

# ELETROÔNICA

para todos

Especial

N.º 16

Registro DPF 379 P. 209/73

Cr\$ 10,00

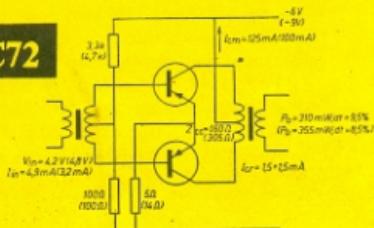
12 Capítulos Práticos  
de Aplicação Imediata

116 Circuitos e Ilustrações

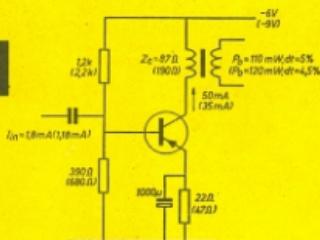
Métodos Práticos  
Para Teste de Transistores

Pré e Amplificador de 25 W

**OC72**



**OC74**



Gerador de Ruído

Amplificador de 10 W

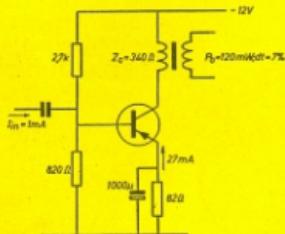
Amplificador de 1 W

Teste dos JFet e Mosfet.

## TRANSISTORES (sem teoria)

A FANZERES

**OC79**



1<sup>a</sup> EDIÇÃO

EDITORIA SIGNO LTDA

## BIBLIOGRAFIA

Aos leitores interessados em aprofundar seus conhecimentos teóricos recomendamos a leitura dos "Cursos" de transistores de Telefunken e da Philco, ambos publicados em edições de baixo custo pela mesma editora que publica este livro.

Para aqueles que estejam interessados em conhecer mais sobre circuitos práticos, recomendamos que solicitem a lista de livros especializados, publicados em inglês pela TAB BOOKS, Blue Ridge Summit, Pennsylvania 17214, USA e Howard W. Sams & Co. Inc., 4300 West 62nd St., Indianópolis, Indiana 46206, USA.

Em espanhol, os leitores têm os seguintes endereços onde podem solicitar lista de livros sobre transistores:

CEDEL – Apartado 5326, Barcelona, Espanha

Paraninfo – Magallanes, 21, Madrid, Espanha

Marcombo S.A. Ediciones Técnicas – Av. José Antonio 594, Barcelona, Espanha

Na execução deste livro foram consultados os seguintes livros:  
EL TRANSISTOR EN LA PRACTICA – J. Fialla e B. Almind, ed. Paraninfo  
EASY TRANSISTOR PROJECTS – Tab Book nº 462  
PRACTICAL TRIAC/SCR PROJETS – Tab Book nº 695  
MODERN RADIO REPAIR TECHNIQUES – Tab Book nº 580  
WORKING WITH SEMICONDUCTORES – Tab Book nº 501  
TRANSISTOR FUNDAMENTALS – Howard W. Sams nº 20641/2  
TRANSISTOR AUDIO AND RADIO CIRCUITS – Mullard Ltda.  
SEMICONDUCTORS – Mullard Minibook

## INTRODUÇÃO

O motivo fundamental que nos levou a escrever este livro foi o grande número de pedidos que nossos leitores regulares, das revistas onde colaboramos, nos enviaram.

Alegavam eles que os livros em português, sobre transistores, são teoricamente bons, mas que há um excessivo tratamento na parte que não diz respeito ao dia-a-dia daqueles que estão nas oficinas, nas bancadas de experimentação. Achavam nossos leitores que a teoria eletrônica é sem dúvida importante, como importante é sem dúvida saber como são fabricados e constituídos os semicondutores. Porém, o que eles desejavam era um livro objetivo, prático, em que cada página fosse de aplicação imediata ao uso cotidiano.

Por acharmos que nossos leitores estão com razão, resolvemos enfrentar o desafio. Esperemos que o presente livro seja a resposta adequada àqueles que aceitam existir uma teoria eletrônica, áreas positivas e negativas, "furos", junções etc. que dizem respeito ao semicondutor e mais particularmente ao transistor. Aceitam isto, mas o que desejam de imediato é saber o que sucede quando uma corrente elétrica é aplicada ao componente. Se esta corrente é explicável por teoria eletrônica, que há 50 anos era mais simples, hoje é mais complexa, mas que na prática continua a produzir os mesmos fenômenos e efeitos, o leitor,

muito justamente, não deseja aplicar seu tempo neste capítulo. Quer isto sim, saber o "efeito" da corrente elétrica quando aplicada ao componente. Este efeito é que faz o rádio funcionar, o TV produzir som e imagem, o relé operar, a lâmpada acender etc.

Vamos pois, neste livro, falar sobre o que acontece quando a corrente elétrica, seja ela originária de uma pilha, bateria, gerador ou da rede elétrica produz quando aplicada ao semicondutor principalmente o transistor.

O leitor terá que aceitar como válidas certas expressões, quando se diz por exemplo, que o sinal aplicado na base do transistor produz tal efeito no coletor, sem que no livro encontre um longo capítulo sobre teoria atômica, composição de semicondutores e o tratamento matemático de certas funções.

Este livro é essencialmente prático e esperamos ter atingido o objetivo que motivou sua execução.

Apreciariamos receber críticas e comentários de nossos Amigos Leitores.

Cordialmente

A. Fanzeres

Cx.P. 2483-ZC-00  
20.000-Rio

## Capítulo I

### O TRANSISTOR

O transistor é um semicondutor, que poderia, simplificadamente, ser chamado de dois diodos conjuntos.

Os diodos se compõem de duas seções, que são chamadas de "P" (Positiva) e "N" (Negativa). Tem a propriedade, devido aos materiais que são utilizados em sua fabricação, de permitir ou facilitar a passagem da corrente elétrica em uma direção e impedir ou dificultar a passagem da corrente elétrica na direção oposta.

Na figura 1 temos o princípio do semicondutor, com a seta "I" indicando a direção do fluxo da corrente elétrica, proveniente de uma bateria.

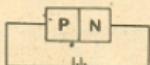


Fig. 1

Os transistores, geralmente, possuem três seções, duas idênticas, separadas por uma diferente. Na figura 2 temos os dois tipos de transistores: o tipo NPN, em que a seção central ou separadora é de material "P" e o PNP onde a seção central é o "N". Nos limites das seções "P" e "N" há a "junção" indicada por setas na figura 2. As junções são pontos importantes dos transistores, mas que estão fora do alcance do usuário, que não pode alterá-los. Trataremos aqui apenas dos pontos que podem ser usados, ligados, influenciados pelo usuário. As partes construcionais, importantes sem dúvida, mas que não podem sequer ser vistas por quem usa o componente, serão apenas registradas como coisas que existem.

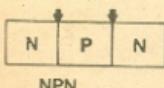
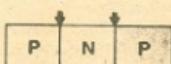


Fig. 2



PNP

Na figura 3 temos a disposição das áreas "P" e "N" e sua relação com os símbolos representativos dos transistores.

Tratem de memorizar a posição da flecha, com relação aos tipos NPN e PNP. No primeiro a ponta da flecha do emissor aponta para fora do círculo, no segundo aponta na direção da base.

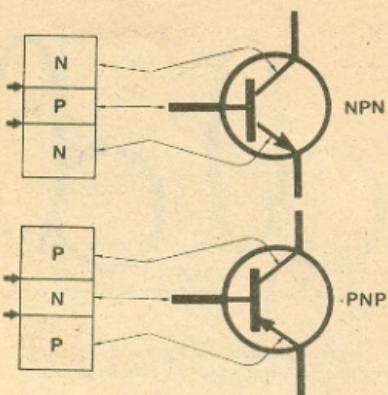


Fig. 3

A direção da corrente elétrica nos transistores é indicada na figura 4. Notem que a direção da corrente no tipo NPN é inversa à do PNP. Também é importante memorizar isto, pois no manuseio diário com transistores é conveniente saber, sem titubeios ou dúvidas, a direção da corrente nos mesmos. As letras  $I_C$ ,  $I_B$  e  $I_E$  indicam respectivamente corrente de coletor, corrente de base e corrente de emissor.

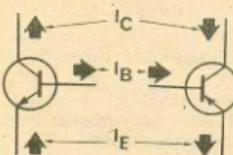


Fig. 4

Os transistores, em vários aspectos, são mais simples de compreender e operar que as válvulas:

- 1º Na grande maioria só possuem três eletrodos - base, coletor e emissor.
- 2º Operam com voltagens muito baixas.
- 3º São mais robustos aos choques.

O fato de só possuirem três eletrodos facilita sobremaneira a compreensão de seu funcionamento. Na figura 5 temos os circuitos relativos a tipos NPN e PNP. Uma corrente pequena na base ( $I_B$ ) faz com que circule uma corrente intensa entre emissor-coletor no caso NPN, e coletor-emissor no caso PNP, conforme indica a direção das setas. Notem que a letra "I" indica corrente e a minúscula, depois dela, indica o eletrodo - Assim

$I_b$  é corrente de base;  $I_c$  é corrente de coletor e  $I_e$  é corrente de emissor.

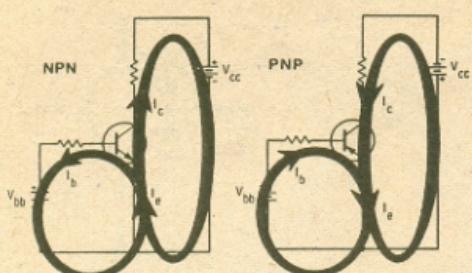


Fig. 5

No nosso exemplo da figura 5 a bateria  $V_{bb}$  fornece a polarização para a junção base-emissor.

Polarização é uma determinada voltagem que atuando no transistor faz com que o mesmo conduza ou dificulte a passagem da corrente elétrica. A polarização direta (forward) facilita e a polarização inversa (reverse) dificulta.

No nosso exemplo da figura 5 a polarização direta faz com que a corrente, de um terminal da bateria  $V_{bb}$  passe através da junção base-resistor e retorne ao outro terminal da bateria. Esta corrente

que circula como dito acima é chamada de corrente de base ( $I_b$ ).

A indicação de um resistor ligado à base do transistor é o meio usado para controlar a corrente. Vemos aí como um componente eletrônico (resistor) pode ser aplicado ao transistor. Continuando a observar o circuito da figura 5 verificamos que há uma outra fonte de voltagem, a bateria  $V_{cc}$ . Origina-se então uma corrente ( $I_c$ ) que somada a ( $I_b$ ) produz a corrente do emissor ( $I_e$ ). Isto quer dizer que a corrente do emissor, no transistor, é constituída da corrente de base ( $I_b$ ) e da corrente do coletor ( $I_c$ ).

Talvez possamos dar um passo adiante, ao dizer que o transistor é um "conversor": a quantidade de corrente do coletor depende da corrente de base. Quanto mais corrente exista na base, maior é a corrente no coletor. A base funciona como um "controle" que manobra a corrente fornecida por  $V_{cc}$  ou seja a corrente do coletor.

Há uma relação muito importante entre a corrente de base e a corrente do coletor que é indicada da seguinte maneira:  $B \times I_c = I_b$  ou seja, Beta (letra grega equivalente a B) representa o "ganho" do transistor. É importante que o leitor tenha em mente sempre o que representa a figura 5, com os dois anéis de movimentação e direção das correntes: caminho da corrente de base; caminho da corrente do coletor.

É conveniente frisar que a corrente de base regula ou controla a corrente do coletor.

## Capítulo II

### CONFIGURAÇÃO DOS CIRCUITOS

A simplicidade dos transistores, no que concerne à disposição básica dos circuitos, está em que são apenas três as configurações.

O sinal de entrada, ou seja, a corrente que se deseja ver convertida ou amplificada em um transistor, é sempre aplicada a dois eletrodos ou elementos do transistor. Da mesma maneira o sinal de saída é obtido de dois elementos. Como só existem três elementos no transistor (base, emissor e coletor) um deles tem que ser comum ou estar presente no circuito de entrada e de saída.

O tipo ou nome das configurações é dado em função do elemento que é comum à entrada e saída.

#### BASE COMUM

Na figura 6 temos a configuração base-comum. O sinal de entrada é aplicado ao circuito base-emissor e o sinal de saída é liberado do circuito base-coletor. O elemento comum é a base, daí esta configuração chamar-se de base-comum. O circuito que se vê na figura 6 é NPN. Para o caso de PNP haveria a inversão de polaridade da fonte de alimentação. A seta do emissor também teria sentido contrário.

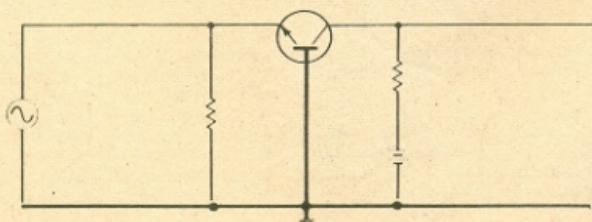


Fig. 6

### EMISOR COMUM

Esta é a configuração mais usada, mais popular. É chamada de emissor-comum porque este elemento é comum à entrada e saída, como se pode apreciar na figura 7. Como no caso anterior o

exemplo é para NPN. Para PNP haveria que inverter a polaridade da fonte de alimentação. A seta do emissor seria representada de modo inverso.

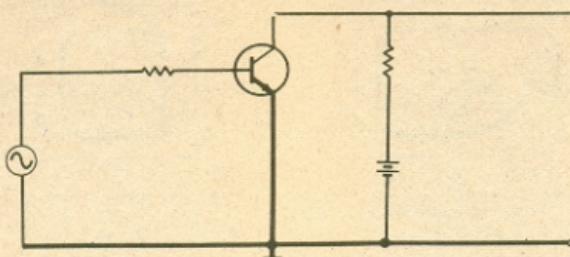


Fig. 7

### COLETOR COMUM

A terceira e última configuração é denominada coletor-comum porque este elemento é comum a entrada e saída. Na figura 8 temos em (A) a

disposição mais encontrada. Porém como pode causar confusão ao iniciante, no desenho (B) está o mesmo circuito em disposição mais clara.

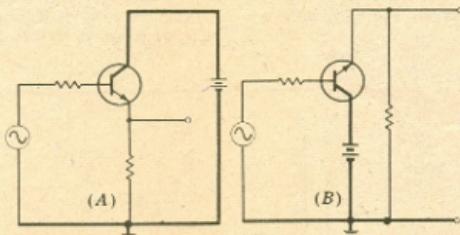


Fig. 8

Damos abaixo um quadro que permitirá ao leitor memorizar melhor as configurações.

Emissor-comum  
Base-comum  
Coletor-comum

Entrada: base-emissor  
Entrada: base-emissor  
Entrada: base-coletor

Saída: coletor-emissor  
Saída: base-coletor  
Saída: emissor-coletor

Vamos agora detalhar mais um pouco os três circuitos acima.

Para o transistor conduzir, isto é, deixar passar a corrente, é necessário que a junção base-emissor seja polarizada para a frente, diretamente, e a junção base-para-coletor seja polarizada para trás, inversamente. Isto ocasionaria uma corrente de base que por sua vez se transformaria em corrente de coletor, como se vê na figura 9.

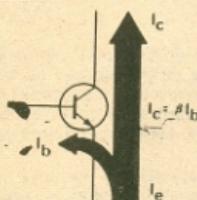


Fig. 9

Para se obter o necessário 'retorno' ou caminho de circulação da corrente, é necessário usar resistores, que além de permitirem a passagem da corrente, estabelecem os limites de valores destas mesmas correntes.

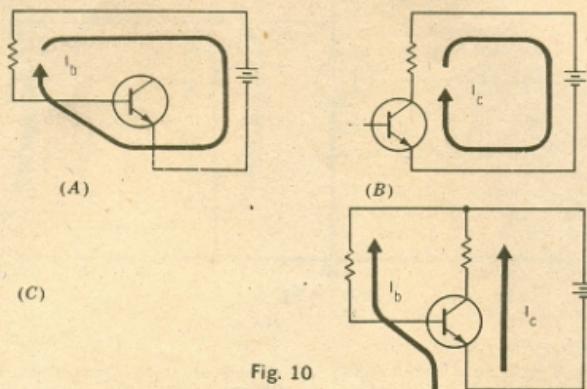


Fig. 10

Para se usar a configuração emissor-comum em amplificação, o sinal é superposto ou adicionado à corrente de polarização da base. Isto é, na base é que se aplica o sinal.

Na figura 10 temos a disposição para corrente de base ( $I_b$ ) no detalhe (A), para corrente de coletor ( $I_c$ ) no detalhe (B) e finalmente o conjunto em uma só disposição, detalhe (C), como é comum, utilizando uma só fonte de alimentação.

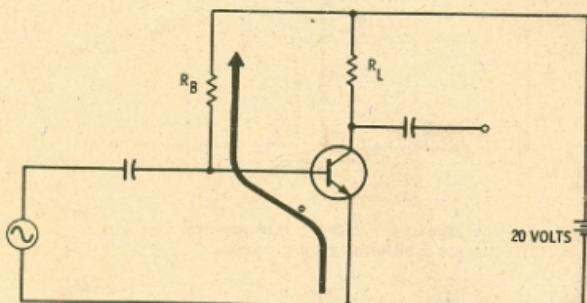


Fig. 11

dor e "bloquear", impedir, que a corrente contínua de polarização da base circule ou se esvai pelo circuito que produz o sinal de entrada, e que na figura 11 está representado por um círculo onde está inserida uma senóide.

Desta forma, um sinal, que quase sempre é de forma alternativa ou pulsante, atua na base e a corrente contínua de polarização da base, fornecida através de  $R_B$  (figura 11) não é desviada de seu caminho.

### BASE COMUM

Como foi dito antes, na configuração base-comum o sinal de entrada é aplicado entre emissor e base e o sinal de saída é obtido entre coletor e base. O funcionamento interno do transistor é idêntico ao do emissor-comum, mas como a base é o elemento comum, sucedem coisas diferentes aos sinais de entrada e saída como veremos mais adiante.

Como no caso do emissor-comum, a corrente na configuração base-comum se divide dentro do transistor (figura 12) indo cerca de 95% para o coletor e apenas 5% para a corrente de base.

Notem que a corrente de entrada ( $I_e$ ) da figura 12 é maior que a corrente de saída ( $I_c$ ). Isto é importante não ser esquecido.

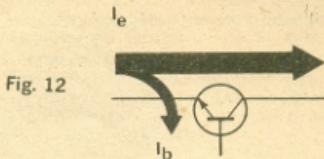


Fig. 12

A polarização é obtida pelo uso de resistores, como no caso emissor-comum. Na figura 13 temos no detalhe (A) o resistor de polarização do

emissor, no detalhe (B) o resistor do coletor e finalmente no detalhe (C) o conjunto, como se apresenta na prática.

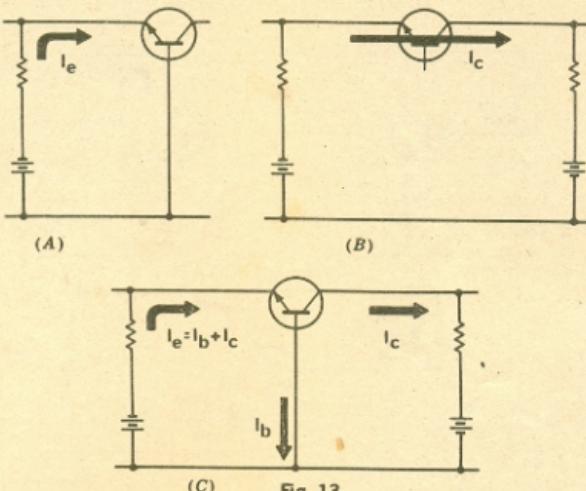


Fig. 13

É importante observar a direção das correntes (flechas no desenho) já que a corrente do sinal será superposta sobre aquelas.

Na figura 14 temos um circuito de base-comum onde o sinal é superposto ou adicionado à corrente do emissor.

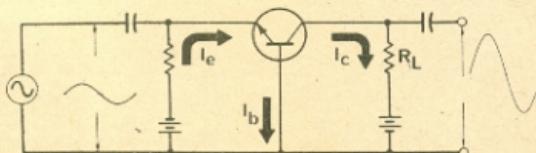


Fig. 14

### COLETOR COMUM

Como nas explicações anteriores, em nossos exemplos usaremos transistores tipo NPN. Para os transistores PNP basta inverter a polaridade da alimentação, sempre observando que nos desenhos a direção da ponta da flecha também é inversa.

O caminho seguido pelas correntes na configuração coletor-comum pode ser apreciado na figura 15. Note-se que o coletor é comum a entrada e saída e isto faz que a aplicação desta configuração seja diferente das duas anteriores, pois é a única disposição em que a corrente de entrada e de saída passam através do transistor.

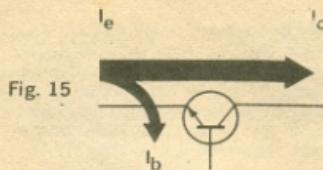


Fig. 15

Na figura 16 temos no detalhe (A) o resistor de polarização de base, no detalhe (B) o resistor do coletor e no detalhe (C) o conjunto como é usado na prática. Observem as setas indicando a direção das correntes nos elementos.

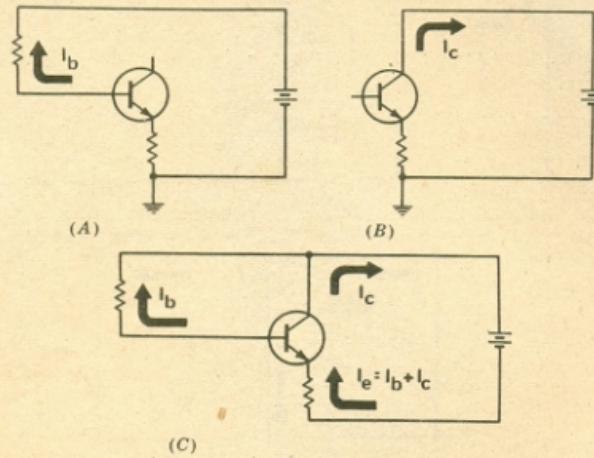


Fig. 16

O sinal a ser amplificado é aplicado através de um condensador entre emissor e coletor, como se pode apreciar na figura 17. Notem que há pouco ganho de voltagem nesta configuração, daí ser

esta disposição chamada também de "emitodino" a semelhança dos circuitos semelhantes, a válvula, denominados de "catodinos".

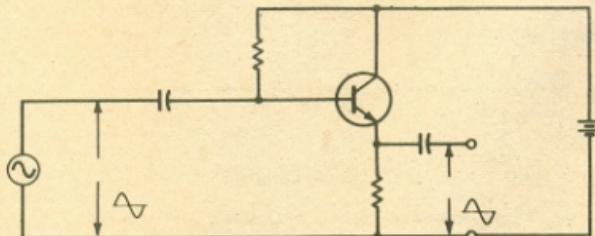


Fig. 17

Na tabela seguinte, figura 18 temos as três configurações, com as indicações de ganho de corrente, ganho de voltagem, resistência de en-

trada, resistência de saída e a relação de fase entre entrada e saída.

Característica	Base Comum	Emissor Comum	Coletor Comum
Ganho Corrente	Menor que 1 (.93-.99)	30 - 100	30 - 100
Ganho Voltagem	500 - 800	300 - 600	Menor que 1 (.99-.95)
Resistência Entrada	50 - 200 Ohms	500 - 1000 Ohms	20,000 - 100,000 Ohms
Resistência Saída	~ 300,000 Ohms	~ 50,000 Ohms	~ 500 Ohms
Fase Ent. Saída	Em Fase	180° Fora Fase	Em Fase

Fig. 18

### Capítulo III

#### POLARIZAÇÃO

A polarização é a ação de aplicar voltagem adequada, nos transistores, de modo que operem dentro de certas características.

Polarizar é escolher um circuito que forneça a base do transistor à corrente desejada. Notem que os transistores operam em "corrente" ao contrário das válvulas que operam em "voltagem". Assim na grade de uma válvula observa-se a voltagem de polarização; nos transistores é a corrente de polarização.

Para polarizar um transistor é recomendável observar as características do mesmo. Isto se obtém consultando os manuais de transistores. Não os guias de substituição e sim os manuais de características de transistores, que trazem os valores das voltagens e correntes, ganho, dissipação etc. etc.

Porém quando se trata de reparação de aparelhos transistorizados naturalmente o esquema já trará

os valores escolhidos pelo fabricante. Na prática sabemos porém que um transistor idêntico, do mesmo fabricante, pode ter ganho diferente de modo que a substituição pura e simples às vezes não traz os resultados desejados, sendo necessário mudar os valores dos resistores para que a corrente de polarização de base fique no ponto ótimo.

A temperatura ambiente também é fator que altera a polarização.

Outro fator que afeta os transistores é a "corrente de fuga". Trata-se de uma debilíssima corrente que sempre existe, escoando-se entre base e coletor, tão logo o aparelho é ligado. Esta corrente de fuga pode alterar a polarização, se no transistor substituído ela for maior ou menor do que o tipo antes instalado.

Para minimizar os efeitos da corrente de fuga recorrem-se a circuitos mais elaborados, como se pode apreciar na figura 19.

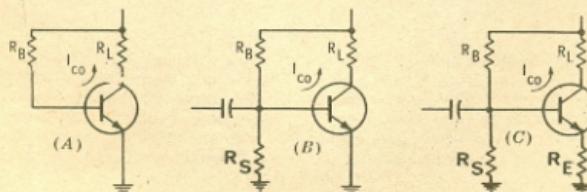


Fig. 19

No detalhe (A) temos um circuito simples, como resistor de base ( $R_b$ ) somente. No desenho,  $R_L$  representa a carga ou utilização.

A seta ( $I_{CO}$ ) representa a diminuta corrente de fuga. Para evitar que ( $I_{CO}$ ) passe através da base-emissor, faz-se um atalho ou desvio, para a corrente de fuga, o que pode ser visto no detalhe (B) da figura 19. Um resistor ( $R_S$ ) foi acrescentado. Para melhorar ainda mais a situação, um outro desvio foi acrescentado, como se vê no detalhe (C) da mesma figura: um resistor ( $R_E$ ) foi colocado.

Para estabilizar ainda mais a operação, em lugar de colocar um resistor entre base e a fonte de alimentação, coloca-se um resistor de base para o coletor, como se pode ver na figura 20, e onde o resistor ( $R_F$ ) foi colocado entre base e coletor. Esta disposição faz com que o valor da corrente

de base não seja fixo, porém dependente da voltagem do coletor, assegurando com isto uma grande estabilidade na polarização.

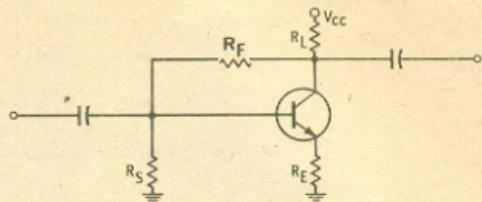


Fig. 20

## Capítulo IV

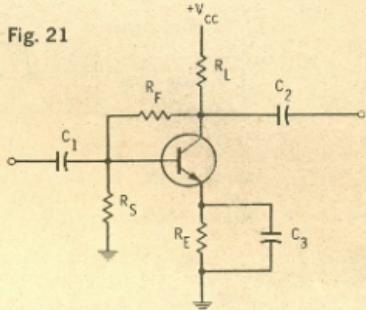
### AMPLIFICADORES

Os amplificadores dividem-se em três classes ou grupos principais: classe A; classe B; classe C.

Nos amplificadores classe A uma das características importantes é o valor da corrente do coletor que existe mesmo sem que um sinal seja aplicado. A função da polarização é tornar esta corrente o mais estável possível. Um circuito apropriado é o que foi indicado na figura 20, e que agora repetimos em disposição prática, para um amplificador classe A (figura 21) onde as letras indicam:

- C1, C2 – condensadores de acoplamento
- C3 – condensador de passo
- RL – carga ou utilização
- RE – resistor do emissor
- RS – resistor de polarização
- RF – resistor de retroalimentação de polarização.

Fig. 21



Os amplificadores classe A são usados quando se deseja máxima fidelidade, porém o rendimento é baixo. Usualmente nos rádios pequenos e eletrônicos portáteis são usados amplificadores de classe A, pela alta qualidade que permitem obter.

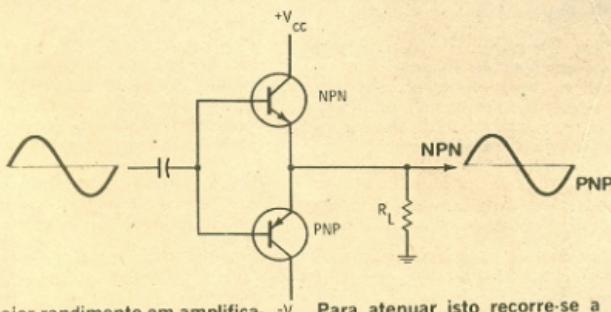


Fig. 22

Quando se deseja maior rendimento em amplificação recorre-se aos circuitos classe B. Uma das características deste circuito é que a corrente do coletor só é drenada quando há sinal, daí ser mais eficiente, porém por outro lado introduzem baixa qualidade na reprodução de voz e música.

Para atenuar isto recorre-se a um circuito que elimina a distorção ocasionada por um amplificador classe B. A solução é a utilização de dois circuitos classe B operando simultaneamente, mas em oposição, para que se anulem as suas más qualidades. Isto é o que se chama de circuito

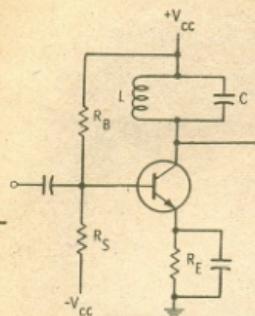


Fig. 23

de amplificação simétrica ou "push-pull", como se vê na figura 22, onde transistores NPN e PNP são usados em disposição "complementar". Referindo-se à figura 22 o meio ciclo superior da saída ocorre quando o transistor NPN conduz e o meio ciclo inferior ocorre quando o transistor PNP conduz.

Quando se deseja o máximo de eficiência, usa-se o circuito classe C, que só tem aplicação em determinadas circunstâncias, sempre em radiofrequência, não servindo para áudio.

Na figura 23 temos um circuito típico classe C onde a carga ou utilização é um circuito sintetizado (L-C) de saída radiofrequente.

## Capítulo V

### ACOPLAMENTOS

Acoplar é passar ou transferir um sinal de um estágio para outro estágio. O processo mais simples de acoplamento é o denominado RC (R de resistência C de condensador). É assim denominado porque há um resistor (R) para carga do coletor e um condensador (C) para acoplar ao próximo estágio (figura 24).

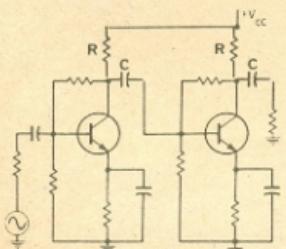


Fig. 24

Em que pese a simplicidade dos amplificadores RC, existem limitações. A primeira delas é o condensador de acoplamento (C). Um condensador não entretem, não mantém, o fluxo de corrente contínua e assim se o circuito é para sinais de corrente contínua ou freqüências muito baixas o condensador atuará como bloqueador. Isto pode ser superado se for usado o que se denomina de acoplamento direto, onde não existe o condensador de acoplamento, como se vê na figura 25.

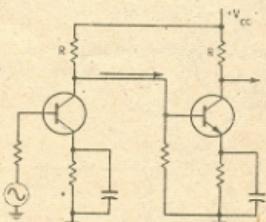


Fig. 25

Outra desvantagem dos amplificadores RC são as capacidades distribuídas ou residuais que prejudicam a resposta em freqüências elevadas. Verifica-se assim que os estágios amplificadores RC são práticos, porém têm limitações nas freqüências baixas e altas.

Um método de melhorar a resposta nas freqüências altas é colocar um indutor ou bobina no circuito do coletor, como se vê na figura 26. Circuitos desta espécie têm muita aplicação em TV, nos estágios de vídeo, sendo os indutores chamados de bobinas de pico (peak-coil). Um processo prático para melhorar a resposta de um amplificador RC, nas freqüências altas é, depois de pronto, acrescentar uma bobina de pico e ajustá-la por meio do núcleo, até que sejam diminuídas ou eliminadas as capacidades distribuídas, que estão representadas por (D) na figura 26.

Com mais rendimento que os circuitos RC situam-se os acoplamentos a transformador, porém a resposta em frequências altas é mais limitada do que no RC. Isto naturalmente quando se tratam de transformadores de RF com núcleo de "ferrite" ou semelhantes ou mesmo de ar, o rendimento é baixo em frequências de áudio e razoável em radiofrequência.

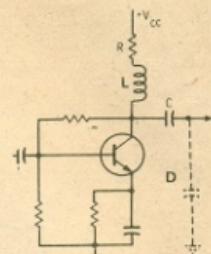


Fig. 26

## Capítulo VI

### OSCILADORES

Outra função que o transistor pode efetuar é de oscilador. Em rádio, HI FI, TV etc existem muitas funções osciladoras: o circuito oscilador responsável pela frequência que se mistura com a da estação para produzir a frequência intermediária (FI) do super-heterodino; o oscilador que produz a frequência de apagamento das fitas magnéticas; os osciladores que produzem as varreduras de cinescópios em TV etc. etc.

Os osciladores podem produzir seus sinais em disposição LC, RC, controlados a cristal e de relaxamento.

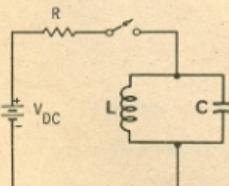


Fig. 27

Os osciladores LC são compostos, como o nome indica, de um indutor ou bobina (L) e um condensador (C), que determinam a frequência de oscilação (figura 27). Este tipo de oscilador pode ser usado em áudio e rádio-frequência.

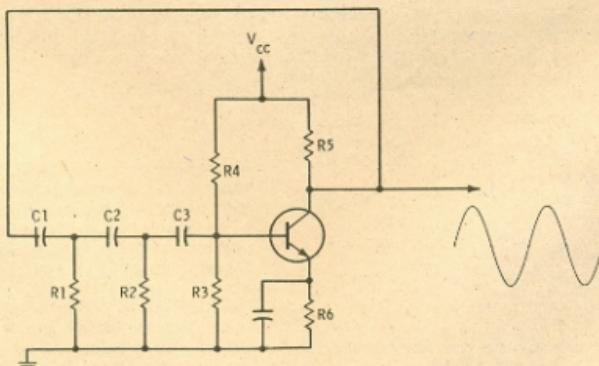


Fig. 28

Os osciladores RC, usam resistores (R) e condensadores (C) sendo o tipo mais usado o que se vê na figura 28. Os valores de R1, R2 e R3 são

idênticos, o mesmo sucedendo com C1, C2 e C3. Os osciladores controlados a cristal têm a sua frequência determinada por um cristal, quase

sempre de quartzo, se bem possa haver de turmalina, titanato de bário, sais de Rochelle etc. Na figura 29 temos um oscilador controlado a cristal.

Os osciladores de relaxamento utilizam circuitos multivibradores (fig. 30).

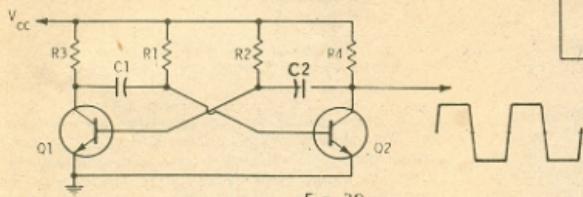


Fig. 30

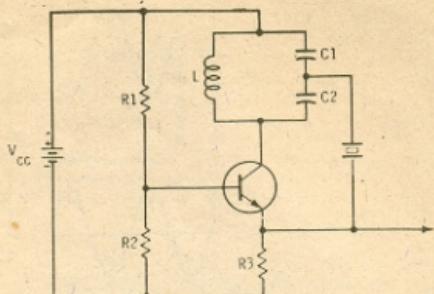


Fig. 29

## Capítulo VII

### FONTES DE ALIMENTAÇÃO

Já vimos as duas funções mais importantes do transistor, em circuitos de rádio, TV etc que é amplificação e oscilação. Vejamos agora como alimentar estes circuitos.

O processo mais simples é o de pilhas e baterias. As pilhas comuns fornecem 1,5 volts e podem ser agrupadas em série para fornecer voltagens maiores. Existem também, baterias, que nada mais são que pilhas, dentro de um envólucro, fornecendo uma voltagem que se deseja. Notem que a expressão bateria aqui não deve ser interpretada como "bateria" de automóveis. O nome correto para estas últimas seria de acumulador.

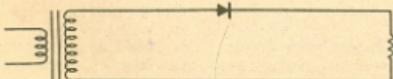


Fig. 31

As pilhas e baterias custam caro e então apela-se onde existe energia elétrica, para o uso de fontes de alimentação, com transformador e diodos retificadores (figura 31). Um diodo retificador, remove os meios ciclos da corrente alternada e produz uma corrente pulsante porém fluindo em

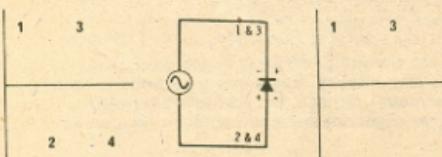


Fig. 32

uma só direção. Na figura 32 temos uma demonstração como isto sucede. A corrente alternada é composta de meio ciclos (1,2,3,4...). O diodo retifica e deixa passar só os meios ciclos da parte superior (1,3...) devido a posição em que está ligado o diodo.

Se for desejada uma retificação menos pulsante, utilizam-se dois diodos retificadores (figura 33). Neste caso todos os meios ciclos são retificados e a corrente produzida é menos pulsante.

Uma corrente ondulada como a resultante do circuito da figura 32 é de pouca utilidade para os aparelhos transistorizados, principalmente de HI HI, áudio e TV, pois haverá uma ondulação de 120 hertz (duas vezes a frequência da alternância da rede) que produzirá zumbido na audição ou ondulações na imagem.

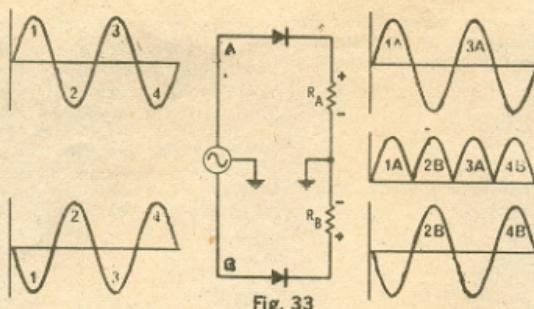


Fig. 33

Para que a corrente retificada se aproxime à produzida pelas pilhas e baterias há que colocar filtros na fonte retificadora. Na figura 34 temos uma fonte mais elaborada com diodos, condensadores e resistores, destinada a fornecer uma corrente bem filtrada para aplicação nos circuitos transistorizados.

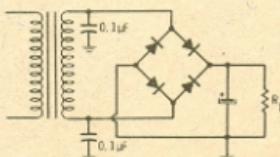


Fig. 34

Este circuito poderá ser usado para qualquer tipo de alimentação. Basta que o secundário do transformador forneça, em corrente alternada, a voltagem requerida para alimentação do circuito tran-

sistorizado, os diodos retificadores sejam apropriados para a voltagem e corrente que será consumida pelo circuito e os condensadores tenham a capacidade apropriada e voltagem de trabalho correta. Por exemplo, os diodos BY 126 servem, podem fornecer até 1.000 mA ou 1 amp. de voltagem retificada de até 400 volts. Condensadores eletrolíticos de 1.000 mfds, com voltagem apropriada, são valores conservativos que podem ser colocados nesta fonte para uso geral.

Além da corrente contínua, bem filtrada, as fontes de alimentação que quase sempre são ligadas, no primário, as redes elétricas locais, necessitam às vezes ter um sistema estabilizador. Isto as tornará mais próximas do desempenho das pilhas e baterias que não sofrem flutuações, como acontece com a rede elétrica.

Hoje, nos semicondutores existem recursos de estabilização de voltagens que no tempo das válvulas eram quase impossíveis de obter, salvo com circuitos muito complexos. Um dos componentes que permite, de modo simples obter a estabilização das voltagens é o diodo Zener, que veremos no próximo capítulo.

## Capítulo VIII

### DIODO ZENER

O diodo Zener, que por simplicidade é citado apenas como Zener é um diodo de polarização inversa, PN. Pode-se dizer, de maneira simples, que o Zener tem a propriedade de quando a voltagem a que está submetido, ultrapassa o valor fixado pelo fabricante, produz-se uma espécie de avalanche, que faz com que o diodo comece a conduzir intensamente, obrigando por este consumo de corrente a diminuir a voltagem tão logo o valor da voltagem reduz-se ao nível para o qual o zener foi fabricado, o processo da avalanche cessa, ao contrário do que sucede no diodo comum, que continua até a destruição do compo-

nente. Assim o Zener é um diodo de avalanche controlável, processo que é inerente a fabricação e já vem determinado, sem possibilidade de alteração pelo usuário. Vejamos um exemplo prático. Suponhamos que temos uma fonte de alimentação que produz entre 4,5 e 6 volts, porém desejamos que a voltagem de saída seja mantida nos 4,5 volts. Colocamos entre positivo e negativo desta fonte, um zener que seja para 4,5 volts e que tenha uma dissipação em vatios (w.) ou milivatios (mW) adequada às nossas necessidades. Para evitar que durante o período de avalan-

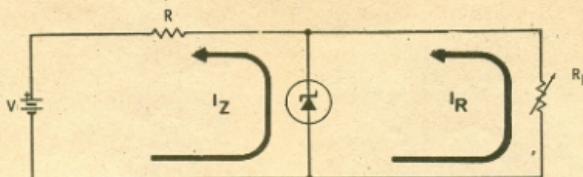


Fig. 35

che haja corrente excessiva, colocamos um resistor  $R$  (figura 35) como limitador para que o zener não seja destruído se ultrapassarmos os valores recomendados pelo fabricante.  $RL$  indica o consumo ou carga. A carga pode variar dentro de certos limites e assim a corrente de consumo ( $I_R$ ) também variará, o mesmo sucedendo com a corrente através do zener ( $I_Z$ ). Se acontecer um curto-círcuito em  $RL$ , o valor da corrente através do zener será zero, pois toda a corrente fornecida

pela fonte será absorvida pela carga em  $RL$ , sendo limitada apenas por  $R$ . A proporção que o consumo diminua em  $RL$ , saindo da faixa de curto-círcuito a voltagem cresce nos extremos de  $RL$ . Quando a voltagem nos extremos de  $RL$  atinge o valor do zener (no nosso exemplo 4,5 volts) este entra em ação e não deixa a voltagem passar deste limite, mesmo que a carga de  $RL$  diminua ou mesmo deixe de existir.

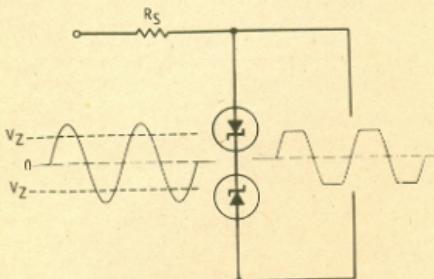


Fig. 36

Na figura 36 temos outra aplicação interessante do diodo zener como cortador (clipper). Ligados em oposição (back-to-back) em um circuito de corrente alternada, sinusoidal, produz uma onda quadrada. Se os zener forem de valores diferentes entre si, produzirão picos negativos e positivos da onda quadrada de amplitude diferente.

## Capítulo IX

### OUTROS DIODOS: SCR TIRISTORES, TRIACS, DIACS ETC.

Os semicondutores denominados SCR pertencem ao grupo de tiristores. Tiristor é essencialmente um diodo de potência cujos períodos de condução podem ser controlados externamente.

Deste modo o tiristor tem três terminais como se vê na figura 37. A placa ou anodo (A), o catodo (K) e o portal ou comando (G). O anodo é de material 'P', segue-se uma camada de material 'N', o portal é outra camada 'P' e o catodo é de material 'N'.

Se o anodo é positivo em relação ao catodo e, ao mesmo tempo, o portal é positivo em relação ao catodo o tiristor conduz diretamente. Depois que

começa a conduzir, a voltagem positiva do portal pode ser reduzida a zero, que o tiristor prossegue conduzindo entre catodo-anodo. Esta situação se manterá até que a voltagem do anodo seja interrompida. Se a voltagem do portal é insuficiente o tiristor não inicia o ciclo de condução. Nesta situação o tiristor está bloqueado. Quando o tiristor está conduzindo, o portal não tem mais ação e portanto não pode ser usado para controle do desligamento do tiristor. Se o anodo é negativo em relação ao catodo não há condução, salvo por uma débil corrente de escape, que é inerente a todo o semicondutor. Nesta condição diz-se que está bloqueado em reverso.

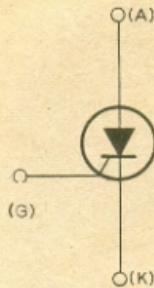


Fig. 37

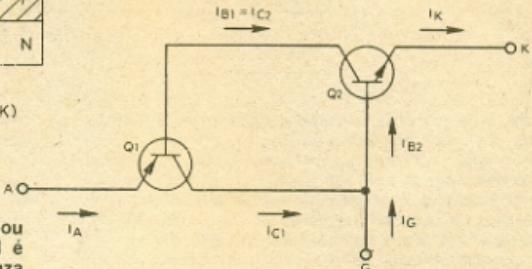
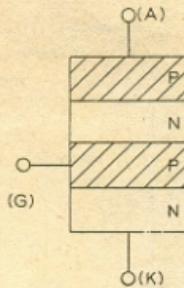


Fig. 38

O SCR permite obter uma ação de interruptor ou comutação. Uma pequena voltagem de sinal é aplicada no portal e faz com que o tiristor conduza uma corrente intensa, muitas vezes mais elevada que a consumida pelo portal. Na figura 38 temos o circuito equivalente a um tiristor SCR, composto de dois transistores de potência. Pode-se verificar que a corrente de placa ou anódica ( $I_A$ ) é igual a soma da corrente de coletor dos dois transistores. O portal ( $G$ ) fornece o valor de base para que os dois transistores comecem a conduzir.

O Triac é uma espécie de SCR bidirecional, isto é, não possui anodo ou catodo específico pois conduz em ambas direções. Assim os terminais são designados de 1 e 2, às vezes antecedidos de letras MT ou T, conforme se vê na figura 39. O sinal ou comando externo do Triac é aplicado entre o portal ( $G$ ) e o terminal (MT 1). O Triac possui quatro modos de operação:

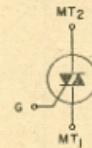


Fig. 39

#### POLARIDADES NOS TERMINAIS

MT2	G
1º Positivo	Positivo
2º Positivo	Negativo
3º Positivo	Positivo
4º Negativo	Negativo



Fig. 40

O leitor deve tomar cautela ao usar o Triac já que nem sempre o fabricante especifica a corrente máxima permitível para os quatro modos. Também a sensibilidade entre os quatro modos de operação é diferente, sendo maior nos modos 1º e 4º e depois no 2º e finalmente no 3º.

Alguns SCR são sensíveis à luz. Quando a claridade incide no SCR o mesmo é ativado. Este tipo de SCR é chamado de ativado por luz e suas iniciais são LASCR. O símbolo do LASCR está na figura 40 e o circuito equivalente pode ser apreciado na figura 41. Quase sempre os LASCR são sensíveis às radiações próximas do infra-vermelho e assim os diodos emissores de luz (LDR) de gálio, são adequados para produzir o sinal luminoso de acionamento.

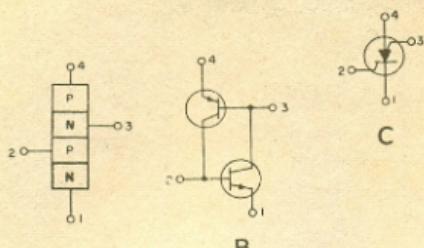


Fig. 41

O SCS é um interruptor ou comutador controlado, de silício. Possui quatro camadas, duas 'P' e duas 'N' (figura 41 A) e sua representação gráfica está na figura 41 C e sua equivalência a um transistor comum pode ser anexada na figura 41 B.

B. O terminal 2 é chamado de portal do catodo e o terminal 3 é denominado de portal anódico. O SCS pode ser ligado e desligado por ação dos portais, mas também pode ser desligado pela interrupção da voltagem aplicada ao terminal 1.

Há um tiristor SCR que pode ser ligado e desligado pela ação do portal. Trata-se do GTS ou GTO. É um componente muito caro, dificilmente encontrado em equipamentos domésticos.

O Diac é um diodo tiristor bidirecional. Seu símbolo está na figura 42. Conduz em qualquer direção, quando a voltagem adequada é aplicada aos terminais T1 e T2.



Fig. 42

## Capítulo X

### TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO (FET)

Já se disse que se o FET houvesse sido descoberto antes do transistor bipolar o avanço no uso dos semicondutores teria sido muito maior e sem dúvida certas inconveniências dos transistores híbridos teriam desaparecido.

Uma das vantagens dos FET é que possuem uma alta resistência de entrada (semelhante às válvulas) permitindo circuitos de alto ganho, em condições em que o sinal é débil, como sucede nos estágios de entrada dos rádios, TV, etc.

Existem dois tipos de FET, designados por JFET (juncão) e MOSFET (óxido de metal). Na figura 43 temos a representação do JFET canal 'P' (A) e JFET canal 'N' (B). Na figura 44 temos a representação do MOSFET e finalmente na figura 45 a demonstração de como se constitui um JFET canal 'N'. As letras correspondem aos símbolos da figura 43 B.

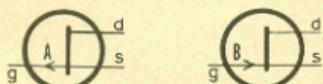


Fig. 43

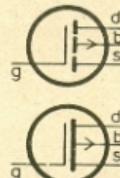


Fig. 44

Como nos tipos transistores bipolares os FET também têm necessidade de polarização. Na

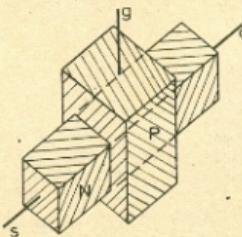


Fig. 45

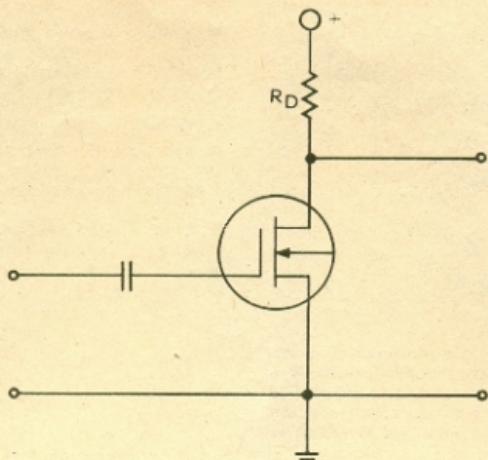


Fig. 46

figura 46 temos um circuito amplificador utilizando um FET. O condensador é usado para isolar o sinal de entrada e o resistor RD é para estabelecer um limite no consumo. Na figura 47 temos um

processo para polarizar o FET, de modo que a entrada G seja mais negativa que a fonte S quando não exista sinal aplicado. O valor de R2 varia de 10.000 ohms a 100 megohms.

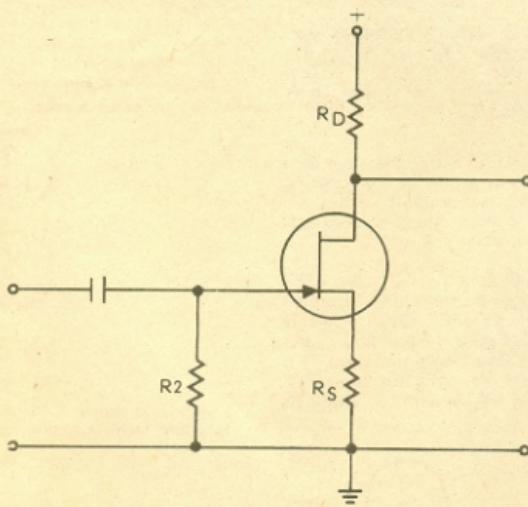


Fig. 47

O valor exato não é importante, desde que não atue como curto-circuito para o sinal de entrada. Sua função é ligar a entrada G à terra. O resistor RS está em um circuito em que circula uma corrente intensa, isto é, a corrente desde o positivo, através de RD, FET e de volta ao negativo via RS. Como ao circular uma corrente em um resistor, nos extremos do mesmo há uma

diferença de voltagem, a parte superior (no desenho) de RS é mais positiva do que a parte inferior. Como a entrada (G) está ligada à mesma linha da parte inferior de RS, ficará mais negativa que a fonte(S) o que é justamente o que precisamos para polarizar o FET adequadamente, isto no caso do JFET.

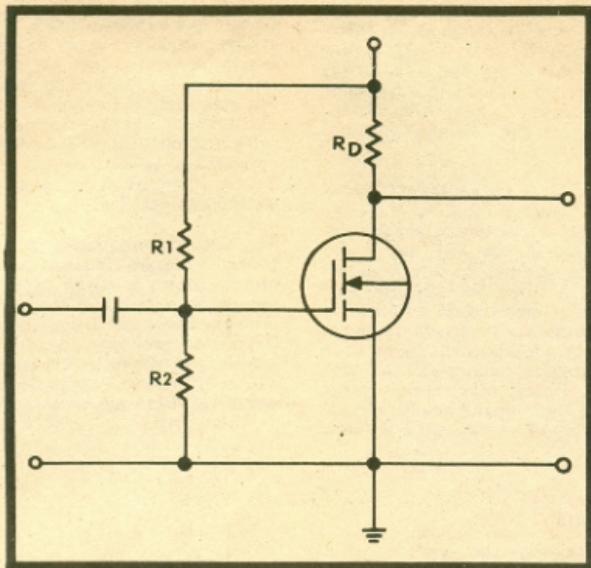


Fig. 48

O MOSFET necessita polarização positiva que pode ser obtida com a disposição da figura 48. A voltagem na entrada(G) é igual a voltagem de alimentação, dividida por  $R_1-R_2$ . Como há passagem de corrente através dos mesmos, pois estão

ligados nos extremos da fonte, o valor total de  $R_1-R_2$  deve ser elevado, da ordem de 100.000 ohms ou mais. Pela escolha dos valores de  $R_1$  e  $R_2$  é possível aplicar no terminal G uma polarização positiva de valor adequado.

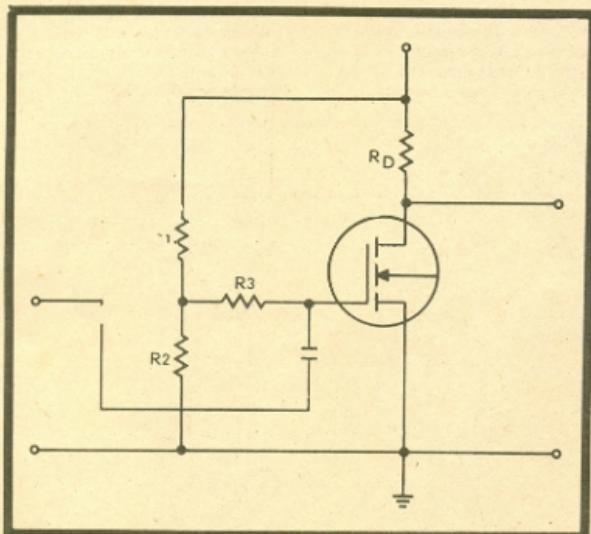


Fig. 49

Porém um problema que ocorre com estes dois processos de polarização seja no JEFT(figura 47) ou no MOSFET(figura 48) é que os resistores

diminuem a impedância ou alta resistência de entrada, reduzindo portanto uma das grandes vantagens do FET. Para evitar isto recorre-se ao

círcuito da figura 49, acrescentando-se um resistor(R3) e aplicando-se o sinal a (G) porém isolando-o da junção R1-R2 por um resistor(R3) de vários megohms de valor. Não importa o valor elevadíssimo de R3 porque não circulando corrente no mesmo, já que o terminal(G) não consome, não haverá queda de potencial.

Os FET têm vantagens e desvantagens (como tudo na vida...) E preciso muito cuidado ao manuseiar os FET para evitar que sejam destruídos durante a instalação. Os FET são muito sensíveis à eletricidade estática e a alta impedância entre o portal e o canal faz com que seja sensível até mesmo a eletricidade estática do seu ambiente podendo ser destruído se removermos o fio que os fabricantes, usam para curto-circuitar os eletrodos, quando são enviados para o consumo. A própria mão, com a carga eletrostática que o corpo humano acumula, pode causar a destruição do FET se tocarmos o terminal

G, sem que o mesmo esteja ligado, por um fio aos outros terminais, antes da colocação. Se tocarmos o terminal G com um soldador comum há o risco da carga estática do mesmo destruir o FET. Por esta razão recomenda-se o uso de soldadores que tenham um transformador de isolamento, ou melhor ainda, desligar o soldador da rede, na hora de aplicá-lo, tendo o cuidado de encostá-lo antes em um ótimo ponto de terra, para descarregar a eletricidade estática.

Nos circuitos integrados utilizando FET os fabricantes colocam diodos que protegem efetivamente contra a carga eletrostática. Uma recomendação para quem constrói com transistores, principalmente FET é usar bases para os mesmos. Depois de pronto o circuito, os terminais dos transistores são inseridos nas bases. Deste modo não há risco de aplicação de excessivo calor nem de cargas eletrostáticas acidentais.

## Capítulo XI

### REALIZAÇÕES PRÁTICAS

Nas referências bibliográficas damos a indicação de vários livros que contêm esquemas práticos de aparelhos transistorizados. Também indicamos livros como o Semiconductor Handbook, publicado pelo De Muiderkring, que contém o tipo do transistor, sua base de ligação e um circuito clássico de aplicação com valores dos condensadores, resistores, indutores etc. Deste modo o leitor pode obter dados que lhe permitam executar novos circuitos, efetuar reparações e alterações sem ter que recorrer a cálculos e teorias.

Os circuitos práticos que daremos, são no intuito de familiarizar ainda mais o leitor com a aplicação dos transistores. Recomendamos que leiam as revistas técnicas, pois estas trazem sempre as últimas novidades.

Os circuitos que irão ser publicados foram gentilmente cedidos pela Mullard Ltd. da Inglaterra estão teoricamente analisados no livro "Transistor Audio and Radio Circuits", publicados por aquela organização.

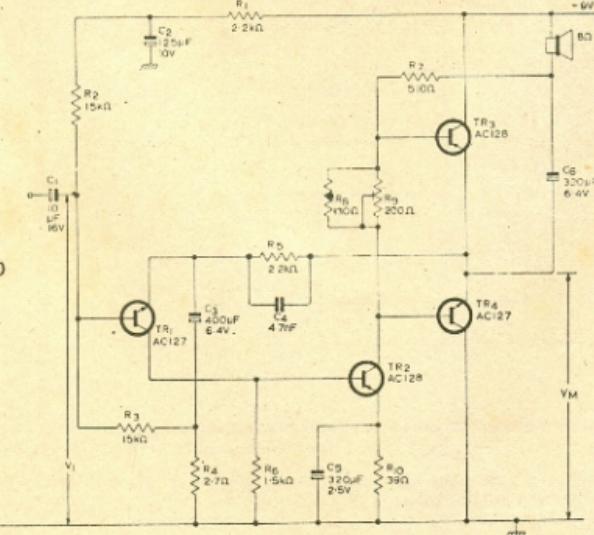


Fig. 50

Na figura 50 temos um amplificador de 1 w. Notem que há uma saída complementar constituída pelos transistores TR3 e TR4. O comando deste par complementar é efetuado por TR2 que por sua vez recebe o sinal do pré-amplificador constituído por TR1

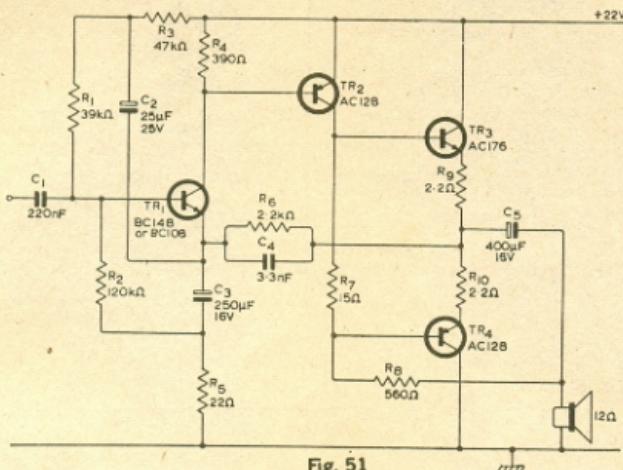


Fig. 51

C1. O resistor R5 e o condensador C6 levam uma retroalimentação (feedback) desde o estágio de saída até o emissor do TR1. A função do condensador C2 é remover qualquer interação dos estágios. Sua função é de desacoplamento. A corrente de quietude, a ser regulada por R9 é de 13 mA.

sador C2 é remover qualquer interação dos estágios. Sua função é de desacoplamento. A corrente de quietude, a ser regulada por R9 é de 13 mA.

Na figura 51 temos um outro amplificador de 3w. e na figura 52 uma fonte de alimentação, de onda completa utilizando 4 diodos BY 164 e capaz de fornecer uma voltagem de 22 v a 0.5 Amp.

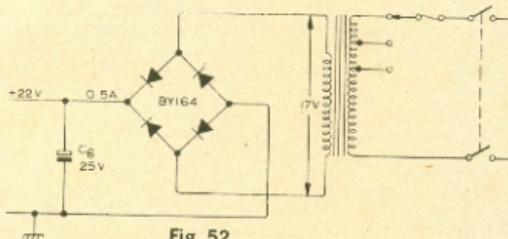


Fig. 52

Na figura 53 temos um amplificador de 10w. Com duas unidades destas é possível construir um excelente conjunto estereofônico. Há um dispositivo interessante neste esquema que é o circuito Zobel constituído por CZ de 12,5 mfds x 25 v. e

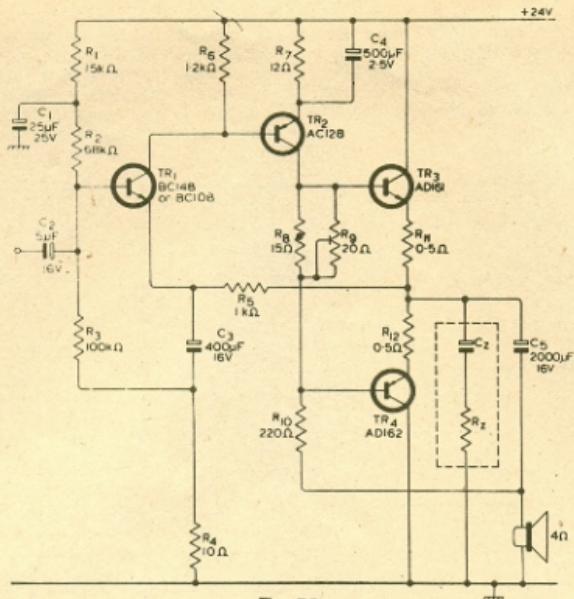


Fig. 53

R<sub>z</sub> de 4 ohms, para um alto falante de 4 ohms. Na figura 54 temos a fonte de alimentação recomendada para este amplificador.

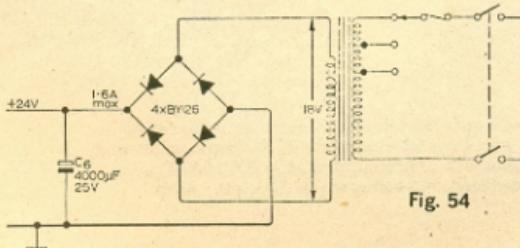


Fig. 54

Na figura 55 temos o circuito de um pré e controle de tonalidade recomendado para o circuito

anterior de 10w. Notem que o potenciômetro R16 tem uma extremidade livre, que servirá para

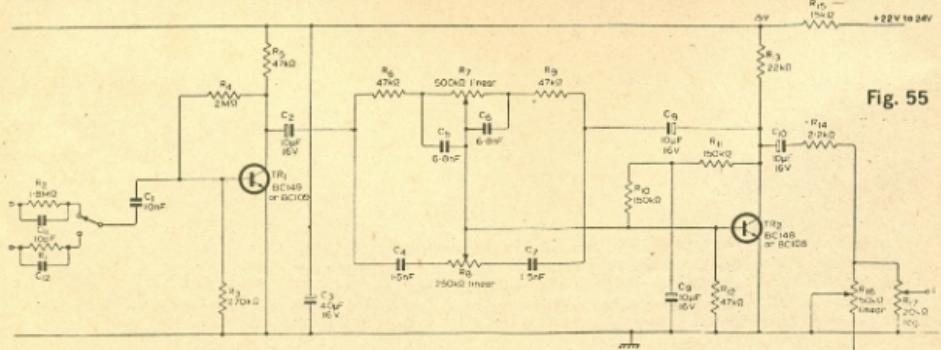


Fig. 55

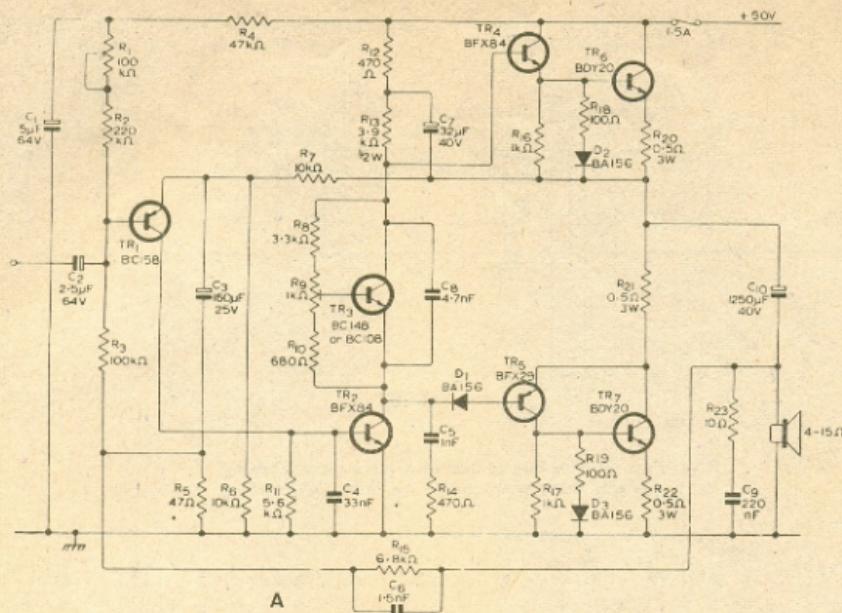


Fig. 56 A

ligar a outro pré idêntico, em disposição estereofônica. R7 é o controlo de graves, R8 de agudos e R17 é volume. A entrada pode ser para unidade de cerâmica, através de R2 ou rádio, através de R1.

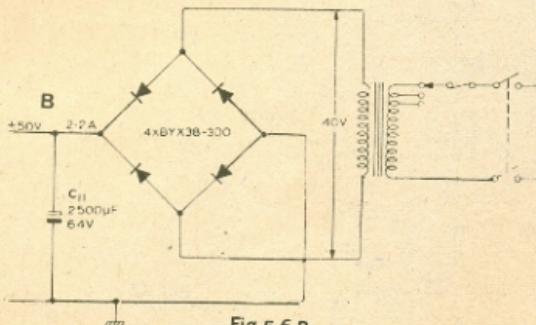


Fig. 56 B

Finalmente na figura 56 A B e C temos um amplificador de 25W de alta qualidade, fonte e respectivo pré. Não recomendamos a execução

do pré, por pessoa sem experiência. A disposição dos componentes, principalmente chaves e controles requer uma certa prática anterior.

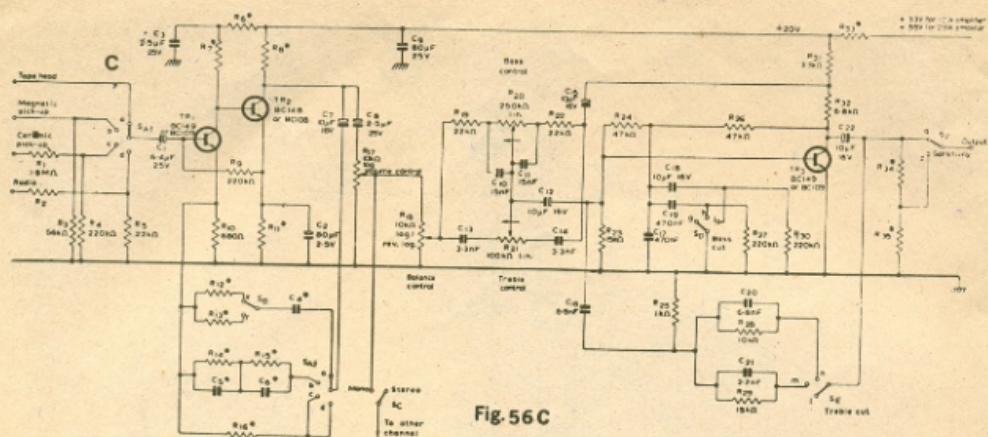


Fig. 57

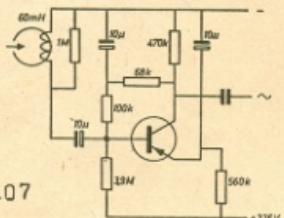


Fig. 60

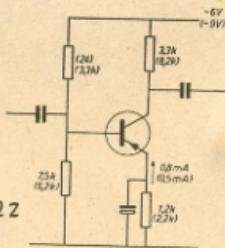


Fig. 58

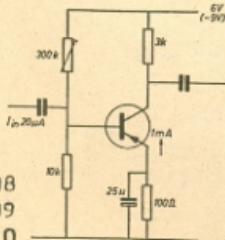


Fig. 61

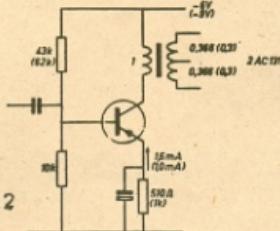


Fig. 59

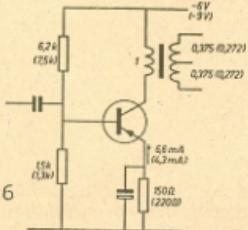
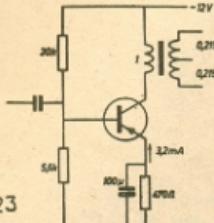


Fig. 62



venda nas casas especializadas, constando de todo o material, esquema, chapeado, circuito

impresso e, muito mais importante, de transistores escolhidos para apresentarem o melhor resul-

tado. Esta ênfase em transistores escolhidos é porque, as vezes, no balcão do varejo, os transistores são do mesmo tipo e do mesmo fabricante porém não tem o mesmo desempenho.

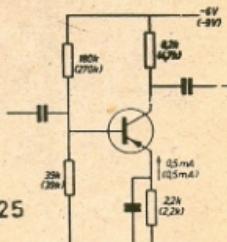


Fig. 63

AC 125

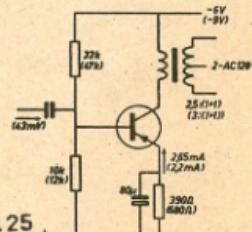
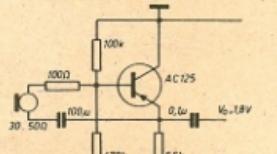


Fig. 64

AC 125



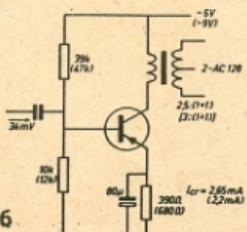
Fig. 65



AC 125



Fig. 66



AC 126

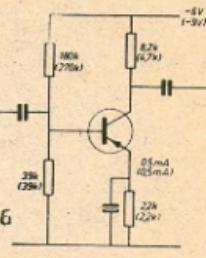


Fig. 67

AC 126



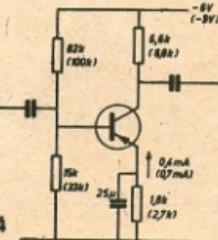
Fig. 68



AC 129



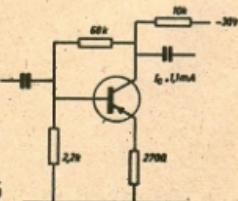
Fig. 69



AC 134



Fig. 70



AC 135



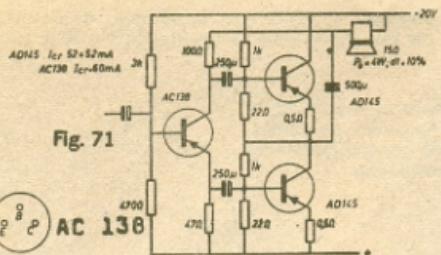


Fig. 71



4700  
AC 138

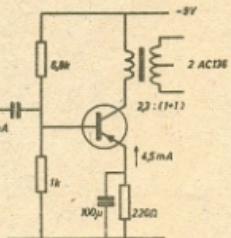
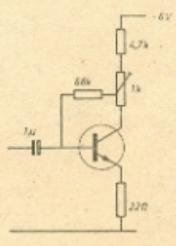


Fig. 72



Fig. 73



BC 130

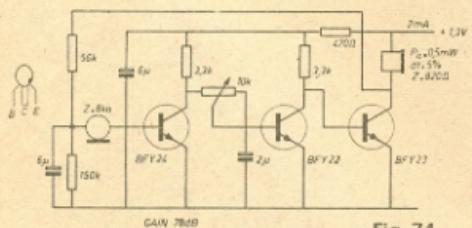


Fig. 74

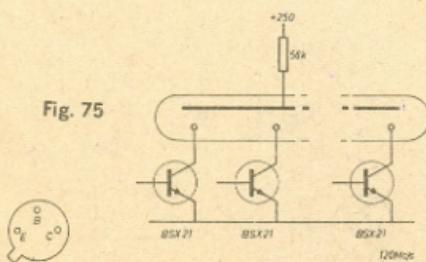


Fig. 75

26

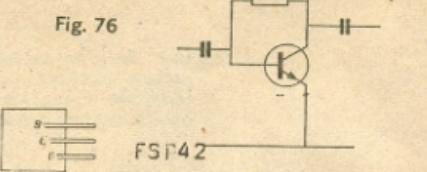


Fig. 76

FSF42

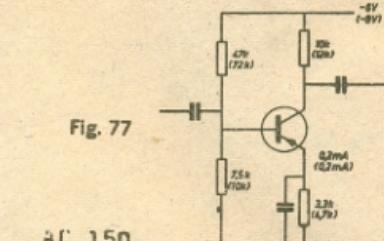


Fig. 77

AC 150

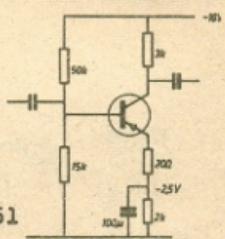


Fig. 78

AC 151



Fig. 79

AC 162

2-AD150

AC 162

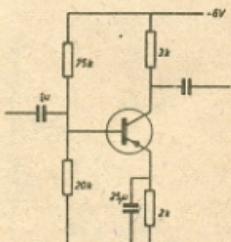
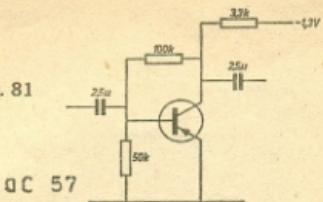


Fig. 80

AC 171

OB  
E S C

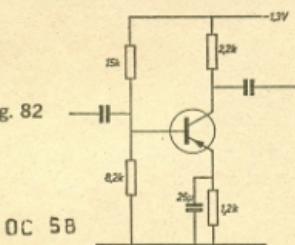
Fig. 81



OC 57



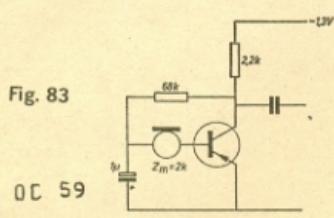
Fig. 82



OC 58



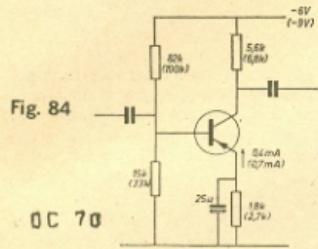
Fig. 83



OC 59



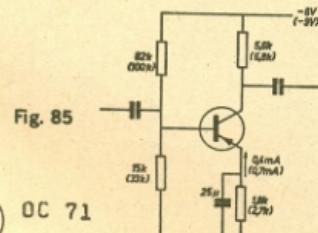
Fig. 84



OC 70



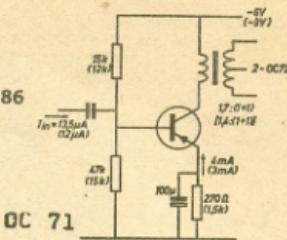
Fig. 85



OC 71



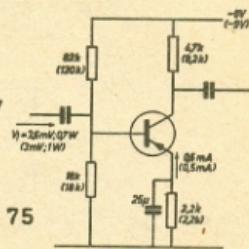
Fig. 86



OC 71



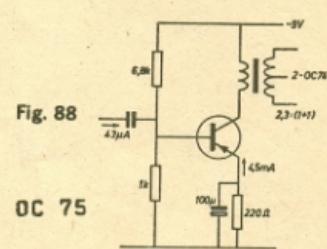
Fig. 87



OC 75



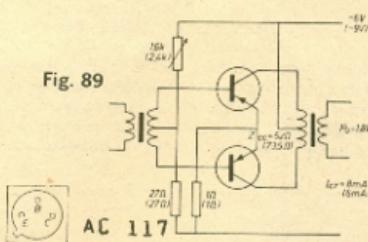
Fig. 88



OC 75



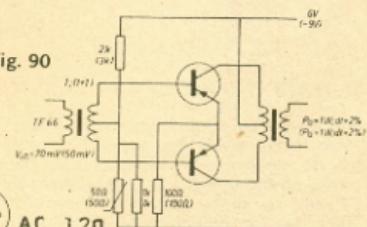
Fig. 89



AC 117



Fig. 90



AC 120



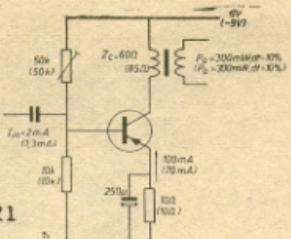


Fig. 91

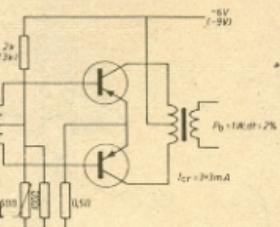


Fig. 92

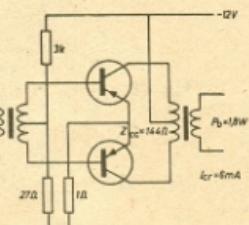


Fig. 93

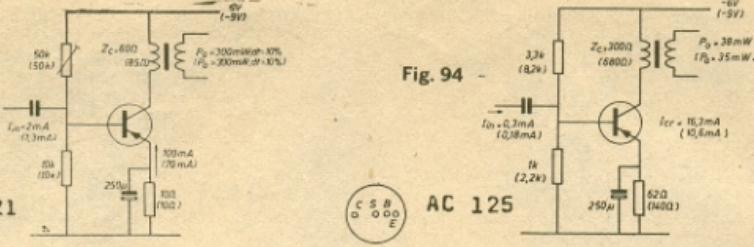


Fig. 94

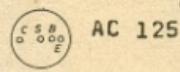


Fig. 95

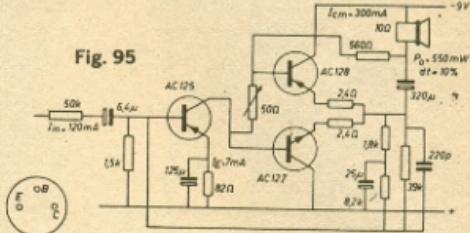
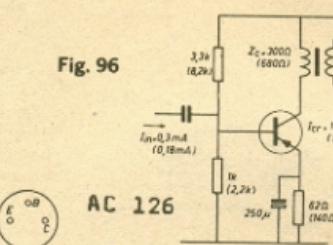


Fig. 96



AC 126

Nos circuitos que apresentamos damos

os valores recomendados pelos fabricantes para efeito de polarização e estabilização dos transistores. Em alguns circuitos não há indicação do valor do condensador. Isto significa que o mesmo não afeta a questão de estabilidade ou polarização. Os

valores que são indicados são essenciais ao funcionamento adequado do transistor, levando em conta o que já dissemos antes: dentro da mesma série, tipo e marca, há variações muito grandes de ganho e ponto de polarização.

## Capítulo XII

### TESTANDO CIRCUITOS TRANSISTORIZADOS

Um dos circuitos mais comuns é sem dúvida o rádio receptor AM. Na figura 97 temos o diagrama de bloco de um receptor AM. Da esquerda para a direita temos a antena que recebe as ondas de rádio ou sinais de radiofrequência (RF). Estes sinais vão ao amplificador de RF (RF AMP.). O sinal, já mais forte vai ao misturador (MIXER)

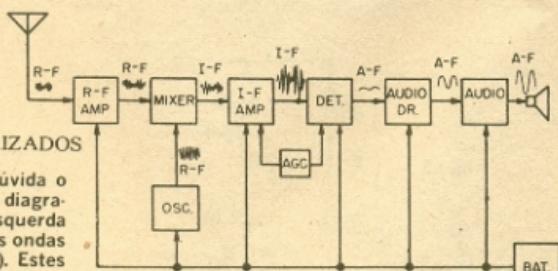


Fig. 97

onde os sinais de um oscilador local (OSC) se misturam com os da antena para produzir uma terceira frequência ou seja a frequência intermediária (IF). Esta frequência intermediária vai ao estágio detetor, que além de produzir os sinais de áudio frequência, fornece o controle automático de ganho (AGC). Do detetor o sinal de áudio vai para o estágio "driver" (DR) e daí para o estágio final ou de saída e alto falante.

Não trataremos aqui da parte teórica e sim de coisas práticas que o leitor pode aplicar logo, com resultados. Na reparação dos rádios transistorizados às vezes há necessidade de medir a corrente que passa em uma parte do circuito impresso. Se fosse um fio condutor, bastava desligá-lo em uma extremidade e colocar o miliampímetro em série. No caso de circuitos impressos há que interromper a sequência ou continuação da lâmina.

na metálica. Isto se consegue fazendo um corte na mesma com uma lâmina afiada e soldando fios nos bordos desta lâmina. Estando interrompido o circuito, pelo corte efetuado, coloca-se miliampímetro em série, pelo recurso de soldar dois fios às extremidades da lâmina interrompida. Depois de efetuada a medida, removido os fios, com solda se refaz a continuidade interrompida pelo corte.

Aliás é sempre conveniente medir a corrente de consumo total do aparelho sob exame e anotar. Quando se encontre aparelho idêntico a indicação será valiosa para saber se há consumo excessivo ou abaixo do comum, sendo em ambos casos indicativo de defeito.

Quando examinando um rádio transistorizado a seguinte tabela é muito útil.

Ponto de exame	Observado	Possível causa
Base p/ terra ou chassi	Voltagem muito alta ou muito baixa	Componente defeituoso no circuito de base
Coletor e base	Coletor com voltagem idêntica a da fonte de alimentação (não há condução)	Coletor não tem voltagem e há componente defeituoso
Emissor, base e coletor	Coletor com voltagem idêntica a da fonte de alimentação. Polarização do Emissor e Base normal (não há condução)	Transistor aberto, eletrodos interrompidos
1º Coletor 2º Ligar emissor em curto com base e verificar novamente voltagem do coletor	Voltagem mais baixa que normal Coletor não alcança voltagem da fonte de alimentação	Transistor defeituoso. Fuga entre emissor e coletor

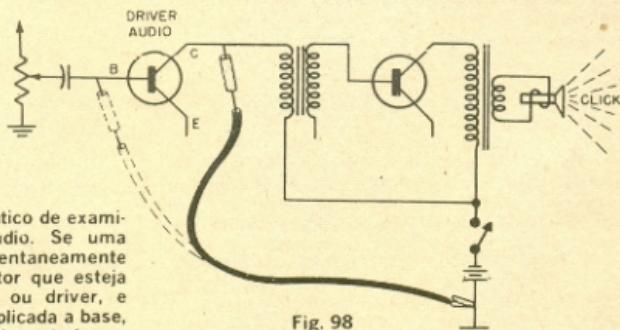


Fig. 98

Na figura 98 temos um método prático de examinar um circuito de saída de áudio. Se uma pequena voltagem positiva é momentaneamente injetada no coletor de um transistor que esteja instalado em circuito de entrada ou driver, e depois, esta mesma voltagem for aplicada a base, no alto falante se produzirá um click, se todos os circuitos entre o driver e o referido alto falante estiverem bons. Neste caso o click da base deve

ser mais forte que o produzido quando se toca o coletor.

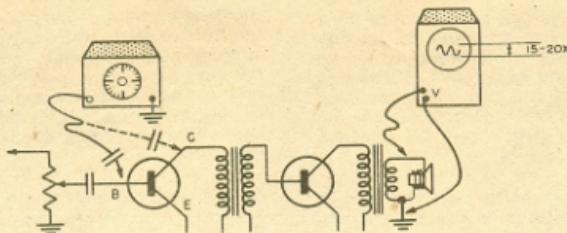


Fig. 99

O ganho de um estágio driver ou pré amplificador transistorizado é da ordem de 15 a 20 vezes. Isto pode ser comprovado com a disposição da figura 99. A entrada vertical do osciloscópio é ligada ao

secundário do transformador de saída e um sinal de áudio de 400 ou 1.000 Hz é aplicado sucessivamente no coletor e base, através de um condensador cujos valores podem situar-se entre 0.01 e 0.1 mfd.

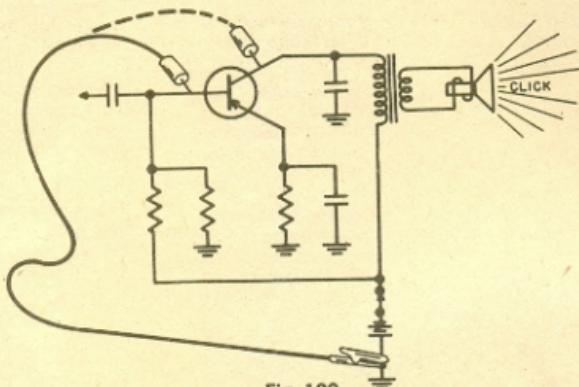


Fig. 100

Na figura 100 temos a repetição do teste da figura 98, porém no transistor de saída. Se o click é ouvido quando o coletor é tocado porém tal não acontece quando se toca a base, o transistor está defeituoso. Se não há click em nenhuma das duas condições é sinal de circuito aberto.

Na figura 101 temos o mesmo teste da figura 99 porém para o estágio final. Naturalmente em lugar de um osciloscópio pode ser usado um voltímetro eletrônico. Para os leitores não familiarizados com o osciloscópio recomendamos nosso livro: O OSCILOSCOPIO E SUAS APLICAÇÕES.

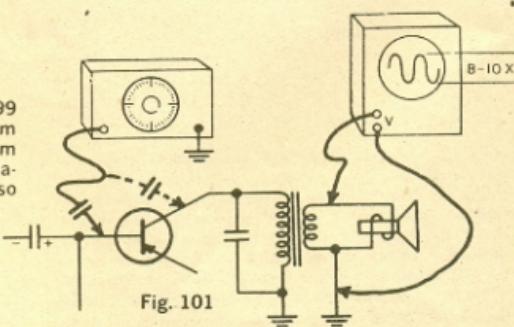


Fig. 101

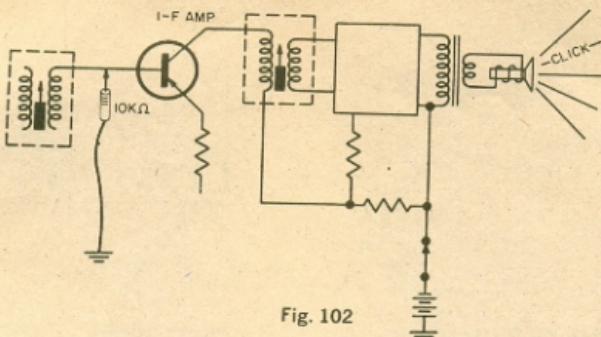


Fig. 102

Na figura 102 temos um teste rápido para os circuitos de freqüência intermediária. Se aplicarmos uma pequena voltagem positiva (no caso de PNP) e negativa (no caso de NPN) no coletor do transistor do 1º estágio amplificador de freqüência intermediária (IF AMP) no alto falante se

ouvirá um click se tudo estiver bem. Se o click é ouvido quando se toca o coletor, mas tal não sucede quando se toca a base isto indica defeito no circuito do estágio. O click quando se toca a base deve ser mais forte do que o produzido quando se toca o coletor.

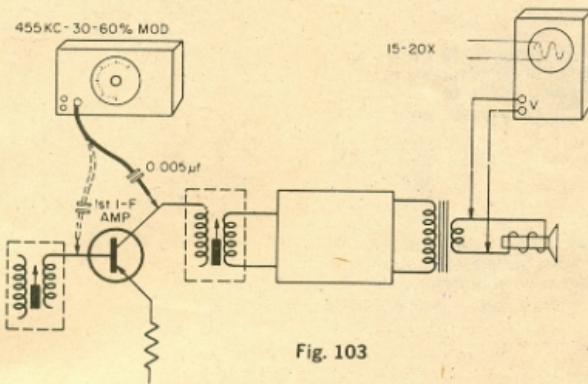


Fig. 103

Também se pode utilizar um gerador de sinais, como se vê na figura 103 com um osciloscópio ou voltímetro eletrônico no secundário do transformador de saída. O gerador de sinais deve produzir uma freqüência de 455 KHz ou outro valor que seja o de ajuste dos transformadores de freqüência intermediária. Há casos de 260 KHz, porém os mais comuns são de 455 KHz.

O ganho de um estágio de freqüência intermediária é da ordem de 15 a 20 vezes maior quando o sinal é injetado na base do que injetado no coletor do mesmo transistor. Se existirem dois estágios de freqüência intermediária, ambos devem ser examinados como explicado acima. O estágio mais próximo à antena (1º estágio) deverá produzir click mais forte que os subsequentes.

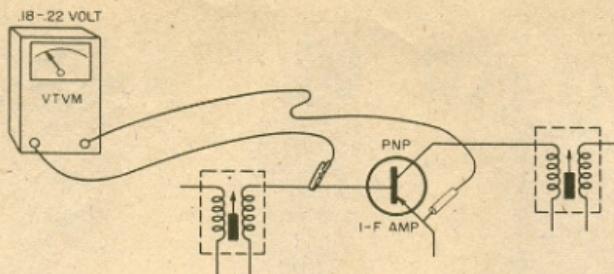


Fig. 104

Na figura 104 temos um processo prático de medir a polarização base-para-emissor de um transistor instalado em um circuito de freqüência intermediária. Para transistores NPN as pontas

de prova do voltmímetro eletrônico (VTVM) devem ser invertidas. A voltagem correta de polarização deve situar-se entre 0.18 e 0.22 volts.

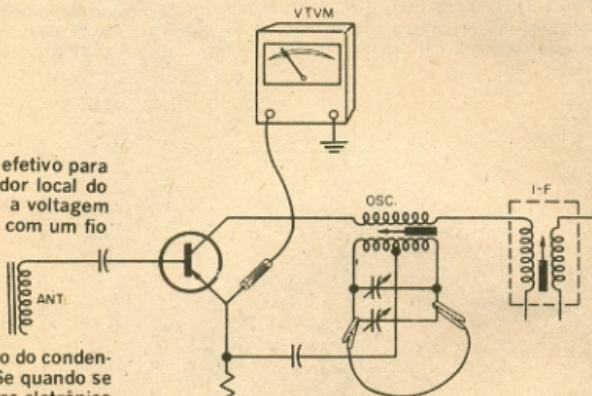


Fig. 105

Na figura 105 temos um teste muito efetivo para examinar o funcionamento do oscilador local do receptor super-heteródino. Mede-se a voltagem nos extremos do resistor do emissor, com um fio

coloca-se em curto temporário a seção do condensador variável do circuito oscilador. Se quando se faz este curto a voltagem no voltmímetro eletrônico não se modifica é indício que o circuito está defeituoso.

O exame do circuito detetor pode ser efetuado com uma disposição idêntica da figura 106. Se

um click é ouvido quando o coletor do transistor

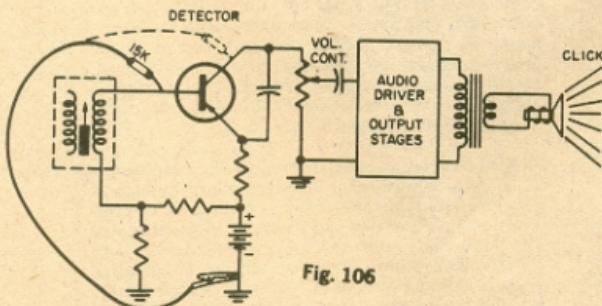


Fig. 106

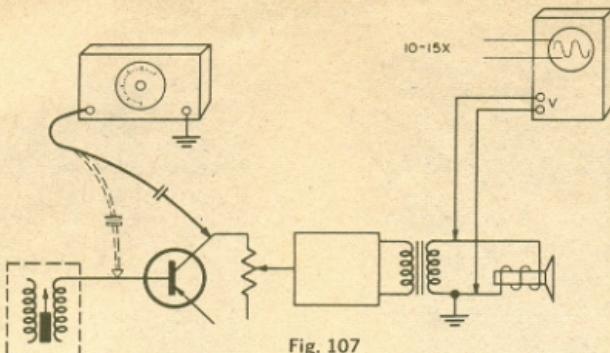


Fig. 107

toca a base, o estágio não está funcionando. Na figura 107 temos o teste de ganho utilizando um gerador de áudio e osciloscópio. Um sinal de áudio (400 ou 1.000 KHz) é injetado alternativa-

mente na base e coletor, através de um condensador (0.1 a 0.015mfds). Se o sinal só surge no osciloscópio quando se injeta no coletor, há defeito no transistor ou no circuito.

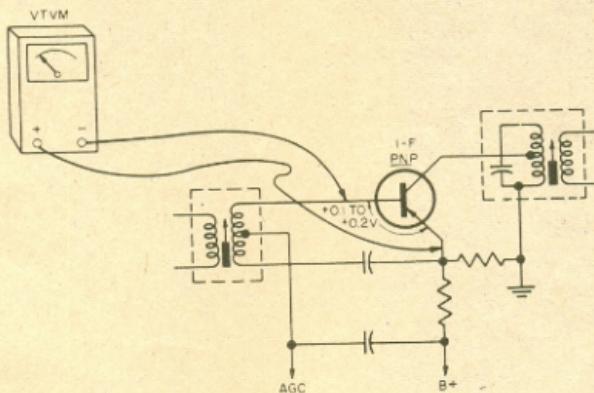


Fig. 108

Para examinar o controle automático de ganho (AGC) é indicado o circuito da figura 108. Liga-se um voltímetro eletrônico à base e emissor do transistor amplificador de freqüência intermediária, observando que para transistores NPN devem ser invertidas as pontas de prova do instrumento.

Se o receptor não estiver sintonizando alguma estação, uma voltagem positiva de 0.1 a 0.2 volts será indicada. Quando se sintoniza uma estação esta voltagem cai para 0.05 a 0.15 volts. Se não houver alteração na voltagem quando sintonizando uma estação isto é indício que o sistema AGC não está operando corretamente.

Em substituição ao gerador de áudio e de rádio freqüência antes sugeridos é possível utilizar um gerador de ruídos, que produz sinais em áudio e RF. Na figura 109 temos um circuito deste tipo. Notem que os componentes não são críticos, como também não é crítica a voltagem de alimentação nem o tipo de transistor. A freqüência é variada pelo potenciômetro de 10.000 ohms. A saída do sinal é obtida entre terra e o extremo oposto do condensador de 0.01 que está ligado ao potenciômetro de 500K.

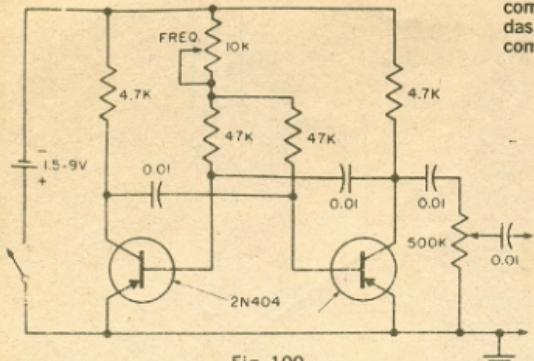


Fig. 109

comum é negativa. Após estabelecer a polaridade das pontas de prova examina-se o transistor como se vê na figura 110.

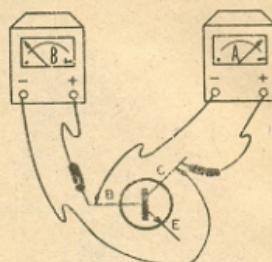


Fig. 110

A aplicação do gerador de ruídos é muito simples. Liga-se o aparelho a ser examinado o mesmo se fazendo com o gerador de ruídos. Aplica-se o gerador ao alto-falante. Deve ser ouvido um ruído, depois aplica-se o gerador à base do transistor de saída, o ruído deverá ser mais forte, se tudo estiver em ordem. E assim, retrocedendo, em direção à antena, aplica-se o gerador de ruídos às bases dos transistores, observando que o ruído deve aumentar.

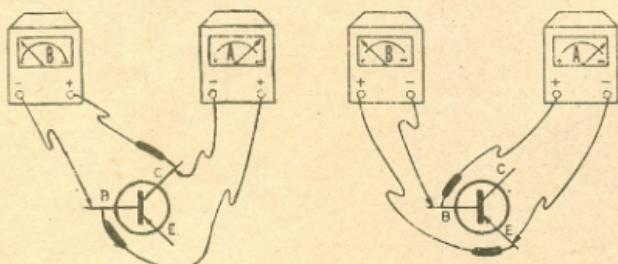


Fig. 111

Para o exame do transistor em geral há uma série de testes muito práticos. O leitor deve lembrar-se sempre que os transistores ou estão bons ou não funcionam. Não há estados intermediários como válvulas (cansados, ruidosos etc.)

Os testes que vamos explicar agora utilizam um VOM - VOM é a abreviação de Volt-Ohm-miliampímetro. Coloca-se o VOM na escala baixa de ohms ( $R \times 100$  ou  $R \times 1.000$ ) e determina-se se a ponta de prova marcada "comum" é positiva ou negativa.

Para isto usa-se um diodo que se saiba estar bom. Aplica-se a ponta de prova "comum" ao anodo e a outra ponta de prova ao catodo. A leitura deve ser de 100 ohms, se a ponta de prova marcada comum é positiva. Uma indicação de mais de 100.000 ohms é indício que a ponta de prova

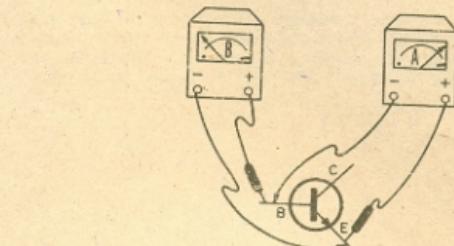
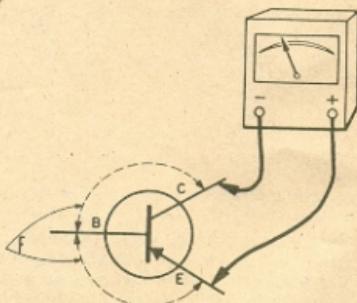


Fig. 112



Os valores altos (A) são da ordem de 50.000 ohms a 5 megohms. Os valores baixos (B) são da ordem de 50 a 500 ohms. O teste indicado é para transistor NPN. Para transistores PNP a disposição é a indicada na figura 111. Os valores em ohms são os mesmos antes indicados.

Para se determinar de modo prático o ganho de um transistor em corrente contínua (c.c.), ou seja o fator B (beta), usa-se o circuito da figura 112.

Coloca-se o VOM em uma escala de  $\times 1.000$  ohms com as pontas de prova na disposição indicada para PNP. Se for o caso de NPN há que inverter as pontas. Liga-se um fio (F) de base para emissor e observa-se a medição em ohms, que deve ser maior que 50.000 ohms. Depois coloca-se o fio de base para coletor e o VOM deve dar uma indicação de aproximadamente menor. A relação entre as duas leituras é aproximadamente

o ganho (beta) do transistor. Por exemplo, se as indicações forem de 100k e 5k isto daria um ganho em c.c. de  $100.000/5.000$  igual a 20.

Os transistores junção podem ser examinados sem que haja necessidade de removê-los dos circuitos. Este teste consiste em aumentar ou diminuir a condução do transistor, pela modificação da polarização. Se o transistor atende a estas modificações, está basicamente funcionando.

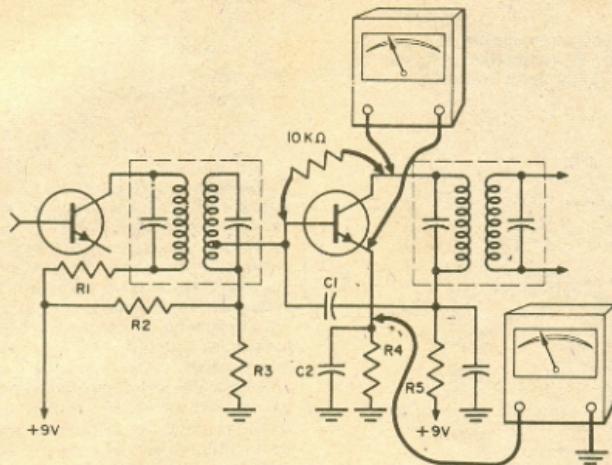


Fig. 113

Na figura 113 temos o método indicado. Aplica-se o VOM entre emissor e terra ou então entre coletor e emissor e observa-se a leitura. Depois coloca-se, provisoriamente, um resistor entre

coletor e base, para aumentar a polarização. O VOM ligado nos extremos do emissor indicará aumento de voltagem. O VOM ligado entre coletor e emissor indicará menor voltagem.

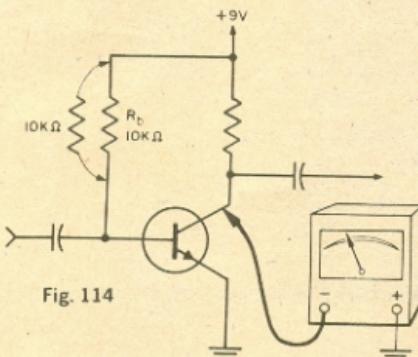


Fig. 114

Um teste mais conclusivo é obtido diminuindo-se a condução pelo processo de curto-círcuito base-emissor. Neste caso a voltagem coletor-para-emissor deve aumentar. Quando se exami-

nam transistores de potência por este método é preferível usar o processo de diminuir a condução para evitar excessiva corrente através do semicondutor. Se o transistor usa autopolarização (figura 114) o aumento de condução é obtido pela

colocação de um resistor em paralelo com  $R_B$ . Se  $R_B$  é de 10K o resistor colocado temporariamente deve ser de 10K.

Para examinar os FET certas precauções devem ser tomadas. Examinando os FET é melhor utilizar voltmímetro eletrônico. A voltagem do VTVM deve ser baixa (nunca acima de 3 volts) e a corrente do medidor para o transistor deverá ser limitada. Tanto a voltagem como a corrente elevadas podem danificar os FET.

Na figura 115 temos como medir um FET quando inserido em circuito. O voltmímetro é ligado no dreno (D) e um fio ligado temporariamente nos extremos de  $R_S$ .

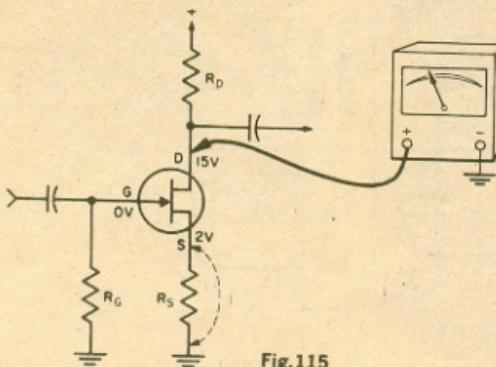


Fig. 115

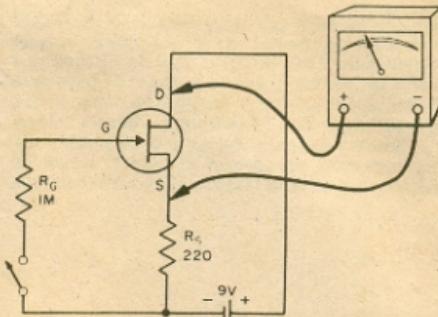


Fig. 116

Para medir um FET fora de circuito o desenho da figura 116 pode ser usado. O VOM, na escala de volts, é ligado entre D e S. Quando a chave é fechada a polarização do porta (G) é reduzida, a corrente entre fonte (s) e dreno (d) diminui e a voltagem entre (s) e (d) aumenta. A relação das voltagens quando a chave está aberta e fechada é uma indicação do ganho do FET e pode ser usado para, num grupo de FET idênticos, encontrar o de maior ganho. A corrente de fuga do portal (G) pode ser determinada pela medida da voltagem nos extremos de  $R_g$  com a chave fechada. A voltagem deve ser próxima a zero. Um transistor com voltagem elevada nos extremos de  $R_g$  provavelmente terá uma corrente de fuga elevada e baixo ganho. Quando se examinam MOS-FET com mais de um portal, este teste deve ser efetuado em cada um (G), separadamente.

**LIVROS JÁ PUBLICADOS**  
**A. FANZERES**

Desfile de circuito (válvulas) esgotado  
Reparações de rádios transistorizados — 4<sup>ª</sup> edição  
Osciloscópio e suas aplicações  
Televisão a cores — 2<sup>ª</sup> edição  
Semicondutores — 2<sup>ª</sup> edição  
Guia de substituição de transistores nº 1  
Guia de substituição de transistores nº 2  
Guia de substituição de transistores nº 3  
Transistores (sem teoria)

Revistas publicadas sob a orientação Técnica de A. Fanzeres

Rádio TV — Técnico  
Mundo Eletrônico  
Eletrônica para todos

**EDITORIA SIGNO LTDA., Rua Goiás, 1164 — Rio — GB**

**WALDEMIRO BARBOSA DA SILVA**  
**Diretor Responsável:**

**Orientador Técnico: A. FANZERES**

**DISTRIBUIÇÃO**

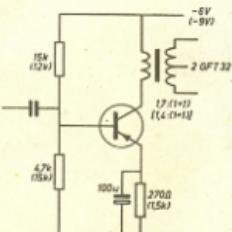
Fernando Chinaglia "S A  
Rua Teodoro da Silva, 907  
Guanabara

# TRANSISTORES

## (sem teoria)

A FANZERES

**GTF21**

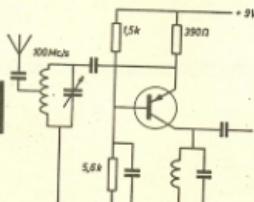


Gerador de Ruido

Amplificador de 10 W

Amplificador de 1 W

**T2 399**



12 Capítulos Práticos

de Aplicação Imediata

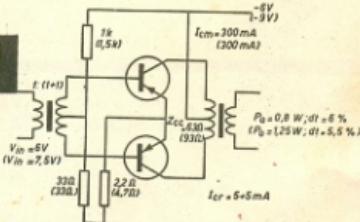
116 Circuitos e Ilustrações

Métodos Práticos

Para Teste de Transistores

Pré e Amplificador de 25 W

**OC74**



Teste dos JFet e Mosfet.