que a temperatura tem uma dupla ação positiva sobre a tensão. Por um lado aumenta a agitação Browniana e, como tal, o fluxo em cada secção reta do condutor. Por outro lado aumenta a resistência do condutor, o que vai aumentar ainda mais o número médio de choques de cada elétron por segundo. Ambos os

efeitos vão aumentar o caracter aleatório do movimento dos elétrons e, portanto, aumentar os desequilíbrios locais na distribuição de carga elétrica ao longo do condutor. A somatória desses desequilíbrios locais independentes provocará maiores picos de tensão entre os terminais do condutor.

Devido ao fato de  $p(f) \cong 1$  para a gama habitual de frequências, este fator em geral não aparece.

Em ambas as expressões não aparece qualquer referência à corrente elétrica que por ventura esteja imposta ao condutor. A razão de ser é que a velocidade média de uns elétrons devido à agitação térmica é muito maior que a velocidade que lhes é imposta para constituir uma corrente, pelo menos para os valores habituais de densidade de corrente. O movimento Browniano de cada elétron não é praticamente afetado, a menos que se apliquem, externamente, campos elétricos tão fortes que modifiquem substancialmente a trajetória de cada um.

Note-se que isto não quer dizer que a passagem de uma corrente num condutor não possa afetar o nível de ruído por ele produzido visto que há o efeito de Joule e o conseqüentemente aquecimento do material.

Circuitos equivalentes. Potência disponível

As duas expressões dadas para o ruído térmico sugerem que se possa representar um condutor e o respectivo ruído por uma fonte ideal de tensão em série com um resistor com o valor da resistência do condutor  $e_{ef} = \sqrt{4.K.T.R. \Delta f}$  (figura 3).

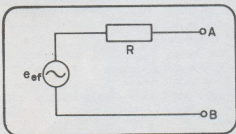


Figura 3

Repare-se que o gerador não apresenta polaridade, visto que apenas se conhece o valor eficaz da tensão no tempo. Neste circuito R é suposto não ruidoso.

Em vez do modelo de Thevenin, podemos optar pelo de Norton

$$i_{ef} = \sqrt{\frac{4 \cdot K \cdot T \cdot \Delta f}{R}}$$

(figura 4).

Estes circuitos têm o mérito de nos permitir efetuar cálculos em circuitos com várias fontes de ruído.

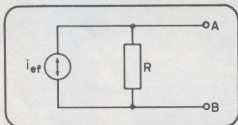


Figura 4

Por exemplo, podemos calcular qual a potência máxima que podemos retirar de uma destas fontes. Colocando uma carga  $R_L = R$  aos terminais, concluiremos facilmente que:

$$\text{Potência máxima de Ruído em } \Delta f \quad N = KT \Delta f$$

Esta potência não depende do valor da resistência R o que era de prever se pensarmos que esta energia disponível por segundo vem da energia térmica recebida pelo condutor do meio ambiente e como tal nada tem a ver com R. Podemos fazer um cálculo do valor desta potência numa banda de 1 Hz e à temperatura habitual de 290°K (17°C):

$$N = 4 \times 10^{-21} \text{ Watt} = -174 \text{ dBm}$$

O valor -174 dBm surge freqüentemente em cálculos de ruído.

Fornece-se em anexo um gráfico que permite calcular rapidamente a potência de

ruído térmico à temperatura de 290°K em função da largura de banda  $\Delta f$ .

#### Sobreposição de Fontes de Ruído. Correlação

Começamos por considerar dois resistores em paralelo e à mesma temperatura. Pretende-se saber qual o valor quadrático médio da tensão de ruído aos terminais do conjunto.

Usando o modelo de Norton para cada resistência obtemos o circuito da figura 5.

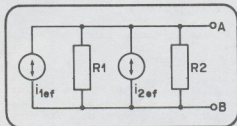


Figura 5

Recorrendo ao teorema da sobreposição, podemos escrever que a tensão instantânea nos terminais é:

$$e = \frac{i_1 + i_2}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{i_1 + i_2}{G_1 + G_2}$$

Mas para o ruído não nos interessa calcular e instantâneo porque não conhecemos  $i_1$  e  $i_2$  em cada momento. Interessa-nos, sim, o valor quadrático médio:

$$e_{ef}^2 = \frac{(i_1 + i_2)^2_{ef}}{(G_1 + G_2)^2} = \frac{i_{1ef}^2 + i_{2ef}^2 + 2(i_1 \cdot i_2)_{ef}}{(G_1 + G_2)^2}$$

Se as duas fontes forem completamente incorreladas será nulo o termo cruzado  $2(i_1 \cdot i_2)_{ef}$ . Portanto, sem correlação entre as fontes, virá:

$$e_{ef}^2 = \frac{i_{1ef}^2 + i_{2ef}^2}{(G_1 + G_2)^2}$$

isto é, somam-se os valores quadráticos médios das duas fontes. Repare-se que se somam os quadrados dos valores eficazes mas não os valores eficazes em si mesmo.

Este resultado é perfeitamente geral e independente da natureza das fontes de ruído. Podiam ser duas fontes quaisquer, por exemplo, uma térmica e outra de um transistor.

Mas no nosso caso de fontes de ruído térmico, podemos utilizar as expressões

$$\text{de } i_{1ef}^2 \text{ e } i_{2ef}^2$$

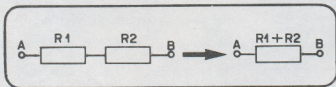


Figura 6

#### Redes Passivas em Equilíbrio Térmico

No caso de dispormos de uma rede puramente resistiva em equilíbrio térmico à temperatura  $T$ , é relativamente fácil verificar que ainda podemos calcular o valor quadrático médio da tensão de ruído nos terminais AB (fig. 7) considerando o resistor equivalente visto daqueles pontos.

$$e_{ef}^2 = 4KT R_{eq} \Delta f$$

Basta substituir cada um pelo seu correspondente circuito equivalente de Thevenin ou Norton e calcular a somatória dos valores quadráticos médios das tensões impostas por cada resistor entre A e B.

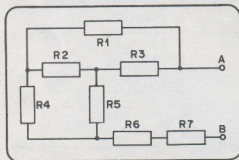


Figura 7

$$e_{ef}^2 = \frac{4KT G_1 \Delta f + 4KT G_2 \Delta f}{(G_1 + G_2)^2} = \frac{4KT \Delta f}{G_1 + G_2}$$

$$e_{ef}^2 = 4KT R_p \Delta f \quad R_p = \frac{1}{G_1 + G_2} = R_1 // R_2$$

Esta expressão mostra-nos que tudo se passa como se tivéssemos um só resistor de valor igual aos dois em paralelo.

Para o caso de dois resistores em série e a mesma temperatura é fácil, usando o modelo de Thevenin para cada um deles, concluir que tudo se passa como se tivéssemos um só igual à soma dos dois (fig. 6).

O problema aparentemente complica-se quando a rede dispõe de bobinas e capacitores.

Em primeiro lugar porque  $L$  e  $C$  não são puros.

Uma bobina é, na realidade, uma série (ou paralelo) de  $R$  e de  $L$ .

Também um capacitor apresenta uma resistência de fuga em paralelo com  $C$ .

Mas os modelos equivalentes destes componentes eliminam essas dificuldades.

Em segundo lugar, bobinas e capacitores são seletivos na frequência. No entanto, H. Nyquist demonstrou que ainda neste caso o ruído pode ser calculado tomando para resistência a parte real da impedância de entrada da rede medida entre A e B.

$$Z_{AB} = R_{AB} + j X_{AB} \quad e_{ef}^2 = 4KT R_{AB} \Delta f$$

Como em geral  $R_{AB}$  é função da frequência, só a podemos considerar constante se  $\Delta f$  for muito estreita.

Para o caso de banda larga ( $f_2; f_1$ ) teremos que somar:

$$e_{ef}^2 = 4.K.T. \int_{f_1}^{f_2} R_{AB} (f).df$$

às contribuições de cada parcela infinitesimal  $df$ .

Podemos ver um caso particular de uma rede não puramente resistiva: um circuito ressonante paralelo. Supondo que as perdas são só da bobina, teremos o circuito de figura 8 já com a fonte de ruído equivalente de Thevenin.

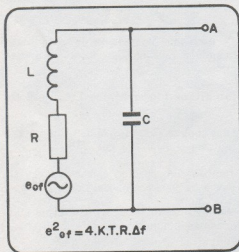


Figura 8

A partir deste circuito chegamos à seguinte expressão do ruído

$$e_{AB}^2 = e_{ef}^2 \left| \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + j\omega L + R} \right|^2 = 4KT\Delta f \left( \frac{R \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2}{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \right)$$

onde se pode verificar que a impedância entre parênteses é exatamente a parte real da impedância vista de AB. Confirmamos assim o teorema de Nyquist.

#### Largura de Banda Equivalente de Ruído

No exemplo anterior e, de uma maneira geral, em todos os casos em que haja associação de resistências e elementos reativos, o ruído branco produzido pelas diversas fontes surgirá nas saídas fortalecido em algumas frequências e enfraquecido para outras.

No clássico caso de um capacitor em paralelo com R, é evidente que o ruído será atenuado nas altas frequências devido à presença de C (figura 9).

Outro caso com interesse é o de um filtro "excitado" por uma fonte de ruído branco. É evidente que na saída do filtro o espectro do ruído terá a forma da curva da banda passante do filtro (figura 10). Se A ( $\omega$ ) for a relação entre tensão de saída e tensão de entrada, podemos es-

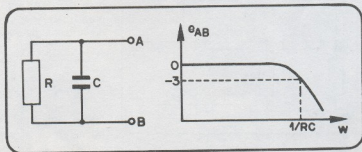
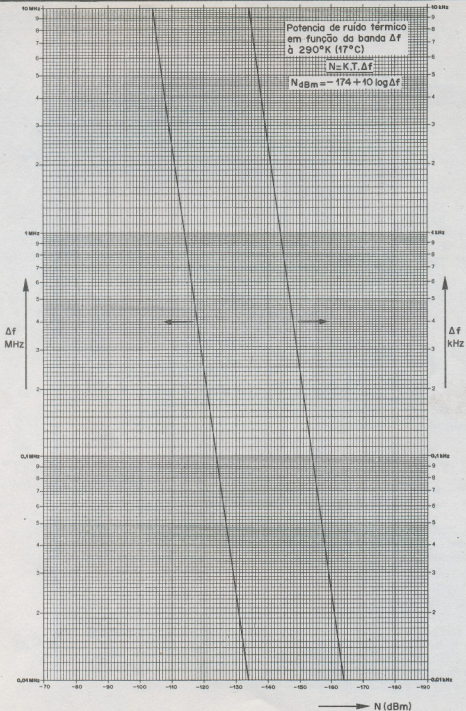


Figura 9

Potência de ruído térmico  
em função da banda  $\Delta f$   
à 290°K (17°C)

$$N = K.T.\Delta f$$

$$N_{dBm} = -174 + 10 \log \Delta f$$





crever que o valor quadrático médio da tensão de ruído na saída será

$$e_{2ef}^2 = e_{1ef}^2 \int_0^{\infty} |A(\omega)|^2 d\omega$$

observando em toda a banda de frequência de 0 a  $\infty$ . A fonte de ruído é branca

até frequências muito acima da gama de frequências envolvidas nos circuitos práticos. Este infinito não é pois usado com todo o rigor matemático.

Se o filtro fosse ideal e caracterizado pela amplitude ao que o filtro real apresenta na frequência central  $f_c$ , seria necessário ele ter uma largura de banda B para não alterar o valor do ruído na saída.

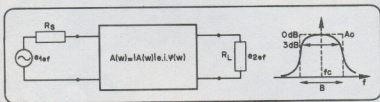


Figura 10

Essa largura B é evidentemente dada por

$$B = \frac{1}{A^2} \int |A(\omega)|^2 d\omega$$

Repare-se que esta largura de banda não tem de coincidir com a largura de banda a 3 dB do filtro. São questões completamente independentes. No entanto, habitualmente, as duas bandas não diferem muito uma da outra.

É esta largura de banda B que se designa por banda equivalente de ruído.

Um caso em que nos interessa conhecer o valor de B é na entrada de um receptor com a etapa de RF sintonizada. A potência total de ruído que penetra o receptor será proporcional a B e há, portanto, necessidade de se determinar o B dos filtros associados a esse passo.

#### Unidades de Medida de Ruído

A potência de ruído fornecida por uma fonte de ruído é, felizmente, baixa. Podemos calcular o valor da potência disponível de ruído térmico de um resistor à temperatura ambiente e numa banda de 1 kHz.

$$N = KT \Delta f = 4 \times 10^{-18} \text{ Watt}$$

A ordem de grandeza dos valores habituais de potência de ruído leva-nos a escolher duas unidades de medida:

- o picowatt: (pW) =  $10^{-12}$  Watt
- o decibel referido ao miliwatt: dBm =  $= 10 \log N$

No caso anterior teríamos

$$N = 4 \times 10^{-6} \text{ pW} = -144 \text{ dBm}$$

N



# CURSO DE ELETRÔNICA<sup>©</sup>

## Lição 3

É IMPORTANTE A ATENTA LEITURA DAS INSTRUÇÕES FORNECIDAS NOS NÚMEROS 46 e 47. NOSSO CURSO NÃO SE TRATA DE UM CURSO POR CORRESPONDÊNCIA; NÃO NOS DEVERÃO SER MANDADAS FOLHAS COM AS QUESTÕES PARA SEREM CORRIGIDAS; O PRÓPRIO LEITOR AVALIARÁ SEU APROVEITAMENTO.

Na lição anterior (Revista 47) falamos das partículas de eletricidade, da presença dessas partículas em todos os corpos e de como podemos eletrizar um corpo fazendo com que suas propriedades elétricas possam se manifestar. Nesta lição partimos desse ponto, estudando como as cargas de um corpo podem se movimentar e no que resulta essa movimentação.

### 7. O MOVIMENTO DAS CARGAS ELÉTRICAS

O estabelecimento de uma situação de desequilíbrio elétrico, de eletrização de um corpo, faz com que, neste corpo, se manifeste uma tendência dos átomos recuperarem sua situação original. Assim, como os corpos eletrizados positivamente têm falta de elétrons, eles manifestarão uma tendência de recuperar esses elétrons ausentes, ou seja, atrairão elétrons ou mesmo corpos que possuam elétrons disponíveis.

tendência à  
neutralidade

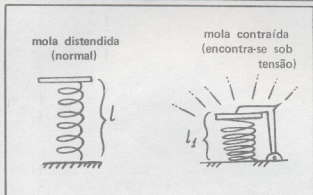


Figura 10

Do mesmo modo, os corpos que tenham sido eletrizados negativamente e que tenham, portanto, excesso de elétrons, manifestarão uma tendência em recuperar seu equilíbrio, procurando ceder a outros corpos os elétrons que possuem em excesso. Para isso, esses corpos atraem os que têm falta de elétrons ou mesmo os corpos neutros.

Vemos, então, que, quando os corpos estão eletrizados, há uma tendência destes recuperarem seu equilíbrio de algum modo, para o que manifestam uma certa força. Em linguagem mais própria, dizemos que quando um corpo se encontra eletrizado (excesso ou falta de elétrons) as suas cargas se encontram num estado de "tensão", ou seja, dispõe de certa quantidade de energia da qual "tentam se livrar". É exatamente o que ocorre com uma mola contraída (figura 11).

tensão

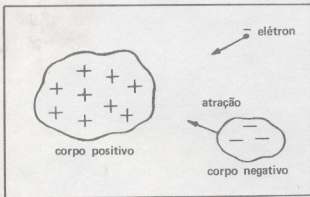


Figura 11

Quando ela se encontra solta, não há nenhuma energia disponível, a mola não pode exercer nenhuma ação externa, não pode mover nenhum mecanismo. Entretanto, podemos contrair a mola de tal maneira que ela fique sob certa "tensão", ou seja, armazene uma certa quantidade de energia que poderá ser usada de algum modo, quando, por exemplo, a mola for acoplada ao mecanismo de um relógio ou um brinquedo. Uma mola distendida tem o mesmo efeito. Estará também sob uma "tensão" pois tenderá a voltar à sua posição normal (fig. 12).

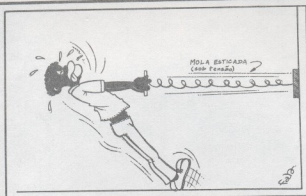


Figura 12

Podemos, comparativamente, dizer que os corpos negativamente carregados (com excesso de elétrons) são como uma mola contraída: possuem uma energia da qual "querem se livrar", enquanto que os corpos carregados positivamente (falta de elétrons) são como molas distendidas: também têm uma energia da qual "querem se livrar".

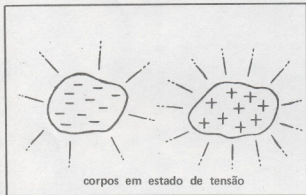


Figura 13

Em suma, podemos dizer que os corpos eletrizados são como reservatórios de energia elétrica. Os elétrons em excesso ou em falta fazem com que se manifeste uma força que tenderá a fazer com que a situação elétrica dos corpos se normalize, ou seja, voltem à neutralidade.

tendência à  
neutralidade

## RESUMINDO O QUADRO 7

- O desequilíbrio de cargas de um corpo faz com que haja a manifestação de uma força que tende a fazer com que a situação volte à normalidade.
- Tanto os corpos com cargas positivas como negativas manifestam essa força, se bem que tenham tendências contrárias.
- Dizemos que os corpos eletrizados se encontram num estado de "tensão" devido à situação de suas cargas.
- Esse estado de tensão significa a disponibilidade de uma certa quantidade de energia, exatamente como no caso de uma mola distendida ou contraída.

Se você julga que assimilou o que foi explicado na parte anterior, passe às questões de avaliação; caso contrário, leia com atenção, novamente, procurando entender o explicado e não simplesmente decorar as palavras.

## Avaliação 16

Levando em conta que, se retirarmos elétrons de um corpo ele se eletriza positivamente, podemos dizer que, após essa extração (assinale a alternativa correta):

- O corpo disporá de uma certa quantidade de energia que poderá ser usada posteriormente.
- O corpo ficará com menos energia do que antes, procurando, então, voltar à normalidade.
- O corpo ficará para sempre sem a energia retirada já que o processo é irreversível.
- Os átomos estarão contraídos como uma mola; daí se dispõe de uma certa quantidade de energia.

Se você respondeu (a) acertou; caso contrário, volte à teoria.

De fato, para retirarmos elétrons de um corpo, temos de fornecer-lhe certa energia que ficará armazenada nesse corpo pela própria situação de suas cargas. Essa energia será disponível conforme processos que veremos futuramente. Passe à questão seguinte.

## Avaliação 17

Os corpos eletrizados, tanto negativamente como positivamente, tendem a atrair os corpos neutros porque (assinale a alternativa correta):

- a) Esses corpos possuem energia armazenada.
- b) Esses corpos neutros possuem elétrons que podem ser atraídos para a recuperação da situação de equilíbrio.
- c) Os corpos neutros possuem átomos que podem receber ou ceder elétrons "aliviando" o corpo eletrizado de sua situação de desequilíbrio.
- d) Os corpos neutros possuem eletricidade armazenada.

Se você respondeu (c), acertou. Passe ao quadro seguinte.

A resposta correta para este teste de avaliação é a c por ser esta resposta mais completa. A resposta b apenas se aplica no caso dos corpos eletrizados positivamente. A resposta a faz uma afirmativa correta, mas que nada tem a ver com o problema focalizado. A resposta d, por outro lado, está errada. Se tiver dúvidas leia novamente a lição; caso contrário, passe ao quadro seguinte.

Prossiga ou volte ao início.

## 8. ENERGIA POTENCIAL — POTENCIAL ELÉTRICO

Uma mola contraída ou distendida possui energia devida à situação em que se encontra, ou seja, devido à sua "posição" diferente da normal. Essa energia é denominada "Energia Potencial Mecânica" e encontramos outros exemplos em que ocorre sua manifestação. Numa represa, por exemplo, devido à situação da água contida num nível mais elevado, temos uma

posição

certa disponibilidade de energia potencial. Nota: Devido ao fato da gravidade ser responsável pela tendência (tensão) da água de escorrer para os lugares mais baixos, dizemos que a energia disponível numa represa é uma "Energia Potencial Gravitacional" que pode



Figura 14

ser usada para gerar outras espécies de energia, como a elétrica, movimentando as turbinas de uma usina (figura 14).

No caso das cargas elétricas (corpos eletrizados) falamos em **energia potencial elétrica**, ou seja, dizemos que a diferença de estado entre um determinado corpo eletrizado e o meio ambiente define o potencial elétrico em que ele se encontra. Assim, em eletricidade, usamos uma grandeza denominada **potencial elétrico** para avaliar o estado de desequilíbrio de suas cargas. Evidentemente, para um corpo neutro o estado de suas cargas é de **potencial nulo**. Para os corpos eletrizados negativamente o potencial será negativo e para os corpos eletrizados positivamente o potencial será positivo. Para "medir" o potencial de um corpo eletrizado usamos uma unidade denominada **Volt (V)**.

## Energia Potencial

**Energia potencial elétrica.**

**corpo neutro —  
potencial nulo**

**O Volt**

É importante que o leitor observe que o potencial elétrico de um corpo não é propriamente a "quantidade" de cargas que ele possui, ou seja, quanto maior for a falta ou excesso de elétrons, maior será seu potencial. O potencial se refere ao estado das cargas em excesso ou falta. Será tanto maior o potencial (positivo ou negativo) quanto maior for a falta ou excesso de elétrons por unidade de volume do corpo. Assim o potencial está relacionado com o "grau de compressão" das cargas. Quanto mais "espremidas" estiverem as cargas maior será o potencial do corpo.

**Grau de compressão de cargas**

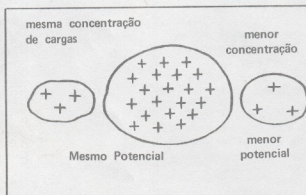


Figura 15

Para medir a "quantidade" de cargas (carga elétrica total) de um corpo, que é uma grandeza diferente, não levamos em conta o "grau de compressão" das cargas, mas sim sua quantidade total. A quantidade de carga ou seja, a **Carga Elétrica** de um corpo é medida numa unidade chamada **Coulomb (C)**.

**O Coulomb (C)**

É muito importante que os que acompanham este Curso compreendam muito bem o significado do potencial elétrico. Trata-se de uma grandeza relacionada com o "grau de concentração" das cargas, ou seja, com a energia armazenada em cada elétron em falta ou excesso e que pode ser disponível conforme processos que estudaremos futuramente.



## RESUMINDO O QUADRO 8

- Uma mola contraída possui energia potencial mecânica, assim como uma represa possui energia potencial gravitacional.
- Energia potencial é a energia devida ao estado em que se encontra um corpo.
- Um corpo eletrizado possui energia potencial elétrica. Quando o corpo está eletrizado negativamente seu potencial é negativo e quando eletrizado positivamente, seu potencial é positivo.
- A unidade de potencial elétrico é o Volt (V).
- O potencial elétrico está relacionado com a energia disponível de cada elétron em falta ou em excesso de um corpo eletrizado.
- Um corpo neutro se encontra a um potencial nulo.

Após a leitura do resumo, se o leitor julgar que assimilou os conceitos analisados neste quadro, pode verificar isso, realizando os testes de avaliação seguintes. Se tiver alguma dúvida sugerimos que leia novamente a lição.

## Avaliação 18

Levando em conta que a energia potencial está ligada ao estado de um corpo, podemos dizer que temos um exemplo típico de fonte de energia potencial em qual dos seguintes casos (assinale a afirmativa correta)?

- Uma roda girando rapidamente;
- Um corpo neutro;
- Um reservatório de água colocado numa elevação.

Resposta certa: c

Uma represa ou reservatório de água possui energia potencial gravitacional porque pode movimentar uma turbina. Uma roda girando rapidamente possui energia devida ao seu movimento. Esse tipo de energia é denominado "energia cinética". A alternativa **a** não serve, portanto. Passe ao teste seguinte.

### Avaliação 19

O potencial elétrico de um corpo está diretamente relacionado com (assinale a afirmativa correta):

- a) Número total de cargas elétricas que esse corpo possui.
- b) Número de elétrons desse corpo.
- c) A energia total disponível nesse corpo.
- d) O grau de concentração das cargas elétricas desse corpo.

Resposta correta: d.  
Veja explicação

### OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:

Os conceitos de força, energia e trabalho são confundidos facilmente pelos leitores que não tiveram suficiente preparo quando estudaram Física. Se bem que as explicações pormenorizadas desses conceitos possam ser encontradas em qualquer livro de ciências do curso ginásial, não será conveniente deixarmos passar a oportunidade de esclarecer certos problemas, diretamente relacionados com nosso Curso.

Quando tentarmos empurrar um objeto fazemos sobre ele uma certa força de modo que, podemos dizer, que essa força de ação que fazemos sobre o corpo na tentativa de movê-lo. Ora, para exercer essa ação, precisamos dispôr de certa quantidade de energia que, no nosso caso, virá do "arroz com fei-

Força, Trabalho  
e Energia

ação

ção" que comemos. Assim, para exercer a força, precisamos de energia. Para empurrar o objeto de maneira mais efetiva, deslocando-o de uma certa distância, temos de fazer a força por um certo tempo, num determinado percurso, ou seja, temos de realizar um trabalho (figura 16).

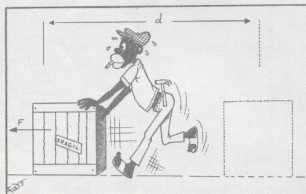


Figura 16

Se não dispusermos de energia suficiente para poder manter a força atuando sobre o corpo durante o percurso, não poderemos realizar o trabalho a que nos propusemos, ou seja, deslocar o corpo de um lugar a outro. Assim, podemos dizer que energia é a capacidade que um corpo tem de realizar um certo trabalho. Observando que se trata de uma explicação em que tomamos um exemplo prático, um relacionamento mais próprio dessas três grandezas pode ser encontrado pelos leitores nos livros de Física do Curso Colegial.

Após estes esclarecimentos sobre força, trabalho e energia, o leitor poderá seguir com o Curso de Eletrônica, propriamente dito, passando ao quadro seguinte.

trabalho

## 9. DIFERENÇA DE POTENCIAL E CORRENTE ELÉTRICA

Suponhamos que temos dois corpos carregados; um negativa-

gativamente e outro positivamente. Num primeiro corpo A temos um excesso de elétrons e a manifestação de uma situação tal que tende a "expulsar" esse excesso de elétrons estabelecendo o equilíbrio natural. O corpo estará, portanto, com um potencial elétrico negativo. No segundo corpo B, temos uma falta de elétrons o que significa que há uma situação em que se manifesta uma força que tende a restabelecer o estado de equilíbrio atraindo os elétrons que faltam para isso. O corpo se encontra sob um potencial positivo (figura 17).

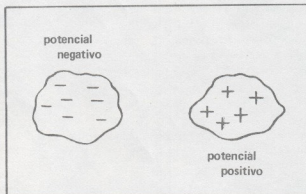


Figura 17

O que acontecerá se, por um processo qualquer, interligarmos os corpos de modo que os elétrons tenham a possibilidade de se locomoverem livremente de um para outro (observe o leitor que dizemos liberdade de movimento dos elétrons já que os prótons estão firmemente presos aos átomos)?

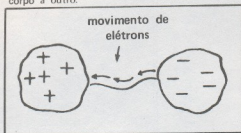
Nestas condições, a diferença de potencial entre os dois corpos, um carregado positivamente e outro carregado negativamente, fará com que se manifeste uma força que tenderá a expulsar o excesso de elétrons do corpo negativo "empurrando-os" para o corpo positivo e, com isso, um estado de equilíbrio entre os dois corpos poderá ser restabelecido. Um fluxo ou

Potencial negativo  
Potencial positivo

Elétrons livres

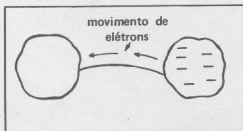
Diferença de potencial

movimentação de cargas elétricas ocorrerá, portanto, de um corpo a outro.



O mesmo efeito será obtido em três outras condições que convém analisarmos.

Se interligarmos um corpo carregado negativamente a um corpo neutro, entre eles também se manifesta uma diferença de estado, uma diferença de potencial que tende a fazer com que o excesso de cargas se distribua igualmente entre ambos, de modo a "aliviar" o primeiro. Uma movimentação de cargas (elétrons) ocorrerá do corpo carregado negativamente para o neutro (figura 19).



Se interligarmos um corpo positivo a um neutro, entre eles também se manifestará uma situação que tenderá a fazer com que o corpo neutro ceda parte de suas cargas (o corpo neutro também possui elétrons!) de modo a "aliviar" a falta de elétrons do outro. Do mesmo modo notaremos um deslocamento de cargas (elétrons) de um corpo a outro.

A terceira situação ocorre quando temos dois corpos carregados positivamente ou negativamente, mas em "graus" diferentes (tensões diferentes).

movimento de cargas

Nestas condições haverá a manifestação de uma força que tenderá a deslocar elétrons de um ou de outro sempre no sentido de manter o equilíbrio (aliviar o estado de tensão) — figura 20.

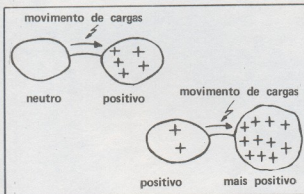


Figura 20

Do exposto podemos concluir que sempre que tivermos a situação de diferença de estado de cargas entre dois corpos, ou seja, sempre que tivermos uma situação de **diferença de potencial (ddp)** entre dois corpos e entre eles houver a possibilidade de troca de cargas, haverá uma movimentação dessas cargas no sentido de restabelecer o equilíbrio. A movimentação de cargas se dará no sentido de fazer com que a diferença de potencial entre os corpos se anule.

Essa movimentação de cargas é bastante importante pois é justamente o que definimos como **corrente elétrica**. Podemos, então, dizer que, para que uma corrente elétrica se estabeleça entre dois pontos, é preciso que esses pontos estejam sob tensões diferentes, ou seja, que entre eles se manifeste uma **ddp** (diferença de potencial).

De modo resumido, podemos dizer que a **tensão** é a causa da corrente, isto é, a diferença de tensão ou potencial é que causa o deslocamento de cargas e, portanto, a corrente elétrica.

ddp

corrente elétrica

Tensão — causa  
Corrente — efeito

## RESUMINDO O QUADRO 9

- Corpos carregados com cargas de sinais contrários manifestam uma diferença de potencial que tende a deslocar essas cargas de um para outro.
- O mesmo ocorre em relação aos corpos negativos em presença dos neutros e dos positivos em presença dos neutros.
- Mesmo entre os corpos de mesma carga há essa tendência se os estados das cargas forem diferentes (diferença de potencial).
- Sempre que houver uma diferença de potencial haverá uma tendência ao deslocamento de cargas.
- A movimentação de cargas recebe o nome de corrente elétrica e nos casos que estudaremos é formada por elétrons.
- A corrente é, portanto, o efeito da diferença de potencial. A ddp é, portanto, a causa.

Após a leitura do resumo, julgando que entendeu bem o assunto explicado, passe às questões de avaliação.

## Avaliação 20

Dois corpos carregados com cargas de sinais contrários criam uma diferença de potencial. Entre esses corpos existe uma diferença de potencial. Entre esses corpos existe uma tendência (assinale a alternativa correta):

- Das cargas se deslocarem totalmente de um para outro, ficando somente um deles carregado.
- Das cargas se deslocarem de um para outro de modo que o positivo fique negativo e vice-versa.
- Das cargas de um se deslocarem para o outro até que ambos fiquem sob mesmo potencial ou neutros.

d) Do corpo negativo ficar mais negativo e do positivo mais positivo.

Resposta: c  
Veja explicação

De fato, a tendência é o deslocamento de cargas de modo a haver equilíbrio de estado entre os corpos. Veja a lição, se tiver dúvidas. Se acertou passe ao teste seguinte.

### Avaliação 21

Complete a frase com uma das palavras dadas como alternativa, de modo que seu sentido corresponda ao que foi ensinado na parte teórica:

"Se interligarmos um corpo carregado negativamente a um corpo eletrizado ..... ou ..... entre ele haverá a manifestação de uma tendência de cargas se deslocarem de modo a estabelecer uma situação de equilíbrio em que os corpos se neutralizem ou fiquem sob mesmo potencial".

- a) positivamente ou negativamente
- b) positivamente ou neutro
- c) negativamente ou neutro
- d) negativamente ou positivamente

Resposta: b  
Veja explicação

As respostas com negativamente carregados não são próprias, pois deveria, neste caso, ser especificado que esse negativamente se dá sob potencial diferente do corpo ao qual foi feita a interligação. A melhor resposta é, portanto, a b.



## Avaliação 22

Verifique se a afirmativa dada a seguir se encontra certa ou errada:

“Entre dois corpos que se encontram sob mesmo potencial (carregados positivamente, negativamente ou neutros) não há tendência em ocorrer deslocamento de cargas porque a diferença de potencial entre eles é nula. Se forem interligados não haverá movimentação de cargas entre eles”.

Resposta: certo

De fato, não havendo ddp, não há corrente. Procure maiores explicações na parte teórica.

## Avaliação 23

Levando em conta que uma movimentação de cargas entre dois corpos só ocorre quando houver diferença de estado de eletrização, podemos dizer que (assinala a alternativa correta):

- a) A tensão é a causa e a corrente é o efeito.
- b) A tensão é a causa e a carga é o efeito.
- c) A corrente é a causa e a tensão o efeito.
- d) A corrente é a causa e a carga é o efeito.

Resposta: a

Este último teste é bastante importante na avaliação da compreensão desta lição. Se tiver dúvidas volte a estudar toda a parte teórica nas Revistas 46 e 47.

CONTINUA NO PRÓXIMO NÚMERO

