

**CIRCUITOS  
IBRAPE**

**AUDIO AMPLIFICADOR DE 250 W  
COM TRANSISTORES DE SILÍCIO**

FOX ELECTRONICA

O aparelho apresentado neste folheto vem estender consideravelmente a faixa de potência dos amplificadores transistorizados,

Apesar de ser indicado para sonorização de grandes ambientes — salões de baile, auditórios, estúdios — as suas características de distorção e resposta de frequência são comparáveis às dos melhores aparelhos de alta fidelidade.

**PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO**

Para o projeto deste amplificador foi utilizado o circuito tipo ponte, em virtude das vantagens que este apresenta quando utilizado com transistores.

O princípio de funcionamento do circuito ponte poderá ser compreendido com auxílio da figura 1. M e M' são dois amplificadores de potência, com características elétricas idênticas. A carga (alto-falante) está ligada entre os pontos

centrais D e D' dos estágios de saída.

Em condições de repouso, ambos os terminais da carga estarão no mesmo potencial, que é a metade da tensão da fonte.

Quando forem injetados dois sinais de iguais amplitudes e *mesma fase* nas entradas dos amplificadores, os sinais de saída serão idênticos em fase e amplitude. Ambos os terminais da carga possuirão o mesmo potencial instantâneo; portanto a *diferença* de tensão entre os terminais D e D' permanece igual a zero e nenhuma potência será entregue à carga. Em outras palavras, esta configuração apresenta alta imunidade (rejeição) aos sinais de "modo comum".

Esta vantagem não se restringe aos sinais de entrada. Qualquer tipo de interferência que influa igualmente nos dois canais será eliminado ou atenuado na carga. Assim, o ronco da fonte que penetra pela linha de alimentação, **também** será suprimido na carga.

Quando os sinais aplicados em M e M' forem iguais e com fases opostas, as tensões instantâneas das saídas também estarão **defasadas em 180°**; portanto quando D atingir o pico positivo de sua excursão, D' estará no pico negativo. A tensão pico a pico aplicada à carga corresponde à diferença entre as tensões D e D', isto é:

$$V_{\text{carga(pp)}} = V_{pp} - V'_{pp}$$

Uma vez que o sinal em D' é idêntico ao sinal em D, podemos considerá-lo como o negativo deste. Logo:  $V_{\text{carga(pp)}} = V_{pp} - (-V_{pp}) = 2 V_{pp}$

Evidencia-se então que uma das vantagens do circuito ponte é de proporcionar o **dôbro** da excursão que seria possível obter com um circuito push-pull tipo quase-complementar. Isto significa uma potência na carga 4 vezes maior, considerando que a tensão de alimentação permaneça a mesma.

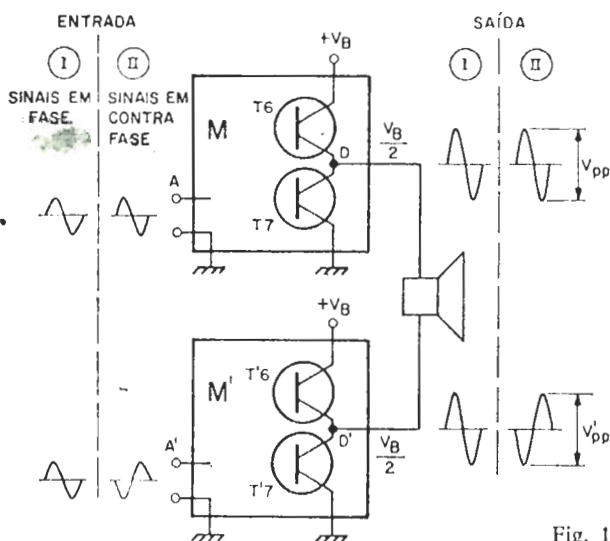


Fig. 1

**CARACTERÍSTICAS**

— Potência de saída	250 W	— Consumo sem sinal	120 mA
— Impedância de carga nominal	6 Ω	— Consumo para 250 W (6 Ω)	6 A
— Sensibilidade para 250 W (1 kHz)	400 mV	— Distorção:	
— Impedância de entrada	60 kΩ	a 200 W (1 kHz)	0,2%
— Tensão de alimentação CC	65 V	a 250 W (1 kHz)	1,4%

## DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

O esquema completo do amplificador está ilustrado na figura 2. Pode-se considerá-lo como constituído por dois amplificadores e um inversor de fase.

O sinal de entrada, injetado entre os terminais A e B, será aplicado simultaneamente à entrada do amplificador M e à base de  $T_8$ . Em virtude da forte realimentação negativa introduzida pelo resistor de emissor  $R_{21}$ , o sinal de coletor apresenta amplitude idêntica ao de base, porém com polaridade oposta. Esse sinal é aplicado à entrada do amplificador M', sendo daí por diante, processado por este de modo idêntico ao de M.

O transistor  $T_1$  (bem como  $T'_1$ ) funciona como amplificador de tensão e conversor de impe-

dências.  $T_2$  é o transistor excitador. Utilizou-se nesta função um BD115, trabalhando com uma corrente de repouso de 22 mA. O sinal de coletor de  $T_2$  é aplicado diretamente à base de  $T_5$  e, por intermédio de  $T_3$ , à base de  $T_4$ . Os transistores  $T_3$  e  $T_4$  são complementares, operando como inversores de fase e excitadores do estágio de saída  $T_6/T_7$ .

O capacitor  $C_3$  em série com  $R_{13}$  fornece realimentação negativa de C.A. A estabilização em C.C. é obtida mediante o resistor  $R_8$  que vai ligado ao emissor de  $T_1$ . O capacitor  $C_3$  em paralelo com o resistor mencionado, limita a resposta de frequência e evita o aparecimento de oscilações parasitas. Idêntica função tem  $C_6$ , ligado entre base e coletor de  $T_2$ .

A função do transistor  $T_3$  e do potenciômetro  $R_9$  é fixar o ponto de trabalho dos transistores

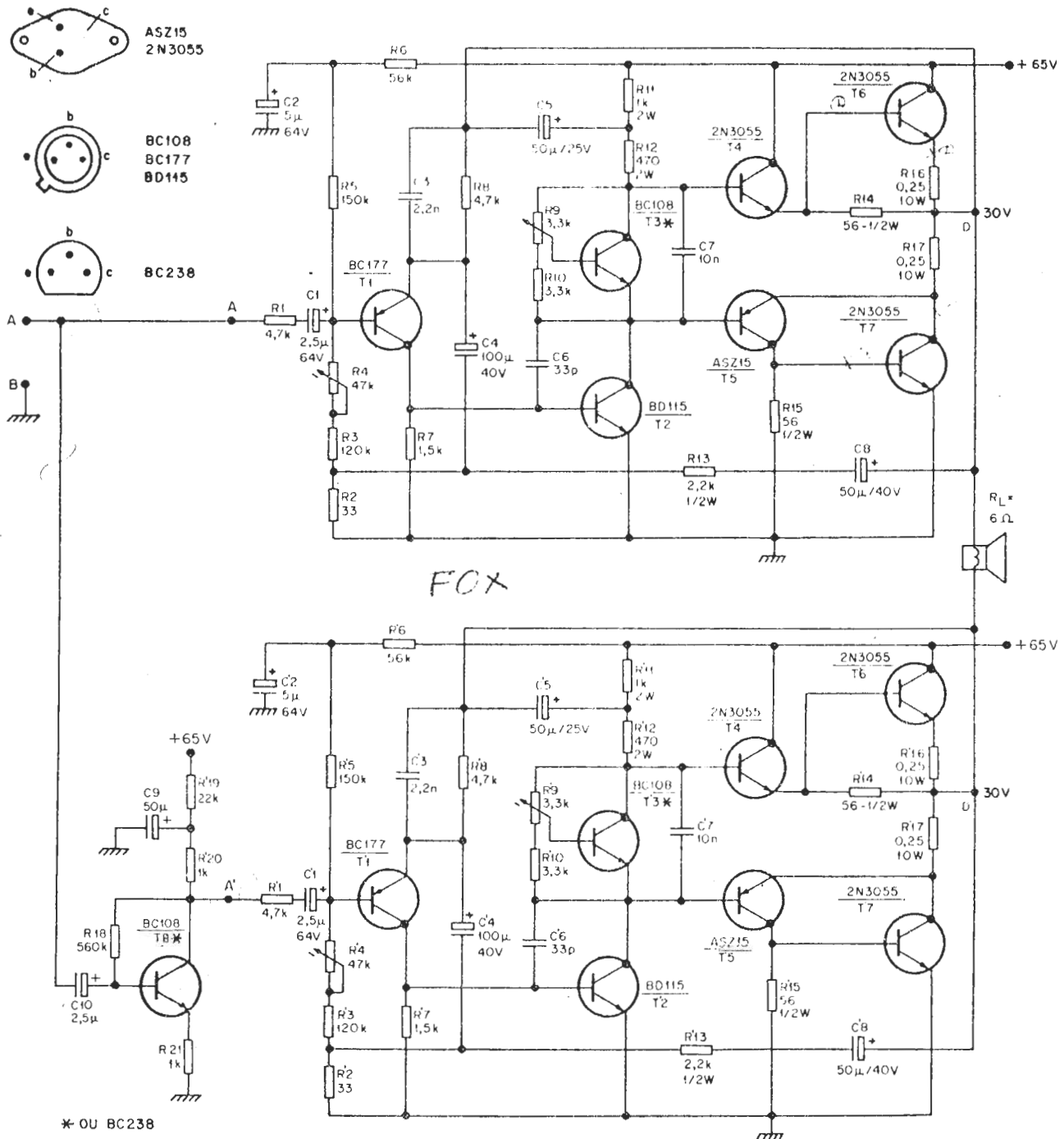
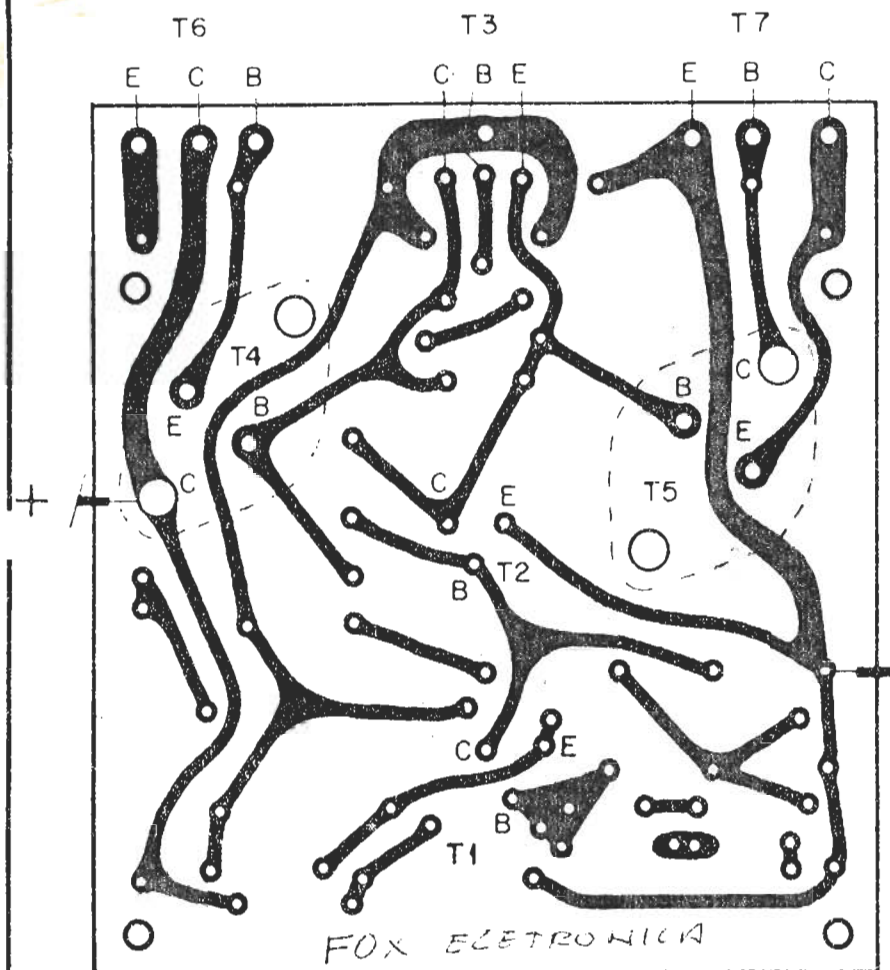


Fig. 2

T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>, determinando assim a corrente quiescente do estágio de saída. O transistor T<sub>3</sub> está em contato térmico com os transistores de saída, a fim de estabilizar o ponto de trabalho de T<sub>6</sub> e T<sub>7</sub> em

tôdas as temperaturas de funcionamento.

O potenciômetro R<sub>4</sub> é usado para ajustar a tensão de ponto médio do estágio de saída, que deverá ser igual ao valor indicado no esquema.



#### DISSIPADORES

*Estágio de saída:*

T<sub>6</sub> e T<sub>7</sub> - área 250 cm<sup>2</sup>  
(chapa de alumínio de 3 mm,  
montada verticalmente)  
O material deverá ser  
anodizado na cor preta fosca.

*Estágio inversor:*

T<sub>5</sub> - área mínima de 34 cm<sup>2</sup>  
(chapa de alumínio de  
2 mm, enegrecida)

*Excitador:*

T<sub>2</sub> - área de 2 cm<sup>2</sup>  
(chapa de alumínio de 2 mm)

Os demais transistores  
dispensam dissipadores.

Fig. 3

#### MONTAGEM

Tratando-se de um circuito de áudio, os cuidados de montagem são os usuais. Pode-se utilizar construção convencional ou placas de fiação impressa.

O desenho da fig. 3 mostra a fiação impressa para meio-amplificador. Esta não inclui o circuito associado ao transistor T<sub>8</sub>, que deverá ser montado à parte ao lado da correspondente placa impressa (M' no esquema).

A figura 4 indica a posição dos componentes na placa de fiação. Os dissipadores de T<sub>6</sub> e T<sub>7</sub> (bem como T'<sub>6</sub> e T'<sub>7</sub>) deverão ser montados fora da placa, em posição vertical, a fim de que se obtenha ventilação suficiente.

O tipo de dissipador ilustrado é o RSN220 (fabricação Brasele) cuja resistência térmica de 1,8°C/W o torna adequado a esta função.

Na mesma figura, nota-se a posição do transistor T<sub>3</sub> próximo do dissipador de T<sub>6</sub>. Este transistor (BC108) pode ficar encaixado no dissipador, sendo

porém essencial que esteja *elétricamente isolado* deste último. Nesta posição pode-se também colocar um BC238, cujo invólucro plástico dispensa a necessidade de isolamento.

O dissipador de T<sub>5</sub> pode ser montado diretamente sobre a face isolante da placa impressa, enquanto que o de T<sub>2</sub> é simplesmente encaixado na careca deste transistor. Em todos os casos é imprescindível o uso de graxa de silicone para melhorar o contato térmico dos invólucros dos transistores com os respectivos dissipadores de calor. Alguns cuidados especiais que convém observar na montagem são os seguintes:

- devido às elevadas correntes do estágio de saída, a fiação de alimentação, bem como a de ligação à carga, deverá ficar afastada dos estágios de entrada e de um eventual pré-amplificador;

- os resistores R<sub>16</sub>, R<sub>17</sub>, R'<sub>16</sub> e R'<sub>17</sub> devem apresentar mínima diferença entre seus valores de resistência (5%).

## AJUSTE

Para ajuste do amplificador deve-se observar a seguinte seqüência de operações:

- 1 — Não ligar carga alguma nem alto-falante entre os terminais D e D'.
- 2 — Desligar a alimentação do meio-amplificador M'
- 3 — Pôr em curto-circuito os terminais A e B.
- 4 — Posicionar o cursor  $R_9$  de maneira que a base de  $T_3$  fique em "curto" com o coletor (transistor na máxima condução).
- 5 — Alimentar o meio-amplificador M, e ajustar  $R_9$  até obter uma corrente de 60 mA (consumo total de M).

6 — Ajustar  $R_4$  para obter 30 V entre os terminais D e a terra.

7 — Desligar a alimentação de M, ligar a de M' e repetir as etapas 3 até 6.

8 — Ligar a alimentação em ambas metades (M e M') do amplificador. Medir a tensão entre os pontos D e D'. O valor indicado deve ser inferior a 300 mV.

Caso isto não ocorrer, retocar ligeiramente um dos potenciômetros,  $R_4$  ou  $R'_4$ .

9 — Desfazer o "curto" entre A e B. Conectar a carga entre D e D' e injetar o sinal entre A e B, para o teste final de funcionamento.

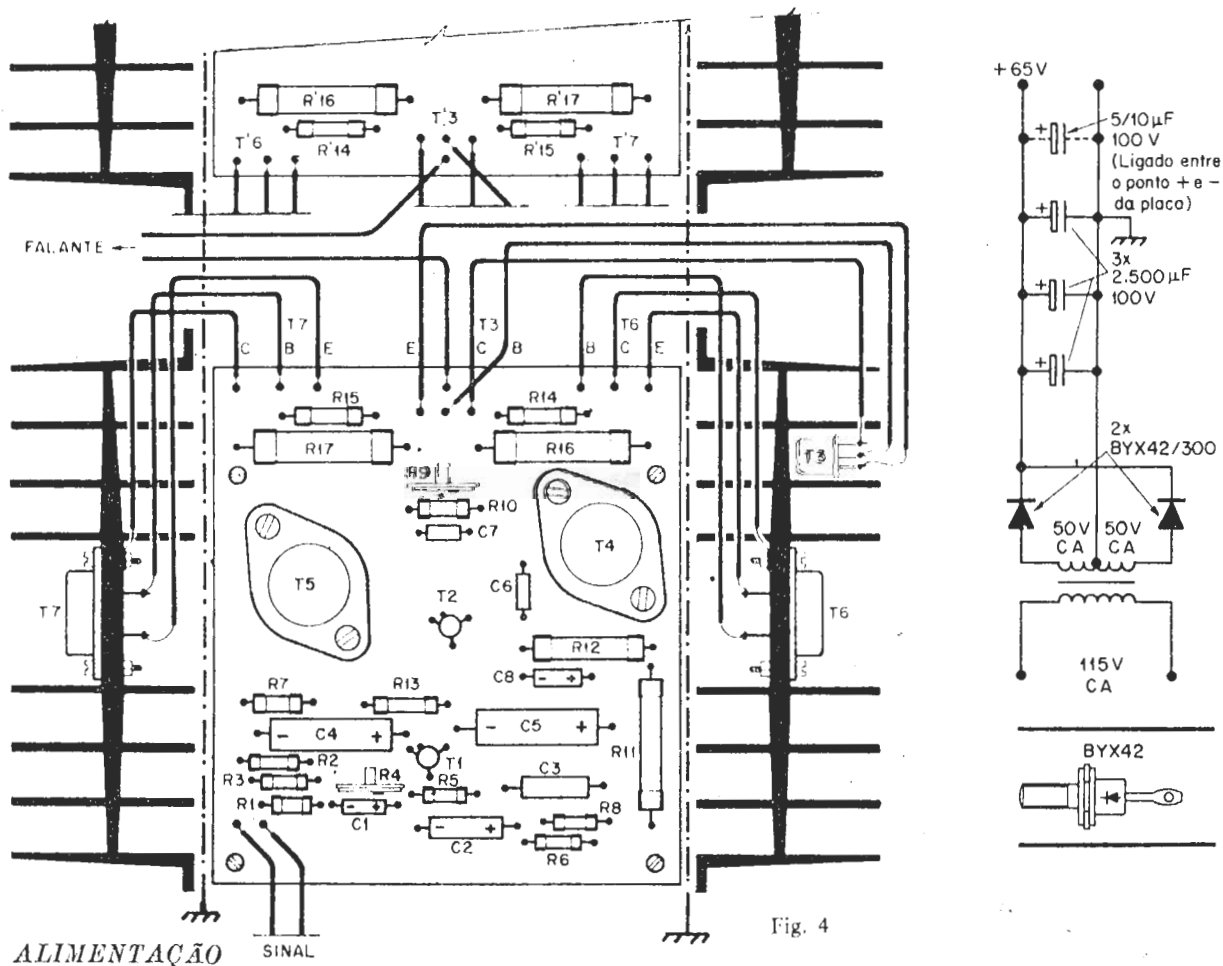


Fig. 4

Uma fonte de alimentação adequada é requisito essencial para se conseguir bom funcionamento dêste amplificador. Por exemplo, o transformador deverá ser capaz de fornecer a corrente máxima sem excessiva queda de tensão nos enrolamentos. Os dados fornecidos a seguir permitem construir um transformador adequado para êste aparelho, mesmo sob condições de funcionamento contínuo em máxima potência:

**Núcleo:** perna central 5 cm  
altura do pacote 7 cm

**Enrolamentos:** primário — 144 espiras, fio esmaltado 1,5 mm

secundário — 2 x 60 espiras, fio esmaltado 1,9 mm

usar isolação entre camadas.

Devido à elevada corrente solicitada pelo circuito, usam-se retificadores tipo "profissional" capazes de suportar C.C. até 10 ampères. Êstes diodos deverão ser montados em dissipadores de cobre ou alumínio de 2 mm, com acabamento fôsc e tendo cada um 16 cm<sup>2</sup> de área, no mínimo.