

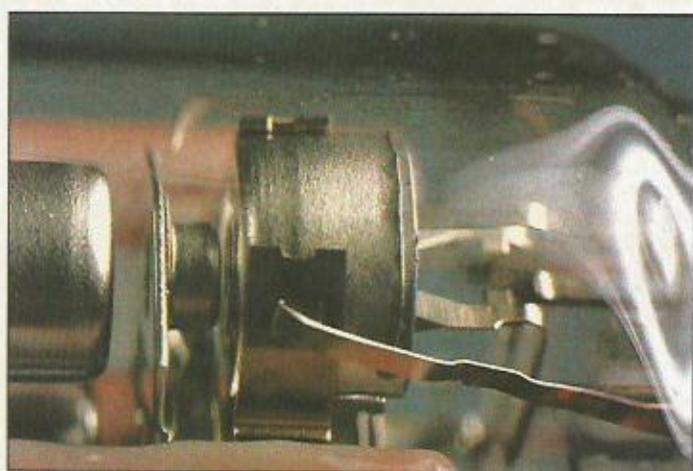
ELETRÔNICA

10

PASSO A PASSO

Cr\$ 2.200

Abril Cultural



COMPONENTES
AS VÁLVULAS
OS TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS

INSTRUMENTAÇÃO
MONTAGEM EM BASE COMUM
E EM COLETOR COMUM





Editor:
VICTOR CIVITA

Divisão Fascículos
Diretor-Geral:
Roberto Martins Silveira



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), Ailton
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 (fotos da capa)
Tradução: Irene Beatriz Abramo

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:
**ANALISAREMOS
OS DIVERSOS GRUPOS
DE CLASSIFICAÇÃO
DOS TRANSISTORES:
DE BAIXA E DE
ALTÍSSIMAS
FREQUÊNCIAS,
E DE BAIXAS
E DE ELEVADAS
TENSÕES.**

MONTAGEM:
**CONHEÇA
OS CUIDADOS QUE
OS COMPONENTES
ELETRÔNICOS
REQUEREM DURANTE
A MONTAGEM
DOS CIRCUITOS.**

**SUA PRÓXIMA
MONTAGEM SERÁ UM
AMPLIFICADOR
ESTÉREO DE MESA,
COM 7 W POR CANAL
E CARGA DE 4 Ω.
ELE TEM UM PAINEL
FRONTAL COM
CONTROLE DE VOLUME
E TONALIDADE.**

INSTRUMENTAÇÃO:
**VAMOS ESTUDAR
AS DIVERSAS FORMAS
DE LIGAR
OS ESTÁGIOS
AMPLIFICADORES
ENTRE SI, PARA
FORMAR OS
DIFERENTES TIPOS
DE AMPLIFICADORES
DE VÁRIOS ESTÁGIOS.**

© 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 (2)

Neste segundo capítulo dedicado ao transistor, trataremos das chamadas curvas características do transistor, que possibilitam estudar a fundo este componente. Também serão mencionadas as técnicas de fabricação dos dispositivos.

Sob a denominação comum de transistor, agrupam-se componentes de diferentes classes. Eles são fabricados com tecnologias, características e propriedades físicas bastante diversas. Há quatro classes distintas:

- Transistor bipolar
- Transistor de Efeito de Campo de Junção - TECJ (JFET)
- Transistor de Efeito de Campo Metal Óxido Semicondutor - TECMOS (MOSFET)
- Transistor unijunção - TUJ (UJT)

Para o estudo e a análise dos transistores usam-se curvas traçadas a partir de uma reprodução de coordenadas, chamadas **curvas características do transistor** e representam o comportamento elétrico ou o funcionamento do componente. No caso de transistores bipolares, elas ilustram graficamente a relação entre a **tensão e corrente de entrada** e a **tensão e corrente de saída** para qualquer tipo de circuito em que se emprega um transistor, nas montagens: base comum, emissor comum e coletor comum.

Cada classe de transistor tem seu próprio tipo de curva. Essas curvas diferem uma das outras, embora às vezes tenham aparência semelhante. Além disso, as curvas de um dado tipo não correspondem exatamente ao funcionamento de cada transistor da classe correspondente. Essas curvas representam apenas as características médias encontradas na produção em série de um grande número de unidades. Quando escolhemos um componente é necessário saber os valores máximos, mínimos e típicos dos seus parâmetros mais importantes, a fim de optar pelos mais convenientes para determinada aplicação. Isso é o que garante o bom funcionamento do componente.

No caso dos transistores bipolares, há duas famílias de curvas particularmente importantes: **curvas característi-**



ACIMA: transistores bipolares: de germânio e dotados de carcaça metálica.

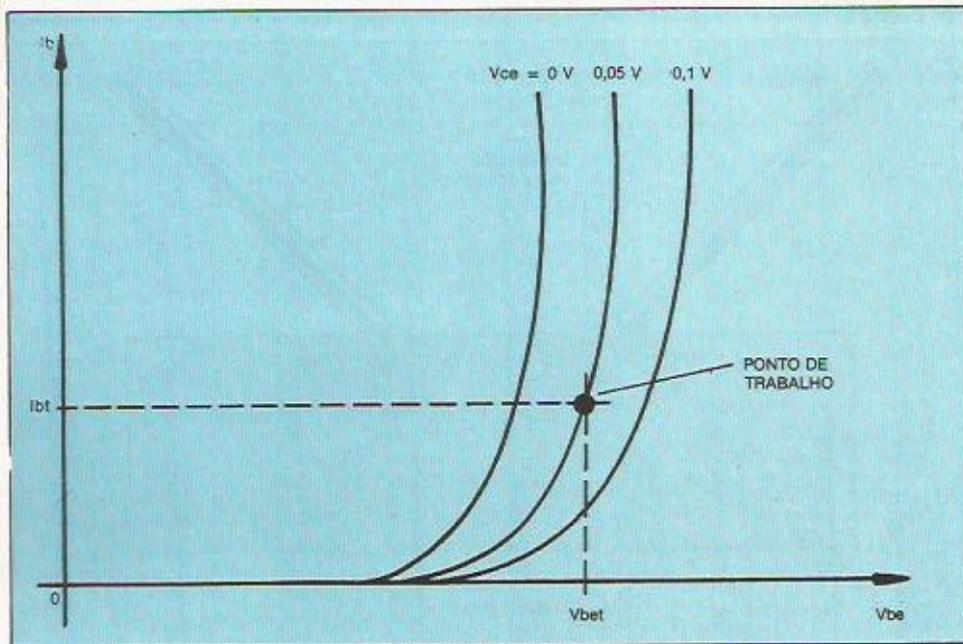


ACIMA: tipos de transistores bipolares de média e grande potência.

cas de entrada e curvas características de saída. As curvas de entrada (figura 1) exprimem graficamente a relação entre a corrente de base (I_b) e a tensão base-emissor (V_{be}), com uma tensão coletor-emissor (V_{ce}) constante. Com o auxílio destas curvas, é possível determinar a corrente que circula pela base quando se aplica uma ten-

são entre a base e o emissor (estas curvas correspondem às curvas de um diodo polarizado diretamente). Podemos verificar, então, que existe um valor da tensão de entrada, abaixo do qual a corrente circulante é praticamente nula. Este valor é de 0,3 V para um transistor bipolar de germânio e de 0,6 V para um de silício.

Figura 1. Curvas características de entrada de um transistor bipolar emissor comum. É demonstrado o ponto de trabalho para uma tensão base-emissor V_{beT} .



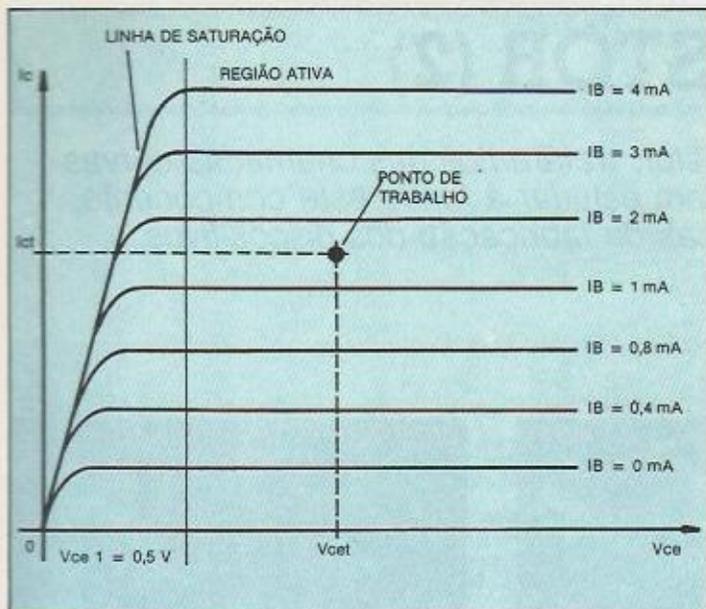


Figura 2. Curvas características de saída de um transistor bipolar emissor comum. Pode-se notar que o ponto de trabalho corresponde à corrente I_{ct} e à tensão V_{cet} .

A partir das curvas de entrada podemos deduzir a resistência de entrada do transistor. Para isso, observa-se que, quando a tensão base-emissor (V_{be}) for aumentada, a corrente de base (I_b) também aumenta. A resistência de entrada é obtida dividindo-se o incremento de tensão pelo incremento observado na corrente, ou seja: Resist. de entrada = Incremento de V_{be} / Incremento de I_b . A curva de saída (figura 2) exprime a relação entre a corrente do coletor (I_c) e a tensão coletor-emissor (V_{ce}), considerando como constante a corrente de base (I_b). Nor-

malmente desenha-se uma série de curvas, uma para cada um dos valores atribuídos a I_b . Esses valores são indicados junto à curva correspondente. Na figura 2, pode-se notar que, depois de um certo valor V_{ce1} da tensão coletor-emissor, a corrente de coletor é independente da tensão V_{ce} . Abaixo desse valor, no entanto, acontece exatamente o oposto: a corrente I_c aumenta rapidamente quando há pequenos aumentos de tensão V_{ce} . A tensão em que isto ocorre é da ordem de 0,5 V. A região do gráfico onde a corrente I_c é constante chama-se **região ativa**.

Figura 4. Esquema da estrutura de um transistor fabricado com a técnica de contato por pontos.

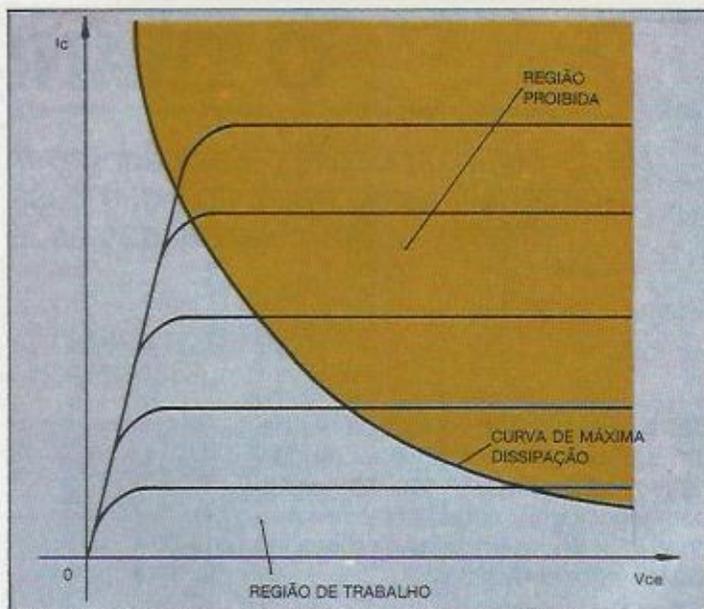
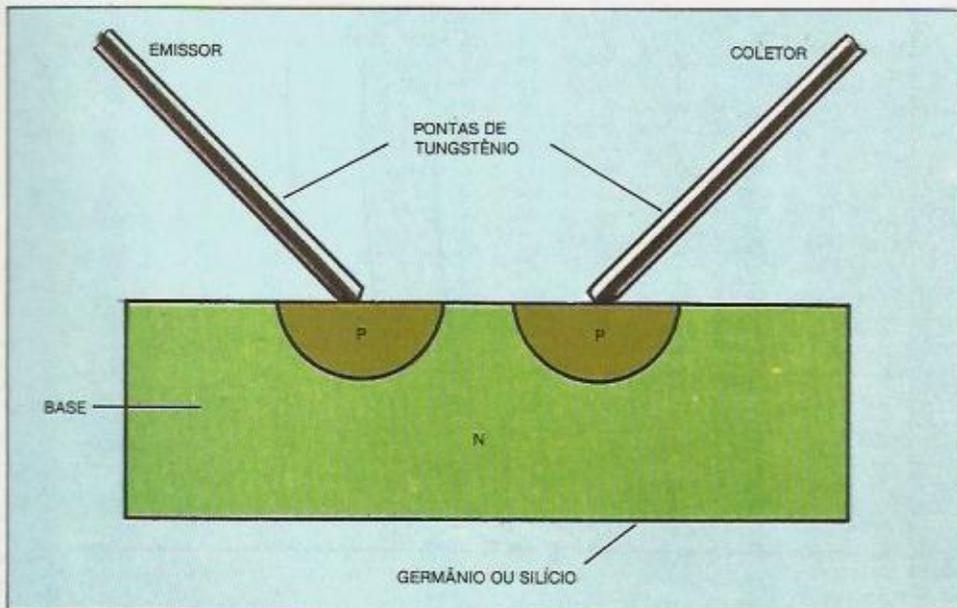


Figura 3. Curva de máxima dissipação de potência. O transistor deve trabalhar necessariamente fora da região superior delimitada pela curva.

Ela representa a região normal de utilização do componente como amplificador, caso em que a corrente I_c depende quase exclusivamente da I_b . A partir das curvas na região ativa, calculamos o ganho de corrente (β) do transistor, assim como sua resistência de saída. Basta considerar, para isso, o aumento de I_c frente ao aumento de V_{ce} para I_b constante e dividir, como no caso precedente, o incremento de tensão pelo incremento de corrente, ou seja: Resist. de saída = Incremento de V_{ce} / Incremento de I_c .

Como essas curvas são praticamente horizontais, a resistência de saída será muito alta, conseqüência previsível pelo fato de termos uma junção polarizada inversamente (base-coletor). Combinando as curvas de entrada e de saída obtemos a resposta do transistor a um sinal aplicado em sua base. As curvas definem para cada transistor uma série de valores máximos para cada um dos parâmetros. Esses valores não devem ser excedidos durante o funcionamento. São eles:

- Máxima tensão coletor-emissor para $I_b = 0$, V_{ce0}
- Máxima tensão emissor-base inversa, V_{eb}
- Máxima corrente de coletor, I_c
- Máxima potência dissipada, P_d ou P_{tot}

Esse parâmetro (P_d ou P_{tot}) pode ser calculado multiplicando-se a corrente de coletor (I_c) pela tensão coletor-emissor V_{ce} ; depois, é só verificar se o va-

lor de Pd ou Ptot fornecido pelo manual não foi ultrapassado. A curva de máxima dissipação de potência (figura 3) pode ser traçada a partir de sua sobreposição nas curvas características de saída. Delimita-se, assim, o campo em que o transistor pode funcionar sem se danificar.

Outro fator importante quando empregamos o transistor como amplificador de alta frequência é a **freqüência de corte**. Este parâmetro define o comportamento do transistor quando aumentamos a freqüência do sinal de entrada a partir de um valor baixo, considerando sempre o comportamento do ganho de corrente obtido. O ganho decresce a partir de um valor constante, podendo atingir valores muito baixos. A freqüência de corte é aquela na qual o ganho se reduz a um valor equivalente ao inicial multiplicado por 0,7. Esta freqüência é chamada **freqüência de corte do ganho de corrente** ($f\beta$). Existe um segundo valor particular de freqüência, chamado **freqüência de transição** (f_t). A freqüência de transição é definida como o produto do ganho de corrente pela freqüência de corte ($f\beta$). A freqüência de transição (f_t) também pode ser definida como a freqüência em que o ganho de corrente tem o valor 1.

As técnicas de fabricação

São diversas as técnicas para a fabricação de um transistor. A mais antiga — usada na construção do primeiro transistor bipolar da história — chama-se **contato por pontos**. Essa técnica consiste em fixar, por pressão, duas

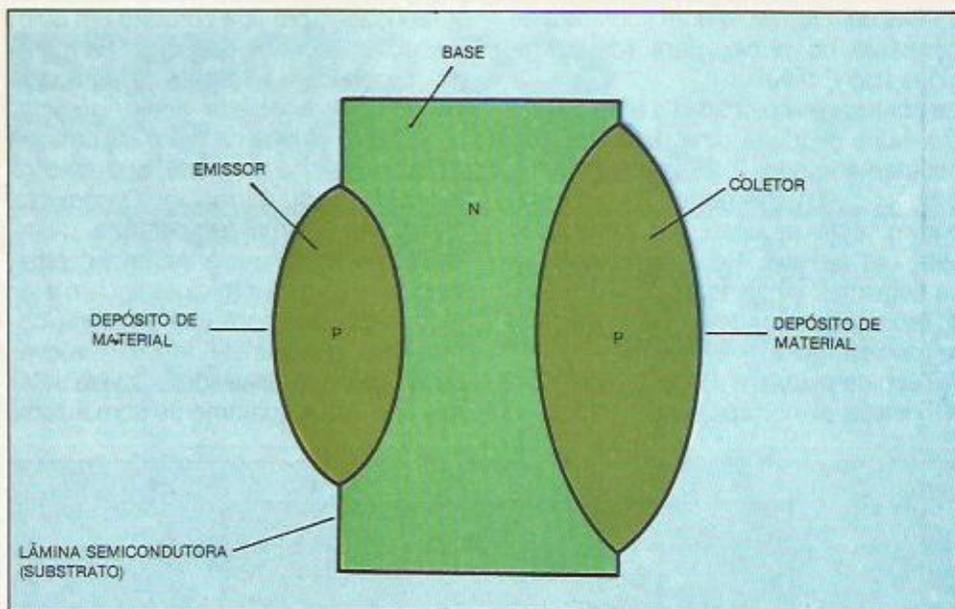


Figura 5. Esquema do corte de um transistor construído com a técnica por liga.

Figura 6. Esquema do corte de um transistor fabricado com a técnica mesa.

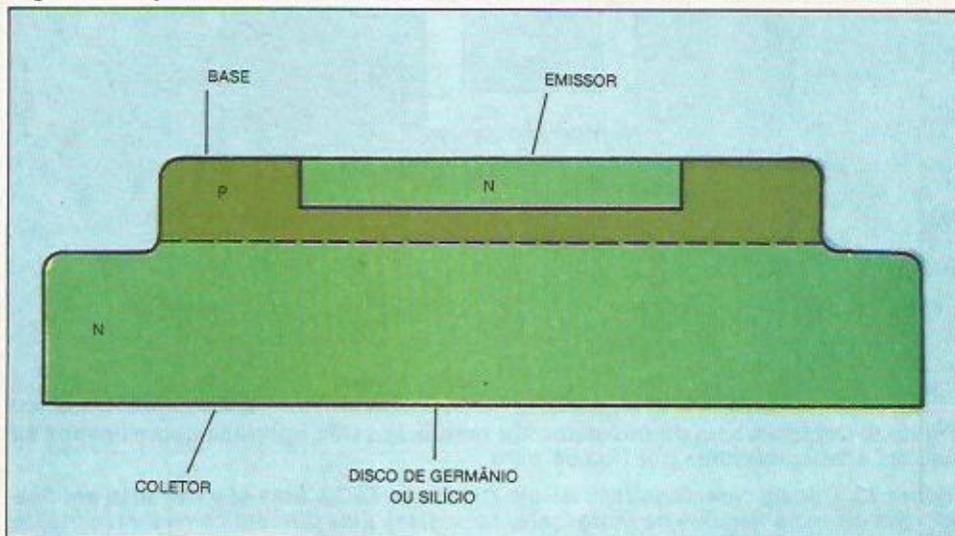


Figura 7. Esquema da estrutura de um transistor construído com a técnica planar.

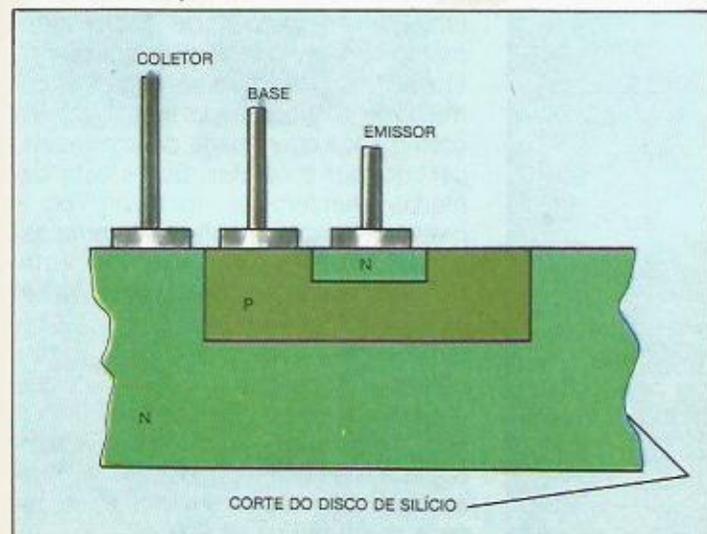
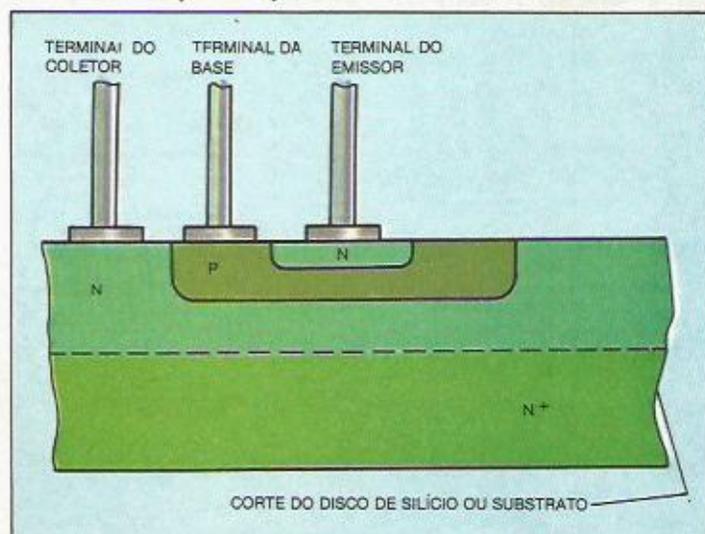


Figura 8. Corte esquematizado de um transistor produzido com a técnica planar epitaxial.



pontas de tungstênio num substrato de germânio ou silício, para formar regiões tipo P e N.

As pontas são colocadas a uma distância muito pequena uma da outra, normalmente inferior a 25 microns (1 micron = 0,001 milímetro). Atualmente, porém, este processo de fabricação está em desuso. Hoje, empregam-se as seguintes técnicas de construção:

- Técnica por liga (caindo em desuso)
- Técnica mesa
- Técnica planar
- Técnica planar epitaxial

A fabricação por liga consiste em colocar dois pequenos depósitos do material destinados a formar os eletrodos de emissor e coletor (índio, arsênio, etc.) sobre ambos os lados de uma lâmina muito fina de material semicondutor (silício ou germânio). O conjunto é exposto a uma temperatura muito elevada a fim de que o material depositado seja fundido e misturado com a lâmina semicondutora que funciona como base. Depois de frio, o material cristaliza-se e forma duas zonas laterais tipo P que, juntamente com a zona

central N, formam o transistor PNP. A técnica mesa utiliza o processo de difusão, que consiste na difusão sólida de impurezas no semicondutor. Para a fabricação do transistor parte-se de um disco fino de germânio ou silício, que constituirá o coletor. Este disco é levado a um forno de difusão, onde a 900°C (no caso do silício) faz-se passar um material gasoso sobre o disco. Se o disco for tipo N, o material gasoso deposita impurezas tipo P, que, por difusão sólida, penetram no disco. Dessa forma, obtém-se a base com uma espessura aproximada de 1 micron. Sobre a base forma-se o emissor por meio do sistema de fusão ou com uma segunda difusão. A forma final do transistor é de uma meseta, daí o nome da técnica.

A técnica planar baseia-se num procedimento fotolitográfico combinado com a ação de altas temperaturas. Parte-se de uma lâmina circular de silício tipo N, com diâmetro que pode atingir 150 milímetros (da qual obtemos cerca de 72000 transistores), que formará o coletor. Em seguida, expõe-se a lâmina a um processo de difusão de impurezas, com o objetivo de difundir sobre sua superfície uma certa quantidade de boro. Isso permite formar a base tipo P, com uma espessura de cerca de 3 microns. Sobre esta camada realiza-se uma nova difusão, de fósforo ou arsênio, para obter emissores tipo N.

Depois de concluídas as três regiões (NPN) e determinados os locais de contato de emissor, de base e de coletor, corta-se a lâmina e separa-se os transistores presentes na lâmina inicial (os 72000), montando-os separadamente e encapsulando-os.

A técnica planar epitaxial inicia-se com uma lâmina circular de silício fortemente dopado com impurezas tipo N. Em seguida, deposita-se uma fina camada de silício dopado tipo N, porém com menos quantidade de impurezas, para formar o coletor. Sobre esta camada, difundem-se impurezas tipo P para formar a base. Mediante uma segunda difusão operada sobre a camada tipo P, difundem-se, agora, impurezas tipo N, para formar o emissor. Esta técnica diferencia-se da técnica planar pela reduzida espessura do coletor que é propiciada pela camada epitaxial. Essas tecnologias são utilizadas também para a fabricação de diodos. Nesse caso, o processo termina ao se obter a primeira junção P-N.

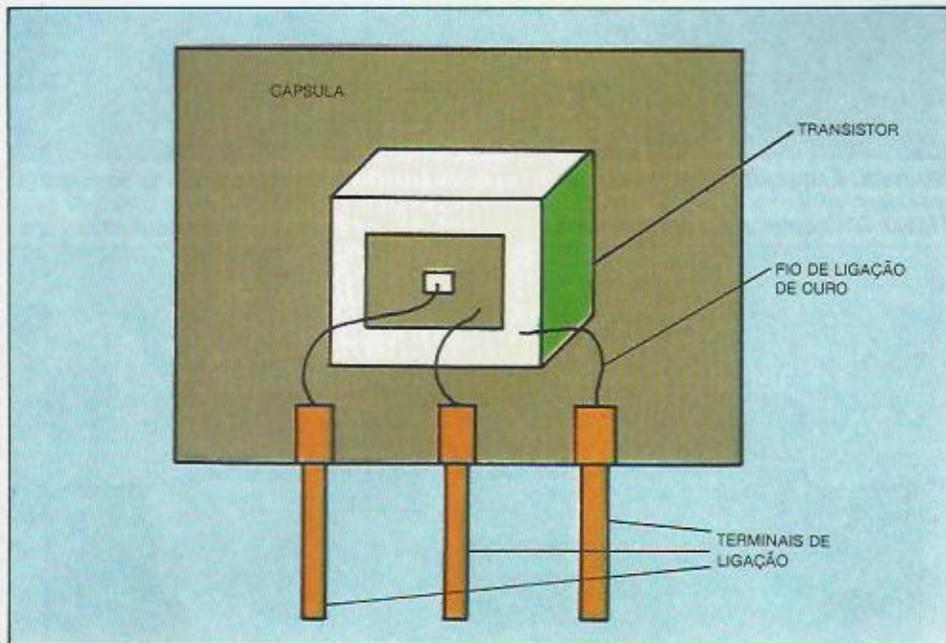
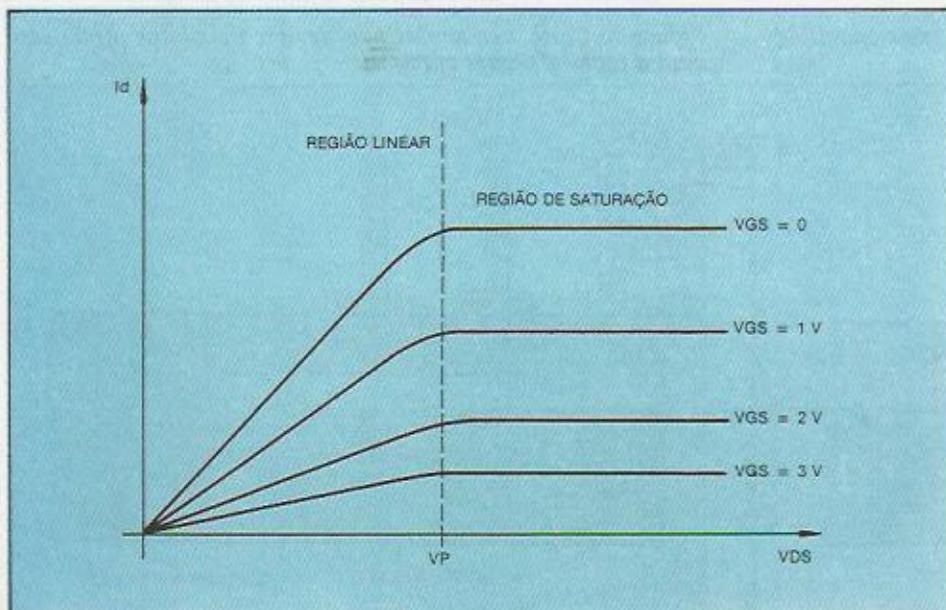


Figura 9. Detalhamento do transistor. Os terminais serão oportunamente ligados às regiões semicondutoras por fios de ouro.

Figura 10. Curvas características de um transistor TECJ. Elas são traçadas em função das diversas tensões de porta (gate, em inglês). Elas diferem consideravelmente das curvas de um transistor bipolar.



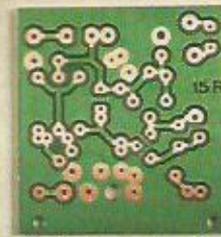
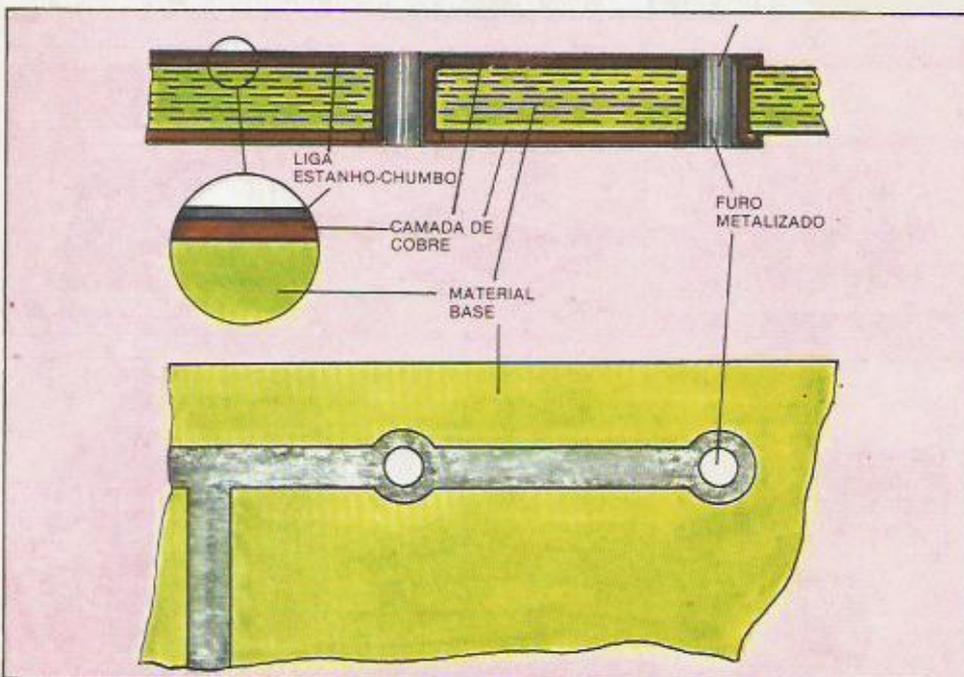
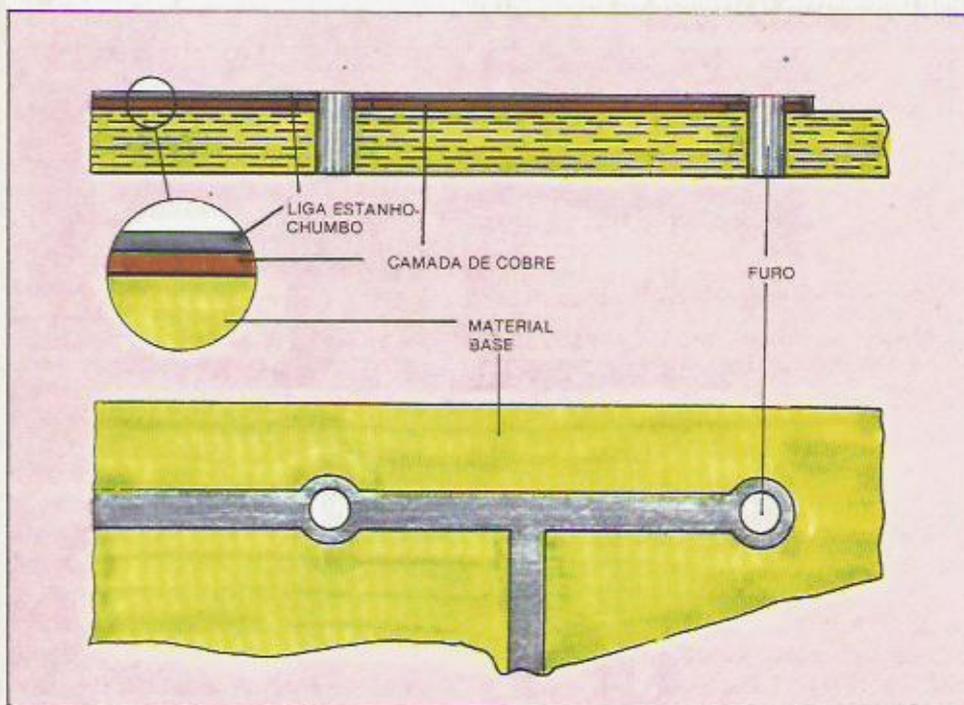
CONSTRUÇÃO DOS CIRCUITOS IMPRESSOS

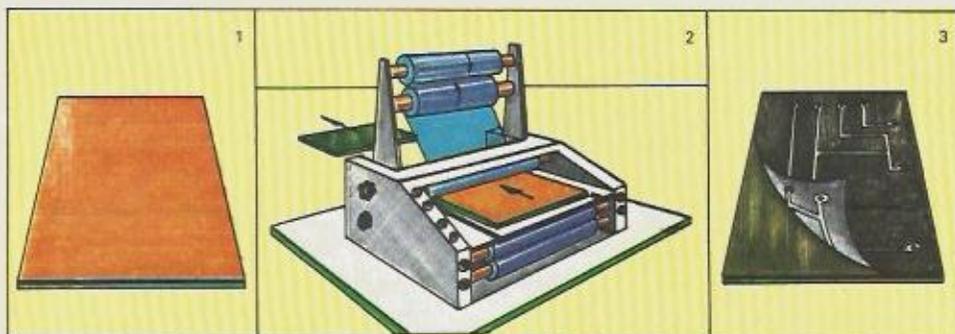
Já vimos a construção mais simples dos circuitos impressos. Existem, todavia, métodos mais sofisticados que não podem ser reproduzidos em casa. Mas, como têm grande importância na indústria eletrônica, vale a pena conhecer as várias etapas e os processos mais comuns de fabricação desses circuitos.

Nos capítulos iniciais, discutimos a construção dos circuitos impressos da forma mais simples possível, partindo de uma lâmina de fenolite ou de fibra de vidro cobreada. Existem, todavia, métodos mais sofisticados para a fabricação de um circuito impresso. Eles exigem máquinas impróprias para um simples **hobby**, além de serem muito dispendiosos. Mas, sem dúvida, é bastante interessante, para quem se dedica ao estudo de eletrônica, conhecer essas técnicas de construção.

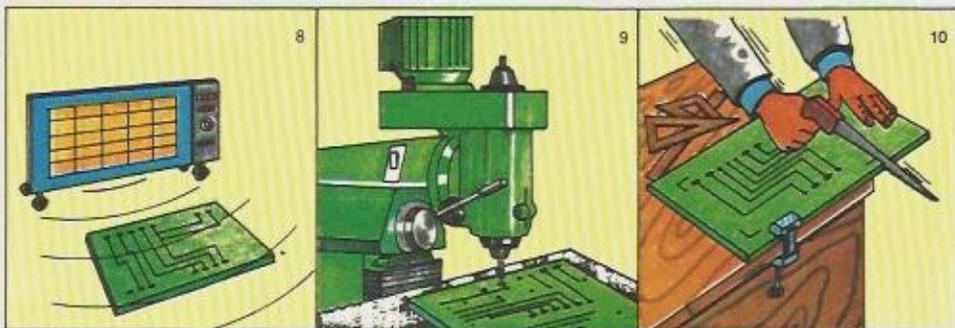
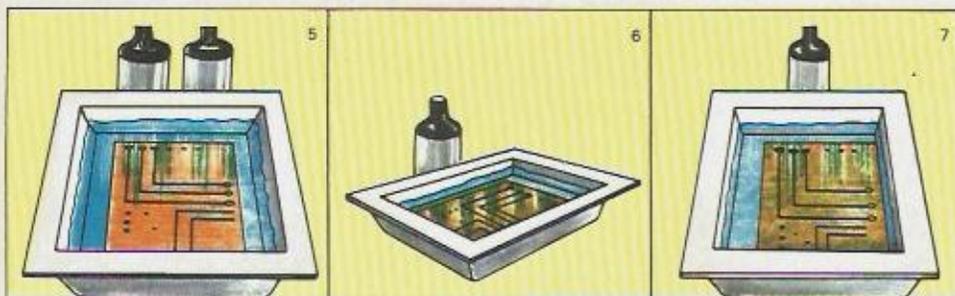
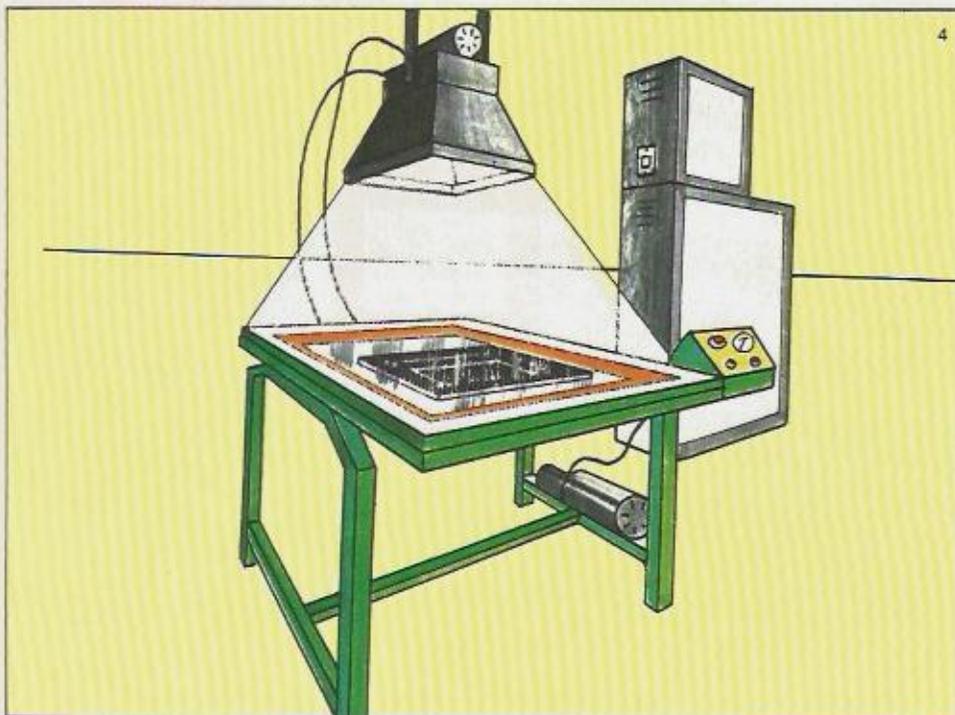
Os circuitos impressos construídos por processo industrial podem utilizar uma só ou ambas as faces da placa, podendo haver **circuitos de uma face** e **cir-**

À DIREITA: no alto, corte de um circuito impresso de uma face; embaixo, corte de um circuito de duas faces. ABAIXO: circuitos impressos de uma face vistos do lado da solda e do lado da montagem dos componentes.





Etapas principais da fabricação de um circuito impresso de uma face: 1) Placa com folha de cobre. 2) Emulsão fotográfica em forma de rolos. 3) Sobreposição da máscara fotográfica. 4) Exposição à luz da placa com máscara. 5) Revelação. 6) Corrosão da região descoberta. 7) Retirada da emulsão fotográfica. 8) Enxugamento. 9) Furação. 10) Corte nas dimensões desejadas.



cuitos de duas faces. Em aplicações modernas são empregados também **circuitos multicamadas (multi-layer).** Depois de efetuado o desenho das trilhas e dutos que vão fornecer as ligações dos componentes do circuito de um determinado aparelho (**layout**), tira-se um negativo fotográfico, chamado máscara de fotolito. As trilhas que no **layout** estavam em preto ficam claras no negativo fotográfico, enquanto o resto do desenho fica escuro. A partir daí, diferem-se os procedimentos para os circuitos de uma e para os circuitos de duas faces.

No primeiro caso, recobre-se a face de cobre da placa com uma emulsão fotossensível e sobrepõe-se a máscara de fotolito obtida anteriormente. Em seguida, o conjunto é exposto, por um certo tempo, à luz solar ou à luz de uma lâmpada especial ultravioleta. Dessa forma, expõe-se à luz somente a parte da emulsão que está embaixo das partes claras da máscara, que correspondem às trilhas da placa de circuito impresso.

Depois, inicia-se um processo de revelação. Nele é eliminada a parte da emulsão não exposta, deixando cobertas as regiões correspondentes às trilhas condutoras.

Terminado o processo fotográfico, expõe-se a placa à corrosão do cobre, isto é, à ação de uma solução química, de percloro ferroso e água, por exemplo. Essa operação tem por finalidade retirar completamente o cobre que ficou exposto.

Uma vez transportada a configuração das interligações sobre a placa, graças à retirada do cobre exposto, remove-se com um solvente a emulsão fotossensível que cobre as trilhas e enxuga-se o circuito. A seguir, passa-se à fase de furar os pontos onde serão inseridos os terminais dos componentes. A furação é feita por uma furadeira elétrica manual ou automática.

A operação pode ser concluída nesse ponto. Porém, no caso de circuitos de alta qualidade, realiza-se um processo químico no qual é depositada uma camada de uma liga de estanho e chumbo sobre a superfície das trilhas. Essa camada serve para evitar a oxidação e proteger o cobre, facilitando com isso a operação de soldagem dos componentes. No fim do processo, a liga estanho-chumbo, depositada quimicamente, necessita ser refundida para se tornar mais uniforme.

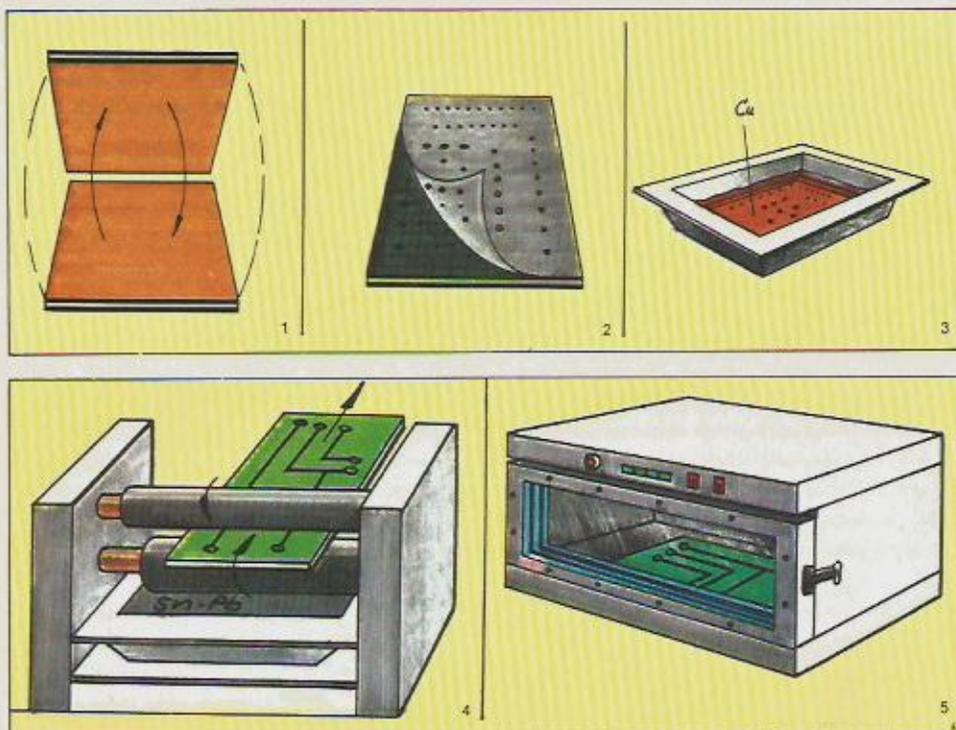
Para isso, o circuito é mergulhado em óleo fervente por alguns minutos. Depois de resfriado o circuito, as trilhas aparecem brilhantes e em condições favoráveis para a execução correta de cada tipo de soldagem e para as sucessivas operações de montagem.

Nos circuitos impressos de duas faces, a primeira etapa de fabricação consiste em furar todos os pontos e, em seguida, metalizar esses furos. Para esse fim, expõe-se a placa a um procedimento químico, durante o qual uma película de cobre é depositada sobre as paredes do furo. Depois vem o processo fotográfico, idêntico ao já descrito, mas sobre ambas as faces da placa. É preciso, nesse momento, muito cuidado para fazer coincidir perfeitamente as máscaras de cada face com os furos já feitos.

O processo químico de corte e de depósito da liga de estanho e chumbo é idêntico ao seguido para os circuitos de uma só face, com uma única diferença: a liga recobre também as paredes dos furos, que, assim, oferecem melhores condições para a soldagem dos terminais.

Os circuitos multicamadas são empregados apenas nos aparelhos que requerem, na placa de circuito impresso, um grande número de componentes e ligações em pouco espaço. É o alto custo que impede que estes circuitos sejam usados em outros casos.

Eles são formados por camadas ou folhas de cobre. Sobre elas são feitas as trilhas condutoras, separadas por ca-



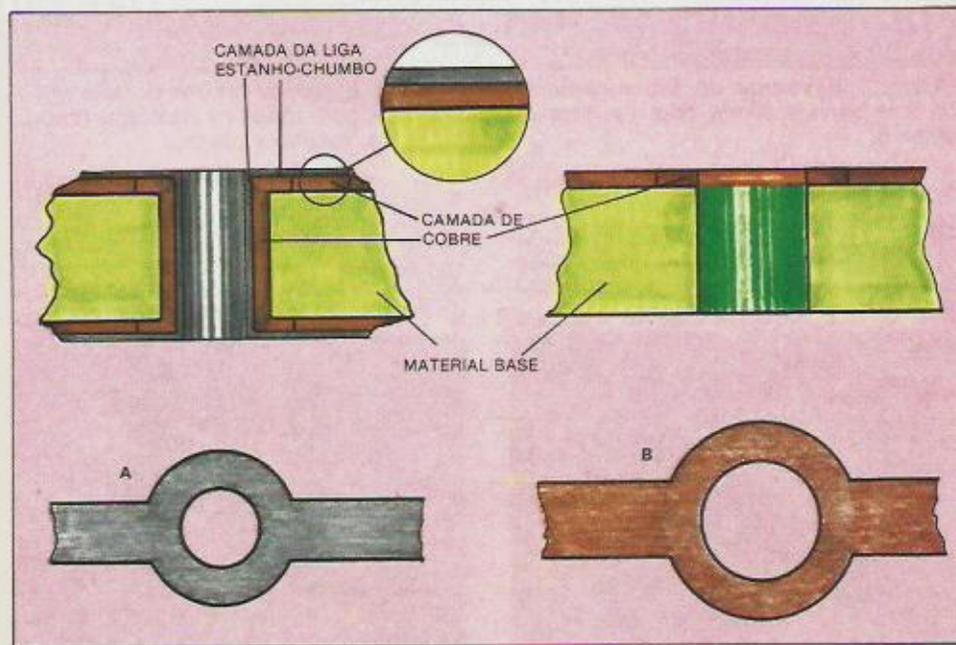
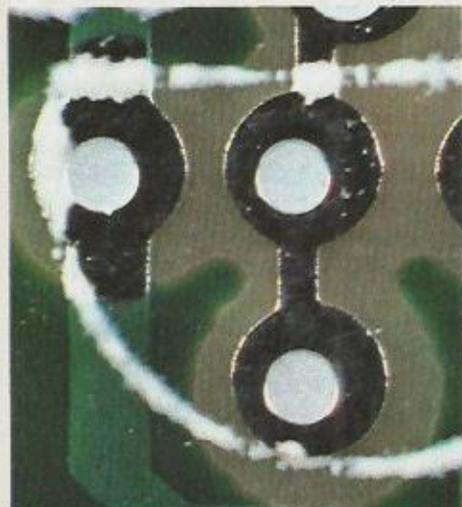
ACIMA: fabricação de um circuito impresso de duas faces. São mostradas apenas as fases do processo que não apareceram na construção de um circuito de uma face: 1) Placa de duas faces de cobre. 2) Configuração de furos. 3) Metalização dos furos. 4) Aplicação da liga estanho-chumbo. 5) Refusão feita em estufa.

madas de material isolante. As ligações entre as diversas camadas de cobre são possíveis graças aos furos metalizados que ficam situados em pontos cuidadosamente escolhidos. O conjunto é exposto à ação combinada de forte pressão e alta temperatura. O produto final tem um aspecto semelhante ao do circuito de duas faces, mas apresenta nas bordas uma estrutura laminar de-

corrente das diversas camadas que formam este tipo de circuito.

Todas as etapas para a elaboração de circuitos multicamadas devem ser realizadas com muito cuidado, pois, se houver alguma obstrução nas ligações entre as diversas camadas internas do cobre da placa, ela ficará inutilizada porque não há meio de se chegar a essa camada e consertá-la.

ABAIXO: furos metalizados cobertos pela liga estanho-chumbo. AO LADO: confronto entre os cortes de dois furos: A) o furo metalizado do circuito de duas faces; B) o furo do circuito de uma face.



AS VÁLVULAS

Desde que foram inventadas, no fim do século passado, as válvulas eletrônicas deram uma contribuição fundamental para o desenvolvimento da eletrônica. Você que já viu conosco a válvula de dois eletrodos — o diodo —, vai conhecer agora, entre outras, a válvula triodo, que tem como principal característica a presença de um eletrodo conhecido como grade.

A invenção das válvulas eletrônicas data do início do século, e a ela nós devemos grande parte do desenvolvimento da eletrônica em nossos dias. Afinal, as válvulas são as precursoras dos atuais transistores.

Nós já vimos anteriormente a válvula com dois eletrodos, o diodo, cuja principal função é a retificação da corrente alternada.

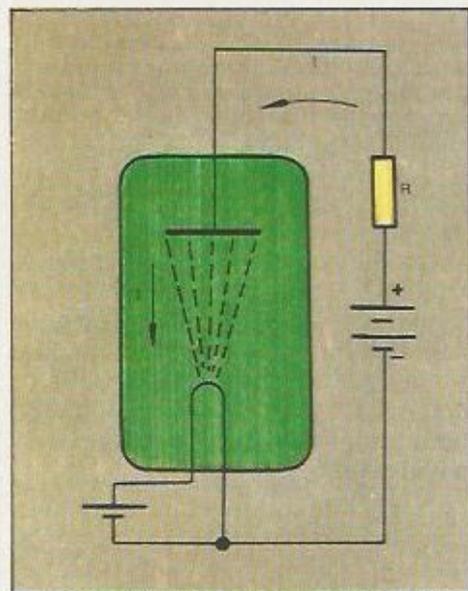


Figura 1. Esquema de funcionamento de uma válvula diodo com resistor de carga R.

ABAIXO: válvula triodo C347; um modelo de grandes dimensões, que foi bastante empregado em sua época (décadas de 30 e 40).



Você vai conhecer agora o funcionamento de outras válvulas.

A válvula **triodo** é um componente formado por um diodo acrescido de um novo eletrodo, chamado **grade**, localizado entre o cátodo e o ânodo. A corrente da válvula é constituída por elétrons emitidos pelo cátodo por efeito termoiônico, que atravessam a grade para alcançar o ânodo.

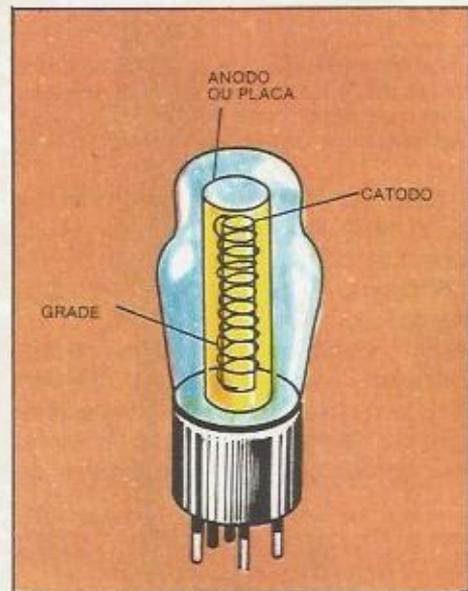


Figura 2. Estrutura interna de uma válvula triodo, com todos os eletrodos (ânodo ou placa, cátodo e grade).

ABAIXO: outro modelo de válvula triodo, da mesma época, de formato menor.



Por isso, se aplicarmos ao terminal externo da grade uma certa tensão negativa com relação ao cátodo, a corrente será influenciada.

Se a tensão for muito negativa, sua influência sobre a corrente será tão grande que impedirá a passagem de elétrons. Isso ocorre devido à repulsão eletrostática que se cria entre a grade e os elétrons, que também têm carga negativa.

Se tornarmos a tensão de grade menos negativa, a corrente começará a circular, atravessando a grade.

Quando a tensão de grade passa de negativa a positiva, nós temos uma certa corrente de grade, pois esta, agora positiva, atrai elétrons.

Se, a partir desse momento, continuarmos a aumentar a tensão, a corrente que atinge o ânodo se estabiliza (ou até decresce), pois a grade atrai uma parcela cada vez maior da corrente.

Em resumo, nós podemos afirmar que este novo eletrodo (a grade) controla, mediante a aplicação de uma certa tensão, a corrente entre cátodo e ânodo da válvula.

Se a tensão aplicada à grade é um sinal elétrico, nós podemos modular a intensidade da corrente anódica, segundo a variação do mesmo sinal. Sobre um resistor ligado externamente ao ânodo, essa corrente produz uma tensão variável, de forma semelhante ao sinal de entrada, mas de maior amplitude. Dessa maneira, nós obtemos uma amplificação.

É possível definir um fator que exprima a maior amplificação possível numa dada válvula. Para isso, basta dividir a variação encontrada na tensão do ânodo pela variação da tensão de grade, mantendo constante a corrente de ânodo. Esse coeficiente é representado pela letra grega μ (mu).

Coeficiente de amplificação (μ)

$$\mu = \frac{\text{Variação da tensão do ânodo}}{\text{Variação da tensão de grade}}$$

mantendo-se constante a corrente de anodo.

Normalmente, os valores deste coeficiente variam entre 2,5 e 100. Se a tensão de grade for mantida constante e observarmos a variação da tensão do anodo quando a corrente desse elemento varia, nós podemos calcular a resistência interna do triodo, que é também denominada **resistência de placa** (anodo).

Resistência de placa (R_p)

$$R_p = \frac{\text{Variação da tensão de placa}}{\text{Variação da corrente de placa}}$$

Este valor é compreendido entre 500 Ω e 100 Ω .

Para definir o comportamento de um determinado tipo de triodo, utilizamos curvas características que ilustram a variação da corrente anódica em função da tensão aplicada na grade e no anodo.

Essas curvas são chamadas de **curvas características anódicas** ou **curvas características entrada-saída**, e são empregadas para determinar um **ponto de funcionamento** ideal do triodo para uma aplicação específica.

Suponha, por exemplo, que você vá empregar o triodo como amplificador, segundo a figura 5, com uma tensão de alimentação $+V = 300$ V.

O ponto de funcionamento ideal é obtido com uma tensão de placa de 150 V, pois sobre o resistor de carga R_p de 50 K deve haver uma tensão de 300 V - 150 V = 150 V; a corrente anódica ou de placa deve ser igual a

$$I_p = \frac{150 \text{ V}}{50 \text{ K}} = 3 \text{ mA}$$

Consultando a curva característica, podemos verificar que, a estas condições, é associada uma tensão de grade de $V_g = -6$ V, referente ao catodo. Tendo esta tensão definida, e utilizando um esquema denominado autopolarização, que está na figura 5, podemos obtê-la colocando um resistor entre catodo e massa.

Por esse resistor circula a corrente de catodo, de modo que a tensão do catodo se torna $+6$ V positiva em relação à massa. Unindo então a grade à massa, através de um resistor de valor elevado, nós impomos a tensão de massa à grade. Como a massa é negativa em relação ao catodo, a grade também se torna negativa em relação ao catodo.

Com o resistor de grade elevado, qualquer corrente de elétrons que eventualmente saísse da grade tornaria esse elemento ainda mais negativo, repelindo com maior energia novos elétrons que incidissem na grade.

O valor do resistor que une a massa ao catodo é calculado dividindo-se a tensão desejada pela corrente de catodo da válvula.

$$R_c = \frac{V_c}{I_p} = \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ mA}} = 2 \text{ K}\Omega$$

O resistor R_g , além da função de polarização de grade, também opera como resistor de fuga para os elétrons, principalmente no momento em que a grade se torna positiva em relação ao catodo, devido ao sinal aplicado, estabelecendo-se, nessas condições, uma corrente de grade.

Usando o triodo como ponto de partida e acrescentando novos eletrodos, nós criamos novos tipos de válvula: tetrodo, pentodo, hexodo, heptodo, etc.

Existem ainda as válvulas duplas contidas em uma ampola de vidro, cujas combinações mais comuns são o diodo/triodo e o triodo/pentodo. A válvula tetrodo tem uma grade adicional, chamada **grade auxiliar**, próxima ao anodo, que tem a função de reduzir a capacidade parasitária existente entre a grade de comando (primeira grade, que já havia no triodo) e o anodo.

Em um triodo normal, essa capacidade é de 10 pF, mas, graças à grade auxiliar, ela se reduz a um milésimo do valor original, facilitando o uso da válvula em alta frequência. Na válvula pentodo se interpõe uma grade posterior, entre a grade auxiliar e o anodo, chamada **grade supressora**.

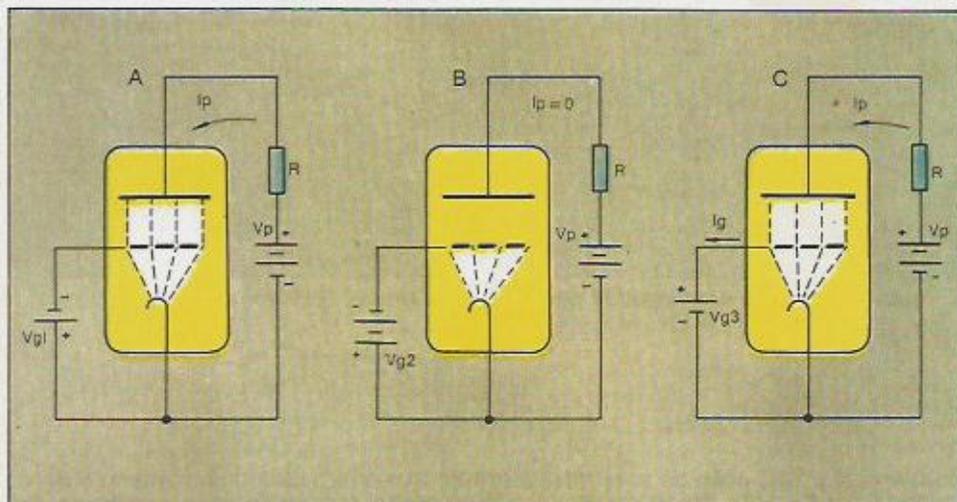


Figura 3. Funcionamento do triodo com diferentes tensões de grade: A) polarização normal com leve tensão negativa de grade (V_{g1}); B) com o aumento da tensão de grade negativa (V_{g2}), a corrente de anodo ou placa é reduzida; C) caso a tensão de grade seja positiva (V_{g3}), surge uma corrente de grade.

ABAIXO: três tipos de válvula mais recentes. Da esquerda para a direita: CL4 (pentodo), ECH3 (triodo/hexodo) e AF7 (pentodo). Os terminais superiores correspondem à grade. São das décadas de 50 e 60.



ABAIXO: com o tempo, as válvulas diminuíram de tamanho e acumularam funções num mesmo componente. Da esquerda para a direita, vemos uma 6Q7, uma 12SQ7 e uma 6SQ7. São das décadas de 50 e 60.



COMPONENTES

Para entender a função da grade supressora, é necessário analisar o que acontece quando os elétrons alcançam a placa em alta velocidade. Chocando-se com os elétrons presentes na placa, aqueles elétrons fornecem a estes a energia suficiente para que possam deixar a placa, dando origem, dessa maneira, a uma emissão secundária de elétrons.

Os elétrons secundários emitidos pela placa podem ser recolhidos pela grade auxiliar. Por isso, em determinadas condições, nós temos aumento da cor-

rente da grade auxiliar e diminuição da corrente de placa.

As curvas características de uma válvula tetrodo mostram certas regiões com distorções no sinal amplificado.

A grade supressora, ligada ao catodo, elimina os efeitos da emissão secundária, pois sua tensão será suficientemente negativa para impedir a passagem dos elétrons secundários. As grades adicionais das válvulas hexodo e heptodo são empregadas como grades de controle misturador, para obtermos efeitos de modulação dos sinais.

Hoje, o uso das válvulas foi consideravelmente reduzido, por causa do aparecimento dos transistores, que têm menores dimensões. Como não exigem aquecimento de catodo, os transistores funcionam com mais eficiência e confiabilidade. Em baixas potências, eles operam com pequenas tensões e correntes. Em potências elevadas, essas tensões e correntes atingem também valores elevados. São comuns, por exemplo, transistores TEC V-MOS com 500 V de dreno e com correntes de até 10 A.

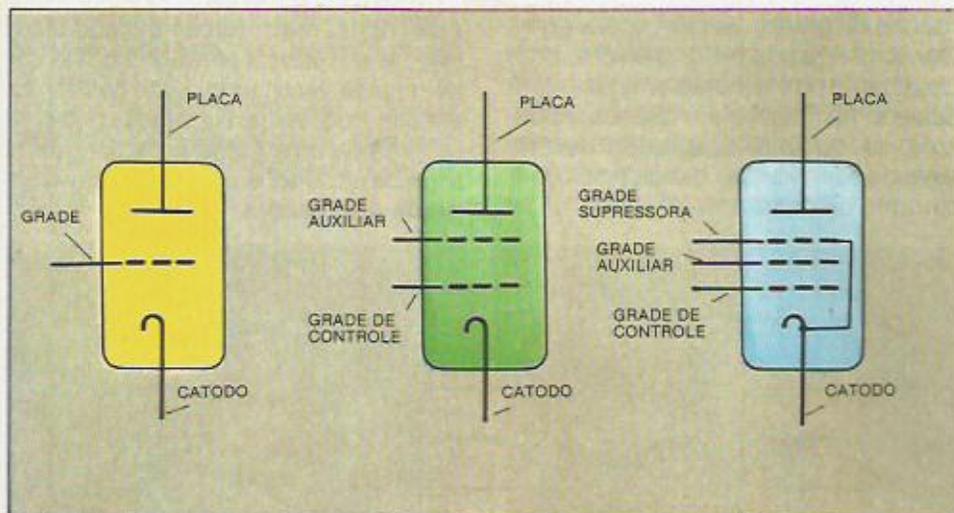
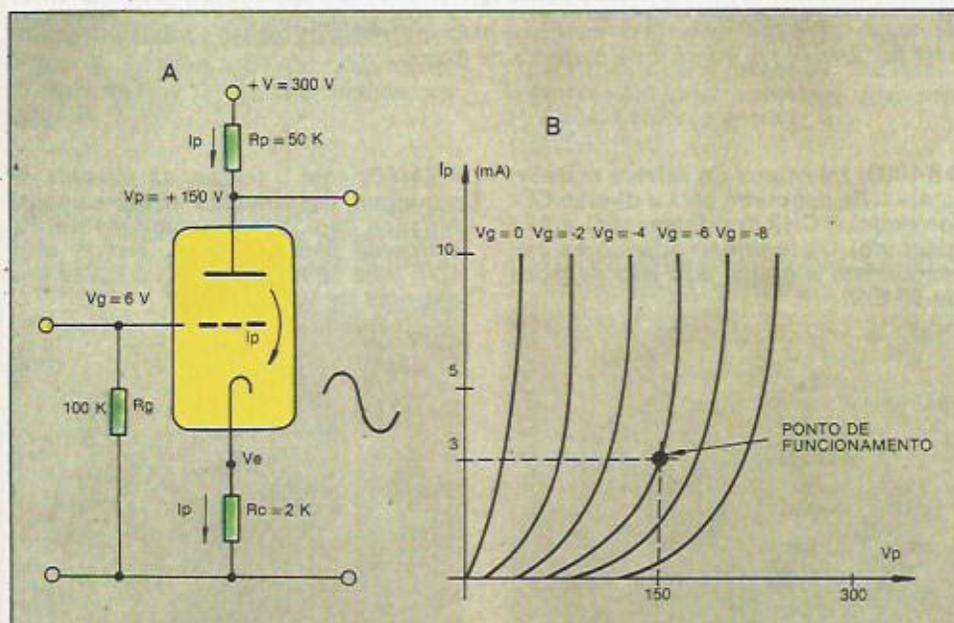


Figura 4. Símbolos empregados para a válvula triodo, tetrodo, pentodo.

Figura 5. A polarização de uma válvula triodo: A) o ponto de funcionamento é determinado por R_g , R_p e R_c ; B) representação do ponto de funcionamento sobre as curvas características.

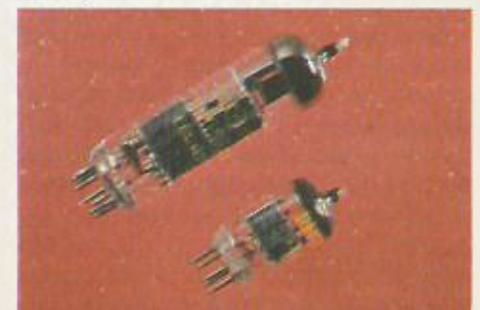


ACIMA: válvulas empregadas em alguns aparelhos no início da década de 70. São os modelos PL36 e PL504 (duplo pentodo), comumente usados nos circuitos em deflexão horizontal.



ACIMA: fica evidente a progressiva miniaturização dos componentes eletrônicos. Da esquerda para a direita, os seguintes modelos: 75 (duplo diodo-triódio), 12SQ7 (duplo diodo-triódio), PCF80 (triódio-pentodo), EAA91 (duplo diodo) e, finalmente, um transistor com cápsula TO-5.

ABAIXO: alguns modelos de válvula: ECC85 (duplo triódio) e EAA91 (duplo diodo).



OS TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS: BRANCO/PRETO E EM CORES

O funcionamento do tubo de raios catódicos, utilizado em televisores, é muito parecido com o das válvulas. Primeiro vamos apresentar os tubos monocromáticos e, em seguida, falaremos dos cinescópios em cores.

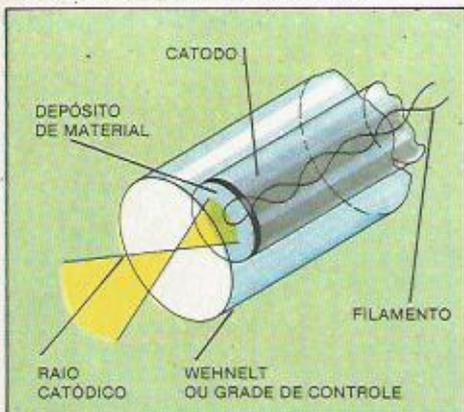


ACIMA: tubo de raios catódicos monocromático (branco e preto).

ABAIXO: vista traseira de um cinescópio. O ângulo de deflexão é de 110°.



Figura 2. Disposição do filamento, do catodo e da grade de controle.



O tubo de raios catódicos é um dos componentes fundamentais de qualquer televisor, já que tem a função de reproduzir na tela as imagens obtidas através dos sinais elétricos presentes na sua entrada. Externamente, seu aspecto é o de uma estrutura de vidro com uma extremidade cônico-piramidal cuja base, que constitui a tela, apresenta

uma ligeira curvatura; na extremidade oposta temos uma zona cilíndrica, que é chamada "colo" ou "pescoço" do tubo. Na parte terminal do colo ficam localizados o canhão eletrônico e o soquete de ligações. O tubo é composto de quatro partes principais:

- Canhão eletrônico ou emissor de raios catódicos

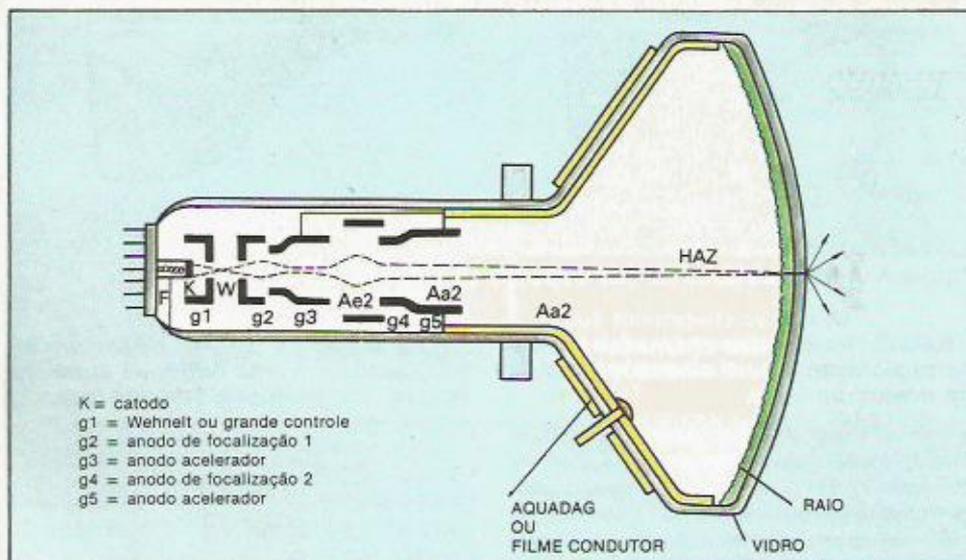
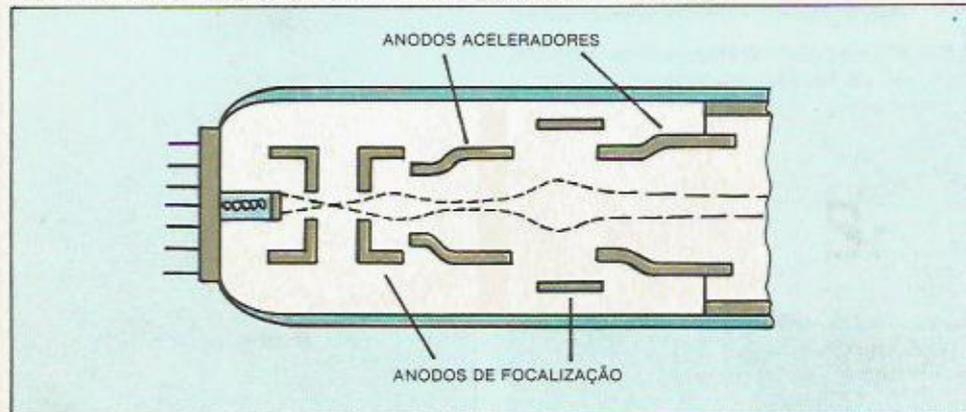


Figura 1. Corte longitudinal de um tubo de raios catódicos monocromático.

Figura 3. Disposição dos anodos de focalização e aceleração.



COMPONENTES

- Grade de controle
- Grades e anodos de focalização e aceleração
- Tela fluorescente

O canhão eletrônico é formado de um filamento de tungstênio, que atinge temperatura elevada quando lhe é aplicada a tensão de aquecimento. É encerrado num cilindro metálico em cuja superfície externa fica depositado um material de baixa função de extração, isto é, capaz de emitir grande número de elétrons por **efeito termoiônico**.

O conjunto também é chamado de catodo, como o das válvulas. Os elétrons que se destacam do catodo devem

passar através de um segundo cilindro metálico, cuja função é semelhante à da grade de um triodo, denominado, por isso, de grade de controle, que os concentra de modo a formar um feixe, graças à aplicação de uma tensão negativa em relação ao catodo.

Existem ainda quatro anodos de aceleração e focalização, também cilíndricos, mas de secção variável. Quando um feixe de elétrons passa de uma região — em que existe um determinado potencial elétrico (a grade de controle) — para outra, cujo potencial é maior, o feixe tende a concentrar-se. Esse efeito é usado para obter a focalização.

Ao primeiro anodo (segunda grade) é aplicada uma tensão de cerca de 400 V, ao segundo (terceira grade), cerca de 16000 V (16 KV). Ao terceiro (quarta grade), aplica-se geralmente uma tensão variável entre 0 e 400 V, enquanto ao quarto (quinta grade) é aplicada novamente uma tensão de 16 KV.

A regulagem de foco é obtida, então, através destas variações de potencial e da tensão aplicada ao terceiro anodo. O segundo e quarto anodos desempenham também a função de acelerador dos elétrons, devido às suas elevadíssimas tensões. O último anodo é ligado eletricamente à camada metálica depositada na parede interna do tubo, na região cônico-piramidal, de modo a prolongar a sua ação até a proximidade da tela. Esta camada condutora é de grafite coloidal (aquadag).

Em seguida, uma outra camada também é aplicada sobre a parede externa do tubo, de modo a poder ser ligada à massa e formar um capacitor, cujo dielétrico é constituído pelo próprio vidro do tubo.

A parte interna da tela do tubo também é revestida por uma camada de um composto fluorescente que, quando recebe o impacto dos elétrons, emite luz. A quantidade de luz emitida depende da velocidade de incidência dos elé-

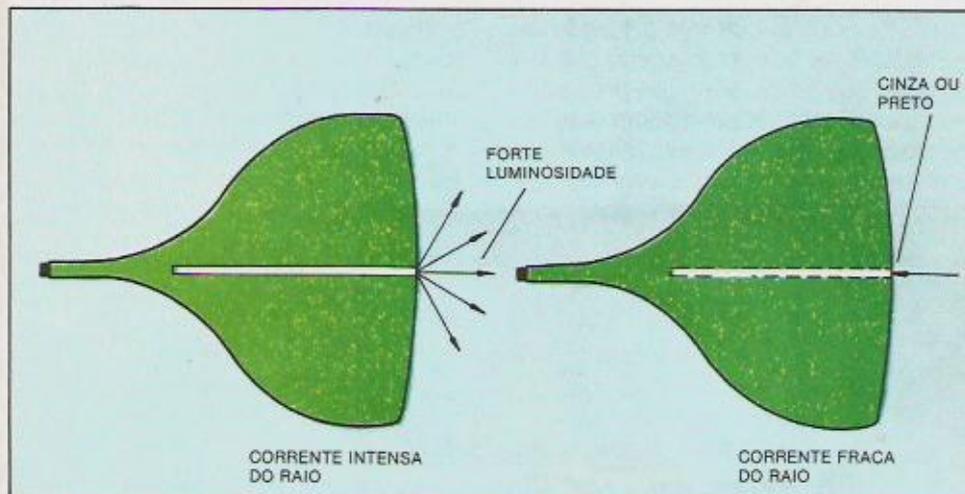


Figura 4. A luminosidade na tela depende da intensidade do raio catódico.

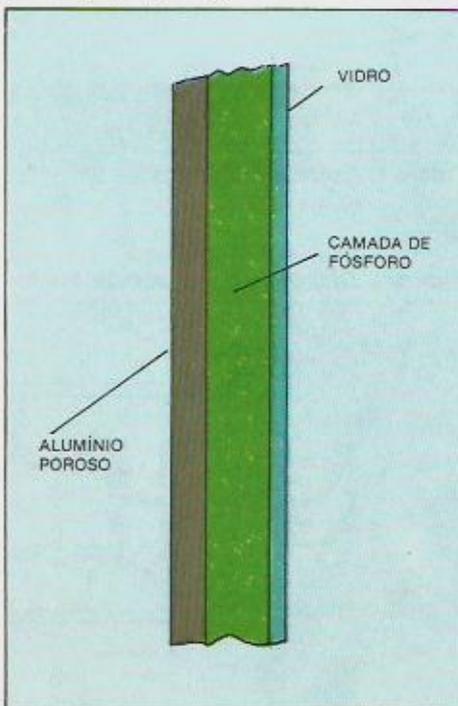
ABAIXO: detalhe das chamadas linhas de exploração de um cinescópio do tipo monocromático.



ABAIXO: detalhe bastante ampliado da camada de fósforo da tela.



Figura 5. Sobre a camada de fósforo da tela localiza-se uma outra, de alumínio poroso, que protege a tela dos íons.



ABAIXO: vista lateral do tubo de raios catódicos monocromático.



trons e da sua quantidade, além das características do composto fluorescente, determinadas pelo fabricante. Dentro do tubo é feito vácuo, mas isso não impede que permaneçam aí pequenas quantidades de ar, impossíveis de eliminar. Os átomos de ar propiciam a formação de íons positivos quando são aplicadas tensões ao tubo. Um íon é um átomo carregado positivamente ou negativamente, pela absorção ou emissão de um elétron. Os íons positivos dirigem-se para o catodo, que, sendo negativo em relação aos demais elementos, os atrai. Os íons negativos, ao contrário, dirigem-se

para a tela juntamente com os elétrons, produzindo no centro desta um ponto escuro, com efeitos danosos para a camada fluorescente. Portanto, recobre-se a parte interna da tela com mais uma camada bem fina de alumínio poroso em contato com a camada fluorescente. Isso permitirá a passagem dos elétrons, mas não dos íons, que é milhares de vezes maior. Existe, por fim, um fenômeno de repulsão dos elétrons que golpeiam a tela, devido ao efeito da **emissão secundária**, aqui também presente. A emissão secundária, tal qual acontecê nas válvulas, faz com que se forme uma nu-

vem de elétrons nas vizinhanças da tela, diminuindo a eficácia do feixe incidente de elétrons. No entanto, este inconveniente é eliminado pela superfície metálica interna que, tendo um alto potencial positivo, atrai e absorve esta nuvem eletrônica. A tela tem forma quase retangular, e a razão entre o lado mais longo e o mais curto, denominado **razão de aspecto** (ou razão de imagem), é igual a 4/3. O tamanho do cinescópio é definido pela diagonal da tela, expressa em polegadas. Existem diversos formatos padronizados; os mais comuns são os de 12, 17, 20 e 24 polegadas.

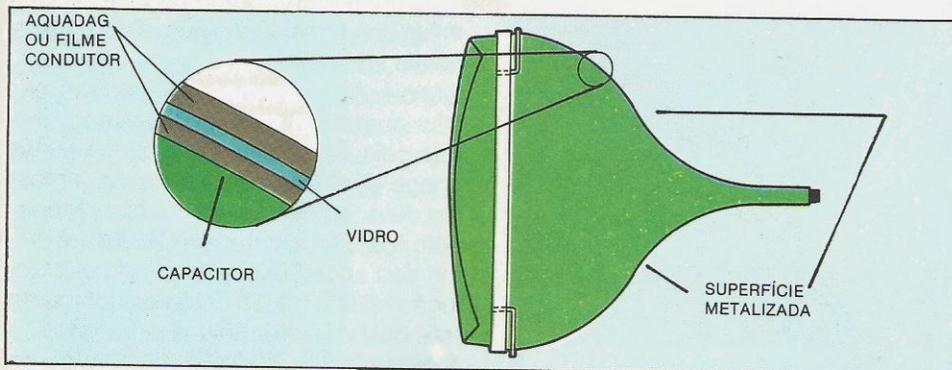


Figura 6. As camadas de filme condutor no interior e no exterior do tubo de raios catódicos formam um capacitor.



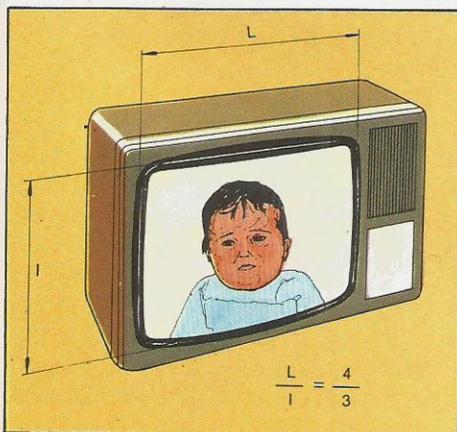
ACIMA: detalhe da extremidade do colo do tubo. Aqui você pode ver os terminais de ligação e o canhão eletrônico.



ACIMA: ponto de entrada da alta tensão, com o respectivo cabo dotado de uma ventosa apropriada para a fixação.

ABAIXO: as telas dos vários tipos de televisor têm sempre entre a largura e a altura uma razão igual a 4/3.

ABAIXO: o tamanho da tela é determinado pelo comprimento da sua diagonal, expresso em polegadas.



Qual é a função da grade de controle do cinescópio?

Sua função é controlar e regular a intensidade do feixe de elétrons emitido pelo catodo.

Com que tensão se polariza a grade de controle em relação ao catodo?

Com uma tensão negativa, a fim de impedir que uma corrente circule através deste eletrodo, e também para dar início à focalização do feixe de elétrons.

Como se obtém a regulagem de foco de um feixe de elétrons?

Fazendo-os atravessar regiões com potenciais elétricos diferentes, que têm função semelhante à das lentes de um sistema óptico normal.

O que aconteceria se os íons negativos alcançassem uma tela sem a proteção da camada de alumínio?

Eles poderiam destruir a camada de fósforo fluorescente porque, tendo dimensões muito maiores que as dos elétrons, esses íons produziriam um impacto excessivamente forte.

O que é a emissão secundária?

Os elétrons do raio catódico, fortemente acelerados, transferem a sua energia aos átomos de fósforo no momento do impacto; estes se excitam, emitindo, por sua vez, outros elétrons. Este fenômeno é a emissão secundária.

Os materiais depositados no catodo que emitem os elétrons podem esgotar-se?

Sim, mas depois de um período de tempo muito longo, superior à vida média de um televisor. Este fenômeno também ocorre nas válvulas eletrônicas.

COMPONENTES

A alta tensão necessária para a aceleração dos elétrons é gerada pelos circuitos do televisor, e o capacitor, formado pelo filme condutor do tubo, atua como filtro para esta tensão, tendo uma capacitância que varia, de acordo com o tubo, entre 50 e 2500 pF.

A imagem na tela é obtida modulando-se a intensidade do feixe de elétrons mediante o sinal de vídeo na entrada, aplicado ao catodo ou à grade de controle do tubo, de modo a produzir, em função desse sinal, correntes maiores

ou menores, que formarão, portanto, tons brancos ou pretos. Para obter a imagem completa, é necessário dotar o tubo de dispositivos eletromagnéticos capazes de dirigir o feixe de elétrons de modo que ele percorra toda a superfície da tela. Este dispositivo é o **conjunto de deflexão**, que é inserido no colo do tubo.

O efeito do conjunto de deflexão é semelhante ao produzido por um campo magnético sobre uma corrente que percorre um condutor, já que o feixe de

elétrons é uma corrente elétrica.

O conjunto de deflexão é formado de quatro bobinas, duas horizontais e duas verticais, montadas num anel de ferrite. As bobinas horizontais produzem o deslocamento ou deflexão vertical, enquanto as verticais geram a deflexão horizontal.

Sem dúvida nenhuma, a pesquisa do sistema de reprodução de imagens em cores em televisão foi um dos principais desafios que a tecnologia precisou enfrentar desde o seu nascimento até nossos dias. De todos os componentes, o cinescópico, por ser muito importante, foi o que mais evoluiu desde que foram dados, nos Estados Unidos, no início dos anos 40, os primeiros passos nesse sentido.

Depois dos sistemas de quadros em três cores em seqüência, desenvolvidos pela CBS, e da tripla projeção de imagens de três cores sobre uma mesma tela, colocada em funcionamento pela RCA, foi a própria RCA que, no início dos anos 50, propôs a primeira solução eficaz: o tubo catódico dotado de três canhões eletrônicos.

A diferença mais significativa entre um cinescópico em cores e um monocromático (branco e preto) é que o primeiro dispõe de três canhões eletrônicos que enviam à tela três feixes de elétrons, que tocam ao mesmo tempo três pontos com fósforo, que emitem luz nas três cores fundamentais (vermelho, verde e azul).

No curso da evolução mais recente desse cinescópico, foram idealizados dois modelos: tubos com canhões dispostos em delta e tubos com canhões em linha. Os primeiros constituem uma família única, cuja origem remonta ao tubo com **máscara de sombra**, feito pela RCA em 1949, enquanto os segundos dividem-se em diversas gerações, uma das quais, projetada pela própria RCA (os tubos PIL), está suplantando os tubos com canhões em delta ou triângulo.

O cinescópico com canhões em delta, como qualquer outro tubo em cores, satisfaz a condição de compatibilidade com as transmissões em branco e preto, ou seja, pode reproduzir sobre a tela tanto as transmissões em cores, não importando o sistema de transmissão empregado (NTC, PAL, SECAM), quanto as transmissões em preto e branco. Fundamentalmente, ele se compõe de uma ampola de vidro, em cujo interior é feito vácuo. Essa ampola é dotada de

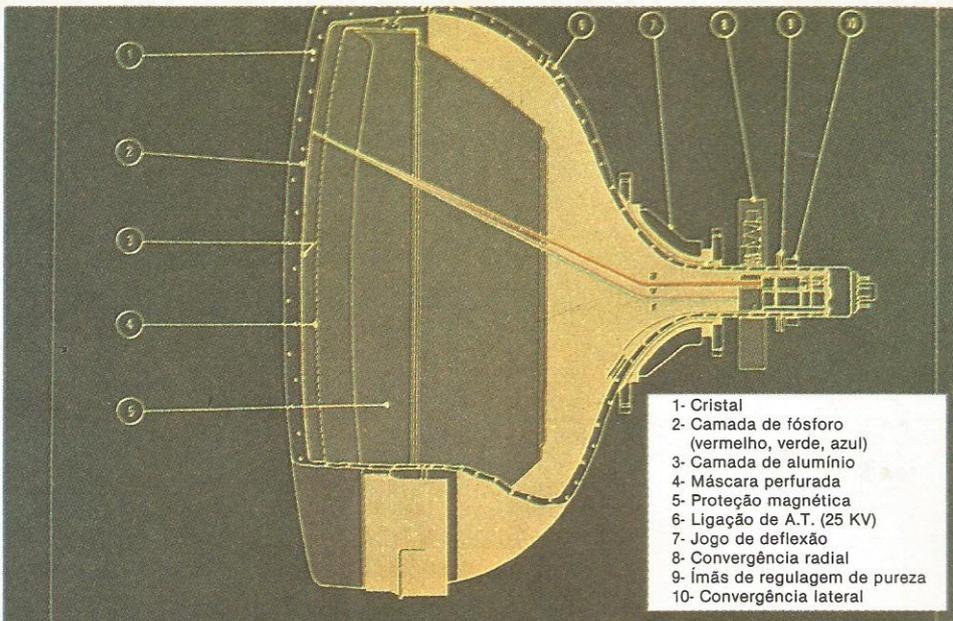
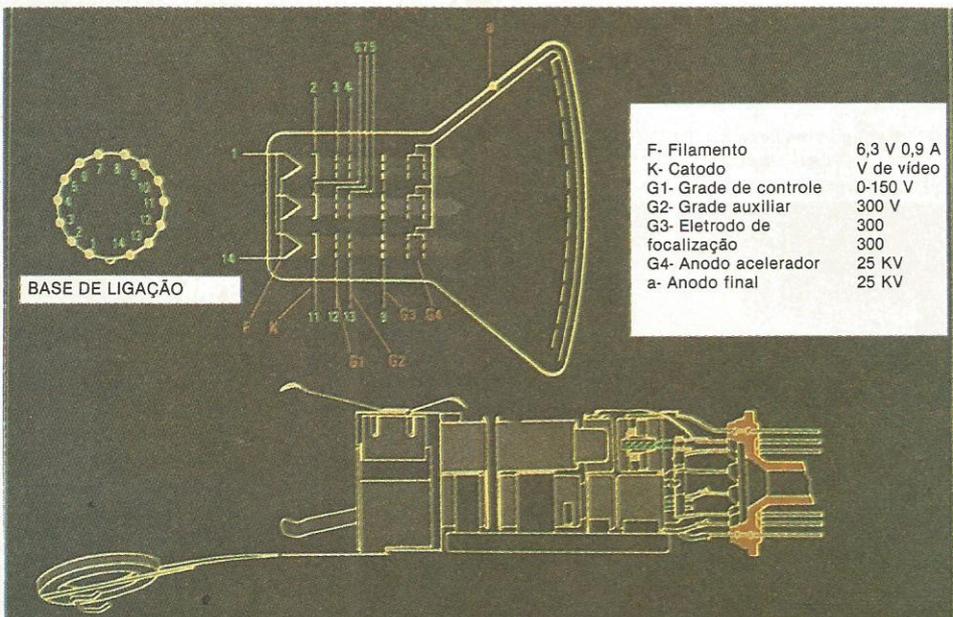


Figura 7. Corte longitudinal de um cinescópico em cores com canhões dispostos em delta.

Figura 8. Esquema de um cinescópico com canhões em linha, com a identificação dos diferentes eletrodos e das tensões de funcionamento.



três canhões eletrônicos que projetam sobre uma tela fluorescente três feixes de elétrons, cujos sistemas de modulação de intensidade, de deflexão e de aceleração são governados pelos mesmos princípios dos aparelhos em preto e branco.

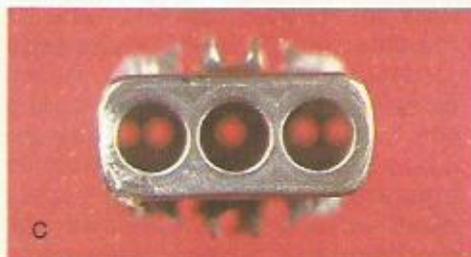
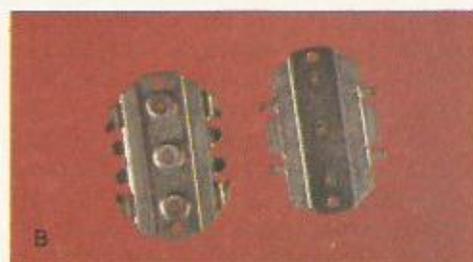
Como já foi dito, a tela é recoberta de três tipos de fósforo, e a uma pequena distância dela é colocada uma fina lâmina metálica, provida de perfurações circulares, que é chamada **máscara de sombra** (do inglês *shadow mask*). A tela é formada de três sucessões de pontos nas três cores fundamentais, intercaladas, num total de 400 000 a 1 200 000 pontos distribuídos uniformemente e recobertos por uma camada de alumínio poroso, idêntico ao dos tubos monocromáticos.

A máscara de sombra é a superfície de **convergência**, pois os três feixes eletrônicos devem coincidir com cada um dos seus 400 000 furos, para depois separarem-se e dirigirem-se à tela. Há, então, para cada um dos fei-

ABAIXO: canhões eletrônicos de um tubo PIL, que contém também os anodos de aceleração e de regulação de foco.



ABAIXO: duas visões dos canhões eletrônicos no interior do colo do tubo.



ACIMA: detalhe dos canhões eletrônicos: A) catodos emissores de elétrons; B) grade de controle e grade auxiliar; C) anodo de focalização; D) anodo acelerador com condutor de ligação à camada interna de filme condutor.

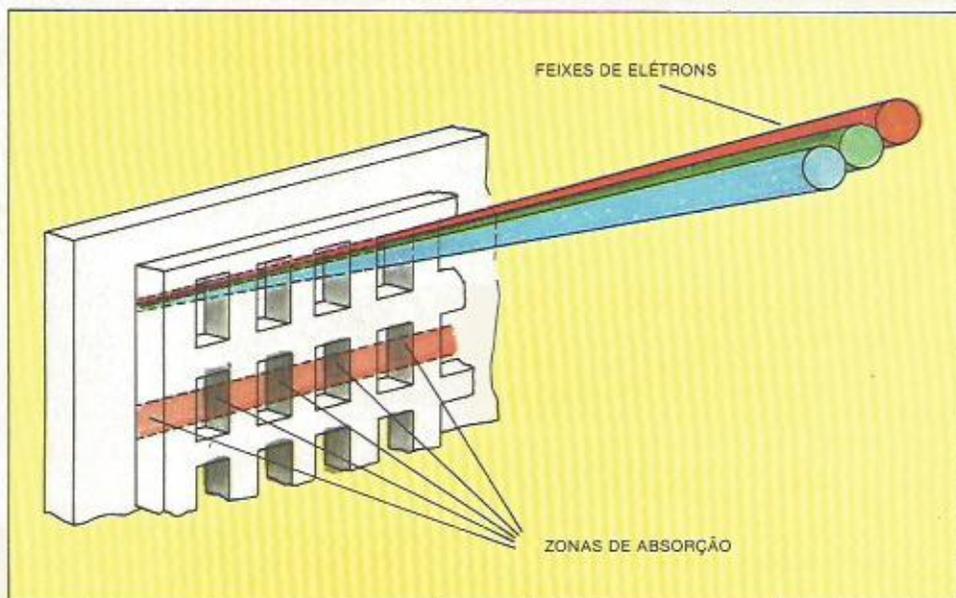
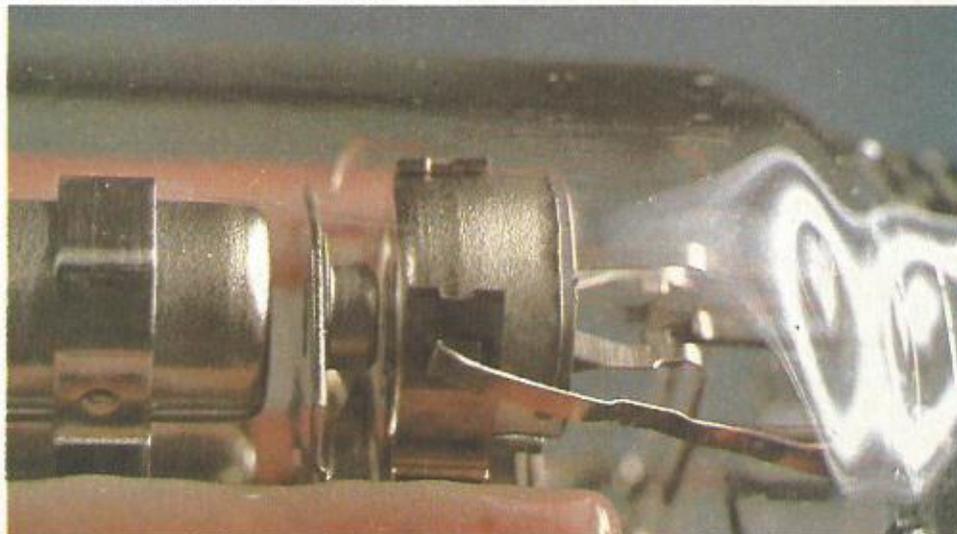


Figura 9. A máscara de sombra absorve na varredura mais de 75% dos elétrons.



COMPONENTES

xes, um filamento de aquecimento, um catodo, uma grade de controle ou Wehnelt e quatro anodos aceleradores e de focalização.

A tensão de aceleração que o último anodo deve receber é aproximadamente 10 000 vezes superior àquela empregada em cinescópios em branco e preto. Essa tensão tão alta (25 KV) se deve ao fato de que a camada de fósforo é atingida por apenas 20 a 25% dos elétrons emitidos, enquanto os outros são absorvidos pela máscara de sombra. É necessário, então, aumentar o potencial, para compensar, com uma maior velocidade de impacto, essa diminuição de intensidade, e obter luminosidade suficiente.

Os elementos encarregados da deflexão do feixe são semelhantes aos dos

tubos monocromáticos, com a única diferença da necessidade de se aplicar uma maior potência, dado que os feixes a serem desviados têm tensão de aceleração mais elevada. Por outro lado, deve-se colocar um dispositivo de convergência que seja capaz de mantê-la em todos os pontos da máscara. Esse dispositivo baseia-se em três ímãs permanentes, em uma série de circuitos e em uma unidade encarregada da **convergência lateral**.

Existem ainda dois ímãs de centralização, constituídos de dois anéis metálicos, que são empregados para regular a **pureza**, isto é, a reprodução correta das cores e a sua fidelidade ao original. Se ocorrer num cinescópio em cores uma centralização simultânea dos feixes, as cores serão trocadas e mistura-

das, de acordo com a amplitude e a direção do deslocamento.

A regulação correta é obtida através dos ímãs de que falamos e da polarização, com tensão contínua, das bobinas de deflexão.

Os outros eventuais erros de geometria são corrigidos por outros circuitos, denominados **corretores de distorções** no sentido **norte-sul** (vertical) e **leste-oeste** (horizontal).

Os tubos com canhões em linha vieram eliminar grande parte dos inconvenientes dos tubos em delta, sobretudo no que diz respeito à regulação da convergência e pureza. Na última geração de tubos autoconvergentes foram feitas notáveis simplificações dos sistemas de deflexão, aproximando-os dos tubos monocromáticos e permitin-

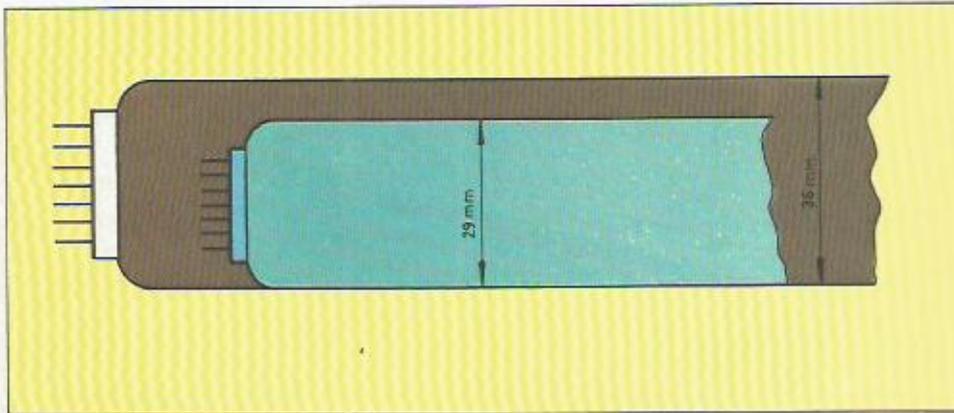
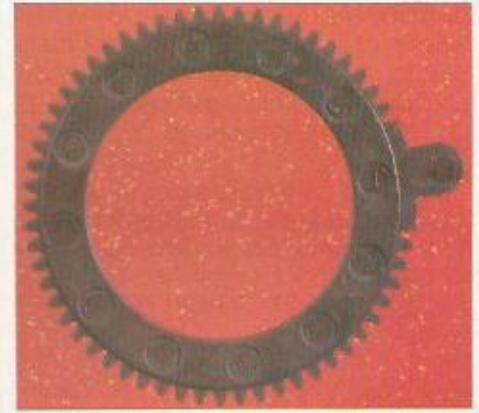


Figura 10. O diâmetro do colo dos tubos é notavelmente diminuído, passando de 36 para 29 milímetros.



ACIMA: ímãs para a regulação da pureza da imagem.

Figura 11. Imagem de um retículo que, como se pode notar, apresenta uma distorção no sentido leste-oeste.

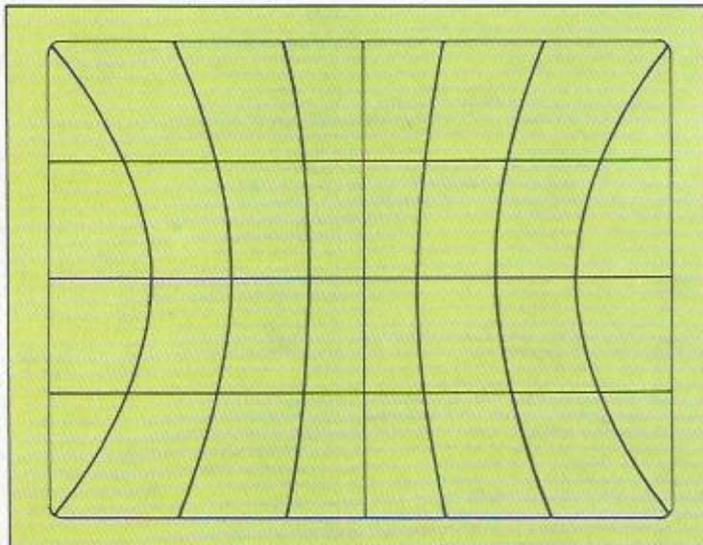
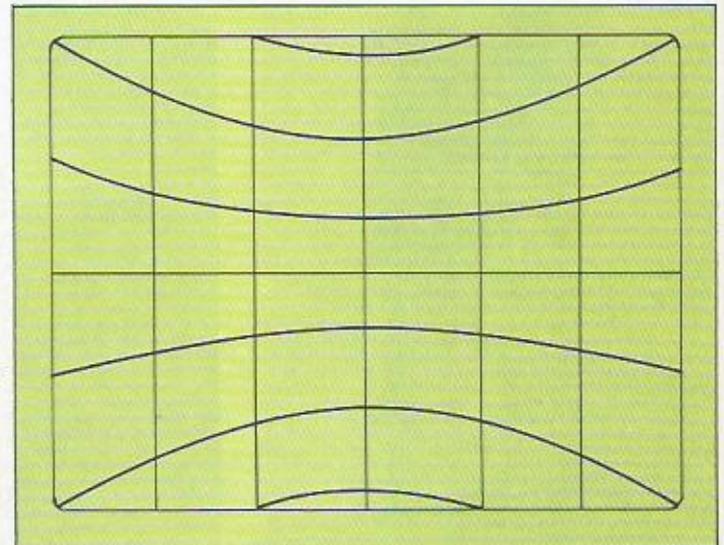


Figura 12. Imagem de um retículo que apresenta uma distorção no sentido norte-sul.



do a fabricação de televisores em cores a custos inferiores.

As diferenças entre esses tubos e os modelos em delta são as seguintes:

- Os três canhões são alinhados
- Os fósforos são depositados sobre a tela em forma de tiras verticais, e não de pontos, reduzindo as exigências de precisão no sentido vertical
- A máscara perfurada do tubo dispõe de fendas verticais no lugar de furos circulares
- Os feixes de elétrons atingem a tela com maior intensidade de corrente, garantindo, dessa maneira, uma maior luminosidade.
- O colo do tubo tem menor diâmetro, passando de 36 para 29 mm; por isso, esses tubos são conhecidos também como **tubos de colo estreito**.

Os primeiros tubos autoconvergentes desse tipo foram desenvolvidos pela RCA em 1972, e se distinguem pelo fato de que são fornecidos pelo fabricante com o jogo de deflexão já montado e com as regulagens de convergência e pureza já executadas.

Neste último aspecto, eles se assemelham ao tubo em branco e preto.

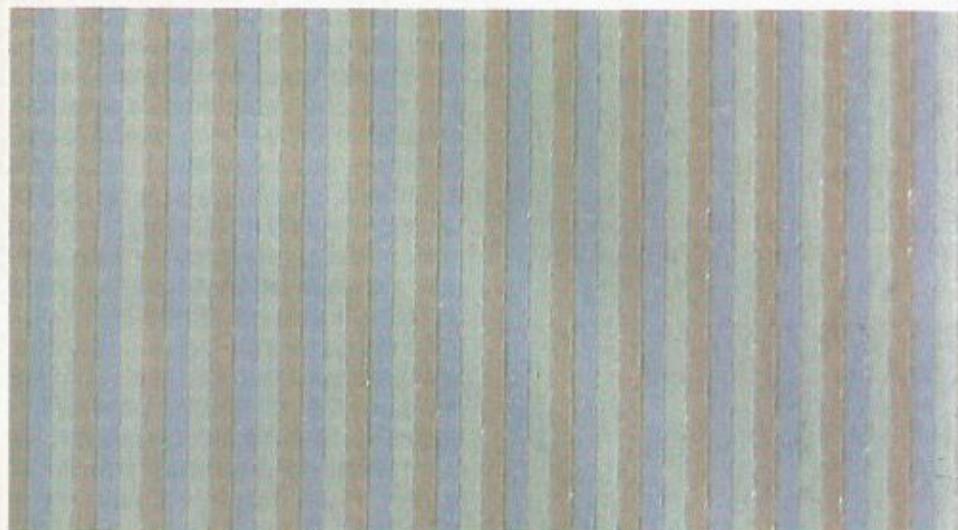
Finalmente, há um outro tipo de tubo, construído pela Philips-Miniwatt, denominado 20 AX, que surgiu em 1976 e que, recentemente, foi substituído por um outro, denominado 30 AX.

Neste último, os componentes necessários (ímãs de convergência e pureza e jogo de deflexão) não são montados no colo. Destacáveis, esses componentes são fornecidos à parte, o que oferece ao consumidor a vantagem de

trocas unificadas, mas requer, no caso do 20 AX, a regulagem da convergência e da pureza.

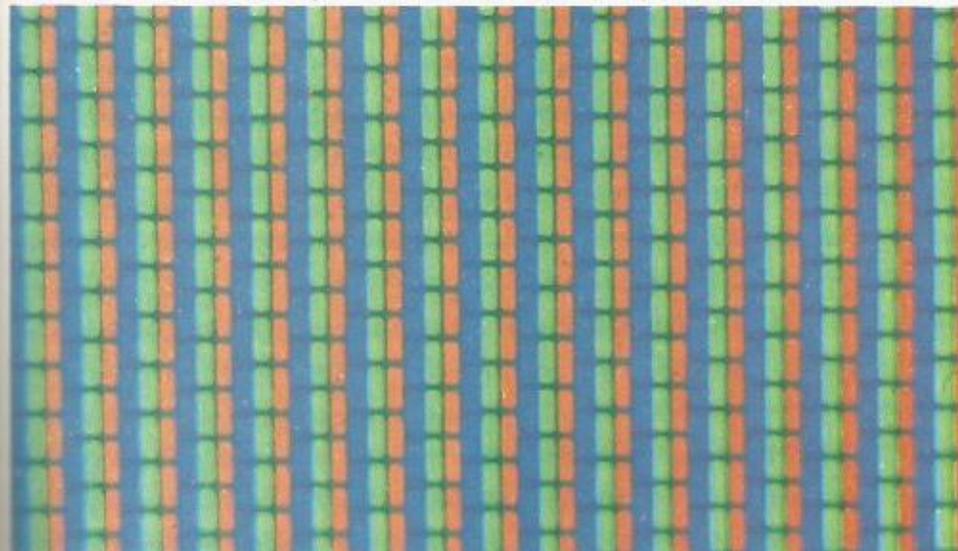
No caso do modelo 30 AX, essas regulagens (de convergência e pureza) foram eliminadas, pois ele já dispõe de tolerâncias mecânicas menores e de sistemas de posicionamento que permitem montar e acoplar facilmente o jogo de deflexão.

Por outro lado, com esses tubos conseguem-se menores distorções na direção leste-oeste e anula-se completamente a distorção na direção norte-sul. Podemos concluir, portanto, que a rápida evolução desse componente fez com que, em poucos anos, o tubo em cores se aproximasse muito, do ponto de vista da construção, do tubo em branco e preto.



ACIMA: faixas verticais de fósforo da tela de um cinescópio em cores.

ABAIXO: vista da mesma parte da tela com o cinescópio aceso.



Em que consiste a convergência?

É a coincidência dos três feixes catódicos em um determinado ponto do espaço, a fim de que atinjam a tela nos pontos onde for necessário.

Onde estão situados os pontos de convergência?

Localizam-se em cada um dos furos da máscara de sombra.

O que significa o termo "compatibilidade", quando se refere a um cinescópio em cores?

Significa a possibilidade de reproduzir tanto as imagens das transmissões em cores quanto as das transmissões em branco e preto, respeitando as condições originais.

Por que, no que diz respeito aos cinescópios em cores, é necessária uma tensão de aceleração muito mais elevada do que a usada nos tubos monocromáticos?

Porque a corrente que chega à tela é inferior àquela dos cinescópios em branco e preto, já que a máscara absorve uma grande parte dessa corrente.

De quais fatores depende a pureza da imagem?

Da correta centralização dos feixes de elétrons nos pontos de cor da tela.

Quais são os efeitos provocados por uma magnetização permanente da máscara de sombra?

Menor pureza de imagem e, em casos extremos, uma troca completa das cores em relação à imagem original. Por isso você nunca deve aproximar um ímã da tela de um televisor em cores. Se o fizer, você corre o risco de magnetizar a máscara de sombra e provocar perda de pureza na imagem.

MONTAGENS EM BASE COMUM E EM COLETOR COMUM

Já vimos os estágios amplificadores do transistor com montagem em emissor comum. Veremos agora as montagens em base comum e em coletor comum.

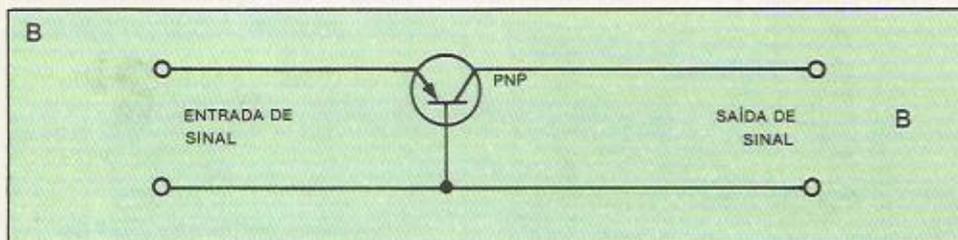
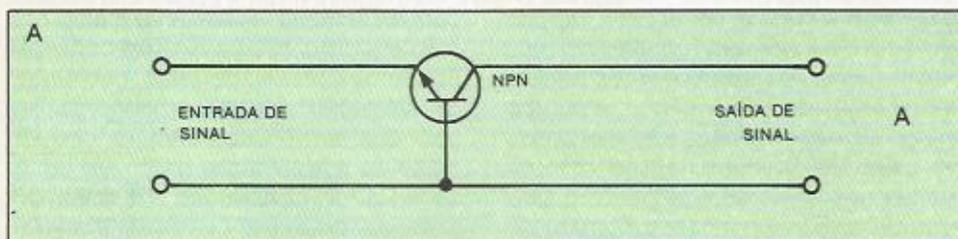


Diagrama 1. Esquema fundamental de uma montagem em base comum: A) com transistor NPN; B) com transistor PNP.

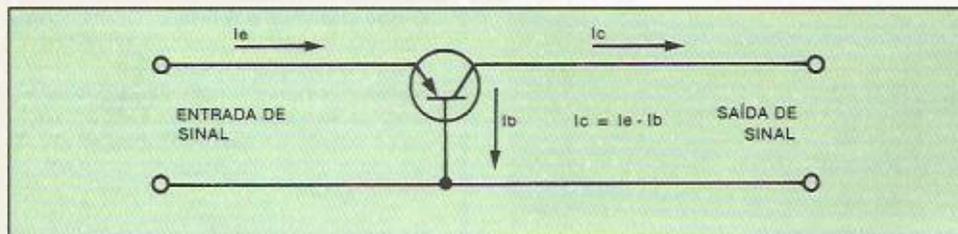
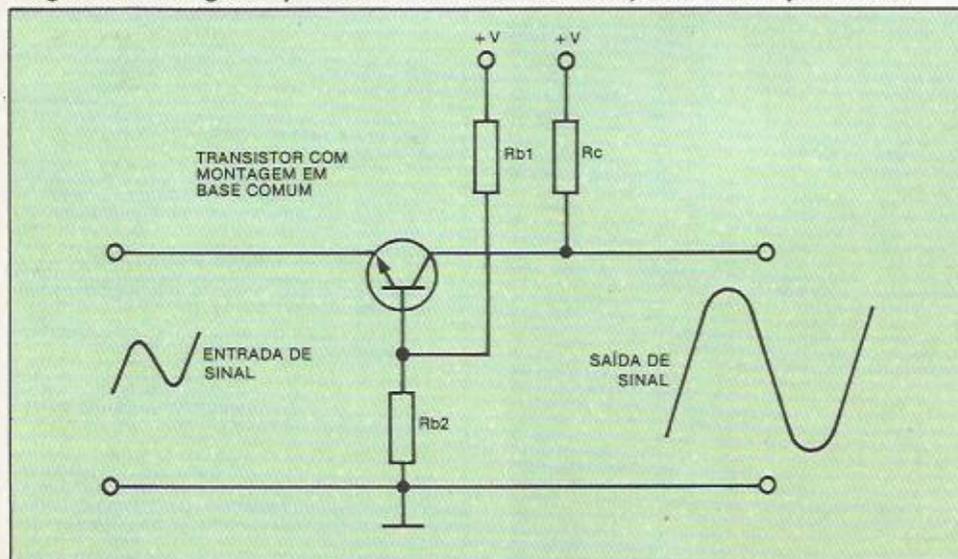


Diagrama 2. Neste desenho mostra-se a circulação da corrente em um estágio amplificador com transistor em base comum.

Diagrama 3. Estágio amplificador com transistor NPN, com a base polarizada.



O estágio amplificador de transistor com montagem em emissor comum já foi estudado. Agora analisaremos duas outras possibilidades: a montagem em base comum e a montagem em coletor comum. A primeira, como o nome indica, usa a base como terminal comum para a entrada e a saída. A entrada é feita através do emissor, enquanto a saída é obtida no coletor. Com esta configuração, o ganho de corrente é muito baixo, pois a corrente do emissor é igual à soma das correntes de base e de coletor. Como esta última é a corrente de saída, e é inferior à corrente de entrada, resulta que o ganho de corrente é inferior a 1. Este fator é indicado com a letra (α) e pode ser calculado com a fórmula $\alpha = I_c/I_e$ (como valores típicos, alfa varia de 0,98 a 0,999).

O ganho de tensão que se pode obter com esse tipo de montagem é elevado devido ao fato de a resistência ou impedância de entrada no emissor ser baixa, enquanto a de saída é muito alta. Em consequência, aplicando-se à entrada um sinal de baixa amplitude, produzem-se pequenas variações na corrente de emissor. Essas variações transferem-se para a corrente de coletor, que passa através do resistor de carga, e tem alto valor ôhmico.

Como a corrente de coletor é praticamente a de emissor, deduzimos que a mesma variação de corrente aplicada a duas resistências de valores muito diferentes dá lugar a amplitudes de tensão diferentes, segundo a Lei de Ohm. Obtém-se, assim, uma amplificação.

A amplitude do sinal obtido à saída nos terminais de R_c será: $V_{saída} = I_c \cdot R_c$. Por outro lado, $I_c = \alpha \cdot I_e$; e $V_{ent} = R_{ent} \cdot I_e$ ou $V_{ent} = R_{ent} \cdot I_c/\alpha$.

O ganho de tensão, por sua vez, é dado pela relação de tensão de entrada e tensão de saída, ou seja:

$$G_v = \frac{V_{saída}}{V_{ent}} = \frac{I_c R_c}{I_e R_{ent}}$$

Como $I_c = \alpha I_e$, pode-se escrever:

$G_v = \alpha \cdot R_c / R_{ent}$. O ganho é, portanto, determinado pelo transporte entre a resistência de carga do coletor e a da entrada do transistor. Por exemplo, no caso de um transistor com uma resistência de entrada da ordem de 100Ω e com uma resistência de carga ligada ao coletor de $10 \text{ K}\Omega$, com um ganho $\alpha = 0,98$, obtém-se um ganho de tensão:

$$G_v = \frac{10.000 \cdot 0,98}{100} = 98$$

Ou seja, aplicando-se na entrada um sinal de $0,01 \text{ V}$ de amplitude, obtém-se na saída uma amplitude de $0,98 \text{ V}$.

No esquema desse estágio amplificador (diagrama 4) usamos um transistor PNP. Os resistores R_{e1} , R_{e2} e R_c polarizam a base e o coletor, colocando o transistor num **ponto de funcionamento**. Como se pode notar, um circuito com transistor PNP difere de um circuito com transistor NPN somente pelo sinal das tensões de alimentação e polarização do transistor.

O amplificador com transistor montado em coletor comum usa a base para a entrada do sinal e o emissor para a saída, sendo o coletor o terminal comum entre a entrada e a saída. A finalidade da montagem em coletor comum não é o ganho de tensão, pois é possível concluir, a partir do diagrama 5, que esse ganho é menor do que 1. Este estágio amplificador caracteriza-se por uma elevada resistência de entrada e uma baixíssima resistência de saída, e é usado quando se deseja mudar o nível de valores das resistências. Em outras palavras, na montagem em coletor comum temos elevado ganho de corrente. Isso acontece porque o sinal na entrada, tendo certa amplitude de tensão, usará somente uma pequena corrente para excitar o estágio, pois conta com a elevada resistência de entrada.

Na saída, a situação será outra porque o transistor fornecerá ao resistor de emissor a corrente necessária para que a tensão nos terminais desse resistor seja praticamente igual à de entrada. Como o valor desse resistor é baixo, a corrente que por ele circula é decisivamente maior.

Para demonstrar melhor esse fato, consideramos um estágio coletor comum apresentando uma resistência de entrada de 50 K e uma resistência de saída de 500Ω . Aplicando à entrada um sinal com uma amplitude de 1 V , a corrente de entrada será de $1/50.000 = 0,02 \text{ mA}$. Este sinal aparecerá ligei-

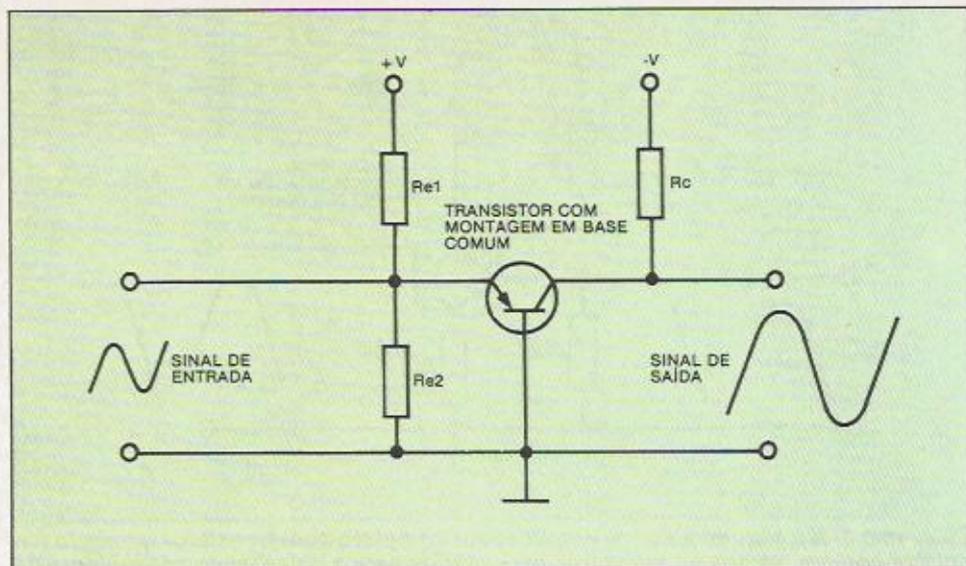
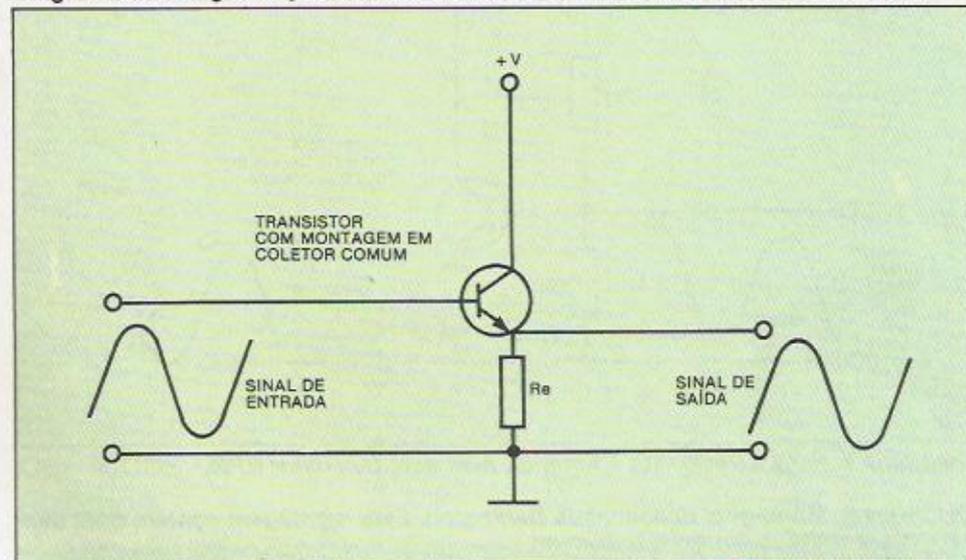


Diagrama 4. Estágio com transistor PNP montado em base comum. O ponto de trabalho é determinado pelos resistores ligados ao emissor.

Diagrama 5. Estágio amplificador com transistor montado em coletor comum.



ramente atenuado na saída entre os terminais do resistor de emissor; supondo que o nível seja de $0,95 \text{ V}$, a corrente agora será de $0,95/500 = 1,9 \text{ mA}$. O ganho de corrente será igual a:

$$G_i = \frac{I_{saída}}{I_{ent}} = \frac{1,9}{0,02} = 95$$

Este valor é obtido dividindo-se a resistência de entrada pela de saída e multiplicando o resultado por $0,95$, que é o ganho de tensão admitido para este estágio. Assim temos:

$$G_i = \frac{V_{saída}}{R_{saída}} / \frac{V_{ent}}{R_{ent}} ; \text{ ou}$$

$$G_i = \frac{V_{saída}}{V_{ent}} \cdot \frac{R_{ent}}{R_{saída}} ; \text{ ou}$$

$$G_i = 0,95 \cdot \frac{R_{ent}}{R_{saída}}$$

Nos diagramas 6 e 7, podemos notar que a base tem dois resistores, como ocorria na montagem em emissor comum. Estes resistores definem o ponto de trabalho e a polarização do transistor. Influenciam também a resistência de entrada do estágio, devendo, por isso, ter um valor ôhmico suficientemente elevado. O transistor, na presente montagem, tem uma boa estabilidade térmica graças ao valor relativamente elevado do resistor de emissor. Se, por exemplo, temos um aumento de corrente de coletor causado por um aumento da temperatura ambiente, temos também um aumento de tensão nos terminais de R_e com a conseqüente diminuição da tensão base-emissor. Dessa forma, o aumento da corrente do coletor é compensado.

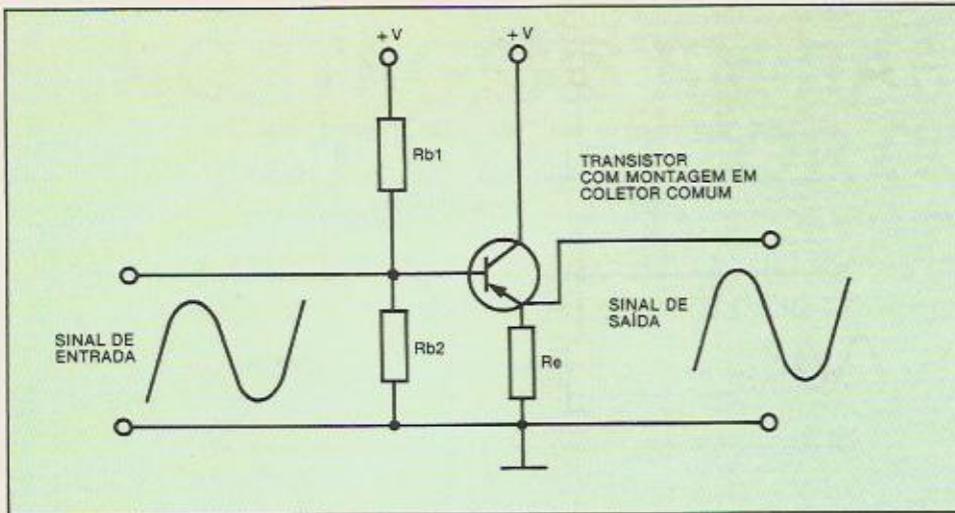


Diagrama 6. No esquema de um amplificador completo com transistor montado em coletor comum, vemos os resistores necessários para a polarização conveniente do transistor, a fim de colocá-lo no ponto de trabalho adequado.

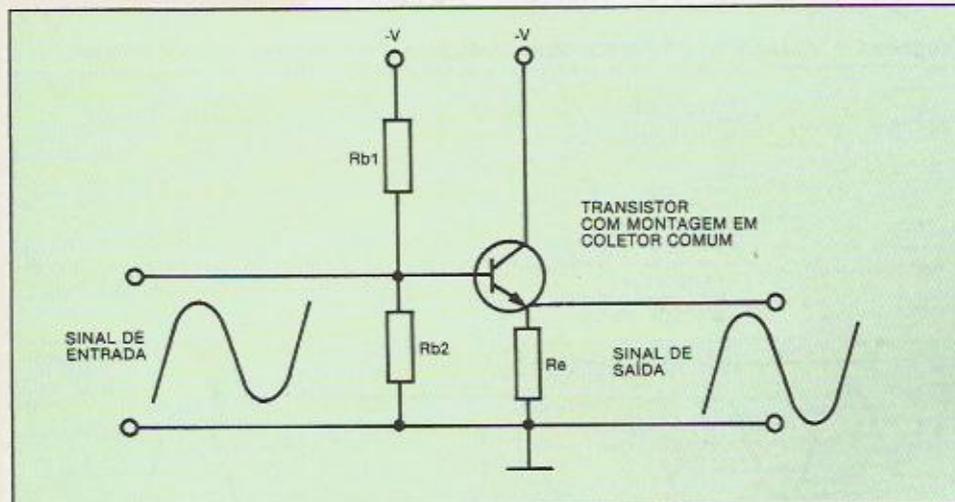
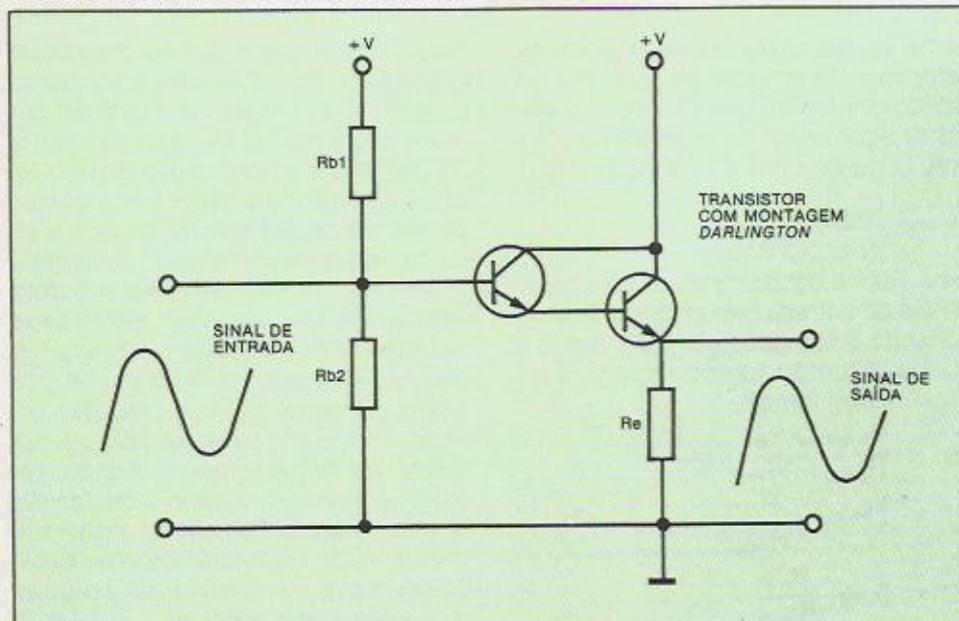


Diagrama 7. Fase semelhante à anterior, mas com transistor NPN.

Diagrama 8. Montagem denominada Darlington. Esta montagem contém dois transistores montados em coletor comum.



Normalmente, o estágio coletor comum é empregado como adaptador de impedância (de resistências) entre as partes de um circuito eletrônico.

Existe uma montagem peculiar para transistores bipolares. Essa montagem, chamada **Darlington**, acentua as características de alta impedância de entrada e de baixa impedância de saída, elevando o ganho de corrente. Estas características são obtidas graças a um segundo transistor que recebe, na base, a corrente de emissor do primeiro transistor, permitindo que o ganho total seja o produto dos ganhos dos transistores individuais. Transistores montados segundo o esquema **Darlington** são encontrados disponíveis no comércio. Eles são contidos numa carcaça comum, dotada de três terminais externos, como os componentes comuns.

No diagrama 8, como se pode notar, não estão representadas as baterias ou circuitos de alimentação que fornecem a tensão necessária ao seu funcionamento. Trata-se de uma prática habitual adotada nos esquemas dos circuitos eletrônicos. Admite-se também que as tensões de alimentação comportem-se como curtos-circuitos diante dos sinais alternados a serem amplificados. Isso se deve aos capacitores de filtro que possuem valor muito elevado. Como resultado, a massa e o positivo são para os sinais a serem amplificados o mesmo ponto elétrico. Em outras palavras, em relação aos sinais alternados a serem amplificados, todos os resistores e demais componentes ligados à massa e ao positivo estão ligados ao mesmo ponto. Por exemplo, na montagem em coletor comum, embora este não esteja ligado diretamente à massa, como nos outros tipos de montagem, tudo se passa como se essa ligação tivesse sido feita (o coletor estará ligado ao positivo se for NPN ou ao negativo se for PNP).

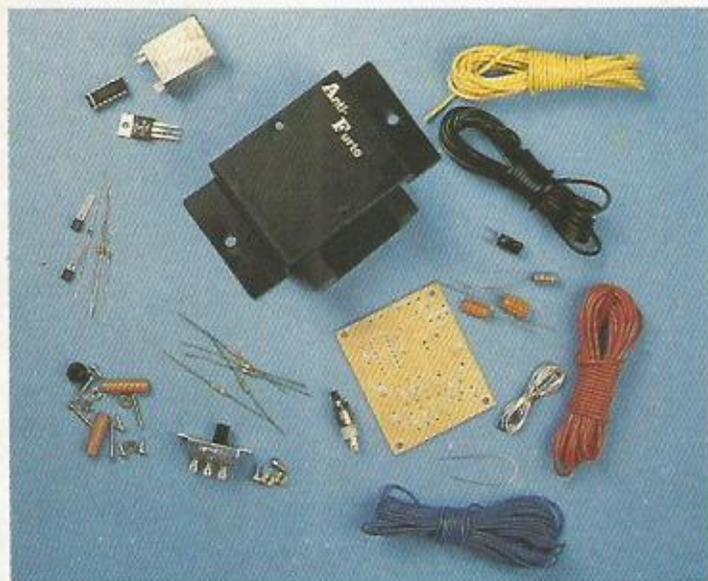
Os fabricantes não fornecem as curvas características do transistor relativas à montagem em emissor comum, mas isso não é mesmo necessário. Nos transistores bipolares sempre a corrente de emissor é aproximadamente igual à do coletor, pois α é praticamente igual a 1. Por isso, todas as curvas características de saída com montagem em emissor comum dos transistores bipolares seriam praticamente iguais. Sendo assim, não trazem nenhuma informação nova ao usuário.

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.



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.

7º KIT DE MONTAGEM:

DISPOSITIVO ANTIFURTO PARA CARROS

Este dispositivo, quando ligado ao sistema elétrico do carro, desliga o seu motor 3 segundos após ser dada a partida. Para desligá-lo, é necessário acionar seu botão de pressão, imediatamente depois de dar a partida no carro.

KIT (para ser montado)
preço: Cr\$ 32.300,00

Montado
preço: Cr\$ 34.060,00

(mais as despesas de correio)
Preço válido até 02/10/84

KITS LANÇADOS:

- 1º - TRANSMISSOR SEM FIO
- 2º - DIMMER
- 3º - TIMER
- 4º - AMPLIFICADOR ESTÉREO DE 48 W
- 5º - RÁDIO AM TRANSISTORIZADO
- 6º - FONTE DE ALIMENTAÇÃO

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

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



8º KIT DE MONTAGEM:

SEQÜENCIAL DE 4 CANAIS

Este aparelho pode acender e apagar seqüencialmente 4 conjuntos de lâmpadas. Com ele, pode-se animar festinhas, com luzes oscilando de acordo com o ritmo musical, enfeitar vitrinas e árvores de natal e produzir efeitos luminosos em letreiros.

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

ELETRÔNICA
PASSO A PASSO