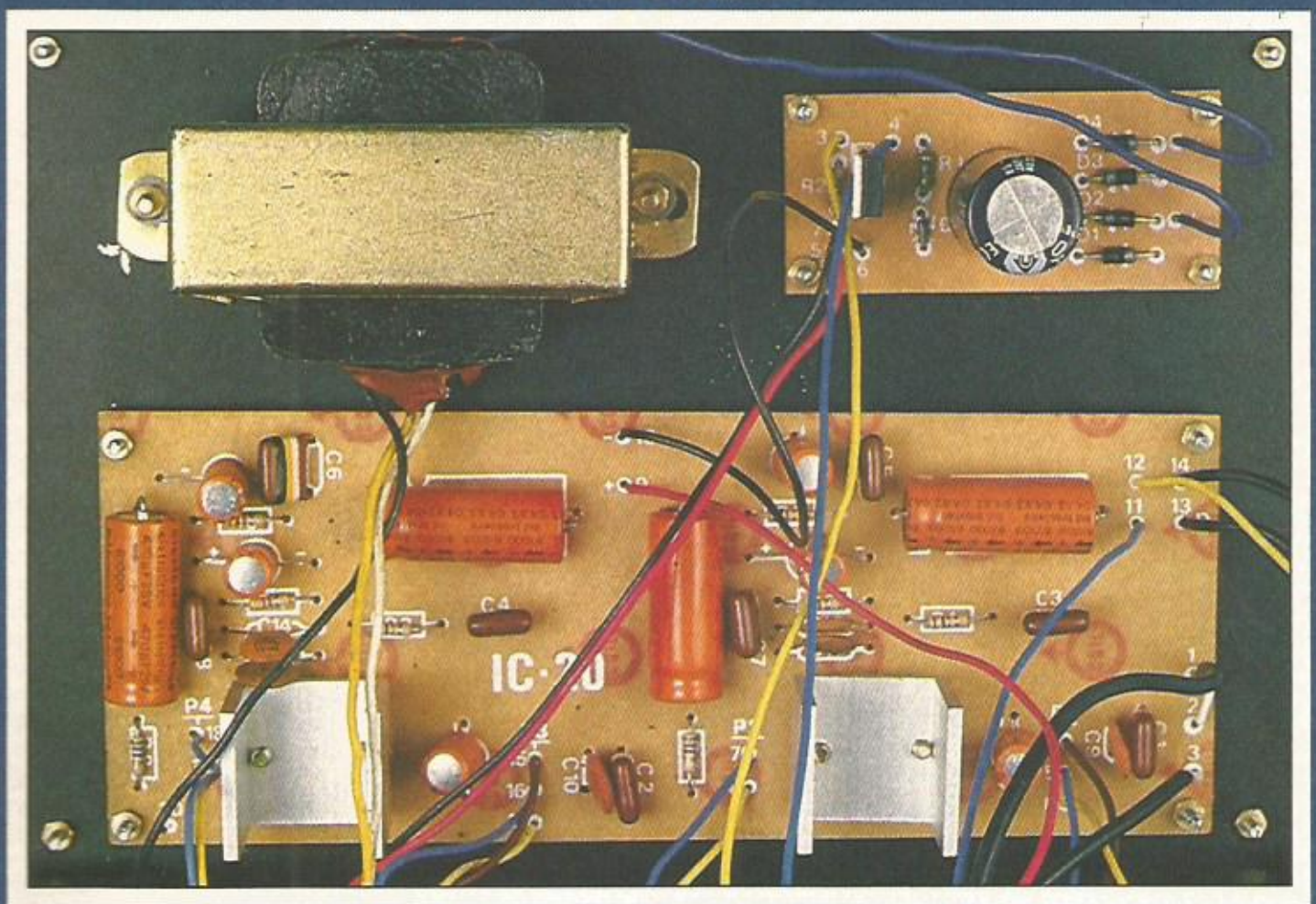
# ELETRÔNICA

11 PASSO A PASSO Cr$ 2.200

Abril Cultural



MONTAGEM

## CUIDADOS COM OS COMPONENTES
## AMPLIFICADOR ESTÉREO DE MESA

INSTRUMENTAÇÃO

## AMPLIFICADORES DE VÁRIOS ESTÁGIOS

GRANDE CONCURSO
O SELO VALE MILHÕES
Coleção Abril Cultural
Colecione fascículos

**Editor:**
VICTOR CIVITA

*Divisão Fascículos*
**Diretor-Gerente:**
Roberto Martins Silveira

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO

*Conselho Editorial*
**Diretor Editorial:**
Sonia Robatto
**Diretor de Arte:**
Mauro Lemos
**Assistente de Arte:**
José Maria de Oliveira

**Consultores:**
João Antonio Zuffo - Professor titular do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP e Coordenador do Laboratório de Subsistemas Integráveis - LSI - da EPUSP - DE.

Eng.º Mathias M. Wolff - Diretor geral da Methodos Consultoria e Manutenção Eletrônica S/C Ltda.

*Departamento Comercial*
**Gerente Comercial:**
Joaquim Celestino da Silva
**Gerente de Produção:**
João Stungis
**Gerente de Circulação:**
Denise Maria Mozol

*Execução Editorial*
Estúdio Sonia Robatto Ltda.
**Redação:**
Cristina Porto, Virginia Maria Finzetto
**Revisão:**
Ismar Silva Leal, Maria Isabel Duarte Ascenso
**Arte:**
Roberto Anselmo (chefe), Airton Ortega de Almeida, Ana Maria Pinto, Nelson S. Nakashima, Nelly Rachel Fernandes (assistentes)
**Serviços Auxiliares:**
Elvira de Bellis, Silvia C. D. Assumpção

**Colaboração:**
Fotografias: Hugo Lenzi
Tradução: Paulo Nubile

## COMPLETE SUA COLEÇÃO

Exemplares atrasados, até seis meses após o encerramento da coleção, poderão ser comprados, a preços atualizados, da seguinte forma:

1. **Pessoalmente**
Por meio de seu jornaleiro ou dirigindo-se ao Distribuidor Abril local, cujo endereço poderá ser facilmente conseguido junto a qualquer jornaleiro de sua cidade. Em **São Paulo**, os endereços são:

Av. Industrial, 117
Santo André
Rua Heliodora Ébano Pereira, 267
Lapa
Rua Brigadeiro Tobias, 773
Centro
e no **Rio de Janeiro**:
Rua Sacadura Cabral, 141
Centro
Rua da Passagem, 93
Botafogo
Rua Dr. Borman, 31
Niterói

2. **Por carta**
Poderão ser solicitados exemplares atrasados também por carta, que deve ser enviada para:

**Abril S/A Cultural**
Números atrasados - Distribuidora
Caixa Postal 60171,
São Paulo - SP

**Não envie pagamento antecipado**
O atendimento será feito pelo reembolso postal e o pagamento, incluindo as despesas postais, deverá ser efetuado ao se retirar a encomenda na agência do correio. Após seis meses do encerramento da coleção, os pedidos serão atendidos somente por carta dirigida a NÚMEROS ATRASADOS — DISTRIBUIDORA, dependendo da disponibilidade de estoque.

**Obs.:** quando pedir livros, mencione sempre o título e/ou o autor da obra, além do n.º da edição.

## COLABORE CONOSCO

Encaminhe seus comentários, críticas, sugestões ou reclamações ao **Serviço de Atendimento ao Leitor** — Caixa Postal 9442, CEP 01327, São Paulo, SP. Telefone: (011) 288-6298. TELEX 01133670 ABSA.

## NO PRÓXIMO NÚMERO:

COMPONENTES:
**AUMENTAR O VOLUME DO APARELHO DE RÁDIO E REGULAR A LUMINOSIDADE DO TELEVISOR SÃO OPERAÇÕES SIMPLES QUE VOCÊ REALIZA DIARIAMENTE. NÓS MOSTRAREMOS AQUI OS COMPONENTES QUE TORNAM POSSÍVEIS ESTAS REGULAGENS: OS RESISTORES VARIÁVEIS.**

MONTAGEM:
**VOCÊ QUER MONTAR UM KIT MAS NÃO SABE COMO DISPOR DO MATERIAL E COMPONENTES NECESSÁRIOS? A RESPOSTA PARA ESTE PROBLEMA ESTÁ NA PRÓXIMA EDIÇÃO.**

INSTRUMENTAÇÃO:
**DESCUBRA AGORA OS SEGREDOS DO TELEVISOR: COMO SÃO FORMADAS AS IMAGENS E COMO OS PROGRAMAS, GERADOS MUITAS VEZES À DISTÂNCIA, CHEGAM ATÉ VOCÊ.**

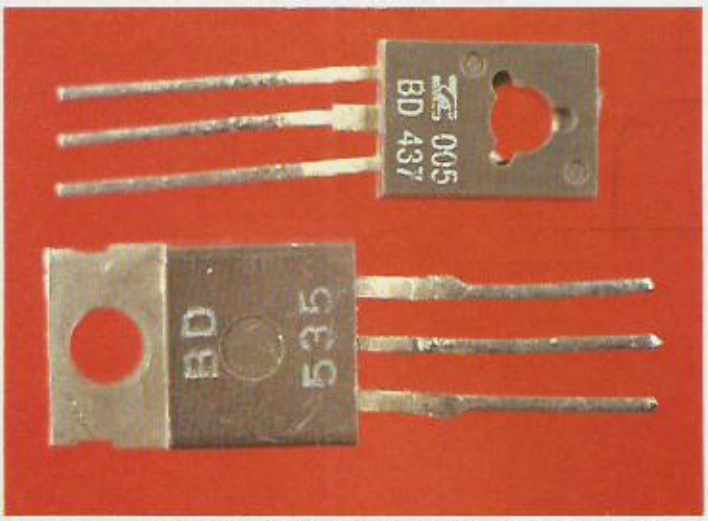
**VOCÊ VAI CONHECER TAMBÉM NESTA SEÇÃO UM CIRCUITO DE IMPORTÂNCIA FUNDAMENTAL PARA OS APARELHOS ELETRÔNICOS: O OSCILADOR TRANSISTORIZADO.**

© Ediciones Nueva Lente, 1983
©Abril S/A Cultural, São Paulo, Brasil, 1984

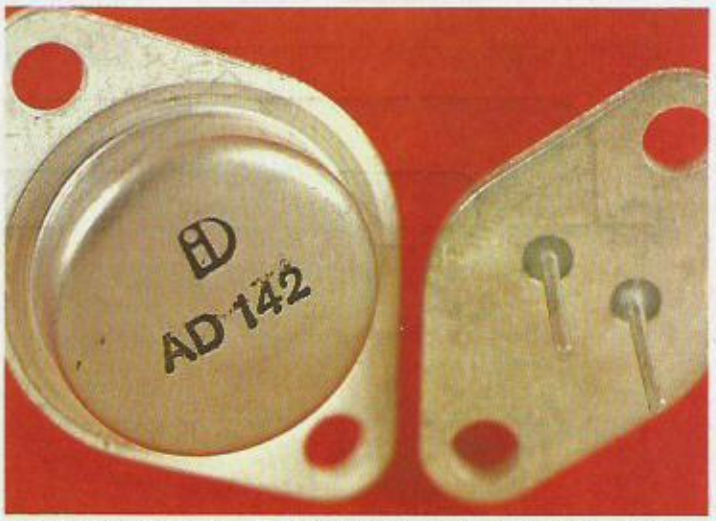
Edição organizada por Abril S/A Cultural (art. 15 da Lei 5988, de 14/12/1973).
Esta obra foi integralmente impressa na Divisão Gráfica da Editora Abril S/A

# O TRANSISTOR (3)

*Neste capítulo vamos fazer uma análise dos diversos grupos em que se classificam os transistores, de acordo com suas características: desde os transistores para baixas freqüências e baixas tensões até os de altíssimas freqüências e elevadas tensões. São também apresentados os transistores TECJ (JFET), TECMOS (MOSFET) e de unijunção.*




***ACIMA: transistores tipo BF de média potência dotados de carcaça plástica, preparada para montagem em dissipador.***




***ACIMA: transistores BF de alta potência. Suas carcaças metálicas são projetadas para montagem sobre dissipadores.***

Dependendo de suas características, os transistores podem ter diferentes aplicações:

- Transistor de baixa freqüência — BF (em inglês, ***Low Frequency — LF***)
- Transistor BF de potência
- Transistor de alta freqüência — AF (em inglês, ***High Frequency — HF***)
- Transistor AF de potência
- Transistor de chaveamento ou de comutação (***Switching***)
- Transistor para pequenos sinais
- Transistor para alta tensão — AT (em inglês, ***High Voltage — HV***)

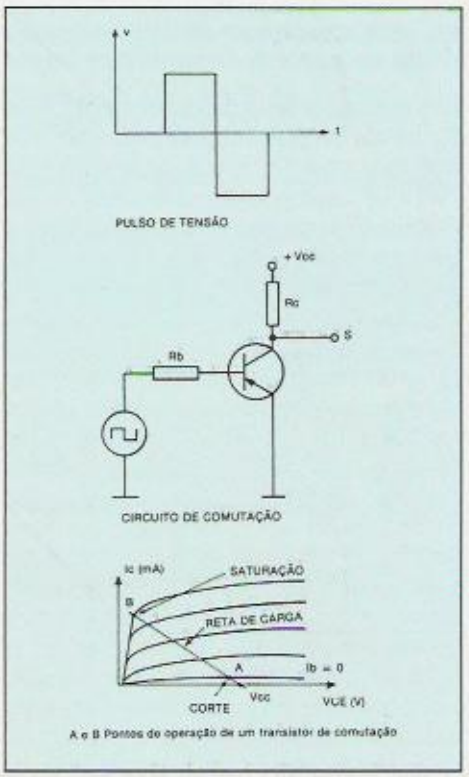
Os **transistores BF** operam com tensões coletor-emissor que podem atingir 40-50 V e correntes de coletor que não superam 250 mA.

Os modelos **BF de potência** podem atingir 100-150 V de tensão coletor-emissor, chegando a correntes de coletor da ordem de 20 A. São capazes de dissipar potências de até 100 watts, desde que montados sobre dissipadores ou radiadores de calor de dimensões apropriadas.

Os **transistores AF** são projetados especialmente para obter um ganho razoável em altas freqüências. Podem apresentar freqüências de corte de alguns gigahertz (GHz = milhares de megahertz).

Os **transistores AF de potência** destinam-se a amplificações nos estágios de saída dos transmissores, fornecendo à antena a potência necessária ao sinal a ser transmitido. Assemelham-se ao tipo anterior (os transistores AF) no que diz respeito à freqüência de corte, mas podem conduzir correntes maiores e entregar a uma carga potências mais elevadas, desde que estejam montados num dissipador adequado. A carcaça desse tipo de transistor é projetada e construída de modo a facilitar sua montagem no dissipador.

Os **transistores de comutação** trabalham em regiões diferentes das curvas características de saída, já que sua função é operar em dois estados elétricos diferentes: o **estado de corte** e o **estado de saturação**.




A e B Pontos de operação de um transistor de comutação

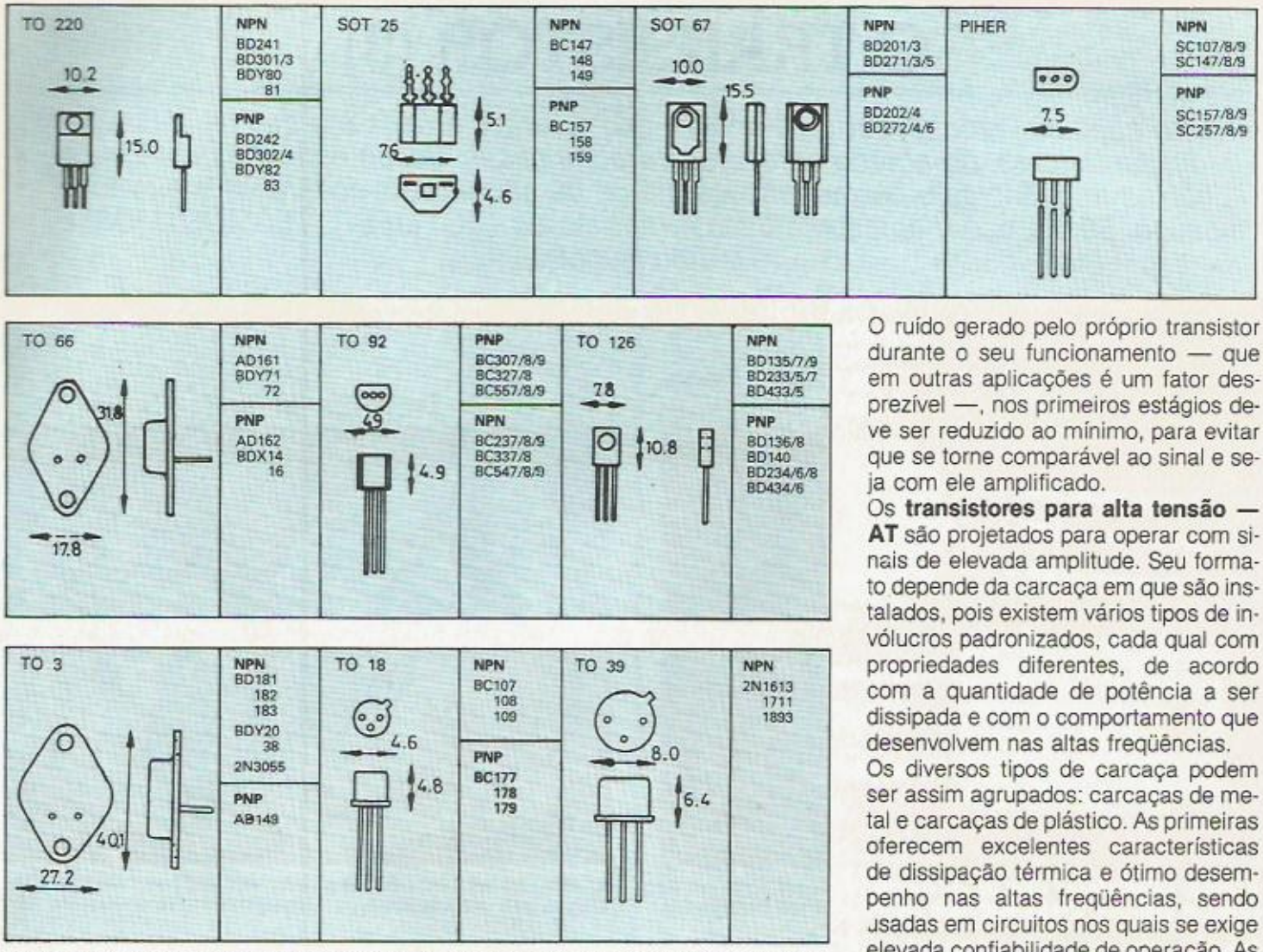



***Figura 1. Carcaças padronizadas para transistores, indicadas pela sigla TO seguida de um número. Estes são os tipos mais empregados.***

Um transistor está no corte (ponto A da figura da página anterior) quando não conduz corrente, isto é, quando a corrente de base e a de coletor são nulas. Com isso, a tensão do coletor é igual à de alimentação, pois não há queda de tensão no resistor de carga.

Por sua vez, um transistor está na saturação quando conduz a máxima corrente de coletor. Esse estado é atingido quando se aplica à base uma corrente tal que: $\beta \cdot Ib > Vcc/Rc$, sendo que o símbolo > indica "maior que"; Ib é a corrente de base; Vcc, a tensão de alimentação; e Rc, o resistor de carga. Nessas condições, a tensão coletor-emissor torna-se muito baixa e o transistor passa a operar no ponto B das curvas características, indicado na figura da página anterior.

Um bom transistor de comutação deve ser capaz de passar de um estado para outro (da saturação ao corte e vice-versa) num tempo curtíssimo. As características de comutação são expressas pelo tempo de subida e de descida da tensão de coletor quando na entrada é injetado um sinal com força de um pulso de tensão. Os tempos de comutação podem atingir de 5 a 10 nanossegundos (o nanossegundo (ns) corresponde a 1 bilionésimo de segundo) com componentes discretos, e cerca de 0,1 ns no interior de circuitos integrados modernos.

Os **transistores bipolares para pequenos sinais** são construídos de modo a oferecer uma alta resistência (ou impedância) de entrada, um baixo nível de ruído interno e um elevado fator de amplificação de corrente. São utilizados nos primeiros estágios dos amplificadores de vários estágios, quando o nível do sinal é muito baixo. Por isso, o sinal de entrada deve ser observado com muita atenção.

O ruído gerado pelo próprio transistor durante o seu funcionamento — que em outras aplicações é um fator desprezível —, nos primeiros estágios deve ser reduzido ao mínimo, para evitar que se torne comparável ao sinal e seja com ele amplificado.

Os **transistores para alta tensão — AT** são projetados para operar com sinais de elevada amplitude. Seu formato depende da carcaça em que são instalados, pois existem vários tipos de invólucros padronizados, cada qual com propriedades diferentes, de acordo com a quantidade de potência a ser dissipada e com o comportamento que desenvolvem nas altas freqüências.

Os diversos tipos de carcaça podem ser assim agrupados: carcaças de metal e carcaças de plástico. As primeiras oferecem excelentes características de dissipação térmica e ótimo desempenho nas altas freqüências, sendo usadas em circuitos nos quais se exige elevada confiabilidade de operação. As carcaças metálicas também podem ser facilmente adaptadas a dissipadores para o escoamento do calor. Sua desvantagem é o custo elevado.

Já as carcaças de plástico possibilitam a produção de transistores de baixo custo, mas não oferecem a mesma confiabilidade. Alguns modelos podem ser montados sobre um dissipador, graças à superfície metálica de contato disposta sobre uma das faces da carcaça.

Os transistores bipolares, NPN ou PNP, operam primordialmente como amplificadores de corrente, pois uma corrente de entrada aplicada na base controla uma corrente de saída presente no coletor.

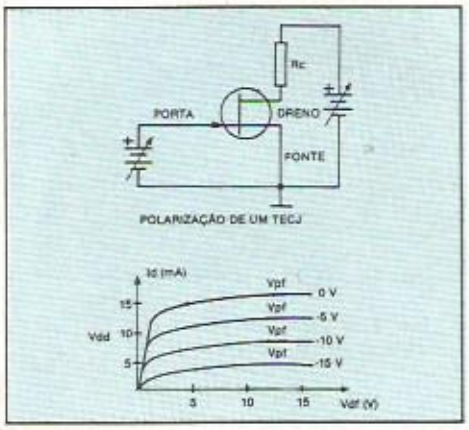
Já os **transistores de efeito de campo — TEC** (em inglês, ***Field Effect Transistor — FET***) operam como amplificadores de tensão, ou seja, a corrente de saída presente em seu dreno é controlada pela tensão de entrada aplicada entre a porta e a fonte.

Existem duas classes de transistores de efeito de campo: os transistores de efeito de campo de junção — TECJ (em inglês, JFET) e os transistores de efeito de campo de porta isolada — TECPI (em inglês, IGFET). Este último é conhecido como transistor de efeito de campo metal óxido semicondutor — TECMOS (em inglês, MOSFET).

Os TECJ são constituídos por um bloco de semicondutor tipo P ou tipo N, no qual são colocados dois de seus terminais, um operando como fonte (***source***) e outro operando como dreno (***drain***). Na região entre a fonte e o dreno, bem como no lado oposto aos terminais, são difundidas regiões com impurezas opostas, de modo a formar um canal estreito entre a fonte e o dreno. Nessas regiões difundidas é colocado o terceiro terminal, denominado porta (***gate***). Aplicando-se uma tensão entre o dreno e a fonte, uma corrente circulará através do canal. Aplicando-se, então, uma outra tensão à porta, de modo a polarizar inversamente a junção PN, haverá um alargamento da região de carga espacial (zona de depleção). Como conseqüência, vai ocorrer um estreitamento do canal, ou seja, um aumento da resistência entre o dreno e a fonte e, assim, uma diminuição da corrente que circula por esses elementos. Como a porta opera com uma junção polarizada inversamente, a corrente que circula por este elemento é muito pequena. Desse modo, é possível variar a corrente que circula pelo transistor graças a uma tensão variável de controle, sem que seja necessário absorver corrente da porta. Essa operação é parecida com a de uma válvula. Os transistores TECJ são empregados em amplificadores nos quais se exige baixo nível de ruído.




***ACIMA: transistor de potência para alta freqüência. Sua carcaça é projetada para que ele seja empregado em circuitos híbridos para altas freqüências VHF e UHF, do tipo microlinhas (stripline ou microstrip). Pode ser montado sobre dissipador.***




A segunda classe de transistores de efeito de campo é conhecida pelos nomes de MOS ou MIS, formados a partir das iniciais dos elementos que os compõem: um filme metálico (M), um isolante elétrico geralmente feito com óxido de silício (O ou I) e um substrato semicondutor (S). Daí o nome mais comum: MOS ou, então, MIS.

Esses transistores são fabricados a partir de um semicondutor tipo P (ou N) sobre o qual se difundem duas regiões N (ou P, no caso de substrato N), correspondentes à fonte e ao dreno. Na superfície desta estrutura aplica-se normalmente uma camada isolante de óxido de silício ($SiO_2$), sobre a qual é depositada uma película metálica que constituirá a porta. Entre o dreno e a

***Figura 2. Estrutura interna de um TECJ (JFET), com as diversas regiões que o compõem.***

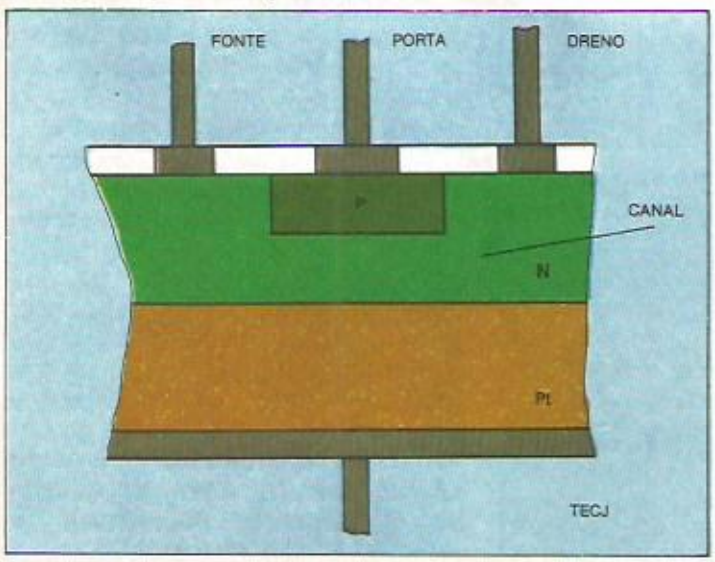
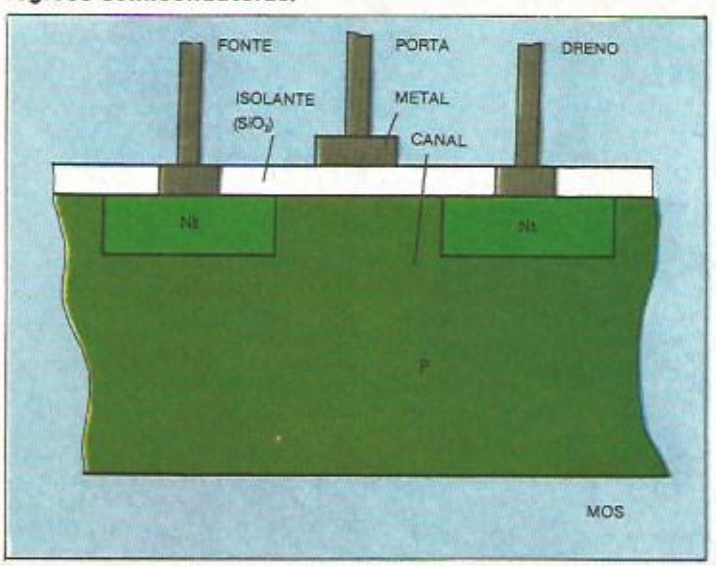


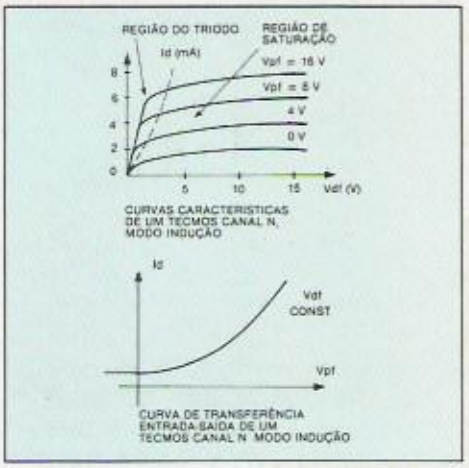

***Figura 3. Estrutura interna de um transistor MOS, com suas regiões semicondutoras.***



fonte, por efeito capacitivo, vai formar-se um canal parecido com o dos TECJ, cuja corrente será controlada pela tensão de porta; assim, o MOS comporta-se de modo semelhante ao TECJ. No TECMOS a porta é completamente isolada dos outros eletrodos.

O comportamento dos transistores TECMOS é descrito por curvas características de saída. Nessas curvas representa-se a corrente de dreno (Id) em função da tensão aplicada entre o dreno e a fonte (Vdf) para um valor constante da tensão porta-fonte. Na curva podem-se distinguir duas regiões: na mais próxima à origem (O), a corrente cresce com a tensão, mas, quando esta atinge o valor V ou tensão de construção (em inglês, ***pinch-off***), a corrente torna-se constante, formando a segunda região a partir desse ponto.

A primeira região tem o nome de região linear ou triodo; a segunda, de região de saturação.



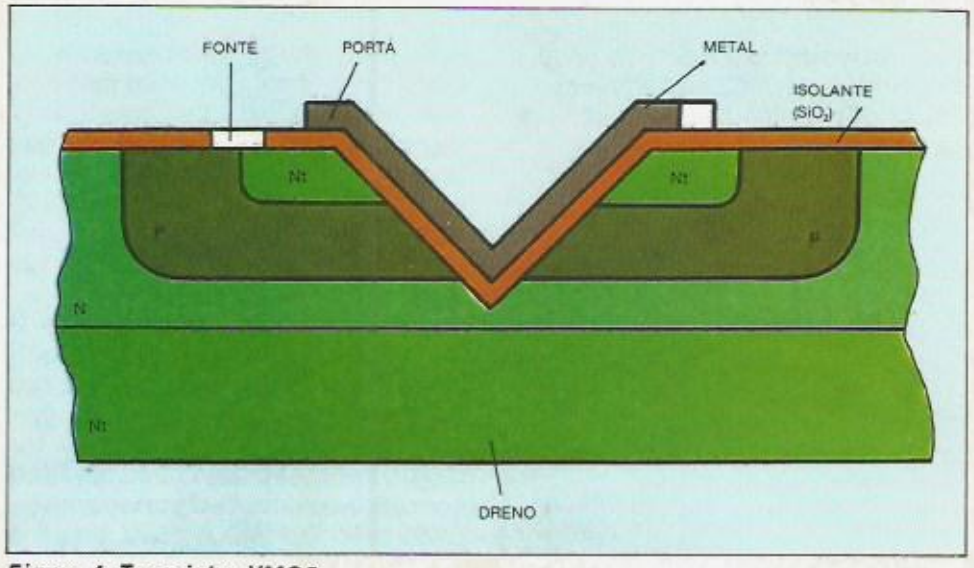
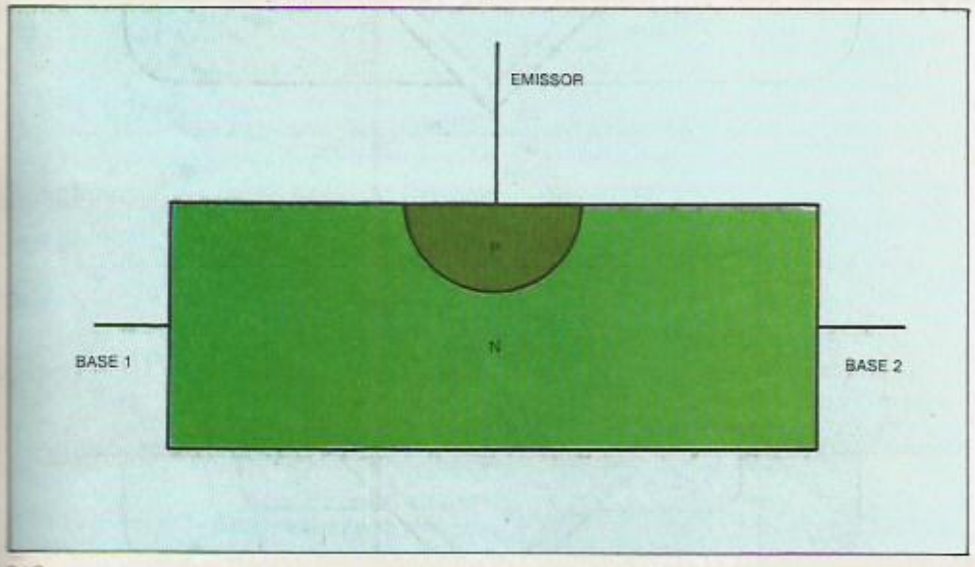
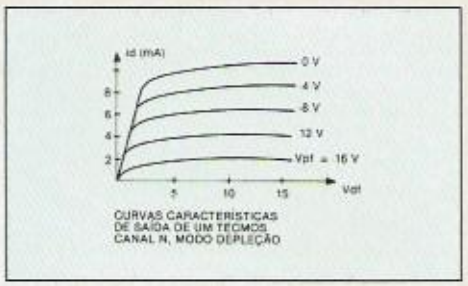




***Figura 4. Transistor VMOS.***

***Figura 5. Estrutura de um transistor de unijunção; pode-se notar a disposição característica das duas regiões que o compõem.***




A estrutura de um transistor VMOS diferencia-se da de um MOS, pois, neste último, fonte, porta e dreno acham-se na superfície do substrato, por ter uma estria que se assemelha a um V. A porta é formada sobre os lados da fenda em forma de V, situada entre a fonte e o dreno. Os VMOS são empregados nos amplificadores de potência.

Os **transistores de unijunção — TUJ** (em inglês, ***unijunction***) constituem um caso muito particular entre os componentes semicondutores. Eles são dotados de três terminais: emissor (E), base 1 (B1) e base 2 (B2). As duas bases são as extremidades de um bloco semicondutor que se comporta como uma resistência, denominada **resistência interbase** (Rbb). Em geral, seu valor ôhmico está compreendido entre 5 KΩ e 10 KΩ. O emissor forma uma junção PN com esta zona interbase. Aplicando-se uma tensão crescente entre emissor e base 1, vai-se atingir num dado ponto um valor de tensão suficiente para polarizar diretamente a junção. Quando isso ocorre, a corrente de emissor começa bruscamente a circular, reduzindo-se a resistência entre emissor e base 1 a um valor muito baixo. Essa característica de funcionamento é aproveitada na construção de um tipo especial de oscilador, chamado oscilador de **relaxação**, cuja freqüência de oscilação é dada pelas sucessivas cargas e descargas de um capacitor ligado ao emissor. A forma de onda desses osciladores é conhecida como "dente de serra", por ser triangular e não senoidal.




Os transistores de unijunção operam apenas como dispositivos de comutação, e não como amplificadores de sinais analógicos. Portanto, diferem bastante dos transistores já vistos.

# CUIDADOS COM OS COMPONENTES

*Os componentes eletrônicos são peças delicadas que exigem uma certa habilidade na sua manipulação. Por isso, nós dedicamos este capítulo aos cuidados que eles requerem, para evitar que ocorram contratempos durante a montagem dos circuitos.*

É muito comum surgirem dúvidas quanto às reais condições dos terminais a serem soldados. Quando apresentam resíduos de sujeira ou sinais de oxidação, é necessário recobri-los com estanho antes da montagem. Para isso, costuma-se mergulhá-los num **cadinho** contendo uma liga de estanho-chumbo fundida. Caso não se disponha desse acessório, a estanhagem pode ser executada com a ponta do soldador, fazendo-se com que uma pequena quantidade de estanho seja distribuída uniformemente ao longo dos terminais, sem formar acúmulos que impeçam a sua inserção no circuito impresso.

Durante a operação, o terminal deve ficar preso por um alicate colocado entre a região a ser estanhada e o corpo do componente. O alicate funcionará como dissipador de calor, impedindo que o terminal aqueça demasiadamente.

Antes de começar a montagem, deve-se colocar à parte todos os componentes que em regime normal de trabalho produzam uma certa quantidade de calor. A montagem desses componentes será, então, feita no final, de modo que se possa colocá-los numa posição tal que sua temperatura não danifique os componentes vizinhos. Esse fato ocorre mais freqüentemente com os resistores de potência superior a 0,5 W e com alguns transistores de alta e de média potência. Todos estes são fabricados especialmente para trabalharem em circuitos de alta corrente e de alta tensão, e, portanto, agüentam estas especificações sem se danificarem. Estes componentes devem ser montados a uma altura mínima de 5 milímetros em relação à base da placa; caso contrário, ela pode danificar-se seriamente. Devem também ser colocados a uma distância de pelo menos 10 milímetros do componente mais próximo.

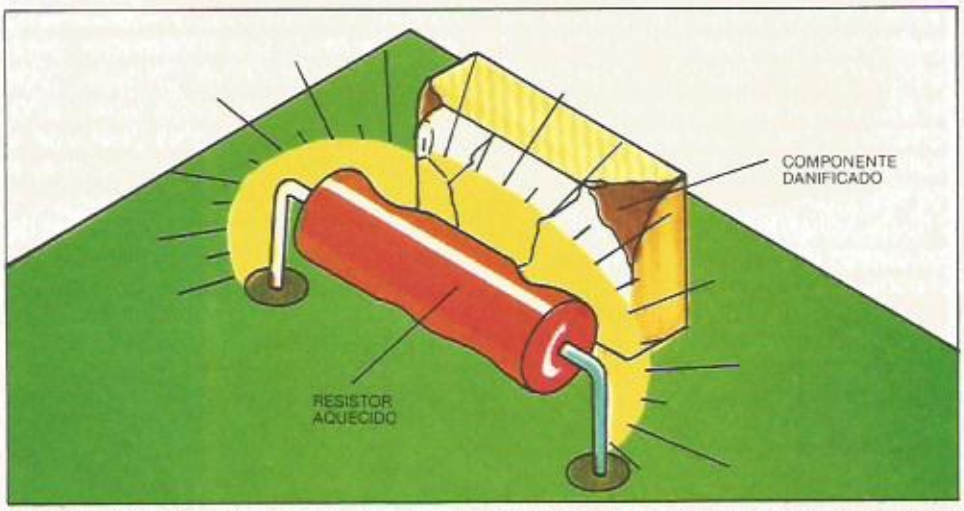
Se todas as operações descritas forem executadas corretamente, os compo-



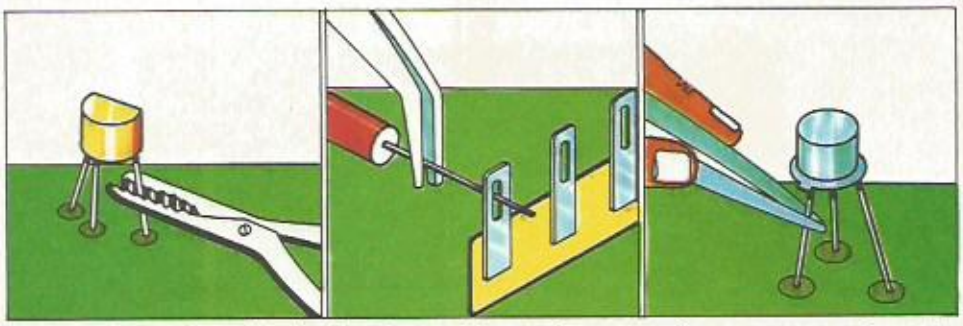
***ACIMA: estanhagem dos terminais de um resistor por meio de um cadinho que contém uma liga estanho-chumbo fundida.***



***ACIMA: estanhagem da extremidade de um fio por meio de um cadinho que contém liga estanho-chumbo fundida.***




***ACIMA: devido ao aquecimento, um resistor de alta potência pode danificar os componentes colocados em suas proximidades.***



***ACIMA: se o calor aplicado durante a soldagem for excessivo, o componente poderá danificar-se. Essa situação é evitada se forem usadas as próprias ferramentas como bloqueadores de calor.***

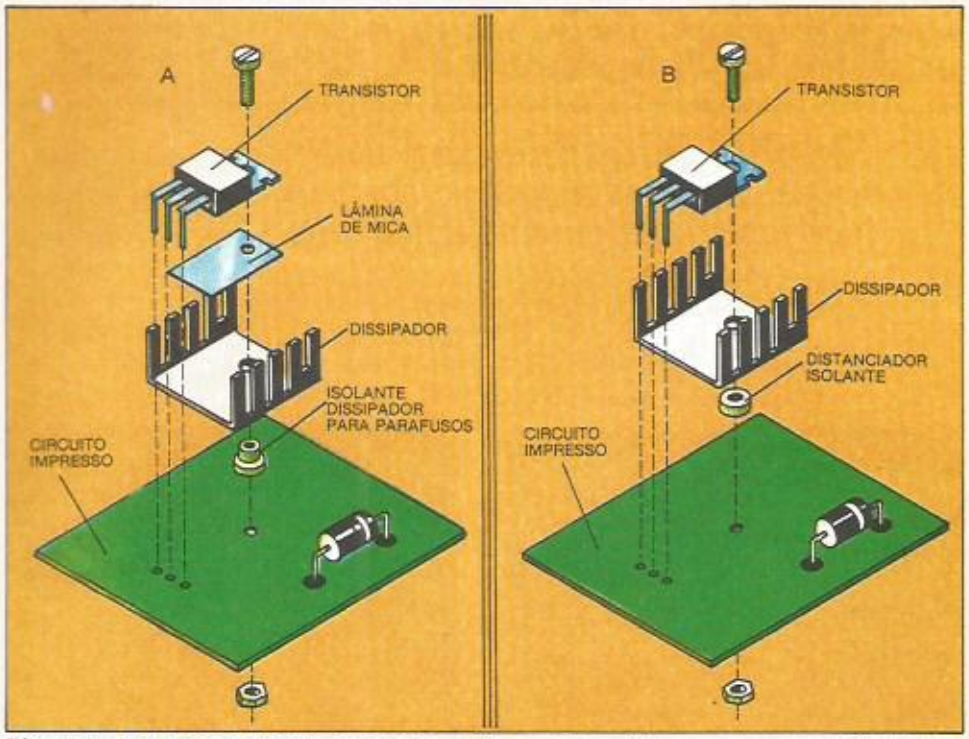



***Figura 1. Montagem de um dissipador sobre um transistor com carcaça TO 126 ou TO 220 e a fixação do conjunto a um circuito impresso, com lâmina isolante de mica (A) e sem a lâmina de mica (B).***

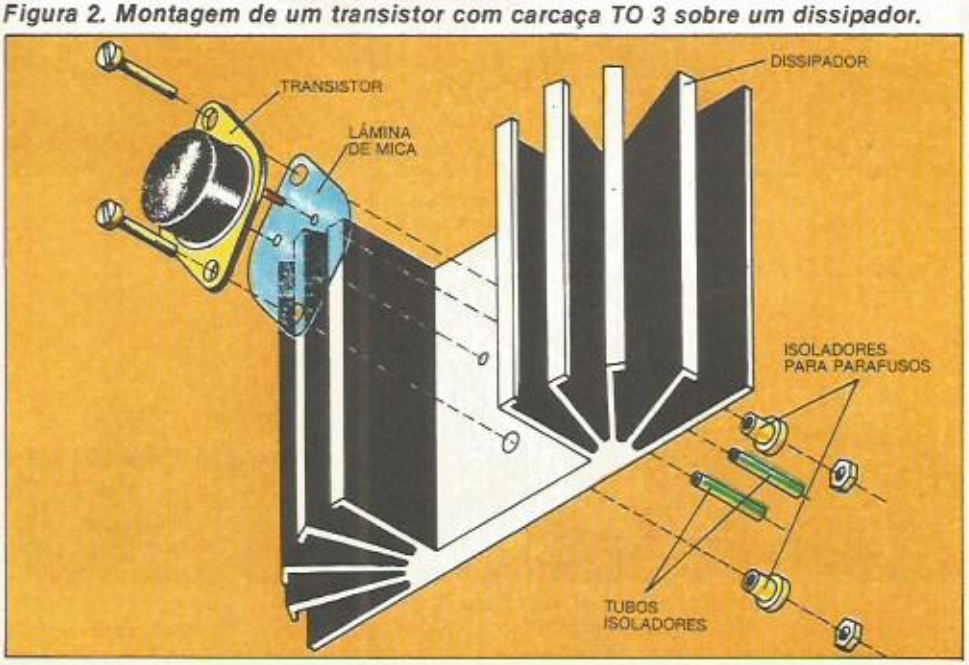
nentes estarão em condições de ser montados sobre a placa do circuito impresso sem dificuldade.

Também no caso dos fios é preciso levar em conta algumas regras muito importantes para a sua preparação e montagem nos circuitos eletrônicos ou nos aparelhos.

O fio nu, utilizado para ligar entre si vários pontos do circuito, deve ser cortado com um alicate no comprimento necessário, executando-se em qualquer de suas extremidades um dobramento semelhante ao que é feito nos terminais dos componentes. Os pedaços de fio dobrados dessa maneira são denominados saltos ou pontes (***jumpers***) e podem ser inseridos sobre a placa sem necessidade de outras operações.

Eles devem ser colocados na placa de circuito impresso no lado dos componentes, para não ocorrer curto-circuito em trilhas que possam estar passando por baixo dos pontos a serem unidos.

***Figura 2. Montagem de um transistor com carcaça TO 3 sobre um dissipador.***




Os fios flexíveis que são usados nas ligações entre circuitos impressos ou entre estes e outros elementos separados (chaves, porta-fusíveis) devem ser cortados no comprimento necessário, para depois eliminar-se em ambas as extremidades um pedaço de 4 ou 5 milímetros da camada isolante, operação chamada decapagem. Para isso usa-se o alicate descascador, com as seguintes precauções:

- O condutor interno do fio não pode ser danificado em nenhum ponto, para evitar que se quebre.
- Deve-se eliminar qualquer fragmento da capa isolante do fio decapado para que não haja contratempos durante a soldagem.

Nos cabos blindados e nos coaxiais, depois de eliminada a capa externa de plástico, separa-se a malha de fios trançados que forma o condutor externo, de modo a descobrir o condutor interno. O condutor interno também é recoberto por uma capa isolante e deve ser decapado deixando-se, porém, uma parte da capa, suficiente para garantir o isolamento do outro condutor.

Quando se trata de um cabo **paralelo** de dois condutores, estes devem ser separados por uma certa distância para que se possa fazer a ligação, passando-se depois às operações descritas acima. Às vezes, é necessário aplicar um pedaço de tubo plástico aos pontos de ligação dos fios flexíveis a fim de recobrir a região soldada, para isolá-la dos elementos vizinhos e eliminar os riscos de curto-circuito.

O segmento de tubo apropriado deve ser inserido no cabo antes da primeira soldagem, para que possa escorregar até cobri-la, depois que tenha esfriado completamente. Esse tubo pode ser adquirido na quantidade desejada nos revendedores especializados.

Há um tipo especial de tubo, chamado termorretrátil, que tem a propriedade de contrair-se sob a ação do calor, diminuindo de diâmetro. Embora seu preço seja elevado, ele apresenta a grande vantagem de aderir perfeitamente à solda, adaptando-se ao seu formato. Para isso, basta aquecê-lo, com o ferro de soldar ou por outros meios (sempre evitando o contato direto), depois de tê-lo colocado sobre a solda. Desse modo, pode-se obter a completa imobilidade do revestimento, o que é impossível com outros tipos de tubo.

Há determinados componentes, sobretudo transistores de potência, aos quais é necessário adaptar um radiador ou dissipador de calor para facilitar o escoamento do calor e mantê-los trabalhando dentro de uma faixa de temperatura adequada. Caso não fosse usado o radiador, os transistores poderiam danificar-se com o aumento excessivo da temperatura dentro do seu invólucro.

O radiador deve ser fixado ao corpo do componente por meio de um parafuso ou de um rebite de pressão, antes da montagem sobre a placa. Sempre que possível, deve-se procurar fixar o componente ao circuito impresso com o mesmo parafuso, dobrando os terminais e adicionando um distanciador de altura, suficiente para garantir o isolamento térmico da placa. Naturalmente, o distanciador deverá ser feito com um material não condutor de calor.

Convém não esquecer que alguns transistores e tiristores de alta potência devem ser montados exclusivamente sobre radiadores de tamanho suficiente para poder dissipar todo o calor produzido durante o seu funcionamento.

Para essa montagem, empregam-se lâminas de mica, que isolam o corpo do componente do dissipador, além de arruelas e tubos isoladores com os parafusos de fixação e terminais de ligação, que desempenham a mesma função. Todos estes isolam eletricamente o corpo do transistor do dissipador e mantêm o escoamento normal de calor entre o transistor e o radiador.

O conjunto formado pelo dissipador e pelo semicondutor deve ser colocado normalmente nos furos do circuito impresso, num ponto do aparelho que garanta a máxima ventilação possível e um rápido escoamento do calor.

As ligações entre o transistor ou o tiristor e o circuito impresso são feitas por meio de fios flexíveis, soldados aos terminais e às pontas de contato.

Convém ressaltar que todos os fios flexíveis de longo comprimento, que vão ser utilizados no interior de um aparelho, devem ser presos a um ou mais pontos da parede da caixa, para impedir que se dobrem e se rompam. Além disso, esta precaução dá um aspecto melhor ao acabamento do produto.

Todos esses cuidados de que falamos minimizam bastante eventuais problemas que possam ocorrer no funcionamento dos circuitos impressos, após a montagem.

## NOÇÕES TEÓRICAS

# A geração dos sinais analógicos

*Existem alguns sistemas que produzem sinais elétricos, os quais são utilizados como veículo para transmitir uma determinada informação. Para fins de estudo, os sinais elétricos são classificados em dois grupos: o primeiro é constituído de todos os sinais do tipo* **analógico**. *O segundo compreende os sinais* **digitais**.

*Os sinais analógicos variam continuamente no tempo e são definidos com base em três parâmetros fundamentais: a amplitude ou nível, a freqüência e a fase.*

*Em eletrônica também se chama de sinal qualquer forma de onda no tempo que mantenha, de modo permanente, suas características. Esses sinais são gerados através de circuitos especiais chamados osciladores, em particular os osciladores senoidais, que produzem um sinal senoidal permanente, ou seja, com amplitude, freqüência e fase fixas determinadas pelas características dos componentes que formam o oscilador. Este tipo de sinal não transporta nenhuma informação concreta, uma vez que nenhum dos seus parâmetros varia com o tempo, mas pode ser empregado para transportar outros sinais que contenham uma informação, mas que não podem ser transmitidos isoladamente.*

*Os osciladores produzem sinais ou oscilações por ação dos circuitos com realimentação, ressonantes ou não. Os circuitos ressonantes têm sua estrutura básica formada por um capacitor e uma bobina, enquanto os não-ressonantes são formados por malhas R-C (resistor-capacitor).*

*O fenômeno da ressonância pode ser descrito como segue: o capacitor, que se supõe esteja inicialmente carregado, envia a corrente de descarga para a bobina, cuja corrente inicial é zero.*

*A energia inicial no capacitor é de 1/2 $CV^2$ e vai sendo transferida para a bobina. Com o aumento da corrente, a bobina vai armazenar uma certa quantidade de energia, sob a forma de energia eletromagnética, dada por 1/2 $LI^2$. Essa energia mantém uma corrente de recarga de sentido igual à que circula na bobina, de modo que, ao chegar à carga zero, o capacitor rearmazena a carga que possuía, mas com polaridade inversa, readquirindo a energia 1/2 $CV^2$. Nesse ponto, a corrente que atravessa a bobina é igual a zero e o processo então recomeça no sentido oposto. Portanto, há uma corrente que vai e volta. Cada vez que isso acontece, ocorre uma oscilação completa.*

*O número de oscilações da corrente produzido num segundo é chamado normalmente de freqüência de oscilação, e corresponde exatamente ao valor no qual a reatância da bobina e a do capacitor são perfeitamente iguais, ou seja, $X_L = X_c$. Mas $X_L = 2\pi fL$ e $X_c = 1/2\pi fC$. Daí: $f = 1/2\pi \sqrt{LC}$.*

*O fenômeno, que ocorre teoricamente da forma descrita, encontra na prática algumas limitações impostas pela resistência das ligações e do fio que forma a bobina, o que resulta em perda de energia e faz com que as oscilações tenham amplitudes decrescentes com o passar do tempo, até desaparecer. Por esse motivo, é necessário associar, ao circuito básico, elementos que sejam capazes de repor a potência perdida, de modo a manter constante a amplitude dos sinais. Esses elementos são os transistores, que desenvolvem essa função pelo fato de possuírem o ganho, tomando a energia necessária de uma fonte de alimentação e injetando-a no circuito no momento oportuno. Desse modo, é obtido um oscilador a transistor.*

***ABAIXO: dissipador montado num transistor de potência média.***




***ABAIXO: dissipador de tamanho grande empregado no resfriamento de um transistor com carcaça TO 66, sob o qual é vista a lâmina de mica.***



# AMPLIFICADOR ESTÉREO DE MESA

*Você vai aprender a montar agora um amplificador estéreo com potência de saída de 7 W por canal, obtida com uma tensão de alimentação estabilizada de 15 V e carga de 4 Ω. Este amplificador tem um painel frontal com controles independentes de volume e tonalidade para cada canal.*

Este aparelho funciona como um excelente amplificador de áudio estéreo, pois apresenta ótima qualidade de som e bom nível de potência. Ele tem ainda duas vantagens adicionais: é fácil de montar e possui grande versatilidade de aplicação. Sua potência máxima, de 7 W por canal, é obtida com o uso de uma tensão de alimentação de 15 V, uma carga (alto-falantes) de 4 Ω e a injeção de um sinal de aproximadamente 200 mV nas entradas.

**Ferramentas necessárias**

São as seguintes:

- 1 ferro de soldar com potência máxima de 30 W
- 1 alicate de bico
- 1 alicate de corte
- 1 chave de fenda de tamanho médio
- 1 chave de fenda pequena

**Componentes**

a) Placa da fonte de alimentação:

- 1 placa de circuito impresso (71 mm x 32 mm)



*1. Peças que serão usadas na montagem do kit.*

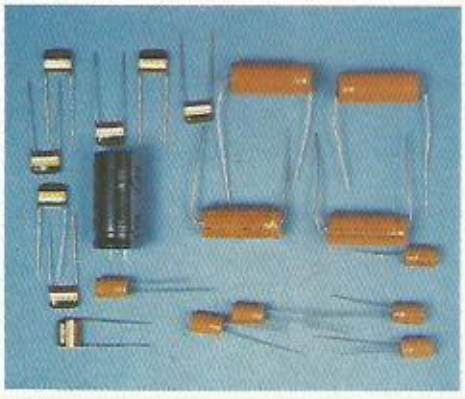


*2. Dez resistores (R1 e R2; R1 a R8) e seis capacitores cerâmicos (C9 a C14).*

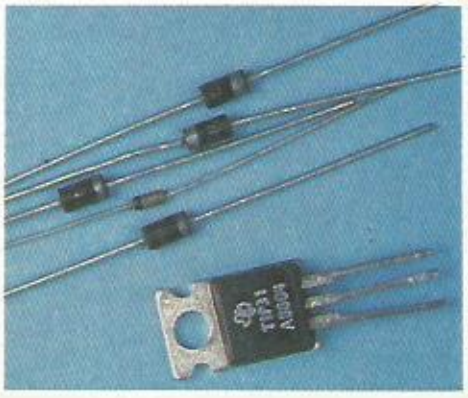


*3. Transistor de potência 2N3055 (T2), mica e buchas isoladoras, terminal, parafusos e porcas de fixação.*

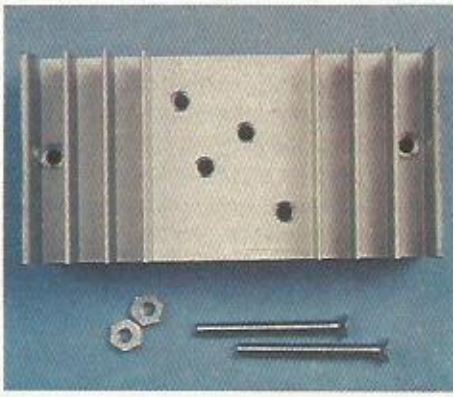
*4. Oito capacitores de poliéster (C1 a C8) e onze capacitores eletrolíticos (C1; C15 a C24).*

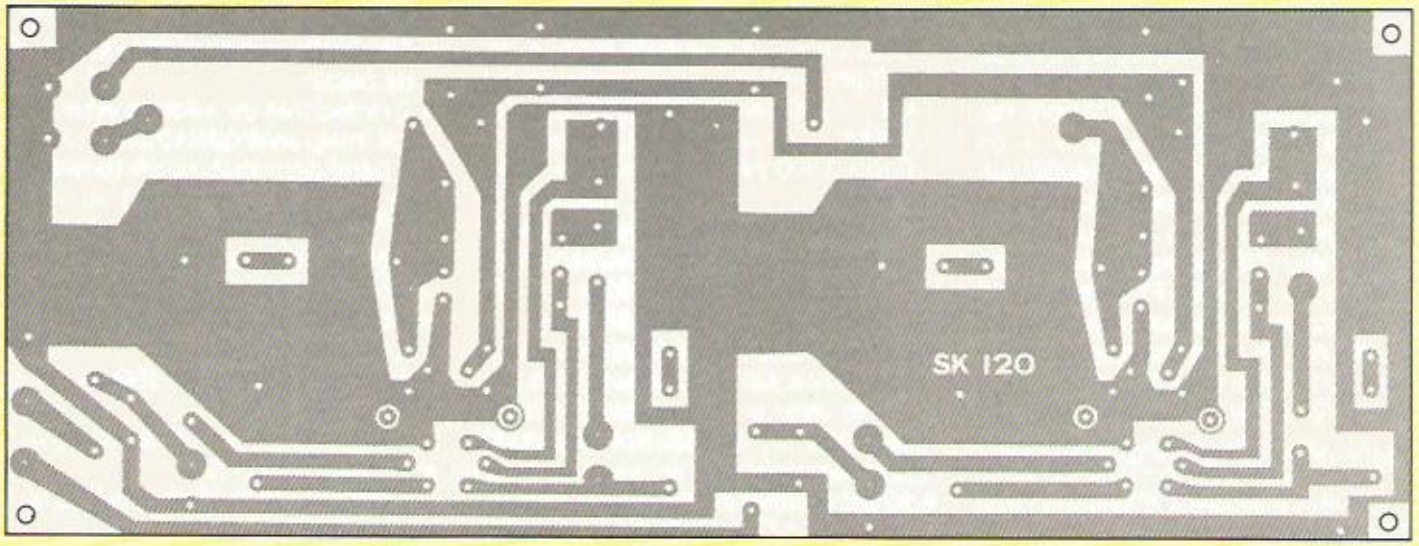


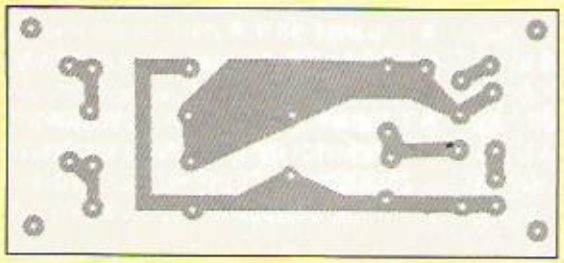
*5. Quatro diodos retificadores (D1 a D4), um diodo zener (DZ) e um transistor TIP 31 (T1).*



*6. Radiador de calor do transistor (T2), parafusos e porcas de fixação.*





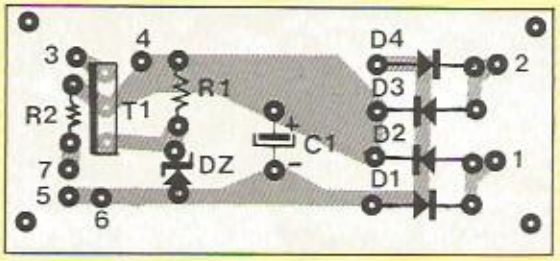



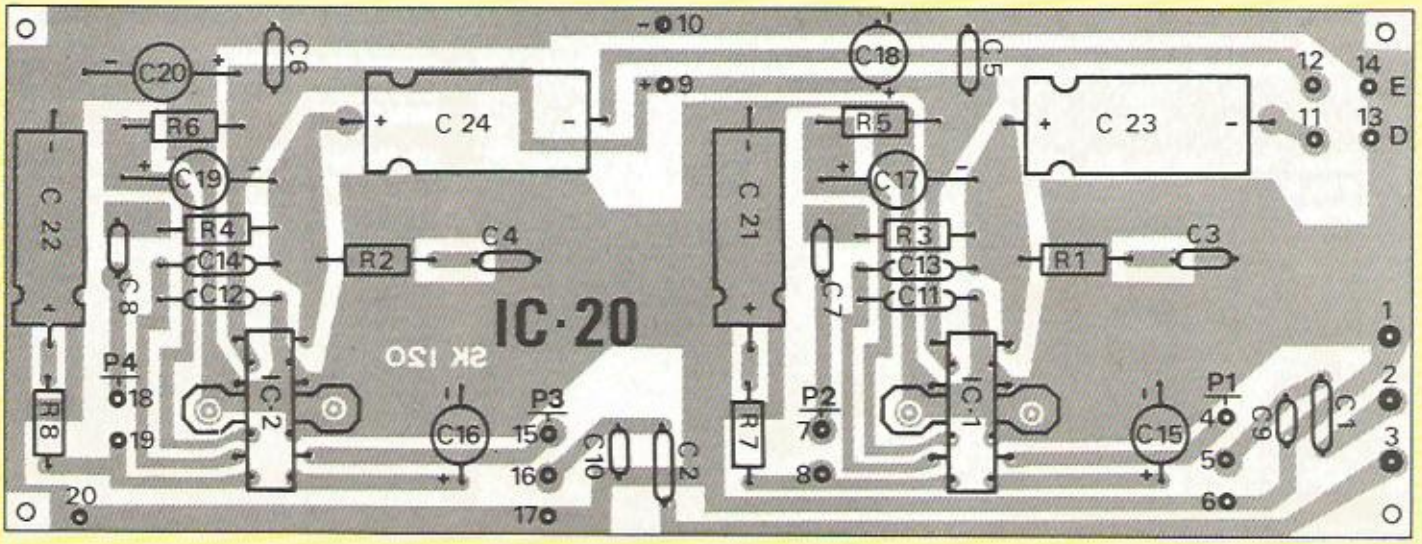
## Traçados dos circuitos

*Acima, o traçado das trilhas do circuito impresso do amplificador. Ao lado, o das trilhas do circuito da fonte de alimentação. Como os traçados se encontram em tamanho natural, é só copiá-los em papel milimetrado.*

## Desenhos dos circuitos

*Ao lado, o desenho mostrando a posição correta para a montagem dos componentes na placa de circuito impresso da fonte de alimentação. Abaixo, a posição correta para a montagem dos componentes na placa do amplificador.*



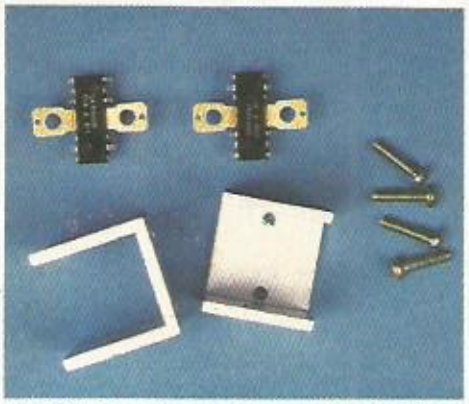
- 2 resistores de 1/4 W, nas posições R1 e R2 da placa, com os seguintes valores e cores para identificação:
  R1 - 470 Ω (amarelo-violeta-marrom)
  R2 - 1 KΩ (marrom-preto-vermelho)
- 1 diodo zener de 15 V - 400 mW, na posição DZ da placa
- 4 diodos retificadores IN4002 ou equivalentes, identificados por D1 a D4 na placa
- 1 transistor TIP 31 ou o equivalente 2N6121, na posição T1 da placa
- 1 capacitor eletrolítico, na posição C1 da placa, com o seguinte valor para sua identificação:
  C1 - 2200 μF x 35 V - unilateral

b) Placa do amplificador estéreo:

- 1 placa de circuito impresso (185 mm x 71 mm)
- 8 resistores de 1/4 W, nas posições R1 a R8 da placa, com os seguintes valores e cores para identificação:
  R1 - 1 Ω (marrom-preto-dourado)
  R2 - 1 Ω (marrom-preto-dourado)
  R3 - 470 Ω (amarelo-violeta-marrom)
  R4 - 470 Ω (amarelo-violeta-marrom)
  R5 - 100 Ω (marrom-preto-marrom)
  R6 - 100 Ω (marrom-preto-marrom)
  R7 - 56 Ω (verde-azul-preto)
  R8 - 56 Ω (verde-azul-preto)
- 6 capacitores cerâmicos, nas posições C9 a C14 da placa, com os seguintes valores:
  C9 - 3300 pF ou 3,3 nF (marcado 3300)
  C10 - 3300 pF ou 3,3 nF (marcado 3300)
  C11 - 47 nF ou 47 KpF (marcado 473)
  C12 - 47 nF ou 47 KpF (marcado 473)
  C13 - 820 pF (marcado 820)
  C14 - 820 pF (marcado 820)
- 8 capacitores de poliéster, nas posições C1 a C8 da placa, com o seguinte valor e cores para identificação: 100 nF ou 100 KpF (marrom-preto-amarelo)
- 10 capacitores eletrolíticos, nas posições C15 a C24 da placa, com os seguintes valores:
  C15 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C16 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C17 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C18 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C19 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C20 - 100 μF x 16 V - unilateral
  C21 - 470 μF x 25 V - axial
  C22 - 470 μF x 25 V - axial
  C23 - 1000 μF x 16 V - axial
  C24 - 1000 μF x 16 V - axial
- 2 circuitos integrados CA810QM ou TBA810S, nas posições IC-1 e IC-2 da placa
- 2 radiadores de calor para os circuitos integrados CA810QM
- 4 parafusos de 3 mm x 16 mm

c) Caixa metálica:

- 1 chassi com tampa superior (altura = 75 mm; largura = 250 mm; profundidade = 170 mm)
- 2 laterais de madeira
- 4 ponteciômetros de 100 KΩ - linear (P1 a P4)
- 4 knobs
- 1 chave míni (1x2)
- 1 chave H-H (2x2) com fenda
- 1 suporte do led
- 1 led vermelho de 5 mm
- 1 porta-fusíveis míni
- 1 fusível de 1 A míni
- 1 borracha de passagem pequena
- 4 tomadas RCA
- 1 transistor de potência 2N3055
- 1 radiador de calor para o transistor 2N3055
- 1 mica isoladora



***7. Circuitos integrados CA810QM (IC-1 e IC-2), radiadores de calor e parafusos de fixação.***



***8. Quatro potenciômetros (P1 a P4) e quatro knobs.***

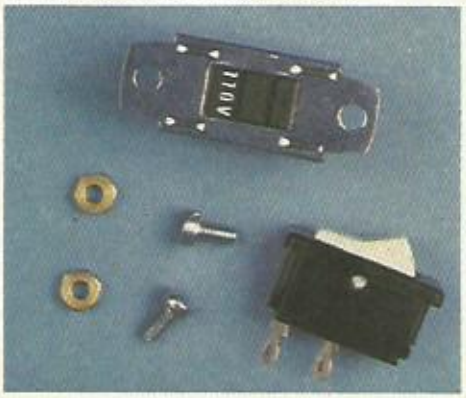


***9. Quatro tomadas RCA, parafusos e porcas de fixação. Note que cada tomada possui um terminal central e outro lateral (terra).***

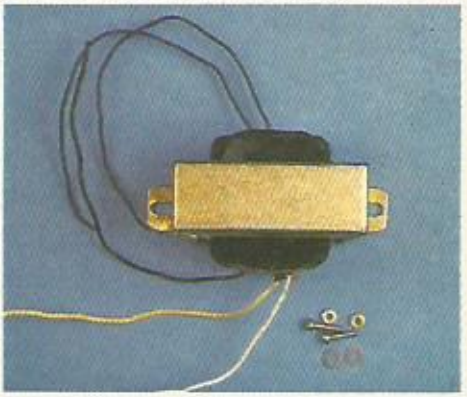
***10. Porta-fusíveis, fusível, led, suporte do led e espaguetes.***



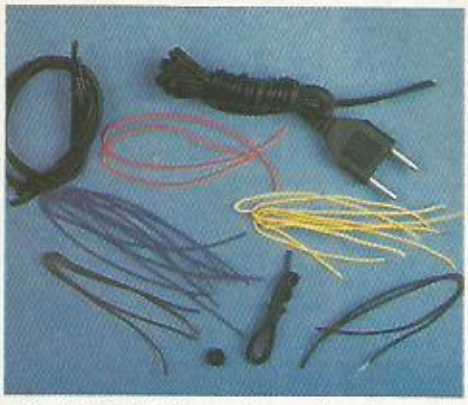
***11. Chave H-H (2x2), chave mini (1x2), parafusos e porcas de fixação.***




***12. Transformador de força, arruelas, parafusos e porcas de fixação.***



- 2 buchas isoladoras
- 1 terminal de ligação
- 1 transformador de força com primário de 110/220 V e secundário de 15 V - 1,5 A
- 4 pés de borracha
- 1 cabo de força (2x20)
- 2 pedaços de espaguete
- 20 cm de fio vermelho n.º 24
- 25 cm de fio vermelho n.º 24
- 25 cm de fio preto n.º 24
- 6 pedaços de 20 cm de fio azul n.º 24
- 6 pedaços de 20 cm de fio amarelo n.º 24
- 2 pedaços de 20 cm de fio marrom n.º 24
- 2 pedaços de 20 cm de fio preto n.º 24
- 2 pedaços de 10 cm de fio preto n.º 24
- 20 cm de fio preto n.º 20
- 2 pedaços de 20 cm de cabo blindado para áudio
- 2 parafusos de 3 mm x 30 mm
- 4 parafusos de 3 mm x 16 mm
- 10 parafusos de 3 mm x 8 mm
- 16 porcas de 3 mm
- 12 parafusos de 3/32" x 5/8"
- 28 porcas de 3/32"
- 8 parafusos auto-atarrachantes de 4,2 mm x 16 mm
- 4 parafusos auto-atarrachantes de 2,2 mm x 6,5 mm
- 6 arruelas
- 1 pote de pasta térmica
- 1 pedaço de solda 60/40



***13. Cabo de força, borracha de passagem e fios para ligação.***

***14. Chassi, tampa superior, laterais de madeira, pés de borracha, arruelas, parafusos e porcas de fixação.***



**Montagem**

Vamos começar a montagem do amplificador estéreo de mesa. Os passos são os seguintes:

1.º) Solde os resistores (R1 e R2), os diodos retificadores (D1 a D4) e o diodo zener (DZ) na placa de circuito da fonte de alimentação (veja foto 17).

2.º) Monte o transistor TIP 31 (T1) na placa da fonte, de forma que sua parte metálica fique voltada para o resistor (R2) (veja foto 18).

3.º) Solde o capacitor eletrolítico (C1) na placa da fonte. Tome cuidado para que não haja inversão de polaridade (veja foto 18). Solde um pedaço de 10 cm de fio preto n.º 24 no furo 6 da placa da fonte (veja foto 19).

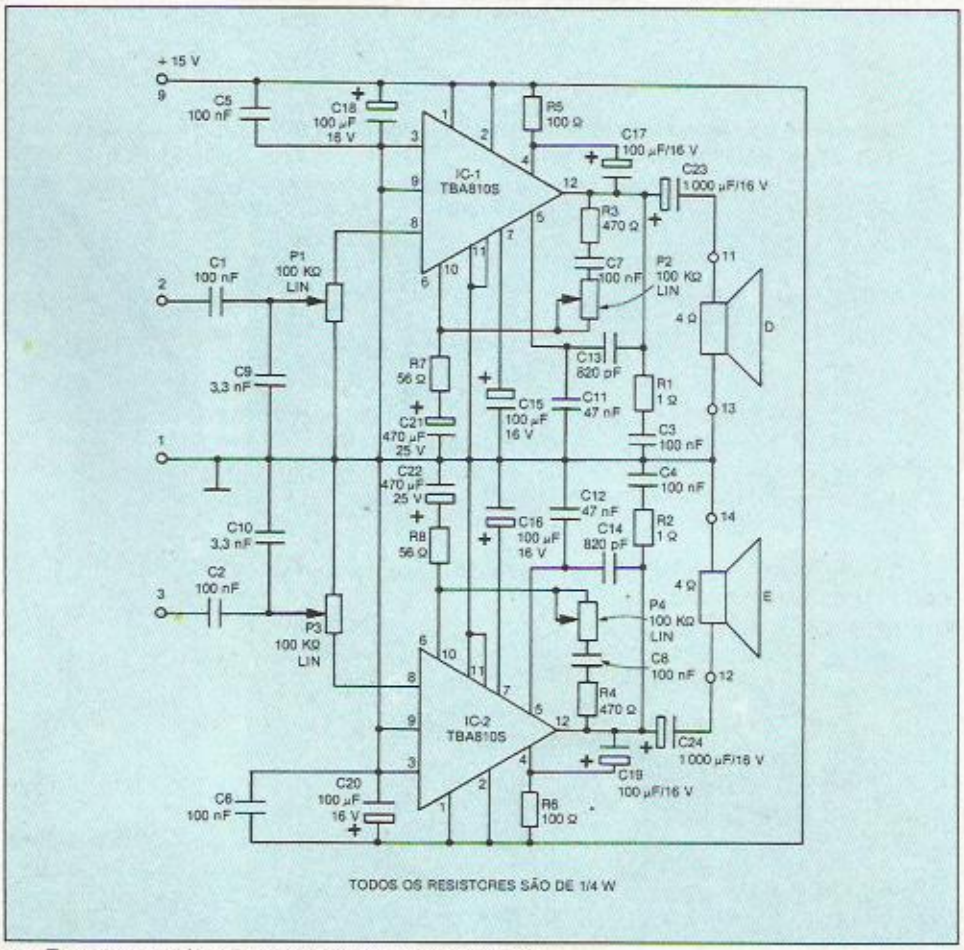
4.º) Pegue o led vermelho e note que em seu corpo existe um chanfro do lado de um de seus terminais de ligação. Separe os 2 pedaços de espaguete, 1 pedaço de 25 cm de fio vermelho n.º 24 e 1 pedaço de 25 cm de fio preto n.º 24. Solde o fio preto no terminal do lado chanfrado do led e, no outro terminal, solde o fio vermelho. Coloque um pedaço de espaguete no fio preto e o outro pedaço no fio vermelho, de tal maneira que eles protejam as ligações efetuadas. Dê um nó nesses dois fios, junto aos espaguetes (veja foto 19).

5.º) Ligue o fio vermelho do led no furo 7 e o fio preto no furo 5 da placa de circuito impresso da fonte de alimentação (veja foto 19).

6.º) Solde os resistores (R1 a R8) e os capacitores cerâmicos (C9 a C14) nos furos correspondentes da placa de circuito do amplificador (veja foto 20).

7.º) Solde os capacitores de poliéster (C1 a C8) e os capacitores eletrolíticos (C15 a C24) nos furos correspondentes da placa do amplificador (veja foto 21). No caso dos capacitores eletrolíticos, tome cuidado para que não haja inversão de polaridade.

8.º) Encaixe e solde os circuitos integrados CA810QM ou TBA810S (IC-1 e IC-2) na placa do amplificador, de tal




***15. Esquema elétrico do amplificador estéreo.***

forma que as ranhuras existentes nos integrados IC-1 e IC-2 fiquem voltadas para os capacitores cerâmicos C11 e C12, respectivamente (veja foto 22).

9.º) Espalhe um pouco de pasta térmica sobre os corpos dos circuitos integrados (IC-1 e IC-2). Parafuse os radiadores de calor sobre os circuitos integrados (veja foto 23). As cabeças dos parafusos de fixação devem ficar no lado cobreado da placa do amplificador.

10.º) Para a ligação dos fios dos potenciômetros (P1 a P4), nos respectivos furos da placa do amplificador, siga as duas colunas da direita da tabela I (veja foto 23).

11.º) Ligue os 10 fios provenientes da placa do amplificador nos quatro potenciômetros (P1 a P4). Para executar corretamente essas ligações, oriente-se pela foto 24.

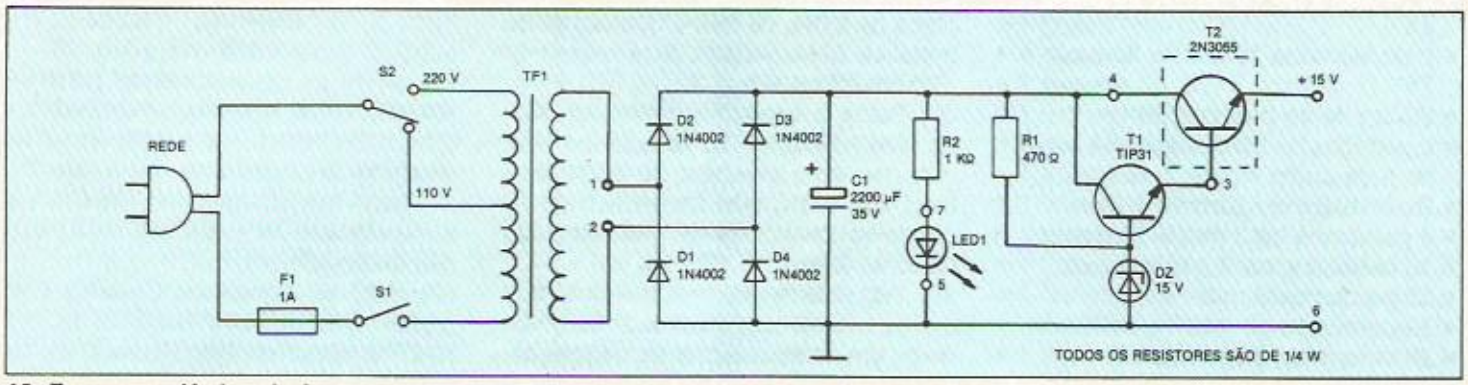
12.º) Na parte traseira da tampa superior, fixe o porta-fusíveis (com seu fusível dentro), a borracha de passagem, as 4 tomadas RCA e a chave H-H (2x2) (veja foto 25). Fixe a chave H-H (2x2) de tal forma que a gravação "220 V" fique voltada para o porta-fusíveis. Entre os terminais laterais das duas tomadas RCA, que serão usadas para a entrada de sinal, faça um jumper com um pedaço de 10 cm de fio preto n.º 24.

13.º) Passe o cabo de força através da borracha de passagem e dê um nó, deixando cerca de 10 cm depois do nó. Uma ponta deverá ser ligada no porta-fusíveis e a outra num dos terminais centrais da chave H-H (veja foto 26).

14.º) Para fazer a ligação dos fios nas tomadas RCA, siga as duas colunas da esquerda da tabela II (veja foto 26).

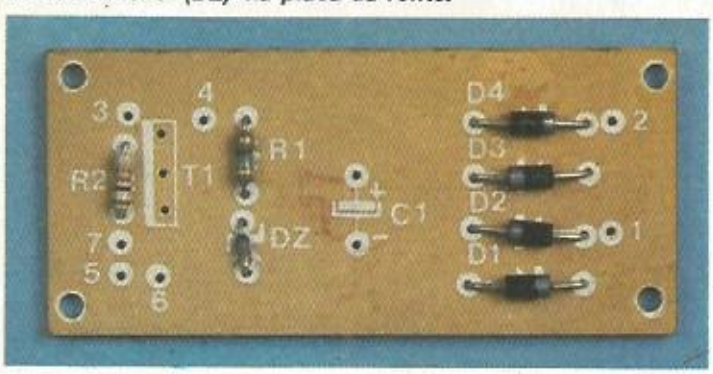
15.º) Para fazer a ligação dos fios provenientes das tomadas RCA nos furos da placa do amplificador, oriente-se pelas duas colunas da direita da tabela II (veja foto 27).

16.º) Espalhe um pouco de pasta térmica na carcaça metálica (do lado dos

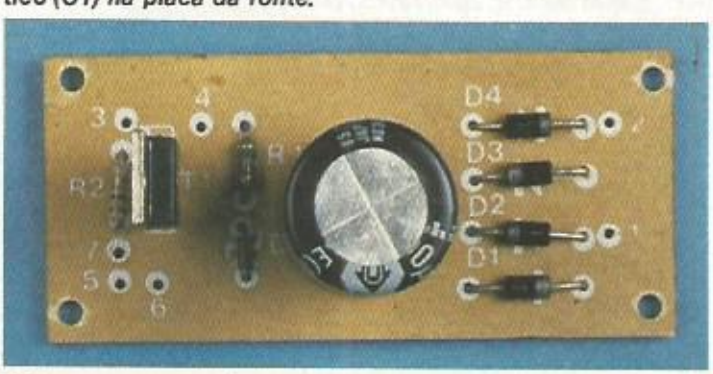



***16. Esquema elétrico da fonte de alimentação.***

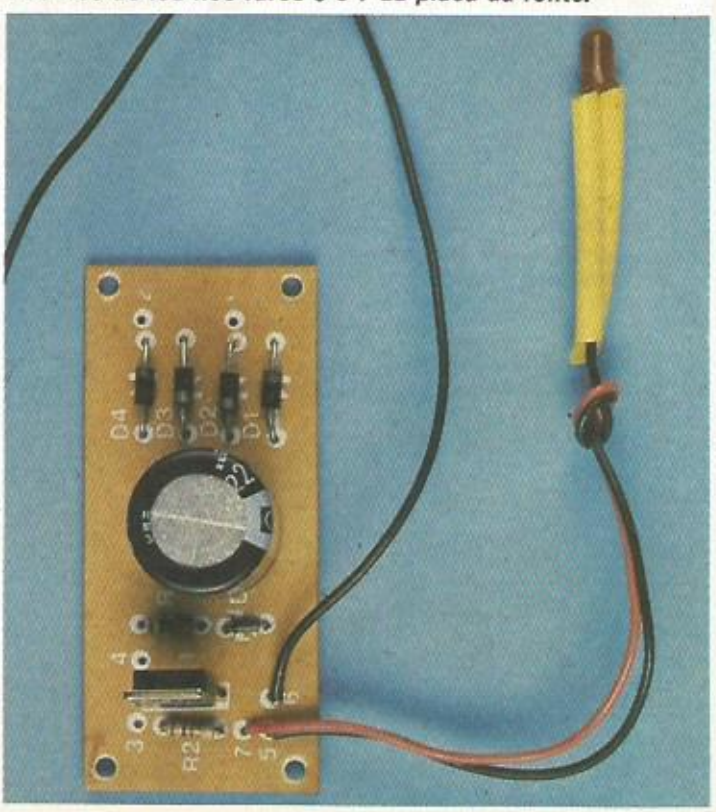
***17. Colocação dos resistores (R1 e R2), dos diodos (D1 a D4) e do diodo zener (DZ) na placa da fonte.***




***18. Colocação do transistor TIP 31 (T1) e do capacitor eletrolítico (C1) na placa da fonte.***




***19. Ligação do fio preto no furo 6 da placa da fonte. Ligação dos fios do led nos furos 5 e 7 da placa da fonte.***



terminais) do transistor de potência 2N3055 (T2) (veja foto 28). Depois, coloque a mica nesse transistor. Espalhe novamente mais um pouco de pasta térmica sobre a mica. Em seguida, encaixe o transistor no seu radiador de calor, colocando também seus parafusos de fixação de 3 mm x 16 mm.

17.º) Coloque as buchas isoladoras nos parafusos de fixação do transistor (T2), de tal forma que elas se encaixem nos furos do radiador de calor. Num dos parafusos, encaixe o terminal de ligação. Depois, para fixar definitivamente o transistor (T2) no seu radiador, use duas porcas de 3 mm.

18.º) Solde um pedaço de 20 cm de fio azul n.º 24 no terminal de ligação do coletor do transistor (T2), já montado em seu radiador de calor. Solde também um pedaço de 20 cm de fio amarelo n.º 24 no terminal da base e outro pedaço de 20 cm de fio vermelho n.º 24 no terminal do emissor desse transistor (T2) (veja foto 29).

19.º) Passe os três fios do transistor de potência (T2) pelo furo da parte traseira da tampa superior. Fixe o radiador de calor (com seu transistor T2) na parte traseira dessa tampa (veja foto 30).

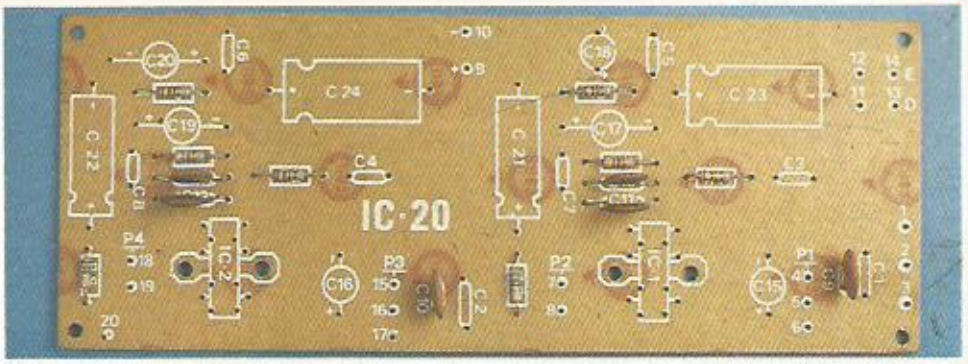
20.º) Fixe a chave míni (1x2) e o suporte do led na parte dianteira da tampa superior (veja foto 31). O lado sem terminal da chave míni (1x2) deve ficar voltado para o suporte do led.

21.º) Ligue o fio amarelo do primário do transformador (TF1) no terminal lateral do lado "220 V" da chave H-H. Ligue o fio branco no terminal lateral do lado "110 V" da chave H-H. Esses dois fios (amarelo e branco) devem ser soldados do mesmo lado da chave H-H, onde havia sido ligada anteriormente uma das pontas do cabo de força (veja foto 31).

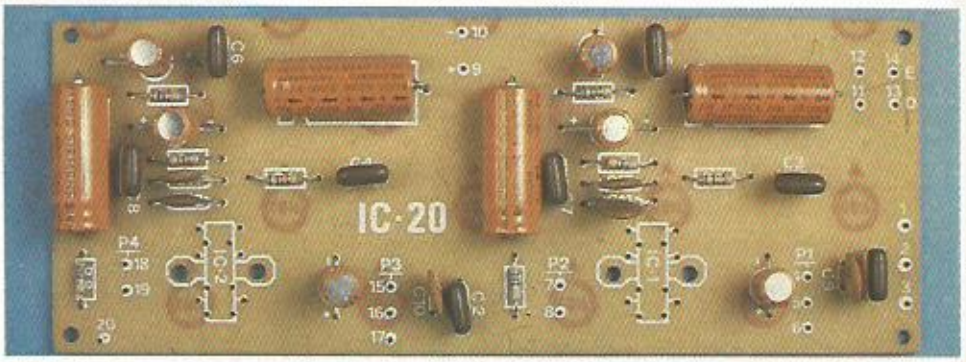
22.º) Ligue o fio preto do primário do transformador (TF1) no terminal superior do lado "liga" da chave míni (1x2). Com um pedaço de 20 cm de fio preto n.º 20, faça a ligação entre o terminal livre da chave míni e o terminal que havia ficado livre do porta-fusíveis (veja foto 31).

23.º) Para executar a ligação do secundário do transformador (TF1) e dos fios azul e amarelo, provenientes do transistor 2N3055 (T2), na placa da fonte de alimentação, siga a tabela III. Depois, encaixe o led em seu suporte (veja foto 32).

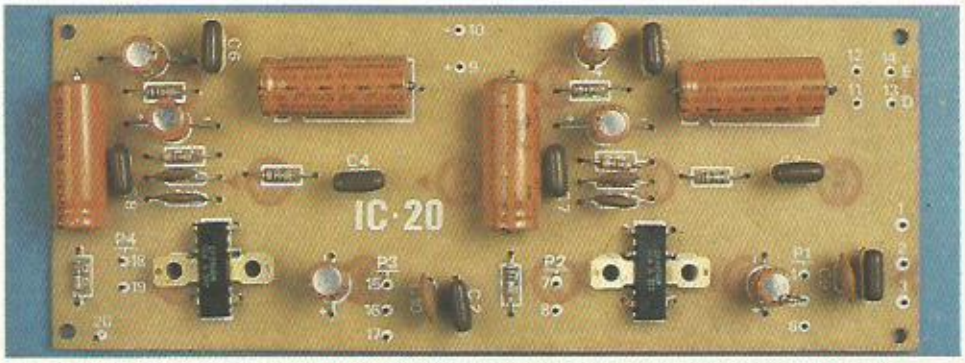
24.º) Pegue o fio preto proveniente do furo 6 da placa da fonte de alimenta-




***20. Colocação dos resistores (R1 a R8) e dos capacitores cerâmicos (C9 a C14) na placa do amplificador.***

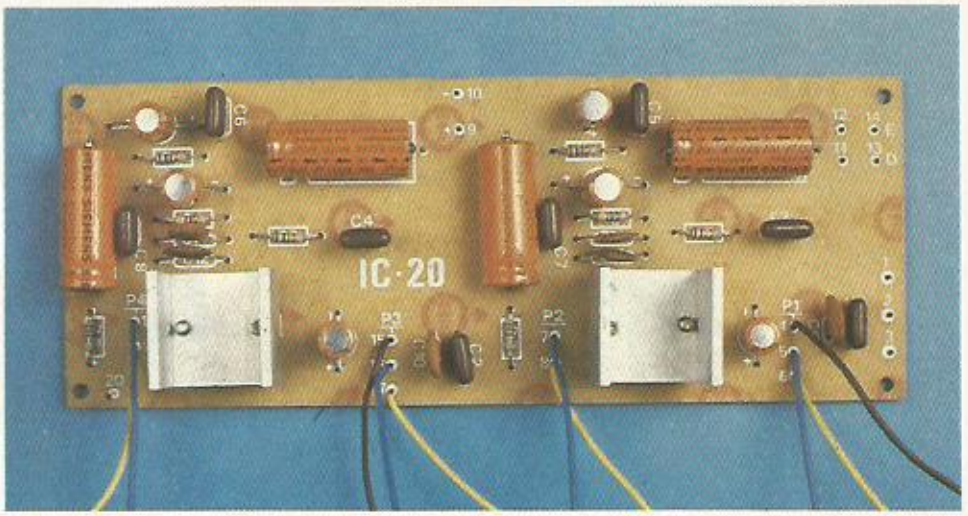


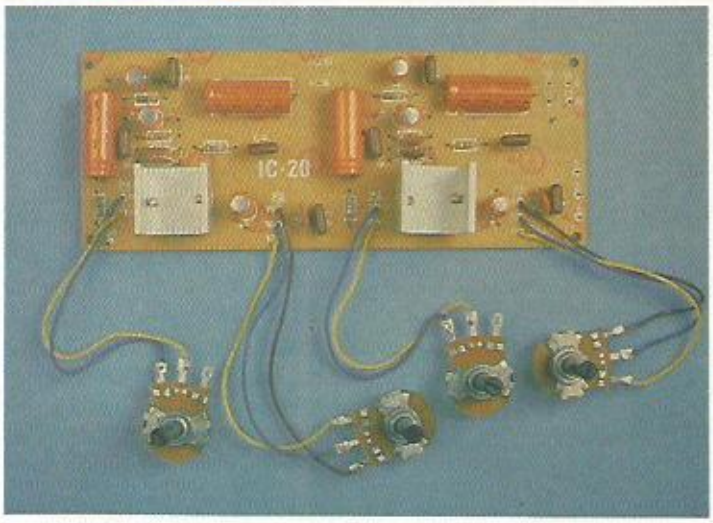

***21. Montagem dos capacitores de poliéster (C1 a C8) e dos capacitores eletrolíticos (C15 a C24) na placa do amplificador.***



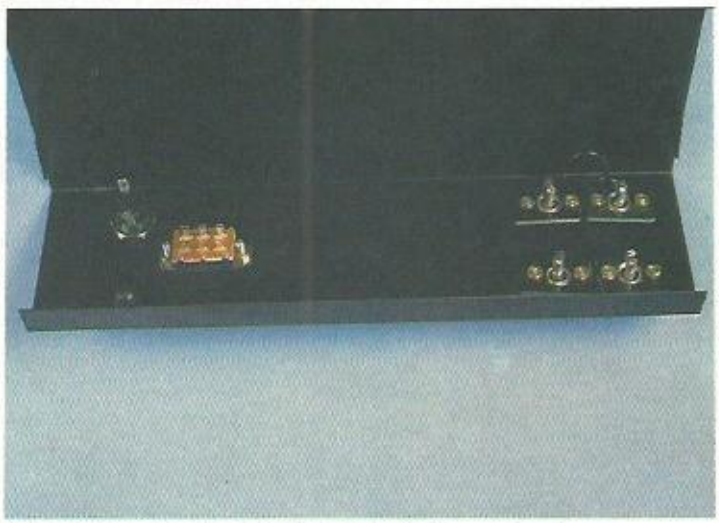

***22. Montagem dos circuitos integrados (IC-1 e IC-2) na placa do amplificador.***

***23. Fixação dos radiadores de calor nos circuitos integrados (IC-1 e IC-2). Ligação dos fios dos potenciômetros (P1 a P4) nos furos da placa do amplificador.***





*24. Ligação dos quatro potenciômetros (P1 a P4) nos dez fios da placa do amplificador.*



*25. Colocação do porta-fusíveis, da borracha de passagem, da chave H-H e das tomadas RCA na parte traseira da tampa superior.*

*26. Ligação do cabo de força no porta-fusíveis e na chave H-H. Ligação de fios nas tomadas RCA.*

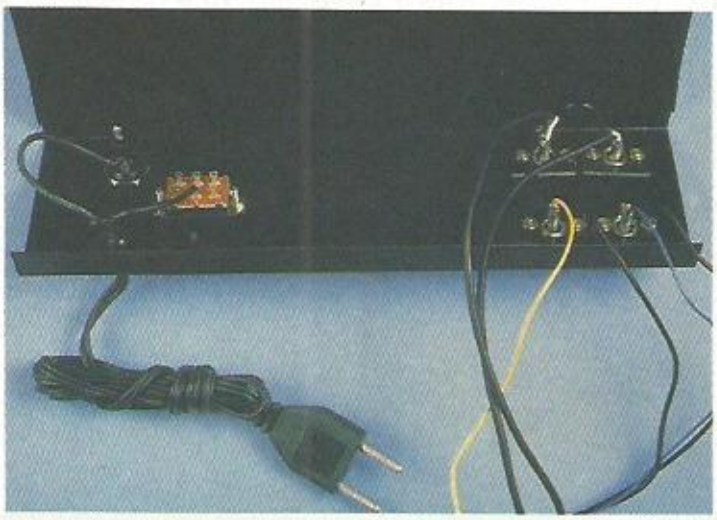


**TABELA I — LIGAÇÃO DOS FIOS DOS POTENCIÔMETROS NA PLACA DO AMPLIFICADOR**

| FUNÇÃO/POTENCIÔMETROS | | FIOS | N.º DOS FUROS NA PLACA |
|---|---|---|---|
| Volume | P1 | 20 cm/marrom n.º 24<br>20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/amarelo n.º 24 | 4<br>5<br>6 |
| Tonalidade | P2 | 20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/amarelo n.º 24 | 7<br>8 |
| Volume | P3 | 20 cm/marrom n.º 24<br>20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/amarelo n.º 24 | 15<br>16<br>17 |
| Tonalidade | P4 | 20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/amarelo n.º 24 | 18<br>19 |

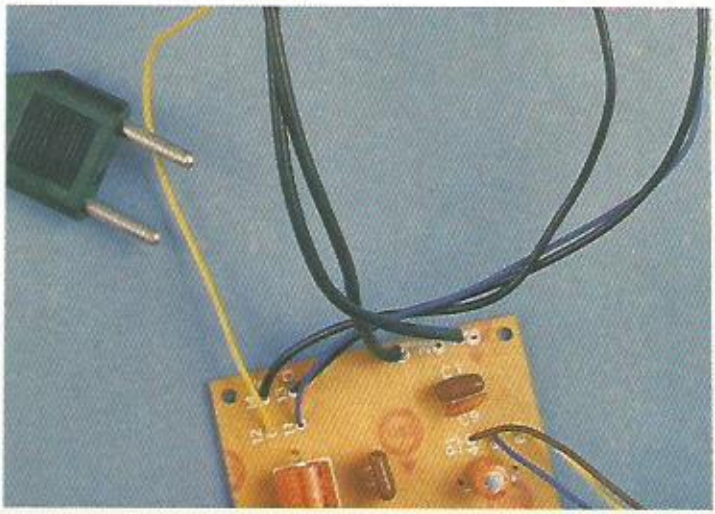
**TABELA II — LIGAÇÃO DOS FIOS NAS TOMADAS RCA E NA PLACA DO AMPLIFICADOR**

| TOMADAS RCA | FIOS | N.º DOS FUROS NA PLACA |
|---|---|---|
| SAÍDA CANAL D | | |
| Terminal central<br>Terminal lateral | 20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/preto n.º 24 | 11<br>13 |
| SAÍDA CANAL E | | |
| Terminal central<br>Terminal lateral | 20 cm/amarelo n.º 24<br>20 cm/preto n.º 24 | 12<br>14 |
| ENTRADA CANAL D | 20 cm/cabo blindado | |
| Terminal central<br>Terminal lateral | fio branco (vivo)<br>malha (terra) | 3<br>desligado |
| ENTRADA CANAL E | 20 cm/cabo blindado | |
| Terminal central<br>Terminal lateral | fio branco (vivo)<br>malha (terra) | 2<br>1 |

**TABELA III — LIGAÇÃO DO TRANSISTOR E DO TRANSFORMADOR NA PLACA DA FONTE**

| COMPONENTES | FIOS | N.º DOS FUROS NA PLACA |
|---|---|---|
| TRANSISTOR 2N3055 (T2) | 20 cm/azul n.º 24<br>20 cm/amarelo n.º 24 | 4<br>3 |
| TRANSFORMADOR (TF1)<br>secundário | azul<br>azul | 1<br>2 |

*27. Detalhe da ligação dos fios das tomadas RCA nos furos da placa do amplificador.*



ção e solde a outra extremidade desse fio no furo 10 da placa do amplificador. (veja foto 33).

25.º) Pegue o fio vermelho, que já está soldado no terminal do emissor do transistor (T2), e solde a sua extremidade no furo 9 da placa do amplificador (veja foto 33).

26.º) Fixe os 4 potenciômetros (P1 a P4) na parte dianteira da tampa superior de tal forma que: o potenciômetro P4 (tonalidade) fique do lado da chave mini (1x2); o potenciômetro P3 (volume) fique à direita de P4; o potenciômetro P2 (tonalidade) fique à direita de P3; e o potenciômetro P1 (volume) fique à direita de P2. Depois de fixá-los, corte os seus eixos, usando, por exemplo, o alicate de corte (veja foto 34).

27.º) Separe o chassi, 4 parafusos de 3/32" x 5/8", 4 porcas de 3/32", 4 arruelas e 4 pés de borracha. Coloque as arruelas nos parafusos. Depois, passe os parafusos através dos pés de borracha e fixe-os no chassi com as porcas (veja foto 34).

28.º) Fixe o transformador de força no chassi, usando 2 parafusos de 3 x 16 mm, 2 porcas de 3 mm e 2 arruelas (veja foto 34).

29.º) Separe 8 parafusos de 3/32" x 5/8" e 24 porcas de 3/32". Depois, fixe os parafusos no chassi, usando 2 porcas para cada parafuso. Em seguida, fixe as placas de circuito impresso da fonte e do amplificador nos parafusos,

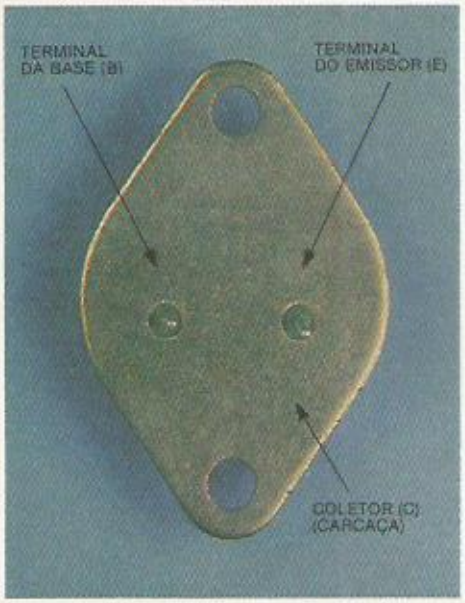
**Pode-se conectar diretamente alto-falantes de qualquer impedância neste amplificador?**
*O valor da impedância mínima que deve ser conectada diretamente nas saídas do amplificador é de 4 Ω. Qualquer valor abaixo deste poderá danificar os circuitos integrados de saída.*

**O que acontecerá se ligarmos às saídas do amplificador um alto-falante de 8 Ω em cada canal?**
*O amplificador vai trabalhar menos sobrecarregado, mas, por outro lado, fornecerá aproximadamente a metade da potência que forneceria a um alto-falante de 4 Ω.*

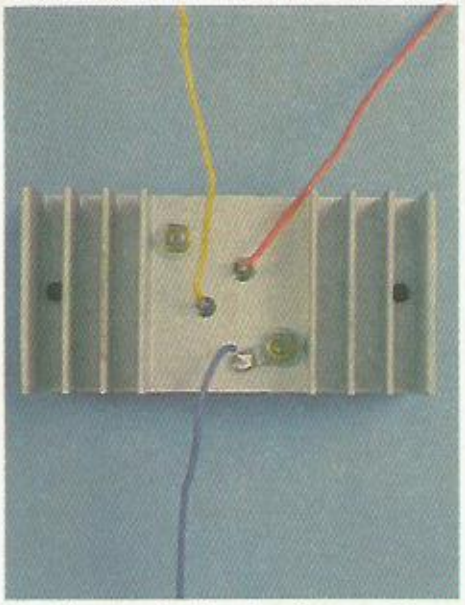
**O amplificador fornece sempre 7 W por canal a um alto-falante de 4 Ω?**
*Não, a potência de saída depende também do controle de volume e do nível do sinal injetado na entrada. Portanto, o amplificador fornecerá a potência máxima (7 W/4 Ω) somente quando o controle de volume estiver no máximo e o nível do sinal de entrada for de aproximadamente 200 mV.*

**Podemos injetar na entrada do amplificador um sinal com mais de 200 mV?**
*Não, um sinal com mais de 200 mV aplicado à entrada do amplificador seria distorcido durante a amplificação.*

**Qual a finalidade do controle de tonalidade?**
*O controle de tonalidade serve para tornar mais ou menos agudo o som que está sendo reproduzido pelo amplificador.*

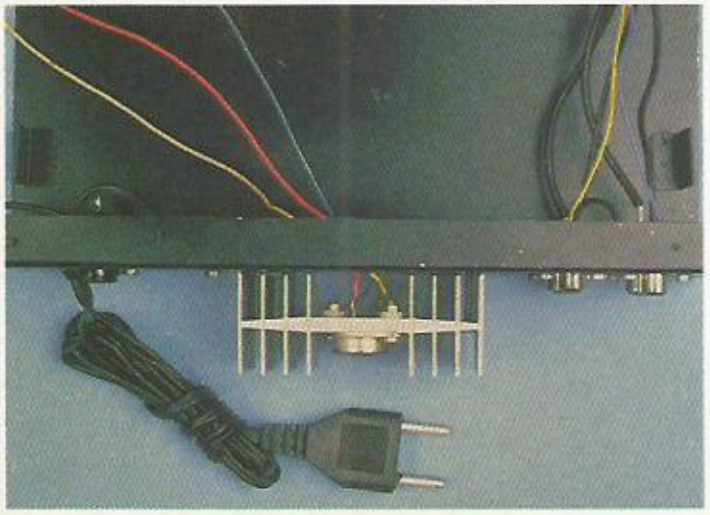



***28. Identificação dos terminais do transistor de potência 2N3055 (T2).***

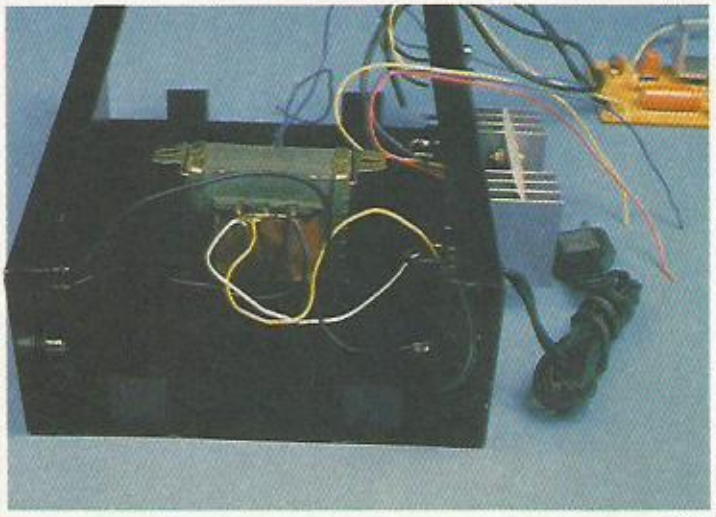


***29. Ligação de fios (azul, vermelho e amarelo) nos terminais do transistor (T2), montado em seu radiador de calor.***

***30. Fixação do radiador de calor do transistor de potência 2N3055 (T2) na parte traseira da tampa superior.***



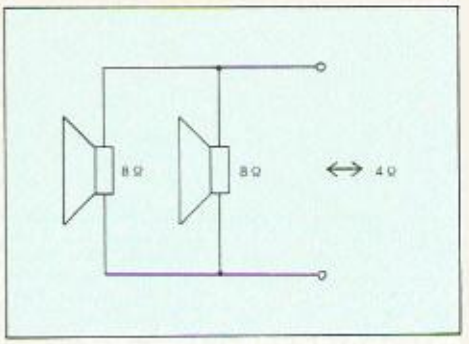
***31. Fixação da chave mini e do suporte do led na parte dianteira da tampa. Ligação do primário do transformador nas chaves H-H e mini; e entre o porta-fusíveis e a chave mini.***



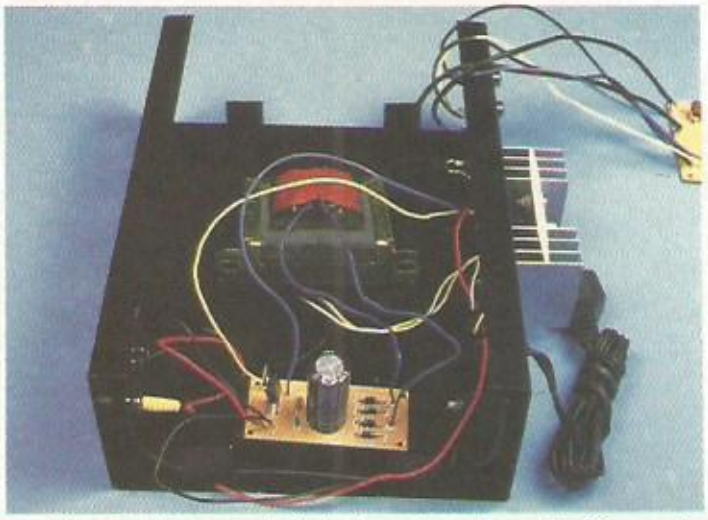
usando as 8 porcas de 3/32" restantes (veja foto 34).
30.º) Fixe a tampa superior no chassi, usando 4 parafusos auto-atarrachantes de 2,2 mm x 6,5 mm.
31.º) Fixe as laterais de madeira na caixa metálica do amplificador, usando 8 parafusos auto-atarrachantes de 4,2 mm x 16 mm (veja foto 35).
32.º) Fixe os 4 knobs nos eixos dos potenciômetros. Pronto! Está concluída a montagem do seu amplificador estéreo de mesa (veja foto 35).
Antes de ligar o aparelho, verifique se a chave seletora de tensão (110/220 V) está indicando o valor da tensão da rede local.

**Instalação**

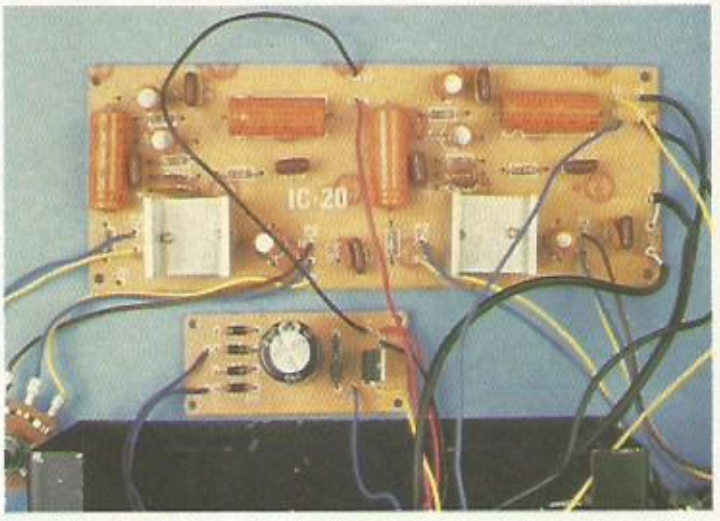
Para ligar o seu amplificador estéreo de mesa, você precisa de duas caixas acústicas que possuam dois alto-falantes de 4 Ω, que tenham capacidade para suportar, no mínimo, 7 W de potência cada um.
Caso você não disponha de alto-falantes de 4 Ω e queira obter a máxima potência de seu amplificador estéreo, você pode, então, associar dois alto-falantes de 8 Ω em paralelo (veja ilustração ao lado). Nesse caso serão necessários quatro alto-falantes de 8 Ω (dois para cada canal).
A potência mínima que cada um dos alto-falantes de 8 Ω deverá suportar será de 3,5 W.
Nunca ligue alto-falantes ou associação de alto-falantes que resultem numa impedância de saída menor que 4 Ω, pois isso provocaria um superaquecimento nos circuitos integrados, o que os danificaria irremediavelmente.




Depois de ligar os alto-falantes, injete um sinal de áudio na entrada do amplificador. Para isso, use uma fonte de sinal de áudio estéreo como: sintonizador, gravador, toca-fitas ou toca-discos de cápsula cerâmica, desde que o sinal de entrada não ultrapasse a 200 mV. Se você injetar um sinal mais elevado, o som vai sair distorcido.

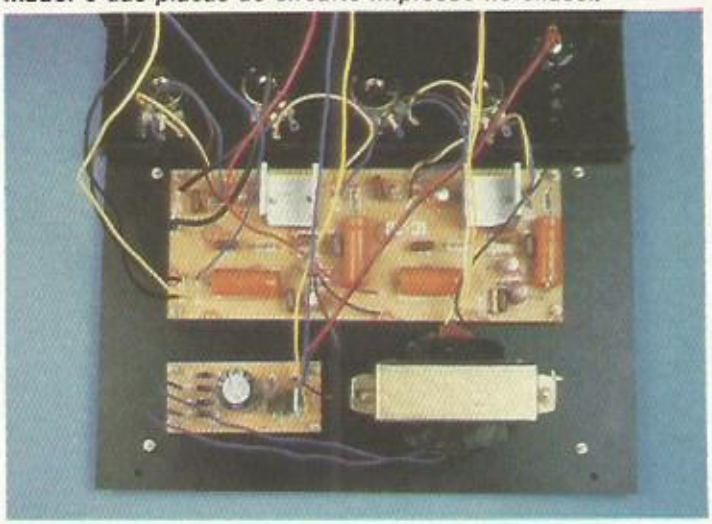


***32. Ligação do secundário do transformador e dos fios azul e amarelo do transistor 2N3055 (T2) nos furos da placa da fonte. Encaixe do led em seu suporte.***




***33. Ligação do fio preto da placa da fonte na placa do amplificador. Ligação do fio vermelho do transistor (T2) na placa do amplificador.***

***34. Fixação dos potenciômetros (P1 a P4) na parte dianteira da tampa superior. Fixação dos pés de borracha, do transformador e das placas de circuito impresso no chassi.***



***35. Aspecto final do amplificador de mesa montado.***



# OS AMPLIFICADORES DE VÁRIOS ESTÁGIOS

*Depois de estudar os estágios amplificadores fundamentais transistorizados, vamos examinar agora as diversas maneiras de ligá-los entre si, para formar os diferentes tipos de amplificador de vários estágios.*

A ligação elétrica entre dois ou mais estágios amplificadores é denominada **acoplamento**. De acordo com o tipo de acoplamento adotado, os amplificadores de vários estágios recebem a seguinte classificação:

- Amplificadores de tensão contínua
- Amplificadores com acoplamento Rc
- Amplificadores com acoplamento a transformador
- Amplificadores sintonizados.

Nos amplificadores de tensão contínua, os diversos estágios são ligados diretamente, sem a interposição de capacitores. O projeto desses amplificadores apresenta grandes dificuldades, já que os **pontos de trabalho** de cada transistor devem ser correlacionados com os dos demais, de modo que a **polarização** de um deles dependa da polarização do transistor anterior e do posterior. Por outro lado, como as variações contínuas são indistinguíveis do sinal que se deseja amplificar, os amplificadores sofrem uma perturbação intensa. Essa perturbação é decorrente dos efeitos de deriva, causados, por sua vez, pelas variações de temperatura ou por outros fatores, que também são amplificados e, portanto, devem ser considerados atentamente na fase de projeto.

A grande vantagem dos amplificadores de tensão contínua é que eles podem trabalhar a partir da freqüência zero (tensão contínua), o que é particularmente interessante nos casos em que as variações do sinal são muito lentas. Eles são empregados também na amplificação dos sinais de vídeo, procurando-se, nesse caso, ampliar ao máximo a freqüência superior de corte, de acordo com a largura de faixa desses sinais, que é de 4,5 MHz nos televisores comuns e pode atingir 50 MHz nos terminais de vídeo.

Nos amplificadores Rc, o acoplamento é feito por um capacitor que separa a

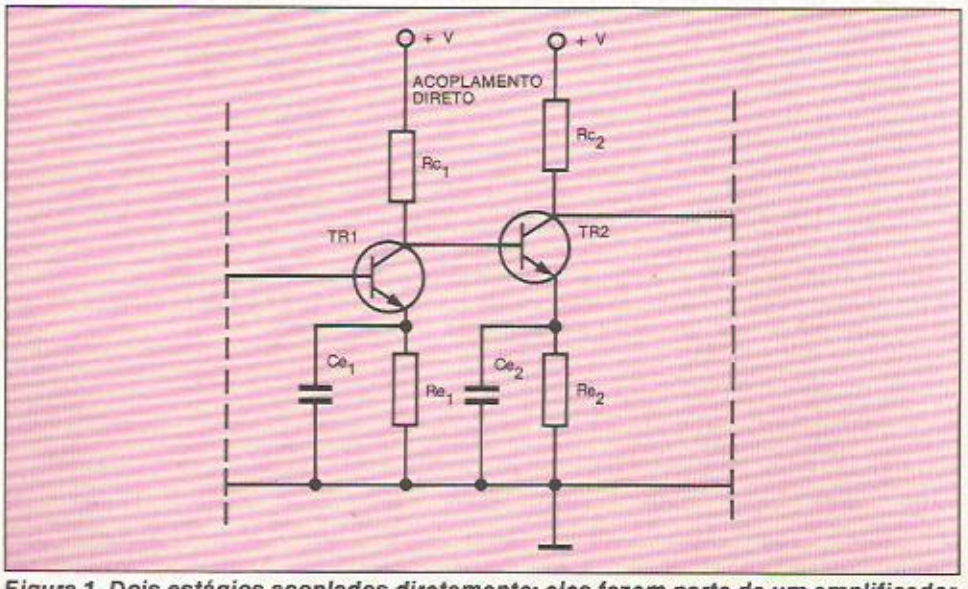
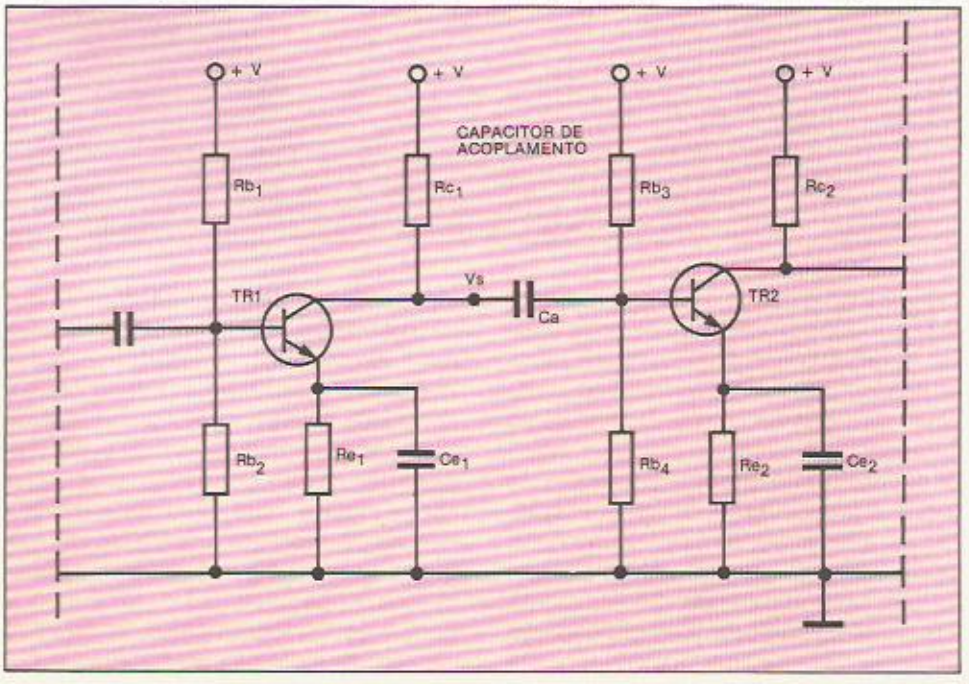



***Figura 1. Dois estágios acoplados diretamente; eles fazem parte de um amplificador de corrente contínua.***

***Figura 2. Acoplamento Rc. Os estágios são acoplados por meio de um capacitor.***



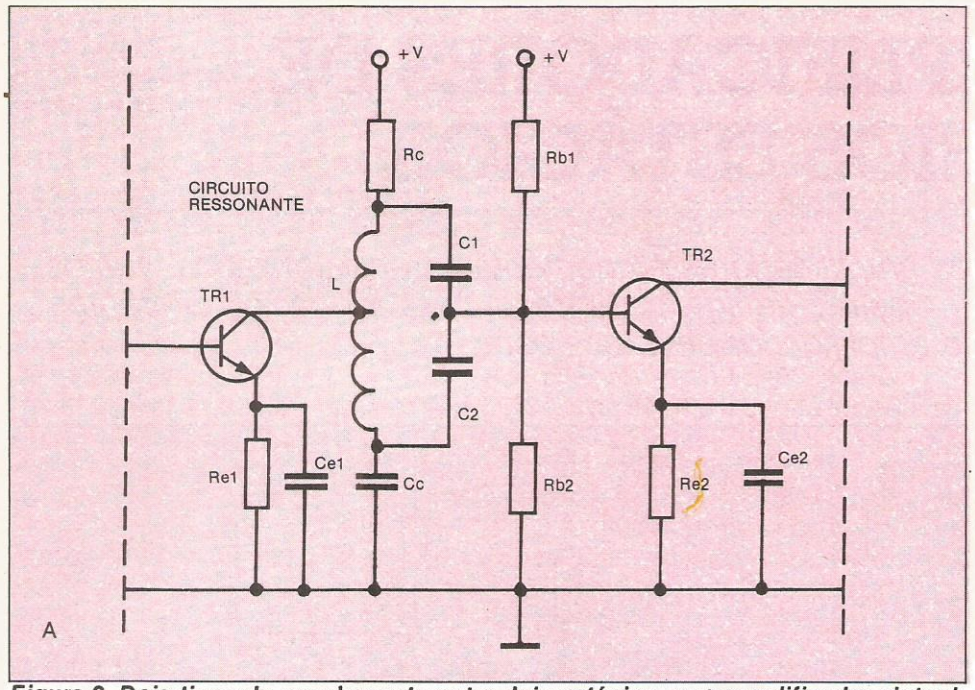
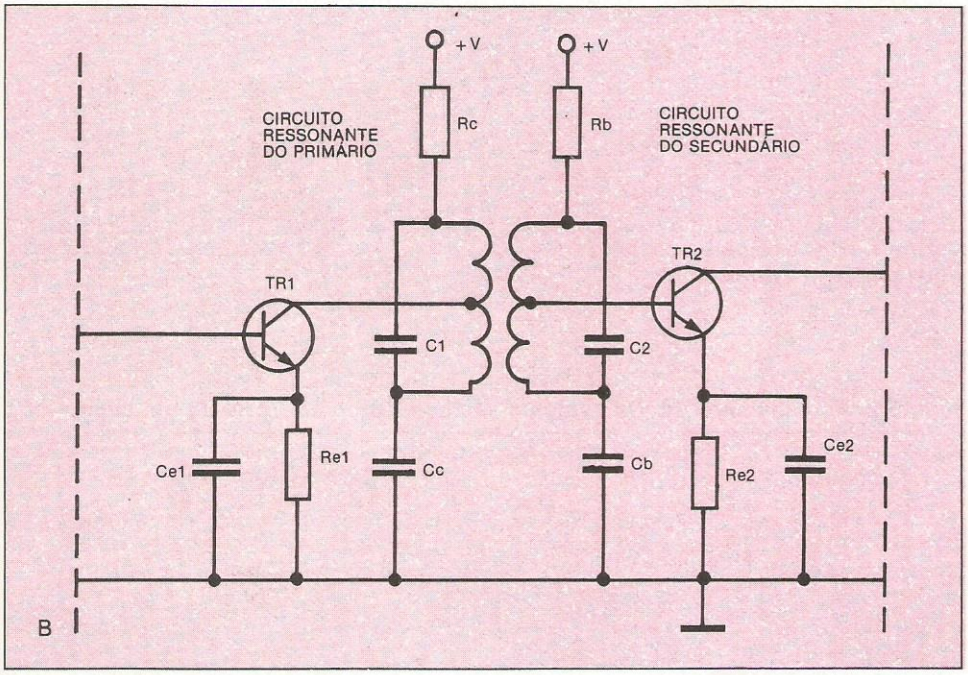



***Figura 3. Dois tipos de acoplamento entre dois estágios, num amplificador sintonizado: A) através de um circuito ressonante formado por L, C1 e C2; B) através de um transformador (T) com primário e secundário sintonizados.***




corrente contínua que transita entre os estágios. O sinal de saída de cada estágio é retirado do resistor de carga do coletor ou do emissor e passa ao capacitor, que o envia à entrada do estágio seguinte.

O capacitor, no caso, é escolhido de modo a apresentar uma baixa **reatância** na freqüência de sinais que se deseja amplificar; caso contrário, eles sofreriam uma atenuação. Esse sistema é mais empregado para amplificadores de áudio.

Os amplificadores com acoplamento a transformador utilizam transformadores interestágios.

Por fim, os amplificadores sintonizados apresentam um acoplamento entre os estágios por meio de um circuito **ressonante**. Assim, enquanto os ganhos são elevados para uma determinada freqüência ou para uma faixa de freqüências, eles diminuem sensivelmente fora dessa faixa.

Para o acoplamento entre os estágios utilizam-se sistemas de bobinas e capacitores, ou um transformador — dotado de um núcleo magnético ou não — que separa os estágios adjacentes, impondo a sintonia graças a um capacitor ligado ao primário ou ao secundário do transformador, ou a ambos. Esse tipo de acoplamento é usado nos amplificadores de alta freqüência e é encontrado na maioria dos estágios de radiofreqüência e de freqüência intermediária dos receptores de rádio e TV.

No caso de amplificadores de potência, há uma outra classificação que é importante conhecer:

**Amplificação em classe A:** é aquela na qual a corrente de saída do dispositivo amplificador segue constantemente a forma de onda do sinal, sem anular-se em nenhum momento, produzindo também um ganho constante para todos os momentos do ciclo do sinal. Esse tipo de amplificação é o mais empregado.

**Amplificação em classe AB:** é caracterizada pelo corte de uma fração do ciclo do sinal que seja inferior a um semiciclo. Como nesses amplificadores existem normalmente dois dispositivos de saída operando em oposição de fase, a corrente de carga não cai a zero, a não ser no ponto de cruzamento da senóide. É empregada em alguns amplificadores de potência para sinais de áudio.

**Amplificação em classe B:** é aquela na qual a corrente se anula pela metade do ciclo, ou semiciclo, num dos dispositivos amplificadores de sinal. É utilizada na maior parte dos estágios de saída dos amplificadores de potência dotados de dois transistores de saída, em que um transistor está em contrafase com outro (***Push-Pull*** ou complementares). Por isso, sempre se tem o ciclo completo do sinal na carga.

**Amplificação em classe C:** apresenta a particularidade de a corrente circular no amplificador por um intervalo de tempo inferior à duração de um semiciclo do sinal. Evidentemente, a distorção é inconveniente na amplificação de sinais. Essa amplificação é feita acoplando-se os estágios por sintonização e empregando-se circuitos de filtragem. É usada nos amplificadores de alta potência dos transistores de rádio, mas não pode ser empregada nos transmissores de TV.

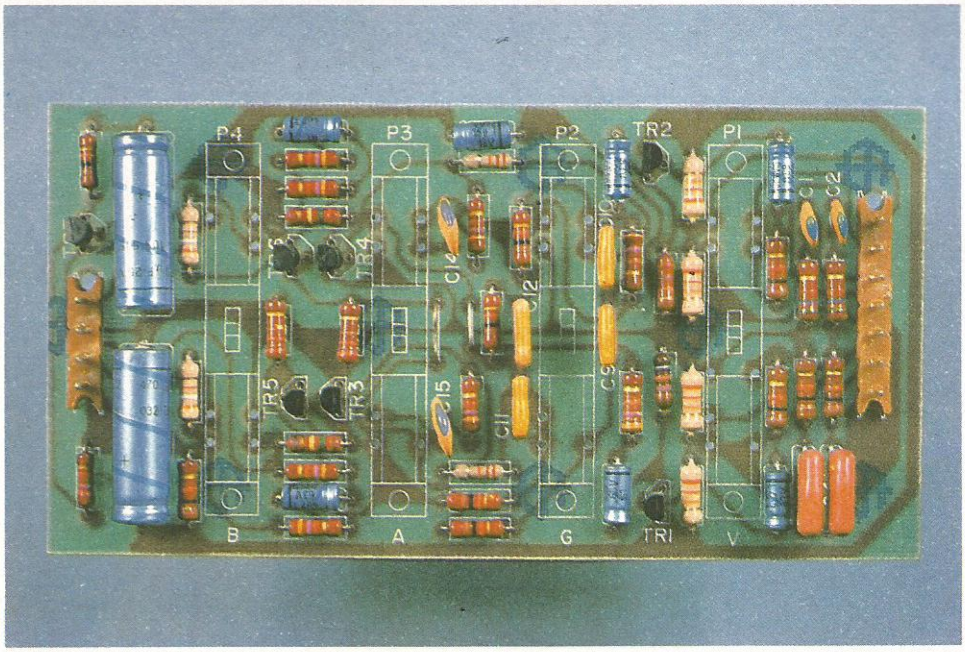
De todos os tipos de amplificação enumerados, o que apresenta menor distorção de sinal é a amplificação em classe A. Por outro lado, ela tem o mais

baixo **rendimento** de transformação de potência (**cc**) de alimentação em potência (**ca**) de sinal.
Os outros tipos de amplificação apresentam maior rendimento, com a desvantagem de produzirem maiores distorções. Estas distorções podem ser reduzidas, no entanto, com o auxílio de circuitos apropriados e realimentação.
A fórmula para calcular o rendimento de um amplificador é dada por:
Rend = potência do sinal/potência entregue pela fonte de alimentação (ou melhor, potência absorvida pelo estágio, ou, ainda, potência de entrada).
Os rendimentos máximos que podem ser obtidos nos diversos tipos de amplificação são os seguintes:

**Rendimento:**

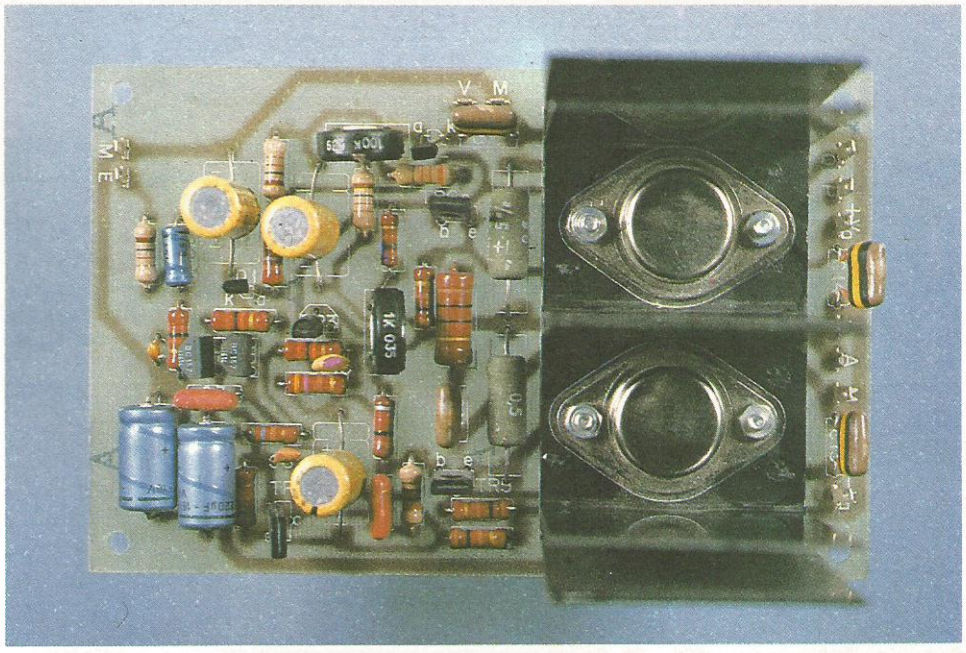
| | |
|---|---|
| Classe A 25% | Classe AB entre 25 e 50% |
| Classe B 50% | Classe C mais de 50%, podendo ultrapassar 90% |

Para se entender o funcionamento de um amplificador de vários estágios pode-se tomar como exemplo o amplificador que está representado na figura 2. Ele é constituído de dois estágios, com transistores ligados a um emissor comum com acoplamento Rc.
A **polarização** e o **ponto de trabalho** são estabelecidos de maneira semelhante em ambos os estágios. Os resistores Rb1, Rb2, Rb3, Rb4 e Re1 e Re2 asseguram as diversas polarizações, garantindo também a estabilidade térmica necessária.
Os resistores Rc1 e Rc2 são resistores de **carga**, sobre os quais recaem os efeitos das variações da corrente de coletor, produzidas pelas variações da corrente de base.
As tensões de alimentação são fornecidas por uma fonte externa, representada pelo símbolo +V, sendo o negativo ligado à **massa**.
Pode-se observar que há um capacitor Ce1 ligado ao emissor de TR1 e em paralelo a Re1; um capacitor Ce2 ligado ao emissor de TR2 e em paralelo a Re2, cuja função é causar curto-circuito neste resistor.
O capacitor apresenta, nas freqüências dos sinais que se deseja amplificar, uma reatância capacitiva muito menor que Re. Se não existisse esse capacitor, haveria uma queda de tensão do sinal em Re, que provocaria uma diminuição de ganho.
Através do capacitor Ca é feito o acoplamento entre os dois estágios. O ganho total de tensão ou de corrente é igual ao produto dos ganhos de cada estágio.
Para determinar a resistência de carga efetiva de cada estágio, fator que influi diretamente sobre o ganho de tensão, é indispensável conhecer a resistência de entrada do estágio seguinte.
Essa resistência constitui, juntamente com o resistor Rc ligado ao coletor, a carga efetiva do estágio anterior. Assim, quando o circuito é percorrido por um sinal, o resistor Rc1 põe-se em paralelo com a resistência de entrada do estágio seguinte através de Ca, que se comporta como um curto-circuito para o sinal.
Nas freqüências desse sinal, a reatância capacitiva desse capacitor é desprezível em face de Rc e da impedância de entrada do estágio seguinte.




***ACIMA: amplificador de vários estágios em classe A, com acoplamento Rc.***

***ABAIXO: amplificador de potência em classe B.***



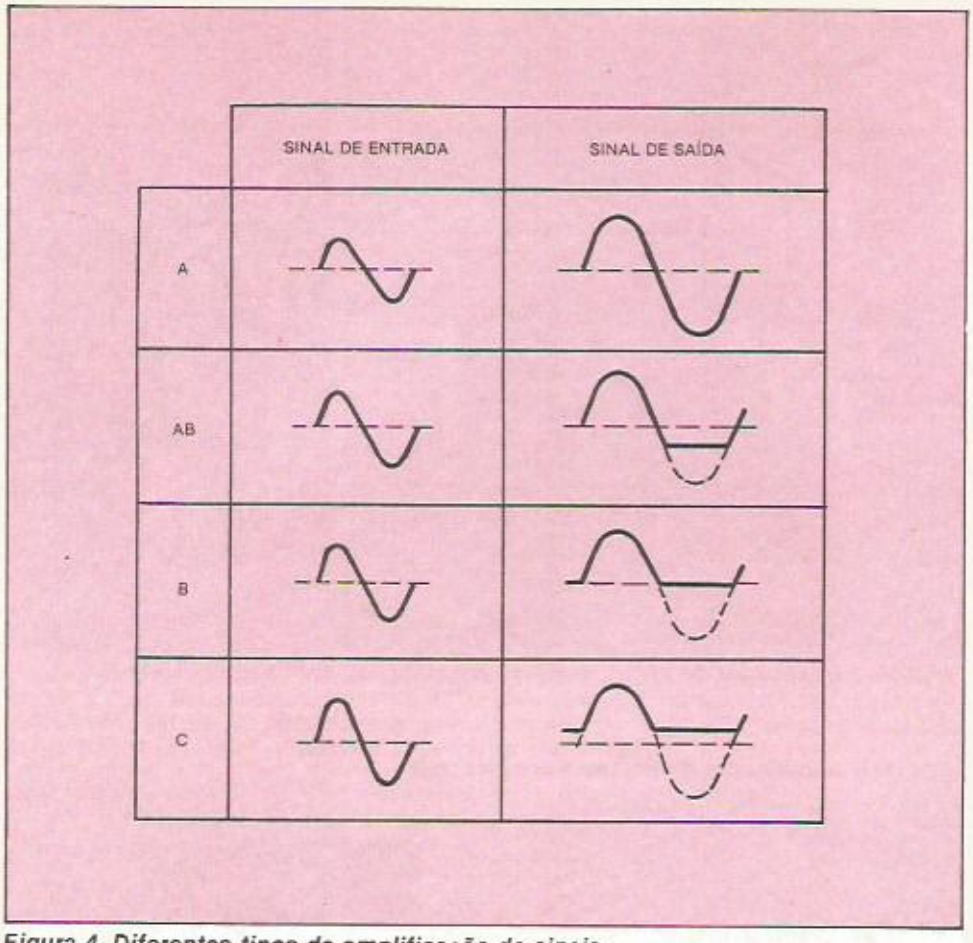
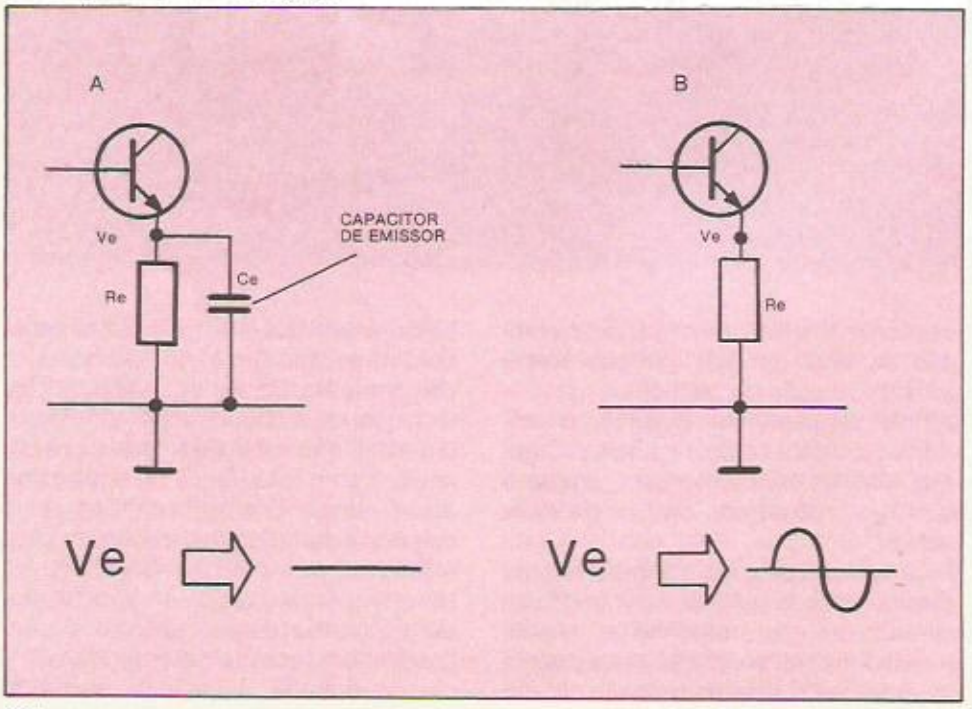



*Figura 4. Diferentes tipos de amplificação de sinais.*

***Figura 5. Neste esquema é destacada a função do capacitor de emissor: A) graças ao capacitor, o sinal no emissor torna-se nulo, o que equivale a uma ligação à massa; B) sem o capacitor, surge no emissor uma certa fração da tensão do sinal, com perda de ganho para o estágio.***




Portanto, a resistência de carga é a combinação das duas resistências, e é obtida pela fórmula de cálculo das resistências em paralelo:

$$R \text{ em paralelo} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

fórmula que, aplicada ao caso em questão, torna-se:

$$R \text{ de carga} = \frac{Rc1 \cdot Rent}{Rc1 + Rent}$$

A resistência ou impedância de entrada de cada estágio é, por sua vez, influenciada pelas duas resistências Rb1 e Rb2, ou Rb3 e Rb4, que polarizam a base.

Esses resistores, ante um sinal, dispõem-se em paralelo entre si, através da fonte. Portanto, ambos se colocam em paralelo à resistência de entrada do transistor, que é obtida das suas curvas características. Dessa forma, para se calcular a resistência efetiva de entrada, deve-se aplicar duas vezes a fórmula anterior:

$$Rb = \frac{Rb1 \cdot Rb2}{Rb1 + Rb2}$$

$$\text{e Rent} = \frac{Rb \cdot R \text{ transistor}}{Rb + R \text{ transistor}}$$

Uma vez conhecidos os valores de todas as resistências que influenciam o funcionamento do amplificador, pode-se calcular o ganho de tensão de cada estágio. Para isso, multiplica-se a corrente do sinal que entra na base pelo ganho de corrente ($\beta$), obtendo-se assim a corrente de coletor. Essa corrente, por sua vez, é multiplicada pela resistência de carga, calculada segundo o processo descrito acima, e o resultado é a tensão do sinal (Vs) na saída do primeiro estágio.

A corrente de base do segundo estágio deve ser calculada dividindo-se a tensão Vs pela resistência de entrada do transistor.

A partir dessa corrente, repete-se o cálculo anterior, obtendo-se assim a tensão de saída final.

Nos amplificadores para correntes contínuas, geralmente é o resistor de coletor (Rc) que faz a polarização do estágio posterior.

Todas as observações mencionadas aqui, também são válidas para os amplificadores mais complexos, como os sintonizados, que amplificam somente nas faixas de freqüência para as quais foram projetados.

# Peça os kits da seção MONTAGEM. E aprenda na prática!

*Eletrônica Passo a Passo* oferece esta grande oportunidade a você. Reserve agora mesmo os kits da seção *MONTAGEM* (que também estão na última capa deste número). Você receberá seu pedido pelo Reembolso Postal e, através das instruções dos fascículos, irá construir e utilizar sua própria aparelhagem eletrônica.
*Se preferir, você também pode pedir os aparelhos já prontos para uso. De qualquer forma você aprende!*
Preencha agora mesmo o cupom ao lado ou mande uma carta com seu pedido para

Kits
Caixa Postal 9442 - São Paulo - SP

Em pouco tempo você receberá sua encomenda na agência do correio mais próxima de sua casa. E começará a aprender fazendo!
Peça já estes kits sensacionais. Eles são importantes para você entender todos os segredos maravilhosos da eletrônica.

**SIM,** desejo receber pelo Reembolso Postal os seguintes kits da seção MONTAGEM, que completam minha coleção *Eletrônica Passo a Passo*, na prática.

| QUANTIDADE | DESCRIÇÃO | Se você quiser o kit montado, marque um X aqui. | PREÇO |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Nome _____

Endereço _____

Cidade _____ Est. ____

CEP _____ Data ____/____/____

Assinatura _____

Obs.: não mande dinheiro agora. Pague só ao receber seu pedido.

COM TODA A FACILIDADE DO REEMBOLSO POSTAL

ATENÇÃO: observe as datas de validade dos preços dos kits. Se elas estiverem vencidas, consulte o Serviço de Atendimento ao Leitor, pelo tel. (011)288-6298 e solicite preços atualizados antes de fazer seu pedido destes aparelhos ou de outros dos fascículos anteriores.



8º KIT DE MONTAGEM:

## SEQÜENCIAL DE 4 CANAIS

Com este aparelho você acende e apaga seqüencialmente 4 conjuntos de lâmpadas. Ele pode ser usado em festinhas (as luzes oscilam de acordo com o ritmo da música), na decoração de vitrinas, para enfeitar árvores de natal, etc.

KIT (para ser montado)
preço: Cr$ 65 300,00

Montado
preço: Cr$ 71 400,00

(mais as despesas de correio)
Preço válido até 05/10/84

KITS LANÇADOS:

1º - **TRANSMISSOR SEM FIO**
2º - **DIMMER**
3º - **TIMER**
4º - **AMPLIFICADOR ESTÉREO DE 48 W**
5º - **RÁDIO AM TRANSISTORIZADO**
6º - **FONTE DE ALIMENTAÇÃO**
7º - **DISPOSITIVO ANTIFURTO PARA CARROS**

**Nota:** as explicações das montagens estão dentro dos nossos fascículos.



9º KIT DE MONTAGEM:

# AMPLIFICADOR ESTÉREO DE MESA

Este amplificador, com 7 W por canal e carga de 4 Ω, apresenta um painel frontal com controle de volume e tonalidade. Ele tem a vantagem de funcionar tanto em 110 quanto em 220 V, e pode ser usado para amplificar sinais de áudio provenientes de sintonizadores, gravadores, rádios portáteis e toca-discos com cápsula cerâmica.

KIT (para ser montado)
preço: Cr$ 67 800,00

Montado
preço: Cr$ 72 400,00

(mais as despesas de correio)
Preço válido até 18/10/84

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO