

eletrônica

JANEIRO/FEVEREIRO 1967 - N.º 19

Cr\$ 850

NESTE NÚMERO

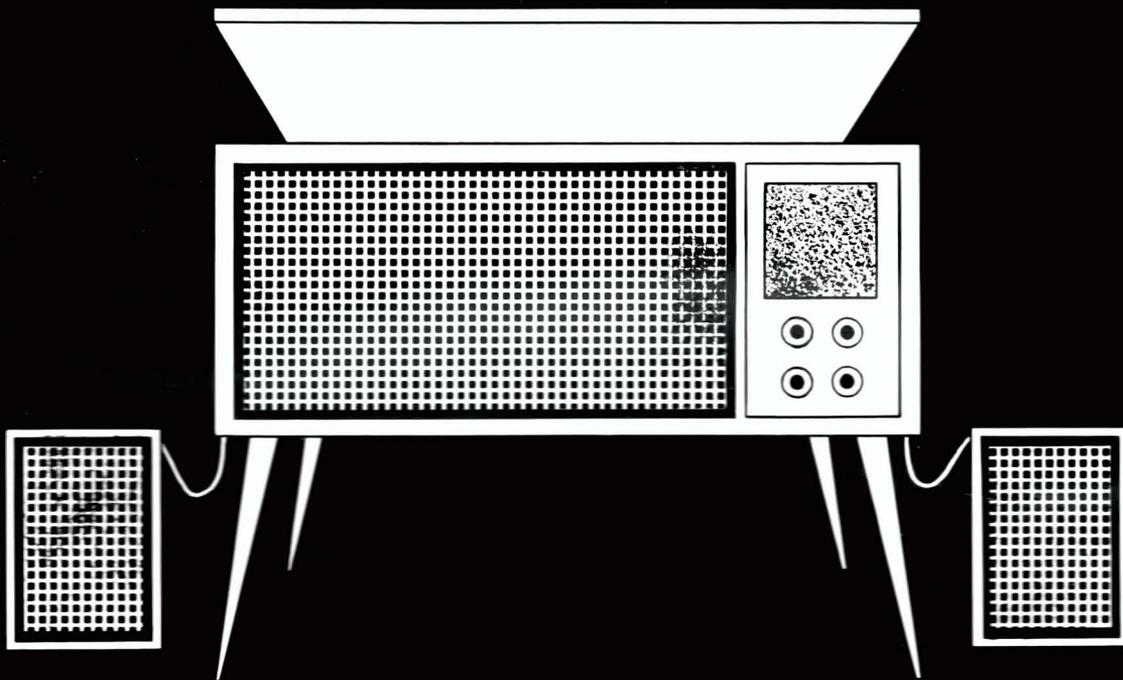
Transmissor p/ controle remoto

Medidas em amplificadores de B.F.

Amplificador 9/14 W

TODAS AS APLICAÇÕES AQUI DESCRITAS;
UTILIZAM MATERIAIS FÁCILMENTE
ENCONTRADOS NO MERCADO NACIONAL

**UM DOS PONTOS
CRÍTICOS DO
FONÓGRAFO
É O
ALTO-FALANTE!**



Clamó

**INSTALE
UM
BRAVOX!**



**QUALIDADE
NÃO
CUSTA MAIS**

Passe a ouvir suas gravações prediletas, seus programas de rádio ou TV em toda sua plenitude. Bravox é som puríssimo, em alta-fidelidade. Agudos e graves são reproduzidos perfeitamente, sem ruído, vibração, distorção ou reverberação. Diversos modelos, vários tipos e tamanhos para rádios em geral e de automóveis, aparelhos de TV e fonógrafos. Os 12 anos de experiência na fabricação de alto-falantes Bravox são sua melhor garantia. A Bravox é uma indústria altamente especializada em alto-falantes, contando com mais de 5.000.000 de peças em uso no Brasil e no exterior.

EM SOM, NÃO TRANSIJA. EXIJA!
BRAVOX S.A.



INDÚSTRIA E COMÉRCIO ELETRÔNICO
Depto. de Vendas: Rua Major Sertório, 200
Conj. 201 - Tel. 35-7290 - C. P. 4196 - São Paulo

eletrônica

volume IV - número 19 - janeiro/fevereiro 1967

diretor responsável Adalberto Miehe
redator chefe Alfredo Franke
secretário Fausto P. Chermont
consultores eng. Tomas Hajnal
eng. Luciano Kliass
desenhos Alcides J. Pereira
revisão Adauto V. B. Conde
publicidade Roberto Finatti
fotografias Fotolabor Ltda.
clichês Clicheria Unida S. A.
impressão Soc. Benof. S. Camilo
(Dep. Gráf.)
**distribuição exclusiva
para todo o Brasil**
Fernando Chinaglia Distribuidora S. A.
R. Teodoro da Silva, 907
Rio de Janeiro
**distribuição em Portugal
e Províncias Ultramarinas**
Centro do Livro Brasileiro Ltda.
R. Rodrigues Sampaio, 30-B
Lisboa
proprietários e editores ETEGIL
Ed. Técnico-Gráfica Industrial Ltda.
redação e administração
R. Sta. Ifigênia, 180
Tel. 35-4006 - C. P. 30 869
São Paulo - Brasil

PREÇOS

EXEMPLAR AVULSO CR\$ 850
ASSINATURA 1 ANO
REGISTRADA CR\$ 4.100
AÉREA REGISTRADA CR\$ 6.100
ASSINATURA 2 ANOS
REGISTRADA CR\$ 7.600
AÉREA REGISTRADA CR\$ 11.600

As assinaturas deverão ser enviadas para
ETEGIL - C.P. 30 869 - S. Paulo

ÍNDICE

Transmissor para controle remoto	9
FM estéreo	13
O Oscilador de bloqueio	17
Documentação Técnica: TV PHILCO	19
Gerador de áudio frequências	21
A técnica de medidas em amplificadores de áudio	24
Interferência de transmissores em TV	31
Geradores MHD de energia elétrica	32
Amplificador de áudio 9/14 W	37
Matemática p/ o técnico	39
"Labirinto elétrico"	43
O orticon de imagem	45
Documentação Técnica: Ampl. estereofônico EASA	48
Elementos de Eletrônica	50

Tôdas as aplicações aqui descritas, utilizam materiais facilmente encontrados no mercado nacional.
Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução dos textos e das ilustrações publicados nesta revista, salvo mediante autorização por escrito da redação.

Atualmente em fase de transmissões experimentais para ajuste do equipamento, a TV Bandeirantes — Canal 13 de São Paulo é uma das mais modernas e bem instaladas emissoras de TV do nosso Hemisfério. Sua torre no Pico de Jaraguá alcança uma altitude superior a 1300m acima do nível do mar.

CAPA



...Vão dizer que não temos outro assunto!

(falam tanto dêsse técnico...)

Mas falam muito bem! É que ele proporciona tanta alegria a tanta gente... Essa alegria gostosa de se poder ouvir, no eletrofone, no rádio ou no gravador, o som puro, o som perfeito! É tão bom saber escolher os componentes certos, de acôrdo com o que há de mais atual na ciência eletrônica! Alegria para todos é...



IBRAPE — PIONEIRA DA ELETRÔNICA NO BRASIL

CONJUNTO HI-FI

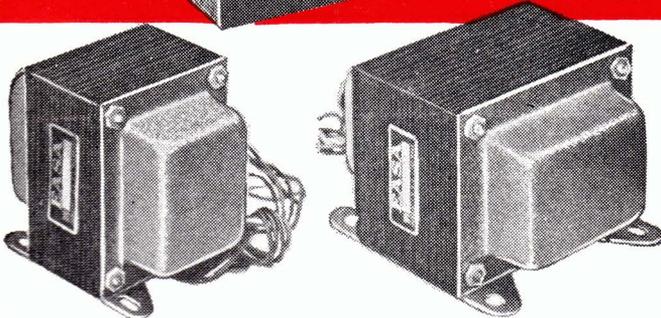
Para a qualidade não

EASA

há sucedênc



Vista do amplificador montado



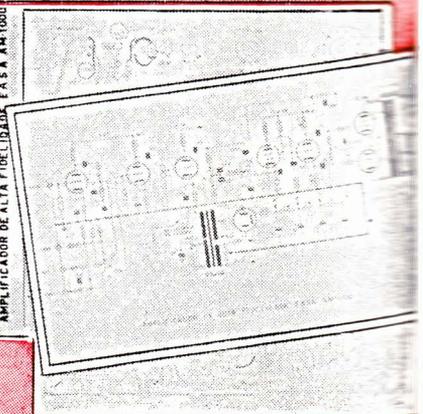
AMPLIFICADOR DE ALTA-FIDELIDADE TIPO AM-1 000

A qualidade EASA assegura a este amplificador uma reprodução perfeita à prova dos mais exigentes apreciadores.

CARACTERÍSTICAS

- Resposta de 30 a 25000 Hz
- Potência de 15 Watts
- Quatro entradas independentes (Cristal, Relutância, Tuner-Auxiliar)
- Saídas em 4, 8 ou 16 Ohms
- Controles de tonalidade independentes, de alta eficiência
- Equalização RIAA na entrada de relutância

AMPLIFICADOR DE ALTA FIDELIDADE TIPO AM-1000



Acompanham o conjunto 2 esquemas chapas e diagrama esquemático

O conjunto é composto de

- 1 chassi tipo AM-1 000
- 1 transformador de força tipo AM-1 001
- 1 transformador de saída tipo AM-1 000

INSTRUÇÕES PARA MONTAGEM

Manual de instruções detalhando minuciosamente a montagem do amplificador de alta-fidelidade tipo AM-1000

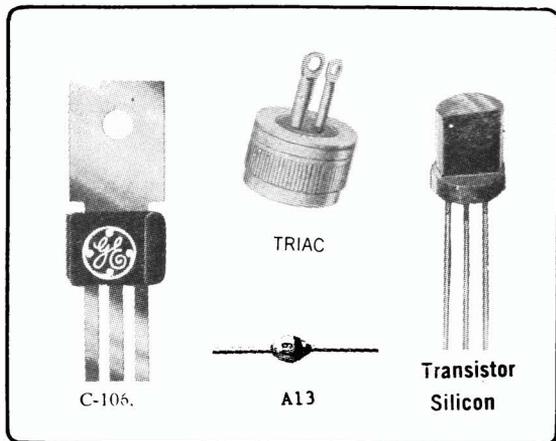
A venda em tôdas boas casas do ramo do Brasil

EASA

ENGENHEIROS ASSOCIADOS S. A. Indústria e Comércio
Av. Ipiranga, 1248 - Conj. 304 - fones: 35-7693 ou 36-5673 - C.P.: 6835 - Tel: TRANSEASA - S. PAL.

SEMICONDUCTORES

GENERAL ELECTRIC



C-106.

A13

Transistor
Silicon

C 106-SCR de baixo custo, 200 V 2A, ideal p. controle de motores em aparelhos domésticos, conversores de CC para CA, contadores em anel etc.

TRIAC: substitui dois SCR em rede de 110 ou 220 V. Acionado com sinal de 3 V (positivo ou negativo) conduz em ambas as direções. Ideal para dimmers, controle de temperatura, máquinas automáticas etc.

A 13: minúsculo retificador, fechado hermêticamente em vidro, de superfície passivada, fornece 1 A a 50°C sem dissipador. Corrente de pico 30 A, PIV até 600 V.

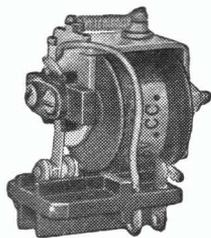
TRANSISTORES DE SILÍCIO: 43 tipos de baixo custo, para todas as frequências, desde áudio até UHF.

Informações e vendas em:

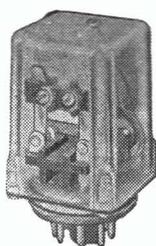
APLICAÇÕES ELETRÔNICAS
ARTIMAR LTDA.

Lgo. São Bento, 64 - c/ 101
Fone 35-2452 São Paulo-1

RELÉS



TIPO AB 1
1, 2 e 3 pólos
reversíveis



TIPO OP 2
2 pólos reversíveis
TIPO OP 3
3 pólos reversíveis

Os relés sensíveis da série AB e OP, são de alta qualidade do tipo miniatura. As bobinas são enroladas com fio especial e impregnadas para resistir quaisquer condições climáticas. As aplicações principais são: relés de placa em circuitos com válvulas, com transistores, para comandos eletrônicos em geral, para corrente contínua e alternada.

RELÉS ESPECIAIS PARA TRANSISTORES
PRODUTOS ELETRÔNICOS METALTEX LTDA.

METALTEX

R. JOAQUIM FLORIANO, 307 — SÃO PAULO
Tel. 8-6850

JÁ CONHECE ESTES LIVROS?

«MANUAL DE RADIOTRANSMISSÃO AMATEUR» — por L. M. Moreno Quintana, com 395 páginas, 380 ilustrações NCr\$ 21,70

«MANUAL DE VÁLVULAS DE RECEPCION RCA» RC-24 —, com 697 páginas NCr\$ 9,20

«MANUAL UNIVERSAL DE VÁLVULAS Y TUBOS DE TV» — por Angel Vacas, com 618 páginas NCr\$ 27,60

MANUAL DE VÁLVULAS E CINESCOPIOS MINI-WATT — Com suplemento 1963/1970 com 60 páginas NCr\$ 7,50

«AJUSTE Y CALIBRACION DE RECEPTORES DE RADIO» — por Saul Sorin, com 239 páginas, 104 ilustrações NCr\$ 12,60

«EL OSCILOSCOPIO — CONSTRUCCIÓN FACIL Y EMPLEO» — por A. Zamora Y. A. Toberias, com 185 páginas, 146 ilustrações NCr\$ 9,60

«ELECTRONICA DE LOS CIRCUITOS AMPLIFICADORES» — por Joseph Mayo Pettit — Malcolm Myers Mc Whorter, com 319 páginas NCr\$ 17,50

THE RADIO AMATEUR'S HANDBOOK — por Arbó, com 618 páginas NCr\$ 20,90

Visite a nossa loja, bem no centro do comércio da eletrônica de São Paulo, para examinar a nossa grande variedade de livros técnicos em exposição.

ETEGIL

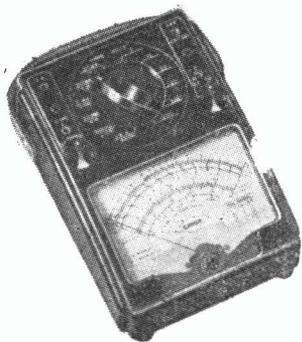
EDITORA TÉCNICO-GRÁFICA
INDUSTRIAL LTDA.

Rua Sta. Ifigênia, 180 — São Paulo 2 —
End. Telegr. "GRAFTRON" — Cx. P. 30869



Instrumentos...

**f a t o r
i m p o r t a n t e
p a r a q u e m
g o s t a d e
e l e t r ô n i c a**



INSTRUMENTO DE TESTE Volt-Ohm — Miliamperímetro Modelo 462

Alcance das escalas:

- a) AC Volt: 7 alcances (de 3 até 3000 V)
- b) DC Volt: idem
- c) Ohms: 6 alcances (de 1 K até 100 MΩ)
- d) Microamperes: 0-50-500
- e) Miliamperes: 0-5-50-500
- f) Amperes: 0-1, 2-12
- g) Decibéis: de -10 a + 70

Sensibilidade do voltímetro

- a) AC Volt: 20.000 ohms por V
- b) DC Volt: 20.000 ohms por V.



**Rua das Margaridas N.º 221
Telefones 61-8566 e 61-7345
Caixa Postal 930 - São Paulo**

NOVOS LANÇAMENTOS

CORRENTE CONTINUA E MAGNETISMO, por E. J. Black NCr\$ 3,70

Numa obra escrita especialmente para os principiantes que queiram cohecer os princípios fundamentais da eletrônica. Os seus 5 capítulos tratam detalhadamente da corrente contínua, resistores, baterias e acumuladores, magnetismo e medidores. Todos os capítulos são acompanhados por uma série de perguntas e problemas que auxiliam a compreensão perfeita da matéria tratada.

O apêndice traz nomogramas e tabelas úteis para todos os técnicos.

ELEMENTOS DE ANÁLISE DE SISTEMAS LINEARES, por L. V. Boffi e J. A. M. Coutinho NCr\$ 6,30

A construção e operação de sistemas capazes de executar certas funções pre-estabelecidas devem ser baseados na análise, ou seja, no estudo dos conceitos necessários para a compreensão do funcionamento dos sistemas. Daí resulta a importância desta obra para todos que se interessam pela eletrônica aplicada, máquinas elétricas, sistemas de controle, comunicações, eletrônica industrial e instrumentação e controle de processos industriais.

APLICAÇÕES DA TEORIA DO TRÁFEGO TELEFÔNICO, por Z. Fuzesi NCr\$ 15,00

O atual esforço do Conselho Nacional de Telecomunicações no Brasil faz com que o livro «Aplicações da Teoria do Tráfego Telefônico» trate de um tema de grande importância atual.

O autor dedicou toda a sua vida profissional, tanto no estrangeiro como no Brasil, a trabalhos relacionados com a telefonia, conhece a fundo os problemas existentes no Brasil no tocante ao serviço telefônico.

— • —

«PROPAGAÇÃO DAS ONDAS RADIOELÉTRICAS NOS MEIOS NATURAIS» — por A. Picquenard, com 377 páginas, 179 ilustrações NCr\$ 13,00

«ILUMINAÇÃO» — por L. Smit, com 222 páginas, 125 ilustrações, brochura NCr\$ 5,50

«DICIONÁRIO TÉCNICO» — Ing.-Port. e Port.-Ing. — por F. Bastos NCr\$ 18,20

«SEMICONDUCTORES — CIRCUITOS — TEORIA E PRÁTICA» — por E. J. Cassignol, com 660 páginas, encadernado NCr\$ 25,00

«SEMICONDUCTORES — FÍSICA E ELETRÔNICA» — por E. J. Cassignol, com 344 páginas, enc. NCr\$ 14,00

«CIRCUITOS ELETRÔNICOS» — por L. Q. Orsini, com 372 páginas, 35 ilustrações NCr\$ 14,00

FAÇA UMA VISITA A NOSSA LOJA

E T E G I L

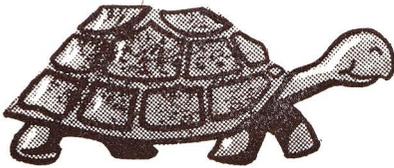
**EDITORA TÉCNICO-GRÁFICA
INDUSTRIAL LTDA.**

Rua Santa Higênia, 180 — Caixa Postal

30.569 — End. Telegráfico: "Graffron" —

São Paulo

Se é
PARA DURAR...
recomendamos

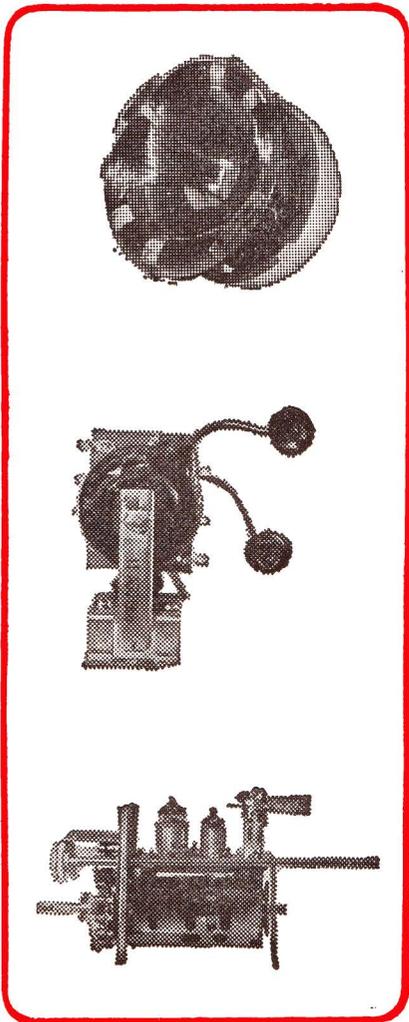


**PEÇAS
E
ACESSÓRIOS
PHILCO**
ORIGINALIS

Por melhor que seja o desempenho profissional, o emprêgo de peças não recomendadas pode comprometer a eficiência do serviço e até mesmo o rendimento do aparelho.

Em aparelhos PHILCO — Rádios, Televisores e Fonógrafos — use somente PEÇAS E ACESSÓRIOS PHILCO ORIGINALIS, de qualidade comprovada no uso diário, há mais de 30 anos.

São garantidos e têm preço de Tabela da Fábrica, em todo o País.



GRATIS!



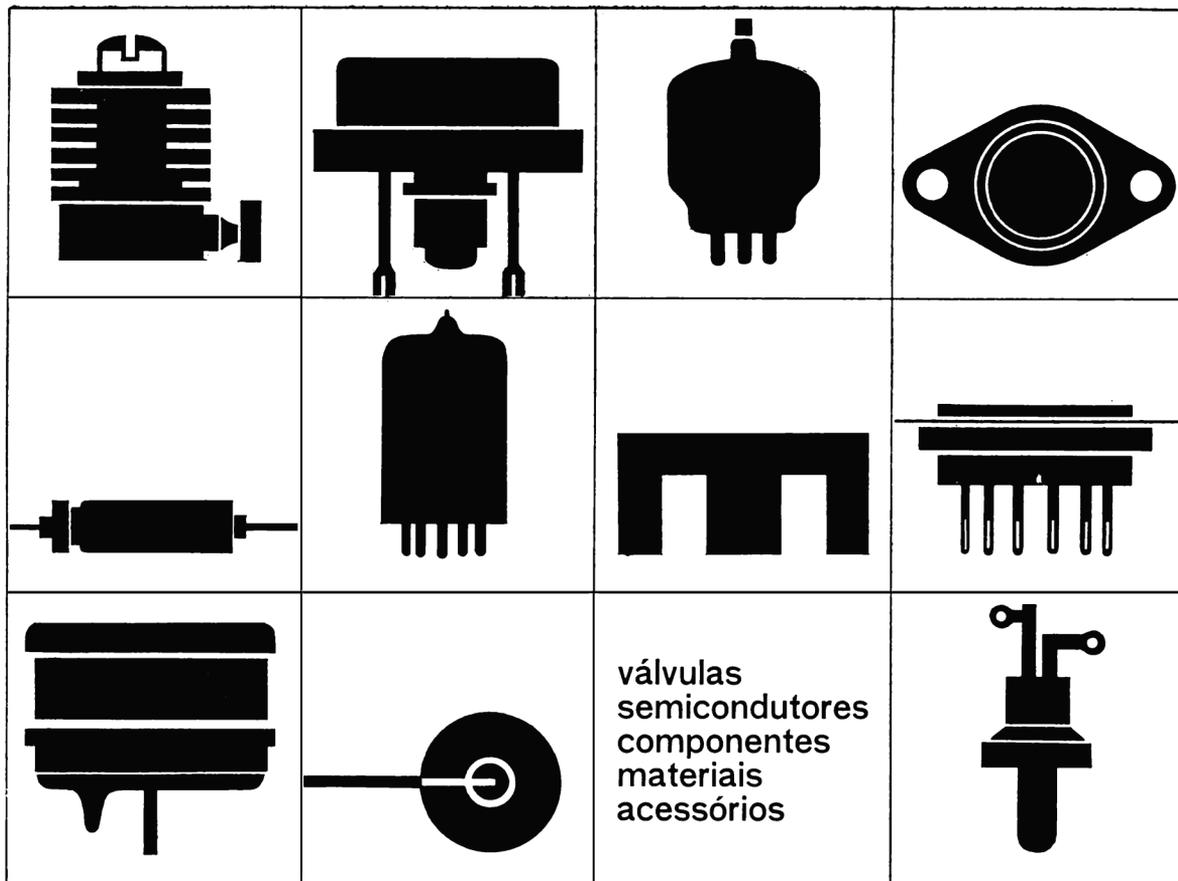
Se V.S. desejar receber tôda a literatura técnica sôbre os nossos produtos, basta recortar o cupom abaixo, preenchê-lo e remetê-lo ao Departamento de Assistência Técnica da Philco - S. Paulo - Cx. Postal 4753

Nome.....
Enderêço.....
Cidade..... Estado.....
Técnico: Rádio..... TV.....
Escola em que se diplomou.....
Estagiou em outras fábricas?.....
Quais?.....

PHILCO

Rádio e Televisão Ltda.

RUA SANTA VIRGINIA, 299 - SÃO PAULO



PRODUTOS PROFISSIONAIS

A IBRAPE - Pioneira da Eletrônica no Brasil - conta agora com a colaboração inestimável de um grupo de Atacadistas especialmente selecionados para a distribuição dos seus inúmeros produtos para equipamentos industriais e aparelhos profissionais.



Pronto

ATACADISTAS DE PRODUTOS PROFISSIONAIS

SÃO PAULO

Com. Válvulas Valvolândia Ltda.
Rua Santa Ifigênia, 299 - Tel.: 34-0004

Electro Rádio Ltda.
Rua Dr. Falcão Filho, 87 - Tels.: 35-6294 - 32-5913

Electron News - Rádio e TV Ltda.
Rua Santa Ifigênia, 349 - Tel.: 35-1967

Casa Sotto Mayor S.A.
Rua Líbero Badaró, 645
Tels.: 36-3166 - 36-3605 - 35-1270

Casa Rádio Teletron Ltda.
Rua Santa Ifigênia, 569 - Tel.: 37-8306

Fornecedora Eletrônica Fornel Ltda.
Rua Santa Ifigênia, 304 - Tel.: 34-7462

Centro Eletrônico Com. Mat. Eletrôn. Ltda.
Rua Santa Ifigênia, 424 - Tel.: 36-3102

Rádio EMEGÉ S.A.
Av. Rio Branco, 301
Tels.: 34-6888 - 36-2239 - 32-8666

RIO DE JANEIRO

Eletrônica Principal Ltda.
Rua República do Líbano, 43
Tel.: 42-8346

Lojas Nocar S.A. - Rádio Eletricidade
Rua da Quitanda, 48 - Tels.: 42-1510 - 42-1733

Magna-ton Rádio Ltda.
Av. Marechal Floriano, 41 - Tel.: 43-2682

Rei das Válvulas Eletrônicas Ltda.
Av. Marechal Floriano, 22 - Tel.: 23-4104

PÓRTO ALEGRE

Arno Decker S.A.
Rua Dr. Flores, 116 - Tel.: 7685

Iman Importadora
Maurício Faermann & Cia. Ltda.
Av. Alberto Bins, 557 - Tel.: 7082

BELO HORIZONTE
Morits Rádio Eletrônica Ltda.
Rua Curitiba, 726/730 - Tel.: 2-9302

TRANSMISSOR para controle remoto

Alberto José Rodrigues Alves

INTRODUÇÃO

A finalidade deste artigo é a complementação do "Receptor para controle remoto" publicado no n.º 15 desta revista. Esperamos, com isso, que os aficionados do comando à distância não tenham mais problemas de equipamento, pois a eficiência e o preço do conjunto publicado são bastante compensadores em relação aos similares estrangeiros.

O transmissor aqui descrito pode fornecer uma potência de saída da ordem de 200 mW, o que é mais do que suficiente para controles de aeromodelos a distâncias de até 1,5 km. sendo a portadora de 27,255 MHz modulada em amplitude por 1.000 Hz. A alimentação é de 12V e pode ser feita por pilhas tipo lapiseira.

A montagem poderá ser bem compacta, o que facilitará o manuseio do transmissor no campo. Alguns detalhes do circuito e os ajustes necessários são descritos a seguir.

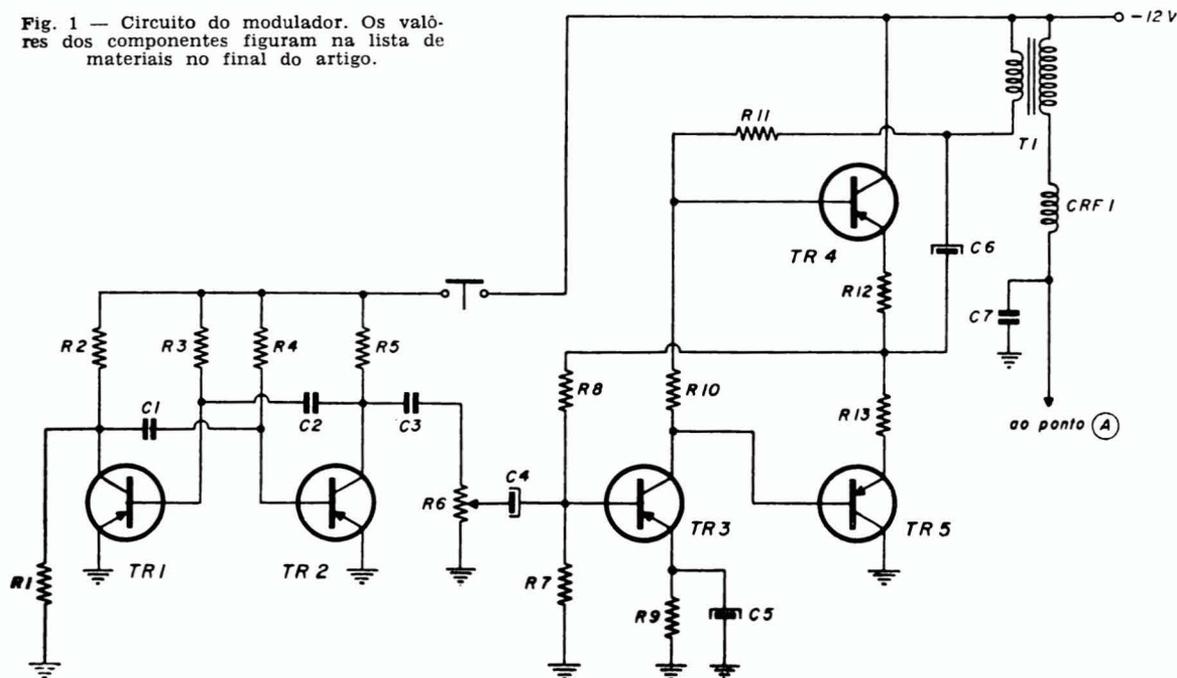
MODULADOR

O modulador é constituído essencialmente de um oscilador e de um estágio de potência. O oscilador formado pelos transistores TR₁ e TR₂ é um multivibrador astável cuja frequência de saída é de 1.000 Hz. O controle dessa oscilação é feito através da chave S₁, que é uma chave de pressão (normalmente aberta), a qual permite ou não a alimentação do multivibrador.

O estágio de saída é formado por um excitador (TR₃) e pelo estágio complementar (TR₄ e TR₅) em classe B. A razão da escolha de uma saída complementar em classe B se deve primeiro, ao fato de economizarmos um transformador excitador e segundo que em classe B os transistores permanecem praticamente cortados na ausência de sinal, o que favorece a economia das pilhas.

O acoplamento do modulador ao estágio de RF é feito por transformador, a fim de

Fig. 1 — Circuito do modulador. Os valores dos componentes figuram na lista de materiais no final do artigo.



termos um perfeito casamento de impedâncias e um melhor rendimento.

ESTÁGIO DE RF

Para economia e simplicidade, usamos apenas um transistor do tipo AFY19 como oscilador controlado a cristal e amplificador de RF.

A resistência fixa (R_{14}) e a variável de $10k\Omega$ (R_{15}), determinam a polarização de base do transistor. No circuito de coletor do transistor se encontra o circuito oscilador constituído da bobina L_1 , do trimmer C_{10} e do condensador fixo C_{11} . O uso do cristal é importante para que a frequência de oscilação seja estável com variações da temperatura e da tensão da bateria. O trimmer permite o ajuste correto do circuito oscilante para o mesmo valor da frequência do cristal.

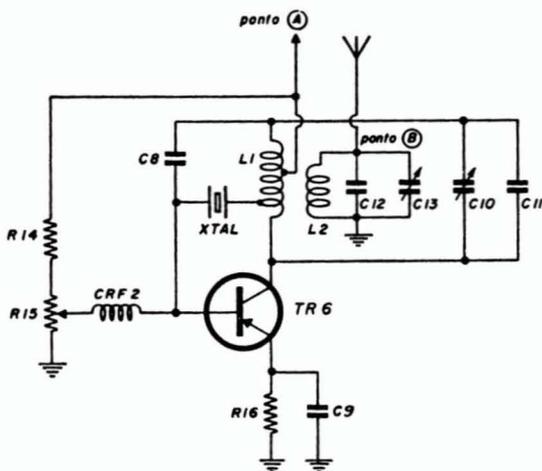


Fig. 2 — Circuito esquemático do estágio de RF.

A bobina de antena L_2 é acoplada indutivamente a L_1 . Através de L_2 o sinal de RF chega até a antena. O trimmer C_{13} em paralelo com L_2 serve para efetuar o correto casamento com a antena.

Montagem e Ajuste

A montagem e ajuste deste aparelho devem ser efetuadas com bastante cuidado por aqueles que não tiverem alguma experiência anterior neste tipo de circuito.

A montagem deverá ser feita em circuito impresso para uma miniaturização do aparelho e devem ser observadas todas as recomendações para montagens em altas frequências (lides curtos, condensadores de boa qualidade, etc.). Deve-se especialmente, tomar muito cuidado para evitar uma realimentação entre a bobina osciladora e outro ponto qualquer do circuito.

Para os ajustes deve ser seguida a seguinte ordem:

Estágio de RF: 1 — Com o aparelho totalmente montado e sem antena, solde uma resistência de 52Ω — 1W, entre o ponto B e a terra. Ligue também um miliamperímetro de 0-100mA em série com a resistência R_{16} (emissor).

2 — Ligue o aparelho numa fonte de 12 Vcc e ajuste o potenciômetro de base (R_{15}) para uma leitura de 35mA no emissor. O oscilador deverá funcionar sem problemas, entretanto é interessante fazer-se uma verificação com auxílio de um Grid-Dip-Meter.

3 — Coloque agora um medidor de intensidade de campo perto da bobina L_1 , e varie o trimmer C_{10} a fim de se obter a melhor leitura. Se o valor do trimmer não for suficiente mude o valor do capacitor fixo C_{11} . Ajuste simultaneamente o potenciômetro de base a fim de que a corrente de emissor permaneça nos 35mA.

4 — Ajustado o oscilador, desligue a resistência de 52Ω e coloque a antena no seu lugar. Aproxime o medidor de intensidade de campo da bobina de carga da antena e ajuste o trimmer C_{13} para máxima leitura. Em seguida ajuste o ferrite da bobina de carga para a melhor leitura no medidor e torne a ajustar C_{13} , e assim por diante, até se obter a máxima saída na antena. A corrente final de emissor do AFY19, deve estar por volta de 35mA.

Estágio Modulador: O único ajuste do estágio modulador é da porcentagem de modulação. Para tanto, comprima a chave S_1 e com auxílio de um osciloscópio, ajuste R_8 de modo que a modulação se situe entre 95% e 100%. O ajuste correto de modulação é importantíssimo nestes sistemas de controle remoto com portadora modulada.

CONSTRUÇÃO DO TRANSFORMADOR

As dimensões do ferro estão na figura 3. A seção é quadrada, e o ferro-silício do tipo comum para transformadores de saída.

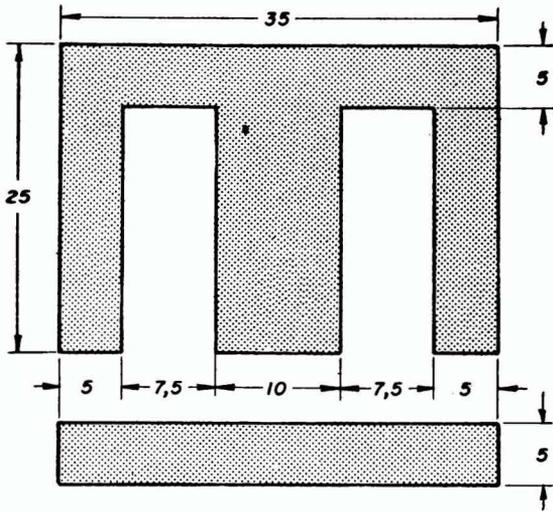


Fig. 3

Primário: 124 espiras de fio 30 A.W.G., esmaltado.
Secundário: 700 espiras de fio 34 A.W.G., esmaltado.

CONSTRUÇÃO DA ANTENA

As dimensões da antena estão na figura 4. A separação das duas seções deverá ser feita com um tubo de 6 cm de material isolante. A bobina de carga é construída sobre uma fôr-

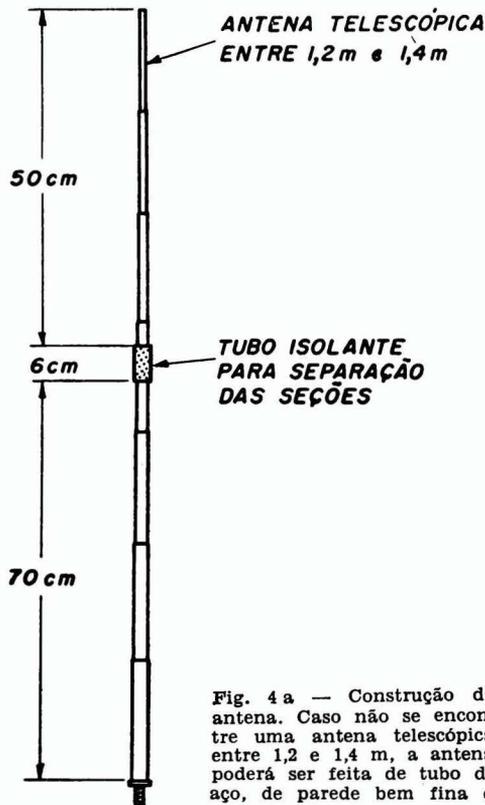


Fig. 4 a — Construção da antena. Caso não se encontre uma antena telescópica entre 1,2 e 1,4 m, a antena poderá ser feita de tubo de aço, de parede bem fina e nas dimensões do desenho.

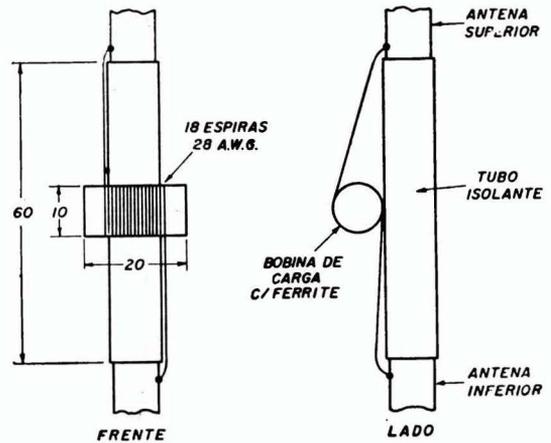


Fig. 4 b — Detalhe da antena com bobina de carga.

ma de 10mm de diâmetro externo por 20mm de comprimento e com núcleo ajustável de ferrite.

O enrolamento é constituído de 18 espiras de fio 28 A.W.G., esmaltado.

CONSTRUÇÃO DAS BOBINAS L_2 E L_1

A figura 5 mostra um detalhe das bobinas L_2 e L_1 .

A bobina osciladora L_1 é construída sobre uma fôrma de 12mm de diâmetro, sobre a qual se enrolam 5,5 espiras de fio 18 A.W.G. esmaltado. Depois de enroladas, retira-se a fôrma e afasta-se as espiras de modo que ocupem um comprimento de 12mm.

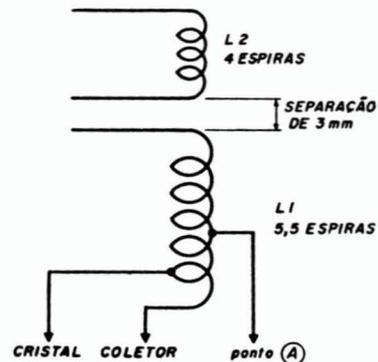


Fig. 5 — Detalhes das bobinas L_1 e L_2 .

A bobina de antena L_2 é construída sobre uma fôrma de 10mm de diâmetro, sobre a qual se enrolam 4 espiras juntas de fio 18 A.W.G. esmaltado. Depois de enroladas, retira-se a fôrma para que as espiras fiquem no ar.

A posição das duas bobinas é importante; L_2 deverá estar situada sobre L_1 a uma distância de 3mm da mesma. As derivações na bobina L_1 , também devem ser feitas com cuidado e do seguinte modo:

1 — A uma espira do extremo que vai ao coletor, deve-se ter uma derivação para o cristal.

2 — A 2,5 espiras do extremo que vai ao coletor, deve-se tirar uma derivação para a alimentação (ponto A).

REFERÊNCIAS

- “Construccion Facil de Objetos Teledirigidos” — A. Zamora.
- “Revista Eletrônica n.º 8”.
- “Transistores: Circuitos — Diseño”. Texas Instruments
- “Transistores: Teoria e Aplicaciones”. Miniwatt

LISTA DE MATERIAL

Resistências: Todas 1/2 W, 10%

- R₁: 20 K Ω
- R₂: 6,8 K Ω
- R₃: 100 K Ω
- R₄: 100 K Ω
- R₅: 6,8 K Ω
- R₆: 10 K Ω potenciômetro linear
- R₇: 2,2 K Ω
- R₈: 10 K Ω
- R₉: 150 Ω
- R₁₀: 39 Ω
- R₁₁: 1 K Ω
- R₁₂: 2,5 Ω
- R₁₃: 2,5 Ω
- R₁₄: 10 K Ω
- R₁₅: 10 K Ω potenciômetro linear
- R₁₆: 47 Ω

Condensadores

- C₁: .01 μF
- C₂: .01 μF
- C₃: .1 μF
- C₄: 10 μF — 16 V — eletrol.
- C₅: 100 μF — 16 V — eletrol.
- C₆: 400 μF — 16 V — eletrol.
- C₇: .05 μF
- C₈: 4,7 pF
- C₉: .05 μF
- C₁₀: 3 — 30 pF — trimmer a ar
- C₁₁: 120 pF
- C₁₂: 10 pF
- C₁₃: 3 — 30 pF — trimmer a ar

Transistores

- T_{r1} = T_{r2} = OC71
- T_{r3} = OC75
- T_{r4} e T_{r5} = par complementar AC127 — AC132
- T_{r6} = AFY19

- S₁: chave de pressão, normalmente aberta
- T₁: transformador de modulação (texto)
- C.R.F.₁: choque de 500 μH, 100 mA
- C.R.F.₂: choque de 500 μH, 50 mA
- XTAL: 27,255 MHz, 3º sobretom,
- Antena telescópica de 1,2m a 1,4m
- Bateria de 12V: 8 pilhas do tipo lapiseira (ou outro tipo maior) em série. As pilhas devem ser trocadas quando a tensão cair abaixo de 10V com o transmissor em funcionamento.

FM estéreo

Transmissão

As primeiras experiências feitas na transmissão estereofônica, por meio de rádio, envolviam dois transmissores e dois receptores separados. O método era muito caro, além de exigir uma faixa de frequências para transmissão mais larga, tanto em ondas médias como em ondas ultra-curtas (VHF-FM).

A primeira conclusão a que se chegou, posteriormente, é que rádio-estereofonia devia ser preferivelmente transmitida em frequência modulada. Isto se deve ao fato de que, em ondas médias, as condições de interferência não permitem que se obtenha uma alta qualidade de áudio. E, como sabemos, a estereofonia melhora a qualidade do áudio mas exige que o áudio em si tenha ótima qualidade.

O sistema adotado pelas autoridades internacionais em rádio-difusão satisfaz, contudo, as seguintes condições:

a — não requer uma banda passante maior do que a exigida para transmissão monofônica.

b — é um sistema compatível.

c — é transmitido em frequência modulada.

Básicamente o sinal transmitido se compõe de um sinal monofônico contendo toda a informação musical e outro sinal contendo toda a informação direcional. O sinal monofônico (M) consiste na soma dos sinais provenientes da direita (D) e da esquerda (E). A informação direcional (S) é a diferença entre E e D (figura 1).

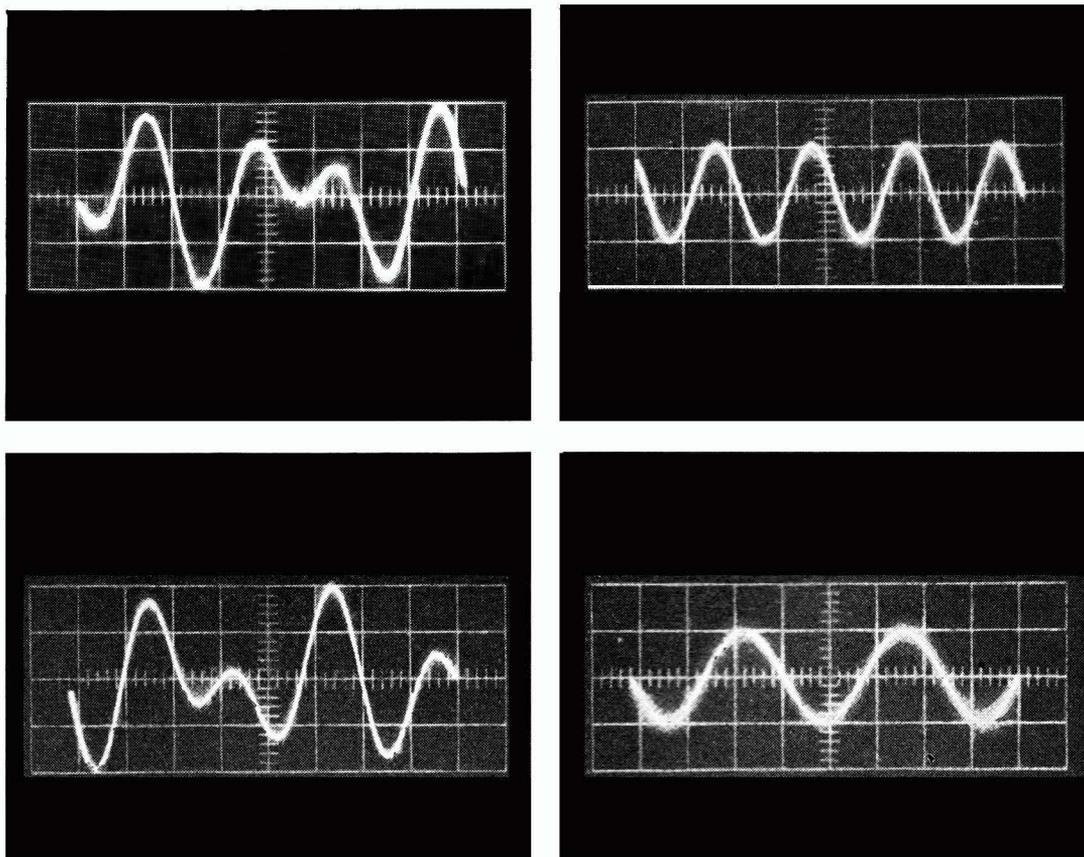


Fig. 1

O sinal M é modulado de maneira comum de acordo com os padrões para rádio-difusão em FM, com exceção de que a máxima profundidade de modulação é de apenas 90% da prescrita para transmissões monofônicas em FM.

O sinal S é obtido modulando-se primeiramente em amplitude uma sub-portadora de 38 kHz (figura 2). Considerando-se então que a máxima frequência de áudio a transmitir é 15 kHz, as bandas laterais em torno da sub-portadora se situam entre $38 - 15 = 23$ kHz e $38 + 15 = 53$ kHz. Esse sinal é então aplicado ao modulador FM. O sinal de áudio total aplicado ao modulador apresenta portanto a distribuição de frequência que se vê na fig. 3.

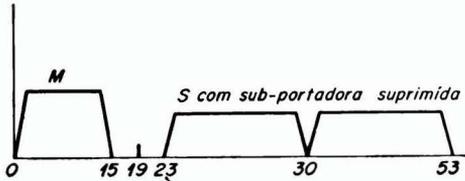


Fig. 2

Próximas da sub-portadora (abaixo de 400 Hz) as bandas laterais são atenuadas, já que para essas frequências o efeito direcional é desprezível. Os sons de baixa frequência atingem os microfones com diferenças de fase e intensidade praticamente desprezíveis, exatamente como acontece no caso da audição humana. Os sinais D e E de baixa frequência (abaixo de 400 Hz) são portanto praticamente idênticos e conseqüentemente sua diferença terá uma amplitude muito pequena. A sub-portadora de 38 kHz, contudo, tem uma amplitude considerável e portanto requer uma parte considerável da energia a ser transmitida. Para superar essa dificuldade, a sub-portadora de 38 kHz é suprimida (figura 4).

Sua presença, no entanto, é necessária no receptor, pois senão o sinal S não pode ser recuperado das bandas laterais que o contém (figura 5).

Para tal, um sinal piloto de 19 kHz é transmitido em lugar da sub-portadora de 38 kHz. Esse sinal possui pequena amplitude e no receptor, após a detecção de FM é amplificado e dobrado. Assim, menos espaço é

ocupado no espectro de frequências por um sinal que não contém nem informação musical nem direcional. É necessário, evidentemente, que a sub-portadora de 38 kHz seja restaurada no receptor com a mesma fase que possuiria a sub-portadora original se fosse transmitida. Como a sub-portadora no transmissor (figura 6) é obtida também por dobramento, esta condição se encontra satisfeita, exceto quando existem distorções de fase na trajetória de propagação ou no receptor; no entanto, isso pode ser evitado por meio de projeto adequado.

O sinal de áudio que atinge o modulador de FM portanto, tem o aspecto apresentado pela figura 4. A informação musical fica restrita a 15 kHz, o que dificilmente pode ser chamado de limitação. Se o sinal de 19 kHz não fosse suprimido no receptor e atingisse o alto-falante, teria tão pequena amplitude que não seria ouvido nem mesmo por aqueles que possuem uma acuidade auditiva excepcional. A distância de 4 kHz entre o sinal piloto e a frequência mais alta de áudio ou a banda lateral mais próxima (23 kHz) é suficiente para evitar que a operação do dobrador de frequências no receptor seja influenciada pelo sinal M ou pela banda lateral inferior de S, mesmo que haja um sinal de áudio ligeiramente superior ao limite de 15 kHz. E também permite que a amplitude do sinal piloto seja bem pequena.

Fica então bem claro do que foi exposto que um receptor monofônico de FM reproduz somente a parte M do sinal estereofônico de FM. O sinal piloto e o sinal S contido nas bandas laterais dispostas simetricamente em torno da sub-portadora de 38 kHz não serão reproduzidos. Eles serão conduzidos à massa por circuitos já existentes em qualquer receptor e, de qualquer maneira, não serão reproduzidos pelo alto-falante. A qualidade de recepção é idêntica à que se obteria com uma transmissão monofônica. Em outras palavras, o sistema duplex de transmissão satisfaz perfeitamente as necessidades de compatibilidade, isto é, de se receber um sinal estereofônico em um receptor monofônico sem alteração de qualidade.

Recepção.

O receptor de FM estéreo é de certa maneira idêntico ao receptor de FM monofônico principalmente se este último possuir uma

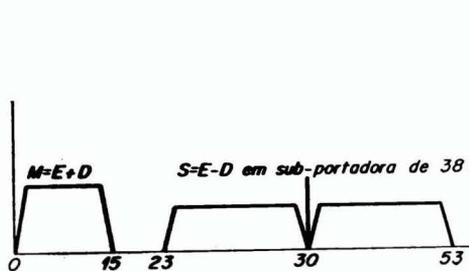


Fig. 3

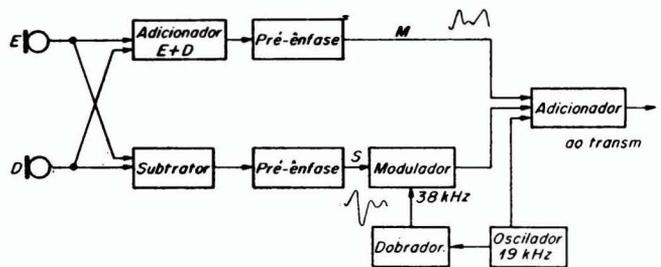


Fig. 4

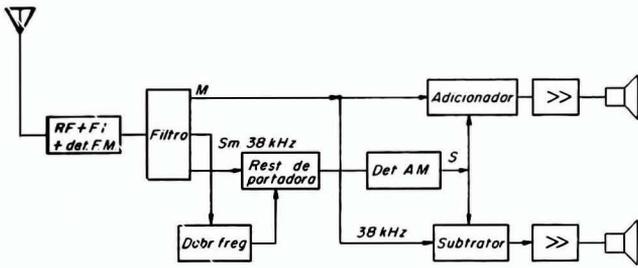


Fig. 5

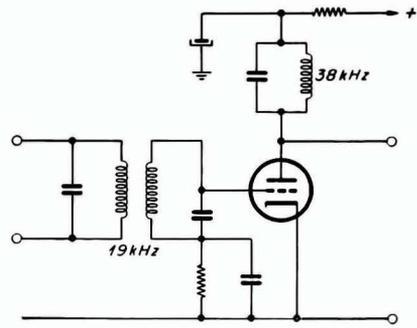


Fig. 6

etapa de áudio para reprodução de discos estereofônicos. Então, a única diferença visível será o decodificador (fig. 7), no qual a sub-portadora de 38 kHz é recuperada e os sinais D e E são obtidos dos sinais M e S. Este decodificador se encontra entre o detetor de FM e a entrada dos amplificadores de áudio. Além disso, deve ser provido de um dispositivo que indique se a transmissão que está sendo recebida é estéreo ou monofônica.

No conversor (fig. 8) o sinal piloto de 19 kHz é usado para regenerar a sub-portadora de 38 kHz. Após essa última ser adicionada às bandas laterais (E-D), o sinal S modulado pode então ser aplicado ao detetor de AM em cuja saída obtém-se o sinal E-D. Somando-o ao sinal M, o sinal correspondente a E reaparece; subtraindo-o obtemos o sinal D. Em outras palavras, o sinal E é obtido pela adição de M com o sinal S, ambos em fase; enquanto o sinal D resulta, também, de uma adição, somente que S aí se apresenta com 180° de diferença de fase com relação a M.

O circuito básico de um decodificador é visto na figura 9. As setas indicam as fases do sinal $S = E - D$ após a detecção. Por inspeção do circuito não é difícil também de se compreender como a adição e a subtração dos dois sinais se realizam e como os sinais D e E são obtidos.

Para uma operação confiável do gerador de 38 kHz é necessário que o sinal piloto de 19 kHz seja bem distinto dos outros componentes do sinal, o que requer que haja muito boa filtragem. Ao mesmo tempo, é essencial que a sub-portadora de 38 kHz recuperada no receptor tenha a mesma fase que possuía no transmissor. Outros dobradores de frequência usam osciladores de bloqueio ou

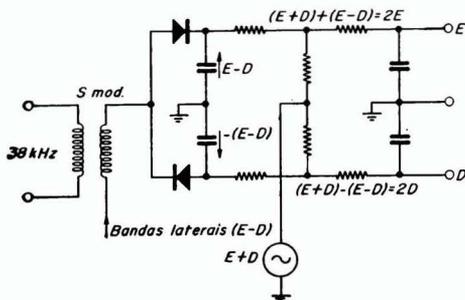


Fig. 7

retificadores. Variantes do circuito visto na figura 9 podem ser empregados sem que o princípio original de operação seja afetado. Dependendo do circuito empregado, os capacitores de de-ênfase devem ser incluídos nos dois amplificadores de áudio ou no decodificador. Não devem, em hipótese alguma, no entanto, ser incluídos no detetor de relação, porque o sinal S seria atenuado.

Conversão e adaptação

Se quiséssemos evitar distorção, teríamos de prover o receptor de FM com uma largura de banda de 180 kHz. Em alguns receptores monofônicos de FM, contudo, a largura de banda de FI (que determina a seletividade do receptor) é menor do que 180 kHz, chegando às vezes a somente 120 kHz, o que, devido à relativamente pequena amplitude das frequências altas, ainda conduz a resultados satisfatórios quando se trata de transmissões monofônicas.

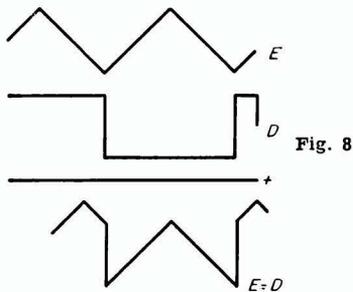
Já em recepção estereofônica, o sinal modulado (E - D) será atenuado e distorcido se a largura de FI for excessivamente estreita. Poderá ocorrer também distorção do sinal M, cuja terceira harmônica cai dentro da faixa do sinal S, produzindo, portanto, batimentos.

Isto pode impedir uma adaptação bem sucedida de um aparelho FM mono para estéreo. Além disso, o discriminador deve ter uma curva de resposta em frequência plana até 53 kHz, enquanto nos receptores monofônicos a resposta cai de 3 dB já em 3,18 kHz, segundo as normas européias, e em 2,12 kHz nos Estados Unidos, em virtude da de-ênfase. Outrossim, as imperfeições do detetor de relação, pelo menos em receptores monofônicos, causam uma queda adicional de 3 dB em 15 kHz. Assim, mesmo que o circuito de de-ênfase fosse desligado, a condição de resposta em frequência plana até 53 kHz não poderia ser satisfeita. Conseqüentemente a conversão de um receptor monofônico para estéreo, mesmo que ele possua uma seção de áudio estéreo, implicará em alguns casos em mudanças no estágio de FI e no discriminador: a menos que o receptor tenha sido pro-

jetado para adaptação para FM estéreo, a conversão será uma operação cara e insatisfatória.

Diafonia

Se parte do sinal E se mistura ao sinal D, ou vice-versa, o som estereofônico ficará prejudicado. No caso de haver 100% de diafonia (interação entre os dois canais) não haverá mais sinais E e D separados e a reprodução será monofônica (fig. 10).



A influência da diafonia é desprezível desde que ela não seja mais do que 5 a 10% ou -26 a -20 dB na faixa central de áudio. Como uma certa porcentagem de diafonia estará presente no sinal transmitido, no receptor as especificações deverão ser mais rígidas: -29 dB ou 3%, o que dará uma diafonia total de -26 dB se o valor da mesma for de -29 dB na transmissão.

Com a experiência existente em estereofonia em áudio, não é muito difícil de se evitar diafonia na etapa de áudio. Contudo a diafonia pode também se originar no decodificador se os sinais M e S não estão na relação apropriada de amplitude ou então existe entre eles uma diferença de fase.

Considerando o sinal M igual a (E+D) e o sinal S igual a p(E-D), sendo p um número qualquer, temos:

$$\frac{E+D}{p(E+D)}$$

(1-p)E + (1+p)D, portanto, se p for diferente de 1 o sinal esquerdo se mistura com o canal direito e, assinalando o sinal M + S:

$$\frac{E+D}{p(E-D)}$$

(1+p)E + (1-p)D, se p for diferente de 1 o sinal direito se mistura com o canal esquerdo.

Um erro de fase causa um efeito semelhante (fig. 11). Se M é igual a (E+D) e S a (E-D) cos φ então teremos: M+S = E+D + E cos φ - D cos φ = E(1+cos φ) + D(1-cos φ). Se φ = 0° então cos φ = 1 e M+S = 2E. Para φ = 180°, cos φ = -1 e portanto M+S =

= 2D. Se no entanto φ é diferente de 0° ou 180° então a soma de M com S conterá sempre os dois sinais D e E.

Isto nos mostra que se aplicarmos um filtro no caminho de um dos sinais (E+D) ou (E-D), é necessário que apliquemos um que introduza a mesma diferença de fase no caminho do outro. Também assimetrias que afetam as amplitudes dos dois sinais devem ser evitadas. Em geral, introduz-se no circuito uma rede para compensação de diafonia em virtude das pequenas diferenças que sempre existem.

Um receptor monofônico reproduz um sinal estereofônico praticamente como se estivesse recebendo um sinal mono e com a mesma relação sinal-ruído, já que o processo de modulação da portadora pelo sinal (E+D) é quase o mesmo que o empregado para sinais mono.

Se um sinal FM mono é recebido por um receptor estéreo cujos estágios de rádio-freqüência, misturador e FI são idênticos aos de um receptor monofônico, a relação sinal-ruído será idêntica. Através do caminho do sinal (E-D), o ruído existente na banda do sinal S, será aplicado aos detetores e somado às saídas em contrafase. Esta tensão de ruído, no entanto, é muito baixa e em virtude da subportadora não estar presente a eficiência da detecção também é muito pequena. Conseqüentemente a relação sinal-ruído será idêntica à do receptor mono.

Se o dobrador de freqüência, no entanto, funcionar, a eficiência do detetor atinge um nível normal e o ruído contido na banda (E-D) será reproduzido. Portanto, o dobrador de freqüência só deve ser pôsto em operação quando uma transmissão estéreo é recebida.

Se, contudo, a intensidade do campo de uma transmissão FM estéreo é relativamente baixa, o ruído total é a soma do contido na banda (E+D) com o presente na banda (E-D) e no sinal de 38 kHz, e será maior do que o existente em uma recepção mono de uma transmissão mono. Conclui-se daí que para uma recepção FM estéreo virtualmente desprovida de ruído é necessário que a intensidade do campo seja maior do que para a recepção mono. Conseqüentemente o raio de ação de um transmissor estéreo para uma recepção mono, será o mesmo que para um transmissor mono.

Para a recepção estéreo um sinal 18 dB maior é necessário para se obter uma relação sinal-ruído igual à obtida em recepção mono. Pode-se dizer que dependendo da antena de transmissão e das condições de propagação há uma redução da faixa de recepção isenta de ruído de 20%.

Na maioria dos casos os receptores de FM estão ligados a antenas internas ou externas muito simples (por exemplo, um dipolo dobrado). Uma antena mais eficiente ou um aumento na altura da antena de 5 a 20 m proporcionará condições de recepção semelhantes às de uma recepção mono.

O oscilador de bloqueio

O OSCILADOR DE BLOQUEIO

O método descrito no artigo "Geração de pulsos em televisão (revista n.º 18) baseava-se única e exclusivamente na deformação de uma tensão senoidal já existente. A frequência de repetição dos pulsos gerados depende então da frequência da oscilação fundamental. Neste artigo vamos abordar o método que emprega osciladores de relaxação, em que a frequência dos pulsos gerados independe de uma frequência fundamental, decorrendo de considerações que veremos adiante. O oscilador de bloqueio, cujo esquema é apresentado na figura 1, é um dos circuitos mais simples desse tipo.

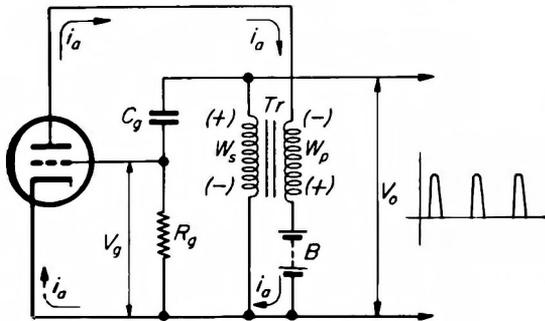


Fig. 1 — Circuito de um oscilador de bloqueio. B — Bateria C_g — capacitor de grade; R_g — resistor de escape de grade t_r — transformador de alimentação; W_p e W_s — enrolamentos primário e secundário do transformador; i_a — corrente de anodo; V_g — tensão de grade; V_o — tensão de saída.

Antes de entrarmos em considerações sobre o funcionamento do circuito, vamos examinar com mais detalhes o transformador Tr. Este componente consiste de dois enrolamentos separados eletricamente um do outro e que estão dispostos num núcleo de ferro como se vê à figura 2. (O enrolamento primário é chamado de w_p e o secundário de w_s). Se uma corrente de amplitude variável (como é o caso de uma corrente senoidal) é aplicada ao primário, ela cria um campo magnético que varia do mesmo modo que a corrente e que induz uma tensão em qualquer condutor que ele corte (figura 2b). No primário a tensão induzida assume a forma de uma tensão de polaridade contrária à que a gerou (enquanto no secundário, a tensão induzida é a que vai se fazer presente no circuito). Assim uma corrente variável no primário produz uma tensão no secundário que varia da mesma forma. Normalmente os transformadores são ligados de tal maneira que a forma da tensão secundária corresponde à da corrente do primário e geralmente é proporcional a ela. Se a corrente no primário for contínua, não haverá tensão no se-

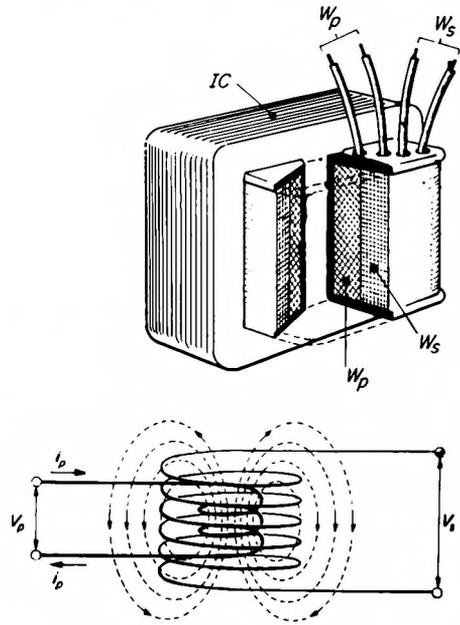


Fig. 2 — Princípio do transformador, (a) aspecto geral, com parte dos enrolamentos removidos; (b) diagrama teórico para ilustrar o funcionamento do transformador.

cundário, pois o campo magnético criado não varia, não existindo então o efeito indutivo.

No oscilador de bloqueio o transformador tem a seguinte função: no momento em que a tensão de alimentação é aplicada (ao se ligar o circuito), há um fluxo rapidamente crescente de corrente anódica que circula pelo enrolamento primário e induz uma tensão do mesmo tipo no secundário. Esta tensão crescente é aplicada à grade da válvula por meio do condensador C_g de tal maneira que o potencial da grade torna-se rapidamente positivo. Com isso há um aumento da corrente anódica, que provoca uma tensão maior no secundário do transformador, donde resulta um aumento da tensão de grade, que causa um novo aumento na corrente anódica, e assim por diante.

Este processo cumulativo é extremamente rápido, ocorrendo durante o intervalo de tempo $t_0 - t_1$ da figura 3. Contudo o fato da grade se tornar positiva implica em que ela atraia elétrons do feixe que atravessa a válvula. Apenas uma pequena parte desses elétrons consegue escapar para a massa através do resistor R_g de alto valor. O resultado é um excesso de elétrons na conexão grade, C_g , R_g , o que provoca uma queda rápida do potencial de grade que ocorre no intervalo $t_1 - t_2$. No instante em que a tensão de grade começa a cair, a corrente anódica diminui e

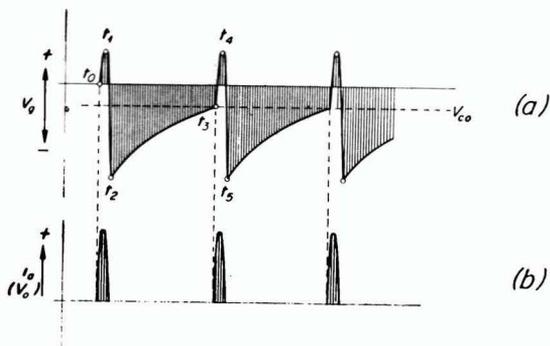


Fig. 3 — Correntes e tensões num oscilador de bloqueio. (a) tensão de grade V_g ; V_{co} — tensão de corte da válvula; (b) corrente anódica i_a (ou alternativamente, a tensão de saída V_o).

com ela o campo magnético no transformador. Um campo magnético que diminui induz no secundário uma tensão de sentido contrário àquela que é induzida por um campo magnético cuja intensidade aumenta. Como, quando a corrente anódica estava aumentando, a tensão aplicada à grade pelo condensador C_g era positiva, agora que a corrente diminui, a tensão aplicada deve ser negativa. Este acréscimo de tensão negativa na grade provoca uma aceleração da diminuição da corrente anódica, e o valor negativo final atingido pela grade, no instante t_2 , está bem abaixo do valor da tensão de corte da válvula.

A válvula se encontra então cortada e nenhuma tensão é induzida no transformador. Os elétrons em excesso fluem agora através da resistência R_g , (intervalo $t_2 - t_3$ da figura 3) fazendo com que a tensão de grade caia na mesma proporção.

No instante t_3 , a grade atinge a tensão de corte, recomeçando, então, o fluxo de elé-

trons através da válvula. Ai então todo o processo cumulativo descrito anteriormente se encadeia, até que a válvula entre novamente em corte. Então segue-se uma nova descarga, um novo impulso de corrente e assim por diante.

A sequência de eventos ocorre sem ajuda externa e com grande regularidade. A corrente anódica resultante é um trem de pulsos muito pequenos (como se vê na figura 3b). A frequência de repetição dos mesmos depende do tempo de descarga (intervalo $t_2 - t_3$) ou seja, dos valores de R_g e C_g . Se se deseja uma frequência de repetição variável basta que se empregue um resistor R_g variável.

O fenômeno que ocorre no circuito de bloqueio descrito recebe o nome de processo de relaxação periódica (dai o nome de osciladores de bloqueio). Sua característica principal é a rápida reversão do potencial de grade durante o período de instabilidade ($t_0 - t_2$) do oscilador. No segundo período, em que ocorre uma descarga natural dos elétrons acumulados na grade ($t_2 - t_3$) o circuito se encontra em um estado semi-estável. Não se pode chamar de estável porque ele existe somente enquanto o potencial da grade é maior (em valor absoluto) do que a tensão de corte — ao atingi-la em t_3 o circuito reverte a um estado instável.

Além do oscilador de bloqueio existem outros circuitos de relaxação, a maioria dos quais possui duas ou mais válvulas. O processo de relaxação, em tais circuitos pode ser combinado, se assim for desejado, com um estado verdadeiramente estável, em vez de um estado semi-estável. O processo perde então o seu caráter periódico, ocorrendo somente quando é iniciado, intencionalmente ou não, por um pulso externo. Uma aplicação desse princípio é o circuito contador de uso em computadores.

No nosso próximo número falaremos sobre os multivibradores.

Documentação TÉCNICA

TELEVISOR PHILCO MODELOS B-117 - B-118 - B-119 - 193 193 CR - B-195 - 195 CR

ESPECIFICAÇÕES

SINTONIA VHF — Com seletor de canais de 13 posições abrangendo 12 canais, entre 2 e 13 (VHF), uma posição UHF, e controle para ajuste fino do oscilador local, individual para cada canal, do tipo memória.

FREQ. INTERMEDIÁRIAS

FI de vídeo — 45,75 MHz

FI de som — 41,25 MHz

INTERPORTADORA DE SOM — 4,5 MHz

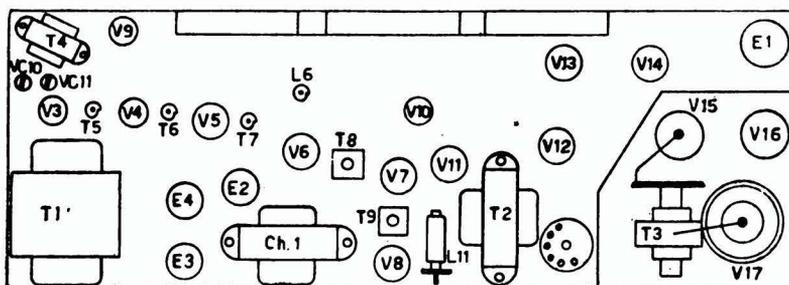
IMPEDÂNCIA DE ENTRADA — antena externa 300 ohms, fio paralelo

VOLTAGEM DE OPERAÇÃO 100 a 120 volts, 50/60 Hz, c.a.

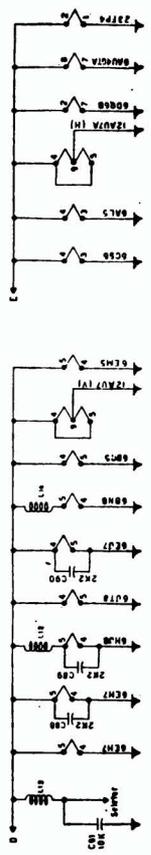
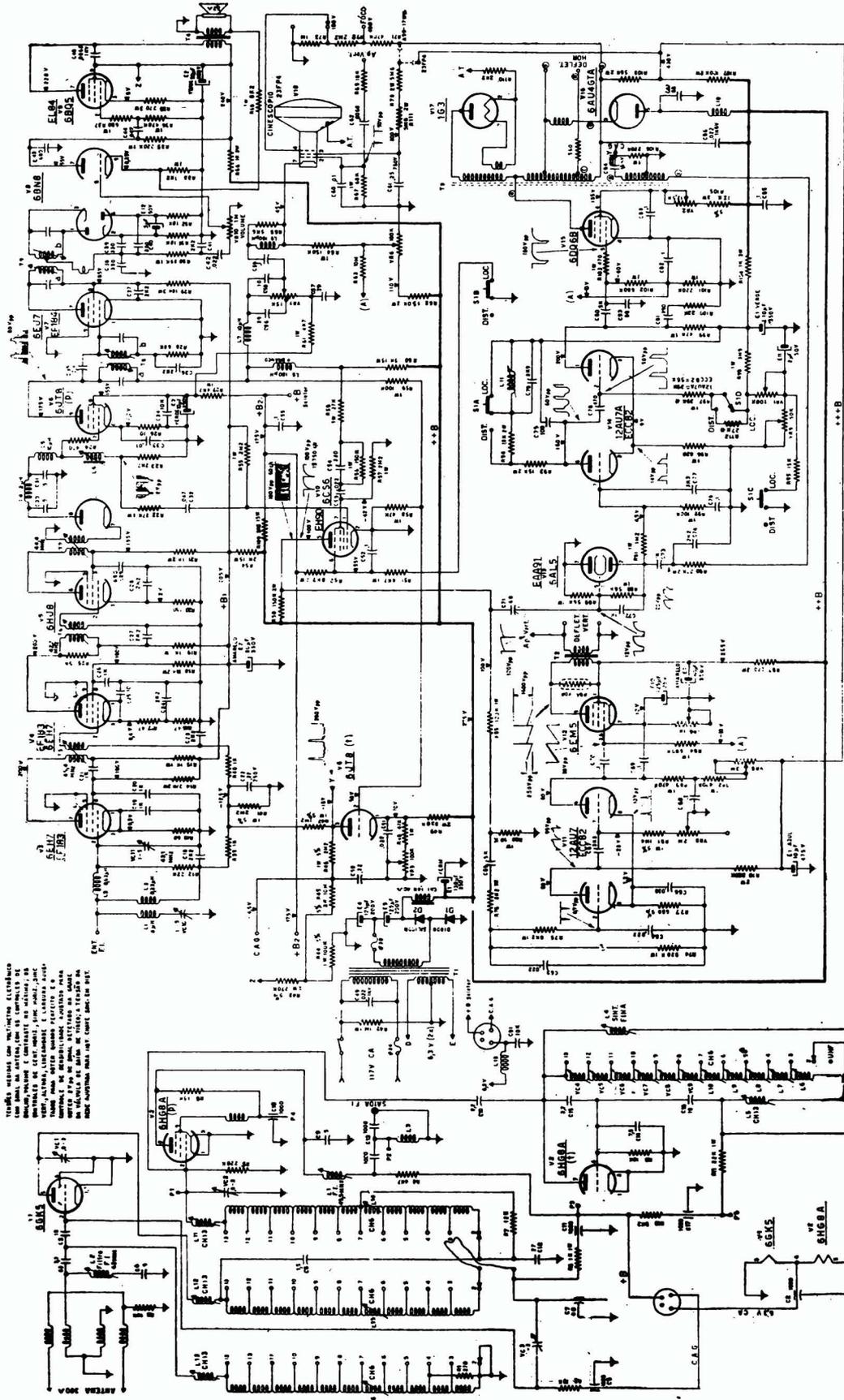
CONSUMO — 150 W

VALVULAS

Símbolo de referência	Tipo	Função
V1	6GK5 ou 6HA5/EC900	Amplificadora de RF
V2	6HG8 ou 6GJ7/ECF801	Osciladora-misturadora
V3	6EH7/EF183	1.º Amplificadora de FI de vídeo
V4	6EH7/EF183	2.º Amplificadora de FI de vídeo
V5	6HJ8	3.º Amplificadora de FI de vídeo e detetora de vídeo
V6	6JT8	Saída de vídeo e CAG de vídeo
V7	6EJ7/EF184	Amplificador a de FI de som
V8	6BN8	Detetora de FM e Amplificador de áudio
V9	6BQ5/EL84	Saída de áudio
V10	6CS6/EH90	Separadora de sincronismo e canceladora de ruído
V11	12AU7/ECC82	Osciladora vertical
V12	6EM5	Saída vertical
V13	6AL5/EAA91	Comparadora de fase
V14	12AU7A	Osciladora horizontal
V15	6DQ6B	Saída horizontal
V16	6AU4 GTA	Amortecedora
V17	1G3	Retificadora de MAT
V18	23FP4/A57-19WB	Cinescópio



TRANSISTORES: 6BE6, 6BE7, 6BE8, 6BE9, 6BE10, 6BE11, 6BE12, 6BE13, 6BE14, 6BE15, 6BE16, 6BE17, 6BE18, 6BE19, 6BE20, 6BE21, 6BE22, 6BE23, 6BE24, 6BE25, 6BE26, 6BE27, 6BE28, 6BE29, 6BE30, 6BE31, 6BE32, 6BE33, 6BE34, 6BE35, 6BE36, 6BE37, 6BE38, 6BE39, 6BE40, 6BE41, 6BE42, 6BE43, 6BE44, 6BE45, 6BE46, 6BE47, 6BE48, 6BE49, 6BE50, 6BE51, 6BE52, 6BE53, 6BE54, 6BE55, 6BE56, 6BE57, 6BE58, 6BE59, 6BE60, 6BE61, 6BE62, 6BE63, 6BE64, 6BE65, 6BE66, 6BE67, 6BE68, 6BE69, 6BE70, 6BE71, 6BE72, 6BE73, 6BE74, 6BE75, 6BE76, 6BE77, 6BE78, 6BE79, 6BE80, 6BE81, 6BE82, 6BE83, 6BE84, 6BE85, 6BE86, 6BE87, 6BE88, 6BE89, 6BE90, 6BE91, 6BE92, 6BE93, 6BE94, 6BE95, 6BE96, 6BE97, 6BE98, 6BE99, 6BE100.



Gerador de audiofrequências

sem válvulas ou transistores

Sérgio Américo Boggio

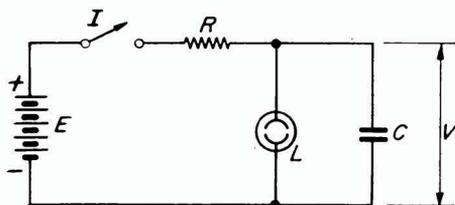
O gerador de áudio que passamos a apresentar neste artigo é de grande interesse ao técnico reparador, por se tratar de um aparelho útil, baratíssimo, e pequeno (cabe na palma da mão).

Sem válvulas e sem transistores, qual o segredo?

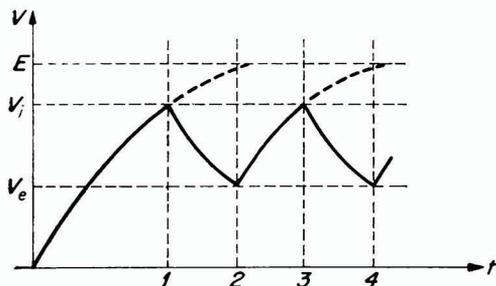
É simples para quem se recordar do funcionamento da lâmpada neon. Para os menos esclarecidos daremos a seguir o princípio básico de funcionamento.

A lâmpada neon é formada por um conjunto de duas placas dentro de um bulbo que contém um gás nobre, no caso, gás neon. Aplicando uma tensão AC ou DC variável, encontraremos uma tensão em que a lâmpada acende, começando a conduzir corrente, chamada tensão de ignição V_i . Diminuindo a tensão aplicada, ela apagará, ao se atingir uma dada tensão chamada tensão de extinção V_e . Por exemplo para a lâmpada neon NE2 temos que a tensão de ignição vale 75V e a tensão de extinção vale 55V.

Suponhamos o circuito da figura 1.

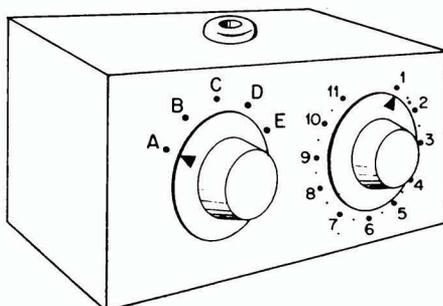


(a)



(b)

Fig. 1



No instante t_0 ligamos o interruptor I, o resistor R irá carregar o capacitor C o qual tende ao valor de E. Porém ao ser atingida a tensão V_i no instante t_1 a lâmpada L passa a conduzir e o capacitor C irá se descarregar pela lâmpada L até que chegada a tensão de extinção V_e , no instante t_2 a lâmpada apague. Neste momento R começa a recarregar o condensador C até V_i no instante t_3 e assim por diante. Desta forma, temos um oscilador cuja forma de onda é praticamente uma onda dente de serra. A frequência depende dos valores R e C e da tensão E aplicada.

Deve ser lembrado que se retirarmos o sinal do condensador C, a impedância de carga Z estará em paralelo com C, alterando a frequência do gerador. Feito isto passemos ao gerador de áudio propriamente dito (fig. 2).

Como se pode notar, a simplicidade do circuito é enorme. O sinal é retirado no divisor de 1,5 K para evitar que a impedância de carga altere a frequência. O retificador pode ser qualquer um que forneça 10 mA, a 110 V. No protótipo foi usado um BY100. No caso do leitor possuir uma fonte de 150V_{cc}, poderá ligá-la ao circuito nos pontos terra e + Ebb, não precisando pois da fonte do gerador. Note-se que o gerador possui chassi ligado em um dos pólos da rede: porém para o técnico ou curioso experiente não haverá problemas. Todavia se o leitor quiser evitar tal fato poderá utilizar o transformador isolador T.

O gerador trabalha na faixa de 1 Hz até 2 kHz. O leitor pode, aumentando C, conseguir frequências abaixo de 1 Hz ou diminuindo C, conseguir frequências acima de 2 kHz. Não foram incluídos outros valores de C pois haverá pontos em que o gerador deixará de oscilar.

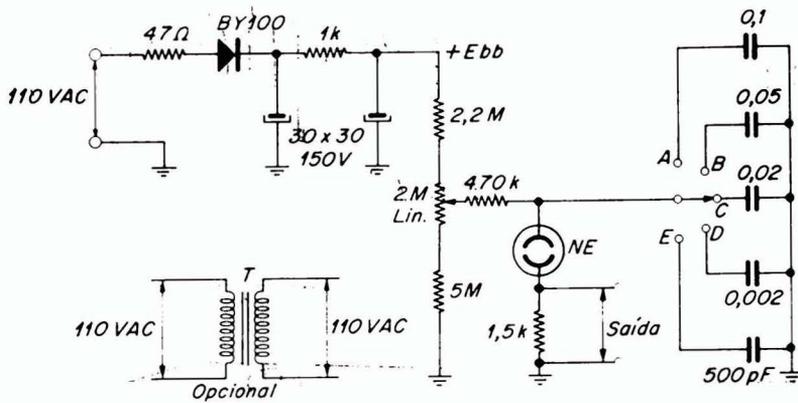


Fig. 2 — Circuito esquemático completo do aparelho.

A gama de 1 Hz até 2kHz está dividida em 5 faixas A, B, C, D e E e o potenciômetro de 2MΩ lin faz a variação de frequência dentro dos limites de cada faixa escolhida.

O consumo do gerador é baixíssimo; máximo 200 μA. Devido a este fato, como o leitor poderá observar, o gerador, após ser desligado da rede continua oscilando por cerca de 3,5 minutos, pois este é o tempo que leva para que os eletrolíticos se descarreguem com este baixo consumo.

A montagem não é crítica devendo ser feita a menor possível para ficar bem compacta.

A fig. 3 dá uma sugestão de como confeccionar o chassi. Observar primeiramente o tamanho das peças adquiridas. O chassi pode ser confeccionado em chapa de ferro fina ou folha de flandres, já que o chassi, que é a caixa ao mesmo tempo, é bem pequeno.

O diâmetro dos furos será função do diâmetro das peças usadas.

A peça A após dobrada (o desenho fica interno) terá suas aletas soldadas nas partes' fronteira e traseira.

A peça B é o fundo. Suas aletas serão dobradas de forma que este fundo encaixe no chassi A, sob pressão.

A distribuição das peças é a da fig. 4.

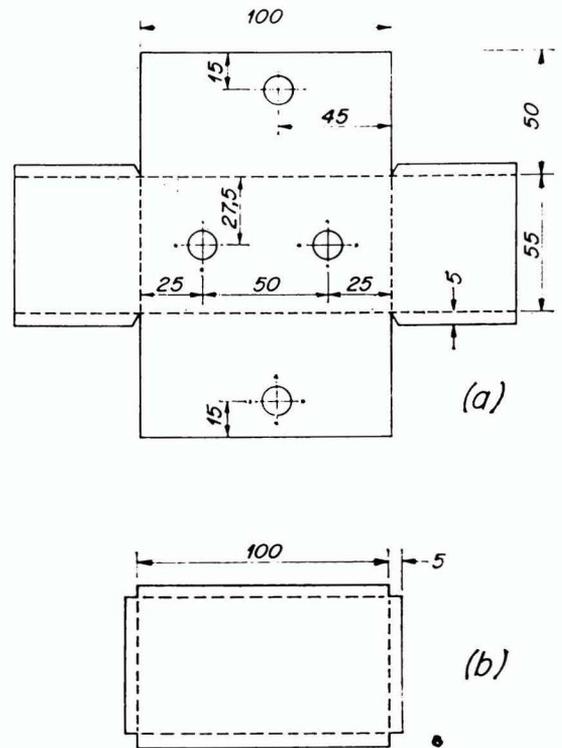


Fig. 3 — (em cima). Sugestão para construção do chassi.

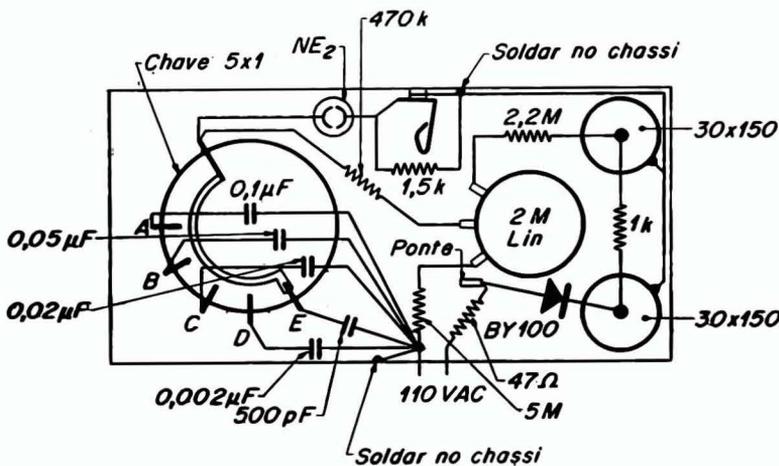


Fig. 4 — (ao lado). Distribuição das peças no interior do chassi.

No protótipo foi usado para a entrada 110V uma tomada fêmea. Porém o leitor poderá usar cordão de força ligado permanentemente ou, colocar uma tomãda macho de encaixar diretamente nas tomadas da rede.

Foi usado para a saída do sinal um jaque tipo telefone por ser o mais prático e robusto.

Os eletrolíticos foram colocados em pé, um de cada lado do potenciômetro.

O cabo de saída deve ser do tipo blindado, usando-se em suas pontas, jacarés ou ponteiras, como o leitor preferir.

Após montado o gerador, passamos agora à construção da escala.

O painel terá o aspecto da fig. 5.

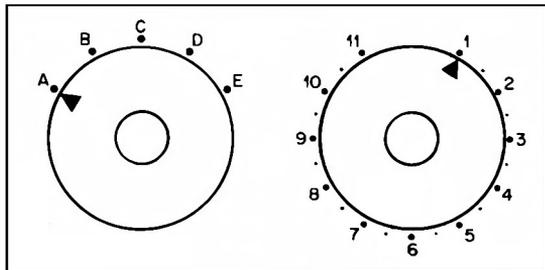


Fig. 5 — Vista do painel.

A chave 5x1 receberá 5 letras A, B, C, D, E, no sentido horário. Com o potenciômetro no início e no fim faz-se duas marcas. A distância maior divide-se em 10 partes iguais

(11 traços). Feito isto divide-se com um traço menor cada parte; e numera-se no sentido horário os traços maiores de 1 a 11. Note o leitor que no protótipo foi feita uma tabela, que relaciona os números de 1 a 11 com as frequências. Porém o leitor poderá desenhar a escala diretamente em frequência.

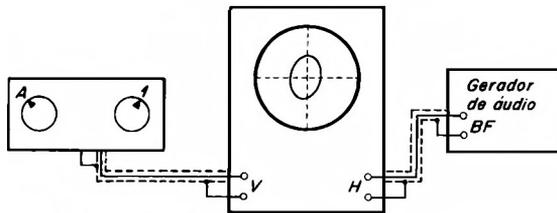


Fig. 6 — Disposição usada para a calibração.

Chega, agora o momento da calibração, para a qual existem diversas técnicas. Uma delas é a seguinte:

Dispondo de um osciloscópio e um gerador de áudio, faça a montagem, da fig. 6.

Ligamos o nosso gerador, na faixa A posição (1) na entrada vertical do osciloscópio. Com a varredura e o sincronismo horizontal na posição externo, e o gerador de áudio ligado à entrada horizontal, variamos a frequência do gerador de áudio até obter na tela uma elipse. Lemos então o valor da frequência na escala do gerador de áudio e o anotamos em nossa tabela

Feita a tabela está terminado o nosso gerador.

LISTA DE MATERIAL

Condensadores

2	30	μF	150	V
1	.1	μF	500	V
1	.05	μF	500	V
1	.02	μF	500	V
1	.002	μF	500	V
1	500	pF	500	V

Resistores

1	pot.	2 MΩ	lin.	sem chave
1		5 MΩ	1/2	W
1		2,2 MΩ	1/2	W
1		470 KΩ	1/2	W
1		1 KΩ	1/2	W
1		1,5 KΩ	1/2	W
1		47 Ω	1/2	W

Geral

1	retificador	BY100
1	lampada neon	NE2
1	jaque de telefone	
1	chave 5 x 1	
1	Tomada 110 V	(vide texto)
1	jôgo de jacarés ou ponteiras	
1	chapa para	chassi
2	botões tipo	instrumento

A técnica de medidas em amplificadores de áudio

Christian Dartevelle, de "Toute l'Electronique"

INTRODUÇÃO

Christian Dartevelle é redator-chefe da revista "Toute l'Electronique", e seu artigo inicia uma seção destinada à publicação dos melhores artigos de publicações estrangeiras.

Neste artigo é abordada a técnica de medidas em amplificadores de áudio, em geral, muito pouco conhecida pelos técnicos. Hoje em dia, existem várias normas que a regulamentam sendo as mais empregadas as do American Institute of High Fidelity Manufactures (IHFM) e do British Standard (BS 3860).

Fazendo de um certo modo uma síntese dos diversos métodos empregados, o presente estudo propõe uma espécie de "digest" das técnicas hoje quase universalmente adotadas pelos especialistas de alta fidelidade.

MEDIDA DA POTÊNCIA DE SAÍDA

Um dos primeiros parâmetros a serem medidos no teste de um amplificador de áudio é a **potência de saída** que ele pode fornecer. Ela é definida como sendo a potência, em 1.000 Hz e em regime permanente, que o amplificador fornece a uma resistência de carga pura, com uma certa porcentagem de distorção que depende da classe a que o mesmo pertence. Assim para equipamentos de sonorização tolera-se uma distorção de 10% enquanto que para equipamentos de alta-fidelidade o máximo permitido é de 0,1%.

Entretanto, para proceder à medida dessa potência dita nominal, certas precauções devem ser tomadas. Em primeiro lugar, o sinal aplicado à entrada do amplificador deve ser perfeitamente senoidal. Em seguida, a resistência de carga usada deve ser rigorosamente não-indutiva. Enfim, e este não é o menos importante dos imperativos, a determinação da porcentagem de distorção harmônica permitida, não deve ocorrer senão 30 segundos após a obtenção da potência nominal.

Além da **potência nominal** é costume considerar-se também a **potência máxima** que o amplificador pode fornecer em regime permanente. Ela também é medida em 1.000 Hz e corresponde à potência de saída que se obtém do equipamento com uma porcentagem de distorção igual ao limite estabelecido para a classe à qual ele pertence.

A **potência máxima** pode ser eficaz ou de **pico** — conforme sejam considerados os valores eficazes ou de pico da tensão ou cor-

rente. A **potência de pico** — termo muito usado nos Estados Unidos — é igual ao dobro da **potência máxima** eficaz. Portanto é muito importante ao se fornecer a potência máxima do aparelho dizer-se se ela é dada em watts eficazes ou de pico.

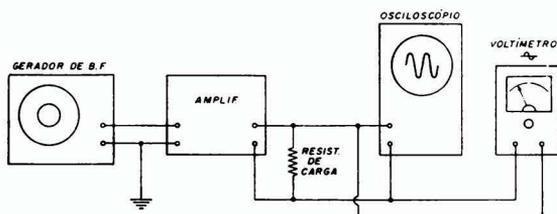


Fig. 1 — Princípios da Medição da Potência de saída de um amplificador.

Para a maioria dos técnicos, entretanto, a determinação da potência fornecida pelo amplificador em regime permanente nas condições especificadas não tem senão uma longínqua relação com a realidade. Para eles seria mais certo de se falar em potência musical (music power output) que nos Estados Unidos é norma do IHFM mas que o British Standard não reconhece. Sob o termo **potência musical** os técnicos compreendem a **máxima potência instantânea** que é possível de se obter do amplificador sem ultrapassar a distorção permitida. Entretanto — e convém frisar que isso é de muita importância — a medida da potência instantânea não seria correta se não fosse feita imediatamente após a constatação do fenômeno e antes mesmo que a tensão de alimentação tenha podido variar em relação ao seu valor de repouso. Naturalmente, em tais condições, a realidade se acha bem próxima, pois se testa o amplificador em condições muito próximas às de seu uso normal. Devido a essas discordâncias existentes esta questão será objeto de estudos posteriores mais detalhados. No momento, devemos nos lembrar que a medida da potência de um amplificador se faz ou colocando um amperímetro em série com a carga ou um voltímetro (que meça volts eficazes) em paralelo com a mesma e extrapolando os resultados obtidos.

Convém sempre utilizar um osciloscópio para garantia de que o sinal de saída não se apresenta distorcido. No que diz respeito à

impedância de carga utilizada, as opiniões diferem ligeiramente. Assim o British Standard admite que as variações de resistência do elemento empregado, devido à potência dissipada, não devem ser superiores a 5% do valor nominal. Para os técnicos da IHFM, não somente essas variações devem ser menores (1% do valor nominal) como a resistência de carga não deve ter mais do que 10% de componente reativa em tôdas as frequências até cinco vezes a mais alta frequência a analisar.

O sinal fornecido pelo gerador de áudio deve ser bem preciso ($\pm 2\%$) e possuir uma distorção no mínimo 1/5 da mínima distorção harmônica que afeta o amplificador em teste. Essa afirmação parece evidente, mas, em muitos casos, se não se toma cuidado, pode acontecer que é usado um gerador com distorção superior à do amplificador, cometendo-se assim um erro grosseiro de medida.

RESPOSTA EM FREQUÊNCIA

Embora contenham uma informação muito mais objetiva sobre o comportamento real de um amplificador, as curvas de resposta em frequência não são levadas em consideração pelos fabricantes, os quais se limitam a dar a banda passante total do seu equipamento, frequentemente, sem mesmo mencionar em que potência ela foi obtida. É desnecessário dizer-se que uma informação desse tipo não tem o menor valor e só pode prestar-se a confusões. Só podem ser consideradas especificações que se refiram à potência disponível.

Dois métodos são comumente empregados. O primeiro consiste em se levantar a curva de potência de saída do equipamento em função da frequência (20-20.000 Hz em princípio), para uma distorção igual à máxima permitida para a classe do amplificador sob teste.

Na prática, aliás, esta curva é muito frequentemente levantada com a ajuda de um osciloscópio que permite um controle visual da deformação da senóide observada. Também, quase sempre, esse levantamento é feito para várias potências de saída.

O segundo método envolve a noção de sensibilidade do amplificador em ensaio, em função da frequência. Primeiramente, aplica-se à entrada do amplificador um sinal senoidal de frequência de 1 kHz cuja amplitude é ajustada e medida de maneira a se obter uma certa potência de saída.

Em princípio, a potência medida nestas condições deve estar 10 dB abaixo da potência nominal. A seguir, varia-se a frequência do sinal de excitação para ambos os lados da frequência inicial e dentro dos limites da banda de frequências a reproduzir. Deve-se tomar cuidado para que a amplitude do sinal de excitação permaneça constante durante esse deslocamento. Anota-se então, nas diversas frequências, os valores da potência fornecida pelo aparelho, que são levados a uma escala graduada em dB. Nestas condições, obtém-se então uma curva de resposta em frequência, definindo os pontos de 3 dB, em relação ao nível de referência em 1 kHz, a banda passante total do amplificador a uma certa potência.

SENSIBILIDADE E GANHO DO AMPLIFICADOR

Tendo mencionado no parágrafo anterior a expressão sensibilidade do amplificador, é conveniente que se introduza a definição da mesma para evitar que erros de interpretação possam ser cometidos, o que geralmente acontece.

A sensibilidade de um amplificador é geralmente estabelecida em relação à amplitude de um sinal senoidal de 1 kHz, medida com toda a precisão desejada, e que é aplicado — através de uma certa resistência interna do gerador, R_s — à entrada do amplificador para que este forneça uma potência de saída nominal.

É necessário frizar que a sensibilidade de um amplificador não é determinada unicamente em função da amplitude do sinal de excitação, mas sim do valor da tensão aplicada à entrada do amplificador através de uma resistência interna do gerador perfeitamente definida.

O esquema da figura 2 nos mostra como se deve efetuar essa medida. Tem-se o gerador de sinais, em 1 kHz, a resistência interna do

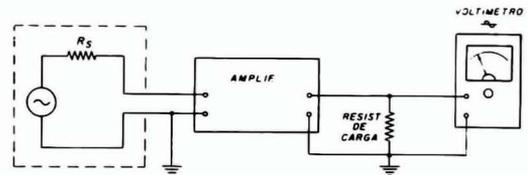


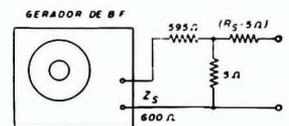
Fig. 2 — Medida da sensibilidade de um amplificador.

gerador R_s colocada em série entre ele e o amplificador e a impedância de carga Z_c entre cujos bornes, através de um voltímetro, medimos a tensão de saída fornecida pelo amplificador, que nos permite então calcular a potência nominal.

A determinação da resistência interna do gerador sendo muito importante, vê-se à figura 3 os detalhes do circuito destinado a simulá-la e previsto para ser inserido entre a saída de 600 Ω de um gerador de áudio qualquer e a entrada do amplificador cuja sensibilidade se quer medir.

A medida do ganho do amplificador é efetuada em condições idênticas às da sensibilidade, que se encontram esquematizadas na figura 3.

Fig. 3 — Montagem que permite obter uma resistência de fonte (R_s) de 5 Ω a partir de um gerador com impedância de saída de 600 Ω .



É também conveniente que se aplique um sinal de excitação aos bornes de entrada do amplificador através de uma resistência interna do gerador bem determinada. A tensão de

entrada V_e (em volts eficazes) é ajustada de maneira que a tensão de saída V_s sobre a resistência de carga Z_c corresponda a uma potência 10 dB abaixo da potência nominal.

Desta maneira, a potência máxima P (*) fornecida pelo gerador é igual a:

$$P = \frac{VE^2}{4 R_s}$$

enquanto que a potência P_s dissipada em Z_c , é igual a:

$$P_s = \frac{V_s^2}{Z_c}$$

Nestas condições, o ganho G do amplificador expresso em decibéis é igual a:

$$G = 10 \log \frac{P_s}{P}$$

Nota-se que a medida do ganho de um pré-amplificador é feita da mesma maneira que a definida acima, aplicando-se o sinal de excitação (expresso em princípio em milivolts eficazes) à entrada, através de uma resistência de valor bem determinado, e ajustado de maneira que a tensão de saída, medida em um voltímetro de alta impedância, esteja 12 dB abaixo do valor nominal ($0,707 V_s$).

IMPEDANCIA DE ENTRADA E DE SAÍDA

São inúmeros os casos em que é indispensável que se conheça de uma maneira precisa a impedância de entrada ou de saída de um amplificador.

Lembremos que a impedância de entrada de um amplificador é aquela efetivamente "vista" quando olhamos entre os bornes de entrada do amplificador. Esta impedância é geralmente muito difícil de ser medida de uma

maneira precisa já que freqüentemente, ela depende muito da impedância do gerador utilizado para efetuar sua medição. Um modo simples de medir esta impedância é visto na figura 4a. A tensão de excitação VE_1 fornecida por um gerador de ondas senoidais (1 kHz) é aplicada, através de uma resistência de valor definido R_s , ao amplificador cuja impedância de entrada queremos medir. Essa tensão de excitação é ajustada de maneira a se obter uma certa potência de saída, inferior a potência nominal.

Conhecendo a tensão VE_1 nos bornes de saída do gerador e a tensão VE_2 aplicada efetivamente aos bornes de entrada do amplificador, pode-se determinar uma expressão que nos dá a impedância de entrada ZE do amplificador:

$$ZE = \frac{R_s \cdot VE_2}{VE_1 - VE_2}$$

Examinemos agora o caso da medida da impedância de saída de um amplificador. Podemos nos utilizar de uma montagem muito simples (figura 4b) constante de um gerador de áudio (em 1 kHz), um voltímetro de alta impedância e uma resistência de carga R_c que é colocada ou não no circuito por intermédio de um interruptor.

A medida faz-se em duas operações, em primeiro lugar anotando a tensão V_{s1} , nos bornes do amplificador, com a saída em aberto (sem resistência de carga conectada); em seguida, medimos a tensão de saída V_{s2} obtida ligando-se a resistência R_c ao circuito.

Nestas condições a impedância de saída do amplificador é dada pela seguinte relação:

$$Z_s = \frac{R_c (V_{s1} - V_{s2})}{V_{s2}}$$

Também é interessante de se determinar o fator de amortecimento (ou relação entre a resistência de carga e a impedância de saída) o qual exige uma técnica de medida semelhante às anteriores. A diferença reside no fato de que o sinal de excitação aplicado na entrada do amplificador geralmente tem uma frequência de 50 Hz e sua amplitude é ajustada de maneira que a potência de saída obtida sobre a resistência de carga seja um quarto da potência nominal.

Mede-se então a tensão V_{s1} entre os terminais de saída do amplificador, depois, desconectando-se a carga do amplificador mede-se um segundo valor V_{s2} da tensão de saída. O fator de amortecimento é calculado então, pela expressão seguinte:

$$F = \frac{V_{s1}}{V_{s2} - V_{s1}}$$

DISTORÇÃO HARMÔNICA E POR INTERMODULAÇÃO

Nós vimos que, de modo geral ao se falar em potência nominal de um amplificador de-

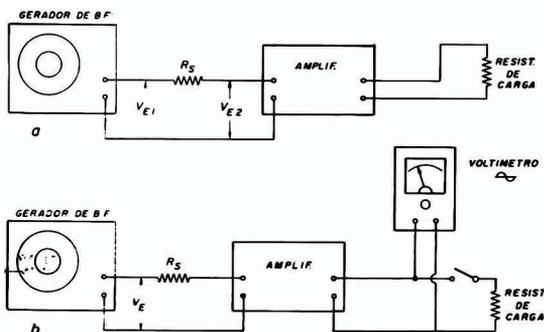


Fig. 4 — Determinação da impedância de entrada (a) e da impedância de saída (b) de um amplificador.

* Isto é verdadeiro desde que a resistência de entrada do amplificador tenha um valor igual ao da resistência interna do gerador.

ve-se fazer referência à porcentagem de distorção que afeta o sinal de saída.

Vários métodos existem para determinação da distorção dos quais o mais simples e rápido é o da figura 5, o qual se utiliza de um filtro para rejeição de freqüências, puramente passivo, centrado em uma freqüência determi-

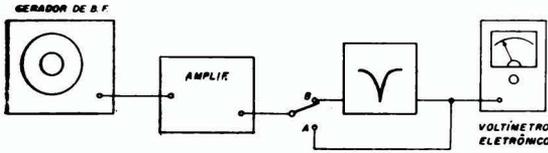


Fig. 5 — Princípio da medida da distorção harmônica a uma determinada freqüência.

nada e que é colocado entre a saída do amplificador sob teste e um voltímetro eletrônico.

A fim de se obter uma boa precisão de medida convém que o gerador utilizado seja afetado de uma distorção muito pequena. Uma vez preenchida esta condição e para tanto basta que nos utilizemos do gerador apresentado no esquema da figura 6 — mede-se em primeiro lugar a amplitude de sinal na saída do amplificador, que é resultado da composição da onda fundamental e dos seus harmônicos. Chame-mo-la de E_{f0} . Em seguida, sem nada modificar coloca-se no circuito o filtro de rejeição da maneira indicada na figura 6. Supondo que este

filtro esteja centrado exatamente sobre a fundamental E_{f1} , pode-se admitir que só as harmônicas desse sinal o atravessarão, provocando um certo deslocamento na agulha do voltímetro. Comparando-se então as duas indicações fornecidas pelo voltímetro, pode-se muito simplesmente calcular a porcentagem de distorção harmônica (expressa em valor eficaz) inerente ao amplificador sob teste, através da expressão:

$$\text{dist total} = \frac{\sqrt{E_{f2}^2 + E_{f3}^2 + E_{f4}^2 + \dots}}{\sqrt{E_{f1}^2 + E_{f2}^2 + E_{f3}^2 + \dots}}$$

Sendo E_{f1} = tensão eficaz da fundamental
 E_{f2} = tensão eficaz da 2.^a harmônica
 E_{f3} = tensão eficaz da 3.^a harmônica

Embora seja preciso, este método não nos possibilita senão calcular a distorção harmônica total. Entretanto, algumas vezes deseja-se conhecer a porcentagem de distorção de cada uma das harmônicas. Nesse caso, somos obrigados a recorrer ao analisador cujo esquema vemos na figura 7. Esse aparelho se constitui de uma série de filtros de rejeição comutáveis centrados respectivamente sobre a fundamental e suas harmônicas. A técnica de seu emprego, é semelhante à do filtro de rejeição simples.

Um terceiro método, muito pouco conhecido apesar de sua facilidade de construção é o

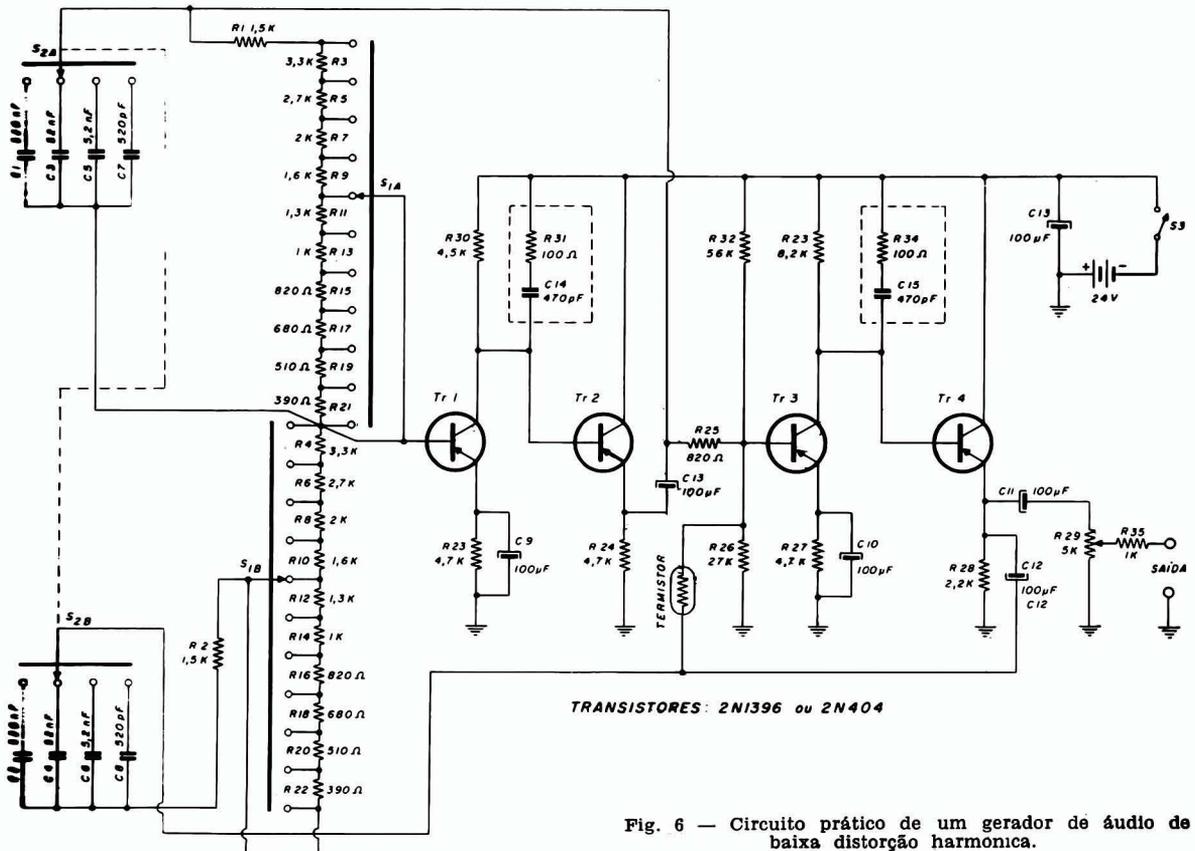


Fig. 6 — Circuito prático de um gerador de áudio de baixa distorção harmônica.

método do equilíbrio, o qual é usado algumas vezes para determinar rapidamente a porcentagem de distorção harmônica que afeta um amplificador.

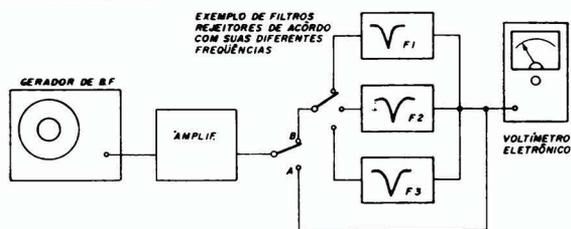


Fig. 7 — Montagem que permite a medição da distorção harmônica em diversas frequências.

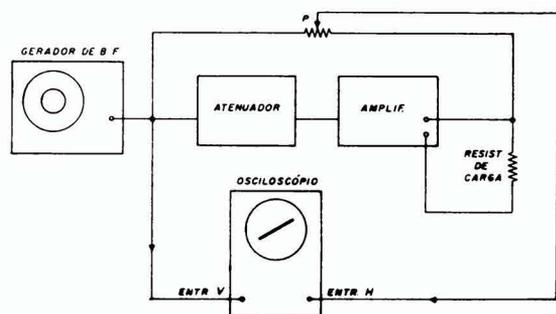


Fig. 8 — Medição da distorção harmônica pelo processo "de balanceio".

A montagem utilizada é a que se vê na fig. 8 e emprega além de um gerador de sinais e um amplificador ligado a uma carga, um atenuador, um potenciômetro de equilíbrio e um osciloscópio. A entrada horizontal do osciloscópio está ligada ao sinal de saída do gerador e à entrada vertical o sinal obtido na resistência de carga.

De acordo com esse método, é conveniente, em primeiro lugar, balancear, por meio do atenuador A, os sinais existentes na entrada e na saída do amplificador, sinais estes defasados entre si de 180°. Na ausência de harmônicas criadas pelo amplificador, o balan-

ceio pode ser feito. No entanto, se o sinal possuir um conteúdo de harmônicas, não se obtém mais um traço luminoso horizontal no osciloscópio mas sim uma reta cuja inclinação depende da porcentagem total de distorção.

Para se obter rapidamente uma medida correta da distorção, evidentemente, um medidor de distorção é o método mais indicado. Contrariamente ao que se pensa ele não é um aparelho de construção delicada nem tampouco caro. É suficiente que se associe três transistores a um jogo de filtros RC que permitam cobrir a faixa de frequências de 20 a 20.000 Hz (figura 9) e calculados de maneira a eliminar a fundamental e deixar passar as harmônicas.

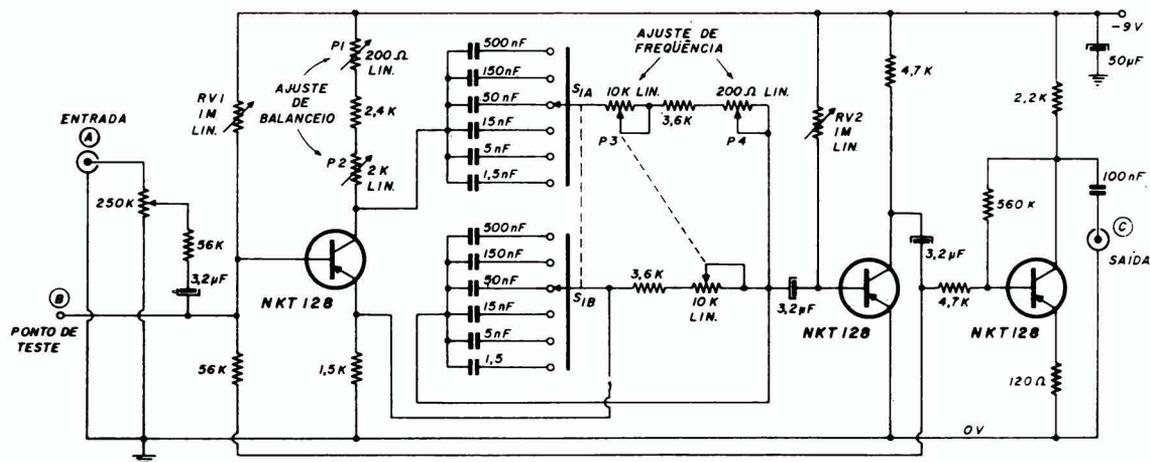
Para aqueles que porventura hajam esquecido, vamos explicar rapidamente a maneira de utilização de um aparelho desse tipo. Aplicando-se por exemplo, ao ponto A um sinal de 1 kHz retirado da saída do amplificador sob teste, ajustamos os potenciômetros de equilíbrio (P₁ - P₂) e os de frequência (P₃ - P₄) de maneira a obter, no ponto C, um sinal de mínima amplitude.

Variamos então a frequência injetada para, por exemplo, 2,5 kHz (frequência superior à 2.^a harmônica do sinal de 1 kHz) e ajustamos o potenciômetro de entrada P_e de maneira a obter uma tensão de saída V_{s1} igual a V_{ei}. Anotamos então o valor da tensão no ponto B (VB).

Em seguida, fazendo o gerador voltar para a frequência de 1 kHz, ajustamos P_e de modo a obter no ponto B a mesma tensão que a obtida anteriormente, reajustando P₁ - P₂ e P₃ - P₄ de maneira que no ponto C se obtenha um sinal V_{s2} de amplitude mínima. Nestas condições, a porcentagem de distorção harmônica do amplificador é dada pela seguinte relação: V_{s2}/V_{s1} x 100. Assim, para um sinal V_{s1} igual a 1 V e um sinal V_{s2} de 10 mV, a porcentagem de distorção do amplificador sob teste será de:

$$\text{dist} = 10/1000 \times 100 = 1\%$$

Fig. 9 — Circuito prático de um distorsímetro cobrindo uma faixa de frequência de 20 Hz a 20 000 Hz.



Por mais interessantes que elas sejam, as medidas de distorção não poderão dar uma informação tão precisa sobre a não-linearidade de funcionamento de um amplificador como as medidas de intermodulação.

Graças a elas, é possível de se colocar em evidência as distorções de não linearidade de um aparelho, as quais são, por exemplo, responsáveis pela geração de sinais parasitas pelo batimento de sinais de excitação aplicados ao amplificador.

Para efetuar estas medidas, tomamos dois sinais de frequências e amplitudes diferentes: geralmente 60 ou 120 Hz e 5.000 Hz, sendo o sinal de frequência mais baixa o de maior amplitude (cerca de 4 vezes o sinal de 5.000 Hz).

Vários métodos podem ser utilizados para a determinação da porcentagem de intermodulação de um amplificador. Um dos mais empregados é aquele que se vê esquematizado na figura 10. Emprega dois geradores sintonizados cada um em uma frequência diferente e

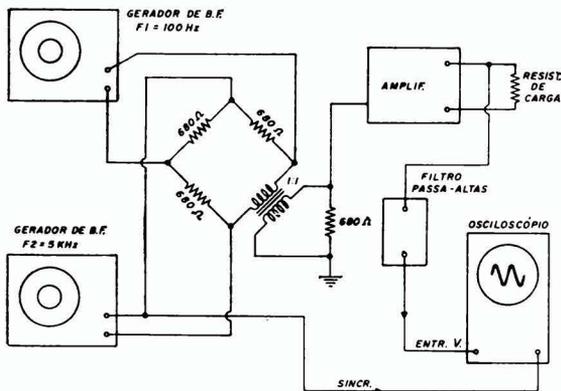


Fig. 10 — Disposição recomendada para a medição de distorção por intermodulação.

cujas saídas estão ligadas à entrada do amplificador por meio de uma ponte equilibrada, carregada por um transformador de acoplamento de alta qualidade.

O sinal resultante é observado na tela de um osciloscópio acoplado à resistência de carga do amplificador através de um filtro passa-alto destinado a eliminar a frequência mais baixa e cujo esquema é apresentado na figura 11. Assim só atinge o osciloscópio o sinal de 5.000 Hz, modulado pelo sinal de 120 Hz, cujo aspecto está reproduzido na figura 12.

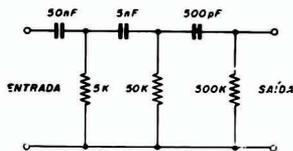


Fig. 11 - Filtro passa-altos sintonizado em 50 Hz.

A determinação da porcentagem de intermodulação faz-se tendo em conta as amplitudes respectivas dos dois sinais. A seguinte expressão permite calculá-la rapidamente.

$$\text{dist}_{\text{int}} = \frac{A - B}{A + B} \times 100 (\%) \text{ me-}$$

dindo-se os comprimentos A e B diretamente sobre a tela do osciloscópio.

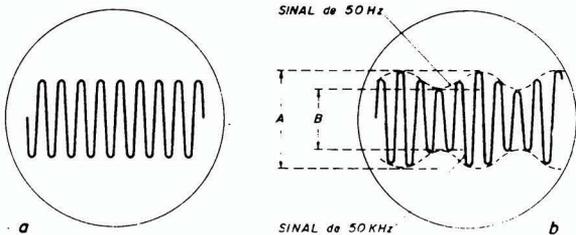


Fig. 12 — Sinais livres de distorção por intermodulação (a) ou afetados por uma modulação parasítica (b)

Infelizmente nem sempre nos será possível ter dois geradores de áudio à nossa disposição e muito menos um transformador de acoplamento de relação de espiras 1:1 e de alta qualidade. Então poderemos fazer uso de um circuito misturador puramente resistivo e da própria rede como gerador de 60 Hz, como nos mostra a figura 13.

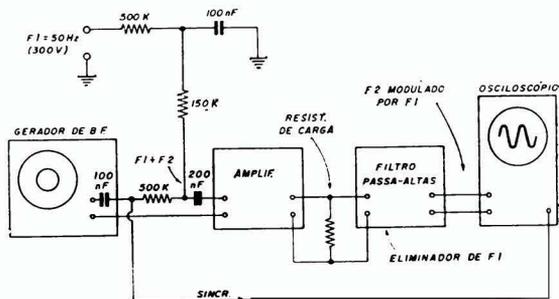


Fig. 13 — Variação simplificada da montagem da fig. 10, para medição da distorção por intermodulação.

Ensaio com ondas quadradas

Para quem sabe interpretar muito bem as figuras que aparecem na tela de um osciloscópio, o ensaio de um amplificador utilizando ondas quadradas é sem dúvida o mais completo e o mais eficaz, pois permite que se verifique o desempenho dinâmico do aparelho sob teste.

Ao aplicar um sinal de onda quadrada na entrada do amplificador, por um simples exame de onda obtida sobre a tela do osciloscópio, podemos tirar conclusões a respeito da sua banda passante.

Para reproduzir convenientemente uma onda quadrada de frequência f é necessário que o amplificador ao qual aplicamos o sinal, seja capaz de deixar passar todas as frequências entre $f/10$ e $10f$. Assim um sinal quadrado de 1 kHz reproduzido perfeitamente, nos permite deduzir que a banda passante do amplificador sob teste vai pelo menos de 100 Hz a 10 kHz. É fácil de se notar portanto que se variarmos a frequência dos sinais quadrados de excitação podemos rapidamente determinar a banda passante efetiva do amplificador.

Mas, sem dúvida, os sinais quadrados não servem unicamente para a verificação rápida da banda passante de um amplificador. Eles permitem também e sobretudo constatar visualmente a estabilidade da montagem em regime transitório, seu comportamento em presença de uma carga capacitiva. Este ensaio pode ser feito rapidamente empregando-se sinais quadrados de baixa frequência (20 Hz a 100 Hz) os quais, se o amplificador é perfeitamente estável, serão afetados por oscilações parasitas amortecidas rapidamente quando a carga do aparelho é constituída unicamente por um condensador (0,1 a 1 μ F para uma impedância de carga de 15 Ω).

Já há alguns anos, os sinais de onda quadrada são muito utilizados também para verificar os tempos de comutação dos estágios de potência dos amplificadores, fenômeno até então muito pouco levado em consideração embora seja capaz de revelar muito bem as reações do amplificador em presença de um transitório brusco, do tipo que se encontra em música. Na verdade, uma medida desse tipo envolve equipamento cujo desempenho seja de alta categoria (gerador com tempo de subida muito pequeno, osciloscópio de banda larga e com marcadores de frequência incorporados); de qualquer maneira, ela permite sem erro algum, determinar a capacidade dos amplificadores de reagir mais ou menos rapidamente aos ataques bruscos dos instrumentos, do que depende enfim, em grande parte uma boa reprodução musical.

Bibliografia

- Audio Amplifier Measurements: D. Towers, "Wireless World", setembro 65.
Solid State Wien Bridge Audio Oscillator: C. Zero, "Audio", julho 65.

Interferência de transmissores em TV

ADAUTO V. B. CONDE

Harmônicas

As frequências harmônicas podem ser irradiadas diretamente de um determinado estágio do transmissor ou pela antena. Para o emprego das diversas técnicas de eliminação convém conhecer o ponto de origem da irradiação. O primeiro passo nesse trabalho consiste na montagem de um ondâmetro, que cubra pelo menos os canais de TV mais sujeitos a interferências. A figura 1 ilustra um

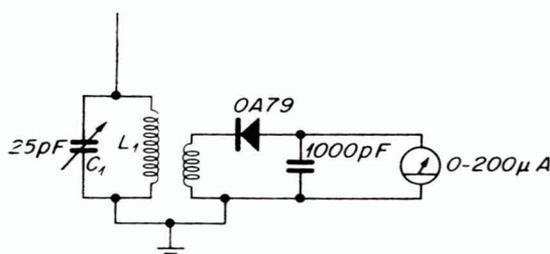


Fig. 1 — Ondâmetro simples.

circuito simples de um dispositivo desse tipo, para frequências entre 40 e 150 MHz, o que já é suficiente para o trabalho em questão. Os dados das bobinas são os seguintes:

	L ₁	L ₂
N.º de espiras:	10	2
Fio B & S:	14	14
Comprimento:	3 cm	*
Diâmetro:		13 mm

* enrolada entre as espiras de L₁.

A calibração deve ser feita com o auxílio de um gerador de RF.

Localização

A localização é efetuada com o ondâmetro procurando-se pelo ajuste do circuito C₁L₁ à frequência do harmônico causador da interferência. Com o transmissor em funciona-

mento, a leitura indicada pelo microamperímetro é anotada.

Para se verificar se a irradiação se dá pela antena, esta é substituída por uma carga resistiva — uma lâmpada incandescente, por exemplo. É importante que essa carga seja carregada com a potência total do transmissor, sendo portanto, necessário um novo ajuste do sintonizador de antena.

Se com a antena artificial a leitura do microamperímetro não sofrer alteração ou sofrer uma alteração mínima, concluímos que a irradiação está se dando diretamente do transmissor. Se isso se verificar, a pesquisa continua nos diversos estágios do transmissor.

O primeiro estágio a ser excluído do circuito é o estágio de potência. Para tal, ou se interrompe a ligação de filamento ou se desconnectam as ligações +B da válvula.

A leitura do microamperímetro é novamente verificada; se a corrente não sofreu alteração sensível, não será este ainda, o ponto de irradiação do harmônico.

Processo idêntico é utilizado nos demais estágios do transmissor, até o oscilador. Na parte que ao ser desconnectada do circuito, houver sensível redução da corrente no microamperímetro, estará a origem da irradiação.

Se fôr comprovado que a irradiação do harmônico se verifica pela antena, a instalação de um filtro passa-baixo poderá solucionar o problema. Naturalmente, a instalação de um sintonizador de antena é imprescindível; o uso de linhas concêntricas (cabo coaxial) é também aconselhável.

Se a irradiação se verifica em um determinado estágio do transmissor, este deverá ser devidamente examinado, efetuando-se as alterações que se fizerem necessárias. Em artigo anterior (Revista Eletrônica n.º 18) as indicações para redução de harmônicas já foram tratadas detalhadamente.

O método aqui apresentado pode também ser utilizado na localização de oscilações parasitas, já que estas, da mesma forma, podem ter origem em qualquer estágio do transmissor.

Geradores MHD* de energia elétrica

Leis de Faraday

Sir Humphrey Davy, quem primeiro concebeu a possibilidade da utilização da célula de combustível como fonte de energia elétrica, teve, na Royal Institution, um assistente chamado Michael Faraday. De imaginação fértil e pouca instrução formal, em pouco tornou-se um brilhante cientista, vindo a suceder a Sir Humphrey em 1827.

É difícil enumerar-se suas descobertas, já que se estendem por toda a química e física. Trabalhando com Davy, naturalmente, interessou-se pela eletroquímica e, alguns de seus trabalhos mais importantes foram realizados nesse campo; seu trabalho em indução eletromagnética (a interação entre correntes elétricas e campos magnéticos), entretanto, foi bem mais importante, pois constituiu a base da indústria elétrica moderna.

* Magneto-Hidro-Dinâmicos

O fenômeno da indução eletromagnética estudado por Faraday pode ser demonstrado pela experiência ilustrada na figura 1. O disco AB pode girar livremente sobre seu eixo, que está preso a um suporte metálico em P, como ilustra a figura. Um fio rígido BC, soldado à borda do disco, mergulha num recipiente metálico contendo mercúrio; um pequeno peso Q é preso ao disco no lado diametralmente oposto ao condutor BC para contrabalançar o peso deste, de modo que todo o conjunto QABC se equilibra exatamente em P. Um ímã é disposto como ilustra a figura, com uma de suas peças polares mergulhadas, parcialmente, no mercúrio. Um dos terminais de uma bateria é ligado ao suporte de metal, em D, e o outro terminal ao recipiente com mercúrio, em E, através do interruptor R. Fechando R estabelece-se um circuito elétrico: a corrente flui da bateria ao suporte metálico, por D, daí para o disco de metal através de P, pelo fio rígido até o mercúrio, daí, através do recipiente para o outro terminal da bateria, pelo ponto E.

Quando o interruptor é fechado, o conjunto QABC começa a girar na direção indicada na figura 1; a ponta C do fio BC movimentando-se circularmente no mercúrio, mantendo o contato elétrico e a rotação contínua, enquanto a corrente não é interrompida. Se a corrente for invertida, a direção da rotação será oposta à indicada em 1b.

Temos aqui, na realidade, um motor elétrico reversível primitivo, onde a interação entre o campo magnético da peça polar N e a corrente que flui em BC produz uma força em BC, fazendo-o girar. Com a disposição mecânica ilustrada, o deslocamento de BC resulta na rotação de todo o conjunto QABC, que corresponde ao rotor em certos motores elétricos. (Em motores e dinamos modernos é prática comum fazer girar-se o ímã dentro de bobinas fixas. O princípio da interação mútua entre o campo do ímã e as correntes das bobinas continua o mesmo).

Suponhamos agora que a bateria seja subs-

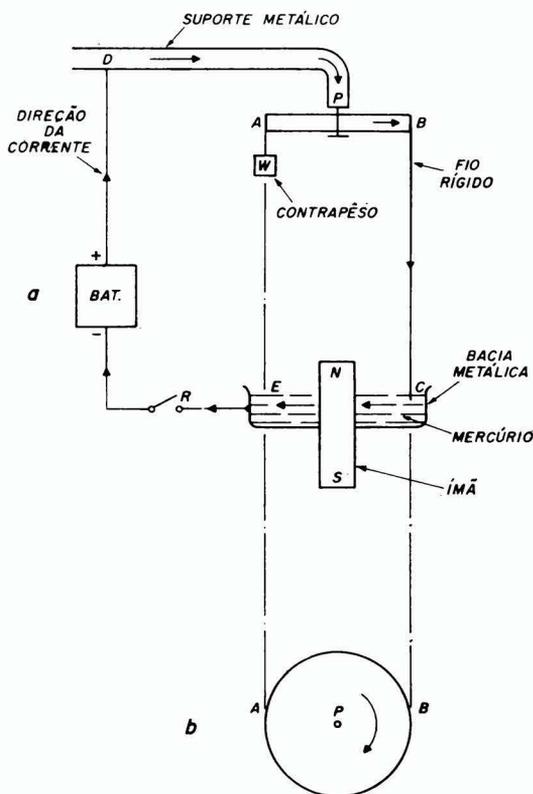


Fig. 1 a — Motor elétrico primitivo, que demonstra a primeira lei de Faraday.

Fig. 1 b — Plano do disco AB indicando a direção da rotação.

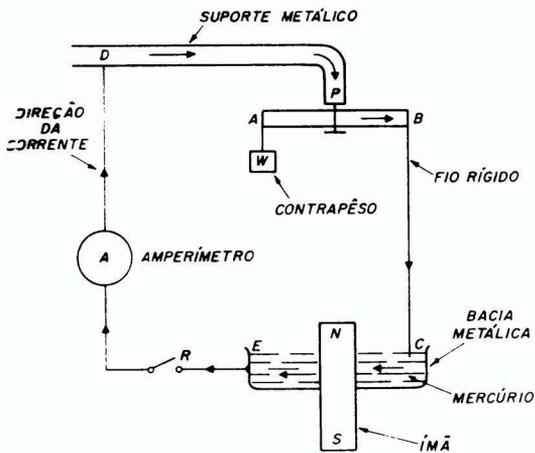


Fig. 2 — Dinamo primitivo, que demonstra a segunda lei de Faraday.

tuída por um amperímetro sensível, como ilustra a figura 2. O circuito não dispõe de fonte de energia elétrica. Portanto não se pode esperar que flua uma corrente, e de fato, nada acontece enquanto a “armadura” QABC permanece imóvel, mas tão logo se a faz girar por algum agente mecânico externo não mostrado na figura) o amperímetro registrará uma corrente. A corrente fluirá durante o tempo em que a armadura permanecer girando e invertirá sua direção se o movimento circular for invertido. Nosso motor primitivo estará agora atuando como um dinamo, transformando a energia mecânica da rotação em corrente elétrica.

Realizando experiências similares a essas, Faraday estabeleceu suas célebres leis da indução eletromagnética, sobre as quais se baseia toda a indústria elétrica moderna. Essas leis podem ser resumidas como se segue:

1 — Um condutor conduzindo corrente elétrica num campo magnético sofre uma força que tende a movê-lo numa direção perpendicular ao plano definido pelas direções da corrente e do campo magnético (princípio do motor elétrico — o condutor seria o fio BC, no exemplo citado).

2 — Se um condutor se move num campo magnético, fluirá nesse condutor, uma corrente numa direção perpendicular ao plano definido pelas direções do movimento e do campo magnético (princípio do dinamo).

As forças e correntes associadas com os dispositivos das figuras 1 e 2, são reduzidas quando comparadas com as forças e correntes encontradas em motores e dinamos modernos, onde o condutor BC é substituído por bobinas com muitas espiras e o ímã por poderosos eletro-ímãs. Nos turbo-geradores modernos a força de rotação mecânica é obtida por jatos de gás, vapor ou água a alta pressão, sobre as lâminas da turbina. Os grandes geradores apresentam saída elétrica da ordem de megawatts.

Atualmente a corrente elétrica e seus efeitos já estão totalmente esclarecidos; é difícil de se conceber que as leis de Faraday, quando foram enunciadas pela primeira vez,

cêrca de 130 anos atrás, foram consideradas puramente de interesse teórico, com poucas probabilidades de aplicação prática. Conta-se o caso de uma senhora que assistindo a uma das conferências de Faraday, perguntou-lhe: “Senhor Faraday, qual o uso de todas essas experiências?”, ao que o grande experimentador retrucou: “Madame, qual o uso de um bebê recém-nascido?” Desde então o bebê de Faraday cresceu.

Magnetohidrodinâmica (MHD)

As Leis de Faraday não afirmavam que o condutor devia necessariamente ser sólido. Em geradores convencionais utilizam-se condutores sólidos, por simples conveniência prática, mas foram também experimentados geradores que utilizavam líquido como condutor móvel.

Já vimos em “Células de Combustível” que a água salgada é um condutor. Lord Kelvin mostrou alguns anos atrás, que a água da maré, fluindo por um estuário, no campo magnético da terra, pode atuar como um gerador simples. Ele colocou dois eletrodos de cobre, um em cada lado do estuário e ligou-os entre si através de um amperímetro com um cabo isolado; o cabo achava-se assim, em ângulo reto tanto em relação à direção do estuário, como em relação ao campo magnético da terra (figura 3). Observou-se uma corrente elétrica no circuito compreendido pelo

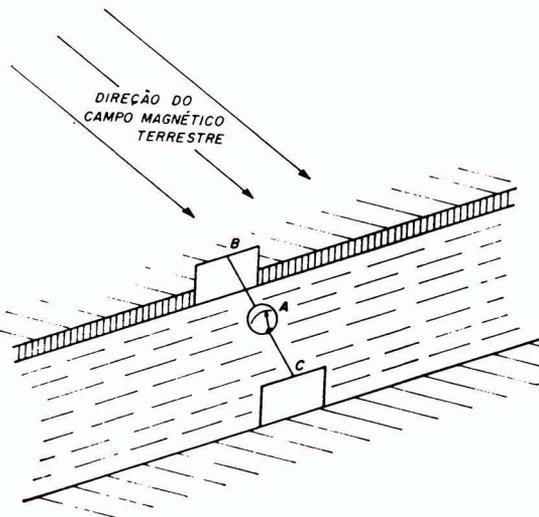


Fig. 3 — Gerador MHD de Kelvin: a água salgada (condutor móvel) fluindo no estuário, na presença do campo magnético da terra produz um fluxo de corrente elétrica no cabo BC que une os eletrodos. A corrente é registrada pelo ampermetro A.

cabo, amperímetro e eletrodos e a água entre os eletrodos, como seria de se supor pela segunda lei de Faraday. O valor da corrente era proporcional à velocidade da água salgada. Na inversão da maré, a corrente elétrica parou e invertiu sua direção, da mesma forma que a água que fluía pelo estuário o fez.

Outro exemplo de condutor líquido móvel aparece na bomba eletromagnética utilizada

para bombear metais líquidos na refrigeração de certos tipos de reatores nucleares. Aqui, a corrente passa através do metal líquido, sendo o campo magnético aplicado em ângulo reto com relação ao líquido. O líquido se move — ou é bombeado — numa direção perpendicular ao campo magnético e à corrente, como foi estabelecido pela primeira lei de Faraday.

O ramo da ciência que trata da interação entre campos magnéticos e fluidos condutores elétricos (líquidos ou gases) é conhecido por hidromagnética, magnetohidrodinâmica ou simplesmente MHD. Um gerador MHD moderno, que explora essa interação, não é fundamentalmente diferente do gerador-estúrio de Kelvin — a água é substituída por um gás condutor elétrico, que flui a alta velocidade entre os eletrodos e, o reduzido campo magnético da terra substituído por poderosos eletro-ímãs (figura 4).

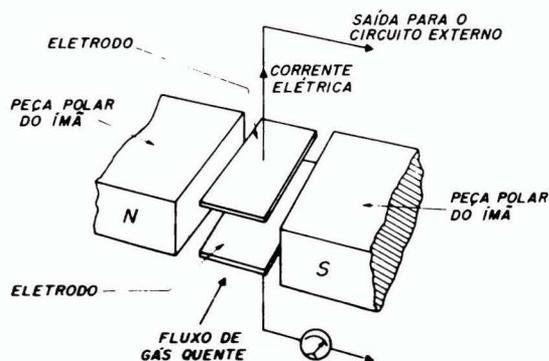


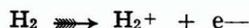
Fig. 4 — Diagrama simplificado do gerador MHD de fluxo de gás.

A vantagem da geração MHD, onde uma saída elétrica é obtida diretamente do movimento do gás, consiste na eliminação das turbinas e dínamos. Seu desenvolvimento prático entretanto, como veremos mais adiante, é dificultado pelos problemas (alta temperatura, etc.) que surgem da necessidade de se manter o gás em um razoável estado de condução.

Gases como condutores

Gases comuns não são condutores de eletricidade, mas podem se transformar em condutores razoavelmente bons, pelo processo de ionização. Já comentado no item "Eletrólise" em "Células de Combustível". Foi visto que a água pura, um não condutor, pode se tornar condutor pela dissolução de pequenas quantidades de certos ácidos ou sais cujas moléculas se dissociam em íons positivos e negativos. Nos gases o mecanismo é um pouco diferente: aqui são os átomos ou moléculas do próprio gás, e não de alguma substância adicionada, que se dissociam em íons. É verdade que alguns gases se ionizam mais facilmente na presença de certos aditivos, mas estes não são essenciais e não transportam parte apreciável da corrente num gás em condução.

Os átomos de um gás comum não ionizado são eletricamente neutros. As cargas positivas dos prótons no núcleo de cada átomo são exatamente neutralizadas pelas cargas negativas dos elétrons que giram em órbitas ao seu redor. A ionização ocorre quando a energia no gás é aumentada suficientemente, por aquecimento, irradiação de raios X ou gama, etc. A energia recebida pelos átomos ou moléculas do gás aumentam seu movimento aleatório de tal forma, que as colisões entre átomos ou moléculas se verificam com muito mais frequência e violência, fazendo com que alguns elétrons libertem-se de seus átomos. Os elétrons libertados tornam-se assim íons negativos livres. O átomo ou molécula que perdeu um elétron tem carga positiva em excesso, i. e., tornou-se um íon positivo. A ionização do gás hidrogênio, por exemplo, pode ser representada por:



mostrando que uma molécula neutra de hidrogênio (H_2) dissocia-se em uma molécula de hidrogênio positivamente ionizada (H_2^+) e um elétron livre ou íon negativo (e^-).

A massa de um elétron é cerca de 1/2000 da massa do átomo de hidrogênio (ou 1/4000 da massa de uma molécula de hidrogênio formada por dois átomos). O hidrogênio é o gás mais leve conhecido. Para gases ionizados mais pesados a disparidade entre elétrons e íons positivos é ainda maior. Por exemplo, quando uma molécula de oxigênio se ioniza ($\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^+ + e^-$) a massa do íon O_2^+ é cerca de 60.000 vezes a massa eletrônica; para o dióxido de carbono ionizado ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}_2^+ + e^-$) a massa do CO_2^+ é cerca de 70.000 vezes a massa eletrônica.

Os elétrons, de massa muito menor que os íons positivos, têm movimento muito mais livre que estes. Quando um gás ionizado conduz eletricidade, a corrente é transportada quase que totalmente pelos elétrons, que se movem a altas velocidades no meio de íons positivos, praticamente estacionários. Essa é outra importante distinção entre gases ionizados e eletrólitos; no eletrólito, as massas dos íons positivos e negativos são praticamente iguais entre si e ambos contribuem igualmente, para a condução.

Como os elétrons livres num gás são portadores excelentes de eletricidade, são necessárias quantidades relativamente pequenas desses portadores para obtenção de um alto grau de condutividade. A figura 5 mostra a relação entre condutividade elétrica e porcentagem de ionização de um gás. Para obtenção da máxima condutividade teoricamente possível é necessário cem por cento de ionização; i. e., toda molécula deve dissociar-se em um íon positivo e um elétron. Entretanto, como pode ser observado na curva, um por cento de ionização produz uma condutividade de mais de noventa por cento do máximo teórico e mesmo 0,1 por cento de ionização — uma molécula dissociada em cada cem — possibilita uma condutividade de cinquenta por

cento do máximo teórico. Um gás um por cento ionizado é, portanto, um condutor quase tão bom quanto um gás totalmente ionizado.

Foi dito anteriormente que a ionização (e daí a condutividade) pode ser aumentada pelo aquecimento do gás. A temperaturas de milhões de graus, que se verificam nas estrelas, os gases são completamente ionizados e melhores condutores que metais comuns a temperatura ambiente. As propriedades do gás ionizado ou "plasma", como é chamado, são tão diferentes das propriedades da matéria comum, que algumas vezes é apresenta-

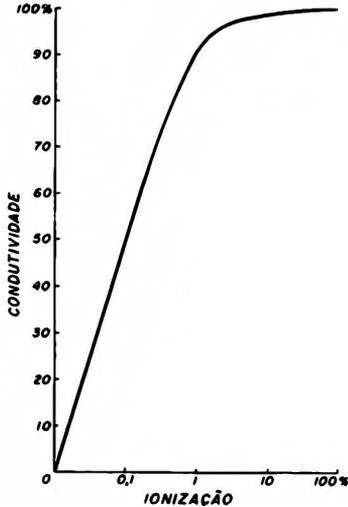


Fig. 5 — Gráfico mostrando como a condutividade de um gás depende do grau de ionização.

do como o quarto estado da matéria, para distinção entre os estados mais normais: sólido, líquido e gás (não ionizado). Nas estrelas, o plasma é o estado "normal" da matéria. A ciência da magnetohidrodinâmica ou MHD foi inicialmente desenvolvida por astrofísicos, para explicar a interação do plasma com os campos magnéticos das estrelas. (No Sol, essa interação se manifesta, por exemplo, como manchas solares).

Recentemente, houve sensível avanço na magnetohidrodinâmica, através de trabalhos

sobre reações termonucleares controladas. Tais reações como as das estrelas exigem temperaturas de milhões de graus e não se vê ainda claramente, como isso pode ser explorado comercialmente.

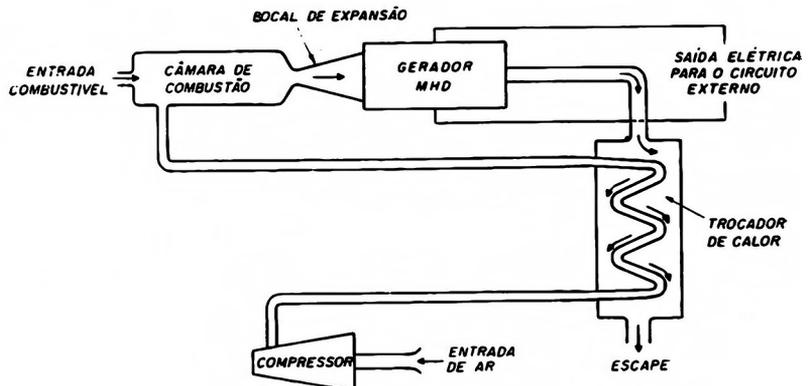
Os geradores MHD que trataremos aqui podem operar em temperaturas muito mais baixas, como, por exemplo, 2.800°C — a temperatura mais baixa em que os gases são suficientemente ionizados para serem razoavelmente condutores. (Mesmo 0,1 por cento de ionização é difícil de se manter em temperaturas inferiores a essa). Tais temperaturas entretanto, são ainda bem superiores aos 650°C a que mesmo os mais eficientes geradores convencionais trabalham; na verdade, quase todas as dificuldades tecnológicas no desenvolvimento de geradores comerciais de MHD devem-se direta ou indiretamente, às altas temperaturas exigidas para operação eficiente. Algumas dessas dificuldades serão comentadas no item seguinte, que trata de um gerador MHD imaginário.

Um sistema de geração MHD imaginário

A figura 6 ilustra esquematicamente um sistema de geração MHD que utiliza combustão de gases quentes. O ciclo de trabalho é basicamente o seguinte: o ar atmosférico é enviado a um compressor onde é comprimido a cerca de cinco atmosferas (aproximadamente 34 kg. por cm²); a seguir passa por um trocador de calor*, onde sua temperatura é elevada a cerca de 1.000 a 1.500°C; daí é enviado a uma câmara de combustão, onde a "queima" de um combustível resulta na elevação da temperatura de mais alguns milhares de graus. A mistura resultante de ar e produtos da combustão, a uma temperatura de aproximadamente 2 800°C expande-se por um tubo de forma especial (como se vê à figura 6), caindo a pressão para cerca de 0,1 atmosfera. Como resultado dessa expansão, o gás quente agora parcialmente ionizado, adquire uma velocidade direcional elevadíssima (mi-

* Trocador de calor é um termo genérico usado para designar todo aparelho que facilita a transferência de calor de um fluido mais quente para um fluido mais frio.

Fig. 6 — Representação esquemática de um sistema de geração MHD imaginário, que utiliza combustível convencional e opera em ciclo aberto.



lhares de quilômetros por hora) e atravessa, em seguida, o campo magnético de um poderoso eletro-ímã. A corrente elétrica resultante é retirada através de eletrodos devidamente dispostos no campo magnético (figura 4). Antes de ser descarregado na atmosfera, o gás, ainda, a uma temperatura de aproximadamente 1.500°C, circula pelo trocador de calor, onde aquece o ar atmosférico proveniente do compressor.

O sistema que acabamos de descrever opera em ciclo aberto, i.e., o gás é descarregado na atmosfera. Foram também propostos sistemas de operação em ciclo fechado, onde um mesmo gás circula continuamente no circuito, sendo aquecido e comprimido e a seguir expandido e resfriado, da forma descrita acima.

A escolha entre operação em ciclo aberto e fechado não é determinada exclusivamente pela melhor eficiência, já que o gás pode conter substâncias tóxicas e/ou de alto custo para ser descarregado na atmosfera. Tais considerações aplicam-se por exemplo, a sistemas que ao invés de câmaras de combustão, utilizam reatores nucleares para aquecimento do gás, pois este tornando-se radioativo, não poderia ser descarregado em grandes quantidades na atmosfera. Os reatores nucleares de potência resfriados a gás construídos na Inglaterra, operam, geralmente, a uma temperatura de gás inferior a 500°C, portanto, muito reduzida para ser de interesse na geração MHD. Existem entretanto possibilidades futuras que serão discutidas no item que trata da utilização de energia nuclear na geração MHD.

Uma das dificuldades práticas em qualquer sistema de geração MHD de potência é a exigência de materiais que mantenham as necessárias propriedades mecânicas, térmicas e

elétricas a temperaturas de 3.000°C ou mais. Outra dificuldade está nas propriedades elétricas dos gases utilizados. Os gases de combustão (incluindo dióxido de carbono, também usado como resfriador) não se ionizam imediatamente, mesmo nas altas temperaturas mencionadas, sendo portanto maus condutores de eletricidade. Isso resulta em uma alta resistência interna do gerador, o que o torna ineficiente (como se num dínamo convencional o enrolamento da armadura fôsse de algum fio de alta resistência ao invés de cobre).

A ionização pode ser aumentada e a resistência reduzida, elevando-se ainda mais a temperatura ou, introduzindo-se no jato de gás, pequenas quantidades de substâncias facilmente ionizáveis, como por exemplo, sais de metais alcalinos. Esses expedientes entretanto, agravariam os problemas de materiais; em particular, a presença de sais alcalinos, mesmo na pequena concentração exigida, poderia provocar fortes corrosões em materiais "normais".

O projeto do tubo de expansão do circuito da figura 6 é muito crítico. O ideal seria que a expansão fôsse exatamente o necessário para dar ao gás velocidade máxima; mas, a expansão é acompanhada por uma queda na temperatura e pressão do gás, o que aumenta sua resistência elétrica, de forma que na prática, deve-se estabelecer um compromisso.

Além dessas dificuldades existem os problemas de natureza prática, que se esperaria encontrar no desenvolvimento de qualquer equipamento não convencional. O trocador de calor da fig. 6 por exemplo, deve operar sob condições de temperatura, pressão, etc., bem diferentes das encontradas em unidades geradoras convencionais.

Amplificador de áudio 9/14W sem transformadores

Esse amplificador que pode ser usado como amplificador para guitarras e violões, se compõe de sete transistores, todos, exceto os dois primeiros, acoplados diretamente. Os dois primeiros estágios estão equipados com o transistor planar de silício de alto ganho e baixo nível de ruído, BC108.

Como conseqüência, as impedâncias nessa parte do circuito tornam-se tão pequenas que não se faz necessário o acoplamento dos estágios por meio de condensadores eletrolíticos, bastando para isso condensadores de poliestireno.

Outra vantagem do circuito é que o elo de realimentação CC-CA, que é usado em todos os projetos de amplificadores sem transformadores, é aplicado a um estágio anterior do usado normalmente. O ganho CC extra obtido é tal que o ajuste do ponto de meia-tensão para cortar o sinal simetricamente pode ser dispensado: o único ajuste necessário é o da corrente de repouso I_q do estágio de saída, que

deve ter um valor próximo de 30 mA para evitar distorção por sobre-excitação. Para evitar qualquer possibilidade de instabilidade em altas freqüências que possa resultar do fato de se usar realimentação por sobre quatro estágios, e ainda permitir o uso de transistores de baixa freqüência no elo de realimentação, a faixa de alta-freqüência sofre um "roll-off" em 6 kHz por meio de um condensador entre a base e o coletor de T_3 . Esta solução, evidentemente, não é satisfatória para equipamentos de alta-fidelidade mas para uso em amplificadores para guitarras é bem recomendável. Se a resposta em freqüência do amplificador deve ser normal, o condensador pode ser omitido e o transistor T_3 (AC 125) substituído por um tipo mais caro.

O amplificador fornece 9W a uma carga de 8Ω e, sem alteração nenhuma, 14W a uma carga de 4Ω. Ligando-se o amplificador a um único alto-falante de 8Ω ou a dois alto-falantes de 8Ω em paralelo o ganho permanece praticamente inalterado.

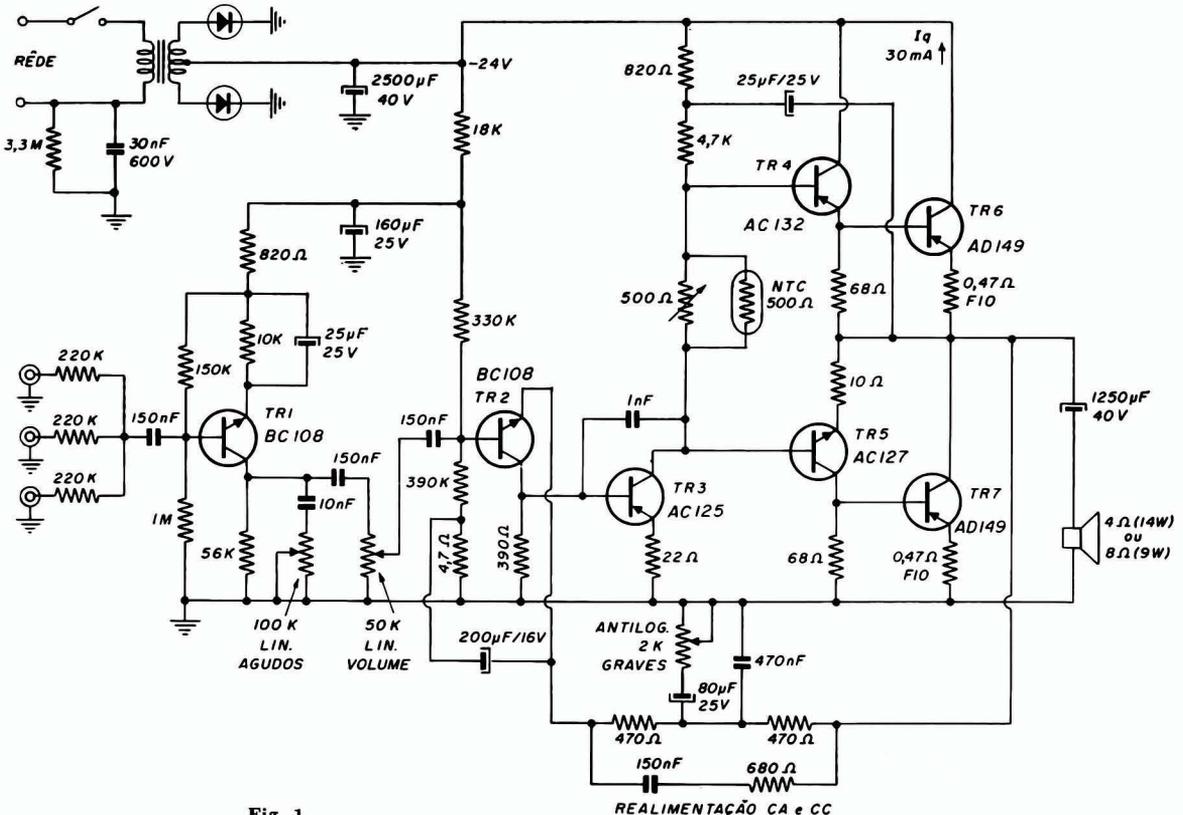


Fig. 1

A máxima potência obtível desse amplificador é 14W, devendo-se a limitação à tensão V_{ce} máxima que suporta o par complementar excitador. Se quisermos mais potência de saída seria necessário que o estágio de saída seja excitado por um transformador acoplado a um excitador em classe A. A maior necessidade de corrente implica em maiores custos de filtragem comparados com os de um projeto sem transformador algum.

DESEMPENHO

Sensibilidade de entrada — 22mV para 9W_{ef} em 8Ω
 — 22mV para 14W_{ef} em 4Ω

Máxima tensão de entrada — 1 volt.

Impedância de entrada — 470 kΩ

(A maioria dos captadores para guitarras tem uma faixa de tensão de 140 mV a 250 mV, com impedância de 10 kΩ a 150 kΩ em 1 kHz.)

Resposta em Freqüência (para 3dB) 37 Hz a 6 kHz
 a 14 W, 1 kHz, 4Ω
 31 Hz a 6,5 kHz
 a 9 W, 1 kHz, 8Ω
 Os controles de tom ção média.

Distorção Total

			para 8Ω
			colocados na posi-
	Agudos	—10 dB em 10 kHz	
em 1 kHz		< 3,5 %	para 5W
		5 %	para 8W
		10 %	para 9W
			para 4Ω
		< 5 %	para 10W
		8,5 %	para 14W

Contrôles de tom

Agudos	—10 db	em 10 kHz
	—8,5 dB	em 5 kHz
Graves	—10 dB	em 100 Hz
	Valôres relativos a 1 kHz	

O controle de baixos é uma modificação de um filtro T em ponte. Quando as constantes de tempo dos dois ramos são iguais, a atenuação do conjunto é independente da freqüência. Quando a capacitância em paralelo é aumentada pela redução do valor do potenciômetro do controle de baixos, a constante de tempo desse ramo aumenta, aumentando a atenuação das baixas freqüências, resultando então um acréscimo nos baixos já que o filtro está no elo de realimentação.

Dissipadores de Calor

Os dois transistores de saída AD149 podem ser montados (sobre isoladores de mica) sobre o chassi, se este for de alumínio com espessura de, no mínimo, 1,5mm.

Os transistores excitadores (T_4 e T_5) devem ser colocados dentro de dissipadores especiais que serão presos ao chassi.

FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Para manter a impedância de saída de fonte o mais pequena possível, o transformador de força deve ter uma resistência de secundário bem baixa.

O enrolamento secundário deve ser previsto para 2 x 17V / 2A. Os retificadores de silício devem suportar 1A e se o amplificador é utilizado juntamente com uma carga de 8Ω, o consumo de corrente é de cerca de 500 mA.

MATEMÁTICA + - × ÷

PARA O TÉCNICO

ÁLGEBRA - (conclusão)

MULTIPLICAÇÃO DE UM MONÔMIO POR OUTRO

Regras

1 — Acha-se o produto dos coeficientes numéricos, dando-se o sinal correspondente, de acôrdo com as regras de multiplicação.

2 — Multiplica-se esse produto numérico pelo produto dos fatores literais, multiplicando-se as potências de mesma base, sempre que possível.

Exemplo 1:

Multiplique:

$$-6x^3y^2 \text{ por } 3xy^2.$$

Solução:

$$\begin{aligned} (-6x^3y^2) (3xy^2) &= - (6 \cdot 3) \cdot x^{3+1} \cdot y^{2+2} \\ &= - 18x^4y^4 \end{aligned}$$

Exemplo 2:

Multiplique:

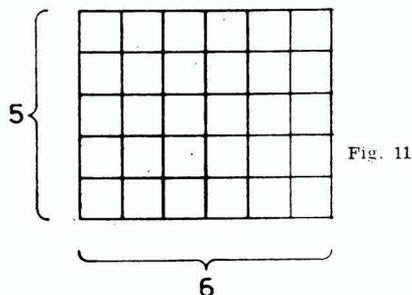
$$-6x^3y^2 \text{ por } 3xy^2.$$

Solução:

$$\begin{aligned} (-6x^3y^2) (3xy^2) &= - (6 \cdot 3) \cdot x^{3+1} \cdot y^{2+2} \\ &= - 18x^4y^4 \end{aligned}$$

MULTIPLICAÇÃO DE POLINÔMIOS POR MONÔMIOS

A figura 11 ilustra outro método de representação gráfica do produto de dois números. O produto $5 \times 6 = 30$ é representado em um retângulo cujos lados têm 5 e 6 unidades de comprimento, num total portanto, de 30 quadradinhos.



O produto de $5(6+9)$ pode ser representado como ilustra a figura 12. O produto $a(c+d)$ seria, assim, representado como indica a figura 13.

Dêsses exemplos, pode-se concluir que

$$3(4+2) = 3 \times 4 + 3 \times 2 = 12 + 6 = 18$$

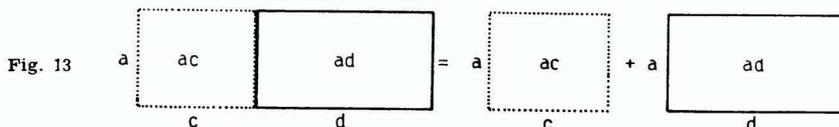
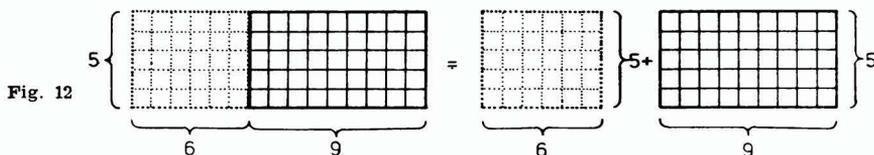
$$4(5+3+4) = 4 \times 5 + 4 \times 3 + 4 \times 4 = 20 + 12 + 16 = 48$$

$$t(y+z) = ty + tz$$

$$p(q+r+s) = pq + pr + ps$$

Note-se que em todos os casos, cada termo do polinômio (termos entre parêntesis) é multiplicado pelo monômio. Considerando-se êsses exemplos, podemos estabelecer a seguinte regra:

Para se multiplicar um polinômio por um monômio, multiplica-se cada termo do polinômio pelo monômio e escreve-se os termos resultantes em sucessão, precedendo-os dos sinais correspondentes.



DIVISÃO

Exemplo 4:

$$3k(3k^2y - 4ky^2 + 6y^3) = ?$$

Solução:

$$\begin{array}{r} \text{Multiplicando} = 3k^2y - 4ky^2 + 6y^3 \\ \text{Multiplicador} = 3k \\ \hline \text{Produto} = 9k^3y - 12k^2y^2 + 18ky^3 \end{array}$$

Exemplo 5:

$$-2ac(-10a^3 + 4a^2b - 5ab^2c) = ?$$

Solução:

$$\begin{array}{r} \text{Multiplicando} = -10a^3 + 4a^2b - 5ab^2c \\ \text{Multiplicador} = -2ac \\ \hline \text{Produto} = 20a^4c - 8a^3bc + 10^2b^2c^2 \end{array}$$

MULTIPLICAÇÃO DE UM POLINÓMIO POR OUTRO

Sabemos que

$$(3 + 4)(6 - 3) = 7 \times 3 = 21$$

Essa multiplicação pode também ser efetuada assim:

$$\begin{aligned} (3+4)(6-3) &= 3(6-3) + 4(6-3) \\ &= (18-9) + (24-12) \\ &= 9 + 12 \\ &= 21 \end{aligned}$$

Da mesma forma,

$$\begin{aligned} (2a - 3b)(a + 5b) &= 2a(a + 5b) - 3b(a + 5b) \\ &= (2a^2 + 10ab) - (3ab + 15b^2) \\ &= 2a^2 + 10ab - 3ab - 15b^2 \\ &= 2a^2 + 7ab - 15b^2 \end{aligned}$$

Concluimos assim que

Para se multiplicar polinômios, multiplica-se cada termo do multiplicando por cada termo do multiplicador e somam-se algébricamente os produtos parciais.

Exemplo 6:

Multiplique $2i - 3$ por $i + 2$.

Solução:

$$\begin{array}{r} \text{Multiplicando} = 2i - 3 \\ \text{Multiplicador} = i + 2 \\ \hline i \text{ vezes } (2i - 3) = 2i^2 - 3i \\ 2 \text{ vezes } (2i - 3) = 4i - 6 \\ \hline \end{array}$$

Somando, obtém-se:

$$\text{Produto} = 2i^2 + i - 6$$

O produto obtido pode ser verificado, substituindo-se as letras por números quaisquer.

Exemplo 7:

Multiplique $a^2 - 4ab - b^2$ por $a + b$, e compare o resultado com $a=2$ e $b=2$.

Solução:

$$\begin{array}{r} a^2 - 4ab - b^2 \\ a + b \\ \hline a^2 - 4ab - b^2 \\ a^2 + ab \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} = 4 - 16 - 4 = -16 \\ = 2 + 2 = 4 \\ \hline -64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} a^3 - 4a^2b - ab^2 \\ a^2b - 4ab^2 - b^3 \\ \hline \end{array}$$

$$a^3 - 3a^2b - 5ab^2 - b^3 = 8 - 24 - 40 - 8 = -64$$

Embora a divisão de expressões algébricas apresente diversos aspectos novos, estes serão facilmente compreendidos, se a matéria explicada até aqui foi realmente assimilada.

Inicialmente, revisemos as seguintes definições:

1 — Dividendo é o número ou quantidade a ser dividido:

2 — Divisor é o número pelo qual um outro número ou quantidade deve ser dividido.

3 — Quociente é o resultado da divisão.

$$\frac{\text{Dividendo}}{\text{Divisor}} = \text{Quociente}$$

DIVISÃO DE NÚMEROS POSITIVOS E NEGATIVOS

Como a divisão é o inverso da multiplicação, usaremos na dedução das regras de divisão, as regras de multiplicação. Por exemplo,

$$\begin{array}{l} \text{como} \quad 6 \times 4 = 24 \\ \text{temos que} \quad 24 \div 6 = 4 \\ \text{e} \quad 24 \div 4 = 6 \end{array}$$

Estas relações podem ser usadas na aplicação das regras de multiplicação e divisão.

As combinações possíveis são quatro:

$$\begin{array}{l} (+24) \div (+6) = ? \\ (-24) \div (+6) = ? \\ (+24) \div (-6) = ? \\ (-24) \div (-6) = ? \end{array}$$

Aplicamos aqui as mesmas regras de sinais da multiplicação:

$$\begin{array}{l} (+24) \div (+6) = +4 \text{ pois } (+4) \times (+6) = +24 \\ (-24) \div (+6) = -4 \text{ pois } (-4) \times (+6) = -24 \\ (+24) \div (-6) = -4 \text{ pois } (-4) \times (-6) = +24 \\ (-24) \div (-6) = +4 \text{ pois } (+4) \times (-6) = -24 \end{array}$$

Podemos portanto estabelecer a seguinte regra:

Na divisão de números positivos e negativos,

1 — se dividendo e divisor tiverem sinais iguais, o quociente será positivo;

2 — se dividendo e divisor tiverem sinais diferentes, o quociente será negativo.

DIVISÃO DE POTÊNCIAS DE MESMA BASE

Pela definição de potência,

$$\begin{array}{l} k^6 = k.k.k.k.k.k \\ k^3 = k.k.k \end{array}$$

$$\text{portanto, } k^6 \div k^3 = \frac{k^6}{k^3}$$

O resultado é obtido, cancelando-se os fatores comuns no numerador e denominador. A operação acima pode ser assim expressa:

$$k^6 \div k^3 = \frac{k^6}{k^3} = k^{6-3} = k^3$$

da mesma forma, $\frac{a^7}{a^3} = a^{7-3} = a^4$

A regra de divisão de potências pode ser, portanto, expressa pela fórmula geral,

$$a^m \div a^n = \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

onde $a \neq 0$ e m e n , números quaisquer.

EXPOENTE ZERO

Qualquer número, exceto zero, dividido por ele mesmo resulta no quociente 1. Portanto,

$$\frac{6}{6} = 1$$

e $\frac{a^3}{a^3} = 1$

Assim, $\frac{a^3}{a^3} = a^{3-3} = a^0 = 1$

Voltando à fórmula geral temos:

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

se $m = n$

temos que $m-n = 0$

e $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} = a^0 = 1$

Podemos assim, estabelecer que qualquer base, exceto zero, elevada ao expoente zero, dá como resultado 1. Portanto, a^0 , k^0 , y^0 , 3^0 , 4^0 , etc., são iguais a 1.

EXPOENTE NEGATIVO

Já que a regra de divisão de potências é aplicável em qualquer caso, deve valer também para quando o n é maior do que m . Portanto,

$$\frac{a^2}{a^5} = \frac{1}{a^3}$$

ou $\frac{a^2}{a^5} = a^{2-5} = a^{-3}$

Assim, $a^{-3} = \frac{1}{a^3}$

e de forma geral

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

Do exposto, concluímos que qualquer base elevada a um expoente negativo é igual a 1 dividido pela mesma base elevada a um expoente positivo de mesmo valor absoluto que o expoente negativo.

Exemplos:

$$k^{-4} = \frac{1}{k^4}$$

$$2^{-2} = \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$$

$$3^{-3} = \frac{1}{3^3} = \frac{1}{27}$$

$$\frac{4^3}{4^5} = \frac{1}{4 \times 4} = \frac{1}{4^2} = 4^{-2}$$

ou $\frac{4^3}{4^5} = 4^{3-5} = 4^{-2}$

Conclui-se assim que qualquer fator de um termo algébrico pode passar do numerador ao denominador ou vice-versa, trocando-se o sinal do expoente do fator.

DIVISAO DE UM MONÔMIO POR OUTRO

Regra

Para se dividir um monômio por outro,
1 — Ache o quociente dos valores absolutos dos coeficientes numéricos, dando o sinal de acôrdo com as regras de divisão de números positivos e negativos.

2 — Determine os coeficientes literais (executando as divisões de potência, caso existam) e escreva-os à frente do coeficiente numérico achado em (1).

Exemplo 8:

Divida $-12 a^3 k^4 y$ por $4a^2 k^2 y$

Solução:

$$\frac{-12a^3k^4y}{4a^2k^2y} = 3ak^2$$

Exemplo 9:

Divida $-7a^2 b^4 c$ por $-14ab^2 c^3$, e expresse o quociente com expoentes positivos.

Solução:

$$\frac{-7a^2b^4c}{-14ab^2c^3} = \frac{ab^2}{2c^2}$$

Essas divisões podem ser verificadas, substituindo-se os fatores literais por valores numéricos arbitrários, ou multiplicando-se o divisor pelo quociente, obtendo-se o dividendo.

DIVISAO DE POLINÔMIO POR MONÔMIO

Comparemos novamente com a multiplicação.

Como $2 \times 8 = 16$

temos que $\frac{16}{2} = 8$

também, como $3(a+4) = 3a+12$

teremos que $\frac{3a+12}{3} = a+4$

Podemos, assim, estabelecer a seguinte regra:

Para dividir um polinômio por um monômio,

1 — Divida cada termo do dividendo pelo divisor;

2 — Escreva, em seqüência, os resultados parciais com os sinais obtidos na divisão.

Exemplo 10:

Divida

$8a^2b^3c - 12a^3b^2c^2 + 4a^2b^2c$ por $4a^2b^2c$.

Solução:
$$\begin{array}{r} 8a^2b^3c - 12a^3b^2c^2 + 4a^2b^2c \\ \hline 4a^2b^2c \\ \hline = 2b - 3ac + 1 \end{array}$$

DIVISÃO DE UM POLINÔMIO POR OUTRO

Regra

Para se dividir um polinômio por outro,

1 — Ordene o dividendo e o divisor, segundo as potências decrescentes (ou crescentes) de algum fator literal comum;

2 — Divida o primeiro termo do dividendo pelo primeiro termo do divisor e escreva o resultado, como primeiro termo do quociente;

3 — Multiplique todo o divisor pelo primeiro termo do quociente e escreva o resultado sob os termos correspondentes no dividendo e subtraia-o do dividendo;

4 — Considere o resto um novo divisor e repita (1), (2), e (3) até que não haja mais restos, ou até que o resto não possa ser dividido pelo divisor.

Exemplo 11:

Divida: $a^2 + 5a + 6$ por $a + 2$

Solução:

Dividendo =	$a^2 + 5a + 6$		$a + 2$ = divisor
	$a^2 + 2a$		$a + 3$ = quociente
resto (novo dividendo) =	$+ 3a + 6$		
Produto do 2.º termo do quocientvisor =	$3a + 6$		
	0		

Divide-se a^2 , primeiro termo do dividendo, por a , obtendo-se o primeiro termo do quociente, a . A seguir multiplica-se o primeiro termo do quociente, pelo divisor. O produto obtido é agora subtraído do dividendo (colocam-se os termos do subtraendo sob os termos correspondentes do minuendo, ver "Adição e Subtração de Polinômios"). O primeiro termo do resto, $3a$, será agora um novo dividendo, repetindo-se o processo.

O resultado obtido pode ser provado, multiplicando-se o divisor pelo quociente.

Divisor =	$a + 2$
Quociente =	$a + 3$
	$\frac{a^2 + 2a}{3a + 6}$
Dividendo =	$a^2 + 5a + 6$

Exemplo 12:

Divida

$a^2b^2 + a^4b^4$ por $-ab + b^2 + a^2$.

Solução: Ordena-se o dividendo e o divisor de acordo com o parágrafo (1) da regra. Como não aparecem termos de a^3b ou ab^3 , colocam-se zeros em seus respectivos lugares, na escala decrescente de potências:

$a^4 + 0 + a^2b^2 + 0 + b^4$	$a^2 - ab + b^2$ = Divisor
$a^4 - a^3b + a^2b^2$	$a^2 - ab + b^2$ = Quociente
$+ a^3b$	$+ b^4$
$a^3b - a^2b^2 + ab^3$	
$a^2b^2 - ab^3 + b^4$	
$a^2b^2 - ab^3 + b^4$	
0	

Exemplo 13:

Divida

$a^4 + 3a^2 + 4$ por $a^2 - 2$.

Solução: $a^4 + 3a^2 + 4$	$a^2 - 2$
$a^4 - 2a^2$	$a^2 + 5$
$5a^2 + 4$	
$5a^2 - 10$	
14	= resto

Este resultado escreve-se

$a^2 + 5 + \frac{14}{a^2 - 2}$

Esta notação é usada também em divisão aritmética, quando a divisão não é exata.

"LABIRINTO" ELÉTRICO

FAÇA ESTE "LABIRINTO" E TESTE A HABILIDADE DE SEUS AMIGOS (E A SUA TAMBÉM) NO MANEJO DE NÚMEROS

Oito chaves seletoras, uma lâmpada e duas pilhas — eis os componentes empregados neste interessante quebra-cabeça. Alguns minutos dispendidos na sua construção serão regiadamente recompensados com as horas de divertimento que lhe serão proporcionadas e aos seus amigos.

Na figura 1 mostramos o aspecto do aparelho. Como se pode observar, na face superior encontram-se quatro chaves seletoras. Cada chave pode ser ajustada para qualquer uma de dez posições, pelo jogador. Quando ele dispõe as chaves em uma combinação que corresponda a uma escolhida previamente, a pequena lâmpada no extremo esquerdo da caixa acende, indicando o fim do jogo. O número de combinações possíveis é de 10 mil, na versão mais difícil do jogo, mas pode-se reduzir para até 100 combinações, dependendo do grau de habilidade do jogador.

A figura 2 mostra a parte de baixo do Labirinto Elétrico. Aqui se vê também quatro chaves seletoras com dez posições. Cada uma dessas chaves corresponde a uma chave na parte superior. A disposição que faz acender a lâmpada é determinada pela disposição aqui escolhida. Como é possível a escolha de qualquer uma das 10 mil combinações, um jogador poderá testar a sua habilidade quanta vezes quiser.

Além de possibilitar a escolha da combi-

nação desejada, as chaves da parte inferior do Labirinto Elétrico permitem ainda determinar o grau de dificuldade do jogo. Para crianças, apenas duas ou três das chaves são fixadas em números arbitrários; a chave ou chaves restantes são colocadas na posição zero (assim como as chaves correspondentes na parte superior). Usando-se três chaves, o número de combinações possíveis se reduz para 1.000; usando-se duas chaves, reduz-se para 100. Para adultos, especialmente pessoas com inclinação para matemática, tôdas as chaves devem ser usadas.

Como Funciona

O esquema de ligações do Labirinto Elétrico aparece na figura 3. Cada chave da parte superior é interligada com sua correspondente na parte inferior: cada terminal da chave superior, com exceção do terminal central, é ligado ao mesmo terminal da chave inferior. Quando o polo central da chave 1 estiver ajustado, por exemplo, para a posição 4, só haverá continuidade com o polo central da chave 3, se o polo central da chave 2 também estiver ligado com o terminal 4, já que os terminais fixos de chaves correspondentes estão ligados entre si. Se o polo central da chave 3 estiver em contato com o terminal 6, só haverá continuidade com o terminal central da chave 5, se o terminal central da

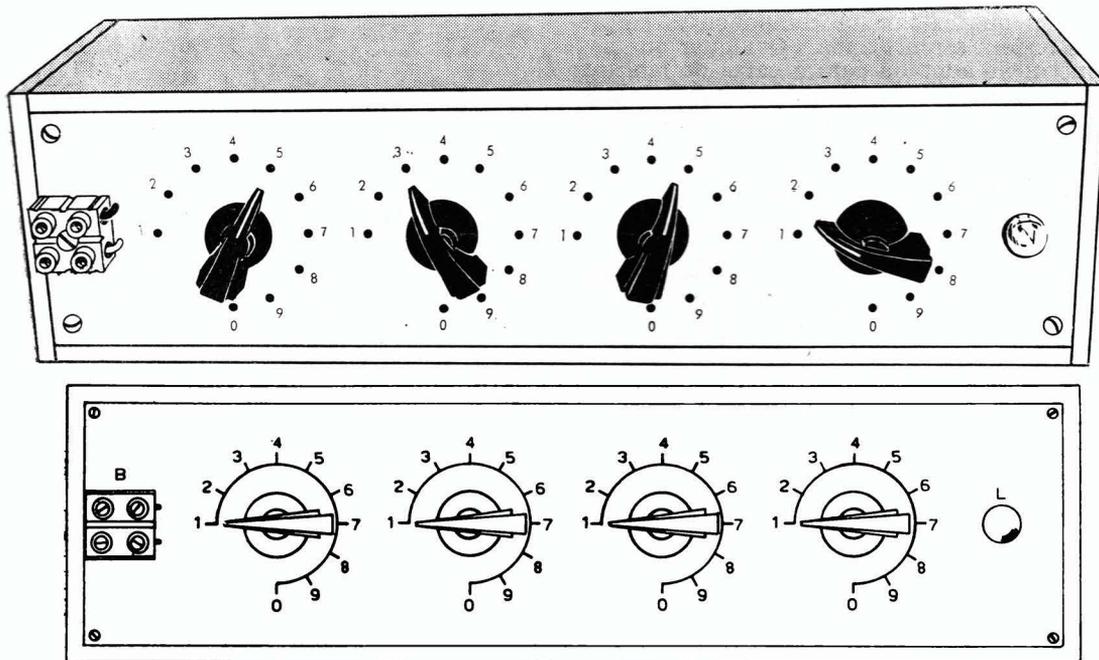


Fig. 1 — Aspecto do "labirinto" (em cima) na sua parte superior. Em baixo sugestão para o desenho do painel superior.

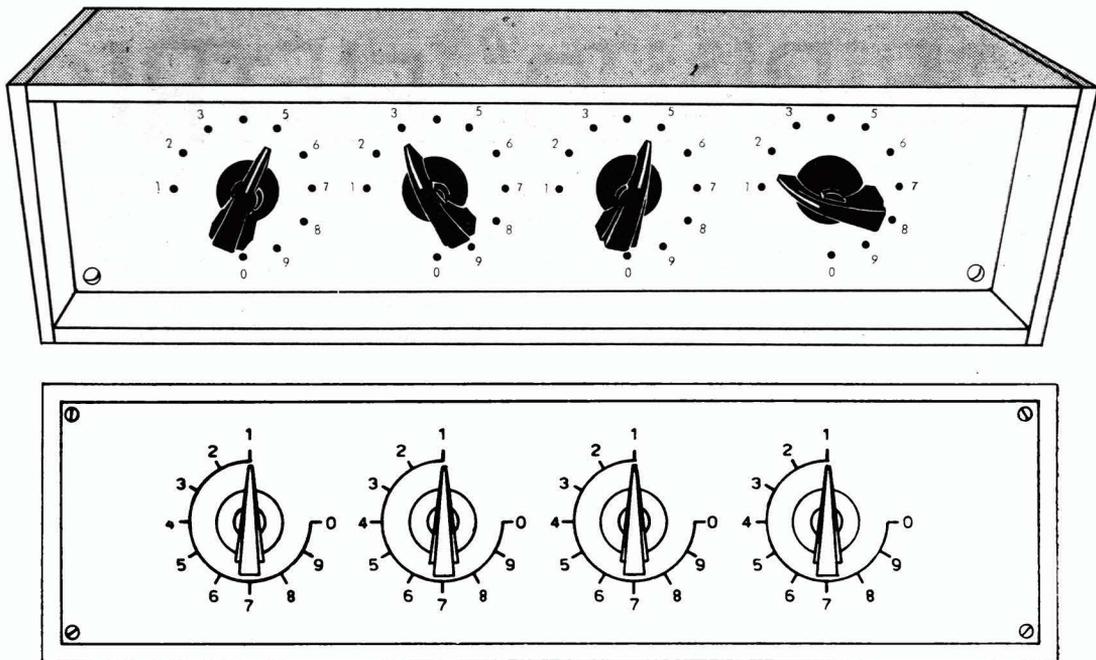


Fig. 2 — Vista inferior do protótipo (em cima) e desenho do painel usado (em baixo).

chave 4 também estiver ligado com o polo 6 e assim por diante, até o terminal central da chave 8. Como a bateria e a lâmpada estão em série com as chaves, a lâmpada só acenderá quando houver continuidade através das chaves.

Construção

As ilustrações poderão servir como guia de montagem. Nosso protótipo foi montado numa caixa de madeira compensada de 30 x 12 x 8 cm, mas naturalmente, qualquer outra caixa em que caibam os componentes empregados poderá ser utilizada. Qualquer que seja a construção adotada para a caixa do labirinto elétrico, é claro que as chaves que estabelecem a disposição a ser procurada devem ficar ocultas.

As chaves são de um polo, dez posições. A lâmpada deve ser do tipo 49. No protótipo

foi usado um suporte para as pilhas, mas como estas terão vida praticamente ilimitada, poderão ser soldadas diretamente no circuito.

Os botões utilizados deverão dispor de guia de posição. Os mostradores das chaves selectoras poderão ser construídos com plástico ou metal. Pode-se também fixar com fita adesiva transparente, pequenos números batidos a máquina, ou mesmo pintar os números diretamente na madeira.

LISTA DO MATERIAL

- S₁ a S₈ — Chaves selectoras de um polo, 10 posições
- M₁ — Lâmpada piloto 49
- B₁ B₂ — Pilhas de 1,5 volts, tipo "lapiseira".
- Outros: soquete para a lâmpada, suporte para duas pilhas, mostradores numerados de 0 a 9, etc.

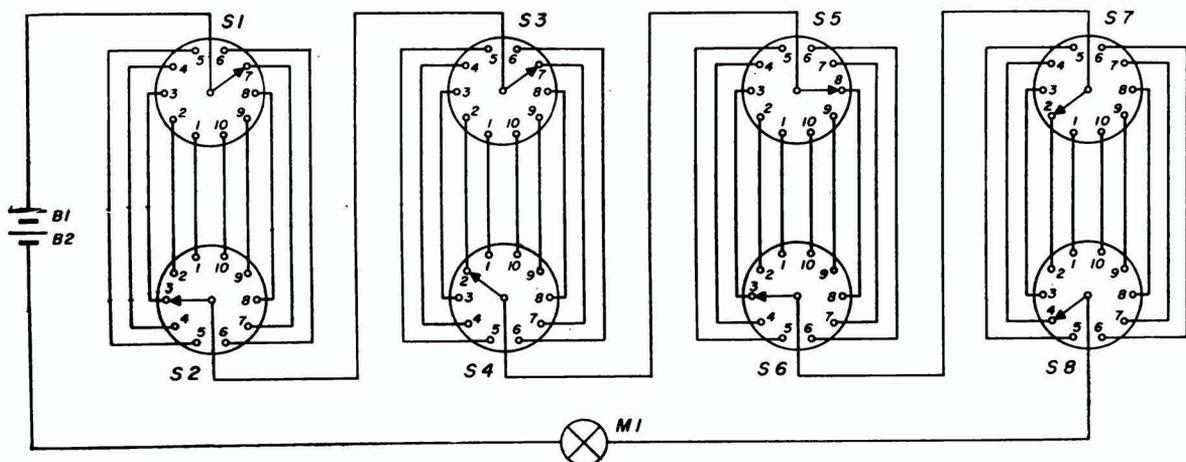


Fig. 3 — Circuito esquemático do "labirinto elétrico".

O orthicon de imagem

1 O FOTO-CATODO E O ALVO

Entre as válvulas captadoras de imagem que utilizam o princípio da foto sensibilidade, o orthicon de imagem é o mais recente da série e representa um estágio de desenvolvimento que dificilmente será superado (o vidicon, desenvolvido posteriormente, utiliza o princípio da foto-condutividade). Em razão de sua elevadíssima sensibilidade, suplantou rapidamente tôdas as válvulas captadoras de imagem anteriores. A sensibilidade do orthicon de imagem excede a da mais sensível câmara cinematográfica e equipara-se à sensibilidade do olho humano; é possível, mesmo, a transmissão de cenas noturnas iluminadas apenas pela luz da lua ou de uma vela. Um palito de fósforo, se aceso dentro de seu campo de visão, causa uma sobre-modulação tão intensa que provoca o aparecimento de uma mancha preta na imagem captada.

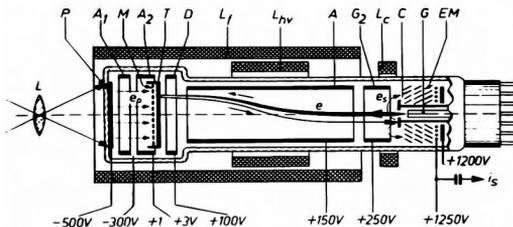


Fig. 1 — Seção longitudinal do orthicon de imagem. e = feixe de exploração; e_p = foto-elétrons; i_s = corrente de sinal; A = anodo; A_1 , A_2 = aceleradores de foto-elétrons; C = coletor; D = eletrodo de desaceleração do feixe de elétrons; EM = multiplicador de elétrons; G = canhão eletrônico; G_2 = acelerador do feixe de exploração; L = lentes; L_c bobinas de correção; L_f = bobinas de focalização; L_{hv} = bobinas de deflexão; M — rede; P = foto-catodo; T = alvo.

A figura 1 apresenta uma seção longitudinal da válvula. As mesmas diferenças fun-

damentais entre o iconoscópio e o iconoscópio de imagem ocorrem entre o orthicon e o orthicon de imagem: a imagem ótica não é explorada diretamente, mas sim transformada antes em uma imagem eletrônica. Assim é possível fazer-se um foto-catodo homogêneo e com alta eficiência na emissão de foto-elétrons.

O foto-catodo mede 24 x 32 mm, é transparente e está situado imediatamente atrás da face frontal do tubo, permitindo o emprêgo de lentes objetivas de pequena distância focal e grande sensibilidade.

A uma certa distância do foto-catodo (fig. 1) que está a um potencial de -500 V, encontra-se uma rede finíssima com potencial de $+1... +3$ V. Devido ao seu potencial, a rede M provoca um forte campo de aceleração para os foto-elétrons emitidos pelo catodo que sofrem ainda a ação de um forte campo magnético homogêneo paralelo ao eixo do tubo. Forma-se assim uma imagem eletrônica detalhada a uma certa distância do catodo. O plano no qual se forma a imagem, situado alguns centésimos de milímetro atrás da rede, é ocupado pela placa de armazenamento T (alvo). Esta placa consiste de um moderníssimo tipo de mosaico — uma placa homogênea finíssima, de uma espécie de vidro ligeiramente condutor. Seu diâmetro é de cerca de 4 cm e sua espessura não maior do que 0,005 mm. Vejamos agora como essa finíssima película de vidro funciona como mosaico.

Como já vimos acima os foto-elétrons emitidos pelo catodo, atravessam a rede, alcançando a placa de vidro e formando ali uma imagem eletrônica detalhadamente definida. Como conseqüência, cada um dos pontos da superfície do alvo libertará elétrons secundários, dada a condutividade do vidro. O ponto atingido adquire um potencial ligeiramente inferior ao da rede, o que permite a esta captar todos os elétrons secundários liberados, retirando-os da válvula.

Evita-se portanto, a formação de nuvem de elétrons com tôdas as desvantagens dela de correntes. Na placa de armazenamento do

orthicon de imagem, da mesma forma que na placa de armazenamento do iconoscópio de imagem, forma-se uma carga pela emissão de elétrons secundários, que reproduz exatamente, a imagem ótica. Um ponto iluminado da imagem ótica causa foto-emissão no foto-catodo: os elétrons assim liberados são focalizados em um feixe estreito sobre a lâmina de vidro, onde produzem uma intensa emissão secundária e a perda de elétrons do ponto atingido torna-o positivo. Um ponto escuro por sua vez, libera um fluxo reduzido de foto elétrons, o que provoca, conseqüentemente, uma reduzida emissão secundária no alvo elevando apenas ligeiramente o potencial do ponto em questão.

Devido à alta resistência elétrica do vidro e a sua reduzidíssima espessura, o restabelecimento do equilíbrio de potencial entre pontos adjacentes é relativamente lento. Forma-se então sobre o vidro uma imagem eletrônica (imagem de cargas elétricas), cópia fiel da imagem ótica, como acontece em um mosaico real.

2. EXPLORANDO A IMAGEM ELETRÔNICA

Do exposto no item anterior depreende-se que a imagem eletrônica se mantém fixa num dado instante. No entanto, sendo o vidro de pequena espessura, ela o atravessa aparecendo do lado oposto ao do foto-catodo. É esta última imagem que será explorada da mesma maneira como se faz no orthicon comum.

O feixe, a baixa velocidade, varrendo a lâmina de vidro no padrão convencional de linhas, inverte sua direção imediatamente em frente à superfície do alvo e retorna em direção ao canhão eletrônico. Quando um ponto com ligeiro potencial positivo é explorado, o feixe cederá elétrons para reduzir o potencial desse ponto a zero antes de inverter sua direção. Quando isso acontece, o feixe retorna ao anodo coletor C diminuído desses elétrons. O número de elétrons cedidos na exploração da imagem eletrônica, variará de ponto a ponto da placa; assim, o feixe de retorno terá sido modulado pela imagem ao chegar ao coletor.

O sistema de exploração do orthicon de imagem apresenta uma característica que aumenta consideravelmente seu desempenho. O coletor serve não só para coletar o feixe de elétrons que retorna, como também constitui o primeiro elemento de um multiplicador de elétrons que geralmente possui cinco etapas.

O multiplicador de elétrons é construído em torno do canhão, de modo a envolvê-lo e amplifica cem vezes a corrente correspondente ao feixe de retorno. A presença desse multiplicador de elétrons implica ainda em que o feixe de retorno atinja o coletor em um só ponto (não acontecendo, pois, o que sucede no orthicon). Para que isso seja obtido, utili-

za-se um campo magnético para deflexão horizontal, ao invés do campo eletrostático empregado no orthicon comum. Somente pelo uso de um campo defletor magnético o feixe pode retornar pelo mesmo percurso de ida.

No processo de transformação de variações de luminosidade, em variações de corrente utiliza-se amplificação por emissão secundária em dois estágios diferentes. Além da amplificação que se obtém no multiplicador de elétrons, também no alvo a imagem eletrônica é formada por emissão secundária, sendo os elétrons secundários, uma amplificação dos foto-elétrons emitidos pelo catodo. Este fato combinado com o aproveitamento quase de 100% do processo de armazenamento da imagem é seguramente uma demonstração clara de que o orthicon de imagem representa um avançado estágio de desenvolvimento que dificilmente será superado.

3. A CORRENTE DE SINAL

A corrente de sinal (I_s) fornecida pelo orthicon de imagem constitui-se de uma corrente contínua modulada pela imagem e expressa portanto o brilho médio da imagem captada.

A válvula não é ofuscada por breves exposições excessivas à luz. Essas exposições causam uma emissão secundária tão intensa no alvo que os elétrons não podem ser retirados pela rede de absorção, permanecendo entre o alvo e a rede em forma de uma nuvem, retornando ao alvo e restabelecendo o potencial de equilíbrio. Essa sobre-modulação ocorre freqüentemente devido à elevada sensibilidade da válvula; pode ser causada, por exemplo, por lâmpadas no campo de visão da câmara, por reflexões de objetos metálicos brilhantes, etc. Quando isso acontece, forma-se uma nuvem de elétrons em frente ao alvo e somente os pontos circunvizinhos ao ponto atingido, sofrerão a precipitação dos elétrons secundários. A vizinhança imediata do elemento da imagem atingido ficará, naturalmente, escurecida; o feito na tela do receptor seria como se os objetos brilhantes fôssem envolvidos por uma nuvem escura.

Experiências com o orthicon de imagem mostram que um certo grau de sobre-modulação, embora não tão drástica como esta, ocorre com freqüência em elementos brilhantes da imagem, já que a iluminação da cena é, geralmente, excessiva. Isso dá à imagem uma característica interessante, mas nada agradável; áreas brancas, cinzas e mesmo preto acinzentadas são reproduzidas com brilho quase idêntico; estas áreas, entretanto, mesmo quando adjacentes, são distinguidas devido às fortes linhas pretas circundantes. Estas linhas significam que a nuvem de elétrons ficou reduzida a uma faixa estreita envolvendo o elemento. Raramente a iluminação da cena apresenta o valor exato para a transmissão com o orthicon, de toda a escala de tons cinzas, como acontece com o iconoscópio.

4. CONCLUSÃO

A breve descrição aqui apresentada mostra claramente que o orthicon de imagem, é, sem dúvida, um instrumento de grande precisão e de incomum sensibilidade. Coube a Rose, Law e Weimer em 1945, construí-lo, em forma utilizável. Mas mesmo hoje existem apenas algumas poucas fábricas capacitadas para produção em massa da válvula, com a qualidade e precisão necessárias. A dificuldade principal está na construção e montagem do alvo e da rede de absorção. Esta rede apresenta nada menos de 1600 fios por milímetro quadrado; cada furo deve ser menor que o grau de definição do sistema de TV. Sua construção é geralmente obtida por processo fotográfico. Para que a absorção de elétrons secundários seja exercida por igual, a separação de 0,05 mm entre a rede e o alvo deve ser mantida uniforme e numa margem de tolerância de alguns milésimos de milímetro, sobre toda a área. É desnecessário dizer que o próprio alvo, a lâmina de vidro de 0,004 mm deve também ser absolutamente plano.

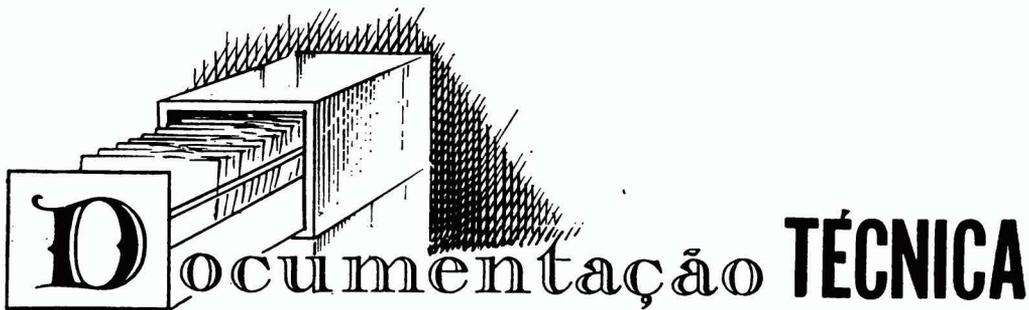
Essas dificuldades são puramente de projeto e construção — adicionadas a estas existem outras exigências com relação ao funciona-

mento preciso do canhão eletrônico e dos sistemas de focalização e deflexão. Para que o tubo funcione como deve, é necessário não somente que o feixe de elétrons, com 0,04 mm de diâmetro, execute seu rápido movimento com precisão geométrica e atinja a imagem eletrônica com absoluta perpendicularidade, mas ainda é exigido que o feixe pare e inverta a sua direção a distâncias da imagem de cargas, iguais em toda a área do alvo.

Não será de surpreender assim, que certas precauções sejam também necessárias na operação prática do orthicon de imagem.

Além da estabilização perfeita de todas as correntes e tensões que o alimentam e sua proteção total contra o campo magnético da terra e qualquer outro campo magnético ou elétrico que possa estar presente, deve manter-se por aquecimento elétrico, uma temperatura uniforme de operação de cerca de 30°C.

Apesar de todas essas dificuldades, para transmissões externas, utiliza-se exclusivamente o orthicon de imagem, em razão de sua elevadíssima sensibilidade, cerca de 1500 vezes superior à do iconoscópio. Suas dimensões aproximadas são: comprimento, 40 cm e diâmetro, 8 cm.



Documentação TÉCNICA

AMPLIFICADOR ESTEREOFÔNICO EASA MOD. AM-1015

ESPECIFICAÇÃO

Potência:	14 W por canal. Total 28W
Resposta de Frequência:	± 1 dB de 30 Hz a 25 KHz em 28 W
Contrôle de tonalidade:	$\pm 0,5$ dB de 15 Hz a 55 KHz em 1W graves: % 19 dB — 17 dB a 30 Hz agudos: % 13 dB — 17 dB a 15 KHz
Separação entre canais:	40 dB
Distorção Harmônica:	0,7% em 1 KHz — 12 W
Distorção em intermodulação:	1% em 60 Hz — 6 KHz
Zumbido:	Fono «M» — 60 dB abaixo de 14 W Fono «C» — 62 dB abaixo de 14 W Tuner Aux — 68 dB abaixo de 14 W
Fator de amortecimento:	10

INTRODUÇÃO

Este aparelho é constituído de dois amplificadores e pré-amplificadores, montados em conjunto com a fonte de alimentação, em uma única peça.

Devido a um circuito moderno aliado a um cuidadoso estudo na disposição do material foi obtido um aparelho de pequenas dimensões, com alta potência de saída, distorção e zumbido inaudíveis e qualidade de reprodução à prova dos mais exigentes apreciadores de música.

DESCRIÇÃO

O conjunto amplificador consta de 10 válvulas miniatura, sendo 4 no pré-amplificador e 6 no amplificador. A fonte de alimentação emprega retificadores de silicon e um circuito de onda completa, empregando capacitores de alto valor, o que assegura uma perfeita regulação.

Uma grande variedade de fontes de sinal poderá ser usada em conjunto com este aparelho, as quais a seguir especificamos.

FONO «M» — para fonocaptorez magnéticos de alta qualidade, equalizada para curva RIAA.

FONO «C» — para fonocaptorez piezoelétricos, impedância desta entrada é de 2,2M ohms; o que assegura resposta linear nas freq. baixas.

AUX. TUNER — para ligação de sintonizador de FM-AM-TV-gravadores etc., a impedância de entrada é de 500 K. ohms.

Tôdas estas entradas poderão ser convenientemente ajustadas pelos contrôles situados no painel frontal.

SELETOR: escolhe a entrada desejada.

BALANÇO: aumenta o nível de um canal e simultaneamente reduz o do outro mantendo o global constante, permitindo a compensação das deficiências nos alto-falantes, na acústica da sala e na correta localização do programa estereofônico.

VOLUME: atua em ambos os canais simultaneamente.

TONALIDADE: contrôles de graves e agudos independentes permitindo um correto ajuste para cada canal.

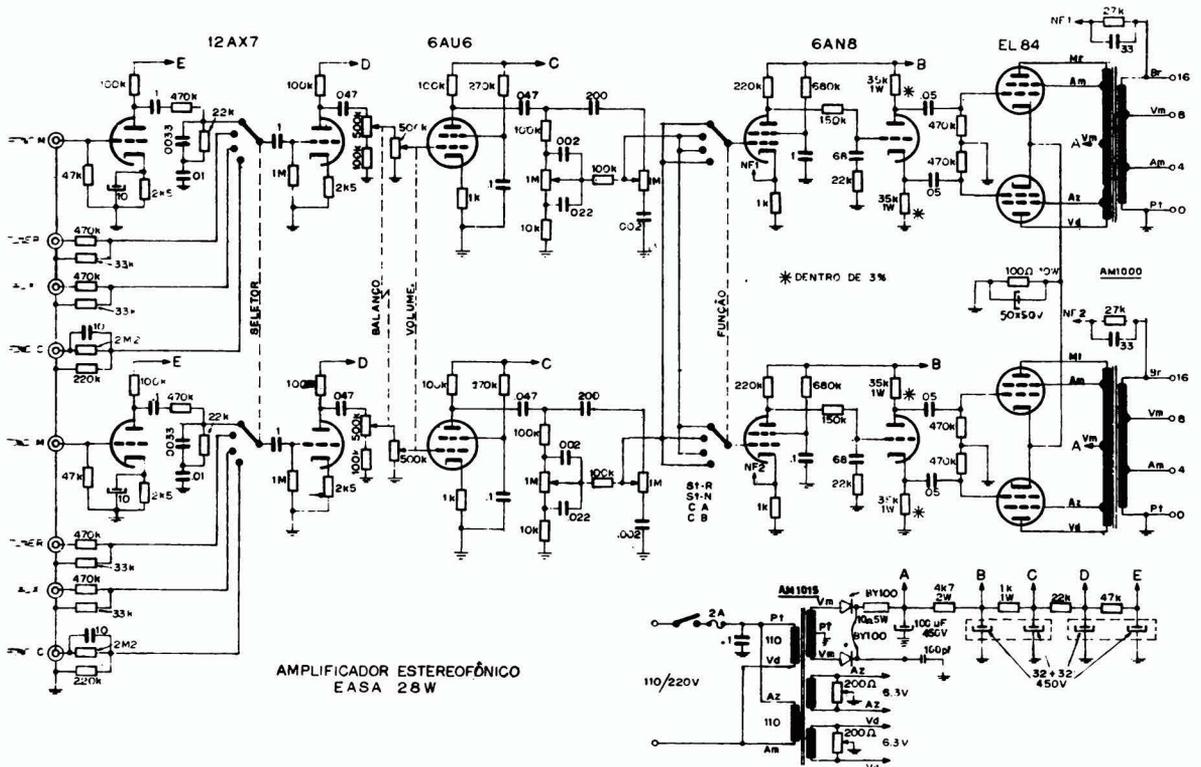
FUNÇÃO: escolhe o modo de funcionamento do aparelho, permitindo a reversão dos canais e o funcionamento em paralelo dos amplificadores, selecionando assim o pré-amplificador desejado.

MONTAGEM:

Siga exatamente a fiação e disposição das peças, indicadas pelos esquemas fornecidos. Essa disposição é resultado de um cuidadoso estudo para se obter um aparelho com nível de ruídos inaudível e uma estabilidade perfeita.

Use material da melhor qualidade principalmente no que se refere a válvulas.

Faça soldas com cuidado evitando assim posteriores aborrecimentos. Depois de montado reveja tôdas as lições, assegurando-se que tudo esteja correto. Assim V. Sa. terá um amplificador estereofônico comparável ao melhor existente.



AMPLIFICADOR ESTEREOFÔNICO
EASA 28 W

LISTA DE COMPONENTES

- 1 conjunto Chassi stereo complet.
- 1 Transformador tipo AM-1015
- 2 Transformadores tipo AM-1000

Resistências

- 4 1 K 1/2 W
- 4 2 K5 "
- 2 10 K "
- 5 22 K "
- 2 27 K "
- 4 33 K "
- 3 47 K "
- 12 100 K "
- 2 150 K "
- 4 220 K "
- 2 270 K "
- 10 470 K "
- 2 680 K "
- 1 1 M "
- 2 2 M2 "
- 1 1 K 1 W
- 1 4 K7 2 W
- 1 10 Ohms 10 W
- 1 100 Ohms 5 W

Condensadores

- 2 22 K Poliéster 125V
- 4 47 K " 400V
- 8 100 K " 400V
- 4 .05 óleo 600V

Condensadores disco

- 4 2 K
- 2 3K3
- 3 10 K
- 2 10 pf.
- 2 33 pf.
- 2 68 pf.
- 2 200 pf.
- 1 100 pf.: 600V

Condensadores eletrolíticos

- 1 100 MFD. 450V
- 2 32x32 MFD. 450V
- 2 10 MFD. 12V
- 1 50 MFD. 50V

Potenciômetros

- 1 duplo 500 K Lin. 1 eixo
- 1 " 500 K Log. 1 eixo
- 3 1 Mg. Lin.
- 1 1 Mg. Lin. c/ chave
- 2 200 ohms pot. fio
- 2 chaves 2 polos 4 posições

Válvulas

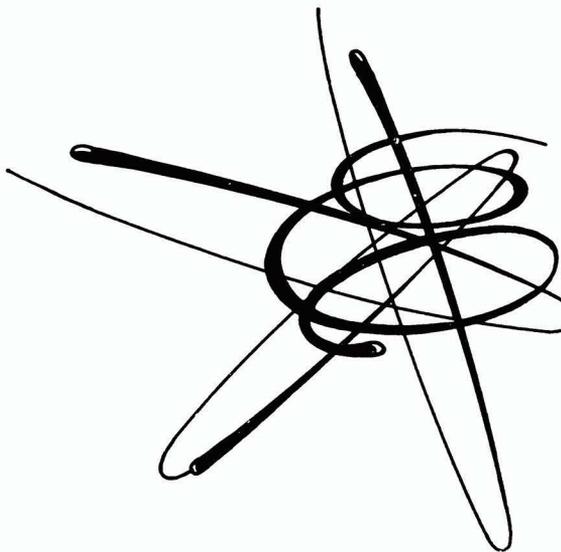
- 2 12 AX7
- 2 6 AN8
- 2 6 AU6
- 4 EL-84

Retificadores

- 2 BY100

Diversos

- 2 tomadas A.F. 4 terminais
- 8 tomadas RCA
- 1 porta fusível
- 6 soquetes 9 pinos
- 2 soquetes 9 pinos c/ blindagem
- 2 soquetes 7 pinos
- 1 borracha passagem peq.
- 1 lâmpada pilôto
- 1/2 metro de ponte p/ ser cortada
- 1/2 metro de cabo de microfone
- 1 metro de espaguete 1 m/m
- 12 metros de fio, diversas cores
- 1 cabo rádio plug.
- 50 parafusos e porcas



Elementos de ELETRÔNICA

ALTO FALANTE

O alto-falante serve para converter tensões elétricas alternadas em vibrações de som. A função do alto falante é portanto contrária à do microfone.

Conhecem-se quatro sistemas diferentes:

- a) Sistema eletrodinâmico
- b) Sistema eletromagnético
- c) Sistema eletrostático
- d) Sistema de cristal.

De todos estes sistemas, o mais importante é o eletrodinâmico e é o que atualmente se aplica na maioria dos casos. Limitar-nos-emos a falar somente do alto falante eletrodinâmico.

ALTO-FALANTE ELETRODINÂMICO

Este alto-falante baseia-se na propriedade de um condutor, atravessado por uma corrente e situado num campo magnético, ficar sujeito a uma força que o desvia (força de Lorenz). Já tratamos deste princípio quando analisamos o instrumento de medida de bobina móvel.

Na figura 135 representa-se o princípio do alto-falante eletrodinâmico. Observa-se na mesma a bobina móvel e o entreferro do ímã. Fazendo passar uma corrente alternada pela

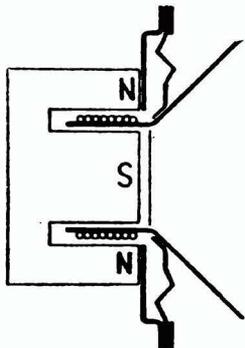


Fig. 135 — Princípio do alto-falante eletrodinâmico.

bobina, sob a influência da mesma, a bobina começará a mover-se para a frente e para trás longitudinalmente. A bobina fixou-se um cone, de papel. O movimento da bobina põe em movimento o cone, que produz uma vibração de ar, e portanto, um som. A bobina deve ser montada de modo que só possa mover-se longitudinalmente para a frente e para trás. A fixação faz-se por meio dum sistema de precisão que evita o movimento transversal e só permite o longitudinal.

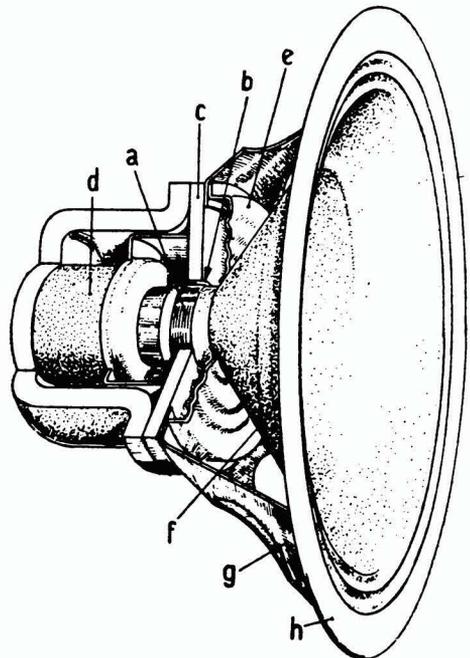


Fig. 136 — Diagrama de construção do alto-falante eletrodinâmico. a) bobina móvel; b) entreferro do ímã; c-d) ímã; e) anel de centragem; f) cone; g) carcaça do alto-falante; h) flange de carcaça.

A figura 136 mostra a construção de um alto-falante eletrodinâmico. A bobina (a) (a que se chama bobina acústica), move-se no entreferro (b) do sistema magnético (c-d). A bobina, está fixa ao cone (f). O conjunto está fixo no suporte do cone (g) por meio de um bordo com caneladuras (h). A centragem deste sistema faz-se por meio de um anel de centragem fixo (e). Há também sistemas onde se pode ajustar a centragem. Na figura 137 apresentam-se três métodos de centragem. Na figura 137a temos a chamada centragem inferior.

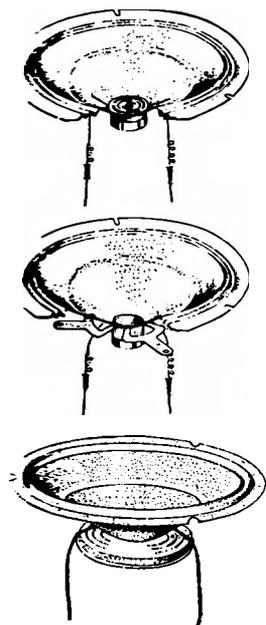


Fig. 137 — a) cone com centragem interna; b) cone com centragem externa; c) cone com centragem fixa.

No lugar onde se fixa o cone à bobina acústica dispõe-se um pequeno disco de cartão com ranhuras, que o tornam flexível e que tem no centro uma abertura para se poder fazer a fixação. O disco de cartão é fixado por meio de um parafuso rosqueado ao polo central do ímã (na figura 135 ao polo sul) de tal modo que o sistema completo se pode mover livremente no entreferro. Na figura 137b representa-se um cone com bobina acústica e centragem exterior. Aqui faz-se a fixação por meio duma "aranha" de cartão flexível (na figura vêem-se 2 dos 4 terminais de ligação). A figura 137c representa um cone de centragem fixa, como o que se utilizou no sistema da figura 136. Esse sistema de centragem deve colar-se ao fundo do suporte de metal do cone, com cola celulósica.

A corrente para a bobina acústica é conduzida por meio de condutores flexíveis que não devem impedir a liberdade de movimento que tem o cone juntamente com a bobina, mas, apesar disso, não devem ser flexíveis demais para baterem de encontro ao cone. Para evitar que entre pó e partículas de ferro, envolve-se boca do alto falante com um pano apropriado.

A resistência da bobina acústica em corrente alternada (ou impedância) é de 3-40 ohms aproximadamente, a uma frequência de 1000 Hz dependendo esta resistência do tipo de alto-falante.

Para uma boa reprodução de som não se pode usar somente este sistema de alto-falante.

Para as baixas frequências obtém-se uma reprodução pior do que para as altas. Isto é consequência do chamado curto-circuito acústico. Quando o cone da figura 136 se move para a direita as partículas de ar serão empurradas para diante mas as restantes passam o bordo do cone e vão suprir a rarefação de ar do lado posterior ao cone.

Podem suprimir-se em grande parte este fenómeno de compensação pondo no alto falante uma proteção acústica. Deste modo o comprimento do caminho das partículas do ar é tão grande que praticamente não têm possibilidade de colocar obstáculos ao movimento normal do cone. O efeito da proteção acústica é tanto maior quanto maiores forem as suas dimensões. Num receptor de rádio o móvel desempenha a função de proteção acústica. Contudo o móvel deve ser o mais aberto possível na face posterior, pois que se fosse completamente fechado a quantidade de ar dentro dele podia chegar à ressonância e produzir grandes perturbações no som.

Por essa razão não se deve encostar o móvel demasiadamente junto à parede. Para eliminar o efeito de transmissão central das notas altas, uma vez que estes tons se ouvem principalmente na direção longitudinal, usa-se em alguns tipos de alto falantes, um cone de Phyllite. A esta construção chama-se difusor de som.

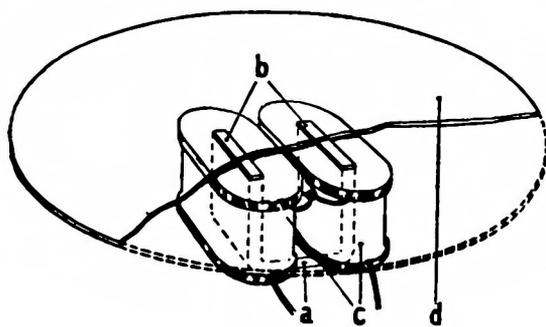


Fig. 138 — Principio do fone auricular. a) ímã; b) pólos do ímã; c) bobinas por onde flui a corrente; d) diafragma de lâmina de ferro.

Como no alto falante eletrodinâmico se usa um ímã muito forte deve-se utilizar também neste caso uma bancada limpa nas reparações. O ímã forte atrai fortemente a limalha de ferro.

50. AURICULARES

Quando a energia aplicada ao alto-falante é muito pequena, também serão pequenas as vibrações sonoras, e a intensidade do som é muito pequena. Em tais casos usam-se auriculares, nos quais as vibrações elétricas provocam, por via eletromagnética, vibrações mecânicas na membrana. A membrana põe em movimento por sua vez o ar que se encontra entre a membrana e o pavilhão do ouvido. Dêste modo a perda de energia sonora é muito pequena. Na figura 138 representou-se duma maneira simplificada a construção de um auricular. Na caixa do auricular há um ímã permanente em

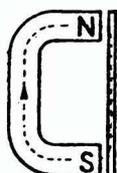


Fig. 139 — Trajetória das linhas de força do campo magnético no fone.

forma de ferradura (a). Em volta dos polos do ímã (b) há duas bobinazinhas (c). A uma pequena distância dos polos do ímã encontra-se uma pequena placa vibrante de ferro. Quando não circula corrente nas bobinas, existe um campo magnético permanente, cujas linhas de força se dispõem como se vê na fig. 139. Logo que circula uma corrente variável nas bobinas o campo magnético torna-se mais forte ou mais fraco de acôrdo com o sentido da corrente. A placa vibrante é, por consequência, mais ou

menos atraída pelos polos magnéticos e entra em vibração.

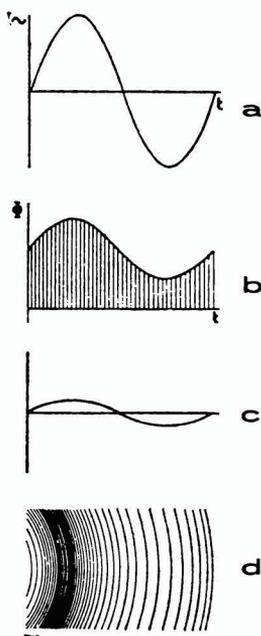


Fig. 140 — Diferentes etapas na conversão de vibrações elétricas em ondas sonoras. a) corrente elétrica; b) variações correspondentes do campo magnético; c) vibrações mecânicas do diafragma; d) vibração do ar correspondente.

Na figura 140 traçaram-se diversas fases do processo de conversão de vibrações elétricas em som. A figura superior representa a corrente alternada, a figura 140b a variação do campo magnético, a figura 140 c a vibração da membrana como consequência das variações do campo magnético e a figura inferior a vibração sonora.