Revista
SABER
47
Cr$ 15,00

ELETRÔNICA

- LÂMPADA MÁGICA (sensível ao toque)
- CONTROLE DE VELOCIDADE PARA FURADEIRAS



HOBBY

CURSO de ELETRÔNICA
2ª lição
ESPECIAL: reedição da 1ª LIÇÃO

- GERADOR DE FUNÇÕES
- APLICAÇÕES PARA AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

*Reparação:
- SAÍDA HORIZONTAL



ENSINO PROFISSIONALIZANTE



- Transistores MOS
- FREQÜENCÍMETRO

*TELECOMUNICAÇÕES:
- EQUIPAMENTO DE ONDA PORTADORA (carrier)

Manaus, Santarém, Rio Branco, Boa Vista, Altamira, Macapá e Porto Velho (Via Aérea) - Cr$ 22,00

Revista
ELETRÔNICA
nº 47
maio
1976

sumário

Gerador de Funções 2
Equipamento de Onda Portadora ("Carrier") para Assinante 11
"HOBBY": Lâmpada Mágica — Luz de Cabeceira Sensível ao Toque 14
Monte um Frequencímetro Digital (Parte 2) 21
Aplicações para Circuitos Integrados Lineares 33
ORIENTAÇÃO PARA O MONTADOR 35
Controle de Velocidade para Furadeiras Elétricas 37
OFICINA: A Etapa de Saída Horizontal: Funcionamento e Reparação 43
Série ou Paralelo? 51
PRINCIPIANTE: Simples Redutor de Intensidade Luminosa 52
Os Transistores de Efeito de Campo MOS 58
Aplicações Práticas para os Amplificadores Operacionais 69
CURSO DE ELETRÔNICA: (Lição 1 — Reedição) 72
(Lição 2) 85

CAPA: Fotografia do protótipo da Lâmpada Mágica ("HOBBY"), vista de um dos laboratórios do Instituto de Ensino Lavoisier (ensino profissionalizante) e fotografia do protótipo do Gerador de Funções (eletrônica avançada).

EDITORA SABER LTDA.

diretor superintendente: Savério Fittipaldi
diretor administrativo: Élio Mendes de Oliveira
diretor de produção: Hélio Fittipaldi

REVISTA SABER ELETRÔNICA

diretor de redação: Alexandre V. Martins
diretor técnico: Newton C. Braga
diretor de publicidade:
serviços gráficos: W. Roth & Cia. Ltda.
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.

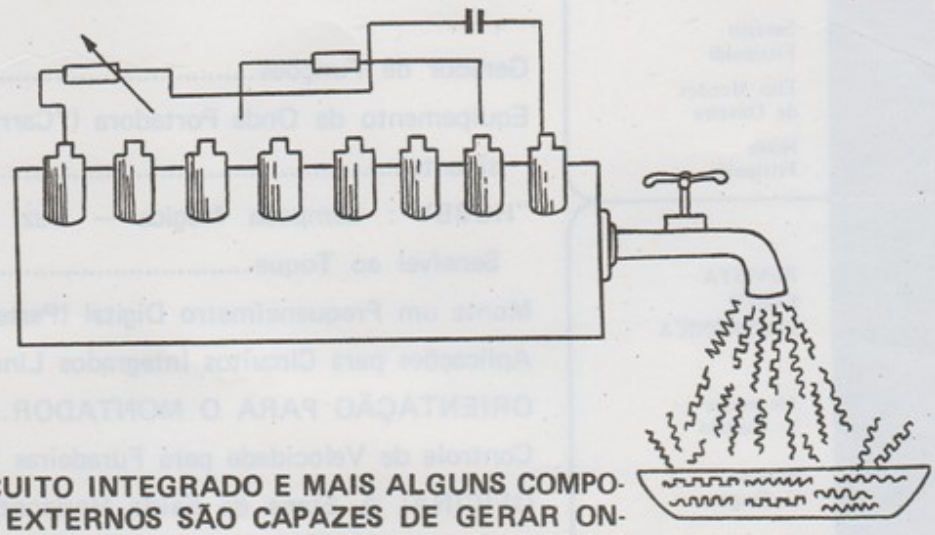
REDAÇÃO ADMINISTRAÇÃO E PUBLICIDADE:
Av. Dr. Carlos de Campos, nº 275/9
03028 - S. Paulo - SP

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

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).

GERADOR DE FUNÇÕES

ENGº MAURICE GIAN



UM CIRCUITO INTEGRADO E MAIS ALGUNS COMPONENTES EXTERNOS SÃO CAPAZES DE GERAR ONDAS QUADRADAS, TRIANGULARES E SENOIDAIS DE FREQÜÊNCIAS COMPREENDIDAS ENTRE 0,001 Hz E 1 MHz. ESTA MONTAGEM SÓ É RECOMENDADA PARA O TÉCNICO DE ALTO NÍVEL, MUITO PRÁTICO, QUE SEJA CAPAZ DE EFETUAR OS AJUSTES COM PRECISÃO E QUE DISPONHA DE BONS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO, SOBRETUDO DE UM BOM OSCILOSCÓPIO.

INTRODUÇÃO

Geradores de sinais não faltam em nosso mercado eletrônico! Porém, nem sempre seu preço é acessível ao bolso do amador (às vezes nem do profissional).

O gerador de função que iremos apresentar neste artigo, além de não "ferir" a sensibilidade econômica de seu eventual montador, apresenta algumas características raramente agrupadas nos instrumentos comerciais como:

* saídas: senoidal, triangular e quadrada;
* seis faixas de freqüências;
* controle independente da amplitude dos sinais;
* possibilidade de "mixagem" dos sinais;
* saída independente de onda quadrada compatível TTL.

"A ALMA DO NEGÓCIO"

O "coração" de nosso gerador é o circuito integrado 8038 fabricado, pela INTERSIL, na moderna técnica monolítica que usa resistores de filme delgado e diodos "Schottky". É apresentado no invólucro

TABELA I

		DESCRIÇÃO	MIN.	TIP.	MÁX.	UNID.
GERAL		Alimentação: (V_s)				
		- Simples	+ 10		+ 30	V
		- Dupla	± 5		± 15	V
		Consumo (V_s = ± 10 V) (sem R_A e R_B)		12	20	mA
CARACT. DE FREQ.		Gama de freqüência	10^{-3}		10^6	Hz
		Varredura de FM		100		kHz
		Gama em varredura de FM		1000:1		
		Linearidade em FM		0,2		%
		Variação de freqüência				
		- em função das temperaturas		50		ppm/°C
		- em função da alimentação		0,05		% V_C
		R_A e R_B recomendados	500		1M	Ω
SAÍDAS	QUADRADA	Amplitude (R_L = 100 kΩ)	0,9			x V_s
		Tensão de saturação (I_S = 2 mA)		0,2	0,5	V
		Tempo de subida (R_L = 4,7 kΩ)		100		nS
		Tempo de queda (R_L = 4,7 kΩ)				
		(ciclo de trabalho)	2		98	%
	TRIANGULAR	Amplitude (R_L = 100 kΩ)	0,3	0,33		x V_s
		Linearidade		0,1		x V_s
		Impedância de saida (I saida = 5 mA)		200		Ω
	SENOIDAL	Amplitude (R_L = 100 kΩ)	0,2	0,22		x V_s
		THD (R_L = 1 mΩ)		0,8	3	%
		THD ajustado (R_1 = 1 mΩ)		0,5		%

DIL de 14 pinos. Na figura 1 ilustramos a disposição dos terminais bem como suas respectivas funções.

Na tabela I o leitor poderá encontrar a "ficha técnica" do 8038.



Figura 1

O 8038 "NA INTIMIDADE"

Acompanhemos o diagrama de blocos da figura 2.

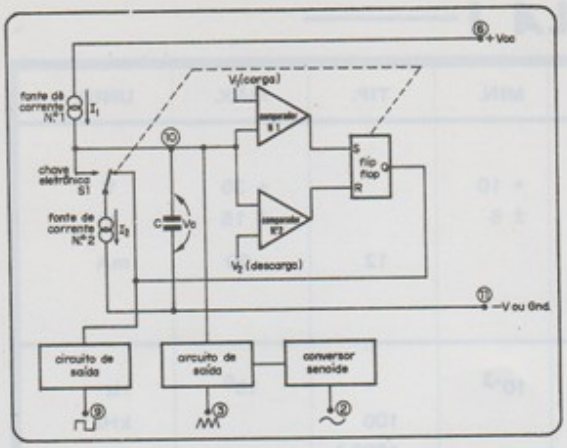


Figura 2

A forma de onda básica, gerada pelo 8038 é a **triangular** (princípio da carga e descarga a correntes constantes do capacitor C) – figura 3. A tensão Vc desenvolvida

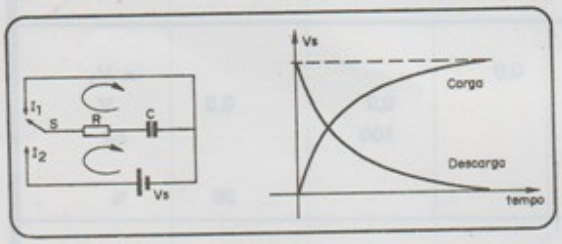


Figura 3

em torno do capacitor alimenta dois estágios comparadores que a comparam a dois valores de referência: V1 e V2. As saídas dos comparadores são usadas para disparar as entradas "SET" e "RESET" de um "flip-flop" biestável, cuja saída Q se encarrega de operar a chave eletrônica de carga e descarga S1. Observamos que a mesma saída Q, além de operar a chave S1 nos fornece, também, a forma de onda **quadrada**, de amplitude constante e de mesma freqüência que a onda triangular.

A freqüência de oscilação é comandada pelo capacitor C e pelas correntes I1 e I2 (Ra e Rb). Se I1 = I2, teremos uma onda simétrica na saída. Se I1 ≠ I2 teremos uma forma de onda assimétrica e, portanto, uma relação marca-espaço (M/E) ≠ 1.

Obtém-se a onda senoidal a partir da triangular da seguinte maneira: alterando-se o ângulo da rampa em pontos escolhidos, durante a carga e a descarga do capacitor, conseguimos chegar a uma aproximação bem real da forma desejada: V saída = = sen $V_{entrada}$ (figura 4).

A princípio pode parecer que necessitaríamos de uma infinidade de desvios para alcançar uma boa senóide. A prática, porém, mostrou que bastam uns 5 ou 6 para se obter bons resultados. No CI 8038 esta conversão é feita pelo circuito "conversor triangular-senoidal" formado por uma série de transistores ligados em cascata e devidamente polarizados para os diferentes pontos de desvio da rampa.

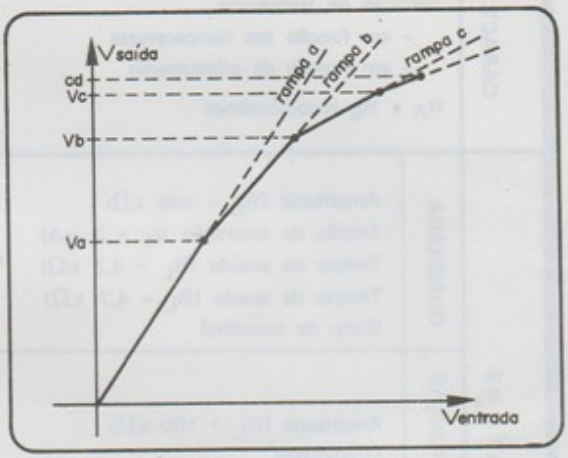


Figura 4

USE E ABUSE DO 8038

O 8038 é bastante "flexível" quanto à alimentação e a configuração do circuito formado pelos componentes externos, permitindo inclusive um ajuste preciso da forma de onda senoidal (figura 5).

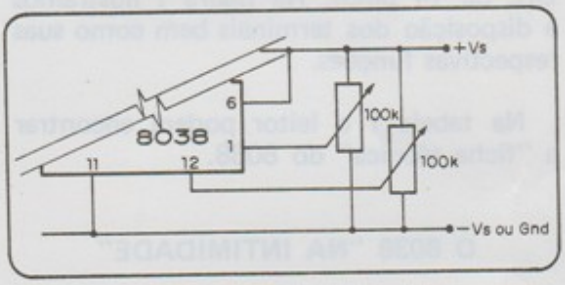


Figura 5

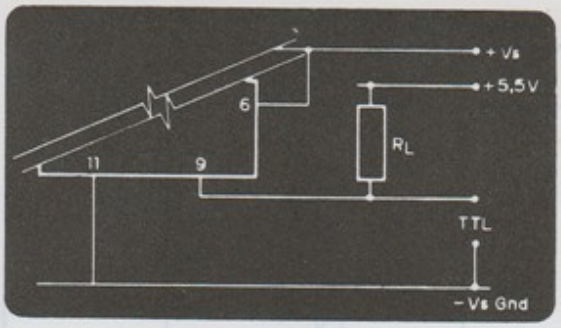


Figura 6

ALIMENTAÇÃO

Conforme a tabela I, observa-se que a alimentação do CI pode ser feita:

1 – em fonte simples de 10 a 30 Volts
2 – em fonte dupla de ±5 a ±15 Volts

No caso 1, todas as formas alternam simetricamente em torno do ponto "O" (Gnd).

No caso 2, as ondas triangulares e senoidais, alternam em torno do ponto Vs/2. A onda quadrada alterna entre Vs e O (Gnd).

Um ponto interessante a ser ressaltado é que o transistor da "saída quadrada" está de coletor aberto, isto é, ele pode ser ligado a um Vs1 menor que Vs através de uma resistência de carga, permitindo, por exemplo, obter uma saída quadrada TTL (5 Volts) - figura 6 .

SELEÇÃO DOS COMPONENTES EXTERNOS E SUA INTERCONEXÃO

Nas figuras 7A, 7B e 7C apresentamos 3 formas diferentes dentre as possíveis montagens dos componentes externos.

A fórmula usada para o cálculo da freqüência será:

$$f = \frac{1}{\frac{5}{3} \times R_A \times C \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B}\right)}$$

Se = Ra = Rb = R (ciclo de trabalho = = 50%) teremos:

* para o caso da figura 7A:

$$f = \frac{0,3}{R \times C}$$

* para o caso da figura 7B e 7C:

$$f = \frac{0,15}{R \times C}$$

Onde: f = Hertz
R = Ohms
C = Farads

Como pode ser visto, a freqüência independe da alimentação, dependendo única e diretamente do produto RC. Isto parece, à primeira vista, que poder-se-ia usar qualquer valor para estes componentes; porém, algumas restrições devem ser impostas quanto ao valor de R, pois uma corrente de carga e descarga menor que 1 μA dará instabilidade de freqüência devido às fugas próprias dos componentes. Por outro lado, uma corrente superior a 5 mA causará a saturação dos transistores. Portanto, na prática e com boa margem de segurança, deverá se adotar:

$$I = \frac{V_C}{5R_a} = \frac{V_C}{5R_b}$$

tal que: $10\ \mu A \leqslant I \leqslant 1\ mA$

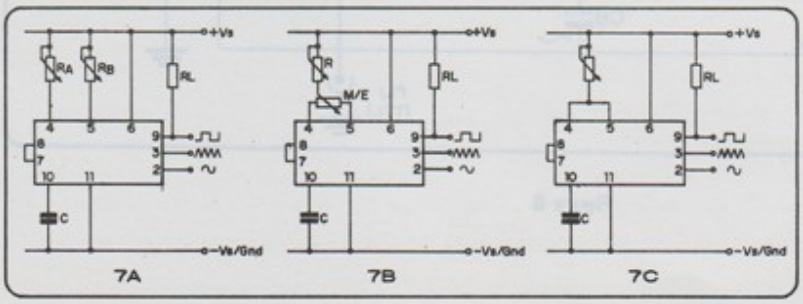


Figura 7

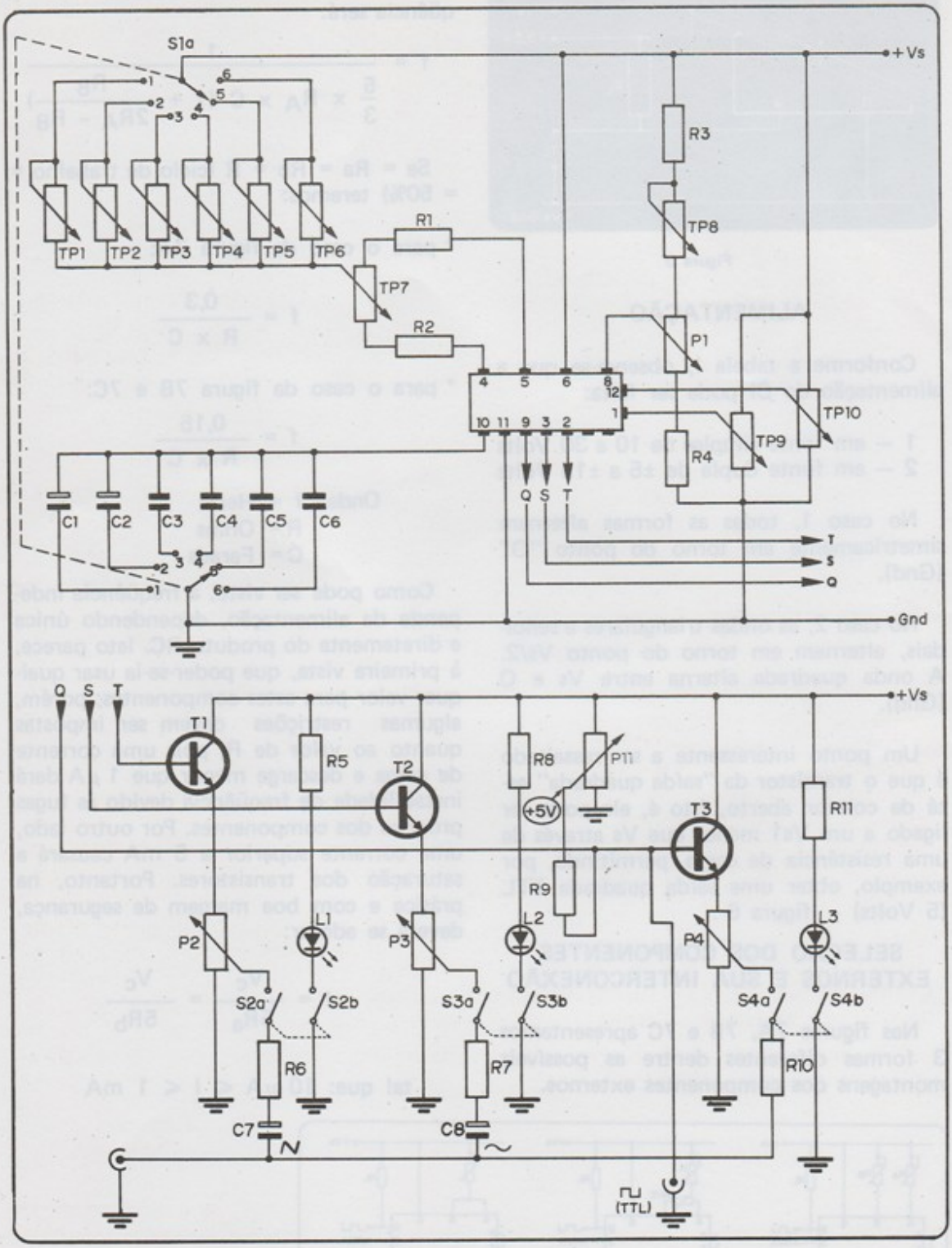

S1a
+Vs
R3
TP8
R1
TP1
TP2
TP3
TP4
TP5
TP6
TP7
R2
P1
TP10
TP9
R4
C1
C2
C3
C4
C5
C6
Q S T
T
S
Q
Gnd
Q S T
+Vs
T1
R5
T2
R8
P11
+5V
T3
R11
R9
P2
L1
P3
L2
P4
L3
S2a
S2b
S3a
S3b
S4a
S4b
R6
R7
R10
C7
C8
(TTL)

Figura 8

AGORA, NOSSO GERADOR

Apresentamos na figura 8 o diagrama completo do nosso gerador de funções, cujas características são:

* gama de freqüências:

  0,1 Hz a 100 kHz em 6 faixas.
  a) 0,1 a 1 Hz
  b) 1 a 10 Hz
  c) 10 a 100 Hz
  d) 100 a 1 000 Hz
  e) 1 000 a 10 000 Hz
  f) 10 KHz a 100 kHz.

* alimentação: 15 Volts

* saídas: 1) senoidal: 0 - 1,1 V_{ef}
  2) triangular: 0 - 5 V
  3) quadrada: 0 - 13,5 V
  4) quadrada: TTL: 5 V

* todas as saídas são de baixa impedância

* uma "mixagem" das saídas é possível (neste caso as "graduações" do painel - amplitude - perdem seu valor).

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

A secção "b" da chave S1 (6 x 2) seleciona o capacitor adequado para cada faixa de freqüências. Em vista de que os capacitores encontrados no mercado têm uma tolerância de 10%, foram incluidos no circuito de carga e descarga "trimpots" (TP1 a TP6) que são selecionados pela secção "a" de S1.

R1 e R2 são os resistores que, praticamente, determinam os valores das correntes de carga e descarga do capacitor.

TP7 atua como um ajuste de balanço e complementa R1 e R2. Deve ser ajustado de forma a se obter Ic = Id, ou seja, uma forma da onda com relação marca/espaço igual à unidade. Sem isso teremos uma onda senoidal deformada.

A freqüência, dentro de cada faixa, é ajustada mediante P1, que regula o valor da tensão positiva aplicada ao pino 8 (pois as correntes de carga e descarga são função direta da diferença de potencial entre o pino 8 e Vs). Recomendamos o uso de um potenciômetro de escala linear, pois assim ter-se-á uma variação linear da freqüência. R4 está incluso para evitar que a tensão no pino 8 ultrapasse o valor limite inferior a 0,8 Volt, o que acarretaria distorções nas formas de onda na saída do gerador.

A soma resistiva de R3 e TP8 (ajustado) deve ser igual a 1/10 do valor de P1 a fim de obtermos uma variação de 11/1 na freqüência, para uma rotação inteira de P1.

TP9 e TP10, conforme visto anteriormente (figura 6), servem para ajustar a forma da senóide.

Os estágios de saída triangular e senoidal são idênticos.

Foram previstos os transistores Q1 e Q2, ligados na configuração de coletor comum de maneira a "carregar" as saídas do CI com uma alta impedância e entregar uma mais cômoda saída de baixa. As amplitudes dos sinais triangulares e senoidais são ajustadas mediante P2 e P3, respectivamente. R6, R7, C6 e C7 formam os circuitos de isolação e acoplamento para os casos de "mixagem" dos dois sinais ou da aplicação acidental de uma tensão externa.

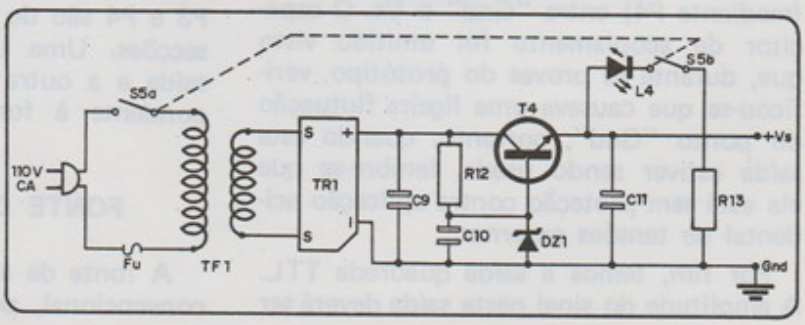


Figura 9

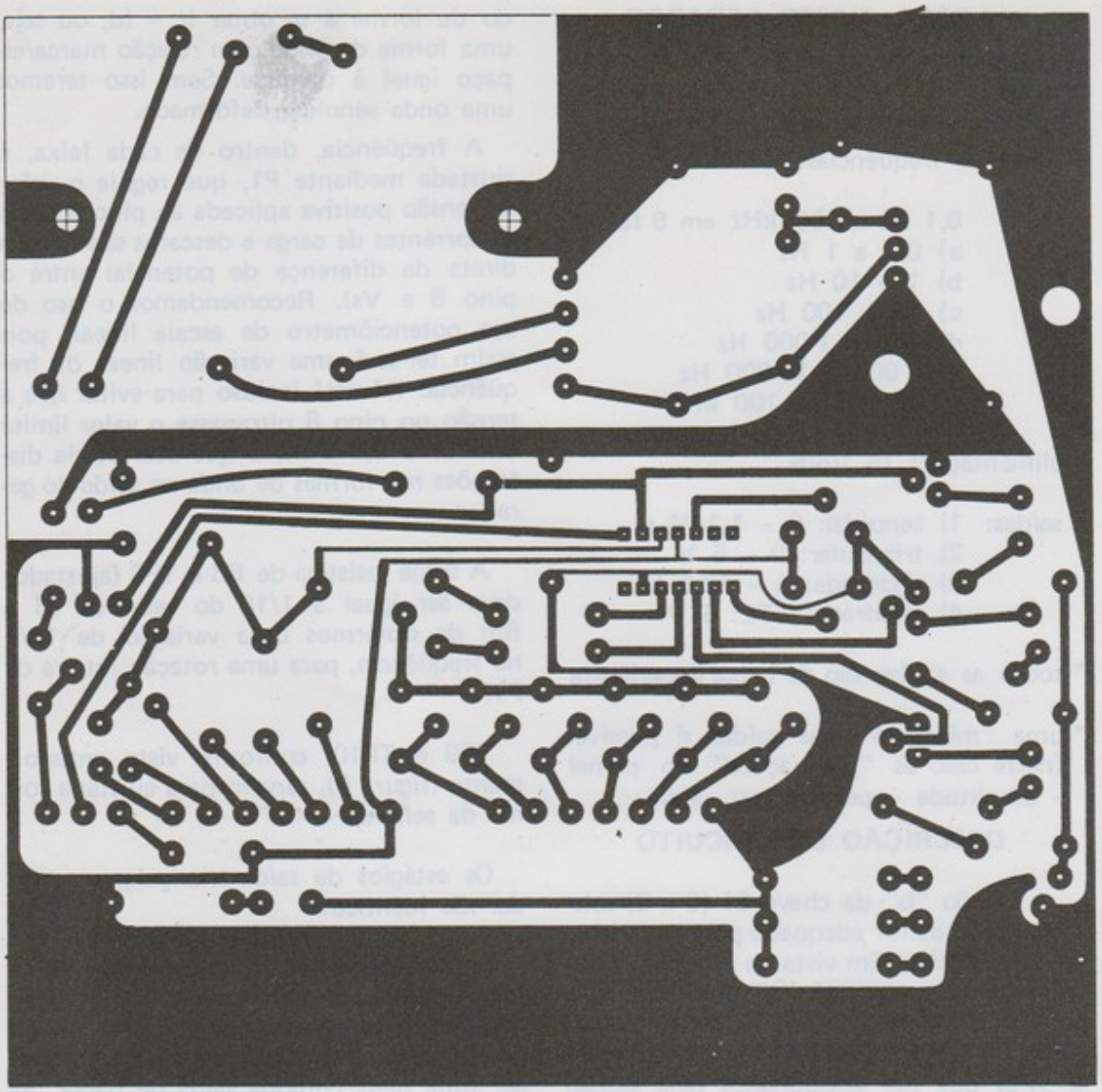


Fig. 10 – Placa de Fiação Impressa (lado cobreado)

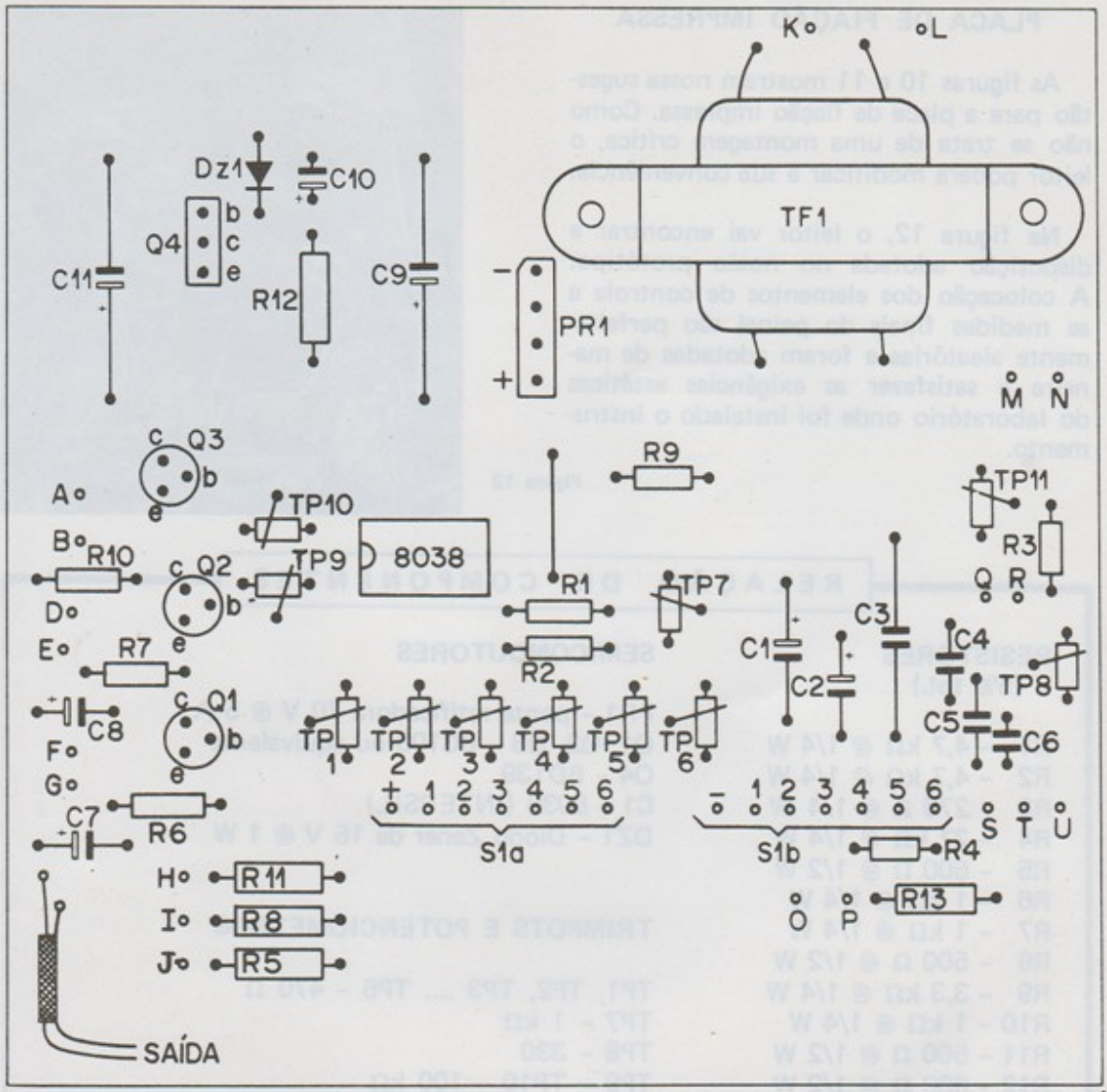
No caso da saída quadrada, R9 é o resistor de carga de Q7 (conforme visto anteriormente). O transistor Q3 nos permite obter uma saída regulável em amplitude (mediante P4) entre "Gnd" e Vs. O capacitor de acoplamento foi omitido visto que, durante as provas do protótipo, verificou-se que causava uma ligeira flutuação do ponto "Gnd"; portanto, quando esta saída estiver sendo usada, lembre-se que ela está sem proteção contra aplicação acidental de tensões externas.

Por fim, temos a saída quadrada TTL. A amplitude do sinal nesta saída deverá ser regulada para um valor entre 4,5 e 5,5 V, mediante o trimpot TP11.

Lembramos que os potenciômetros P2, P3 e P4 são do tipo com interruptor de 2 secções. Uma usada para o circuito de saída e a outra para ligar o LED correspondente à forma de onda em serviço.

FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação, que é do tipo convencional, pode ser vista na figura 9.



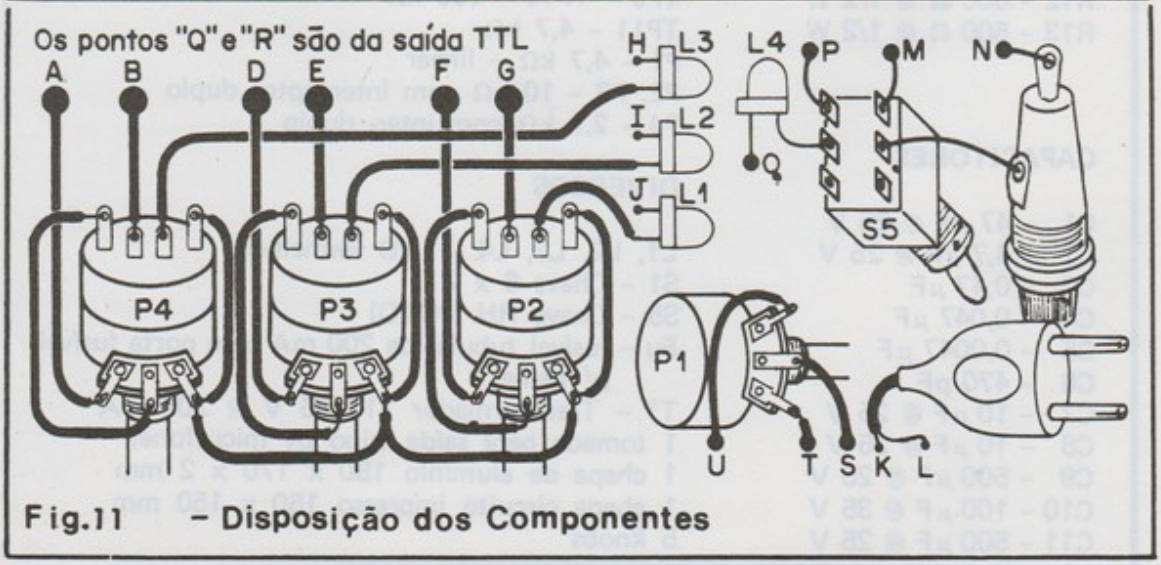


Fig.11 – Disposição dos Componentes

PLACA DE FIAÇÃO IMPRESSA

As figuras 10 e 11 mostram nossa sugestão para a placa de fiação impressa. Como não se trata de uma montagem crítica, o leitor poderá modificar à sua conveniência.

Na figura 12, o leitor vai encontrar a disposição adotada no nosso protótipo. A colocação dos elementos de controle e as medidas finais do painel são perfeitamente aleatórias e foram adotadas de maneira a satisfazer as exigências estéticas do laboratório onde foi instalado o instrumento.

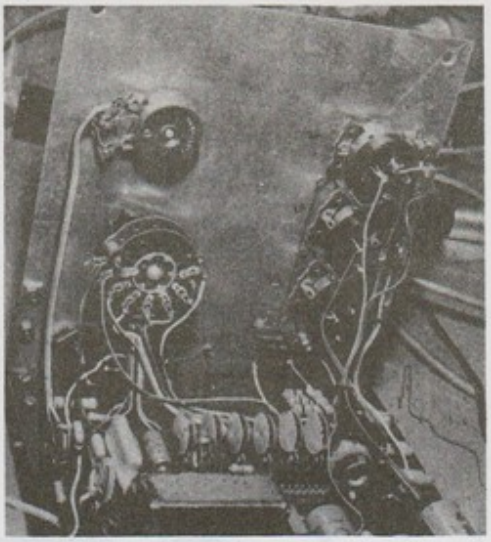


Figura 12

RELAÇÃO DE COMPONENTES

RESISTORES (5% tol.)

R1 - 4,7 kΩ @ 1/4 W
R2 - 4,7 kΩ @ 1/4 W
R3 - 270 Ω @ 1/4 W
R4 - 27 kΩ @ 1/4 W
R5 - 500 Ω @ 1/2 W
R6 - 1 kΩ @ 1/4 W
R7 - 1 kΩ @ 1/4 W
R8 - 500 Ω @ 1/2 W
R9 - 3,3 kΩ @ 1/4 W
R10 - 1 kΩ @ 1/4 W
R11 - 500 Ω @ 1/2 W
R12 - 680 Ω @ 1/2 W
R13 - 500 Ω @ 1/2 W

CAPACITORES

C1 - 47 μF @ 25 V
C2 - 4,7 μF @ 25 V
C3 - 0,47 μF
C4 - 0,047 μF
C5 - 0,0047 μF
C6 - 470 pF
C7 - 10 μF @ 25 V
C8 - 10 μF @ 25 V
C9 - 500 μF @ 25 V
C10 - 100 μF @ 35 V
C11 - 500 μF @ 25 V

SEMICONDUTORES

PR1 - ponte retificadora 70 V @ 5 A
Q1, Q2, Q3 - BC108 ou equivalente
Q4 - BD139
C1 - 8038 (INTERSIL)
DZ1 - Diodo Zener de 15 V @ 1 W

TRIMPOTS E POTENCIÔMETROS

TP1, TP2, TP3 .... TP6 - 470 Ω
TP7 - 1 kΩ
TP8 - 330
TP9 - TP10 - 100 kΩ
TP11 - 4,7 kΩ
P1 - 4,7 kΩ - linear
P2, P3 - 10 kΩ com interruptor duplo
P4 - 2,7 kΩ com inter. duplo

DIVERSOS

L1, L2, L3, L4 - LED vermelhos
S1 - Chave 6 x 2
S5 - Chave HH (JOTO)
Fu - fusível tubular de 200 mA com porta fusível p/ painel
T1 - Transformador 110 15 V @ 200 mA
1 tomada para saída (tipo pª microfone)
1 chapa de alumínio 150 x 170 x 2 mm
1 chapa circuito impresso 150 x 150 mm
5 knobs

EQUIPAMENTO DE ONDA PORTADORA (carrier) PARA ASSINANTE

ENGª FRANCINE CARREIRA

Devido à concentração populacional nos grandes centros urbanos, o sistema telefônico às vezes torna-se precário devido à distribuição de linhas nestas regiões. Os cabos primários passam a não comportar mais a densidade de assinantes, pois estão todos ocupados.

Se um assinante muda de residência desejará que seu telefone seja transferido para seu novo endereço. Muitas vezes existe, por parte da concessionária, a possibilidade de transferência imediata do telefone do assinante. Outras vezes, os cabos primários que passam na região do novo endereço do assinante, estão totalmente ocupados, não permitindo que a concessionária faça a transferência.

Para que seja solucionado este problema temporariamente, as concessionárias usam o **equipamento de onda portadora ("carrier")** que permite o envio de duas ou mais informações sobre um mesmo par de cabos telefônicos.

Os equipamentos de onda portadora ("carrier") podem ser fornecidos com um ou mais canais permitindo, através de uma mesma linha física, uma ou mais conversações além da normal. Chamamos de **monocanal** ao equipamento que permite duas conversações simultâneas. Existem equipamentos "carrier" que possibilitam mais de duas conversações simultâneas e são chamados de **multicanais.**

O sistema de modulação normalmente empregado é AM sem supressão de portadora. O equipamento de onda portadora ("carrier") trabalha com freqüências de portadoras diferentes para a transmissão e recepção de informação. A tabela mostra na coluna 1 as freqüências usadas na transmissão de informação da central para o assinante e na coluna 2 mostra as usadas na transmissão de informação do assinante à central, para um equipamento de 8 canais.

CANAL	COLUNA 1	COLUNA 2
1	8 kHz	88 kHz
2	16 kHz	96 kHz
3	24 kHz	104 kHz
4	32 kHz	112 kHz
5	40 kHz	120 kHz
6	48 kHz	128 kHz
7	56 kHz	136 kHz
8	64 kHz	144 kHz

O equipamento monocanal recebe informação da central sobre portadora de 28 kHz.

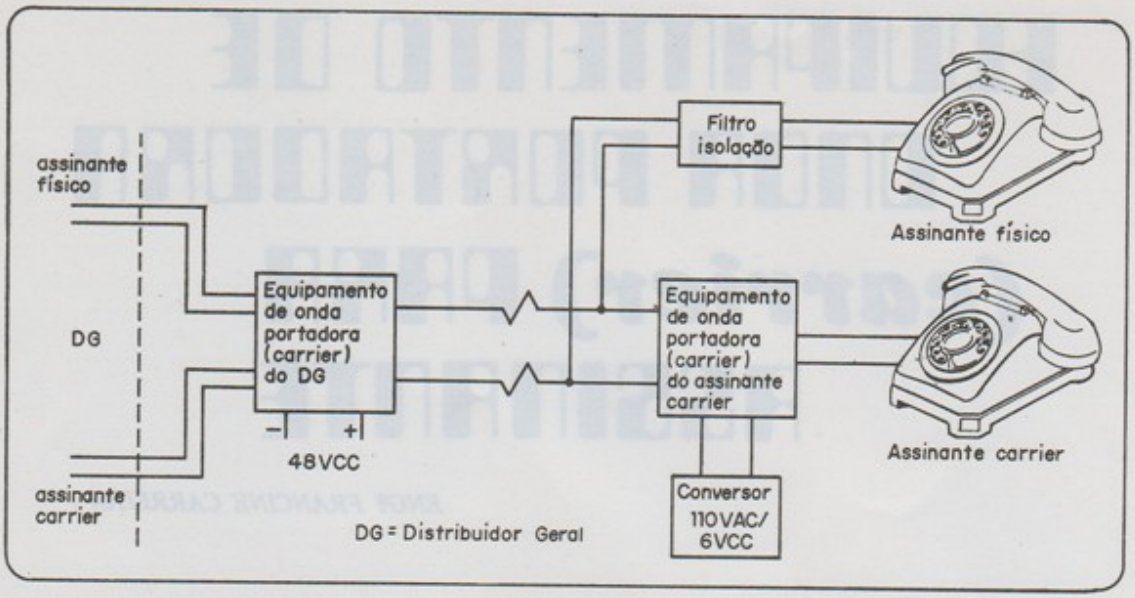


Figura 1

A figura 1 mostra a interconexão do equipamento onda portadora ("carrier") monocanal numa central.

Chamamos de **assinante físico** ao que ocupa normalmente a linha e de **assinante "carrier"** ao que necessita do equipamento de onda portadora ("carrier") para completar a ligação.

Basicamente o equipamento carrier monocanal, como mostra a figura 1, é constituido por:

a) Uma unidade do equipamento "carrier" ligado ao telefone do assinante "carrier"; esta unidade deve ficar próxima ao telefone deste assinante; a alimentação desta unidade é feita, normalmente, de duas maneiras: através de uma fonte de alimentação ligada à rede interna de distribuição AC do assinante "carrier"; no caso da falta de energia elétrica na rede interna de distribuição do assinante "carrier", uma bateria de níquel-cromo fornecerá alimentação para o equipamento "carrier". Outra forma de alimentação desta unidade é feita através de um circuito interno que "rouba" energia da própria estação, mas que não é suficiente para acionar o relé de linha. Quando o assinante físico "tira o fone do gancho" este circuito deixa de atuar.

b) Uma unidade do equipamento de onda portadora ("carrier") ligada ao telefone do assinante físico que é um filtro passa-baixas passivo, não necessitando, portanto, de alimentação.

c) Uma unidade do equipamento onda portadora ("carrier") localizada na central telefônica que deve ficar próxima ao distribuidor geral. Sua alimentação é a mesma da central ou seja 48 Vcc. Deve apresentar as facilidades de abrir o circuito do assinante físico ou do assinante "carrier" independentemente. Por comodidade na instalação, procura-se agrupar as unidades "carrier" da central em conjuntos localizados em bastidores próximo ao distribuidor geral.

A troca de informação da unidade do equipamento de onda portadora ("carrier") monocanal e o assinante "carrier" se processa de forma convencional. Quando o assinante "carrier" recebe uma chamada, o equipamento "carrier" localizado na central envia uma portadora de 76 kHz ao mesmo. O equipamento do assinante "car-

rier", tendo recebido 76 kHz faz "disparar" a campainha do seu telefone. Quando o ele atende, automáticamente a corrente de toque da campainha de sua unidade é desligada e um gerador de 28 kHz entrará em operação nesta unidade. Assim, tanto o assinante "carrier" como o assinante chamados estão preparados para que a conversação se processe.

A utilização do equipamento de onda portadora ("carrier") é uma solução bastante eficaz, porém com certas restrições. Na linha em que for instalado não poderá haver bobinas de pupinização, bobinas de repetição, extensor de "100p", repetidor de freqüência de voz ou derivações. Todos estes acessórios podem causar o corte das freqüências acima da faixa de áudio.

SEGUNDO CONSTA É A PRIMEIRA VEZ QUE NA LITERATURA ELETRÔNICA BRASILEIRA É APRESENTADO UM ARTIGO DE AUTORIA DE UM REPRESENTANTE DO "ANTIGAMENTE" CHAMADO SEXO FRÁGIL.

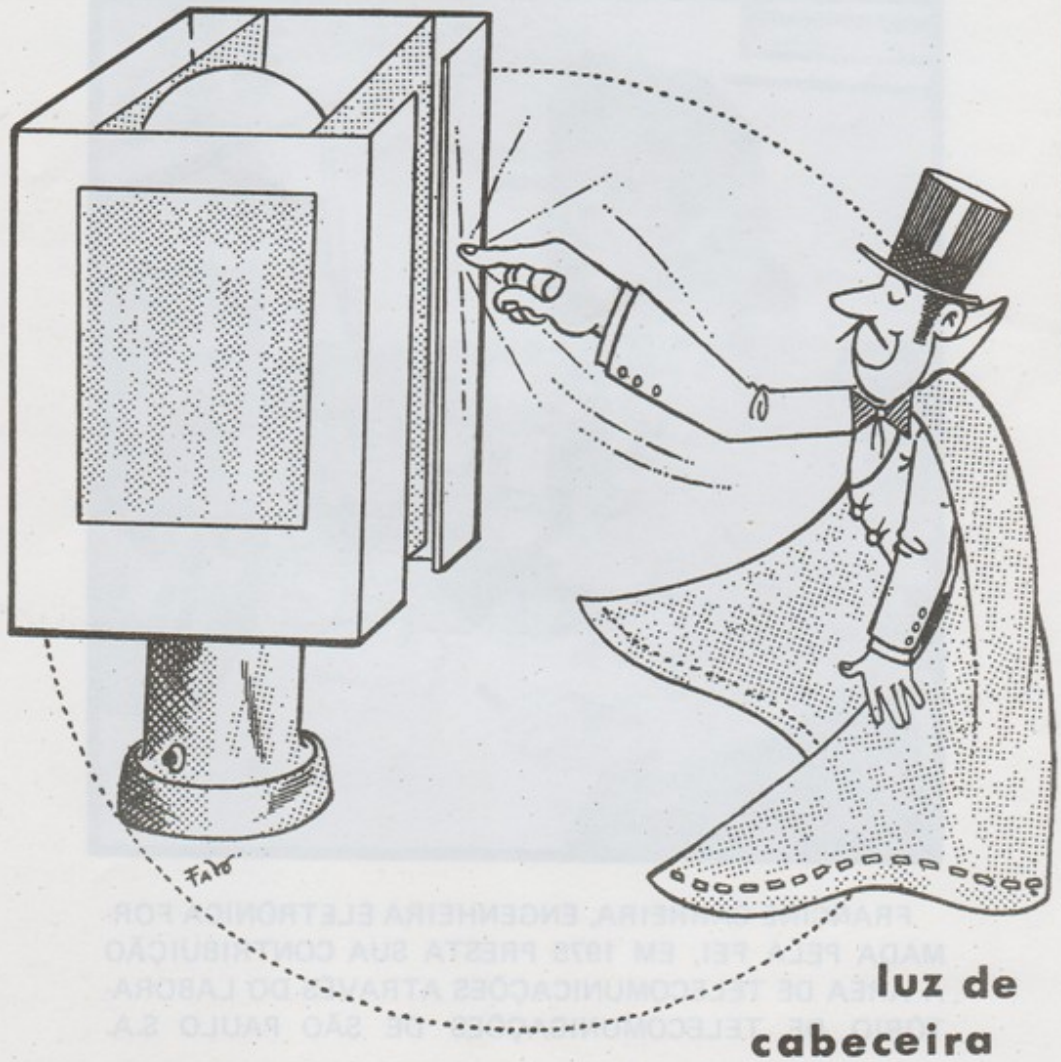


FRANCINE CARREIRA, ENGENHEIRA ELETRÔNICA FORMADA PELA FEI, EM 1975 PRESTA SUA CONTRIBUIÇÃO À ÁREA DE TELECOMUNICAÇÕES ATRAVÉS DO LABORATÓRIO DE TELECOMUNICAÇÕES DE SÃO PAULO S.A.

NOSSAS HOMENAGENS À "MULHER BRASILEIRA" ATRAVÉS DE FRANCINE.

LÂMPADA MÁGICA

NEWTON C. BRAGA



luz de cabeceira sensível ao toque

Figura 1

DETERMINADOS COMPONENTES ELETRÔNICOS PERMITEM A OBTENÇÃO DE EFEITOS BASTANTE INTERESSANTES. É O CASO DESTA LUZ DE CABECEIRA QUE ACENDE COM O SIMPLES TOCAR DE UM DEDO EM QUALQUER UMA DE SUAS PARTES METÁLICAS (ELEMENTO SENSÍVEL) E ASSIM PERMANECE ATÉ QUE, PARA DESLIGÁ-LA, ACIONAMOS POR ALGUNS SEGUNDOS UM INTERRUPTOR. O CIRCUITO É SUFICIENTEMENTE SIMPLES PARA QUE MESMO O PRINCIPIANTE POSSA MONTÁ-LO SEM DIFICULDADES.

A utilidade de um circuito deste tipo? Pois bem; quando acordamos, em geral, levamos alguns segundos para localizar o interruptor da luz de cabeceira, nem sempre facilmente acessível, o que pode levar os mais desastrados a derrubar o relógio, ou outros objetos que encontrem na cabeceira. Com esta lâmpada não precisaremos localizar o interruptor. Bastará levarmos a mão em qualquer lugar do "abajur" que é forrado com cobertura especial, para que ele imediatamente acenda sem precisarmos apertar ou girar nada (figura 1).

O importante a observar é que o componente básico desta montagem apresenta uma sensibilidade suficiente para não necessitar de correntes maiores que uns poucos milionésimos de Ampère para seu acionamento, corrente que pode ser obtida do próprio ruído ambiente induzido no nosso corpo, o que significa que o circuito é completamente à prova de choques elétricos.

Por outro lado, os componentes são em número reduzido e de baixo custo o que significa que, uma vez de posse de uma luz de cabeceira disponível, tudo que o leitor terá a fazer para esta adaptação não levará mais do que algumas horas.

Na verdade, este tipo de circuito pode ser montado para outras aplicações, tanto em iluminação como em sinalização.

Se o elemento sensível for ligado a um objeto de metal e a lâmpada for colocada à distância, poderemos ter seu acendimento sempre que alguma mão indesejável tocar no objeto. O circuito funcionará comc um indicador de intrusos (figura 2).

Estudando seu princípio de funcionamento, o leitor compreenderá suas limitações e possibilidades, podendo inclusive imaginar outras interessantes aplicações práticas para a mesma configuração.

OS COMPONENTES E O CIRCUITO

O componente básico deste circuito é um SCR (diodo controlado de silício) — figura 3 — que aciona a lâmpada ou o circuito de carga quando um estímulo é aplicado ao seu eletrodo de comporta (gate). Nessas condições, o SCR atua como um interruptor que pode ser acionado por uma pequeníssima corrente externa que inclusive pode vir de nosso próprio corpo (induzida pelo ruído ambiente). Para desligar o circuito, um interruptor adicional deve ser usado. Esse interruptor deve ter características especiais, pois deve ser do tipo normalmente fechado, isto é, um interruptor que desliga o circuito quando o acionamos e ao contrário. É do tipo de interruptor

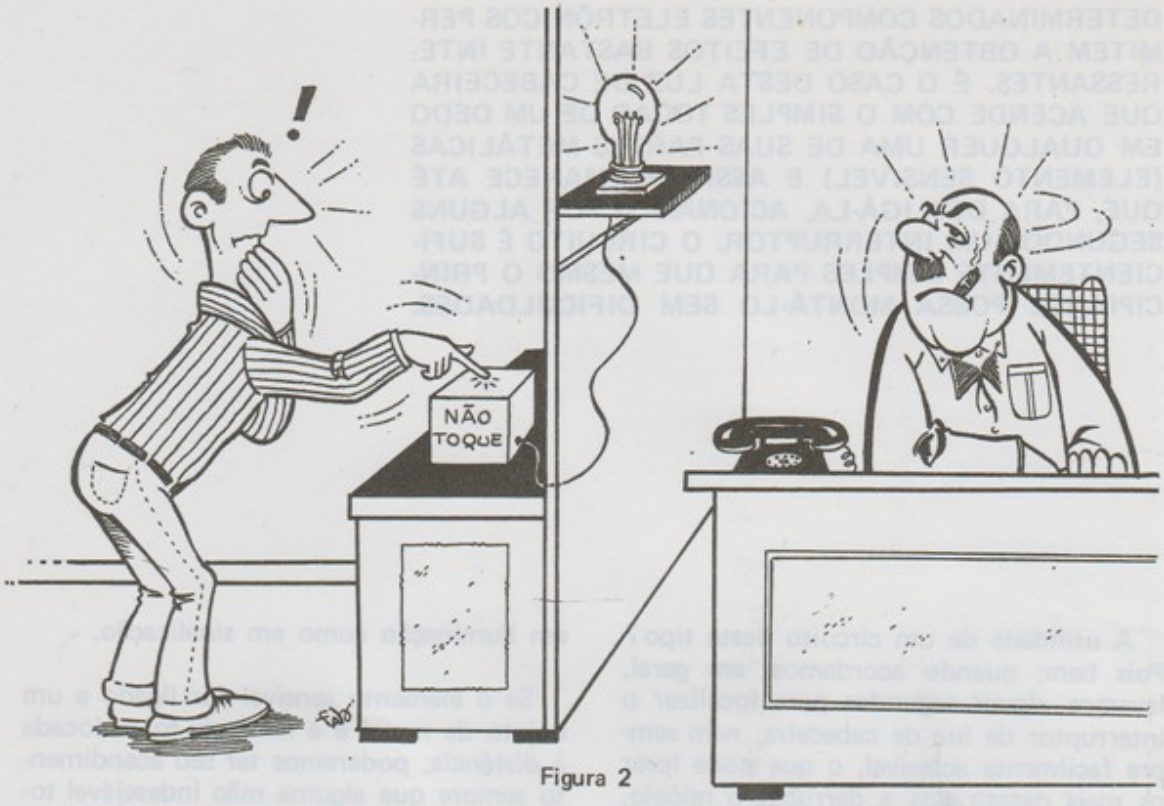


Figura 2

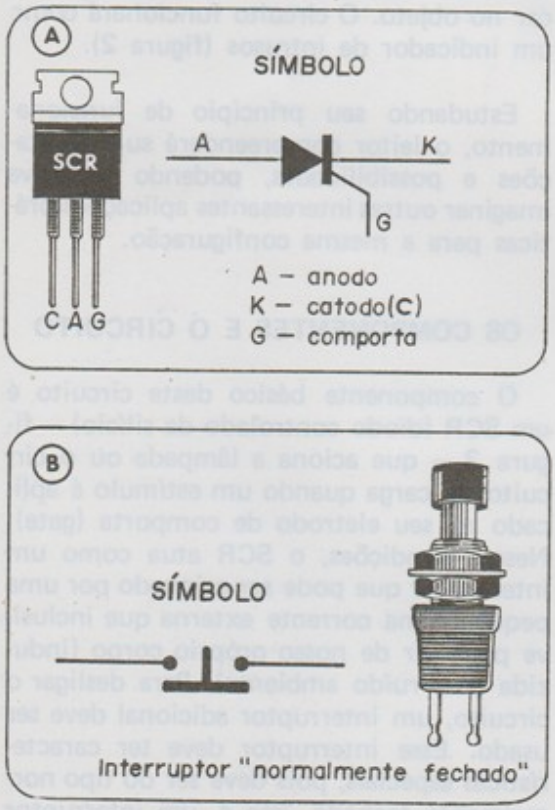


Figura 3

encontrado nas portas das geladeiras que desliga a lâmpada interna quando pressionado (figura 3b).

O SCR, é encontrado em casas de material eletrônico; deve, obrigatóriamente, ser usado o recomendado na lista de componentes. O interruptor de pressão, como já dissemos, é do tipo normalmente fechado e pode ser encontrado em boas casas de material eletrônico a custo bem razoável.

Além desses componentes, outros são necessários de modo a se completar o circuito.

Como sua operação se dá em corrente contínua, devemos retificar e filtrar a corrente alternada disponível na rede, o que será feito por meio de um diodo semi-condutor de tipo bastante comum e por um capacitor eletrolítico de 8 μF @ 350 Volts.

O último componente a ser considerado é um resistor cujo valor pode ser de 330 kΩ ou 470 kΩ que pode ser encontrado com a maior facilidade.

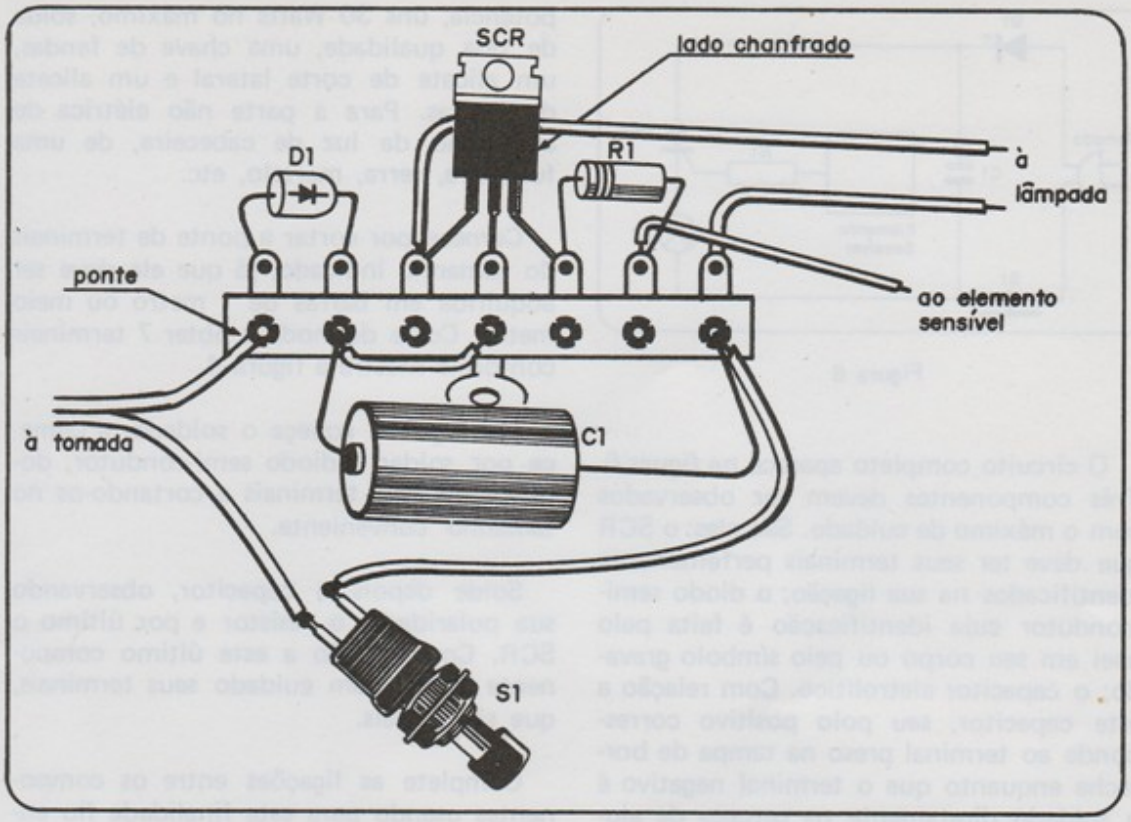


Figura 4

Com os componentes indicados poderemos montar o circuito tanto para redes de 110 como 220 Volts, observando-se apenas a tensão da lâmpada. A lâmpada incandescente deve ser de 40 Watts, para que a alimentação fique em torno da normal. Uma lâmpada de 25 Watts também é tolerada, se bem que sua tensão seja um pouco superior.

Para lâmpadas maiores que 40 Watts, o brilho obtido será ligeiramente inferior ao normal e não deve ser usada lâmpada maior que 100 Watts, pois isso poderá causar a queima do diodo semi-condutor. Em outras palavras: **o circuito opera satisfatoriamente com lâmpadas incandescentes de 25 a 60 Watts sem necessidade de qualquer modificação.**

Nossa sugestão para montagem é dada na figura 4. Uma ponte de terminais é usada para a soldagem dos componentes. A lâmpada de cabeceira deve estar instalada em sistema com base mais ou menos volumosa de modo a permitir o alojamento do circuito em seu interior. Se o leitor desejar poderá montar o circuito numa pequena caixa plástica e fixar a luz de cabeceira firmemente sobre ela (figura 5).

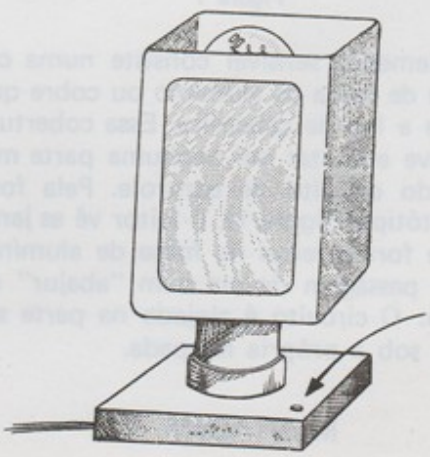


Figura 5

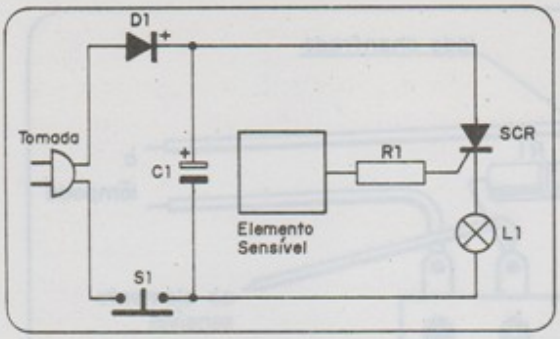


Figura 6

O circuito completo aparece na figura 6. Três componentes devem ser observados com o máximo de cuidado. São eles: o SCR que deve ter seus terminais perfeitamente identificados na sua ligação; o diodo semi-condutor cuja identificação é feita pelo anel em seu corpo ou pelo símbolo gravado; o capacitor eletrolítico. Com relação a este capacitor, seu polo positivo corresponde ao terminal preso na tampa de borracha enquanto que o terminal negativo é o soldado diretamente na carcaça de alumínio (figura 7).

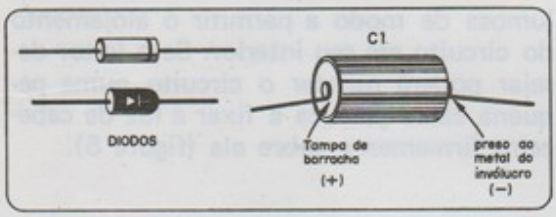


Figura 7

O elemento sensível consiste numa cobertura de folha de alumínio ou cobre que envolve a luz de cabeceira. Essa cobertura não deve encostar em nenhuma parte metálica do circuito de controle. Pela foto do protótipo (figura 1), o leitor vê as janelas que foram feitas na folha de alumínio para a passagem de luz num "abajur" de acrílico. O circuito é alojado na parte superior, sob a própria lâmpada.

MONTAGEM

Para a montagem deste circuito você necessitará de um soldador de pequena potência, uns 30 Watts no máximo, solda de boa qualidade, uma chave de fendas, um alicate de corte lateral e um alicate de pontas. Para a parte não elétrica de adaptação da luz de cabeceira, de uma furadeira, serra, martelo, etc.

Comece por cortar a ponte de terminais do tamanho indicado, já que ela deve ser adquirida em barras de 1 metro ou meio metro. Corte de modo a obter 7 terminais conforme mostra a figura 4.

Em seguida, aqueça o soldador e comece por soldar o diodo semi-condutor, dobrando seus terminais e cortando-os no tamanho conveniente.

Solde depois o capacitor, observando sua polaridade, o resistor e por último o SCR. Com relação a este último componente dobre com cuidado seus terminais, que são frágeis.

Complete as ligações entre os componentes usando para esta finalidade fio encapado rígido (# 22 ou # 20). Complete a montagem soldando o cabo de alimentação, o cabo da lâmpada e o fio que fará a conexão do elemento sensível.

Uma vez pronto o circuito ele pode ser instalado na própria caixa que aloja a luz de cabeceira, em sua base, ou em caixa construída pelo montador, como já dissemos.

Para fixar a ponte use parafusos com porcas comuns. Observe para não fixar esses parafusos em nenhuma parte metálica, já que existe conexão elétrica da ponte com o circuito.

Montado o circuito, para experimentá-lo proceda do seguinte modo:

* ligue o dispositivo à tomada; a lâmpada deve acender imediatamente;
* pressione, por alguns segundos, o interruptor de pressão e solte-o novamente; a lâmpada deve apagar e assim permanecer;
* toque no elemento sensível, ou seja, na cobertura de metal da luz de cabeceira;

a lâmpada deve acender imediatamente; se isso não ocorrer inverta a posição do plugue na tomada, girando-o de 180°; prove novamente o dispositivo;

* para acender a lâmpada bastará, então, encostarmos os dedos na folha de metal que envolve o "abajur" e para apagá-la bastará pressionar por alguns segundos o interruptor e soltá-lo novamente.

Observações: a fixação da cobertura metálica pode ser feita com qualquer cola comum.

Se o circuito não operar, a falha pode estar no SCR. Dadas as tolerâncias de fabricação, alguns são mais sensíveis que outros. Se não houver meio de fazer a unidade operar, tente um SCR novo do mesmo tipo.

COMO FUNCIONA

Conhecer o princípio de funcionamento dos circuitos montados e de seus componentes é o que visamos, principalmente. Por ela, com o tempo, o leitor torna-se apto a praticar eletrônica com mais segurança, não se limitando às montagens mais simples.

O SCR (diodo controlado de silício), que é o componente básico usado nesta montagem, tem a propriedade de conduzir a corrente num único sentido como os diodos comuns, (veja, nesta Revista, "Simples Redutor de Intensidade Luminosa") mas só começa a conduzir quando um estímulo elétrico é aplicado a um eletrodo denominado comporta (figura 8). O pulso, em alguns casos, pode ser tão pequeno que

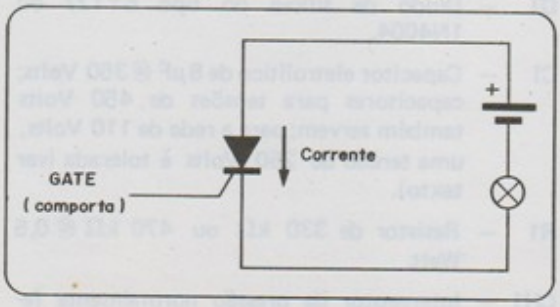


Figura 8

mesmo a tensão resultante do ruído ambiente induzida no nosso corpo pode acioná-lo. Essa é justamente a propriedade aproveitada nesta montagem. Ocorre, entretanto, que uma vez cessado o estímulo que faz o diodo conduzir, ou seja, que **comuta** o SCR de seu estado de não condução para o de plena condução, ele ainda continuará assim indefinidamente, conduzindo a corrente até que ela seja desligada por algum outro meio. Podemos dizer que o SCR atua como um interruptor que pode ser ligado por um estímulo externo, mas que não pode ser desligado por estímulos externos. É por esse motivo que temos de usar um interruptor para esta função e não o mesmo processo direto de encostar a mão no elemento sensível.

Poderíamos, também, ter um circuito que só manteria a lâmpada acesa enquanto encostássemos o dedo no elemento sensível. O circuito seria o da figura 9, em que

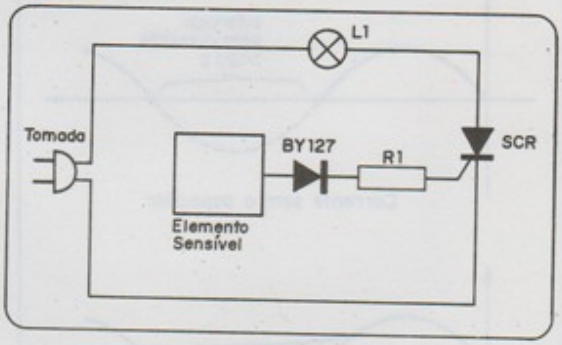


Figura 9

o diodo e o capacitor são removidos do circuito.

Isso ocorre porque na alimentação direta com corrente alternada, a corrente durante as inversões de sentido de circulação "pára" por alguns instantes, dando tempo para o SCR voltar a sua situação de não condução.

No nosso caso, como queremos manter a lâmpada acesa após o toque, devemos alimentar o circuito com corrente contínua; usamos para esta finalidade o diodo e o capacitor na função de retificar e filtrar a corrente alternada da rede, transformando-a em corrente contínua.

O diodo, pela sua propriedade de permitir a condução de corrente apenas num sentido, pode "transformar" corrente alternada em corrente contínua; o capacitor, reservando uma pequena parcela de energia conduzida, impede que a corrente se reduza a zero, durante os instantes em que a corrente é impedida de circular no sentido contrário (figura 10).

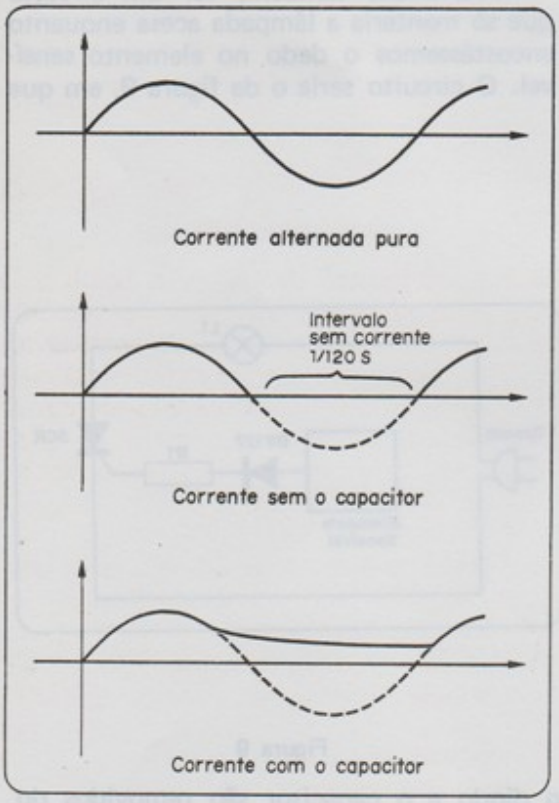


Figura 10

É importante observar que, do valor do capacitor, dependerá a tensão que chegará à lâmpada. Sem o capacitor, a lâmpada receberá uma alimentação reduzida, já que apenas metade dos ciclos serão conduzidos. Com o capacitor haverá uma compensação e, quanto maior for seu valor, maior será a tensão recebida pela lâmpada, até o limite de 1,41 vezes a tensão da rede local, que é a sua tensão de pico.

Assim, calculamos em 8 μF o valor econômico que permite que na rede de 110 Volts uma lâmpada de 40 Watts recebe uma alimentação em torno de 90 Volts e uma lâmpada de 25 Watts uma alimentação de 110 Volts. Os mesmos valores podem ser usados na rede de 220 Volts, sem problemas. Com isso vemos que a lâmpada de 40 Watts opera com tensão ligeiramente abaixo do normal o que fará com que sua durabilidade seja consideràvelmente maior.

Para lâmpadas maiores que 40 Watts o capacitor deverá ser aumentado. Nossa sugestão para 60 Watts é um capacitor de 16 μF. Para lâmpadas de menos de 25 Watts, 15 Watts por exemplo, o capacitor deve ser reduzido; 4 μF é o recomendado neste caso.

Por que não há perigo de choque elétrico neste circuito ? O SCR é disparado por uma corrente bastante reduzida, limitada pela ação do resistor de alto valor. Mesmo sendo reduzidíssima a corrente, insuficiente para causar qualquer choque, ela consegue, entretanto, disparar o SCR.

RELAÇÃO DE COMPONENTES

SCR – Diodo controlado de silício do tipo C106 ou TIC106, para 200 Volts se a rede for de 110 V; para 400 V se a rede for de 220 V (não usar equivalentes).

D1 – Diodo de silício do tipo BY127 ou 1N4004.

C1 – Capacitor eletrolítico de 8 μF @ 350 Volts; capacitores para tensões de 450 Volts também servem; para a rede de 110 Volts, uma tensão de 250 Volts é tolerada (ver texto).

R1 – Resistor de 330 kΩ ou 470 kΩ @ 0,5 Watt.

CH1 – Interruptor de pressão normalmente fechado (ver texto).

MONTE UM FREQÜENCÍMETRO DIGITAL©

JOSÉ CARLOS J. TELLES
NELSON HOLZCHUH

2ª PARTE

Nesta segunda etapa, conforme foi dito na parte anterior (Revista 46), vamos estudar mais detalhadamente os circuitos usados no freqüencímetro.

Inicialmente vamos analisar o disparador Schmitt (Schmitt Trigger), sendo que, em seguida, veremos os circuitos contadores, "flip-flop" e, finalmente, o circuito decodificador.

DISPARADOR SCHMITT (SCHMITT TRIGGER)

Como já visto na primeira parte, o circuito disparador Schmitt tem a característica de transformar uma variação qualquer do nível de tensão do sinal aplicado à sua entrada em uma mudança abrupta do nível de tensão de sua saída. Essa mudança abrupta também é chamada de mudança de estado. Assim, se o nível da tensão na entrada do circuito sofrer uma variação, a sua saída passará de um nível baixo para um alto ou vice-versa. Dessa forma, se a variação do nível do sinal da entrada for cíclica como, por exemplo, um sinal com forma de onda senoidal, na saída do circuito teremos um sinal de forma de onda quadrada conforme foi observado nas fotos da primeira parte.

O circuito disparador Schmitt pode também ser utilizado como comparador de amplitudes, estabelecendo o instante no qual o sinal aplicado à sua entrada atingiu um determinado nível.

Funcionamento

No circuito da figura 1 podemos observar que não existe um acoplamento entre a saída do 2º estágio (coletor de Q2) e a entrada do primeiro (base Q1) sendo que a realimentação é obtida através do resistor RE. Nestas condições temos dois estados estáveis.

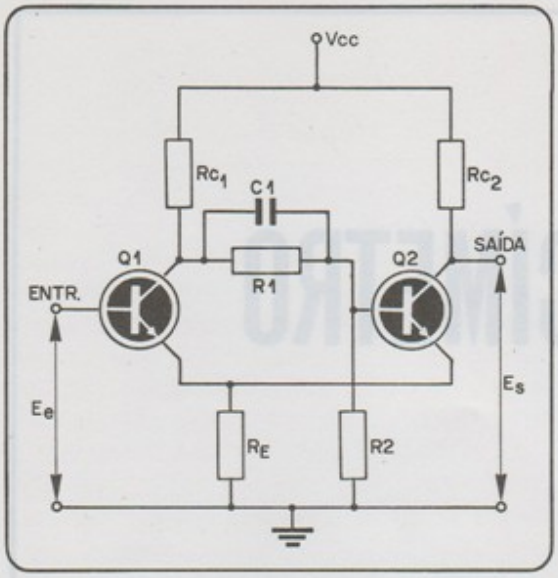


Figura 1

Partindo-se de uma tensão zero teremos a tensão na base do transistor Q1 igual a zero; logo, a tensão VRE no resistor é superior à tensão na base do transistor Q1 que, desta forma, se acha cortado. Nestas condições, o transistor Q2 acha-se saturado e a corrente que passa por RE é a mesma que passa por RC2.

Aumentando-se a tensão de entrada, o transistor Q1 só irá conduzir quando esta for maior que a tensão no resistor RE (VRE). Quando Q1 passar a conduzir a tensão no coletor de Q1 cai e diminui a corrente no resistor R1. A tensão de saída E_S vai aumentar até que o transistor Q2 entre em corte. Assim, temos que ES = Vcc.

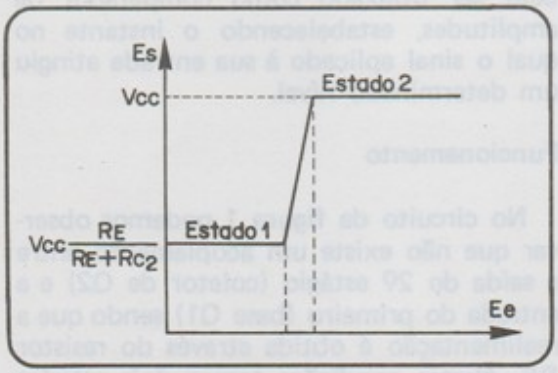


Figura 2

Esses dois estados são apresentados sob forma de um gráfico na figura 2.

Entre os estados 1 e 2 a corrente total em RE é igual à soma das correntes em Q1 e Q2.

Considerando agora que a tensão de entrada diminua, chamemos de Ee1-2 o valor da tensão para passar do estado 1 (transistor Q2 saturado, transistor Q1 no corte) ao estado 2 (transistor Q2 no corte e transistor Q1 saturado) e mesmo que tenhamos este valor haverá ainda um saldo em VBE para condução, logo deve ir a uma tensão de entrada E'_E mais baixa para voltarmos à situação inicial. Este fato é denominado de histerese, podendo-se, inclusive, calcular a largura da zona de histerese como mostra a figura 3.

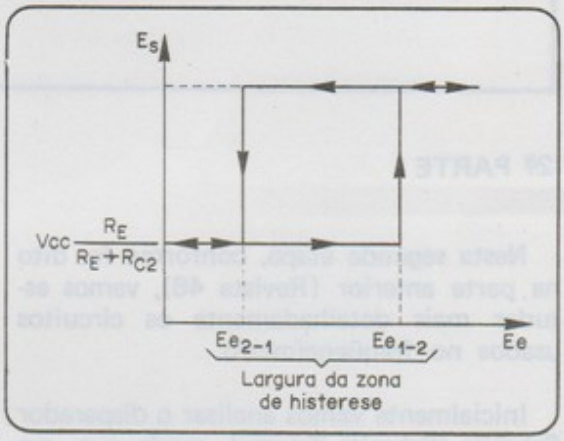


Figura 3

Desta forma, podemos calcular Ee1-2 e Ee2-1:

$$Ee1\text{-}2 \cong \frac{Re}{Re + Rc_2}\ Vcc$$

e

$$Ee2\text{-}1 = \frac{R_Z}{R_1 + R_2 + \frac{Rc1 + R_2}{R_E}}\ Vcc$$

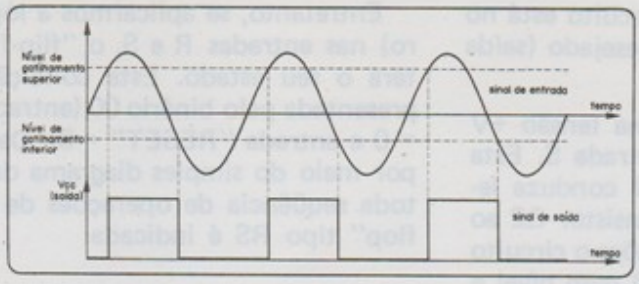


Figura 4

De acordo com os resultados obtidos verificamos que variando-se só Rc_2 mantemos o valor Ee2-1 e variamos Ee1-2; se, por outro lado, variamos só R1, R2 e Rc1, mantemos Ee1-2 e variamos Ee2-1. Podemos também variar os dois juntos.

O diagrama da figura 4 apresenta o disparador Schmitt como circuito quadrador.

CONTADORES E "FLIP-FLOP"

Circuitos contadores utilizando elementos de memória ("flip-flop") são encontrados em quase todos os tipos de instrumentos digitais ou, mais especificamente, em circuitos seqüenciais. Convém ressaltar que a saída de um circuito seqüencial não depende somente das variáveis de entrada mas também do estado anterior do circuito.

Os contadores alteram o seu estado de saída a cada pulso aplicado na entrada. Contadores de diferentes capacidades são construidos pela ligação em cascata de diferentes números de "flip-flop". Algumas das muitas aplicações dos contadores incluem medida de tempo, freqüência, eventos, etc.; são ainda utilizados como divisores de freqüência e geradores de sinais elétricos.

Antes de analisarmos de uma forma mais aprofundada os circuitos contadores, vamos inicialmente observar os elementos de memória ou "flip-flop".

Os circuitos de memória são dispositivos que retém informação após a mesma ter sido aplicada à sua entrada.

O "flip-flop" é um circuito seqüencial cuja função básica é a de um elemento de memória. Possui dois estados distintos de equilíbrio ou estados estáveis que são chamadas de várias formas tais como "ALTO" e "BAIXO", "SET" e "RESET", "UM" e "ZERO" ou "VERDADEIRO" e "FALSO", sendo que todos estes termos utilizados possuem o mesmo significado.

A versão básica de um circuito "flip-flop" é o RS("RESET-SET"). O circuito completo é apresentado na figura 5 com as saídas e entradas indicadas.

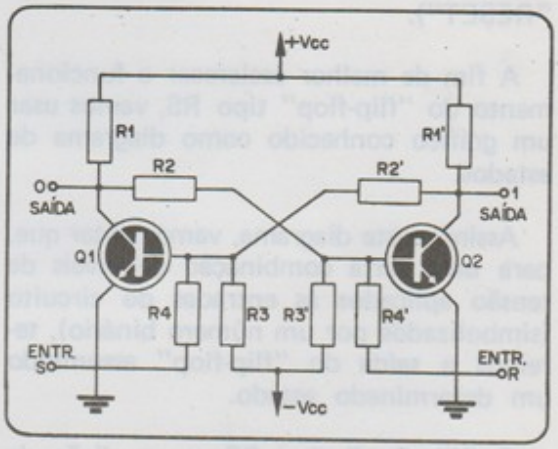


Figura 5

Funcionamento

Convencemos uma lógica positiva para se estudar o circuito; assim temos que +V = lógica 1 e o V = lógica 0.

Se um nível de tensão +V for aplicado à entrada R, este será aplicado através de R4 à base do transistor Q2 levando-o à saturação. Com o transistor Q2 saturado, a tensão de saída em 1 é próxima de zero e o transistor Q2 é mantido no corte através do resistor R2 que está ligado entre o coletor de Q1 e a base de Q2. Com Q1 no

corte e Q2 na saturação o circuito está no estado de "RESET" como desejado (saída 1 com nível = alto).

Suponhamos agora que uma tensão +V (lógica 1) seja aplicada à entrada S. Esta fará com que o transistor Q1 conduza levando, por outro lado, o transistor Q2 ao corte, deixando nestas condições o circuito no estado de "SET" (saída 0 com nível = = alto). Convém observar que o sinal para comutar o circuito é necessário ser aplicado apenas momentaneamente pois, uma vez alcançada esta condição e removido o sinal da entrada, o circuito manterá o estado presente. Pode-se notar claramente que, se o sinal de entrada +V for mantido, o circuito não mais comutará o seu estado.

Portanto, se um "flip-flop" receber uma "ordem" para "ir" ao estado "1" (alto, verdadeiro ou "SET" ele o faz e permanece nesta condição até receber nova "ordem" e "ir" para o estado "O" (baixo, falso ou "RESET").

A fim de melhor esclarecer o funcionamento do "flip-flop" tipo RS, vamos usar um gráfico conhecido como diagrama de estados.

Assim, neste diagrama, vamos notar que, para uma certa combinação de níveis de tensão aplicados às entradas do circuito (simbolizados por um número binário), teremos a saída do "flip-flop" assumindo um determinado estado.

O "flip-flop" tipo RS na condição de "RESET" (nível baixo) está no estado (zero) e estará em "SET" (nível alto) quando estiver no estado 1 (um). O "flip-flop", portanto, estará no estado 1 se a lógica 1 (nível alto) for aplicada à entrada "SET". Dessa forma, simbolizaremos esta entrada pelo binário 10 (entrada "SET" = 1 e entrada "RESET" = 0).

Da mesma forma, se aplicarmos à entrada "RESET" (R) a lógica 1 o "flip-flop" assume o estado 0 (zero). Com isso, esta entrada será simbolizada pelo binário 01 (entrada "SET" = 0 e entrada "RESET" = = 1).

Entretanto, se aplicarmos a lógica 0 (zero) nas entradas R e S, o "flip-flop" manterá o seu estado. Esta condição será representada pelo binário 00 (entrada "SET"= = 0 e entrada "RESET" = 0). Dessa forma, por meio do simples diagrama da figura 6, toda seqüência de operações de um "flip-flop" tipo RS é indicada.

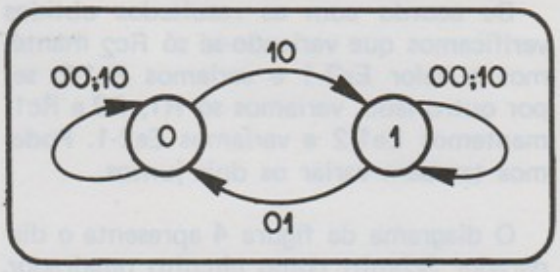


Figura 6

"Flip-Flop" RS com simbologia lógica

Um circuito básico de memória digital é obtido através de dois circuitos "NOT" (N1 e N2) como é mostrado na figura 7.

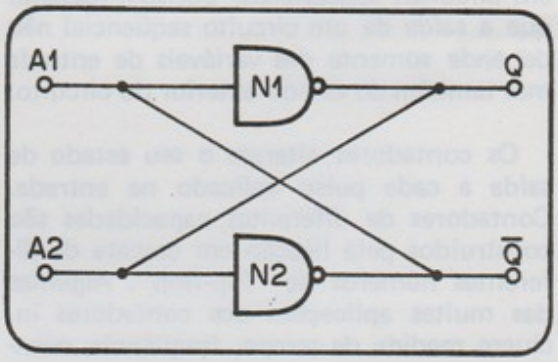


Figura 7

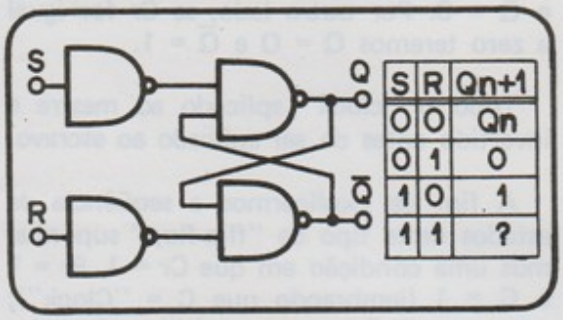
Desta forma, a saída de cada circuito é conectada à entrada do outro constituindo o "flip-flop", podendo assumir um dos dois estados estáveis já mencionados.

Suponhamos que a saída do circuito "NOT" N1 é Q = 1; desta forma, a entrada A2 também é igual a 1 que por sua vez é a entrada do circuito "NOT" N2; portanto, a saída deste circuito inversor está no estado zero e corresponde à saída $\overline{Q}$. Assim, estando A1 no mesmo estado que $\overline{Q}$ a

entrada do circuito "NOT" N1 está no estado "0" e, conseqüentemente, a sua saída "Q" no estado 1. Da mesma forma, é possível se fazer a análise para Q = 0 e $\overline{Q}$ = 1 que também é um estado estável.

Com o explicado, pode-se notar que a condição em que ambas as saídas estão no mesmo estado (zero ou 1) é incompatível com a ligação entre os circuitos.

Suponhamos agora que desejássemos memorizar um estado específico (Q = 1 ou Q = 0) na memória. Para isto deveríamos alterar o circuito da figura 7. Os circuitos "NOT" seriam trocados por dois circuitos "NAND") alimentados respectivamente por circuitos "NOT" cujas entradas são designadas por R e S como mostra a figura 8



S	R	Qn+1
0	0	Qn
0	1	0
1	0	1
1	1	?

Figura 8

que apresenta também a tabela verdade para o "flip-flop" RS.

"Flip-Flop" Tipo J - K

Além do "flip-flop" RS existem outras variações dentre as quais podemos destacar o tipo J – K. O diagrama em blocos para o "flip-flop" J – K é obtido adicionando-se ao "flip-flop" RS dois circuitos "AND" (E1 e E2) onde, uma variável de entrada J e a saída $\overline{Q}$, são aplicadas à entrada do circuito E1 uma variável de entrada K e à saída Q são aplicadas à entrada do circuito E2, como indicado na figura 9. Desta forma, como a saída da porta lógica E1 corresponde à entrada S do "flip-flop", temos S = J$\overline{Q}$ e de modo análogo R = KQ.

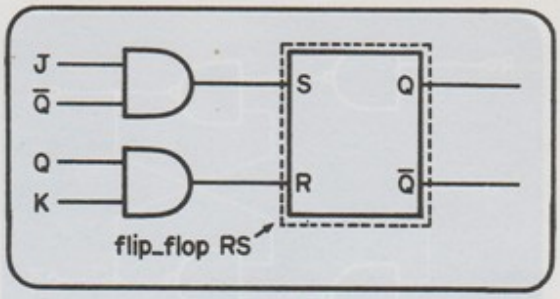


Figura 9

Toda lógica do sistema é apresentada pela tabela abaixo onde se pode verificar que a grande diferença entre o "flip-flop" R S e o J K é que neste último removida a incompatibilidade existente na tabela da figura 8 (S = 1 e R = 1).

J	K	Qn + 1
0	0	Qn
1	0	1
0	1	0
1	1	$\overline{Qn}$

Freqüentemente, no uso de "flip-flop", as informações contidas nas entradas devem ser transferidas à saída após um sinal pulsado de comando recebido de uma outra fonte. Esta fonte, em sistemas digitais, recebe o nome de "Clock" (C) e o comando pulsado é chamado de "pulso de relógio" ("clock pulse" ou, apenas "clock").

Assim, todos os tipos de "flip-flop" aqui por nós citados possuem freqüentemente uma entrada a mais, que corresponde ao comando "clock". A figura 10 nos mostra o diagrama em blocos lógicos dos "flip-flop" R S e J K possuindo essa nova entrada.

Verificamos que uma das portas do "flip-flop" R S é idêntica à já estudada; no entanto, os circuitos "NOT" na entrada (figura 8) foram substituidos por duas por-

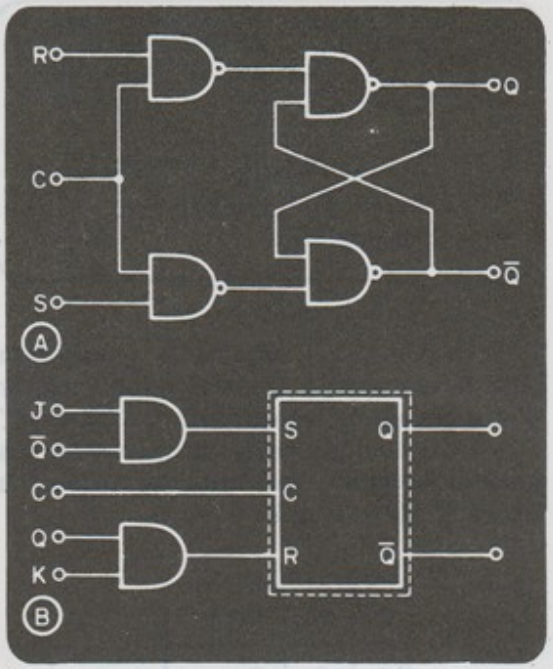


Figura 10

tas lógicas "NAND" onde a uma das entradas é ligado o comando "clock".

"Flip-Flop" J - K Mestre-Escravo

Nos "flip-flop" vistos, se ocorresse alguma variação nas entradas durante o "clock", estas variações seriam transferidas para a saída. Essa pode ser uma condição indesejável; nécessitamos, portanto, de um circuito que altere seu estado apenas uma vez, mesmo havendo variações durante o "clock". Para construir este tipo de circuito é necessário duas unidades de memória: uma para armazenar os estados de saída e outra para armazenar a informação presente no fim do "clock".

Esse é o tipo de "flip-flop" mais usado na prática devido à sua versatilidade e recebe o nome de flip-flop J – K Mestre-Escravo, devido às suas características de funcionamento.

O circuito da figura 11 apresenta o flip-flop J - K Mestre-Escravo constituido por dois "flip-flop" tipo R S com realimentação da saída do segundo que é chamado de escravo para a entrada do primeiro chamado de mestre.

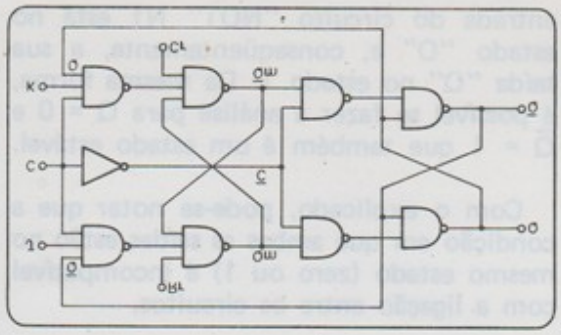


Figura 11

No circuito foram adicionadas duas entradas a mais, conhecidas como "Preset" (Pr) e "Clear" (Cr) com as quais podemos mudar o estado do "flip-flop" aplicando a uma delas um nível "0".

Se Pr for igual a "0", obteremos Q = 1 e $\overline{Q}$ = 0. Por outro lado, se Cr for igual a zero teremos Q = 0 e $\overline{Q}$ = 1.

Todo o "clock" aplicado ao mestre é invertido antes de ser aplicado ao escravo.

A fim de explicarmos a seqüência de estados deste tipo de "flip-flop" suponhamos uma condição em que Cr = 1, Pr = 1 e C = 1 (lembrando que C = "Clock"); nestas condições o mestre é liberado e sua operação segue a tabela verdade para um "flip-flop" J K. Por outro lado, desde que $\overline{C}$ = 0, o "flip-flop" R S escravo está inibido e não altera seu estado, de tal forma que "Q" é invariante. Após ter ocorrido o "clock" (C = 0) teremos a inibição do mestre que reterá a informação presente no final do "clock". Como C = 0 teremos $\overline{C}$ = 1 (ver diagrama da figura 11) liberando, assim, o "flip-flop" escravo cuja operação segue a tabela verdade para um "flip-flop" R S (ver figura 8).

"Flip-Flop" Tipo D

Um outro "flip-flop" utilizado em nosso projeto é o tipo "D" caracterizado por possuir apenas uma entrada e mais o comando "clock". Pode ser obtido a partir de um "flip-flop" J K acrescentando-se um circuito inversor como mostra a figura 12.

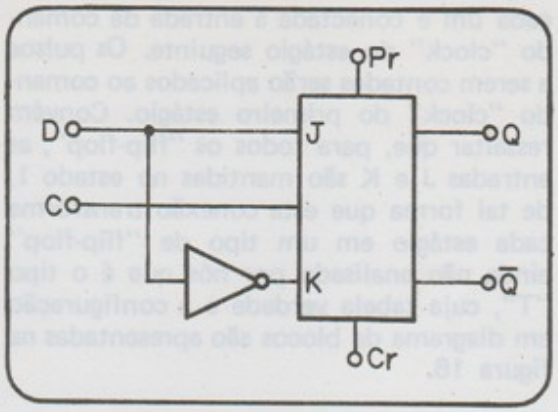


Figura 12

Com o auxílio da tabela verdade do "flip-flop" J K é possível fazermos a análise dos estados de um "flip-flop" tipo D. Assim, Qn+1 = 1 se Dn = Jn = $\overline{K}$n = 1 e Qn+1 = 0 se Dn = Jn = $\overline{K}$n = 0. Desta forma podemos concluir que Qn+1 = Dn e obtemos a tabela verdade para o "flip-flop" tipo D. Para uma melhor visualização do explicado, foi feita uma tabela relacionando a entrada D com as entradas do flip-flop tipo J K.

D	J	K	Qn + 1
	0	0	Qn
1	1	0	1
0	0	1	0
	1	1	$\overline{Q}$n

Dn	Qn + 1
1	1
0	0

Tabela verdade para o "flip-flop" tipo D

Alguns "flip-flop" do tipo de D são chamados de memória devido à forma de gatilhamento especial. Esses "flip-flop" têm seu gatilhamento em uma das "bordas" do pulso "clock", enquanto o "clock" está alto (estado 1); qualquer mudança de estado que ocorra na entrada D será imediatamente transferida para a saída Q. Quando o pulso "clock" passa do estado 1 para o zero, a saída Q do "flip-flop" mantém o estado da entrada anterior à mudança do pulso "clock" até que este assuma estado 1 novamente.

O "flip-flop" tipo D por nós utilizado no projeto do freqüencímetro possui uma característica particular que é o seu gatilhamento na borda positiva do pulso "clock".

Essa característica de gatilhamento pode ser utilizada em qualquer outro tipo de "flip-flop".

Para o nosso "flip-flop" tipo D a informação presente na entrada D é transferida para a saída Q na subida (borda positiva) do pulso "clock" e, enquanto o "clock" estiver no estado 1 ou zero, a entrada D não terá nenhum efeito sobre a saída.

A configuração lógica em blocos do "flip-flop" tipo D por nós utilizado no freqüencímetro é apresentada na figura 13.

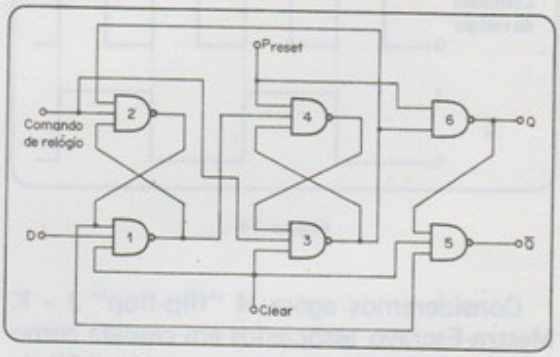


Figura 13

CONTADORES

Como vimos nos itens anteriores, cada "flip-flop" pode guardar uma informação binária que recebe o nome de "bit".

Conjuntos de "flip-flop" podem ser utilizados com a finalidade de se poder armazenar informações mais complexas. Estes conjuntos recebem o nome de "Registradores".

O armazenamento de dados pode ser feito de uma só vez (registro paralelo) ou podemos armazená-los seqüencialmente um a um (registro série). Ao fazermos um registro série podemos, em função dos estados de cada "flip-flop", determinar quantos dados foram recebidos, função esta que é chamada de contador.

Contador Assincrono

Um contador binário tem a função de registrar como um número binário o número de pulsos que são aplicados seqüencialmente na entrada como 1 ou 0.

Ao utilizarmos um "flip-flop" J - K Mestre-Escravo mantendo suas entradas J e K no estado 1 e aplicarmos uma série de pulsos ao "clock", toda a vez que o pulso mudar seu estado de 1 para zero o "flip-flop" mudará seu estado na saída "Q"; é o que pode ser observado na figura 14.

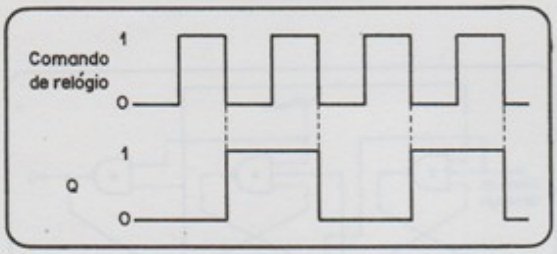


Figura 14

Consideremos agora, 4 "flip-flop" J - K Mestre-Escravo associados em cascata como mostra a figura 15 onde a saída "Q" de cada um é conectada à entrada de comando "clock" do estágio seguinte. Os pulsos a serem contados serão aplicados ao comando "clock" do primeiro estágio. Convém ressaltar que, para todos os "flip-flop", as entradas J e K são mantidas no estado 1, de tal forma que esta conexão transforma cada estágio em um tipo de "flip-flop" ainda não analisado por nós que é o tipo "T", cuja tabela verdade e a configuração em diagrama de blocos são apresentadas na figura 16.

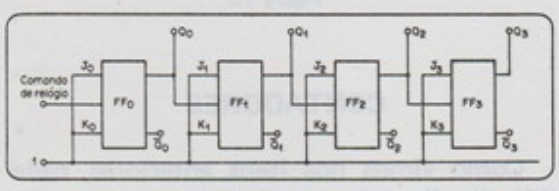


Figura 15

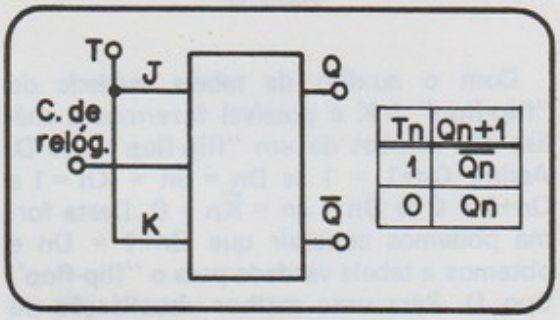


Figura 16

Podemos verificar que para este tipo de "flip-flop", quando a entrada "T" está no estado 1, a saída "Q_0" muda seu estado na borda de descida de cada pulso aplicado à entrada do "clock". Todas as outras saídas "Q" dos "flip-flop" em cascata somente alteram o seu estado quando a saída do estágio anterior mudar de "1" para "zero".

Considerando-se as observações feitas acima, podemos obter as formas de ondas da figura 17 e a Tabela I que demonstra

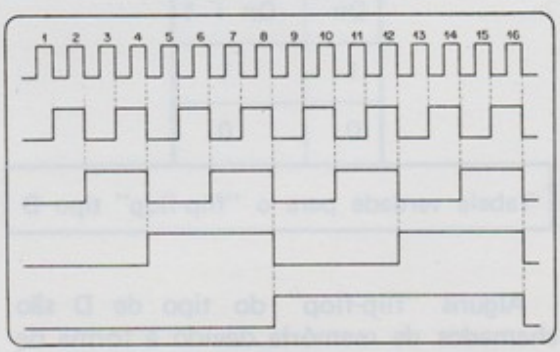


Figura 17

os estados das saídas de cada "flip-flop" em função do número de pulsos aplicados à entrada.

TABELA I

Nº DE PULSOS DE ENTRADA	SAÍDAS			
	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Desta forma a Tabela I é a representação binária do número de pulsos aplicados à entrada.

Este tipo de contador apresentado na figura 15 é chamado de contador assíncrono, pois os "flip-flop" não são acionados ao mesmo tempo.

Contadores Sincronos

Consideremos um contador assíncrono com as saídas de todos os seus estágios no estado 1. Para este caso em particular o próximo pulso aplicado à entrada causará uma mudança de estado no primeiro "flip-flop"; no entanto, os outros estágios somente responderão quando o estágio anterior mudar também seu estado; portanto, a informação tem que percorrer desde o estágio do algarismo menos significativo até o mais significativo, mudando apenas 1 "bit" por vez.

Porém, se a operação assíncrona de um contador for alterada de tal forma que todos os "flip-flop" sejam sincronizados pelos pulsos de entrada, o tempo de atraso de propagação será reduzido consideravelmente.

Suponha que o tempo de transição de um "flip-flop seja" de 50 ns. O tempo total para atingirmos o quarto "flip-flop" em um contador assíncrono será de 200 ns. Portanto, se a freqüência do sinal de entrada for de 10 MHz (período de 100 ns) quando o último "flip-flop" mudar seu estado, um ou dois pulsos já foram contados pelos dois primeiros. Com os contadores síncronos usando lógica "TTL", a freqüência máxima de operação é da ordem de 32 MHz.

Os contadores por nós utilizados são do tipo assíncrono, cuja freqüência típica é de 18 MHz. A figura 18 apresenta um "flip-flop" síncrono.

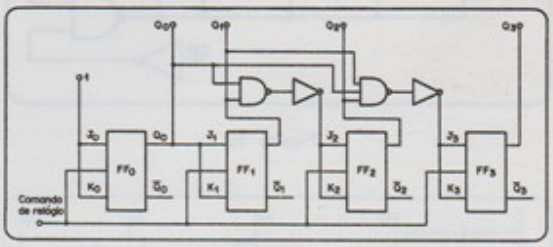


Figura 18

CONTADORES COMO DIVISORES

Nas formas de onda da figura 17 podemos verificar que cada estágio constituinte do contador binário divide por dois a freqüência dos pulsos aplicados a cada uma das entradas.

Desta forma, se a freqüência dos pulsos na entrada do contador for igual a F, teremos na saída Q3 do "flip-flop" 3 pulsos com uma freqüência igual a F/16.

No entanto, se desejarmos fazer contagens em uma determinada base N, podemos também utilizar "flip-flop" associados em cascata.

Para construir tais contadores utilizamos uma cadeia de n "flip-flop" onde n é o menor número para o qual $2^n > N$. Utilizando-se uma realimentação fazemos com que, quando N for atingido, todos os "flip-flop" serão "zerados".

Este circuito de realimentação pode ser apenas uma simples porta "NAND" conectada à entrada "Clear". As entradas da porta "NAND" são as saídas Q dos "flip-flop" que assume estado 1 quando a contagem N é atingida. Assim, as figuras 19, 20 e 21 apresentam, respectivamente, o contador de década. O contador de década por nós utilizado no projeto é um contador divisor por seis, o qual também foi utilizado no freqüencímetro.

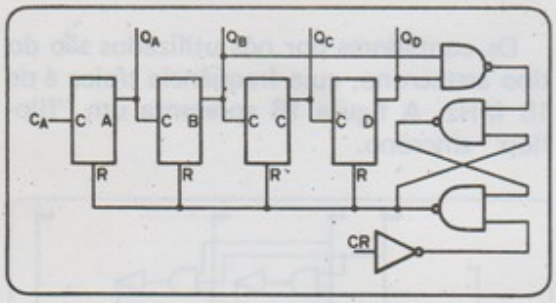


Figura 19

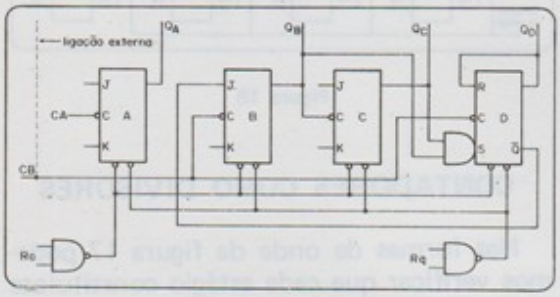


Figura 20

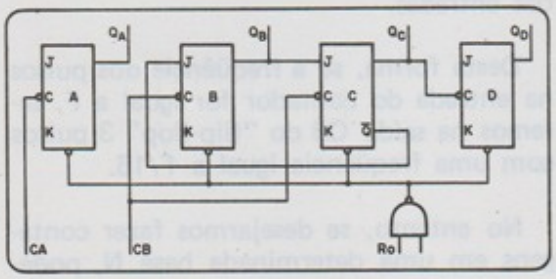


Figura 21

DECODIFICADORES

Várias vezes necessitamos decodificar a informação presente na forma binária para a forma decimal. A decodificação é necessária em muitas aplicações tais como: conversores digital – analógico, indicadores digitais (freqüencímetros, voltímetros, relógios, etc.).

Suponhamos um contador de década do tipo usado por nós no freqüencímetro para contar a ocorrência de um determinado evento. A indicação do número de vezes em que o evento ocorreu será dada pelo contador na forma binária, o que dificultará bastante a nossa leitura. Por esta razão, utilizamos o circuito decodificador que, ao receber a informação binária do circuito contador, nos possibilitará uma leitura direta através de indicadores tipo LED, válvulas, cristal líquido etc., na forma decimal.

Suponhamos que desejássemos decodificar uma informação binária representativa do dígito decimal 5. Esta operação pode ser realizada se utilizarmos uma porta lógica "AND" com 4 entradas. Desta forma a saída do circuito "AND" na figura 22

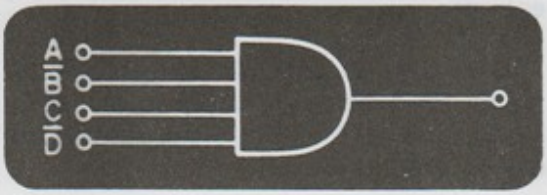
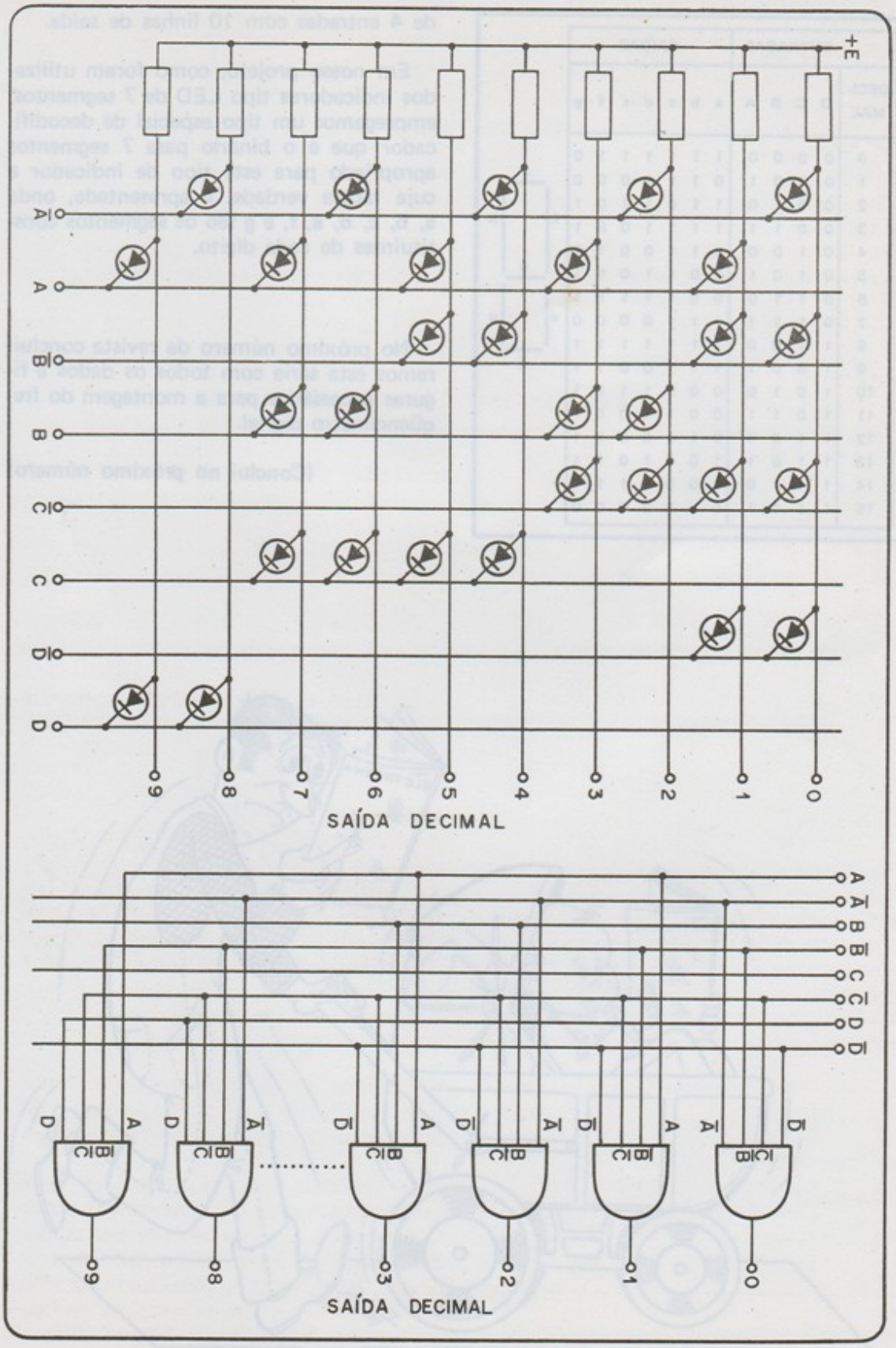


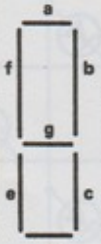
Figura 22

será 1 (alto) somente se as entradas forem A = 1, B = 0, C = 1 e D = 0 onde "A" corresponde ao dígito menos significativo.

Na realidade, para se decodificar todos os números, usa-se uma matriz de decodificação que é um conjunto de portas lógicas "AND" podendo ser construida com diodos, transistores ou circuitos integrados; é o que nos mostram as matrizes da figura 23; um decodificador binário decimal


+E
A
Ā
B
B̄
C
C̄
D
D̄
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
SAÍDA DECIMAL
A Ā B B̄ C C̄ D D̄
SAÍDA DECIMAL

ENTRADAS					SAÍDAS						
DECIMAL	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
10	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
11	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
12	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1
13	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
14	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0



de 4 entradas com 10 linhas de saída.

Em nosso projeto, como foram utilizados os indicadores tipo LED de 7 segmentos, empregamos um tipo especial de decodificador que é o binário para 7 segmentos apropriado para este tipo de indicador e cuja tabela verdade, é apresentada, onde **a, b, c, d, e, f, e g** são os segmentos constituintes de cada dígito.

No próximo número da revista concluiremos esta série com todos os dados e figuras necessárias para a montagem do freqüencímetro digital.

(Conclui no próximo número)



Aplicações para CIRCUITOS INTEGRADOS lineares

NEWTON C. BRAGA

Integradores e diferenciadores permitem a modificação de formas de ondas encontrando, portanto, inúmeras aplicações práticas. Esses circuitos podem ser obtidos a partir de amplificadores operacionais comuns conforme mostraremos neste artigo que poderá ser de grande utilidade para o projetista.

Os integradores são circuitos que transformam um sinal cuja forma de onda seja retangular num sinal de mesma freqüência cuja forma de onda seja triangular. O nome integrador vem do fato de que a equação de onda do sinal retangular pode ser expressa por uma constante, enquanto que se integrarmos essa constante obtemos uma expressão do primeiro gráu o que corresponde exatamente à onda triangular obtida.

Uma tensão constante de entrada pode, pois, ser transformada numa tensão que varia linearmente com o tempo na saída por meio desse circuito.

Assim, podemos escrever a expressão para o sinal de saída em função do sinal de entrada do seguinte modo:

$$E_S = -\frac{1}{R_1 C_1}\int E_E \, dt$$

Onde: R1 e C1 são dados em Ohms e Farads respectivamente.

Para o amplificador operacional usado como base para esta montagem, a tensão de alimentação deve ser de 30 Volts proveniente de uma fonte dupla, ou seja, com O Volt no centro.

Com os componentes indicados no circuito da figura 1 obtém-se, a partir de um sinal retangular de entrada de 1 kHz de freqüência e 5 Volts de amplitude, um

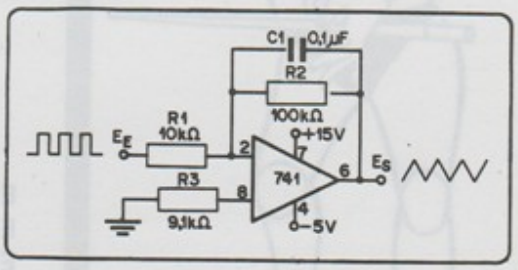


Figura 1

sinal retangular de mesma freqüência e de 2,5 Volts de amplitude.

O valor de R3 pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

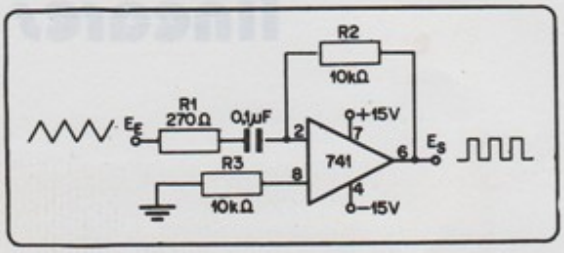


Figura 2

A figura 2 nos fornece o circuito que faz exatamente o inverso do anterior, ou seja, transforma um sinal triangular num sinal retangular de mesma freqüência o que equivale a uma diferenciação.

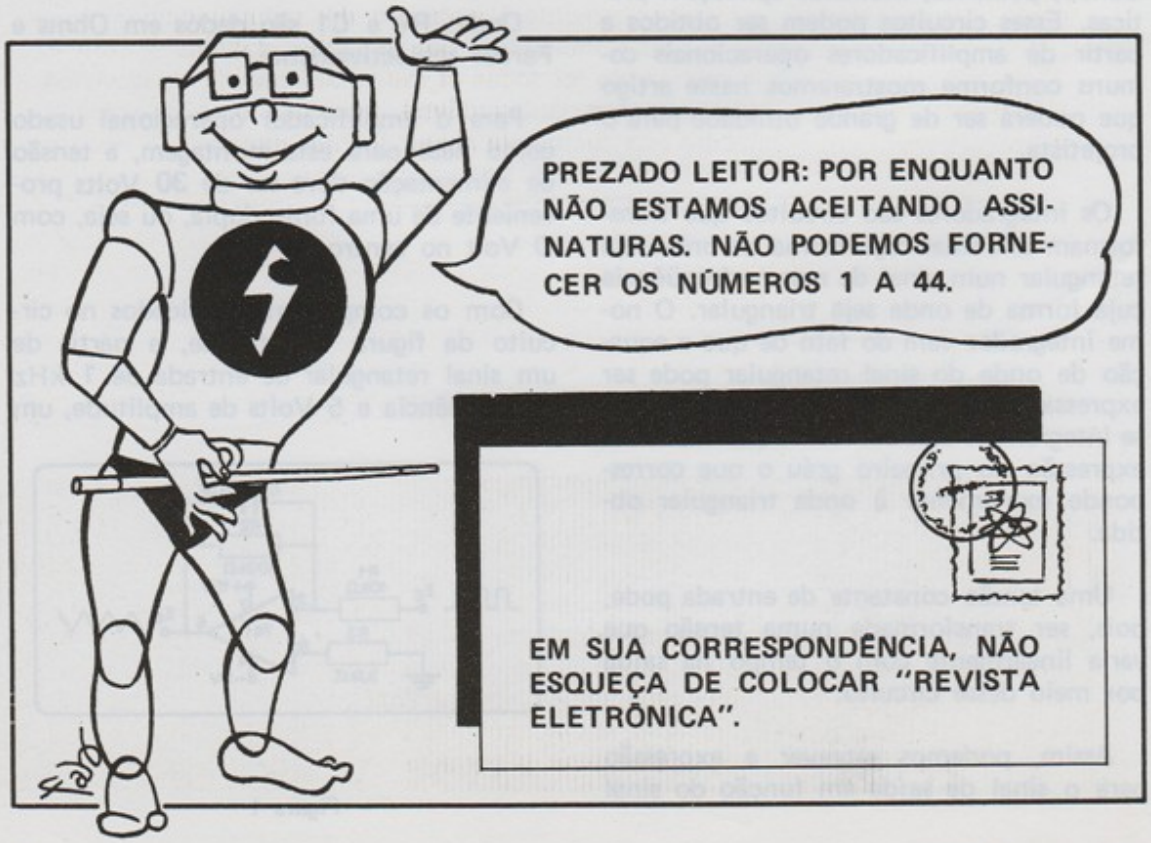
Assim lembramos que, num circuito diferenciador, um sinal de entrada triangular é transformado num sinal de saída retangular já que a expressão do sinal de entrada é do primeiro gráu e a derivada uma constante.

Com os valores dos componentes dados no circuito, a partir de um sinal triangular de 1 kHz de 2,5 Volts de amplitude obtém-se um sinal retangular de saída de 5 Volts de amplitude e, evidentemente, mesma freqüência.

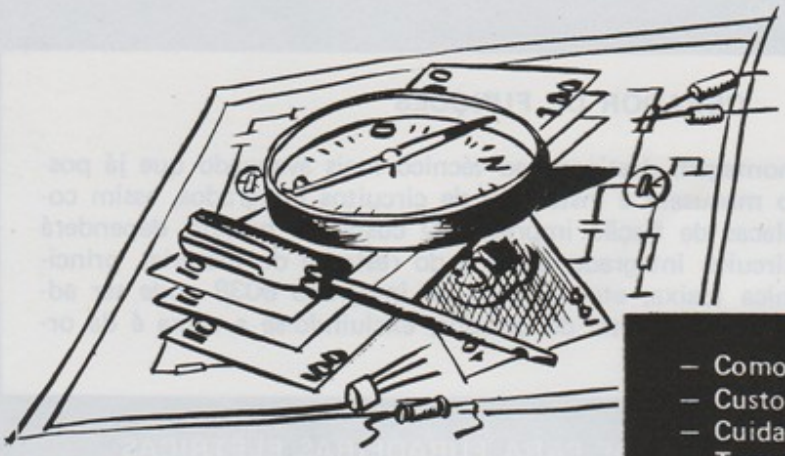
Para obtermos a tensão de saída em função da tensão de entrada podemos escrever a seguinte expressão:

$$E_S = - R_2 C_1 \frac{d E_E}{dt}$$

O amplificador operacional sugerido para estas montagens é do tipo 741 que se caracteriza por seu elevado ganho, da ordem de 200 000, sem realimentação e por seu baixo custo.



orientação para o montador



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

LUZ DE CABECEIRA SENSÍVEL AO TOQUE

Esta montagem, dedicada ao principiante, é suficientemente rica em pormenores para não dar possibilidade a qualquer dúvida quanto à sua realização. O que temos a acrescentar se refere simplesmente à obtenção dos componentes e alguns cuidados com a montagem. Muitos principiantes que se julgam dotados de conhecimento suficiente para não precisarem ler todas as instruções quando da realização de projetos, geralmente têm surpresas desagradáveis, pois não só não obtém os efeitos desejados como também eventualmente alguns fusíveis queimados! Por isso, em primeiro lugar, leia com atenção todo o texto antes de tentar a montagem. Depois então adquira os componentes e, durante a montagem, cuidado com a polaridade dos componentes, especificamente o capacitor eletrolítico, o diodo retificador e o SCR. Com relação aos componentes, tanto o SCR como os demais podem ser obtidos na maioria das boas casas de material eletrônico. O preço do SCR varia bastante em função de sua procedência, oscilando em torno dos Cr$ 20,00. Com isso, podemos dizer que o preço de todo o material para esta montagem estará em torno dos Cr$ 80,00, excluindo-se, evidentemente, o abajur. Use o SCR indicado na relação de componentes do artigo.

SIMPLES REDUTOR DE INTENSIDADE LUMINOSA

A simplicidade desta montagem elimina a necessidade de qualquer comentário adicional. O diodo, o único componente eletrônico, pode ser facilmente obtido em qualquer casa especializada. Na verdade, qualquer diodo de silício que seja especificado para uma tensão inversa mínima de 400 Volts e que possa operar com correntes da ordem de 1 A pode ser usado nesta montagem. Evidentemente, diodos para correntes e tensões maiores também podem ser usados. Se o lei-

tor já dispuser de algum, poderá aproveitá-lo desde que conheça suas especificações. O diodo tem um custo bastante baixo, da ordem de Cr$ 2,00, o que torna a montagem bastante acessível. Por outro lado o interruptor tem um custo da ordem de Cr$ 20,00 o que faz com que o preço estimado para o projeto seja da ordem de Cr$ 22,00.

GERADOR DE FUNÇÕES

Trata-se de uma montagem destinada ao técnico mais avançado que já possua certa experiência no manuseio e instalação de circuitos integrados, assim como na elaboração de placas de fiação impressa. O custo do projeto dependerá fundamentalmente do circuito integrado 8038 e do restante do material, principalmente a parte mecânica (caixa, etc). O circuito integrado 8038 pode ser adquirido por Cr$ 235,00. O custo total do gerador, excluindo-se a caixa é da ordem de Cr$ 500,00.

CONTROLE DE VELOCIDADE PARA FURADEIRAS ELÉTRICAS

Como esta montagem é destinada ao "hobbista", não habituado com as técnicas eletrônicas, o máximo de pormenores é dado com a finalidade de permitir sua fácil execução. Assim, temos apenas que acrescentar nesta secção um comentário sobre o preço e obtenção dos componentes. O SCR é o mesmo empregado na "Luz de Cabeceira Sensível ao Toque", cujo custo é da ordem de Cr$ 20,00, dependendo da procedência. O SCR deve ser especificado para uma tensão de 200 Volts se a sua furadeira operar com 110 Volts ou para 400 Volts se operar com 220 Volts. Os outros componentes são todos comuns, podendo ser encontrados na maioria das casas de material eletrônico. O custo estimado para o projeto é da ordem de Cr$ 50,00, excluindo-se a caixa e outros acessórios não elétricos.

FREQÜÊNCÍMETRO DIGITAL

Esta montagem foi iniciada no número anterior e é destinada a montadores que já possuam boa prática no trato de circuitos integrados. Estimativa de custo e instruções para execução e obtenção de componentes serão dadas no número 48 desta Revista.

CIRCUITOS INTEGRADOS μA710 e μA711

Neste artigo focalizamos dados técnicos e circuitos que empregam os integrados μA710 e μA711. O leitor que necessitar de alguns desses circuitos deve estar apto a elaborar a placa de fiação impressa, assim como conhecer as técnicas de instalação, manuseio e operação deste tipo de componente. Tanto os circuitos integrados μA710 como o μA711 assim como diversos de seus equivalentes podem ser encontrados nas casas de material eletrônico especializadas em microcircuitos. O custo médio dos circuitos integrados μA711 e μA710 é da ordem de Cr$ 20,00.

TODO "HOBBISTA" TEM, NA SUA OFICINA, BANCADA OU MALETA DE EQUIPAMENTO, UMA FURADEIRA ELÉTRICA DO TIPO COM MOTOR UNIVERSAL DE 1/4". ENTRETANTO, UM DOS PROBLEMAS QUE OS TIPOS MAIS ECONÔMICOS DE FURADEIRA APRESENTA É A IMPOSSIBILIDADE DE SE CONTRÔLAR SUA VELOCIDADE. NOS TRABALHOS MAIS DELICADOS COMO, POR EXEMPLO, OS REALIZADOS EM PEÇAS PEQUENAS, O PERIGO DE DANO CRESCE NA RAZÃO DIRETA DA DIMINUIÇÃO DO TAMANHO DA PEÇA. UMA VELOCIDADE REDUZIDA PODE FACILITAR BASTANTE O SEU TRABALHO DE FURAÇÃO. NESTE ARTIGO, DESTINADO AO "HOBBISTA", DESCREVEMOS UM CONTROLE ELETRÔNICO DE VELOCIDADE PARA FURADEIRAS, O QUAL PERMITE UMA VARIAÇÃO DE 5% A 90% DA VELOCIDADE MÁXIMA COM POUCA ALTERAÇÃO NO TORQUE E UM MÍNIMO DISPÊNDIO DE ENERGIA.

CONTROLE DE VELOCIDADE

para FURADEIRAS ELÉTRICAS

Como esta secção se destina especificamente ao "hobbista" não dotado de conhecimentos prévios ou profundos em eletrônica, damos uma descrição suficientemente pormenorizada dos processos de montagem, identificação e obtenção dos componentes. Com isso, até mesmo aqueles que nunca realizaram qualquer montagem rela-

cionada com a eletrônica, poderão "aventurar-se" à execução deste projeto com grande probabilidade de êxito.

Por outro lado, o mesmo circuito pode ser usado também em outras aplicações interessantes e não só no controle de velocidade de furadeiras. Na verdade, poderemos usá-la para controlar a velocidade de qualquer eletrodoméstico de pequena potência que seja dotado de motor universal, como por exemplo:

* Ventiladores
* Liquidificadores
* Batedeiras de bolo
* Barbeadores elétricos

OBSERVAÇÃO: Jamais usar em motores de indução ou motores trifásicos. Este dispositivo serve, apenas, para motores com "escovas".

Os componentes usados são em número suficientemente reduzido para não causar confusões ao montador inexperiente e, ao mesmo tempo, seu baixo custo e fácil obtenção torna o projeto acessível mesmo aos dotados de poucos recursos.

LIMITAÇÕES E VANTAGENS DO PROJETO

Evidentemente, como se trata de um controlador de velocidade destinado ao montador não experiente, a preocupação em se realizar um projeto simples prevaleceu em relação à obtenção de efeitos compatíveis a um desempenho profissional.

Com isso, o circuito apresenta algumas desvantagens, se bem que as vantagens sejam em número e importância suficientes que justificam sua montagem.

Dentre as vantagens destacamos as seguintes:

1) possibilita um controle bastante eficiente da velocidade entre 5% e 90% da velocidade máxima de uma furadeira com motor universal;

2) não dissipa, praticamente, nenhuma potência em qualquer velocidade para a qual seja ajustado;

3) pode controlar furadeiras com motores universais de até 1/2 HP, o que corresponde a uma potência de até cerca de 400 Watts.

Suas desvantagens, admitidas em função da economia e simplicidade do projeto:

1) sensibilidade a variações da tensão da rede nas baixas velocidades, o que torna relativamente difícil a manutenção de velocidades constantes abaixo dos 10% da máxima;

2) controle de apenas uma fase da alimentação, o que se traduz na entrega de uma potência menor que a máxima, mesmo na maior velocidade.

Entretanto, em relação aos trabalhos mais delicados em que a baixa rotação é realmente necessária e que o torque máximo excessivo da furadeira pode ser até perigoso à integridade da peça trabalhada, uma redução da potência pode ser bastante conveniente.

O CONTROLE E SEU FUNCIONAMENTO BÁSICO

A base deste circuito é um SCR, diodo controlado de silício (figura 1) que determina a parcela da potência entregue à furadeira, não alterando, entretanto, a tensão, mas sim a duração do semi-ciclo da cor-

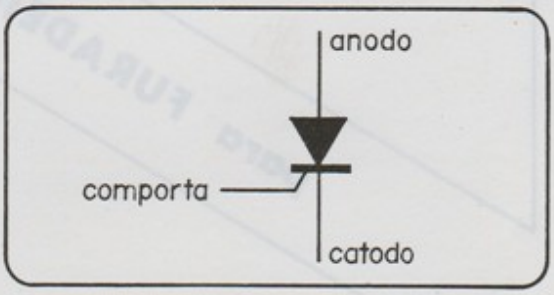


Figura 1

rente alternada que o alimenta (figura 2). Isso significa, em termos técnicos, que não

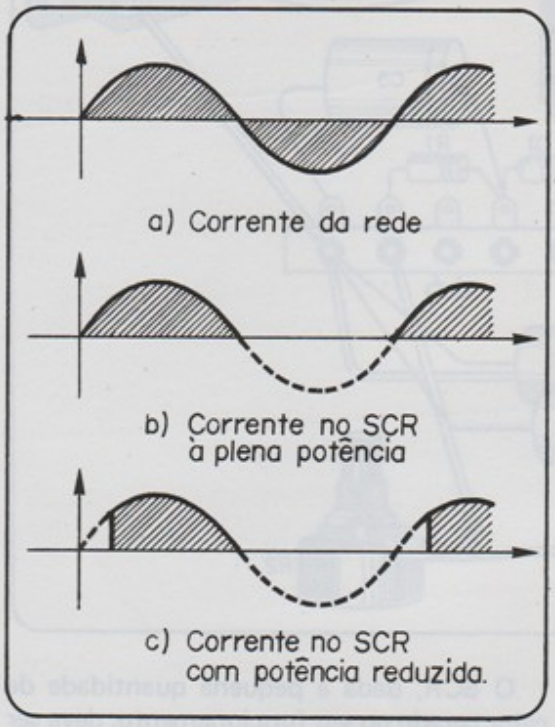


Figura 2

há dissipação de energia no controle e que o torque não é muito afetado em toda a gama de rotação.

O uso do SCR, entretanto, apresenta como maior vantagem a possibilidade do dispositivo de controle (reostato ou potenciômetro) ser de pequena potência, o que facilita bastante sua montagem.

A parcela da energia aplicada ao motor da furadeira pode ser controlada em cada semi-ciclo da alimentação de corrente alternada, dadas as propriedades do SCR de atuar como um interruptor sincronizado pela freqüência da rede alimentação, que permite dosar, por pulsos da mesma freqüência, a alimentação do motor da furadeira.

Analisando o funcionamento do SCR na furadeira, o que faremos mais adiante, o leitor dotado de maior interesse pela eletrônica poderá compreender como esse dispositivo atua neste circuito.

COMPONENTES E MONTAGEM

Os componentes podem ser todos obtidos com facilidade, exceto a bobina L1, responsável pela eliminação de interferências geradas pelo circuito, que deve ser construída pelo próprio leitor.

Esta bobina é feita enrolando-se fio esmaltado # 24 ou # 26 em torno de um resistor de 100 kΩ @ 2 W e soldando-se os seus terminais nos do resistor (figura 3).

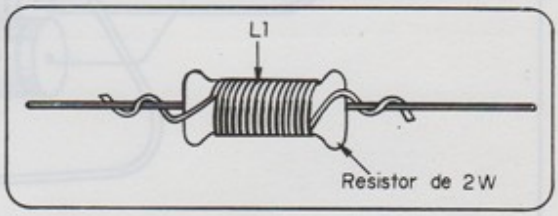


Figura 3

O número de espiras ("voltas") de fio não é fixo. Deve ser enrolado fio suficiente para cobrir o resistor.

O SCR é do tipo plástico para corrente de 4 Ampères, aproximadamente e sua tensão deve ser de 200 Volts se a sua furadeira for para 110 Volts e 400 V se a sua furadeira for para 220 V. Esse SCR, conforme a sua procedência, pode ser encontrado com as seguintes denominações: MCR106, TIC106 ou C106.

Os outros componentes são todos de fácil obtenção, sendo encontrados praticamente, em qualquer casa de material eletrônico.

Com relação à montagem, como o número de componentes é reduzido, optamos pela sua soldagem numa ponte de terminais, conforme mostra a figura 4. Todo o conjunto deve ser alojado numa caixa de alumínio ou chapa de ferro com o controle do lado de fora. A tomada para ligação da furadeira pode ser colocada na própria caixa conforme sugere a figura 5. O montador deve tomar o máximo de

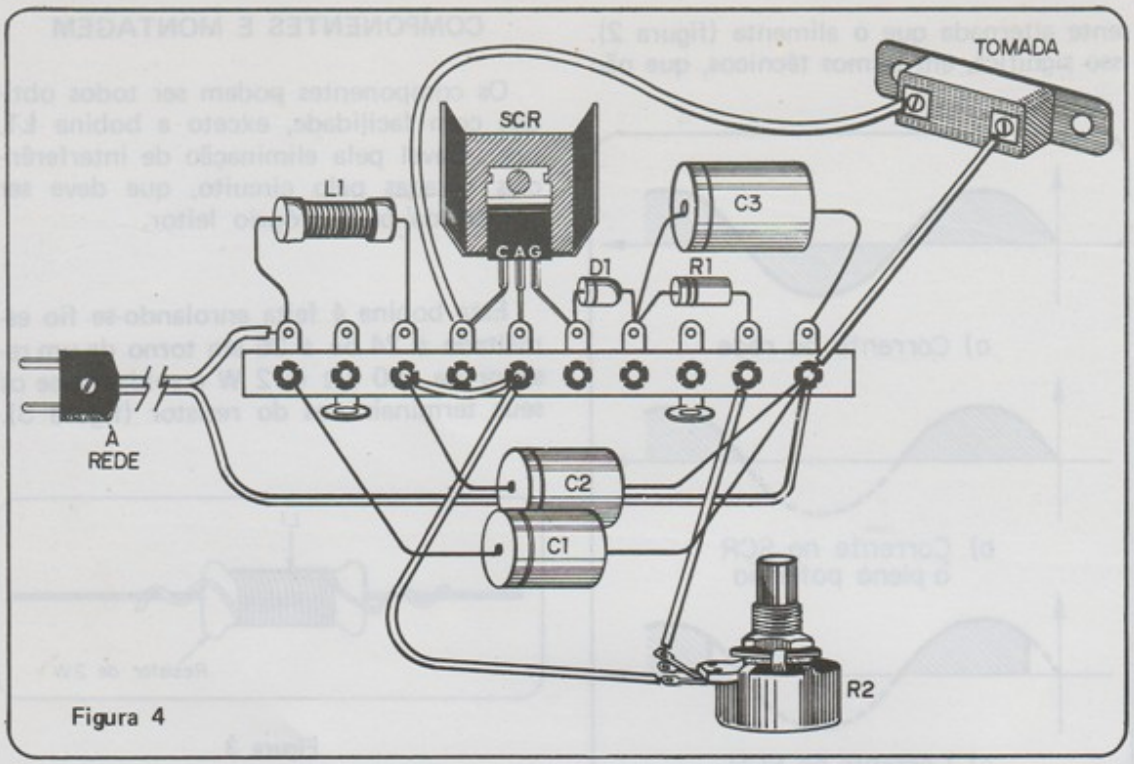


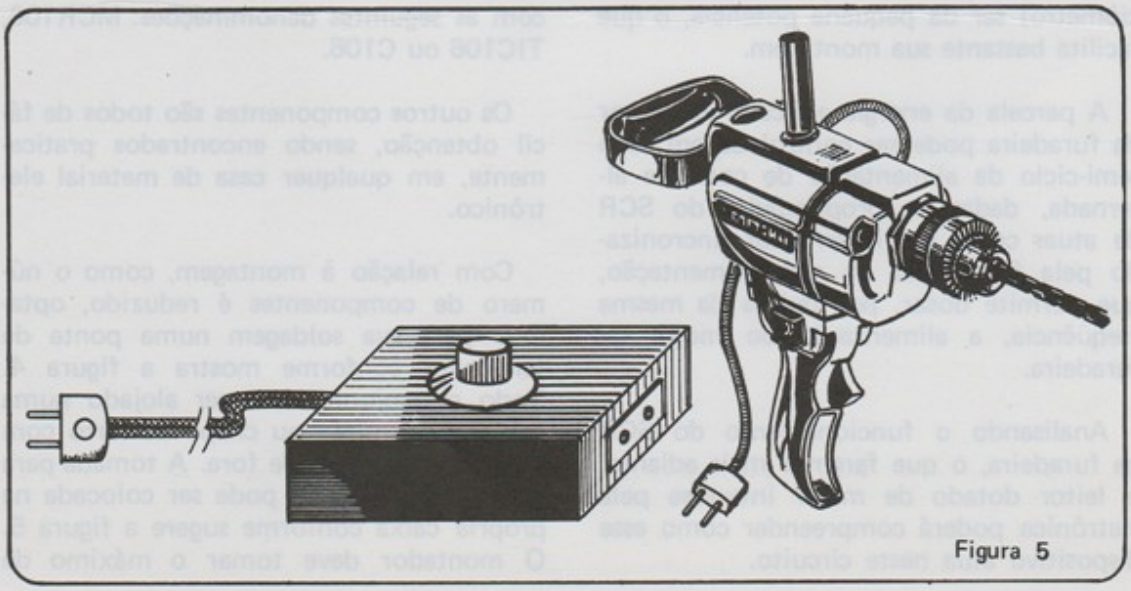
Figura 4

cuidado para que o terminal de fixação da ponte não seja usado em conexão alguma e que nenhum componente não isolado encoste no metal o que poderia implicar em curto-circuitos perigosos.

Na verdade, sugerimos o acréscimo de um fusível compatível com a corrente da furadeira (de 3 a 5 Ampères) para proteger o SCR em caso de "curtos" acidentais.

O SCR, dada a pequena quantidade de calor gerado no seu funcionamento, deve ser dotado de um irradiador de calor que consiste numa placa de alumínio de aproximadamente 3 x 6 cm dobrada em U conforme mostra a figura 6.

Para a soldagem dos componentes use um soldador de 30 Watts e solda de boa qualidade (60/40). As conexões entre os


Figura 5

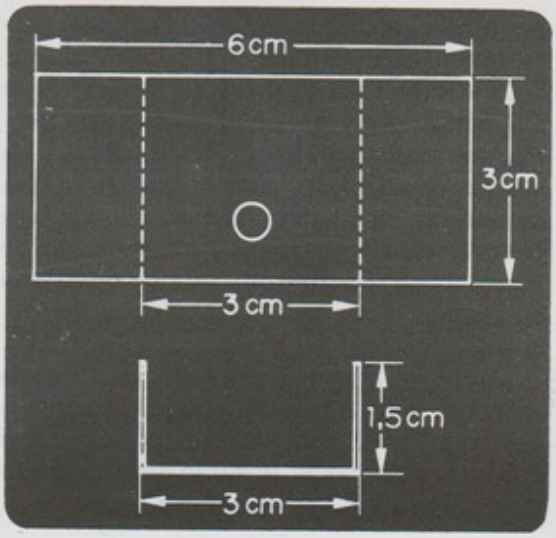


Figura 6

componentes podem ser feitas com fio flexível comum ou rígido isolado com capa plástica.

Observação: não se esqueça de raspar as pontas do fio esmaltado da bobina antes de soldá-la aos terminais do resistor. Com a fina capa de esmalte que o recobre a solda não "pegará", não havendo conexão elétrica.

O fio esmaltado #24 ou #26 usado nesta bobina pode ser adquirido em casas de enrolamento de motores ou, ainda, em casas de materiais eletrônicos. Uns 3 ou 4 metros serão mais do que suficientes para a elaboração da bobina.

INTERFERÊNCIAS

A comutação rápida do SCR no controle de velocidade provoca impulsos elétricos responsáveis por interferências em receptores de rádio próximos, que se manifesta sob a forma de um ruído semelhante ao do motor. Essa interferência é justamente eliminada pelo filtro que consiste na bobina e nos dois capacitores a ela associados C1 e C2 (ver diagrama figura 7). Sua função é evitar que os impulsos de interferência se propaguem através da rede de alimentação, prejudicando aparelhos próximos.

O SCR

O SCR, diodo controlado de silício, consiste num semicondutor de 3 terminais (anodo, catodo e comporta). Quando não há tensão alguma no seu terminal de comporta). Quando não há tensão alguma no seu terminal de comporta, o SCR não conduz a corrente que se tenta estabelecer entre o anodo e o catodo. O SCR se comporta, portanto, como um interruptor aberto. Quando, entretanto, uma tensão de determinada polaridade é aplicada ao anodo e ao catodo, e no comporta do SCR há

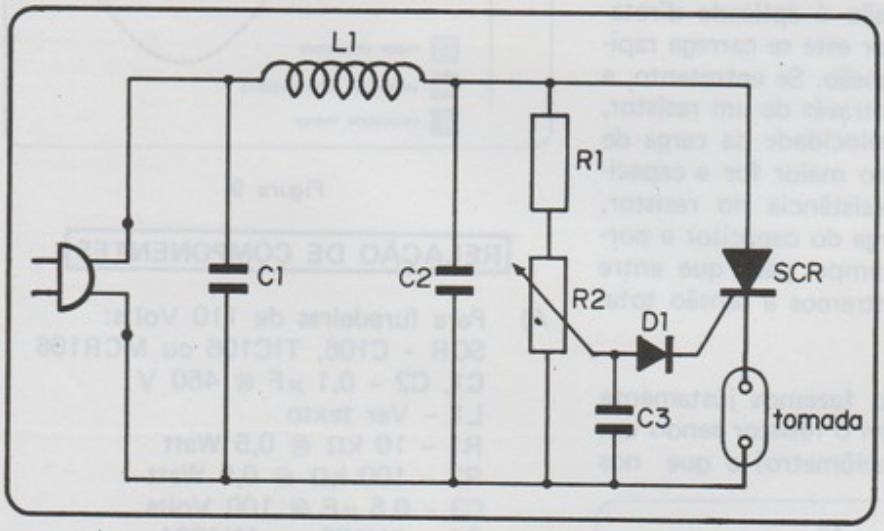


Figura 7

uma tensão de excitação, o SCR conduz intensamente e assim permanece até que a alimentação seja cortada. Com isso o SCR comporta-se como um interruptor que pode ser acionado por uma tensão externa.

Nosso controle opera da seguinte maneira.

Fazemos com que a tensão que dispara o SCR e que permite a condução de cada semi-ciclo positivo da corrente de alimentação (o SCR não conduz os semi-ciclos negativos nesta configuração) se atrase em relação a esse semi-ciclo, de modo que apenas uma parcela seja conduzida e com isso a potência entregue ao motor seja controlada. Quanto maior for o atraso da tensão de disparo, menor será a potência entregue ao motor. Com isso podemos controlá-la entre 5% e 90% do seu máximo, aproximadamente.

Para atrasar a tensão de disparo usamos um artifício que consiste no circuito RC em série.

Quando uma tensão é aplicada diretamente a um capacitor este se carrega rapidamente com essa tensão. Se entretanto, a tensão for aplicada através de um resistor, o resistor limita a velocidade da carga de tal modo que, quanto maior for a capacitância e maior a resistência do resistor, mais lenta será a carga do capacitor e portanto levará mais tempo para que entre seus terminais encontremos a tensão total aplicada (figura 8).

No nosso circuito fazemos justamente isso: R1 e R2 formam o resistor sendo um deles variável (potenciômetro) o que nos

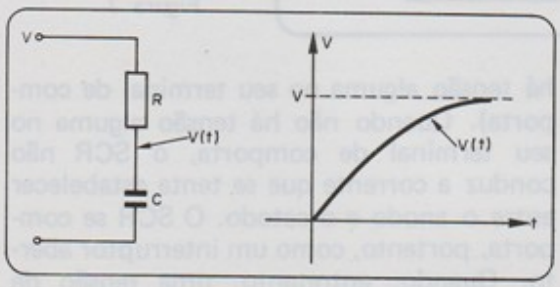


Figura 8

permite controlar o tempo de carga e, portanto, o atraso da tensão; C3 é o capacitor. Seus valores foram calculados de modo que seu tempo de carga esteja exatamente dentro dos correspondentes à duração do ciclo de alimentação com o que se obtém os efeitos desejados. Como usamos um circuito de atraso apenas, dizemos que se trata de um controle de "simples constante de tempo".

O diodo ligado entre esse circuito de tempo e o SCR impede que pulsos negativos sejam aplicados ao SCR quando ele se encontra polarizado inversamente, pois pelo contrário ele "se queimaria".

As formas de onda do controle são mostradas na figura 9.

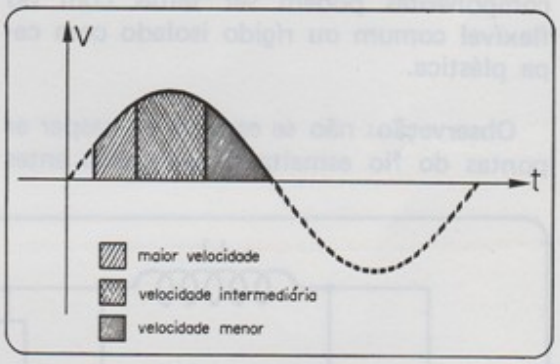


Figura 9

RELAÇÃO DE COMPONENTES

A) Para furadeiras de 110 Volts:
SCR - C106, TIC106 ou MCR106
C1, C2 - 0,1 μF @ 450 V
L1 - Ver texto
R1 - 10 kΩ @ 0,5 Watt
R2 - 100 kΩ @ 0,5 Watt
C3 - 0,5 μF @ 100 Volts
D1 - BY127 ou 1N4004

B) Para furadeiras de 220 Volts:
SCR - C106, TIC106 ou MCR106
C1, C2 - 0,1 μF @ 450 V
L1 - Ver texto
R1 - 10 kΩ @ 0,5 Watt
R2 - 150 kΩ - potenciômetro linear
C3 - 0,5 μF x 100 V
D1 - BY127 ou 1N4004

A ETAPA DE SAÍDA HORIZONTAL:

funcionamento e reparação

A ETAPA DE SAÍDA HORIZONTAL DE UM TELEVISOR EXERCE DUAS FUNÇÕES BASTANTE IMPORTANTES: GERA UMA TENSÃO DENTE DE SERRA QUE PROVOCA A VARREDURA HORIZONTAL DO FEIXE DE ELÉTRONS DO CINESCÓPIO E, AO MESMO TEMPO, FORNECE A ALTA TENSÃO NECESSÁRIA À SUA ALIMENTAÇÃO.

Evidentemente, focalizar num único artigo todos os tipos de circuitos de varredura horizontal empregados em televisores modernos seria praticamente impossível. Dedicaremos nosso espaço à análise de alguns tipos, esperando que, explicando seus princípios de funcionamento, o técnico reparador possa conhecer um pouco mais desta importante etapa, enriquecendo sua "bagagem" de recursos para reparações.

Como dissemos na introdução, a função da etapa de saída horizontal é dupla, ou seja, ao mesmo tempo que gera a forma de onda necessária à varredura, alimenta o cinescópio com a alta tensão necessária à aceleração do feixe de elétrons. Se bem que não haja separação entre as duas funções, por motivos didáticos as explicaremos separadamente.

Nos televisores a válvulas, nesta etapa é empregado um pentodo de alta potência que opera em classe B ou C de modo que a corrente de placa flui somente durante uma pequena parte do ciclo de excitação.

A tensão excitadora (sinal de entrada), proveniente do oscilador, deve ter uma forma de onda especial. Trata-se de um sinal trapezoidal e não propriamente de uma onda dente de serra, conforme mostra a figura 1.

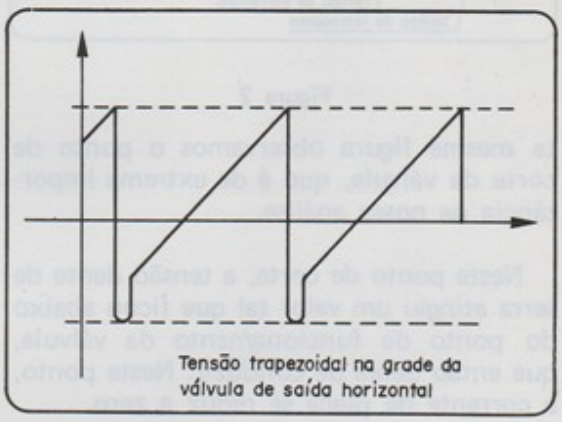


Figura 1

A combinação dente de serra — onda quadrada é necessária porque faz com que flua uma corrente com forma de onda dente de serra pura nos enrolamentos responsáveis pela deflexão. Isso nos leva às trajetórias lineares que necessitamos para o feixe de elétrons.

A carga ou circuito de placa da válvula é o primário de um transformador o qual é acoplado aos enrolamentos da bobina de deflexão que constituem na carga para o secundário desse mesmo transformador.

Assim, a combinação dos enrolamentos do transformador e a bobina de deflexão constituem a carga para a válvula de saída.

O funcionamento do circuito ocorre do seguinte modo. Quando a válvula de saída conduz, flui um pulso de corrente pelo enrolamento primário do transformador, o que provoca o aparecimento de um pulso similar no enrolamento secundário. Na figura 2 temos a forma de onda do pulso de corrente que percorre as bobinas. Nes-

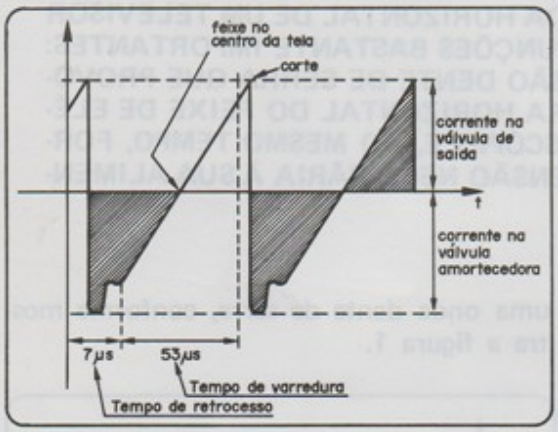


Figura 2

ta mesma figura observamos o ponto de corte da válvula, que é de extrema importância na nossa análise.

Neste ponto de corte, a tensão dente de serra atingiu um valor tal que ficou abaixo do ponto de funcionamento da válvula, que então deixa de conduzir. Neste ponto, a corrente de placa se reduz a zero.

O impulso, entretanto, acumula energia no núcleo da bobina sob a forma de um campo magnético no secundário do transformador e, quando a válvula interrompe a circulação de corrente, o campo decai a zero, induzindo outro pulso de corrente.

Deste modo, ao ser estabelecido o pulso, o campo magnético criado nas bobinas causa uma deflexão do feixe de elétrons no cinescópio, fazendo-o movimentar da esquerda para a direita a partir de uma posição inicial de repouso que tomamos no centro da tela. Exatamente quando o feixe de elétrons chega na borda do cinescópio, a válvula deixa de conduzir.

O colápso resultante do campo, gera um pulso agudo nos enrolamentos da bobina de deflexão que faz com que o feixe de elétrons corra rapidamente da extrema direita para a extrema esquerda da tela. Em seguida, cessado este pulso contrário, quando a tensão induzida desaparece, o feixe volta da esquerda para a direita quando então atinge novamente a região central da tela. Neste momento a válvula começa conduzir novamente reiniciando o ciclo, ou seja, aparece a tensão que leva o feixe novamente para a extrema esquerda da tela.

Com isso obtemos a varredura horizontal em que o movimento do feixe de elétrons se dá segundo uma linha horizontal na tela.

Quando a energia acumulada no transformador decai, induz um pulso de corrente no primário. O regime de variação de corrente durante esse rápido intervalo de tempo faz com que, pelo primário, flua um pulso de alta corrente. Este pulso induz uma tensão muito elevada no primário que atua como auto-transformador. Essa tensão é então aplicada ao retificador de alta tensão, conforme aparece na figura 3.

O tempo total para um ciclo completo é de 63 μs. Destes, 56 μs são usados para a varredura e 7 μs são usados para o retorno. O golpe indutivo usado para gerar o pulso de alta tensão é que dá origem ao nome dado para este sistema: **'fly-back"**, ou seja, retorno.

O SISTEMA TRANSFORMADOR "YOKE"

Como todo circuito indutivo dotado de capacitâncias parasitas, o sistema transformador/"yoke" apresenta uma freqüência de ressonância.

Assim, durante o processo de retorno do feixe de elétrons, o colápso do campo magnético excita esse sistema fazendo-o oscilar. Por razões que explicamos em seguida, todo o sistema está projetado para

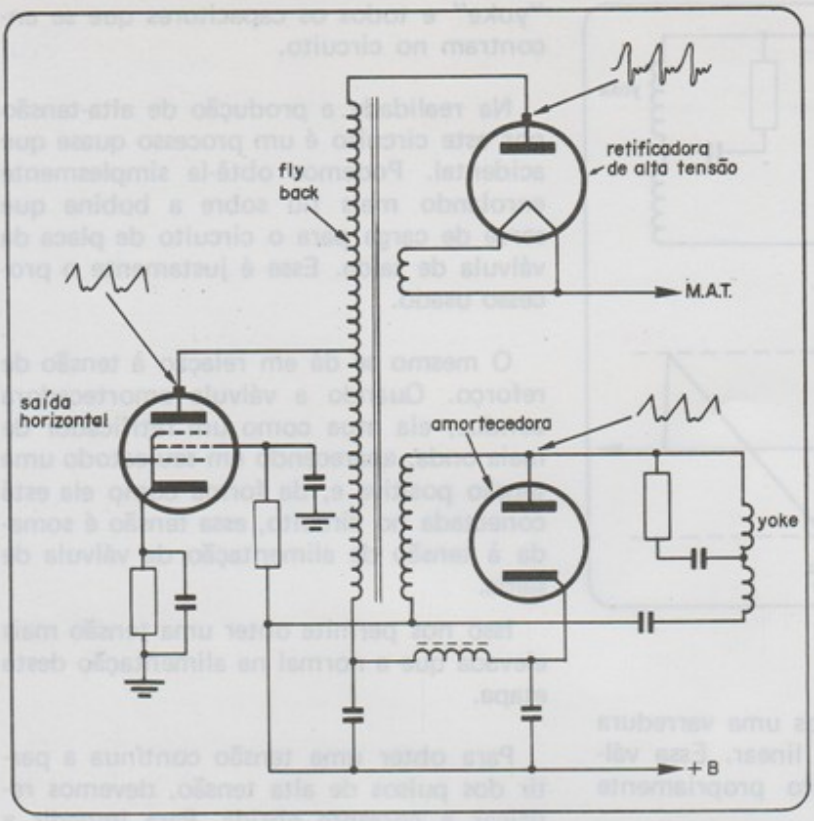


Figura 3

ser naturalmente ressonante na freqüência fundamental do tempo de retrocesso do feixe de elétrons, ou seja, de 70 a 72 kHz.

A idéia básica é que para realizar a varredura obtemos essas oscilações, queiramos ou não. Assim, como não podemos nos livrar delas, pelo menos podemos aproveitá-las.

Com elas obtemos um retrocesso rápido e, também, ao fazer todo o sistema ressonante na freqüência de retorno, aumentamos enormemente seu rendimento; com isso conseguimos um pulso muito mais intenso no primário do transformador de onde obtemos a alta tensão.

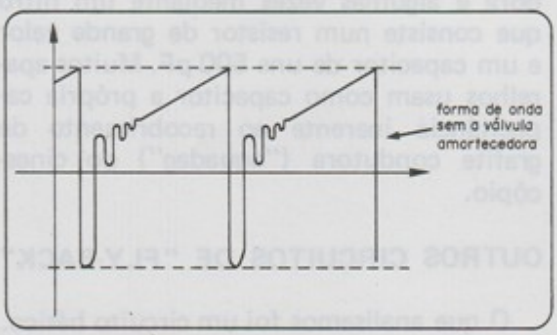


Figura 4

Seguindo nossas explicações vemos que, se deixarmos as oscilações amortecerem elas poderiam perturbar a varredura, já que alterariam sensivelmente a forma de onda que então apareceria mais ou menos como mostra a figura 4.

Para nos livrarmos da parte indesejável dessas oscilações amortecidas, conectamos um retificador de meia onda através do "yoke", conforme mostra a figura 5.

Agora, durante o retrocesso, o pulso torna positivo o catodo deste retificador não havendo, portanto, condução e, portanto, nenhuma interferência no processo. Mas, tão logo o pulso passe pelo nível zero de tensão e se torna negativo, a válvula é polarizada no sentido direto ocorrendo, então, uma condução intensa que curto-circuita as partes indesejáveis da oscila-

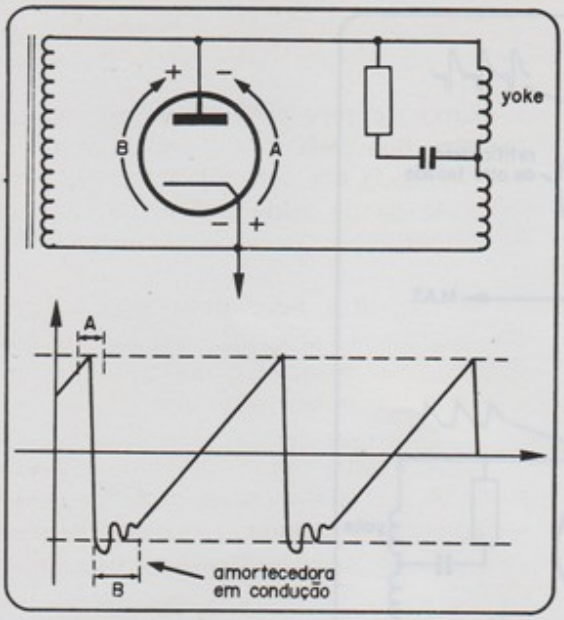


Figura 5

ções, com o que obtemos uma varredura quase que perfeitamente linear. Essa válvula é denominada muito propriamente de amortecedora.

Resumindo o que obtivemos até aqui.

O oscilador excita a válvula de saída que, por sua vez, excita o circuito sintonizado formado pela combinação "yoke"/transformador de "fly-back".

Já sabemos o que sucede quando um circuito sintonizado sai de sua freqüência de ressonância. Há uma redução no rendimento da etapa. Deste modo, cada vez que trocarmos um componente no circuito do "yoke" ou do transformador de "fly-back" deveremos sempre usar um substituto que leve todo o circuito à condição ressonante original.

Esta é a principal exigência que nos leva a ter sempre de usar transformadores de "fly-back" e "yokes" cujas características sejam as mais próximas possíveis dos originais.

Os componentes mais importantes do circuito são os que determinam a ressonância: o transformador de "fly-back", o "yoke" e todos os capacitores que se encontram no circuito.

Na realidade a produção de alta-tensão por este circuito é um processo quase que acidental. Podemos obtê-la simplesmente enrolando mais fio sobre a bobina que serve de carga para o circuito de placa da válvula de saída. Esse é justamente o processo usado.

O mesmo se dá em relação à tensão de reforço. Quando a válvula amortecedora conduz, ela atua como um retificador de meia onda, aparecendo em seu catodo uma tensão positiva e, da forma como ela está conectada no circuito, essa tensão é somada à tensão de alimentação da válvula de saída.

Isso nos permite obter uma tensão mais elevada que a normal na alimentação desta etapa.

Para obter uma tensão contínua a partir dos pulsos de alta tensão, devemos retificar a corrente obtida. Para impedir a formação de "arcos", o retificador usado deve ser de tipo especial, com uma separação maior entre o eletrodo de placa e o filamento.

O filamento deve estar a um potencial acima do de terra, de maneira que esse filamento normalmente é alimentado envolvendo-se uma ou duas voltas de fio muito bem isolado em torno do núcleo do transformador de "fly-back".

A saída de alta tensão é tomada a partir do próprio filamento da válvula retificadora e algumas vezes mediante um filtro que consiste num resistor de grande valor e um capacitor de uns 500 pF. Muitos aparelhos usam como capacitor a própria capacitância inerente ao recobrimento de grafite condutora ("aquadag") do cinescópio.

OUTROS CIRCUITOS DE "FLY-BACK"

O que analisamos foi um circuito básico. A seguir daremos três outros circuitos bastante comuns que diferem em relação

ao exemplo apenas na maneira como é conectado o "yoke".

1) Na figura 6 temos um circuito em que o transformador usa um enrolamento separado para alimentar o "yoke". O positivo da fonte é aplicado ao "fly-back" mediante seu secundário e a válvula amortecedora. A tensão auxiliar que se desenvolve no catodo da válvula amortecedora é usada para reforçar a alimentação do circuito de placa da válvula de saída.

2) No circuito da figura 7 o autotransformador tem um único enrolamento e excita o "yoke" através de derivações nesse mesmo enrolamento. A tensão de alimentação é aplicada à válvula amortecedora por meio da bobina de linearidade. Neste caso também temos o aparecimento de uma tensão de reforço no catodo da válvula amortecedora.

3) Na figura 8 vemos um circuito de excitação direta que utiliza um "fly-back" com um único enrolamento. O "yoke" é conectado em série no extremo inferior desse enrolamento e também ao catodo da válvula amortecedora onde se desenvolve a tensão de reforço.

REPARAÇÃO DO CIRCUITO DE VARREDURA

Como na reparação de outros equipamentos, nos televisores também a técnica recomendada é a análise por etapas, começando-se da de saída e deslocando-se até às iniciais.

No caso dos televisores, entretanto, a etapa de saída horizontal deve ser analisada com cuidado especial, o que nos leva a um processo um pouco diferente.

Em primeiro lugar, devemos proceder como se esta etapa estivesse completamente isolada das demais e em seguida devemos analisar como se fosse um transmissor de rádio.

É como se fosse um oscilador ligado a um amplificador de potência (mediante um circuito sintonizado e um circuito de carga) a uma antena.

No nosso caso a antena ou circuito de carga é o "yoke" e o retificador de alta tensão, mas o funcionamento básico é exatamente o mesmo.

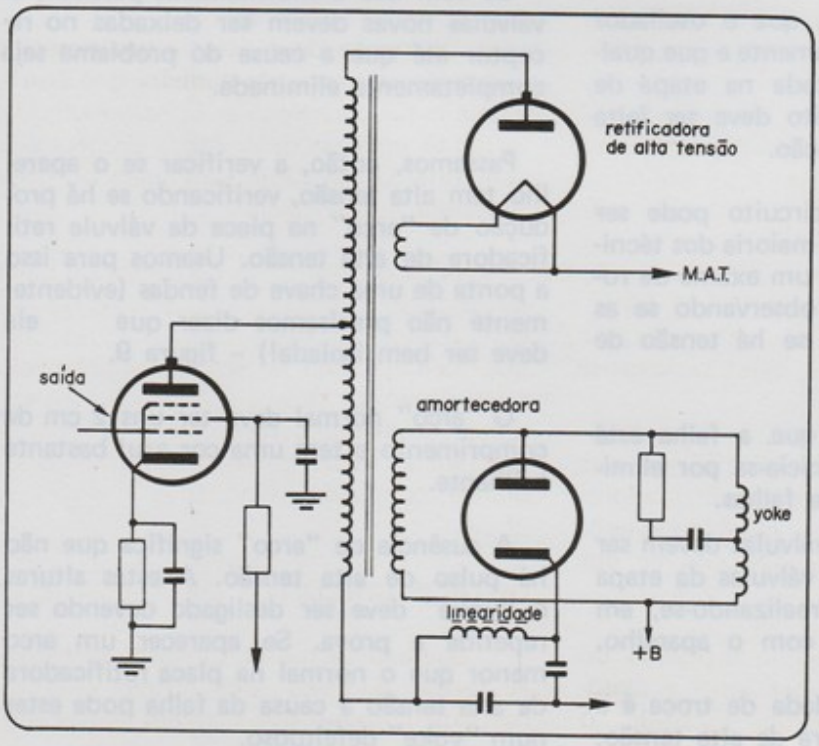


Figura 6

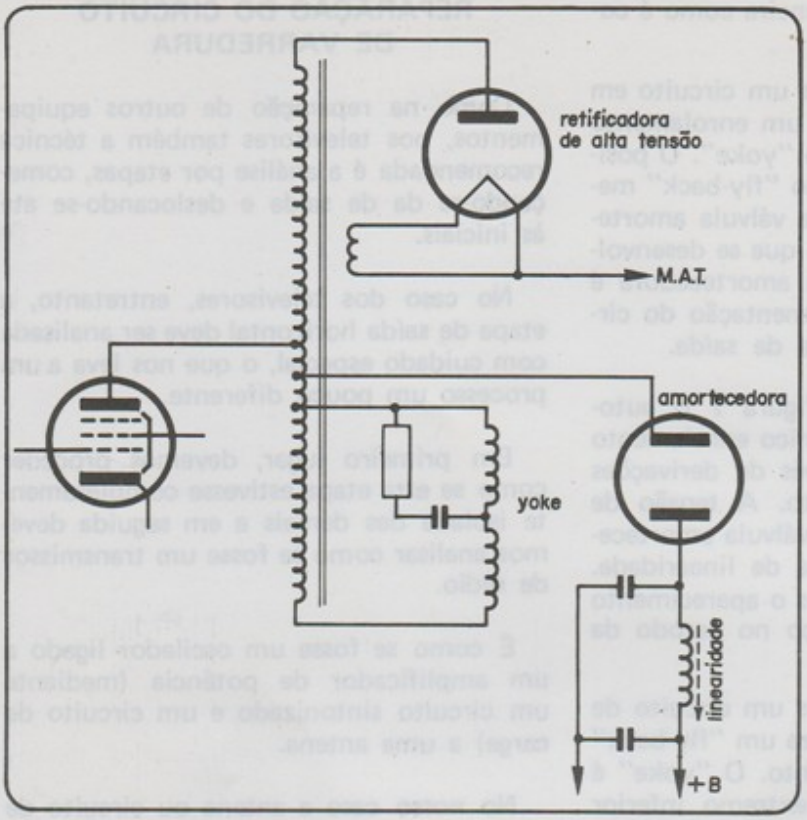


Figura 7

Analisando-o como se fosse um transmissor será muito mais fácil encontrar suas falhas.

Suporemos, de início, que o oscilador está funcionando perfeitamente e que qualquer falha esteja localizada na etapa de saída. A prova do circuito deve ser feita pelo processo de eliminação.

Qualquer ponto do circuito pode ser tomado como partida. A maioria dos técnicos, entretanto, efetuam um exame de rotina no aparelho, antes observando se as válvulas estão "acesas", se há tensão de alimentação, etc.

Uma vez constatado que a falha está realmente nesta etapa, inicia-se por eliminar as possíveis causas de falhas.

Em primeiro lugar as válvulas devem ser provadas. Se possível as válvulas da etapa devem ser substituidas realizando-se, em cada troca, uma prova com o aparelho.

Uma ordem recomendada de troca é a seguinte: 1) - retificadora de alta tensão; 2) - amortecedora; 3) - saída horizontal; 4) - osciladora.

Se com isso a anormalidade persistir, as válvulas novas devem ser deixadas no receptor até que a causa do problema seja completamente eliminada.

Passamos, então, a verificar se o aparelho tem alta tensão, verificando se há produção de "arco" na placa da válvula retificadora de alta tensão. Usamos para isso a ponta de uma chave de fendas (evidentemente não precisamos dizer que ela deve ser bem isolada!) - figura 9.

O "arco" normal deve ter uns 2 cm de comprimento e tem uma cor azul bastante brilhante.

A ausência de "arco" significa que não há pulso de alta tensão. A estas alturas o "yoke" deve ser desligado devendo ser repetida a prova. Se aparecer um arco menor que o normal na placa retificadora de alta tensão a causa da falha pode estar num "yoke" defeituoso.

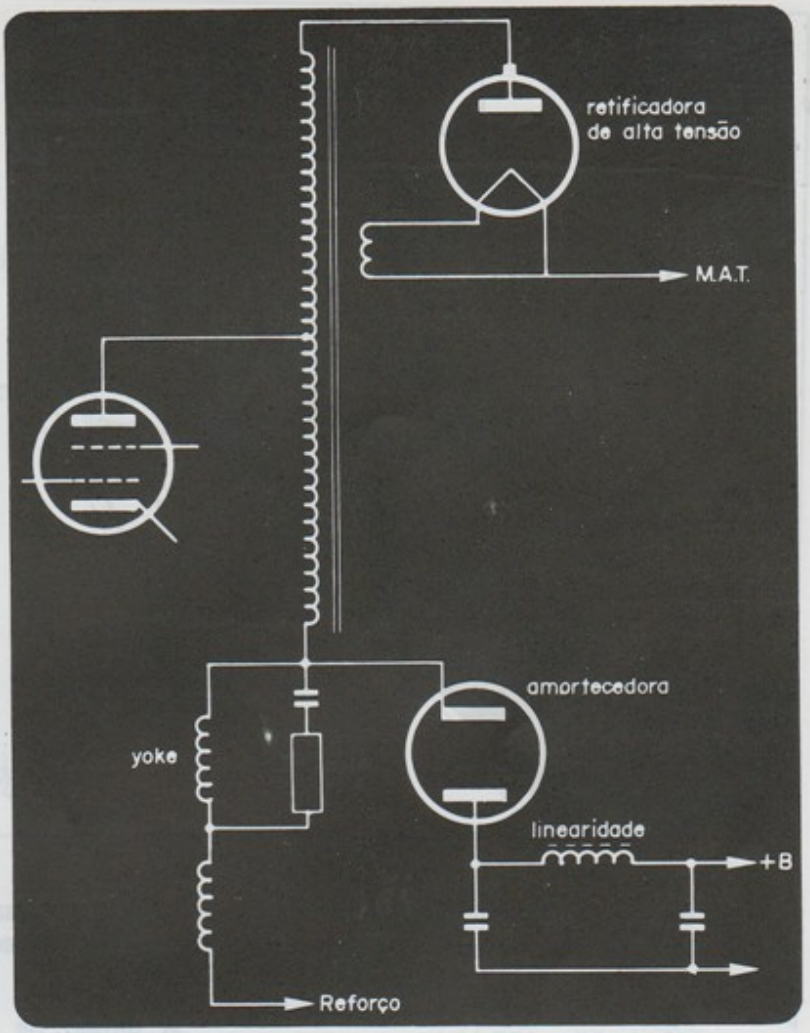


Figura 8

Devem, então, em seguida, ser procurados curto-circuitos e redes de resistores e capacitores que tenham "escapes". Se for possível, em lugar do "yoke" suspeito, experimentar um outro de mesma indutância, comprovando se a alta tensão volta ao normal. Se isso ocorrer teremos provado que, efetivamente, é o "yoke" que "está mal", devendo ser substituido. Se não, a causa pode residir no "fly-back" ou na válvula de saída.

SAÍDA FRACA

Na maioria dos aparelhos, os pontos de prova são facilmente acessíveis; será importante realizar uma medida nas tensões de grade, placa, etc., das válvulas da etapa.

O osciloscópio é um instrumento de extrema valia para a análise desta etapa. Colocando sua ponta de prova próxima, sem tocar, no condutor da placa da válvula de saída: poderemos verificar se ali existe a tensão pulsante e inclusive poderemos ter uma idéia de sua amplitude.

Uma saída anormalmente baixa pode ser ocasionada por excitação deficiente, capacitores de acoplamento "abertos" ou ajuste de excitação efetuado incorretamente.

Essas falhas podem ser comprovadas rapidamente com o osciloscópio e um calibrador de tensões. Deve ser medida a amplitude crista-a-crista do sinal excitador na grade da válvula de saída.



Figura 9

Para os antigos aparelhos de 50° essa tensão deve ser de uns 50 V; para os aparelhos de 70° deve ser da ordem de 65 V; para os aparelhos de 90° de 75 V e para os de 110° de 95 a 105 Volts.

A tensão da grade de blindagem da válvula de saída deve também ser medida. Uma válvula curto-circuitada substituida algum tempo antes pode causar alterações no resistor de polarização.

As tensões normais de blindagem para os tipos mais comuns de válvulas são:

6CD6 – 175 Volts
6AU5, 6AV5, 6BQ6, 6CU6, 6DQ6 – – 200 Volts
6BG6 – 350 Volts

Nos circuitos práticos, evidentemente, variações desses valores podem ser registradas. A tensão de blindagem não pode ser, entretanto, maior que os valores indicados para essas válvulas, pois, pelo contrário, não haverá dissipação de calor suficiente.

A tensão de catodo também deve ser verificada no caso de haver um resistor limitador. Muitos circuitos simplesmente conectam o catodo à massa, mas outros usam um pequeno resistor de 100 a 150 Ohms, a fim de proteger a válvula em caso de falhas de excitação.

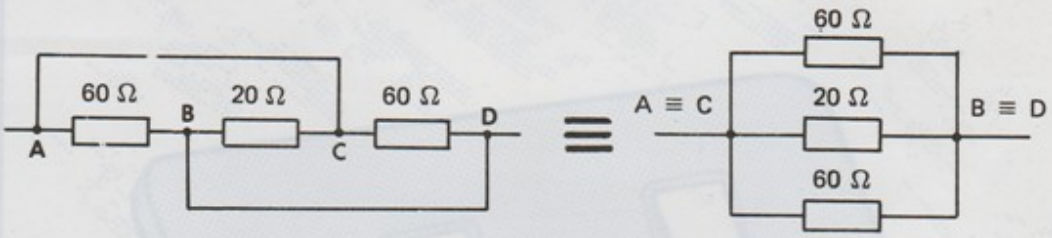
Voltando à analogia com o transmissor, lembramos que estas válvulas são exatamente como as empregadas nos amplificadores finais. Se são ligadas sem excitação, as correntes de placa apresentam valores excessivos e, em pouco tempo, a válvula fica inutilizada.

Assim, se observarmos que a placa da válvula de saída se encontra avermelhada, devemos desligar o circuito porque não existe excitação. Retirando-a do circuito, devemos procurar a causa dessa falta de excitação.

série... ou paralelo?

Quando resistores estão ligados em série ou paralelo da maneira convencional, isto é, seguindo os padrões que facilmente podemos perceber que se encontram desse modo, a aplicação da fórmula é o único recurso necessário à obtenção da resistência equivalente. Quando, entretanto, os resistores são ligados de modo um pouco mais "disfarçado" em que o técnico menos experiente sente dificuldade em saber como estão ligados, para se obter a resistência equivalente, a coisa se torna um pouco mais complicada. É o que ocorre no caso da associação que demos no teste do número 45 de nossa Revista.

Se bem que aparentemente os resistores estejam ligados em série, já que aparecem "enfileirados" da maneira convencional, não é o que ocorre na realidade, dadas as ligações externas. Para a resolução deste teste temos, portanto, que usar de um artifício que consiste em transformar este circuito num equivalente em que o modo de ligação se torne visível. Para isso, damos nomes aos nós, ou seja, pontos de interligações. Assim, o mesmo circuito, pode ser transformado no equivalente da figura, que facilmente percebemos que se trata de uma ligação em paralelo.



Assim, como se tratam de três resistores em paralelo, temos que aplicar a fórmula tradicional:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} + \frac{1}{60}$$

Extraindo o mínimo múltiplo comum e reduzindo ao mesmo denominador temos:

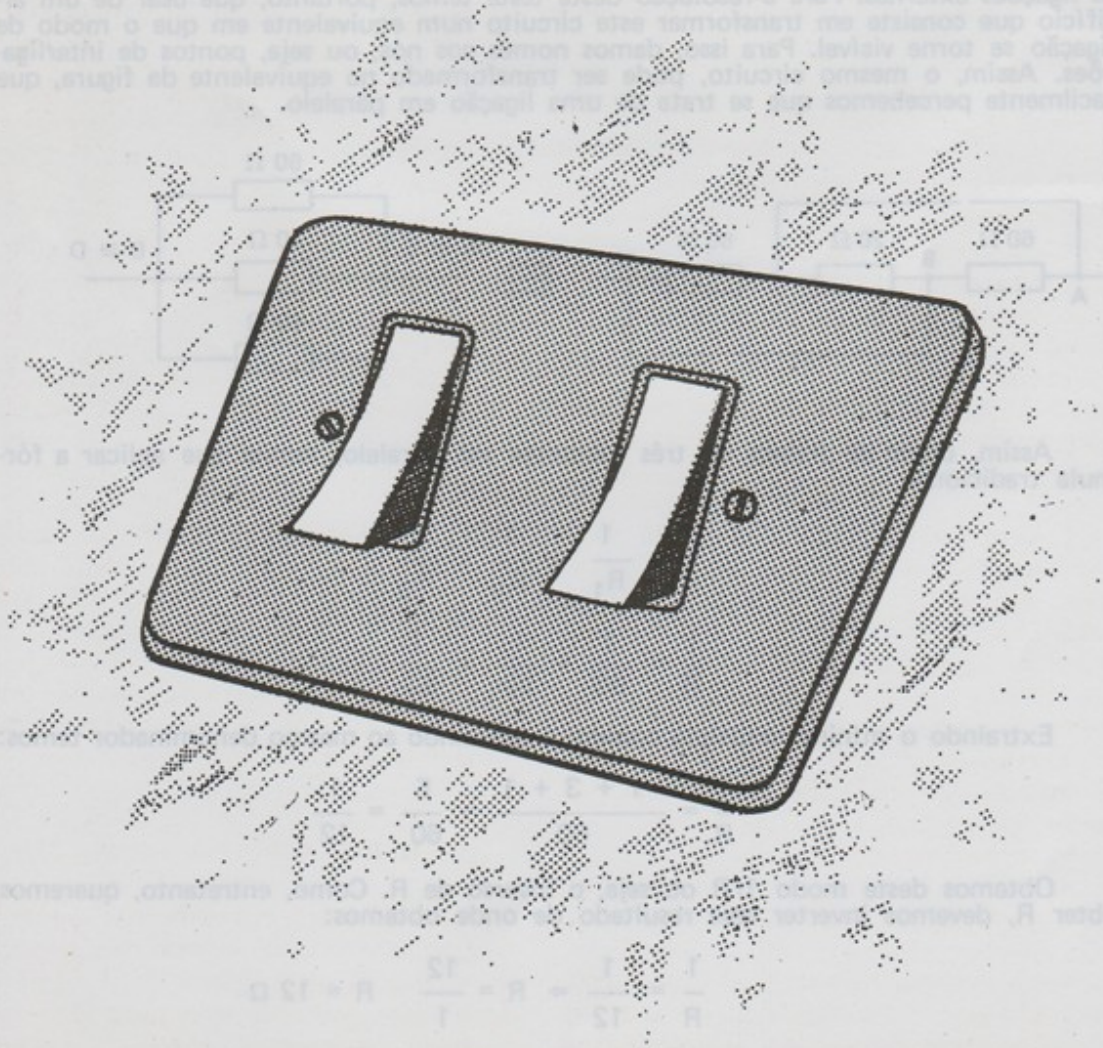
$$\frac{1}{R} = \frac{1 + 3 + 1}{60} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12}$$

Obtemos deste modo 1/R ou seja, o inverso de R. Como, entretanto, queremos obter R, devemos inverter esse resultado de onde obtemos:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{12} \Rightarrow R = \frac{12}{1} \qquad R = 12\ \Omega$$

que é a resposta correta para a questão proposta.

SIMPLES REDUTOR DE INTENSIDADE LUMINOSA



ESTA MONTAGEM, DIRIGIDA ESPECIALMENTE AO PRINCIPIANTE, CONSISTE NUM REGULADOR DE INTENSIDADE LUMINOSA, ISTO É, NUM CIRCUITO QUE PERMITE A OBTENÇÃO DE DUAS INTENSIDADES DE LUZ PARA UMA LÂMPADA INCANDESCENTE COMUM, SEM NENHUMA MODIFICAÇÃO NO CIRCUITO ELÉTRICO ORIGINAL, A NÃO SER NO INTERRUPTOR.

A utilidade deste dispositivo é patente. O leitor poderá, por exemplo, conjugá-lo ao interruptor da lâmpada de sua sala de estar com a finalidade de obter duas intensidades luminosas para a mesma lâmpada. Numa posição a luz será normal, a luz forte necessária à leitura ou trabalhos que exijam boa iluminação. Na outra posição, ter-se-á uma luz mais suave, ideal para repouso ou ainda para se assistir, sem ofuscamento, aos programas de TV.

O importante a observar neste circuito é que, além de empregar um número reduzido de componentes, apenas um novo interruptor de acordo com as exigências do projeto, um diodo semicondutor e de não exigir nenhuma modificação no circuito da residência, não há gasto de energia pelo redutor. Em outras palavras, ao contrário dos redutores não eletrônicos, este circuito não consome energia alguma!

Quanto ao tipo de lâmpada que pode ter o brilho controlado pelo circuito, podemos afirmar que o diodo recomendado para esta montagem suporta uma corrente máxima de 1 Ampère, o que, em termos de consumo de energia, significa uma potência máxima da ordem de 100 Watts para a rede de 110 Volts e de 200 Watts para a rede de 220 Volts. Entretanto, por medida de precaução e para permitir um funcionamento sem "forçar" o diodo, aconselhamos que seja usada no máximo uma potência 50% inferior.

Assim, para a rede de 110 Volts, recomendamos que a lâmpada controlada seja de 60 Watts e na rede de 220 Volts a lâmpada deverá ter, no máximo, uma potência de 100 Watts.

Observação: o circuito não deve ser usado com lâmpadas fluorescentes.

Naturalmente, outras possibilidades para este mesmo circuito são sugeridas:

* O dispositivo poderá ser instalado numa lâmpada de cabeceira, obtendo-se luz suave para descanso, ou ainda luz normal para leitura.

* No quarto de crianças, pode-se obter iluminação normal, ou ainda iluminação mais suave quando estiverem dormindo.

* Na luz da varanda teremos uma iluminação econômica durante a noite quando estivermos fora e uma iluminação normal no momento de recebermos visitas.

* Este mesmo circuito pode também ser empregado na alimentação de um soldador de até 50 Watts (110 Volts) ou 100 Watts (220 Volts) quando então poderemos mantê-lo quente, mas a baixa temperatura quando não o estivermos usando, ou ainda na posição normal, em que a temperatura será mais elevada.

CONSTRUÇÃO E COMPONENTES

Como a acrescentar só temos um único componente eletrônico, o diodo semicondutor que bloqueará parte da alimentação do circuito, obtendo-se a redução de sua potência e esse componente é de tamanho reduzidíssimo, o dispositivo poderá ser alo-

jado no próprio local onde já existe o interruptor normal (figura 1).

Entretanto, como agora não temos mais duas posições para o interruptor ligado, desligado, mas sim três posições, desligado, luz fraca, luz forte, deveremos usar um interruptor especial. Para isso, temos duas alternativas:

a) poderemos usar uma chave rotativa de 1 polo x 3 posições, conforme mostra a figura 2, onde também já temos ilustrada a ligação dos componentes;

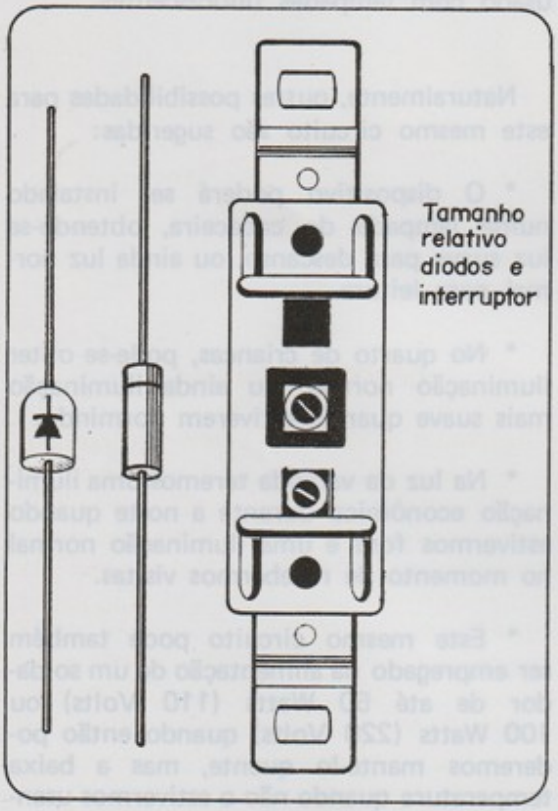


Figura 1

b) poderemos usar dois interruptores simples independentes, reservando um para a função de ligar e desligar a alimentação da lâmpada e outro para fazer a redução da intensidade da luz (figura 3).

A segunda alternativa é a que sugerimos pela facilidade com que esse tipo de interruptor pode ser encontrado.

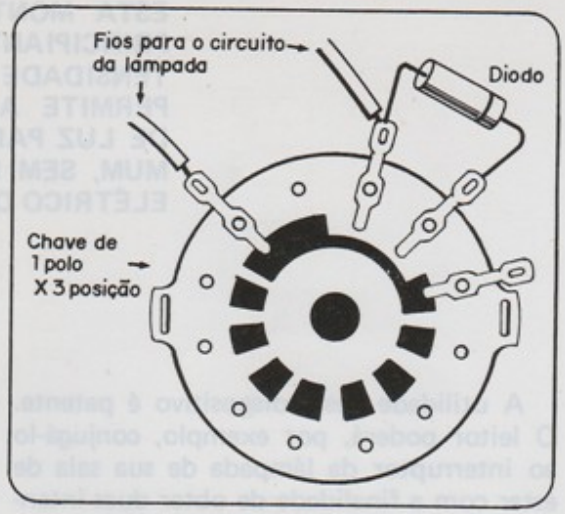


Figura 2

Com relação ao diodo semicondutor, como neste circuito sua polaridade não precisa ser observada, não haverá qualquer dúvida quanto à sua ligação. Esse diodo é do tipo para 400 V @ 1A, podendo ser usado o BY127 ou o 1N4004, ambos encontrados em casas de material eletrônico com bastante facilidade. Seus terminais podem ser presos diretamente nos do interruptor pelos parafusos de fixação nele existentes conforme mostra a figura 4. Os terminais do diodo devem ser dobrados e cortados no comprimento necessário já que se forem longos poderão encostar na caixa de metal onde é alojado o interruptor na parede provocando com isso um curto-circuitos.

A ligação do conjunto é bastante simples. Bastará ligar nos pontos indicados pela figura os dois fios que normalmente são ligados ao interruptor anteriormente existente.

Como usá-lo

* Acionando-se o primeiro interruptor a lâmpada é ligada.

* Acionando-se o segundo interruptor poderemos ter a redução da luz, ou seja, luz forte ou luz fraca; uma marcação com letras auto-fixantes deve ser feita para distinguir as funções dos dois interruptores.

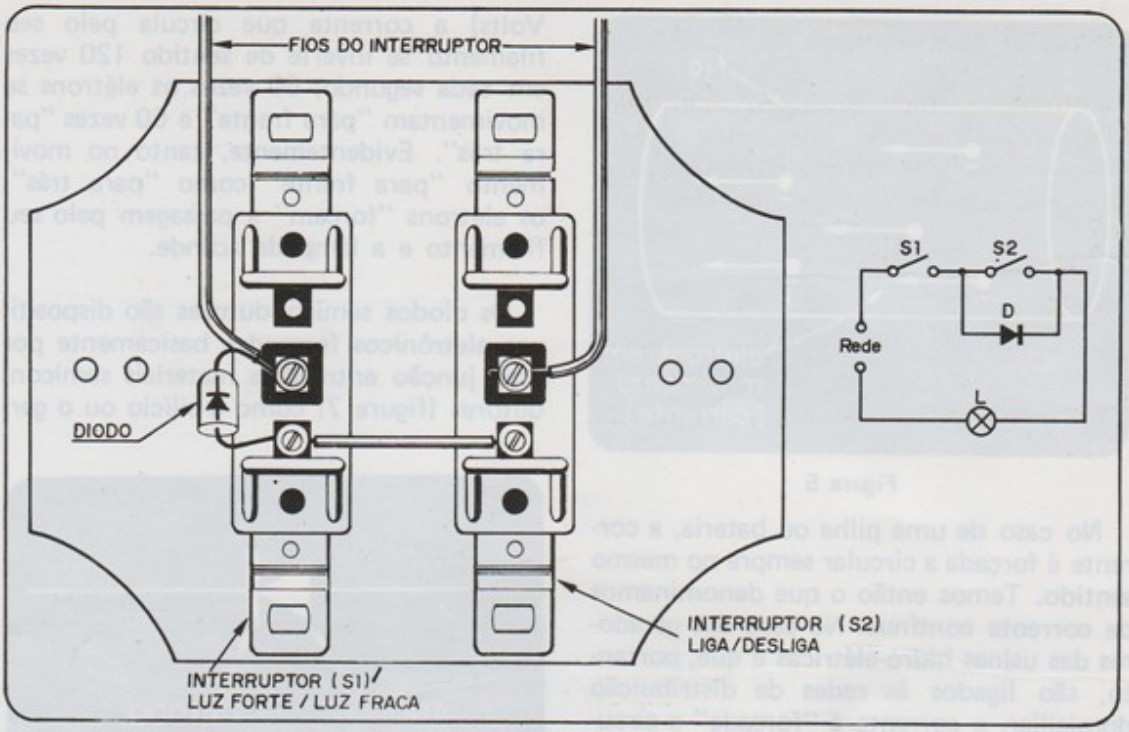


Figura 3

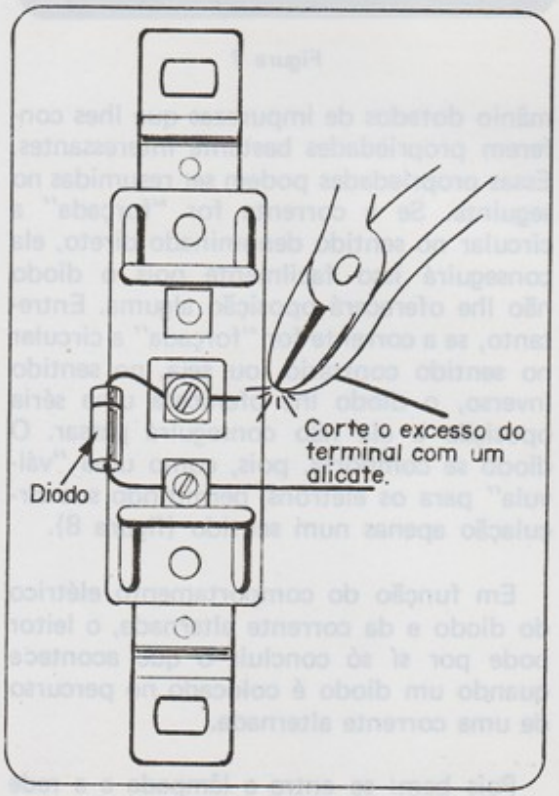


Figura 4

COMO FUNCIONA

Conhecer os princípios de funcionamento dos aparelhos montados é a principal finalidade dos artigos destinados aos principiantes. Aprendendo as funções dos componentes básicos e dos circuitos onde são empregados, o leitor tem sua verdadeira iniciação na eletrônica. Analisando esses princípios com cuidado, respeitando suas limitações, os leitores dotados de mais imaginação poderão, inclusive, criar novas configurações, novos e interessantes aparelhos.

O diodo semicondutor e a corrente alternada

Uma corrente consiste num fluxo de cargas elétricas, ou seja, elétrons, que se deslocam num material condutor que, no nosso caso, é o fio de cobre ou alumínio das instalações. Essa corrente tem sentido de circulação que é determinado pelo gerador que a produz (figura 5).

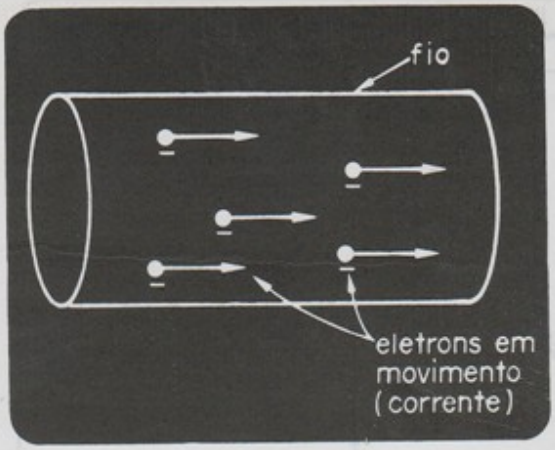


Figura 5

No caso de uma pilha ou bateria, a corrente é forçada a circular sempre no mesmo sentido. Temos então o que denominamos de **corrente contínua**. No caso dos geradores das usinas hidro-elétricas e que, portanto, são ligados às redes de distribuição domiciliar, a corrente é "forçada" a circular ora num sentido, ora noutro, ocorrendo inversões rápidas um número considerável de vezes em cada segundo. Assim é a **corrente alternada**; o sentido de circulação da corrente fica constantemente invertendo-se. A corrente alternada que utilizamos tem uma freqüência de 60 Hertz o que quer dizer que seu sentido de circulação, em cada segundo, se dá 60 vezes num sentido e 60 vezes em outro (figura 6).

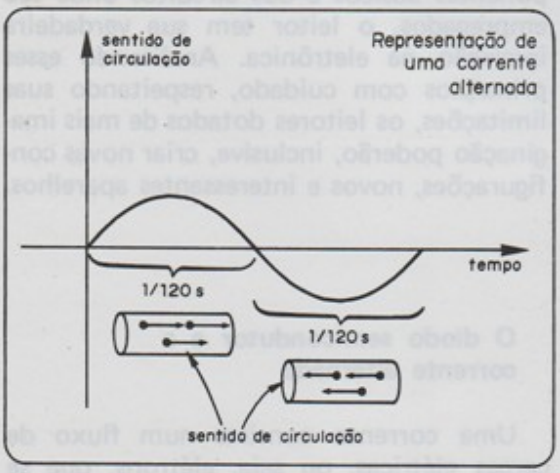


Figura 6

Isso significa que, ao ligarmos uma lâmpada incandescente na rede de distribuição de energia (tanto em 110 como em 220 Volts) a corrente que circula pelo seu filamento se inverte de sentido 120 vezes em cada segundo; 60 vezes os elétrons se movimentam "para frente" e 60 vezes "para trás". Evidentemente, tanto no movimento "para frente" como "para trás", os elétrons "forçam" a passagem pelo seu filamento e a lâmpada acende.

Os diodos semicondutores são dispositivos eletrônicos formados basicamente por uma junção entre dois materiais semicondutores (figura 7) como o silício ou o ger-

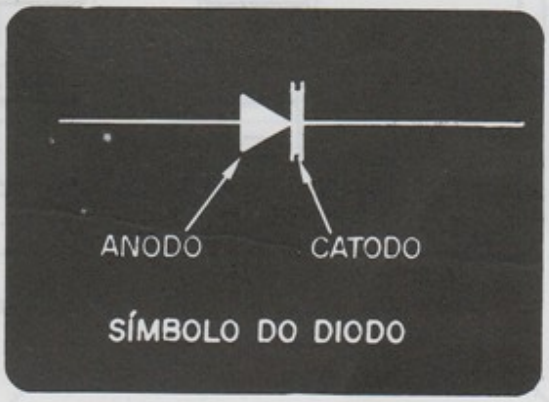


Figura 7

mânio dotados de impurezas que lhes conferem propriedades bastante interessantes. Essas propriedades podem ser resumidas no seguinte. Se a corrente for "forçada" a circular no sentido denominado direto, ela conseguirá isso facilmente pois o diodo não lhe oferecerá oposição alguma. Entretanto, se a corrente for "forçada" a circular no sentido contrário, ou seja, no sentido inverso, o diodo lhe oferecerá uma séria oposição e ela não conseguirá passar. O diodo se comporta, pois, como uma "válvula" para os elétrons, permitindo sua circulação apenas num sentido (figura 8).

Em função do comportamento elétrico do diodo e da corrente alternada, o leitor pode por sí só concluir o que acontece quando um diodo é colocado no percurso de uma corrente alternada.

Pois bem: se entre a lâmpada e a rede de alimentação de corrente alternada for intercalado um diodo, o que ocorrerá?



Figura 8

Nos instantes em que a corrente for "forçada" a circular no sentido direto, o diodo permitirá sua passagem sem oferecer oposição alguma e ela chegará à lâmpada. Nos instantes em que a corrente for "forçada" a circular no sentido inverso o diodo não permitirá sua passagem e ela não circulará pela lâmpada. Como os instantes em que a corrente não circula correspondem à metade dos instantes em que a corrente circula, a lâmpada receberá energia durante apenas metade do tempo médio, ou seja, seu brilho será menor. Assim, com o diodo no circuito, a lâmpada acende com brilho menor sem, entretanto, haver consumo extra de energia.

Com isso, para obtermos luz normal, bastará conectarmos a lâmpada diretamente à rede de alimentação, fazendo-se circular a corrente sem passar pelo diodo e quando, quisermos brilho reduzido, bastará fazermos a corrente circular através do diodo. O interruptor usado permitirá a conexão e retirada do diodo do circuito.

As especificações do diodo

É importante que, desde já, o principiante se familiarize com as especificações dos diodos semicondutores. Esses componentes são especificados em função de duas grandezas elétricas principais.

A máxima tensão a que podem ser submetidos polarizados no sentido inverso. Quando os diodos são polarizados no sentido inverso, eles impedem a passagem da corrente, ou seja, se comportam como circuitos abertos, o que significa que toda tensão disponível na rede de alimentação aparece entre seus extremos (figura 9). O diodo deve, então, "estar apto" a suportar essa tensão sem problemas. Como os 110 ou 220 V são valores médios da corrente alternada, já que os valores máximos são um pouco maiores, da ordem de 150 V para a rede de 110 V e da ordem de 300 V para a rede de 220 V, os diodos devem ser capazes de suportar essas tensões máximas ou de pico.

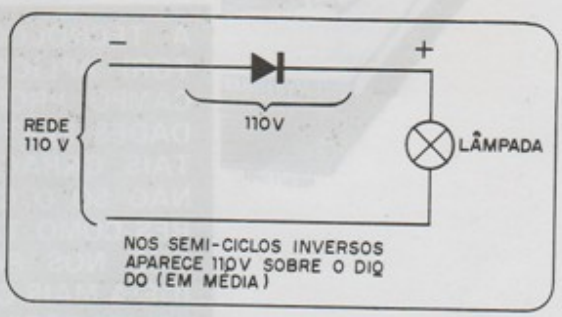


Figura 9

Os diodos usados para as redes de 110 Volts devem, portanto, ser especificados para uma tensão inversa de, pelo menos 200 Volts, enquanto que os usados na rede de 220 Volts devem ser especificados para uma tensão mínima de 400 Volts.

A máxima corrente que pode circular no sentido direto. Quando a polarização é no sentido direto, o diodo conduz intensamente de modo que o circuito recebe sua alimentação. Como mesmo assim o diodo não é um condutor perfeito, uma pequena quantidade de calor pode ser gerada na sua junção e ele deve "estar apto" a dissipar esse calor sem problemas.

Existe, pois, uma limitação para a corrente máxima que pode passar por um diodo sem que ele "se queime". Para o nosso caso, escolhemos diodos para 1 Ampère e demos uma margem de segurança ao circuito, fazendo-o operar no máximo com uma corrente de 0,6 Ampère.

os transistores de EFEITO DE CAMPO MOS



A TECNOLOGIA MOS (METAL-ÓXIDO-SEMICONDUTOR) APLICADA AO TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO PROPORCIONA INTERESSANTES PROPRIEDADES ELÉTRICAS. PARA COMPREENDER MELHOR TAIS CARACTERÍSTICAS. INTERESSA CONHECER NÃO SÓ O COMPORTAMENTO DESSES TRANSISTORES COMO TAMBÉM SUA ESTRUTURA, ELEMENTOS QUE NOS FACILITARÃO A FORMAÇÃO DE UMA IDÉIA MAIS COMPLETA ACERCA DE SUAS POSSÍVEIS APLICAÇÕES.

1. FUNCIONAMENTO

A diferença entre o transistor de efeito de campo de junção e o transistor de efeito de campo MOS está no fato de que este último tem um eletrodo de comporta que está eletricamente isolado do cristal semicondutor por meio de uma delgada película de óxido.

O conjunto metal-óxido-semicondutor é responsável pela denominação dada a este tipo de transistor de efeito de campo.

A figura 1 representa uma secção de um transistor MOS. Duas zonas do tipo N marcadamente "dopadas" (N+) estão difundidas no interior do substrato do tipo P de modo a formar o eletrodo da fonte e o eletrodo de drenagem. O eletrodo metálico de comporta forma um capacitor com o substrato adjacente ou região do canal cujo dielétrico é a película de óxido. Se a comporta for submetida a uma tensão positiva em relação ao substrato, os elétrons deste são atraídos até à zona de separação entre o silício e o dióxido de silício e as lacunas se afastarão dessa região, o que dará lugar à formação de uma capa de silício tipo N (capa de inversão) por baixo do dielétrico e entre a fonte e o dreno. Esta capa de inversão é denominada "canal N". Se estabelecida uma tensão fonte-dreno, circulará uma corrente I_D por este canal.

NOTA: Este artigo poderá ser melhor compreendido pelo leitor ainda não familiarizado com os transistores de efeito de campo após a leitura do artigo "Transistores de Efeito de Campo" publicado ao número 45 (março de 76) da Revista Eletrônica.

A variação da tensão V_{GS} faz mudar a densidade de elétrons e, conseqüentemente, a resistência do canal N e deste modo a intensidade da corrente I_D. Sem dúvida, a diferença do transistor de efeito de campo de junção em relação ao MOS é que a tensão de comporta deste último pode mudar de sinal sem que se produza uma corrente de comporta.

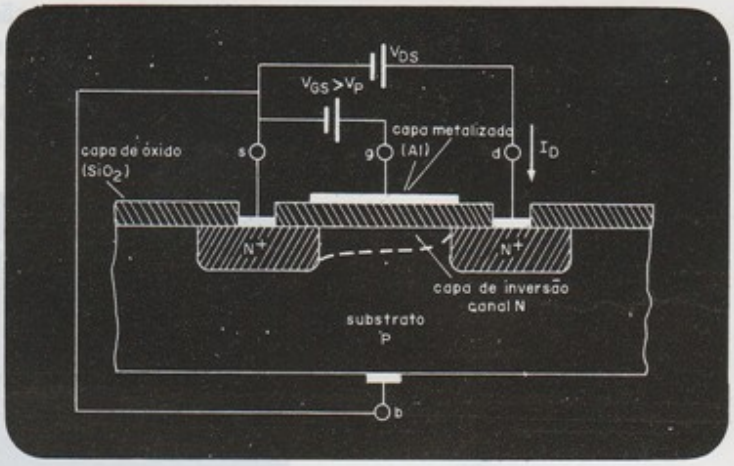


Figura 1

2. TRANSISTORES MOS DE ENRIQUECIMENTO (NORMALMENTE BLOQUEADOS) E DE DEPLEXÃO OU EMPOBRECIMENTO (NORMALMENTE CONDUTORES).

O transistor de efeito de campo MOS antes descrito é um tipo de canal N enriquecido, ou seja, o número de portadores de cargas móveis (elétrons) deve ser primeiramente aumentado (enriquecido) mediante a aplicação de uma tensão de porta positiva. Não existe canal se a tensão de comporta é nula. Visto que uma tensão de drenagem positiva faz com que a união PN entre a zona de drenagem e o substrato fique bloqueada, não passará corrente entre a fonte e o dreno, exceto a corrente de fuga, enquanto a tensão de comporta se mantiver nula.

A tensão V_{GS} para a qual começará a passar certa corrente, devido à formação de uma capa de inversão, é denominada tensão de estrangulamento V_P ou tensão de umbral V_T. A figura 3 mostra as características de um tipo de enriquecimento.

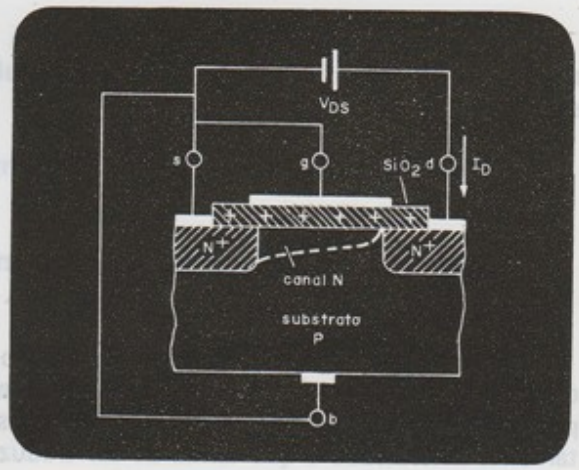


Figura 2

O oposto do tipo enriquecido é o empobrecido ou de deplexão, no qual existe sempre um canal de condução, inclusive sem tensão de comporta. Este efeito é produzido pelos íons positivos imóveis que se encontram sempre na capa de óxido. Estes íons dão origem a uma capa de inversão tipo N no substrato do tipo P, inclusive para $V_{GS} = 0$ de modo que se forma um canal (figura 2).

Quando a tensão de comporta se faz negativa, são expulsos elétrons móveis do canal N e a corrente de dreno decresce a zero. Se a tensão de comporta é positiva a densidade de elétrons e conseqüentemente a corrente de drenagem aumenta de novo como no tipo de enriquecimento. Isto significa que um transistor MOS pode ser usado de ambos os modos: enriquecimento ou deplexão (figura 3b). Em contrapartida,

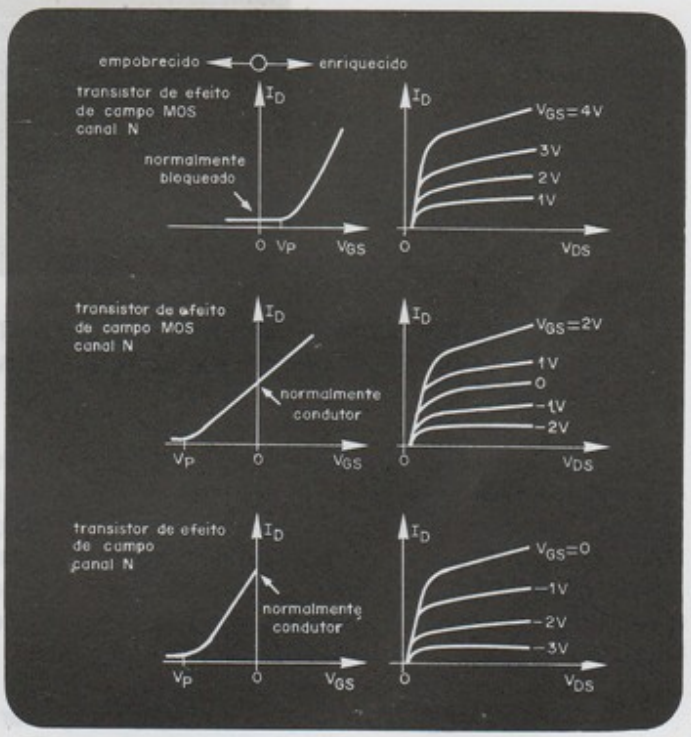


Figura 3

o transistor de efeito de campo de junção se emprega geralmente no modo de deplexão devido a que o trabalho do tipo enriquecido provoca uma polarização direta no diodo comporta-canal.

Por isso é melhor distinguir ambos os modos de operação mediante as denominações "normalmente condutor" e "normalmente bloqueado". Estas denominações significam o seguinte:

— **Normalmente Condutor:** circula uma corrente apreciável de drenagem para $V_{GS} = 0$

— **Normalmente Bloqueado:** praticamente não circula corrente de drenagem para $V_{GS} = 0$

A principal vantagem desta classificação dos transistores de efeito de campo MOS consiste em que ela se baseia numa propriedade das características elétricas do componente e não num processo físico de construção pelo qual o usuário não está diretamente interessado e que tenha de ser traduzido em termos de funcionamento elétrico.

Daí se deduz que o transistor de efeito de campo de junção seja um tipo "normalmente condutor" (figura 3c).

Nos tipos normalmente bloqueados, o potencial de operação da comporta se encontra entre os potenciais da fonte e do dreno, o que também ocorre com os transistores bipolares nos quais o potencial de base é intermediário entre o potencial de emissor e de coletor. Nos tipos normalmente condutores, pelo contrário, o potencial de comporta se encontra fora dos níveis de potenciais da fonte e do dreno, podendo-se obter uma polarização "automática" de comporta com a ajuda de um resistor no terminal da fonte.

3. TRANSISTORES MOS DE CANAL P E DE CANAL N.

No transistor MOS do tipo P, a "dopagem" das diferentes partes é contrária ao indicado na figura 1 e os sinais das correntes e das tensões são trocados de acordo com elas. Existem 4 tipos possíveis de transistores MOS, conforme mostra a figura 4.

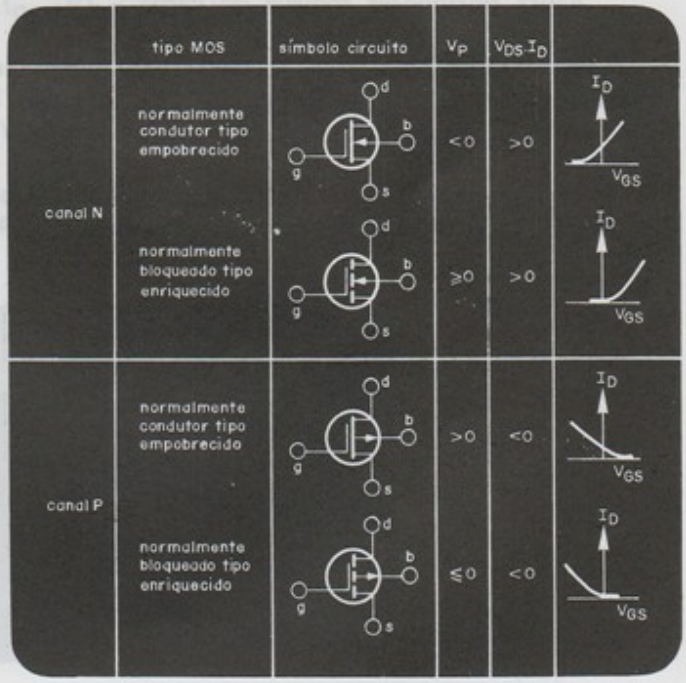


Figura 4

A seta assinala o terminal do substrato e indica o sentido de passagem da corrente com polarização direta na junção PN. Nos símbolos dos transistores MOS, o terminal de comporta está situado assimetricamente em relação ao terminal de fonte para melhor se distinguir o dreno e a fonte.

Os símbolos utilizados para estes dispositivos devem permitir uma diferenciação entre os tipos normalmente condutores e os tipos normalmente bloqueados. Na convenção aqui utilizada, representa-se com uma linha grossa contínua o canal dos tipos normalmente condutores e com uma linha grossa interrompida os do tipo normalmente bloqueados.

4. TENSÃO DE ESTRANGULAMENTO ("PINCH-OFF VOLTAGE")

A tensão de estrangulamento V_p depende, em grande parte, de: carga fixada no óxido, estado de superfície de separação entre o dióxido de silício e do gráu de "do-

pagem" do substrato. Um controle apropriado dos efeitos da separação entre o dióxido de silício e o silício é essencial para se obter uma tensão de estrangulamento reproduzível com suficiente independência da temperatura e do envelhecimento. Isso só pode ser obtido com o emprego de um processo tecnológico perfeito.

Como nos transistores de efeito de campo de junção, a tensão de estrangulamento é a tensão comporta-fonte para a qual se anula a corrente de dreno. A tensão V_p será colocada, portanto, ao pé da característica $I_D \times V_{GS}$. É também a tensão para a qual a capa de inversão começa a se formar na zona do canal. Existem três fatores, além da tensão de comporta, que controlam este processo (figuras 5 e 6):

- As cargas na película de dióxido de silício (V_{ox});
- As cargas dos átomos de impurezas ionizados nas zonas desérticas que não contém portadores de carga móveis, entre a capa de inversão e o substrato neutro (V_{dc});
- Centros de captura na superfície de separação óxido de silício - silício que capta portadores móveis de carga - (V_{trap}).

Esses fatores podem ser representados pelas tensões comporta-fonte equivalentes indicadas por V_{ox}, V_{dc} e V_{trap}. Estas tensões dão lugar a um deslocamento horizontal da característica $I_D \times V_{GS}$ cujo pé situado a $V_{GS} = 0$.

Para compreender estes efeitos, examinemos o transistor MOS de canal N, normalmente condutor que se representa na figura 5. As cargas positivas na capa de óxi-

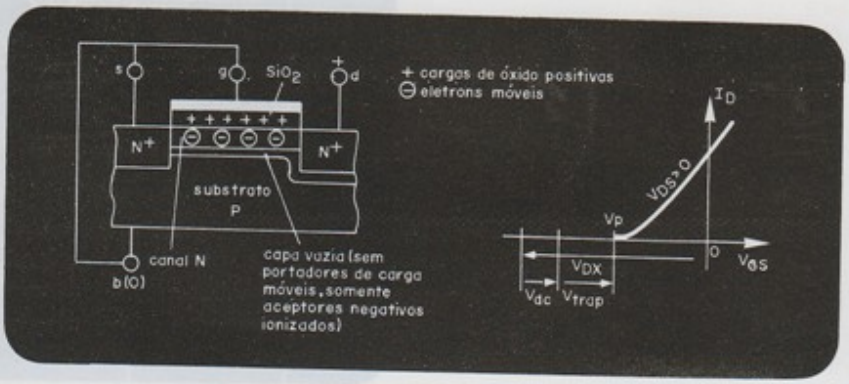


Figura 5

do de silício podem dar lugar a um canal de inversão do tipo N no silício do tipo P e, conseqüentemente, a uma corrente I_D. Deste modo, a característica $I_D \times V_{GS}$ se desloca em direção à esquerda de uma distância V_{ox}.

A tensão V_{dc} influi de modo contrário: representa a tensão necessária para inverter o silício do tipo P em N na superfície na ausência da película de óxido e centros de captura. Para esta inversão, as lacunas originalmente presentes na superfície devem ser expulsas dela; as cargas nos átomos aceptores fixos aparecerão agora como carga espacial negativa.

Para alcançar o equilíbrio, a carga espacial deve ser compensada com uma carga positiva de igual valor na comporta, ou seja, deve-se aplicar uma tensão positiva V_{dc} antes que possa circular a corrente de dreno. A curva $I_d \times V_{GS}$ se deslocará assim de uma distância V_{dc} para a direita. Quanto maior for a carga do aceptor, maior se-

rá o deslocamento. Com um gráu de dopagem do substrato suficientemente elevado se consegue um canal N normalmente bloqueado ($V_p > 0$). Sem dúvida, a transcondutância diminui quando se aumenta a "dopagem", o que deve ser observado.

Os centros de captura são imperfeições do cristal que podem captar portadores de cargas móveis. A corrente de dreno só pode começar a circular quando todos os centros de captura estão ocupados. Portanto, com um canal N, a tensão V_{trap} dá origem a um deslocamento da característica para a direita.

Se considerarmos a mesma situação num transistor MOS de canal P (figura 6)

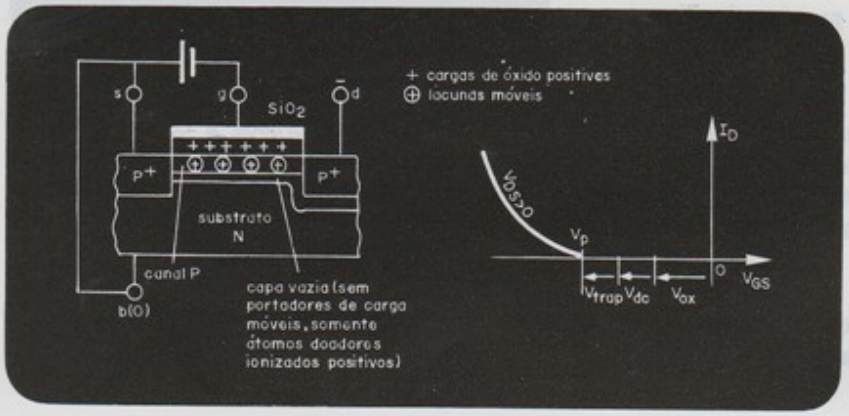


Figura 6

veremos que, quando a película de óxido está carregada positivamente, os três fatores V_{ox}, V_{dc} e V_{trap} atuam no mesmo sentido, em oposição a corrente de dreno e dão como resultado um dispositivo do tipo P normalmente bloqueado.

5. CARACTERÍSTICAS

A característica I_D x V_{DS} dos transistores MOS não difere basicamente das dos transistores de efeito de campo de junção. A figura 3 representa a característica típica de um transistor MOS. Do mesmo modo que nos transistores de efeito de campo de junção, a corrente de dreno aumenta linearmente com o aumento da tensão fonte-dreno a partir de $V_{DS} = 0$ e a pendente deste aumento é maior se a tensão de comporta for mais elevada dado que a capa de inversão é então mais espessa e, por conseguinte, a resistência do canal mais baixa. Devido à queda de tensão na extensão do canal originada pela corrente de dreno, o canal se faz cada vez mais fino na parte do dreno à medida que a corrente de dreno aumenta. Assim, o aumento de I_D em função de V_{DS} se faz progressivamente menor até que se alcança uma secção de canal mínima para a tensão $V_{DS(p)} = V_{GS} - V_p$ ou para $V_{DG} = - V_p$. Semelhantemente aos transistores de efeito de campo de junção, este fenômeno se conhece pelo nome de estrangulamento ("pinch-off").

Na zona de estrangulamento, a corrente de dreno não aumenta apreciávelmente com V_{DS}, para V_{GS} constante. Na figura 7 temos a representação das condições da zona de estrangulamento, podendo-se observar uma capa de vazio (zona desértica) entre a região de difusão do dreno e o substrato. A parte da tensão de fonte-dreno acima do valor $V_{DS(p)}$ cai através desta capa de vazio, enquanto que a queda de tensão através do canal se mantém aproximadamente igual a $V_{DS(p)}$. Os elétrons que chegam à esquerda da capa de vazio são transportados à zona de dreno pelo campo elétrico desta capa de vazio.

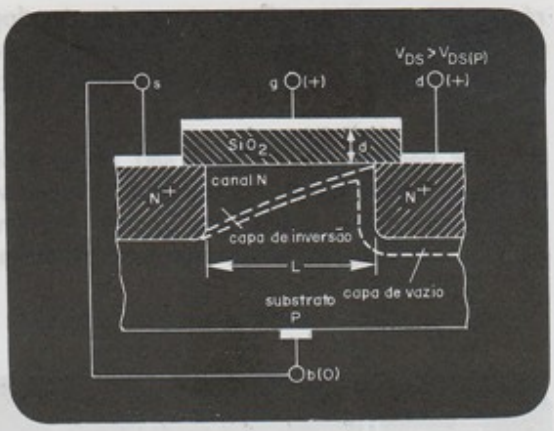


Figura 7

Visto que o canal se faz algo mais curto à medida que cresce a capa de vazio, a resistência do canal diminui ligeiramente, a corrente na zona de estrangulamento aumentará também um pouco. Quanto menor for a mudança relativa no comprimento do canal, mais plana será a característica e, portanto, maior a resistência de saída do transistor.

Com ajuda de certo número de hipóteses simplificadoras, a corrente de dreno nas ditas condições será dada por:

$$I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_p)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

De onde:

$$\beta = \mu_s \cdot C_{ox} \cdot \frac{W}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

μ_s = mobilidade superficial dos portadores de carga no canal

$C_{ox} = \epsilon \cdot \epsilon o / d$ = capacitância da capa de óxido por unidade de área (d = espessura da capa de óxido, conforme a figura 7)

W = largura do canal (para um ângulo reto em relação ao plano do papel na figura 7).

L = Comprimento do canal, o qual depende ligeiramente da tensão dreno-fonte.

A mobilidade superficial μ_s é só uma quarta parte da mobilidade volumétrica μ_v que determina o comportamento dos transistores de efeito de campo de junção. Do mesmo modo que neles, a relação W/L deve ser a maior possível de modo a se obter uma condutância elevada.

A relação quadrática entre a tensão de controle e a corrente de dreno (equação 1) constitui uma boa aproximação com relação ao comportamento real do transistor MOS, não se cometendo um erro maior do que 10:1 do valor de I_D. Para correntes elevadas, se produzem erros devido à resistência dos condutores, enquanto que as cargas da superfície e a espessura do canal começam a influir nas correntes baixas.

Para os transistores MOS normalmente condutores, a equação (1) se escreve do seguinte modo:

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

De onde:

$$I_{DSS} = \frac{1}{2} \beta \cdot V^2_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

I_{DSS} é a corrente de curto-circuito fonte-dreno para $V_{GS} = 0$.

6. CARACTERÍSTICA CAPACITÂNCIA-TENSÃO

As propriedades estáticas e dinâmicas dos transistores MOS estão determinadas em grande parte pela "capacitância MOS" entre a porta e o silício. Esta capacitância depende da tensão comporta-substrato e a determinação da curva desta relação, a curva C x V_{MOS}, proporciona informação importante sobre as propriedades da superfície de separação entre o silício e o óxido. Esta informação se refere à condutividade do silício na região do canal, das cargas da superfície e dos centros de captura.

A miúdo se faz uma medida baseada no anteriormente dito, nos transistores MOS, para determinar a capacitância de curto-circuito da comporta-fonte, C_{gs}, em função de V_{GS}. Esta medida, realizada com a fonte e o dreno conectados, proporciona a característica capacitância-tensão, sendo mostrada na figura 8 a curva C x V.

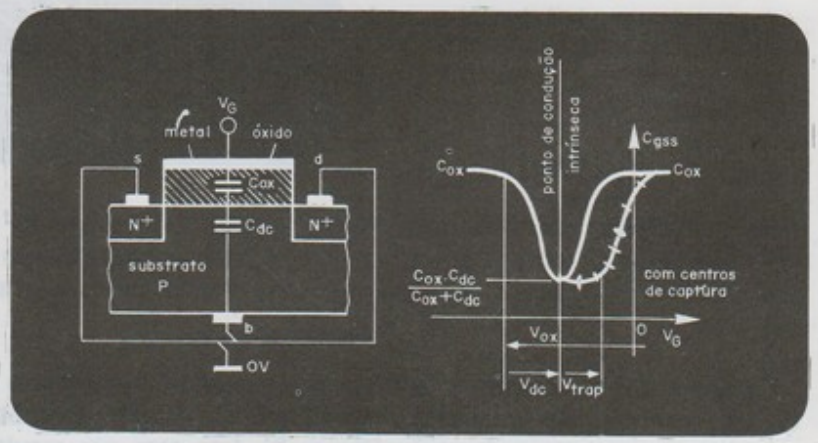


Figura 8

Para valores altamente negativos da tensão de porta V_g, existe um excesso de lacunas na superfície do silício, junto ao limite do óxido e C_{gs} vem determinada principalmente pela capacitância do óxido C_{ox}, ou seja, pela constante dielétrica e pela espessura da capa de óxido. Quando a tensão de comporta se faz menos negativa se alcança um ponto em que a carga positiva do óxido fica compensada pela tensão negativa aplicada e a concentração de lacunas na superfície passa a ser igual à concentração no interior. Se a tensão de comporta segue aumentando, forma-se uma capa de vazio com menos lacunas na superfície do óxido (figura 5) e isto atua como um capacitor C_{dc}, em série com C_{ox}. O valor resultante de C_{gss} segue diminuindo até que alcança um valor de V_g para o qual começa a formar-se na superfície do silício um canal de inversão do tipo N.

Este canal N conecta as zonas da fonte e do dreno, ou seja, a capacitância C_{dc} tem agora um canal de condução conectado em paralelo. Se a tensão de comporta aumenta mais, esta resistência em paralelo diminui progressivamente, de modo que, a capacitância C_{gss} aumenta de novo até o valor C_{ox} e C_{dc} ficará finalmente curto-circuitada.

Se existirem outros centros de captura, eles retardarão a formação de um canal N já que terão que chegar primeiro com elétrons. A capacitância C_{gss} pode aumentar de novo, como se indica pela linha tracejada da figura 8. No ponto no qual a linha tracejada começa a subir, a tensão de comporta é igual à tensão de estrangulamento V_p. Ao se determinar a curva C x V da figura 8, foi levado em conta que as cargas positivas na película de óxido começam a formar o canal inclusive para uma tensão de comporta negativa (veja a figura 5).

7. O SUBSTRATO COMO ELETRODO DE CONTROLE

A corrente de dreno pode ser controlada também por meio do terminal de substrato b, se ele está separado dos demais. A figura 9 mostra a característica I_D x V_{GS}

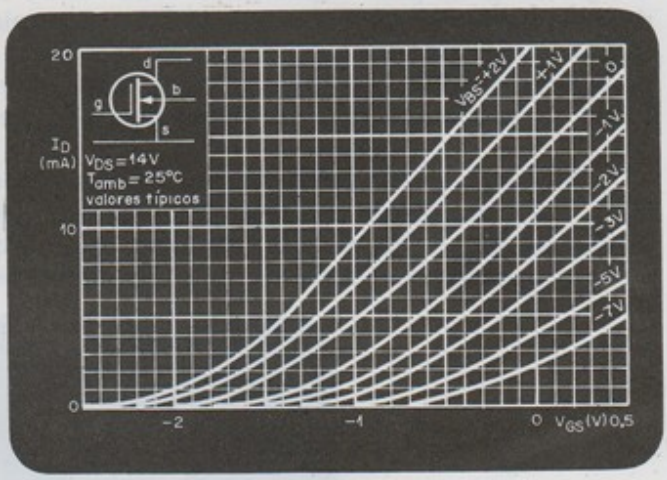


Figura 9

para o transistor MOS de canal N normalmente condutor BFR29. Este transistor tem dois eletrodos de controle, a porta e o substrato, que podem ser empregados na multiplicação de dois sinais, por exemplo, em etapas misturadoras, em aplicações analógicas, etc.

Sem dúvida, devemos lembrar que, quando o substrato é utilizado como eletrodo de controle, ele atua como comporta de junção. O substrato e o canal estão separados por uma capa de vazio (figura 5). Isto tem por resultado que a resistência de entrada entre o substrato e a fonte seja menor que entre a porta isolada e a fonte.

8. ESTRUTURA DOS TRANSISTORES MOS

8.1. Solapado do eletrodo de comporta

Nos tipos normalmente bloqueados, o eletrodo de comporta deve solapar as zonas da fonte e do dreno, pois, pelo contrário, existiriam zonas nos extremos da fonte e do dreno do canal nas quais não seria possível induzir uma capa de inversão. O solapado conduz as capacitâncias parasitas relativamente elevadas se a película de óxido abaixo das partes solapadas da porta não são muito mais grossas que a que está aci-

ma do canal. Um método para se obter um solapado sem capacitâncias elevadas se descreve mais adiante.

8.2. Estrutura de um transistor MOS do tipo empobrecido

As cargas positivas na capa de óxido de um transistor MOS de empobrecimento criam um canal condutor inclusive para uma tensão porta-fonte igual a zero. A fim de se evitar a presença de canais parasitas em paralelo com o canal desejado, é necessário fazer uma estrutura fechada, por exemplo, rodeando totalmente a superfície do dreno pela comporta.

As capacitâncias parasitas e, em especial, a capacitância de realimentação, devem ser as menores possíveis de modo que um funcionamento ótimo seja obtido tanto na amplificação de sinais de alta-freqüência como em comutação. A capacitância de comporta está determinada materialmente pela área de metalização da comporta e pela espessura do óxido.

Para uma alta transcondutância, ou uma baixa resistência em estado de condução, é necessário que o óxido na parte superior do canal seja o mais fino possível (uns 0,2 μ). Nos primeiros transistores MOS esta capa fina de óxido estava também acima das zonas da fonte e do dreno próximas ao canal. Devido às tolerâncias no alinhamento da máscara ocorre com freqüência que uma parte da metalização da comporta se estenda para acima da zona da fonte e do dreno, o que dá lugar ao aparecimento de elevadas capacitâncias de entrada ou de realimentação.

Nos transistores MOS atuais este problema foi superado mediante uma técnica especial de difusão que permite a formação de uma capa de óxido muito mais grossa por baixo das partes solapadas pelo eletrodo de comporta (figura 10).

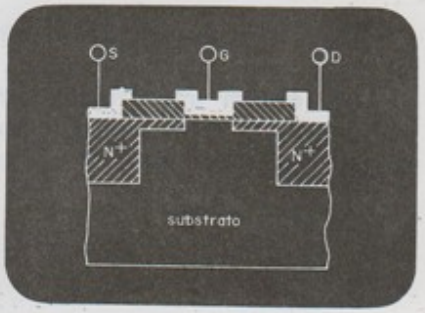


Figura 10

As extensões finas das regiões da fonte e do dreno se obtém por difusão a partir de uma capa de óxido grossa dopada na qual se tenha aberto previamente uma pequena janela. Depois se faz crescer uma fina capa de óxido (0,2 μ) nesta janela de modo que se forme o óxido da comporta propriamente dito e se adapte perfeitamente ao próprio canal. As tolerâncias devidas ao alinhamento da máscara de metalização são muito pouco críticas neste caso.

8.3. Transistores MOS com duas comportas (tetrodo MOS)

Para as aplicações em VHF e UHF, a capacitância de realimentação de um triodo MOS é demasiado elevada (em torno de 0,5 pF). Podem ser obtidos valores muito mais baixos (de uns 0,02 pF) se for acrescentado um segundo eletrodo de comporta, o qual pode ser então empregado para o controle automático de ganho. A estrutura de um transistor MOS deste tipo é dada na figura 11a.

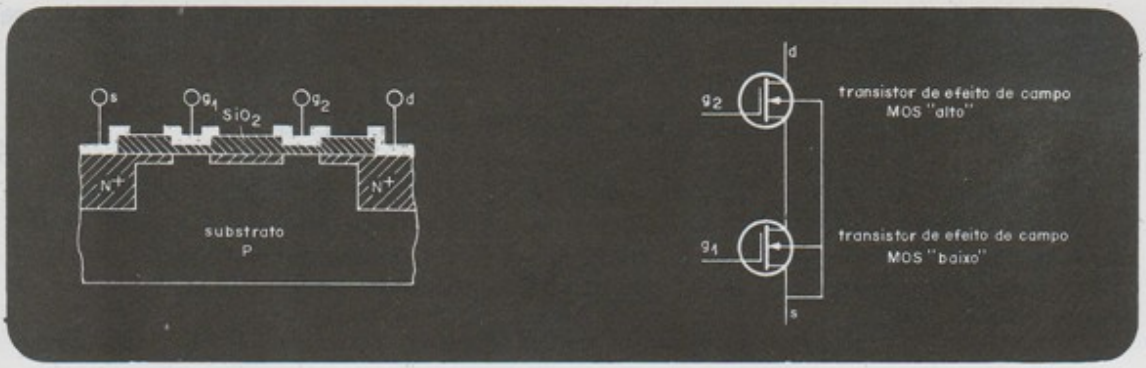


Figura 11

Se a comporta g2 está conectada à massa, para altas freqüências, a realimentação entre o dreno e a porta g1 se torna extremamente baixa, visto que a resistência de cargá do dreno dos transistores MOS mais baixa é igual à transcondutância dos transistores MOS mais alto (veja figura 11b). Assim a modulação da tensão do dreno-fonte dos transistores MOS é relativamente pequena.

O transistor MOS BSF28 tem as seguintes características para L_D = 10 mA:

- admitância de transferência para f = 1 kHz ..... 13 $m\Omega^{-1}$
- capacitância de realimentação (C_{DG}) ..... 25 pF típicos
- condutância de saída para f = 1 kHz ..... 20 $\mu\Omega^{-1}$ típicos

O transistor tetrodo MOS tem pouco ruído de alta freqüência, escassa modulação cruzada e reduzida intermodulação.

8.4. Circuito integrado com um transistor MOS e um transistor bipolar

Se obtém um circuito com propriedades muito interessantes se for combinado um transistor MOS com um transistor bipolar. O circuito integrado TAA 320 consta de um transistor MOS, de um transistor bipolar e um resistor. A figura 12 representa

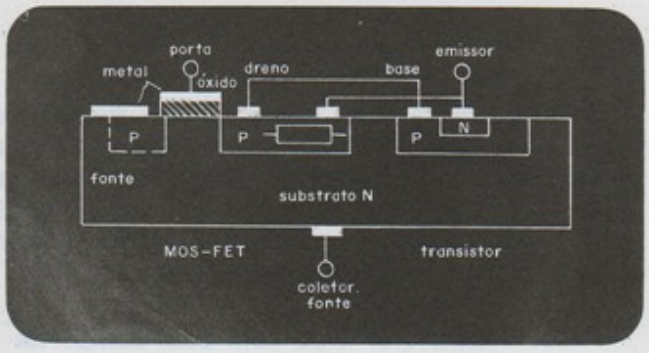


Figura 12

uma secção esquematizada através do cristal. A tensão nos extremos do resistor serve para a polarização do transistor bipolar.

* Adaptação do Caderno Técnico FAPESA — 20-8-74 — Argentina (Gentileza do Setor de Documentação e Divulgação da IBRAPE).

APLICAÇÕES PRÁTICAS PARA OS AMPLIFICADORES operacionais

NEWTON C. BRAGA

©

Simples e Duplo Comparador de Tensão μA710 e μA711

O circuito integrado monolítico μA710 (figura 1) consiste num comparador de tensão diferencial de alta velocidade projetado especialmente para aplicações que exijam alta precisão e tempos muito rápidos de resposta.

Dentre suas possíveis aplicações podemos citar: disparadores Schmitt, de excursão variável; discriminadores de largura de impulsos; comparadores de tensão de alta velocidade; leitores de memórias magnéticas ou ainda receptores imunes a ruídos de linha. É importante observar que sua saída é compatível com a maioria dos tipos de lógica digital (figura 2).

O circuito integrado μA711 consiste num duplo comparador de tensão formado por duas secções idênticas ao μA710, o que permite diversas aplicações importantes. Pela interligação de ambas é possível excitar ou inibir o funcionamento do circuito e eventualmente limitar a tensão de saída num nível alto ("HI").

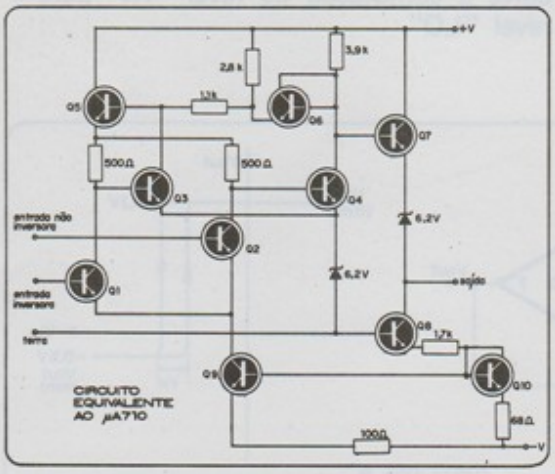


Figura 1

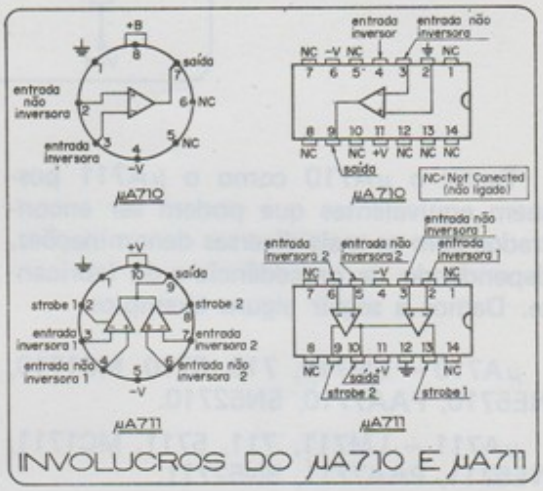
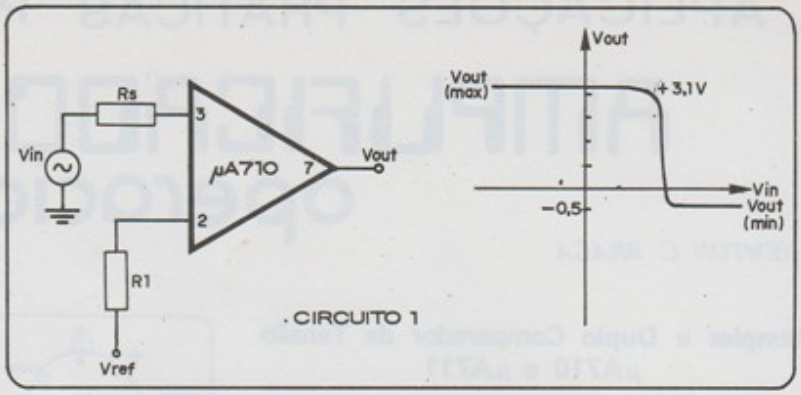


Figura 2

Para uma tensão de alimentação de +12 e -6 Volts, são as seguintes as suas características elétricas:

Gama de variação da tensão de entrada	5-0-5 V
Ganho de tensão	1 500
Tempo de resposta	40 ns
Tempo de recuperação depois da aplicação de um sinal de controle	12 ns
Impedância de saída	200 Ohms
Nível de saída positivo	4,5 V
Nível de saída negativo	0,5 V
Dissipação de potência:	
invólucro metálico	500 mW
invólucro plástico	570 mW



CIRCUITO 1

Tanto o μA710 como o μA711 possuem equivalentes que podem ser encontrados com as mais diversas denominações, dependendo da procedência e do fabricante. Damos a seguir alguns exemplos:

μA710 – LM710, 710, 5710, MC1710, NE5710, PAA7710, SN52710.

μA711 – LM711, 711, 5711, MC1711, NE5711, PAA7711, SN52711.

A séguir, damos alguns exemplos de aplicações profissionais para estes circuitos integrados.

CIRCUITO 1

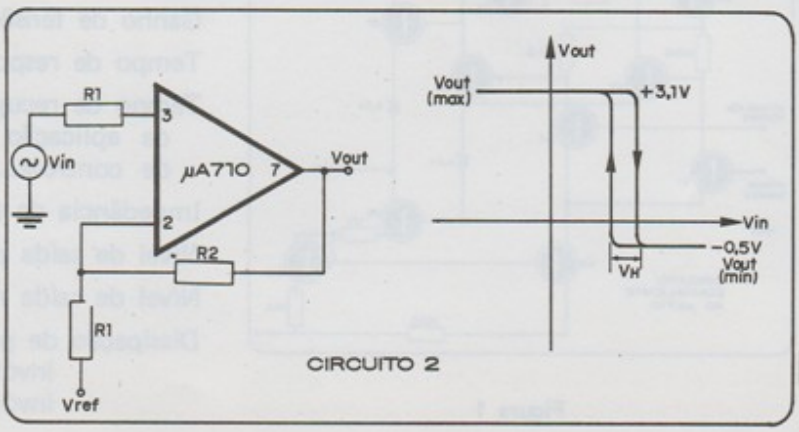
Detector de Nível de Tensão

O primeiro circuito consiste num detector de nível de tensão, aparecendo ao lado do diagrama a sua curva de resposta que pode ser analisada da seguinte maneira: com uma tensão de referência de 5 Volts, a tensão de saída será de 3,1 Volts positivos, para tensões de entrada inferiores à de referência e de 0,5 Volts negativos para tensões de entrada superiores à de referência; em outras palavras, o circuito "comuta" de um nível "HI" de saída de 3,1 V para um nível baixo ("LO") de -0,5 V quando a tensão de entrada supere o nível de 5 Volts.

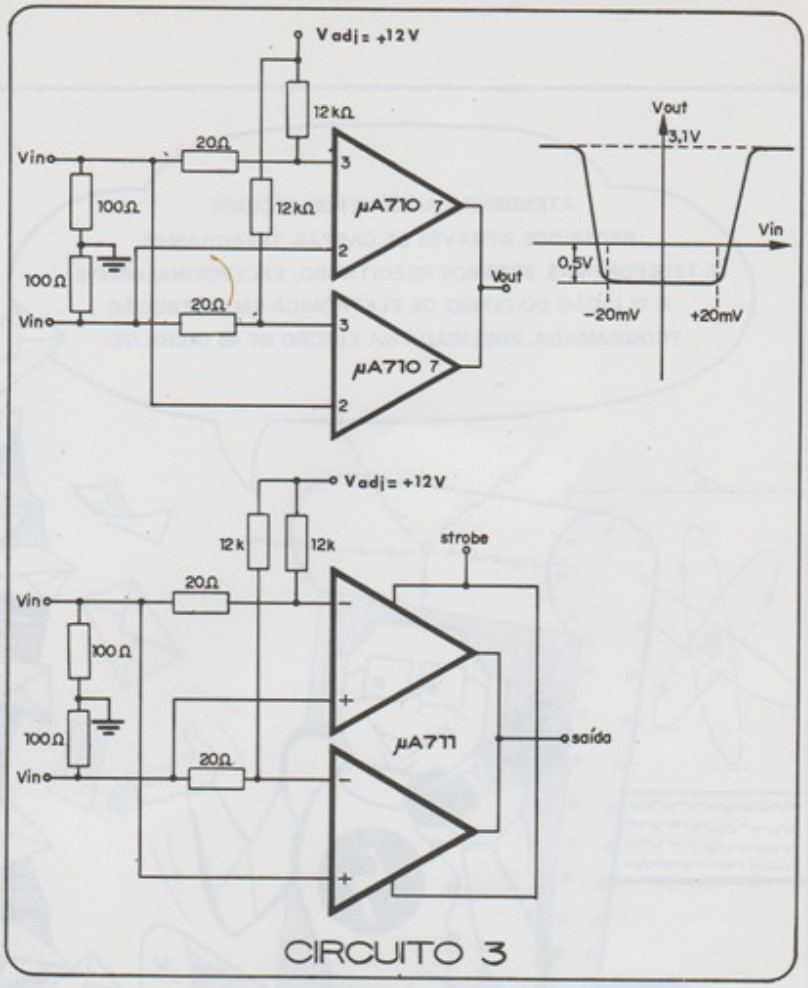
CIRCUITO 2

Detector de nível de tensão com histerése

Neste circuito, a tensão em que ocorre a comutação do nível "LO" para o nível "HI" não é a mesma que a tensão em que corre a comutação do nível "HI" para o nível "LO".



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3

Os valores para a tensão de entrada e de saída são iguais ao do diagrama anterior. A utilização deste circuito é recomendada em lugar do primeiro quando se defronta com um elevado nível de ruído.

CIRCUITO 3

Detector de "janela" ou Detector de Dupla Limitação

Esta configuração pode ser usada na leitura de memórias magnéticas utilizando um único μA711 ou ainda dois μA710.

Este circuito permite a detecção do estado de núcleos magnéticos dando um sinal correspondente de saída. A tensão de saída é de 0,5 V negativos para tensoes de entrada compreendidas entre -20 mV e +20 mV. Para valores fora deste intervalo, a tensão de saída é de 3,1 Volts.

Em outras palavras, este circuito detecta apenas uma "janela" da gama de tensões de entrada, daí sua denominação.

Referências:

- Manual de Circuitos Integrados Lineares — Fairchild
- Aplicaciones de los Circuitos Integrados Lineales — Zamora
- Handbook of Integrated Circuits — B.B. Babani


ATENDENDO A INÚMEROS PEDIDOS,
RECEBIDOS ATRAVÉS DE CARTAS, TELEGRAMAS
E TELEFONEMAS, ESTAMOS REEDITANDO, EXCEPCIONALMENTE,
A 1ª LIÇÃO DO CURSO DE ELETRÔNICA EM INSTRUÇÃO
PROGRAMADA, PUBLICADA NA EDIÇÃO Nº 46 (ABRIL/76)
RE
ECT

CURSO DE ELETRÔNICA©

Lição 1

APRESENTAÇÃO

Amigo leitor: ao acompanhar este Curso de Eletrônica, ministrado pelo método da Instrução Programada, você participa de uma experiência inédita em nosso País. Pela primeira vez, nas páginas de uma revista técnica, os fundamentos de uma ciência da maior importância, como é a Eletrônica, são levados ao leitor utilizando-se uma das mais modernas e controvertidas conquistas da metodologia científica. Os resultados atingidos pelo leitor na aquisição de conhecimentos básicos de eletrônica, quando do acompanhamento deste Curso, não dependerão somente da maneira como exporemos a matéria e dos recursos auxiliares de que faremos uso mas, também, evidentemente, dos próprios esforços do leitor, no sentido de haver uma perfeita integração com a metodologia empregada. Tudo faremos para que nossos objetivos sejam atingidos. Procuraremos, no decorrer dos próximos números de nossa Revista, transmitir uma certa quantidade de informações fundamentais sobre a eletrônica de modo a permitir uma iniciação prática nesta ciência. Nossos recursos adicionais consistirão em montagens práticas utilizando material disponível em "kits" que terão por finalidade um reforço da parte prática de nossos ensinamentos.

Se bem que a técnica do ensino programado ainda seja assunto bastante controvertido, em fase experimental, em algumas áreas os resultados obtidos com seu emprego são bastante positivos, o que justifica, perfeitamente, nossa escolha por essa metodologia. Não se trata simplesmente em estar na frente em matéria de ensino, mas sim uma questão de percebermos o que é melhor para o nosso leitor. Somente a Instrução Programada permite a utilização de um programa básico quando a clientela é heterogênea. É o que ocorre em nosso caso. Nossos alunos terão todos os graus de preparo e isso não influirá no acompanhamento de nossas lições. Todos terão o mesmo aproveitamento; todos poderão desfrutar das inúmeras vantagens que um conhecimento fundamental da eletrônica pode resultar profissionalmente, em termos de satisfação pessoal ou por passatempo.

1. COMO ACOMPANHAR O CURSO

Num Curso em Instrução Programada as informações ou conhecimentos que devem ser transmitidos aos alunos são dadas numa série de **etapas** ou **quadros** que são dispostos em grau crescente de dificuldade e de complexidade. A maneira como são levadas ao aluno exigem dele uma **participação**

participação ativa

ativa, isto é, durante todo o processo de aprendizado, o aluno é obrigado a realizar certas **tarefas** que podem consistir na resolução de problemas, testes ou, ainda, seguir uma orientação no sentido de se dirigir a quadros ou etapas de reforço, resumo ou avaliação.

tarefas

Essa participação constante do aluno e o processo de avaliação do aprendizado no final de cada etapa, impede a passagem de um quadro para outro sem haver a completa assimilação dos conceitos que devem ser assimilados. Não se passa de um assunto a outro sem que o anterior seja perfeitamente entendido. Com isso conseguimos que:

– os alunos que tiverem mais facilidade em apreender os conceitos ensinados, avançarão mais depressa em cada lição;

– os alunos que tiverem mais dificuldade na assimilação dos ensinamentos terão um reforço maior no sentido de obter o mesmo grau de aprendizado, pois serão forçados a voltar aos pontos de deficiências, tantas vezes quantas forem necessárias.

Para acompanhar o curso, o aluno deverá, portanto, se enquadrar perfeitamente em seu sistema. Para isso são as seguintes as orientações que devem ser seguidas.

Orientações

– Leia sempre em seqüência as lições e obedeça, rigorosamente, todas as instruções que forem dadas em seu desenvolvimento. Quando for convidado a retroceder a um quadro, por ter errado uma questão, faça-o, pois a resposta inadequada indica que o conceito abordado no quadro em questão não foi assimilado convenientemente. Se você seguir em frente, sem conhecer esse conceito, será bem provável que dificuldades maiores em lições posteriores venham a acontecer e, como o Curso é progressivo, essas dificuldades se acumulam até chegar o momento que não será possível qualquer avanço posterior. O aluno não entenderá mais nada e acabará por desistir, o que não queremos que isso aconteça!

1. ler em seqüência

– As respostas às questões de avaliação serão dadas na coluna da direita. Será conveniente que, ao estudar, o aluno cubra com um cartão ou folha de papel esta coluna (figura 1) consultando-a apenas quando necessário, ou seja, para saber as respostas das perguntas ou quando for convidado a isso.

Cubra a coluna da direita



Figura 1

– Nos quadros correspondentes à teoria, na coluna da direita, teremos **palavras-chave** ou **frases-chave** que salientarão pontos de maior importância da teoria ensinada. Essas palavras ou frases devem ser observadas quando o leitor revisar as lições servindo, também, para facilitar a localização dos diversos pontos do Curso.

Palavras e frases-chave

RESUMINDO O PRIMEIRO QUADRO

- na Instrução Programada os assuntos são ensinados por pequenas etapas ou quadros em ordem crescente de dificuldade e complexidade;
- o aluno deve participar ativamente de todas as tarefas se quiser assimilar os conhecimentos ensinados, devendo, portanto, se enquadrar perfeitamente no sistema;
- para isso, deve ler em seqüência, realizando todas as tarefas que for obrigado.

Podemos, de imediato, verificar se o aluno entendeu as instruções do primeiro quadro. Na questão dada a seguir encontramos alternativas, das quais apenas **uma** é correta. Após ler a questão e as alternativas com o máximo de atenção, assinale aquela que julgar correta. A resposta certa estará na coluna da direita.

avaliação

Avaliação 1

Na Instrução Programada, a informação é transmitida em doses reguladas, onde um ou mais conceitos são analisados de cada vez. Num Curso em Instrução Programada, o aluno deve (assinale a alternativa correta):

a) Ler toda a teoria, ou seja, todos os quadros do curso para depois responder o questionário.
b) Ler a teoria à medida que for sendo dada e responder o questionário somente quando for solicitado, dirigindo-se aos pontos indicados.
c) Responder todo o questionário antes de ler a teoria.
d) Estudar apenas os quadros correspondentes a assuntos desconhecidos e depois responder às perguntas correspondentes.

Resposta correta: b
Vá ao quadro seguinte.

Se você respondeu corretamente à pergunta anterior, passe para a seguinte. Caso contrário, volte ao início do quadro 1 e estude-o novamente. Leia com mais atenção, procurando **entender** e não decorar os ensinamentos.

Avaliação 2

Num Curso em Instrução Programada, os assuntos são abordados em ordem crescente de dificuldade e complexidade. Podemos então concluir que (assinale a alternativa correta):

a) Cada etapa não tem relação com a anterior.
b) Se o aluno ler a última etapa de cada lição terá o mesmo assunto da primeira apenas exposto de modo mais complexo.
c) Cada etapa depende da anterior, apesar de ser pouco mais complexa, estando todas numa seqüência lógica.
d) Cada pergunta do questionário é sempre mais difícil do que a anterior.

Resposta correta: c
Passe para o quadro seguinte.

Se você respondeu corretamente esta pergunta pode passar para a próxima. Caso contrário você ainda não entendeu bem a finalidade da Instrução Programada. Leia novamente

o quadro 1 e volte a responder a questão de avaliação 2. Em seguida, passe para a questão de avaliação 3.

Avaliação 3

Considerando que a Instrução Programada obedece a uma metodologia científica, podemos dizer que (assinale a alternativa correta):

a) A Instrução Programada fornece sempre resultados exatos, é infalível, não dependendo para o aprendizado dos esforços do aluno.

b) A Instrução Programada tem muitas falhas que não podem ser previstas e, portanto, não é um bom meio para se transmitir informações.

c) A Instrução Programada permite que determinada quantidade de informações seja transmitida eficientemente desde que se disponha a recebê-la enquadrando-se perfeitamente no seu método.

d) A Instrução Programada se adapta a qualquer tipo de ensino, não dependendo do aluno ou da metodologia para se obter bons resultados finais.

Resposta: c
Vá ao quadro seguinte.

Se esta questão e as anteriores foram respondidas corretamente, é porque você está indo muito bem. Já podemos dizer que sabe qual é a finalidade da Instrução Programada e como ela funciona. Após a última questão que será dada a seguir, poderemos, finalmente, iniciar a aplicação deste método para chegarmos aos objetivos que nos propomos: um Curso Básico de Eletrônica. Se, entretanto, sua resposta foi incorreta, sugerimos que uma nova lida no ítem 1 seja feita. Se tiver ainda dificuldade peça a alguém que lhe dê explicações a respeito.

Avaliação 4

Após algumas considerações sobre a Instrução Programada, podemos finalmente concluir que (assinale a alternativa correta):

a) A Instrução Programada é projetada com a finalidade de se transmitir informações de maneira mais fácil possível, o que quer dizer que você pode usá-la como bem entender.

b) Você deve sempre seguir à risca as instruções dadas em cada quadro no sentido de realizar as tarefas, responder as questões, pois deste modo haverá uma garantia que você sempre passará ao ítem seguinte depois de entender o anterior.

c) Você não precisa consultar as respostas nem ler os resumos, mesmo que não tenha certeza, porque haverá uma garantia de que no quadro seguinte você você sempre terá uma explicação para o que deseja.

Resposta: b
Vá ao quadro seguinte.

Se esta última questão de avaliação foi respondida corretamente, você está em condições de iniciar nosso Curso. Caso contrário, uma nova leitura do ítem 1 será necessária. Para facilitar a assimilação dos conceitos sugerimos que, à medida que você for lendo os quadros, vá anotando, numa folha de papel, os pontos ou palavras que julgar mais importantes. Isso poderá ajudá-lo bastante na compreensão da teoria.

Estude em local tranqüilo, bem arejado e bem iluminado.

Como dissemos, as lições são elaboradas de forma a que qualquer leitor, seja qual for seu nível de instrução básica, possa acompanhar, entender e aprender; para isso é apenas necessário dedicar a maior atenção e seguir rigorosamente as instruções dadas até este ponto.

EM FUNÇÃO DA METODOLOGIA APLICADA NESTE CURSO NÃO PRESTAREMOS INFORMAÇÕES REFERENTE À MATÉRIA DADA. COM ISSO VISAMOS ÚNICA E EXCLUSIVAMENTE UMA MAIOR APLICAÇÃO DO ALUNO.

2. ELETRICIDADE NATURAL E ELETRICIDADE ARTIFICIAL

Costumamos pensar em eletricidade toda vez que olhamos para objetos como postes, fios, aparelhos de rádio, pilhas, etc. Na verdade, esses objetos nos lembram eletricidade não porque somente eles realmente possam manifestar fenômenos elétricos, mas sim porque eles estão ligados a um tipo de eletricidade todo especial, a eletricidade que normalmente usamos, a eletricidade produzida e utilizada pelo homem. Ao lado desta eletricidade produzida pelo homem, existe, entretanto, a eletricidade natural que pode aparecer em qualquer corpo sob as mais diversas condições. É lógico que as manifestações da eletricidade natural são bem diferentes das manifestações da eletricidade produzida pelo homem, se bem que ambas tenham a mesma natureza, isto é, sejam feitas da mesma espécie de "coisa".

eletricidade artificial

eletricidade natural

Assim, devemos distinguir a **eletricidade natural** que é a eletricidade que pode aparecer naturalmente em qualquer corpo em determinadas condições, da **eletricidade artificial** que é a produzida pelo homem e que exige corpos especiais para ser transmitida, acumulada ou produzida.

Como exemplo de eletricidade natural temos o raio, ou, ainda, o crepitar de uma blusa de nylon quando a retiramos do corpo devido à eletricidade acumulada em suas fibras.

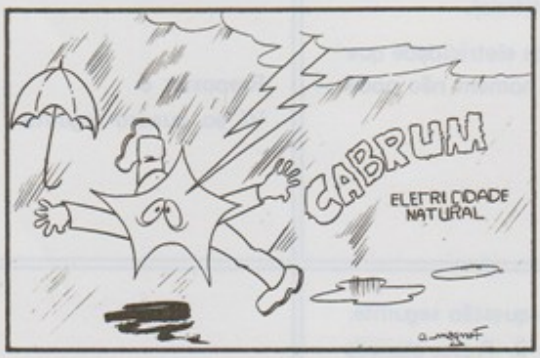


Figura 2

Como exemplo de eletricidade artificial temos a produzida pelas pilhas que podem acender uma lâmpada ou fazer tocar um rádio-receptor.

RESUMINDO O QUADRO 2

- Existem duas espécies de eletricidade: a eletricidade natural e a eletricidade artificial.
- A eletricidade artificial é a produzida pelo homem; é a que usamos em nossos aparelhos estando associada a fios, pilhas, tomadas, lâmpadas, etc.
- A eletricidade natural é a que pode manifestar-se naturalmente em qualquer corpo; como exemplo de sua manifestação temos o raio, o crepitar de uma blusa de nylon.

Após o resumo, se o leitor julgar que entendeu bem a matéria exposta, pode passar para as questões de avaliação. Vá à questão de **Avaliação 5.**

Avaliação 5

Considerando que a eletricidade está em toda parte, ou seja, que não há limitação para as maneiras e corpos onde ela se manifestar, podemos concluir que (assinale a alternativa correta):

a) O homem gera tamanha quantidade de eletricidade que ela se encontra espalhada em todos os corpos.

b) Toda a eletricidade que existe na Terra, inclusive a que usamos, é de origem natural.

c) Existe, na Terra, a eletricidade natural, mas a eletricidade que usamos é de origem artificial.

d) Sendo toda a eletricidade natural, toda eletricidade que usamos também é natural, porque o homem não pode produzí-la.

Resposta: c
Vá ao quadro seguinte.

Se sua resposta foi correta passe para a questão seguinte. Caso contrário, ler novamente o Quadro 2. Preste atenção na distinção dada aos dois tipos de eletricidade existente e em que condições se manifestam.

Avaliação 6

Sabemos que temos dois tipos de eletricidade quanto à origem. Em qual das condições citadas abaixo, os dois tipos de eletricidade pode se manifestar? (Assinale a alternativa correta):

a) Qualquer corpo pode manifestar fenômenos elétricos.
b) A eletricidade se manifesta somente em corpos que tenham estrutura que concorde com a natureza da eletricidade como fios, tomadas, pilhas, etc.
c) A eletricidade só se manifesta nas nuvens em dias de tempestade.
d) A eletricidade só pode se manifestar com a intervenção do homem.

Resposta: a
Vá ao quadro seguinte.

Antes de passar ao Quadro 3, perceba o leitor que devemos negar a crença comum de que a presença da eletricidade esteja ligada somente a corpos "elétricos". Na verdade, a eletricidade não se constitui num fenômeno de criação exclusiva do homem. O homem a controla e a usa, mas sua existência nos corpos é natural. O que homem faz é criá-la em determinadas condições para poder usá-la com maior facilidade. Em suma: a eletricidade está em toda a parte!

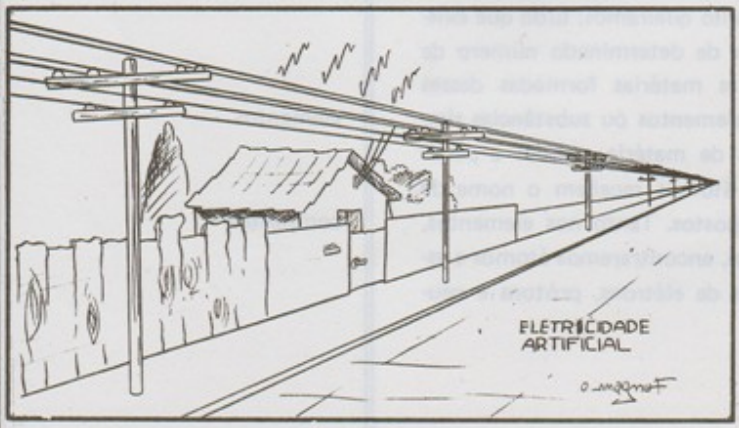


Figura 3

3. A ELETRICIDADE E O ÁTOMO

Se a eletricidade pode se manifestar em qualquer objeto, é porque ela tem algo a ver com a estrutura desses objetos, ou seja, com a estrutura da matéria. Para compreendermos, então, a eletricidade, devemos começar por estudar a natureza da própria matéria. Toda matéria é feita de **átomos** que são partículas extremamente pequenas. Os átomos, por sua vez, são formados por partículas ainda menores denominadas **elétrons, prótons** e **neutrons.** Os prótons e os neutrons ocupam uma região central do átomo, enquanto que os elétrons giram em torno dessa região central, denominada **núcleo,** em grande velocidade.

átomos

elétrons, prótons e neutrons

núcleo

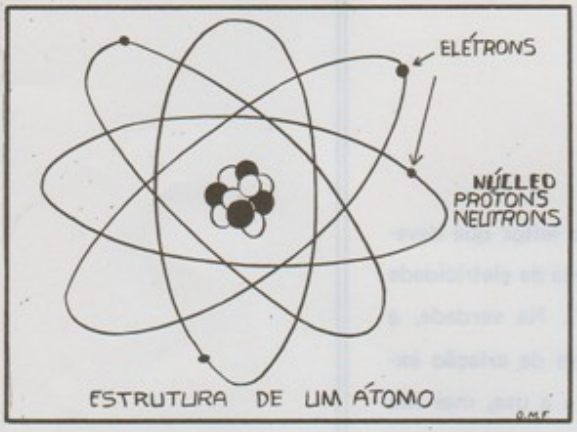


Figura 4

Cada espécie de matéria possui átomos com um número determinado dessas partículas que lhe conferem sua identidade. Assim, o ferro é ferro porque seus átomos possuem determinado número de elétrons, prótons e neutrons, o mesmo acontecendo com o átomo de alumínio, etc. Existe, entretanto, um número limitado de espécies de átomos, já que não podemos dotar essas partículas de quantos elétrons, prótons ou neutrons quanto queiramos; tudo que existe na Natureza é feito a partir de determinado número de espécies de átomos. Assim, as matérias formadas desses átomos, recebem o nome de **elementos** ou **substâncias simples,** enquanto que as formas de matéria obtidas a partir de duas ou mais espécies de átomos recebem o nome de **substâncias compostas** ou **compostos.** Tanto nos elementos, como nas substâncias compostas, encontraremos átomos e esses átomos serão sempre feitos de elétrons, prótons e neutrons.

elementos

compostos

RESUMO DO QUADRO 3

- Podemos explicar a eletricidade analisando a própria estrutura da matéria.
- Toda a matéria é feita de átomos que são partículas extremamente pequenas.
- Os átomos são feitos de partículas ainda menores: elétrons, prótons e neutrons.
- Os prótons e neutrons ficam na região central do átomo denominada núcleo, enquanto os elétrons giram em seu redor.
- Existem diversos tipos de átomos que se diferenciam pelo número de partículas de que são formados.

Pelo resumo, o leitor pode ver se entendeu perfeitamente o assunto explicado. Se julgar que o entendeu perfeitamente, tente resolver a questão de avaliação 7.

Avaliação 7

Todas as substâncias são feitas de átomos. Disso, podemos concluir que os átomos são (assinale a alternativa correta):

a) Partículas enormes que podem ser vistas em toda a parte.

b) Partículas extremamente pequenas que, por sua vez, são formadas de partes ainda menores.

c) Partículas de eletricidade pura.	Resposta: b Vá ao quadro seguinte.
Se você respondeu corretamente, passe para o teste seguinte. Caso contrário, leia novamente a teoria. Se ainda tiver alguma dificuldade, procure explicações para o assunto num livro de ciências do Curso Ginasial.	
Avaliação 8 Nos átomos encontramos partículas ainda menores que o formam. Essas partículas são extremamente importantes na definição da sua natureza. São elas denominadas .... (complete de acordo com o que aprendeu).	Elétrons, prótons e neutrons
Se você respondeu corretamente, passe para o Quadro seguinte. Caso contrário, procure ler com mais atenção o Quadro 3.	

CONTINUA NO PRÓXIMO NÚMERO

CURSO DE ELETRÔNICA©

Lição 2

Na lição anterior (Revista Eletrônica nº 46) falamos da matéria, analisando sua constituição. Verificamos que a natureza da eletricidade poderia ser revelada pelo estudo das partículas constituintes do átomo. Havíamos chegado então aos elétrons, prótons e neutrons, de onde partimos nesta lição.

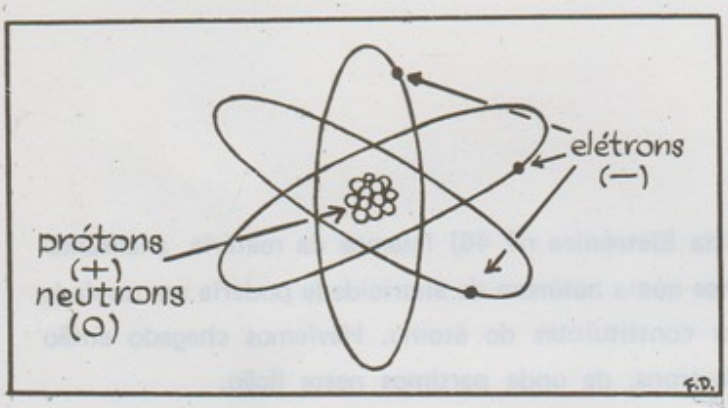
4. AS PARTÍCULAS DE ELETRICIDADE

Se examinarmos os elétrons, prótons e neutrons veremos que essas minúsculas partículas apresentam propriedades bastante interessantes que, entretanto, não conseguimos explicar baseados no que conhecemos de sua natureza. Não sabemos a que se devem tais propriedades, apesar de existirem. Sabemos simplesmente que, em certas condições, quando realizamos experiências, que essas partículas se comportam de maneira bem diferente. Atribuimos isso à presença de "algo" que convencionamos chamar de eletricidade o que nos leva a dizer que tais partículas possuem **eletricidade** ou **carga elétrica** de natureza diferente. Aquilo que denominamos eletricidade manifesta-se nas partículas dos átomos,

carga elétrica

porém a forma como isso ocorre não sabemos com exatidão. Sabemos que essas partículas possuem "algo" que convencionamos chamar de eletricidade ou carga elétrica, apesar de não podermos estabelecer exatamente o que seja esse "algo". Deste modo, como os elétrons se comportam de maneira diferente dos prótons, atribuimos a essas partículas eletricidade de natureza diferente, ou seja, cargas de sinais opostos, enquanto que ao neutron não atribuimos carga alguma. Por convenção, dizemos que a carga do elétron é **negativa** e que a carga do próton é **positiva**.
O neutron não possui carga elétrica, ou seja, sua carga é nula.

carga do elétron
carga do próton



RESUMINDO O QUADRO 4

- Os elétrons, prótons e neutrons manifestam comportamentos diferentes.
- Se bem que não conheçamos sua real natureza, atribuimos esse comportamento à presença de "eletricidade". As partículas em questão possuem carga elétrica.
- Como os elétrons se comportam de modo diferente dos prótons, atribuimos sinais opostos às cargas dessas partículas.
- O elétron possui, por convenção, carga elétrica negativa, o próton possui carga positiva e o neutron não possui carga alguma.

Após a leitura do resumo, tente resolver os testes de avaliação.

Avaliação 9

Se quisermos uma explicação para a natureza da eletricidade, devemos estudar as partículas elementares, ou seja, os elétrons, prótons e neutrons. Pelo que sabemos, a eletricidade manifestada por essas partículas pode ser explicada da seguinte maneira (assinale a alternativa correta):

a) Conhecemos perfeitamente a natureza da eletricidade e podemos explicá-la perfeitamente em vista dos comportamentos das partículas elementares.

b) Não conhecemos a natureza verdadeira da eletricidade, se bem que possamos associá-la aos comportamentos das partículas elementares.

c) A eletricidade não existe porque não podemos explicá-la.

d) Tanto a natureza da eletricidade como da matéria são desconhecidas porque não podemos estabelecer as condições em que ela se manifesta.

Resposta: b
Vá ao quadro seguinte.

Se sua resposta foi correta você pode ir para o quadro seguinte. Caso contrário tente ler e compreender novamente o quadro 4, resolvendo em seguida esta questão.

Avaliação 10

A presença de comportamentos elétricos diferentes nas partículas dos átomos nos leva a atribuir, por convenção, cargas elétricas de natureza diferente a elas. Nessas condições, por convenção, os elétrons, prótons e neutrons possuem cargas (assinale a alternativa correta considerando a ordem):

a) positiva, negativa e nula

b) positiva, nula e negativa

c) negativa, positiva e nula

d) nula, positiva e negativa

Resposta: c
Vá ao quadro seguinte.

Se você respondeu corretamente você já sabe que o que chamamos de eletricidade nada mais é do que uma propriedade manifestada pelas partículas que formam os átomos. Com isso poderá prosseguir seu curso, passando para o quadro seguinte. Se errou a questão anterior, procure explicações relendo o quadro 4.

5. TODOS OS CORPOS POSSUEM ELETRICIDADE

Se todos os átomos são "feitos" de elétrons, prótons (e também neutrons) e essas partículas mani-

festam o que denominamos "eletricidade" porque possuem cargas elétricas, então a eletricidade está presente em toda a parte, porque todos os corpos são feitos de átomos. Perguntará o leitor: por que não "tomamos choque" quando tocamos em qualquer objeto?



Figura 6

Ora, poderíamos pensar que não há eletricidade em quantidade suficiente nestes corpos ou ainda porque estamos com "sapatos de borracha" que nos "isolam" desses efeitos, por isso não levamos nenhum choque. Entretanto, não são estas as explicações verdadeiras para o fenômeno. Todos os corpos possuem eletricidade e em grande quantidade, mas essa eletricidade não pode manifestar seus efeitos porque existe uma situação de equilíbrio entre as cargas positivas e negativas dos átomos. Isso ocorre porque os elétrons (negativos) são mantidos em torno do átomo pela atração dos prótons (positivos) e, em condições de normalidade, o número de elétrons é igual ao de prótons, ou

atração elétrons-prótons

seja, há igual número de cargas positivas e negativas num átomo de modo que seus efeitos se equilibram ou cancelam.

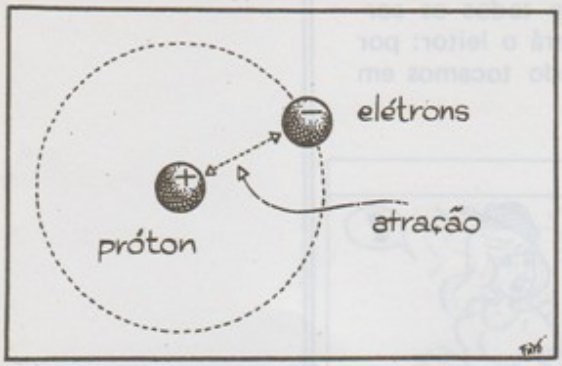


Figura 7

Dizemos então que, como o número de cargas positivas é igual ao de negativas, o corpo permanece **neutro**, isto é, não há nenhuma manifestação externa de sua eletricidade. É o que ocorre com a maioria dos corpos que nos cercam. Eles se encontram num estado de neutralidade, por isso não levamos nenhum "choque" quando os tocamos, mesmo havendo em seus átomos elétrons e prótons em número suficiente para produzir efeitos consideráveis, uma descarga até que violenta.

corpo neutro

RESUMINDO O QUADRO 5

- Os átomos são feitos de elétrons e prótons, que são partículas dotadas de cargas elétricas.
- Entretanto, os corpos, que são feitos de átomos, não "dão choques", isto é, não manifestam externamente eletricidade porque existe neles uma situação de neutralidade.

– Isso ocorre porque o número de prótons é igual ao número de elétrons de modo que o efeito "positivo" de um cancela o "negativo" do outro.	
Depois de ler o resumo, tente responder as questões de avaliação que verificarão se você entendeu a matéria exposta.	
Avaliação 11 Se bem que a eletricidade esteja presente em toda a parte, os corpos não "dão choques" porque essa eletricidade não consegue se manifestar; isso ocorre porque (assinale a alternativa correta): a) Sempre usamos sapatos de borracha que nos isolam dos corpos eletrizados. b) E eletricidade que os corpos acumulam não é suficiente para causar "choques". c) A matéria, em condições normais, é neutra porque o número de cargas positivas é igual ao de negativas. d) Porque todos os corpos são feitos de átomos e os átomos não possuem eletricidade.	Resposta: c Vá ao quadro seguinte.
Se você respondeu corretamente, pode tentar resolver a questão seguinte. Caso contrário, será recomendável que uma nova leitura do quadro 5 seja feita.	

Avaliação 12

Dado que as partículas dotadas de cargas elétricas nos átomos são os elétrons e os prótons, podemos afirmar que, num átomo neutro, o número de elétrons é _____ ao de prótons (complete com uma das seguintes palavras):

– maior
– menor
– igual

Resposta: igual

Passe ao quadro seguinte.

Se sua resposta foi correta, passe ao quadro seguinte da teoria. Se ainda tiver dúvidas releia os quadros anteriores antes de prosseguir o curso. Uma recordação da matéria sempre será conveniente quando o leitor ficar um bom tempo sem estudar.

6. MATÉRIA NEUTRA E MATÉRIA ELETRIZADA

Em condições normais, o número de elétrons de um átomo é igual ao número de prótons e seus efeitos elétricos se cancelam. A matéria é então dita **neutra**, porque seus átomos se encontram igualmente neutros. Em determinadas condições, entretanto, podemos retirar ou acrescentar elétrons a um átomo quando, então, determinados efeitos poderão surgir. O leitor poderia ser levado a pensar que os mesmos efeitos seriam obtidos se tentássemos retirar ou acrescentar prótons a um átomo, mas isso não dará certo, porque verificamos que, para tal, não só seria necessária uma quanti-

matéria neutra

dade enorme de energia como também alteraríamos a estrutura do átomo, podendo, inclusive, causar sua destruição. Isso ocorre porque, enquanto os elétrons estão na periferia do átomo, girando em torno de seu núcleo, os prótons estão firmemente "presos" no interior desse átomo, no próprio núcleo. Assim, os efeitos "elétricos" que estudaremos daqui por diante recebem justamente essa denominação porque ocorrem em função da remoção ou acréscimo de elétrons. A ciência que estudará esses efeitos será denominada, genericamente, **eletricidade.**

eletricidade

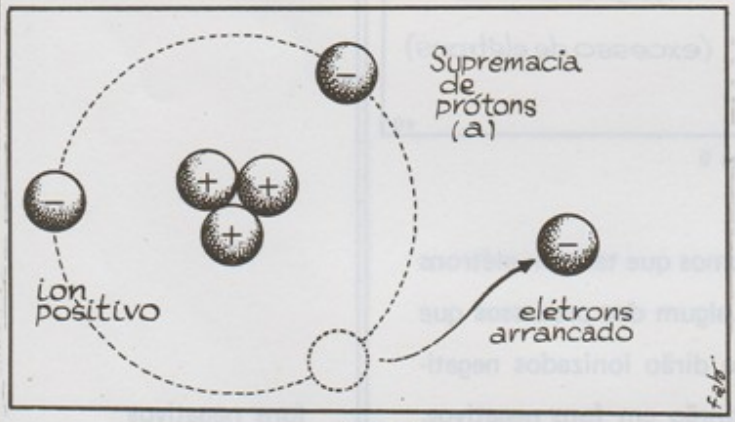


Figura 8

A eletricidade estudará o comportamento dos átomos que tendo perdido ou recebido elétrons, ou ainda os elétrons dotados de certa "liberdade", darão origem a fenômenos específicos. A eletricidade pode então se manifestar no próprio elétron libertado como nos átomos que tenham falta ou excesso dessas partículas. Quando retiramos elétrons de um átomo haverá uma supremacia das cargas positivas

porque haverá falta de negativas para "contrabalançá-las", de modo que o átomo se comportará como se fosse exclusivamente dotado de carga positiva. Dizemos que o átomo se encontra ionizado positivamente ou que se tornou **íon positivo.** Os corpos cujos átomos tenham falta de elétrons, ou em cujo total existam mais prótons do que elétrons se dirá eletrizado positivamente.

íons positivos

eletrizado

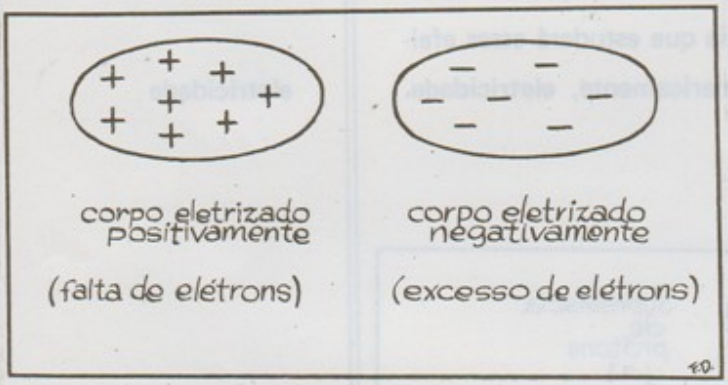


Figura 9

Do mesmo modo, os átomos que tenham elétrons a mais, acrescentados por algum dos processos que estudaremos mais tarde, se dirão ionizados negativamente, isto é, se constituirão em **íons negativos.** A matéria cujos átomos se encontrarem nessas condições se dirá eletrizada negativamente.

íons negativos

RESUMO DO QUADRO 6

- Na matéria neutra o número de prótons é igual ao de elétrons.
- Em determinadas condições podemos quebrar esse equilíbrio.

– Somente podemos "trabalhar" com os elétrons de um átomo porque eles estão na periferia do átomo sendo, pois, facilmente removíveis.

– Quando "retiramos" elétrons passa a haver supremacia dos prótons. O átomo se diz ionizado positivamente, ou seja, a eletricidade positiva se manifesta.

– Quando acrescentamos elétrons, a supremacia passa a ser negativa, ou seja, a eletricidade negativa se manifesta.

Após o resumo, se o leitor julgar que compreendeu bem a lição, deve passar às questões de avaliação. Caso contrário, deve reler o ítem anterior com mais atenção.

NÃO PROSSIGA O CURSO SEM HAVER COMPREENDIDO MUITO BEM AS EXPLICAÇÕES ANTERIORES!!...

Avaliação 13

Em determinadas condições, o equilíbrio natural do átomo pode ser "quebrado", desaparecendo, portanto, a neutralização entre as partículas positivas e negativas; essa "quebra" da situação de neutralidade é geralmente conseguida pela (assinale a alternativa correta):

a) remoção de prótons somente
b) pela remoção ou acréscimo de neutrons
c) remoção ou acréscimo de elétrons
d) remoção ou acréscimo de prótons

Resposta: c

Vá ao quadro seguinte.

Avaliação 14

Quando um corpo se encontra eletrizado negativamente é porque na sua totalidade existe (assinale a alternativa correta):

a) maior número de elétrons do que de neutrons
b) maior número de elétrons do que de prótons
c) maior número de neutrons do que de elétrons
d) maior número de prótons do que de elétrons

Resposta: b
Passe para a questão seguinte.

Avaliação 15

Num átomo ionizado, podemos afirmar que:

a) o número de elétrons é maior que o de prótons

b) o número de elétrons é menor que o número de prótons

c) o número de elétrons é igual ao de neutrons

d) o número de elétrons é diferente do número de prótons.

Resposta: d
Passe ao quadro seguinte.

Esta última pergunta serve, justamente, para dar uma idéia ao leitor se houve total assimilação. Se sua resposta foi correta aguarde a próxima lição (no próximo número da Revista Eletrônica). Caso contrário, estude novamente as lições precedentes com o máximo de cuidado (a primeira lição encontra-se no número anterior).

CONTINUA NO PRÓXIMO NÚMERO


SABER