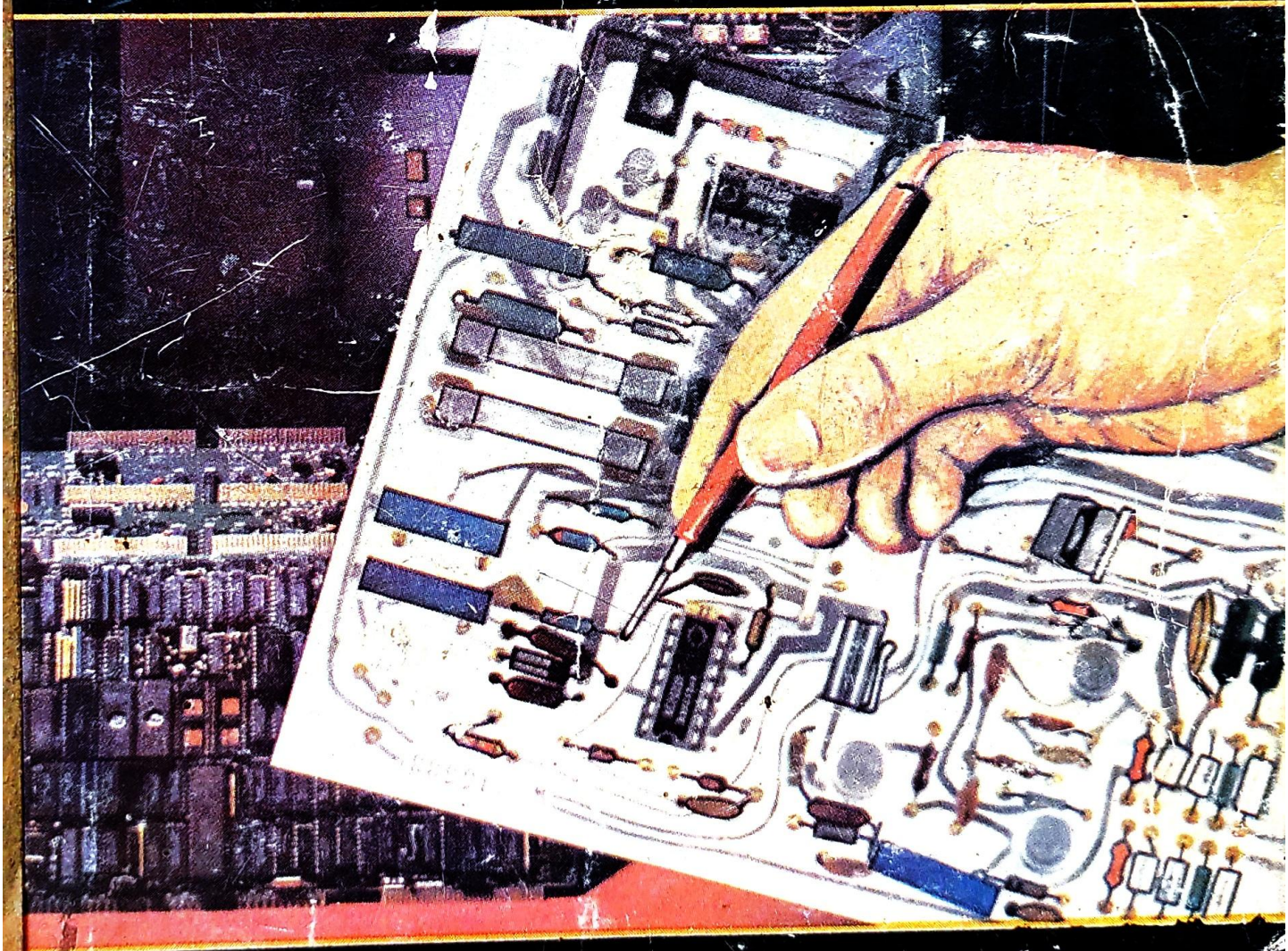
Consertos de Aparelhos Transistorizados

tamente ilustrado com esquemas, tabelas
e dados técnicos em forma de gráficos



Apollon Fanzeres

Radio Engineer and Electronics
(British Institution of Radio Engineers, Inglaterra)

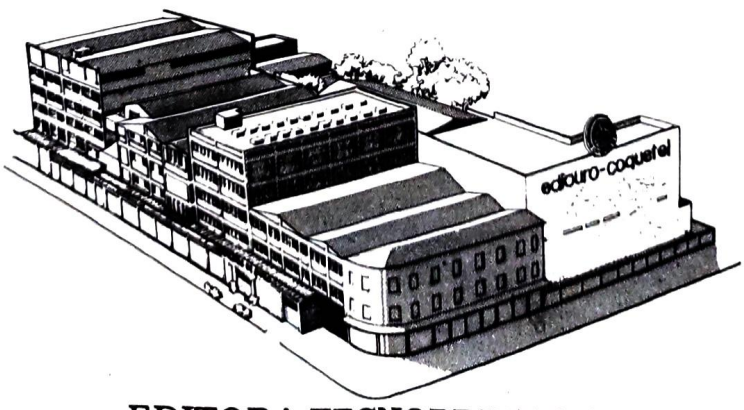
A. Fanzeres

Consertos de Aparelhos Transistorizados

EDIOURO
GRUPO COQUETEL

© Editora Tecnoprint S.A., 1985.

As nossas edições reproduzem
integralmente os textos originais



EDITORA TECNOPRINT S.A.

Índice

Prefácio 9

I — O Diodo 11

Utilização Inicial dos Semicondutores 11
Cohesor de Branly 11
Galena 11
A Válvula Eletrônica 12
O Primeiro Diodo 12
Símbolo 13
Características Principais dos Diodos 14
Diodos de Barreira (Schottky) 14
Substituição dos Diodos 15
Fluxo de Elétrons 15
Uso do V.O.M. no Diodo 16
Manuais de Semicondutores 16
Diodos Retificadores 16
Tiristores (SCR) 17
Tiristor (SCS) 17
Varactor ou Diodo Capacitivo 18
Diodo Zener 19
Diodos "Túnel" 20
Fotodiodos 20
Fotocondutores 21
Foto-sensíveis 21
LED — Diodos Fotoemissores 21
Fotoacopladores 22
Utilização dos Diodos 22

II — O Transistor 29

O que É o Transistor 29
Símbolo Básico 30
Disposições Básicas dos Transistores 31
Invólucro dos Transistores 33

Localização dos Terminais 35
Material dos Transistores 38
Transistores PNP e NPN 38
Polarização dos Transistores 39
Polarização 40
Transistor "Efeito de Campo" 46
JFET e MOSFET 47
Diversos Tipos de Transistores 47

III — Amplificadores 49

Amplificadores Transistorizados 49
Amplificação de "Sinais Pequenos" 52
Número de Estágios 53
Acoplamentos 53
Amplificadores de Potência 55
Classificação dos Estágios de Saída 55
Disposição Complementar 57

IV — Osciladores 59

Como Funcionam 59
Tipos de Osciladores 59
Uso dos Osciladores 64

V — Componentes 67

Capacitor 67
Resistor 70
Resistores Especiais 75
Indutância (Bobina) 76
Transformadores 76
Outros Componentes 77

VI — Instrumentos de Medida 81

Os Multitestes 81
Escala de Resistências em Ohms 82
Escalas de Tensão Alternada 83
Escalas de Correntes Alternadas 84
Medidas de Tensões Contínuas 84
Injetor de Sinal 84
Traçador de Sinal 85
Geradores de RF 86
Osciloscópio 88
Teste de Transistores 90
Pontes 90

Voltímetros Eletrônicos 90
Analógicos Versus Digitais 91
Caixa de Décadas 92
Vobulador 93
Gerador de Varredura e Marcador 93
Circuito de Polarização 94
Gerador de FM Multiplex 94
Geradores de Barras e Pontos 94

VII — Local de Trabalho 95

Critérios de Escolha e Instalação da Oficina 95
Iluminação e Ventilação 95
Bancada 96
Examinador de Transparência 97
Aspirador de Solda 98
Soldadores 98
Ferramentas 98
Arquivo 100
Umidade 100
Ar Comprimido 100

VIII — Diagnóstico dos Defeitos 101

Como Proceder 101
Consumo de Corrente na Fonte 102
Exame Prático de Circuito de Áudio 105
Medida de Polarização 107
Verificação do Oscilador Local 107
Verificação do Controle Automático de Ganho (C.A.G) 108
Exame de Transistores Fora do Circuito 109
Generalidades 110
Pontos de Diagnóstico no Receptor 113
Tabela de Prováveis Defeitos 115
Exame "Força Bruta" 117

IX — Valores dos Componentes e Parâmetros de Circuitos Clássicos 119

Uma Explicação 119

Prefácio

A descoberta do transistor é, sem dúvida, um dos marcos mais importantes da tecnologia aplicada da Física, no campo da Eletrônica.

Graças aos semicondutores, entre os quais sobressai o transistor, ocorreu uma "revolução" que se pode dizer foi tão importante quanto a Revolução Industrial, a linguagem falada, a descoberta da eletricidade, o vôo do mais pesado que o ar, etc., etc.

Ainda não se escreveu a saga completa do semicondutor e as conseqüências do mesmo sobre a Humanidade. Não é aqui o lugar para tratar deste aspecto sócio-histórico, pois nosso livro é dedicado apenas ao lado prático dos circuitos transistorizados e como consertá-los.

Os circuitos eletrônicos que utilizam semicondutores não diferem, no princípio de funcionamento, dos circuitos que utilizam válvulas. Há, porém, alguns pontos fundamentais distintos. Nas válvulas, as tensões são elevadas nos circuitos anódicos e de grades auxiliares, ao passo que nos transistores a tensão é muito mais baixa. Os transistores dispensam o aquecimento, que nas válvulas é essencial. Porém, tanto nos circuitos valvulares como de semicondutores, são utilizados componentes e acessórios comuns aos dois: capacitores, resistores, indutâncias etc.

Nas válvulas, os elétrons fluem do filamento ou catodo, para a placa, através do vácuo. Nos transistores há um caminho sólido por onde fluem os elétrons (esta é a razão por que são chamados de "estado-sólido").

Também o número de eletrodos nos transistores é apenas de três enquanto existem válvulas que têm nove ou mais eletrodos.

E para terminar este enumeramento de pontos comparativos devemos acrescentar que o transistor ou o diodo, podem ser medidos, com um simples ohm-metro, sem necessariamente estar inserido no circuito. O que aliás é uma vantagem, que nos permite examinar o componente e saber se funciona ou não.

Aliás, o semicondutor, seja transistor ou diodo, tem esta característica: ou funciona ou não funciona. Não há aquela dubiedade que existe nas válvulas, que podem estar cansadas, ionizadas, com curtos internos, etc.

Em nosso livro procuraremos abordar em linguagem simples os aspectos objetivos do semicondutor. Como funciona, circuitos básicos, componentes associados, etc. Sabendo-se como funciona, é fácil determinar as causas possíveis do "não-funcionamento" e efetuar a reparação.

Este livro é dedicado ao consertador, ao experimentador e por que não dizê-lo, também aos professores de cursos técnicos e seus alunos, para que aprendam a lidar com os aparelhos transistorizados.

Não incorreremos no equívoco (assim nos parece) de algumas obras ditas práticas que consomem capítulos e a paciência do leitor, abordando a configuração do átomo, a produção industrial do germânio e do silício puro, a estrutura cristalina dos semicondutores e outras amenidades.

Pensamos que uma obra prática, destinada ao leitor de "bancada", dispensa estes aspectos teóricos. O leitor não vai poder alterar a disposição dos elementos inseridos no transistor. O que interessa é utilizar o semicondutor adequadamente, aplicar processos práticos de verificação do componente e efetuar um diagnóstico rápido e correto dos prováveis defeitos.

Este livro tem este propósito. Esperamos ter êxito.

Na execução de qualquer livro várias são as fontes de consulta, grande é o número de pessoas que opinam, etc. Seria praticamente impossível citar todos os elementos consultados e nomear as pessoas que nos ajudaram. A elas muito agradecemos mas queremos deixar bem claro que erros, omissões e falhas, são de nossa inteira responsabilidade.

Pedimos aos leitores que nos indiquem as falhas percebidas e nos enviem sugestões para que nas próximas edições, aquelas sejam sanadas e estas introduzidas.

O Autor

I — O Diodo

Utilização Inicial dos Semicondutores

O diodo é a forma mais simples de semicondutor, mas tem papel importante nos circuitos transistorizados. Por esta razão o primeiro capítulo deste livro é dedicado ao mesmo.

Foram os diodos que permitiram de modo adequado a "detecção" das ondas de rádio para a audição de sons. Eles estiveram presentes desde a aurora do rádio, quando, sob a forma primitiva do "cristal de galena" permitiam que as primeiras transmissões de rádio fossem detectadas ou retificadas fazendo com que o sinal de áudio que era transportado pela onda portadora fosse sensibilizar os fones e alto-falantes dos primitivos receptores.

Cohesor de Branly

Pouco depois da aplicação prática das ondas de rádio, efetuada por Popov e Marconi, surgiu o detector de Branly, que consistia em um tubo contendo limalha de ferro oxidada e que atuava como uma espécie de "diodo em pó". Porém o cohesor de Branly, como era designado, saturava-se rapidamente sendo necessário agitar a limalha no tubo, para que readquirisse as propriedades detectoras.

Galena

Quando foi descoberto que a galena permitia a detecção das ondas de rádio efetuou-se uma rápida expansão no setor de radiodifusão e radiocomunicações.

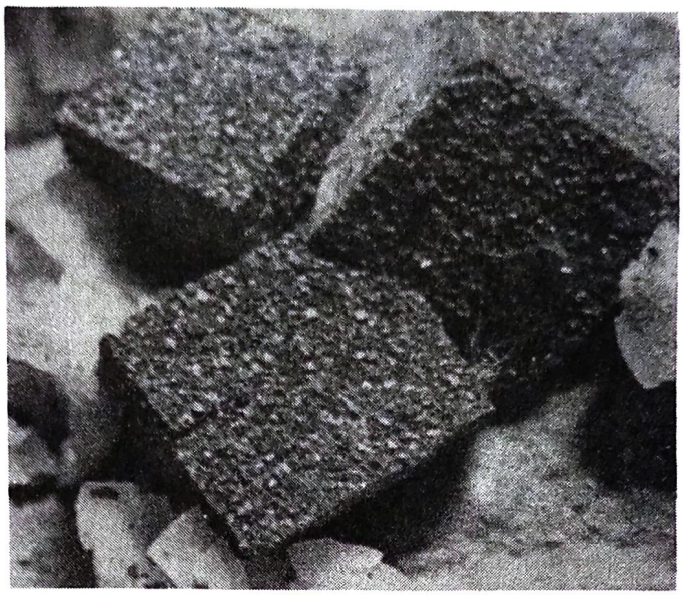


Figura 1 — *Pedra galena. Este mineral, de ocorrência natural, foi o primeiro detector utilizado em radioeletricidade, como precursor dos modernos diodos.*

A Válvula Eletrônica

A descoberta da válvula eletrônica colocou a detecção de "cristal de galena" fora da atualidade e os semicondutores ficariam na obscuridade até a descoberta do princípio que determinava a ação dos semicondutores e a fabricação dos primeiros "cristais de germânio".

O Primeiro Diodo

O primeiro cristal de germânio a surgir, em bases comerciais, foi da Sylvania, pelos idos de 1945. Era o 1N34. Seu invólucro transparente, de vidro, permitia ver o fio fino, em forma de "S" (anodo) que fazia contato com a superfície lisa do cristal (catodo).

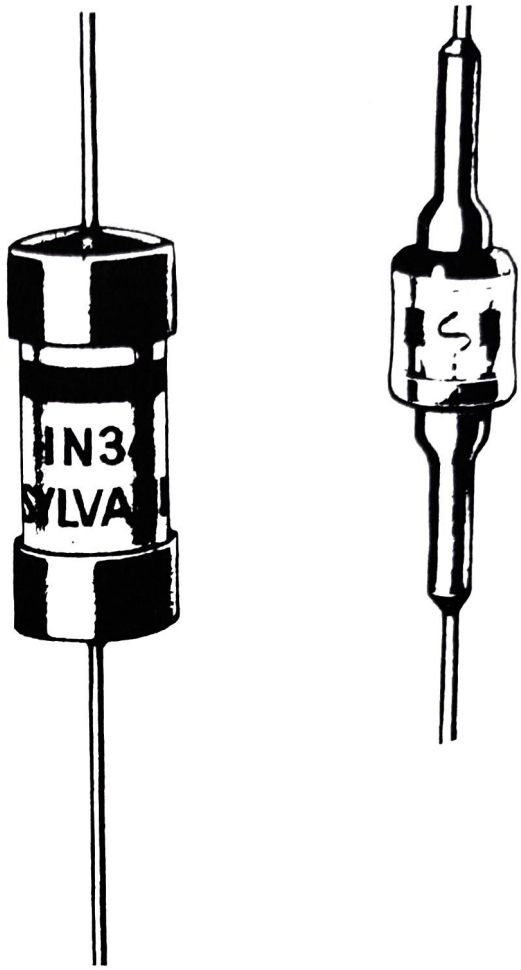


Figura 2 — *Primeiros diodos manufaturados. Observe-se o fio, no interior, em forma de "S", que era fixado manualmente durante a fabricação, razão da lentidão e custo elevado.*

Símbolo

O símbolo então utilizado para indicar o diodo, permaneceria basicamente o mesmo até os dias atuais.



Figura 3 — *Símbolo genérico de diodo.*

Características Principais dos Diodos

Com respeito ao diodo semicondutor, as características básicas que mais devem interessar o leitor, são as seguintes:

a) todo semicondutor tem sua resistência diminuída quando a temperatura que o envolve aumenta. Pode-se dizer que o semicondutor é um componente com "coeficiente negativo de temperatura".

b) todo semicondutor tem, em uma direção, baixa resistência (alta condutividade) à passagem da corrente elétrica. No sentido contrário, a resistência é mais elevada (baixa condutividade). Porém a relação resistência/condutividade, em um sentido e outro depende das tensões e correntes presentes, mas sempre há, nitidamente, uma diferença apreciável entre os dois valores, quando observados em um mesmo diodo.

Corrente Reversa

Um ponto que o leitor deve ter sempre presente é que os diodos semicondutores, de modo diverso dos diodos valvulares (a vácuo) têm uma tendência a permitir a passagem de corrente, na direção reversa ou oposta àquela em que normalmente tem maior condutividade. Esta condução de corrente é da ordem de fração de miliampères, mas existe. O tempo de condução desta corrente pode causar problemas. Um tempo médio em que esta condução reversa ocorre é da ordem de 2 nanossegundos, mas pode chegar até algumas centenas de nanossegundos. Quando se trata de diodos retificadores em freqüências de corrente industrial (50-60Hz) isto não tem muita importância, porque o período de tempo equivalente a 1/2 onda de 60Hz, por exemplo, é da ordem de 8,33 milissegundos que equivalem a 8.330.000 segundos e o tempo de condução inversa não chega sequer a afetar o desempenho do diodo.

Porém à proporção que a freqüência aumenta, o tempo de recuperação da condução em reverso começa a ficar importante. Por exemplo: com um diodo que tem um tempo de recuperação de 5 nanossegundos, mas está operando com uma tensão cuja freqüência é de 100 MHz, o desempenho será péssimo.

Diodos de Barreira (Schottky)

Atualmente existem diodos cujo tempo de recuperação é da ordem de 0,1 nanossegundos, sendo muito eficientes para operar em freqüências elevadas.

Substituição dos Diodos

Quando se efetua a substituição de um diodo, por outro tipo equivalente ou similar, é preciso que se preste atenção a alguns pontos:

O elemento do anodo é constituído de material positivo (P), enquanto o material do catodo é constituído de material negativo (N).

Além da polaridade correta é preciso que se coloque, na substituição, um diodo de, pelo menos, condições básicas idênticas ao diodo original.

Fluxo de Elétrons

O fluxo de elétrons em um diodo pode ser apreciado pelas setas na figura 4.

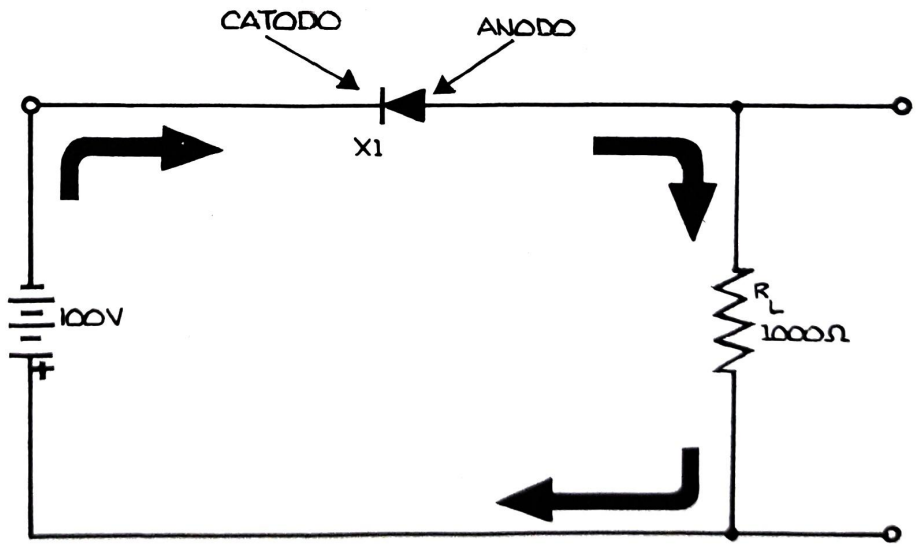


Figura 4 — *Sentido da corrente em um diodo.*

Deve-se ter em mente que o fluxo de elétrons é inverso ao sentido da corrente. Para evitar dúvidas o leitor pode aplicar um simples método de exame para determinar qual o catodo e qual o anodo, como explicamos adiante.

Uso do V.O.M. no Diodo

O V.O.M. (sigla do aparelho que mede valores elétricos — Voltagem-Ohms — Miliampères) permite determinar a polaridade do diodo ou seja, indicar qual o terminal do catodo e qual o terminal do anodo. Em um sentido há baixa resistência e no sentido oposto a resistência é elevada.

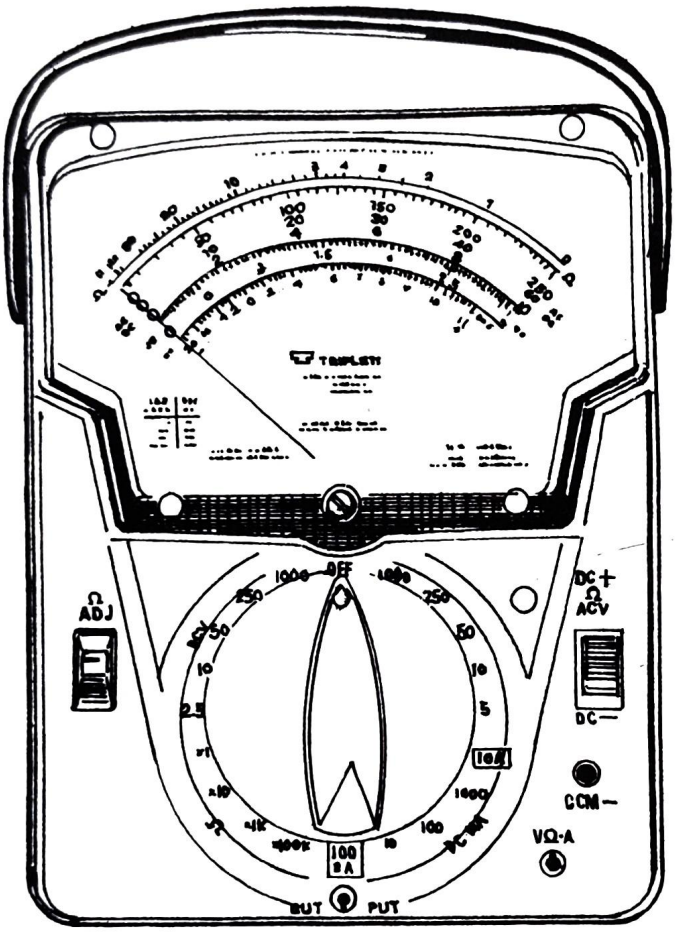


Figura 5 — *Um multímetro ou V.O.M. (voltímetro, ohmímetro e miliamperímetro) para medição de valores elétricos.*

Manuais de Semicondutores

É recomendável que o leitor possua sempre à mão, manuais e guias, de semicondutores, contendo os tipos de diodos, suas características e indicações sobre os terminais.

Diodos Retificadores

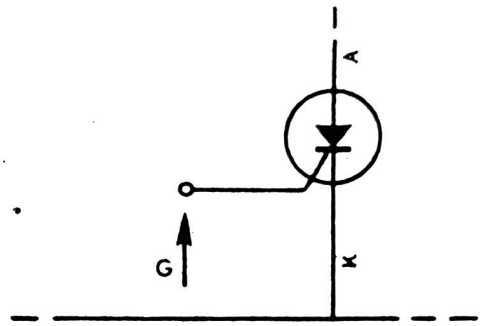
Os diodos retificadores podem ser classificados em diodos de pouca potência e diodos de alta potência. Os primeiros são utilizados para retificar tensões e correntes de baixo valor, como as encontradas em circuitos detectores, medidores etc. Os diodos de po-

tência são utilizados para retificação de correntes em fontes de alimentação, redes elétricas, motores, etc. Em uma tabela ao fim deste volume, daremos algumas características de diodos mais atuais.

Tiristores (SCR)

O termo tiristor é às vezes pouco claro, quando utilizado por certos autores. O tiristor, que também pode ser designado com SCR (retificador de silício controlado), possui três eletrodos: anodo, catodo e portal, indicados respectivamente pelas letras A, K e G.

Figura 6 — *Símbolo de tiristor SCR.*

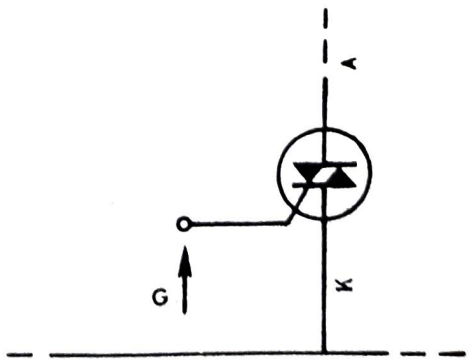


Quando não existe nenhuma tensão no eletrodo "G" (gate-portal) estando portanto o seu circuito aberto, o diodo não conduz, salvo se a tensão nos terminais A e K é tão positiva que se produza uma avalanche. Se "G" é positivo, o diodo começa a conduzir. Esta condução só cessará se for interrompida a ligação em "A", "K" ou se a tensão presente nestes dois pontos for muito reduzida.

Tiristor (SCS)

A diferença entre o SCS e o SCR é que o primeiro tem um segundo portal, o que permite ligá-lo e desligá-lo através de tensões aplicadas aos terminais GA e GK.

Figura 7 — *Símbolo de tiristor SCS.*



Os tipos mais comuns de tiristores SCS são os denominados de "DIAC" e "TRIAC", cujos símbolos podem ser apreciados nas figuras 8 e 9.

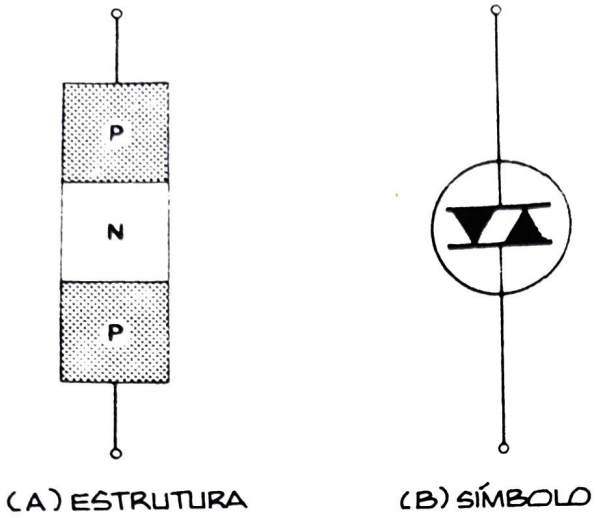


Figura 8 — *Símbolo de DIAC.*

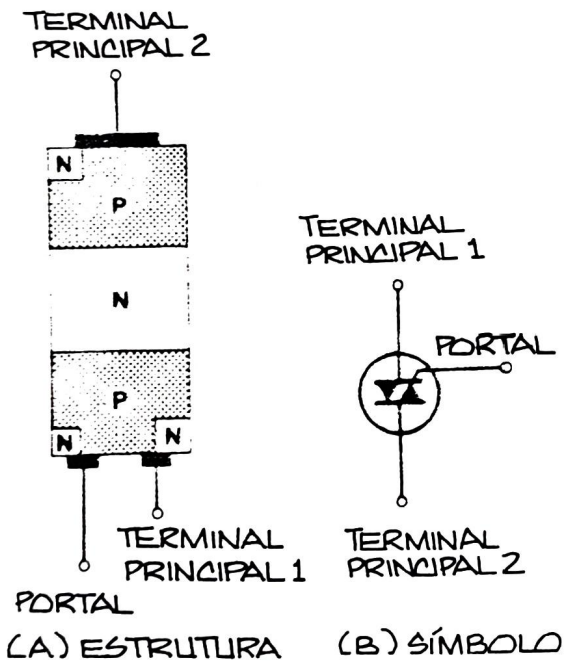


Figura 9 — *Símbolo de TRIAC.*

Varactor ou Diodo Capacitivo

Um tipo de diodo que dia a dia assume mais importância é o varactor ou diodo capacitivo. Quando uma polarização inversa é aplicada nos extremos de um diodo "PN" a capacitância da junção diminui. Os diodos varactor são especialmente fabricados com ma-

terial "PN", de modo que a capacitância pode ser variada pela alteração da tensão aplicada. Em circuitos de sintonia de televisores, receptores de ondas curtas e FM e outros circuitos, utilizam-se, atualmente, diodos varactores em lugar dos clássicos capacitores variáveis. Outros nomes dados ao diodo varactor são: varicap e diodo de capacitância variável. O símbolo indicativo dos varactores é indicado na figura 10.



Figura 10 — *Diodo varactor ou capacitivo.*

Diodo Zener

O diodo Zener, também chamado de "diodo de referência", "diodo regulador", "diodo avalanche", tem seu nome em homenagem a Carl Zener que já em 1934 pioneirava um trabalho sobre a "avalanche ou ponto de rutura nos sólidos". O diodo Zener é um dos pontos altos da tecnologia dos diodos de silício. Simplificando, poderíamos dizer que o diodo Zener, quando inserido em um circuito onde a tensão excede um determinado valor, entra em ação e como que "desvia" o excesso de tensão.

Assim, dependendo do tipo de diodo Zener utilizado, é possível obter uma regulagem perfeita em uma fonte de alimentação. Porém, notem os leitores, a posição ou a atuação do diodo Zener é de manter uma tensão dentro de um valor especificado. Se a tensão original está abaixo deste valor, o diodo Zener não a elevará para que atinja o valor determinado. A fonte de alimentação deve fornecer tensão acima do valor que será regulável pelo diodo Zener. O símbolo utilizado para indicar o diodo Zener pode ser apreciado na figura 11.

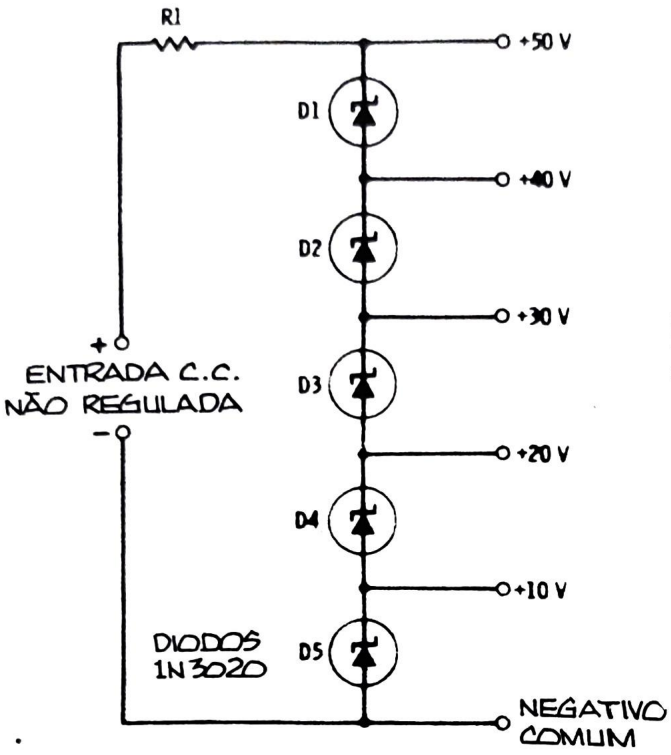


Figura 11 — *Divisor de voltagem utilizando vários diodos Zener ligados em série.*

Diodos "Túnel"

O diodo denominado "túnel", em sua forma normal não possui, ao contrário dos outros diodos, propriedades retificadoras. Mas o diodo "túnel" pode amplificar sinais. Como pode amplificar, pode oscilar ou efetuar comutações de alta velocidade em sistemas de computação. O símbolo do diodo "túnel" é indicado na figura 12.

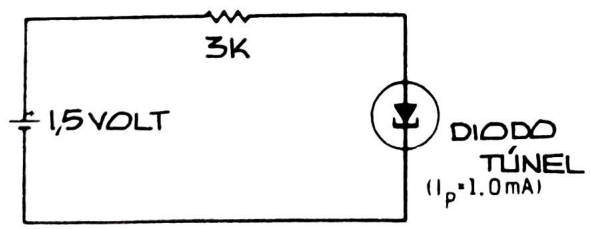


Figura 12 — *Diodo túnel.*

O uso específico do diodo "túnel" é em comutadores, sensores, osciladores de radiofreqüência, etc.

Fotodiodos

Sob esta designação genérica temos vários tipos de semicondutores que agem ou reagem na presença de radiações desde o infravermelho até o ultravioleta, passando pela parte visível do espectro eletromagnético.

Fotocondutores

Existem os componentes fotocondutores (células CdS) que têm mais sensibilidade que os componentes de junção de silício para a mesma função. Podem acionar diretamente relés, sendo utilizados no comando de luzes de iluminação em locais onde se deseja automatismo associado à luz diurna e escuridão. Também são usados para controle de brilho dos cinescópios nos televisores. O símbolo dos fotocondutores pode ser apreciado na figura 13.

Figura 13 — *Símbolo do fotodiodo condutor (observar a direção das setas).*

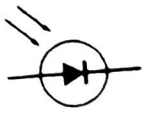


Foto-sensíveis

Estes componentes são utilizados geralmente associados com fontes luminosas, para leitura de cartões de processamento, alarmes, contadores, indicadores de nível, etc.

Os símbolos dos componentes foto-sensíveis também diferem do símbolo geral dos diodos. O símbolo pode ser apreciado na figura 14.

Figura 14 — *Símbolo de diodo foto-sensível (observar a direção das setas).*



LED — Diodos Fotoemissores

Os diodos emissores de luz (LED) são componentes que produzem uma emissão luminosa quando por eles circula uma corrente elétrica.

Existem inúmeros diodos LED e a todo o momento são lançados novos tipos, com novas cores. Seria impossível, em qualquer livro, colocar todos os tipos existentes na atualidade. Voltamos a recomendar a nossos leitores que procurem estar sempre atualizados com os lançamentos dos novos componentes.

Uma das maneiras mais fáceis de se obter isto é fazer parte do cadastro que o autor organizou. O nome e endereço dos que fazem parte do cadastro é colocado, sem compromisso, à disposição dos fabricantes, que então enviam os catálogos de seus últimos lançamentos. Basta enviar nome e endereço para Caixa Postal 2483, 20.000 — Rio, para ser cadastrado.

O símbolo dos LED pode ser apreciado na figura 15.



Figura 15 — *Símbolo de diodo emissor de luz (LED).*

Fotoacopladores

Os fotoacopladores são o resultado da conjunção, em um mesmo invólucro, de uma fonte luminosa e um elemento fotosensível. Deste modo evita-se uma ligação direta entre a fonte de comando e a fonte de ação.

Utilização dos Diodos

Na utilização dos diodos não existem as denominadas "configurações básicas" que iremos encontrar nos transistores.

Porém existe uma série de circuitos básicos utilizando diodos, que são interessantes para o leitor, pois fazem parte de muitos circuitos transistorizados.

Diodo Como Retificador

Talvez uma das aplicações mais comuns dos diodos de estado sólido, seja a de "retificar" correntes alternadas. A maioria dos equipamentos transistorizados, que não são portáteis, utilizam a rede elétrica local, para alimentação de seus circuitos. A rede elétrica local, no Brasil, é de 110 ou 220 volts, 60 Hz. Como os transistores têm suas polarizações efetuadas com corrente contínua, torna-se necessário a retificação da corrente alternada da rede. Os diodos podem ser utilizados para esta retificação.

Esta retificação, quase sempre efetuada com diodos de silício, permite uma construção compacta e confiável. As fontes retificadoras de corrente alternada podem ser de meia onda, onda completa, em ponte, dobradoras, triplicadoras, etc.

Na figura 16 temos uma fonte retificadora simples, de 1/2 onda. Um só diodo é utilizado. Na figura 17 temos uma fonte retificadora de onda completa. Dois diodos são utilizados. O secundário do transformador T1 necessita ter uma derivação central. Na disposição da figura 18 utilizam-se 4 diodos, em um circuito denominado *ponte*. Neste caso é dispensável a derivação central do transformador. Esta disposição permite, por exemplo, aproveitar um transformador destinado a uma retificação 1/2 onda e, pelo uso da ponte obter-se uma retificação de onda completa.

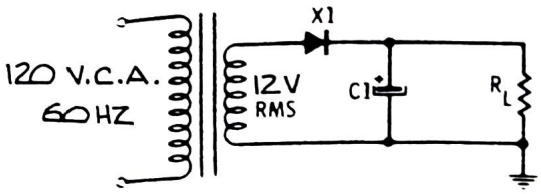


Figura 16 — *Fonte retificadora com diodo e capacitor de filtro.*

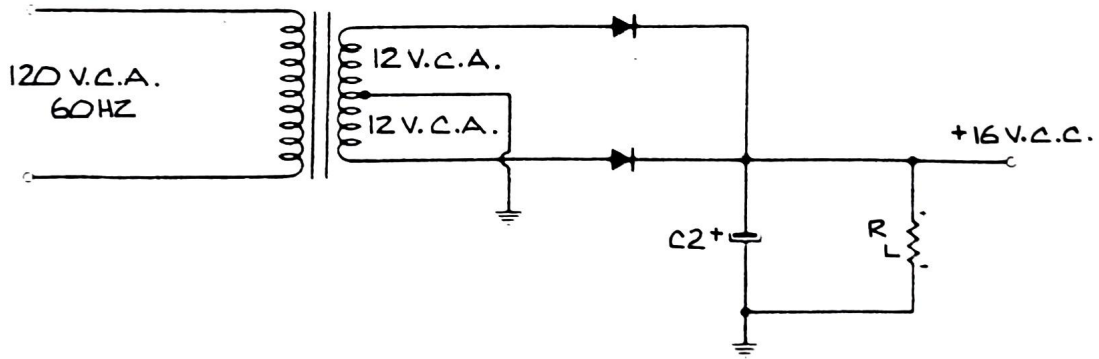


Figura 17 — *Fonte retificadora de onda completa, com dois diodos.*

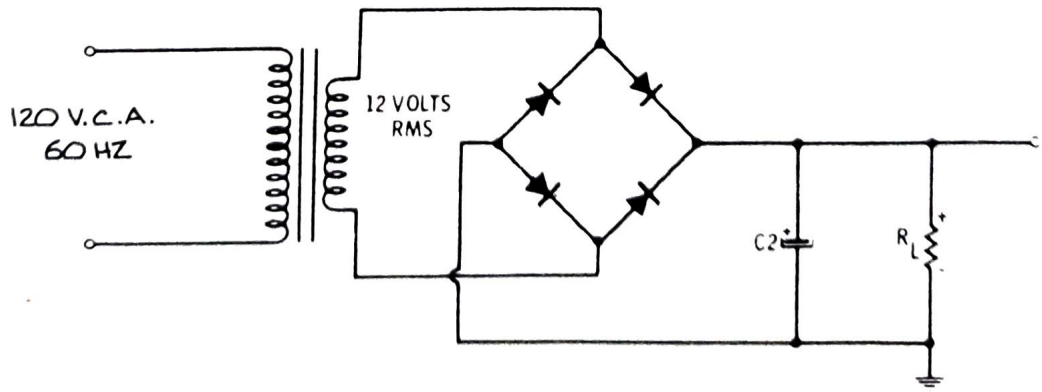


Figura 18 — *Circuito retificador "ponte" utilizando 4 diodos. Existem atualmente blocos de 4 diodos incorporados, para mais fácil instalação.*

Os diodos podem ser em série (figura 19) ou em paralelo (figura 20) para resistirem a maior tensão ou maior corrente, respectivamente.

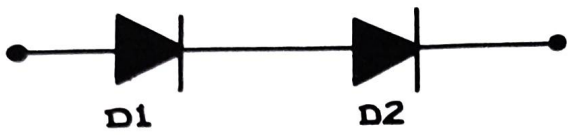


Figura 19 — *Diodos ligados em série. Deste modo, podem suportar o dobro da voltagem de uma simples unidade.*

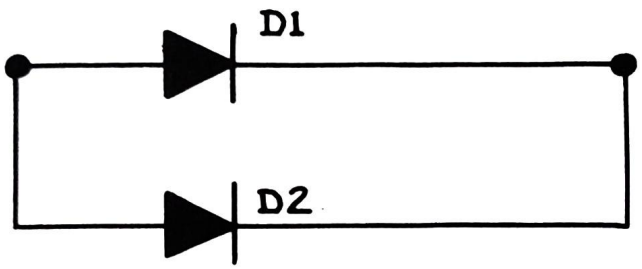


Figura 20 — *Diodos ligados em paralelo. Deste modo, podem fornecer o dobro da corrente de uma unidade.*

A consulta às tabelas de características dos diodos contidas em manuais e guias de semicondutores permite saber quais as tensões e correntes que determinado componente pode resistir.

Diodo Detector

O diodo também pode ser utilizado como detector. Na realidade o que ocorre no secundário de um transformador de freqüência intermediária (FI) de um receptor de FM ou AM é uma autêntica retificação, onde a portadora (freqüência de FI) é despojada do conteúdo de áudio que contém (sinal) e este último é levado aos circuitos de áudio.

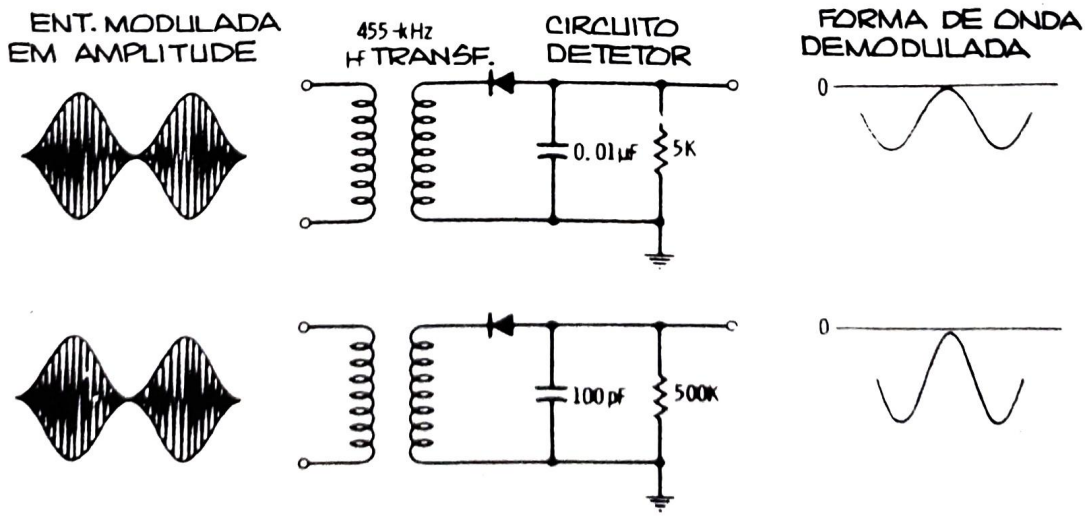


Figura 21 — *Diodo detector. Trata-se, na realidade, de uma retificação em freqüência elevada. O diodo deve ter um tempo de recuperação maior do que o diodo comum de retificação.*

Este processo é denominado de "detecção" mas na realidade é uma autêntica retificação. E, como a maioria dos circuitos detectores utiliza o sistema 1/2 onda, é possível melhorar um receptor só pelo simples expediente de utilizar no circuito detector uma "retificação de onda completa".

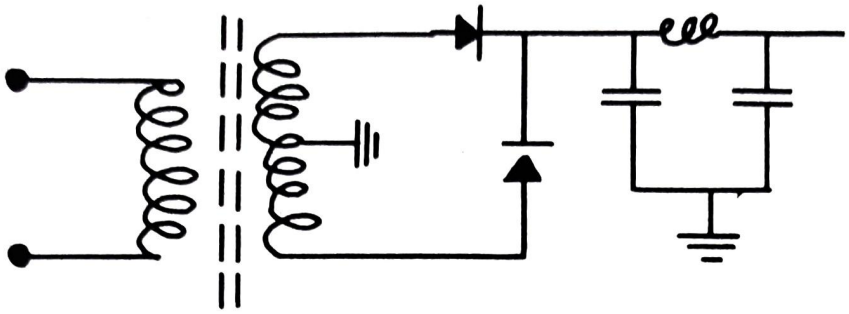


Figura 22 — *Disposição para aumentar a voltagem do sinal detectado.*

Limitadores

Os diodos podem ser usados como "limitadores" para evitar picos de tensão.

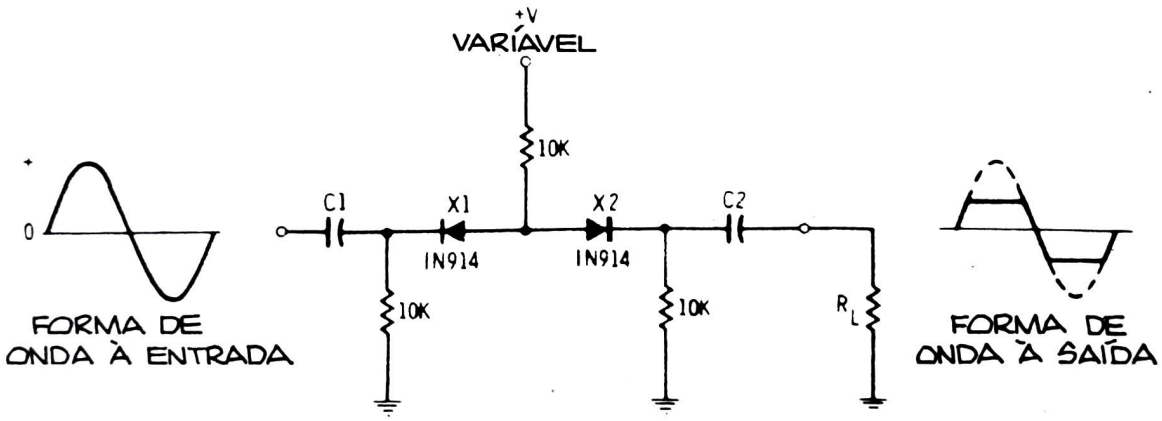
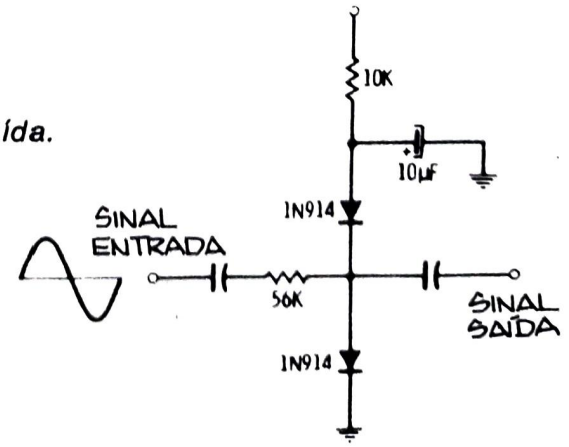


Figura 23 — *Diodos utilizados como limitadores.*

Atenuador

Um circuito pouco comum é o que utiliza o diodo como atenuador, e que tem sua ação comandada por uma tensão.

Figura 24 — *Atenuador do sinal de saída.*



Compensação de Temperatura

Nos circuitos transistorizados é importante que a polarização seja correta. Com a variação de temperatura há tendência a modificações. Um diodo pode ser uma boa solução para a compensação de temperatura.

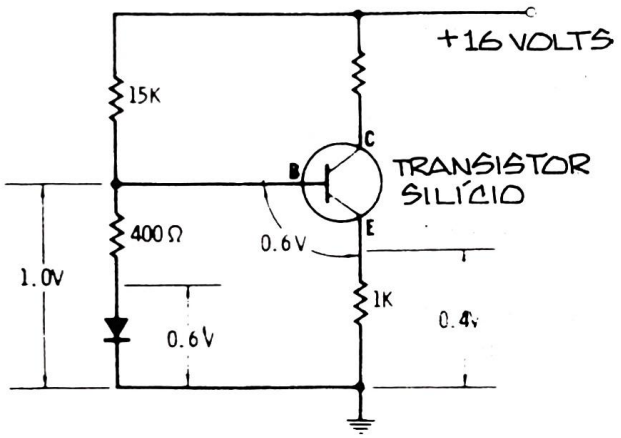


Figura 25 — *Compensação para variação de temperatura.*

Proteção de Transistores

Os diodos podem ser utilizados para proteger os transistores colocados em circuitos indutivos a fim de evitar que as correntes transientes destruam estes. Um diodo em paralelo com a bobina do relé (K), evita que o transistor seja destruído pelas contracorrentes originadas na bobina de excitação do relé.

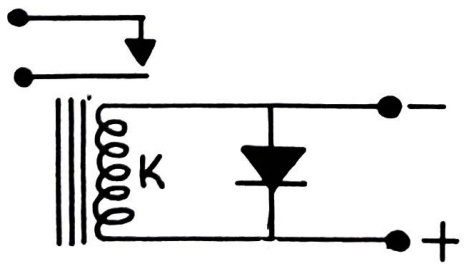


Figura 26 — *Diodo ligado em paralelo com bobina de relé, para evitar transientes.*

Acoplamento Zener

Os diodos Zener, além de reguladores de tensão, podem ser utilizados como elemento de acoplamento como se vê na figura 27.

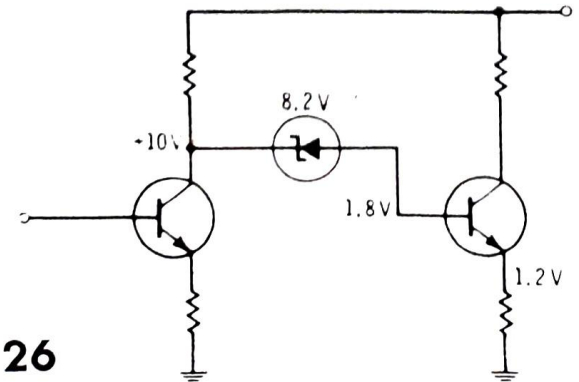


Figura 27 — *Diodo Zener utilizado como acoplamento.*

Proteção de Alto-Falantes

Uma disposição útil do diodo Zener é para proteger os alto-falantes a fim de evitar que um sinal mais forte destrua a bobina móvel do mesmo. Na figura 28 podemos apreciar um circuito destes.

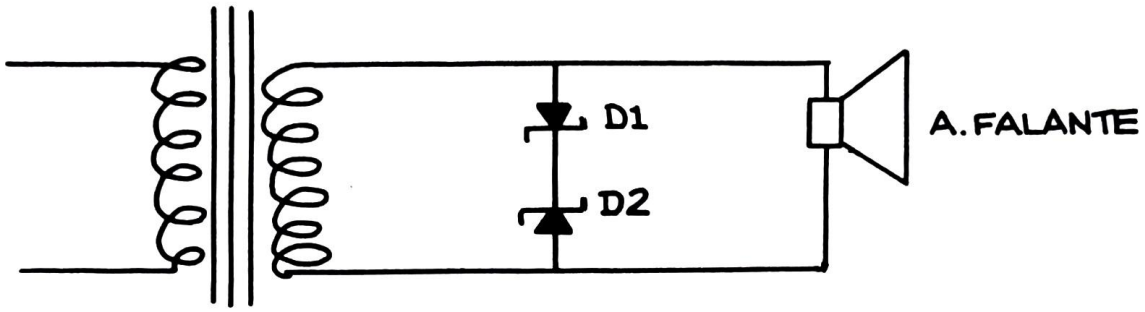


Figura 28 — *Utilização de dois diodos Zener para proteger o alto-falante contra a sobrecarga.*

II — O Transistor

O que É o Transistor

Ao transistor é suposto fazer, basicamente, tudo que a válvula fazia, ou seja: amplificar sinais. Hoje existem vários tipos de transistores, mas todos, basicamente, originam-se do princípio ativo que atua nos semicondutores.

Pode-se dizer, para simplificar, que um transistor de junção, nada mais é que a conjunção de dois diodos (figura 29).

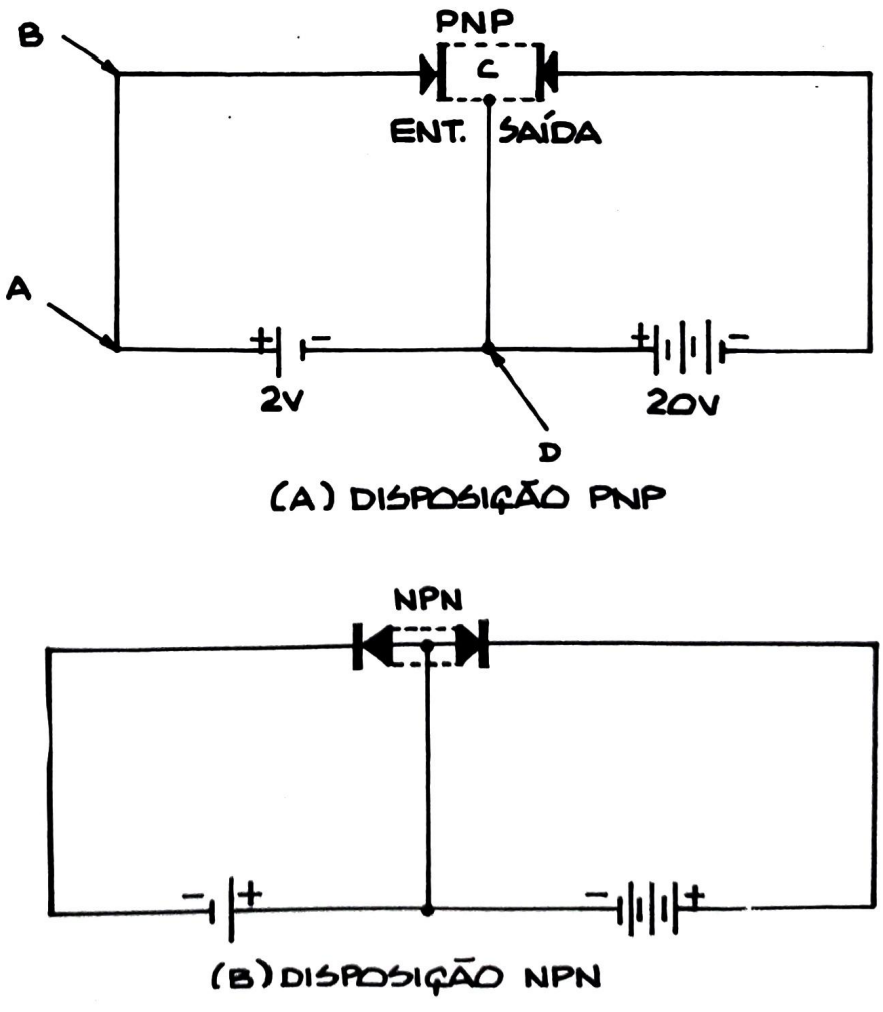


Figura 29 — *Equivalência de transistor de junção.*

Símbolo Básico

O símbolo básico do transistor é mostrado na figura 30.

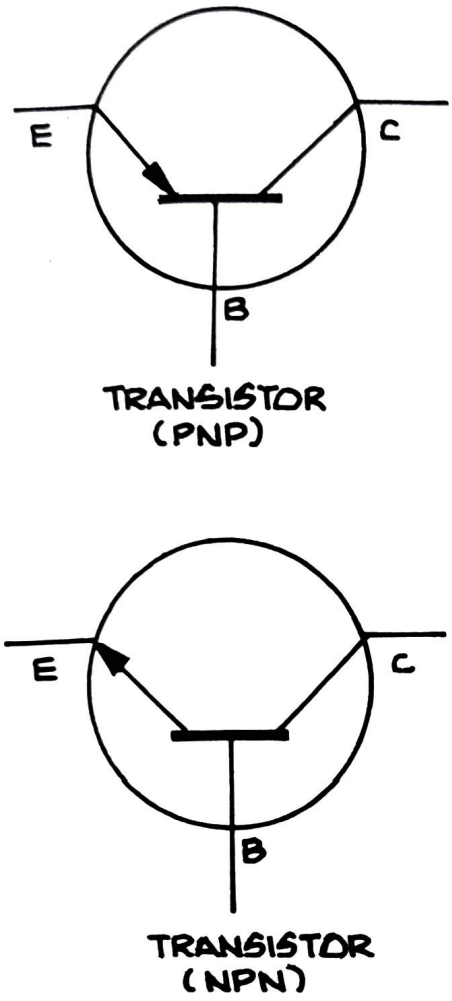


Figura 30 — *Símbolo básico do transistor.*

Dependendo de que seja composto o material do transistor, em seus três elementos básicos, ele pode ser do tipo NPN ou PNP (negativo-positivo-negativo ou positivo-negativo-positivo). O elemento com a seta é denominado de "emissor" sendo representado juntamente com a letra "E". O elemento comum ou central é a base (B) e o elemento de saída é o coletor (C). Quando o emissor é positivo (P) o coletor do mesmo transistor também é positivo e vice-versa, porém os dois elementos não podem ter suas funções invertidas, isto é, o coletor atuar como emissor e o emissor atuar como coletor, sob pena de baixíssimo rendimento.

Existem, porém, transistores que podem funcionar nas duas direções. O símbolo dos mesmos é diferente (figura 31).

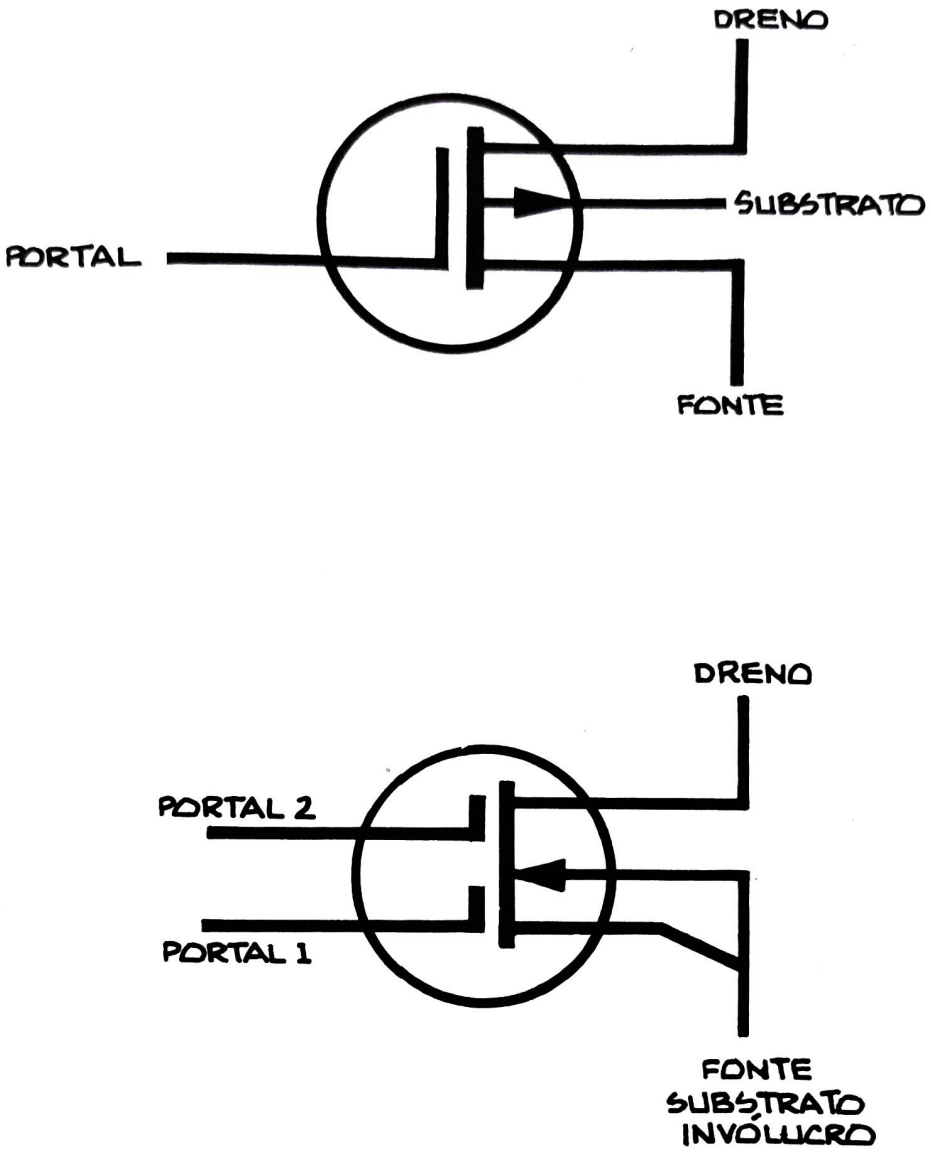


Figura 31 — *Símbolo de transistor bidirecional.*

Disposições Básicas dos Transistores

Os transistores possuem três disposições básicas. Neste aspecto particular são muito mais simples que os antigos circuitos valvulares.

a) base-comum — nesta disposição, a base é comum ao circuito de entrada e de saída (figura 32).

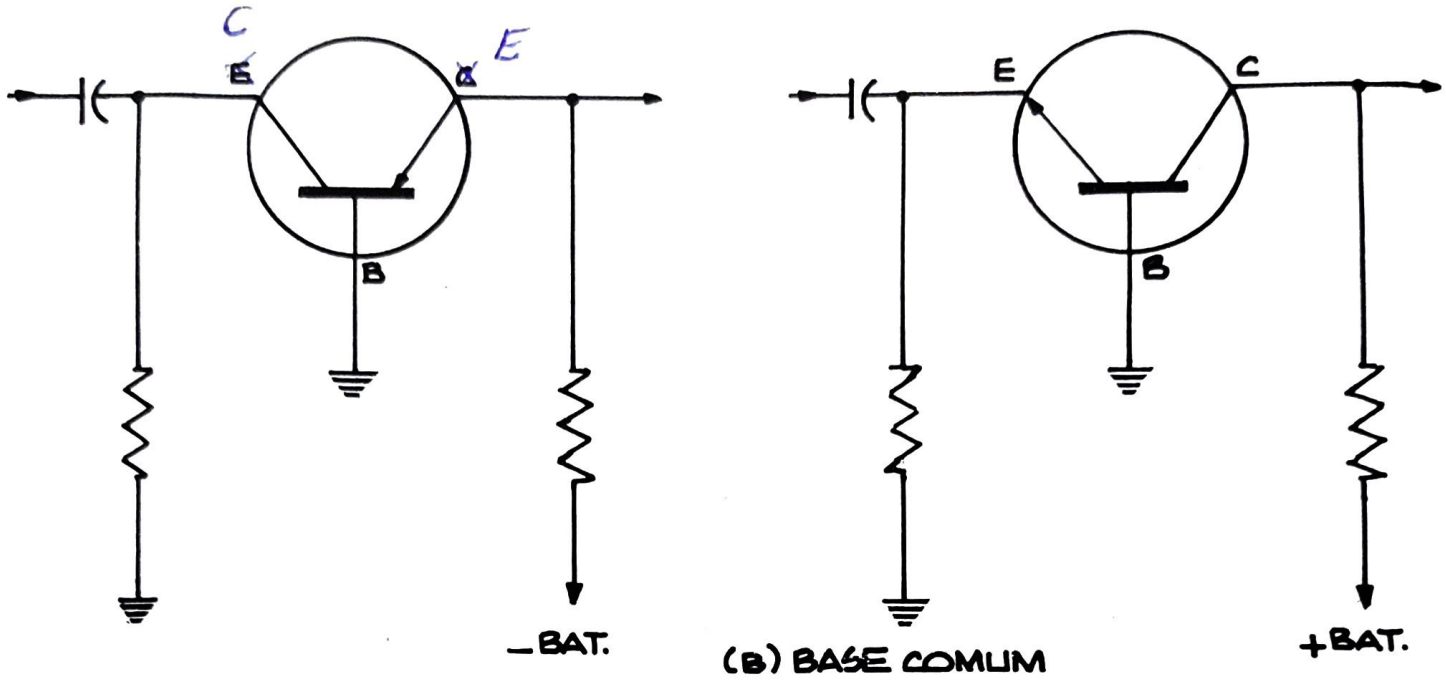


Figura 32 — *Disposição base-comum.*

b) emissor-comum — o emissor é comum ao circuito de entrada e ao circuito de saída (figura 33).

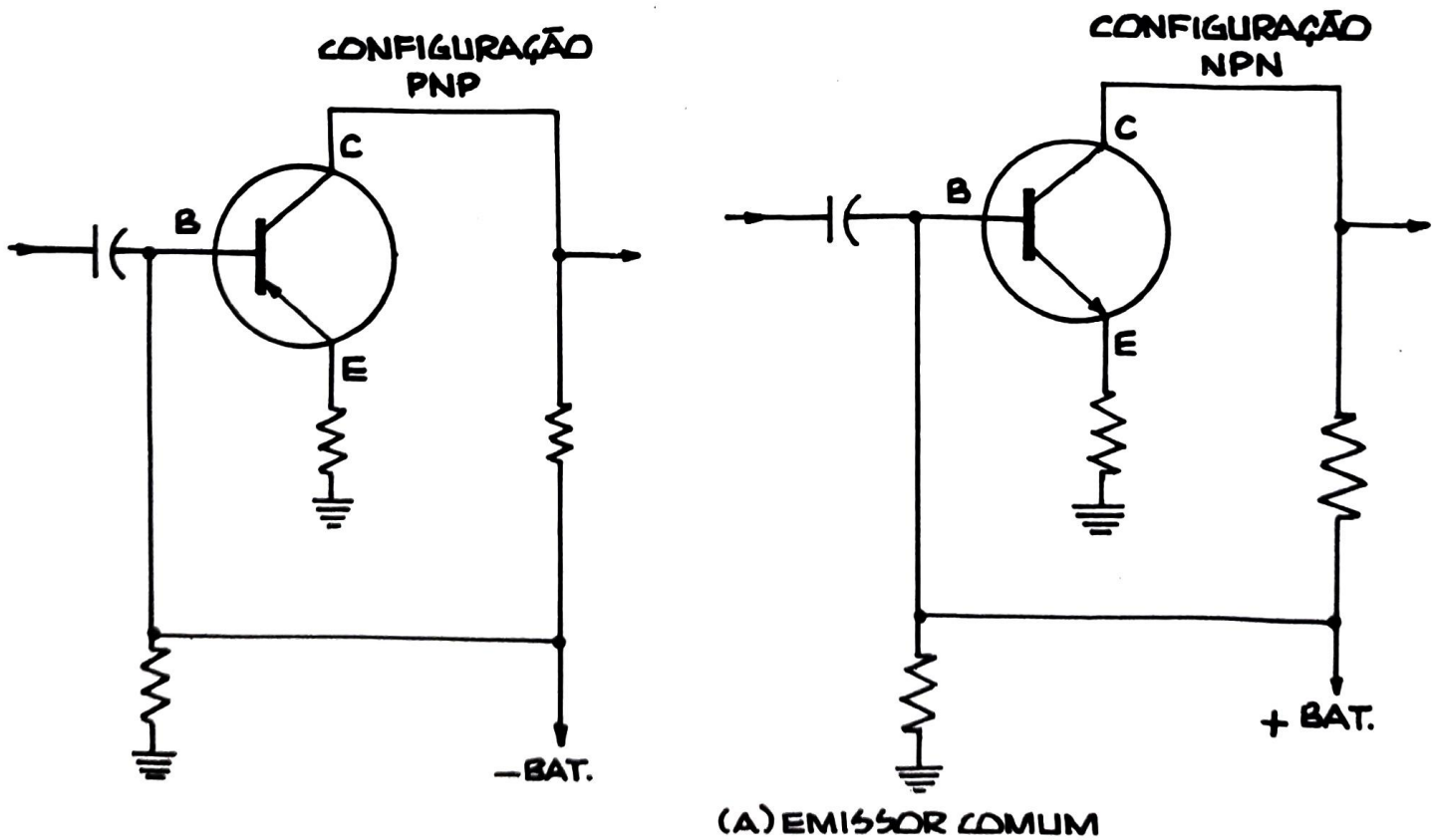


Figura 33 — *Disposição emissor-comum.*

c) coletor-comum — o coletor é comum ao circuito de entrada e ao circuito de saída (figura 34).

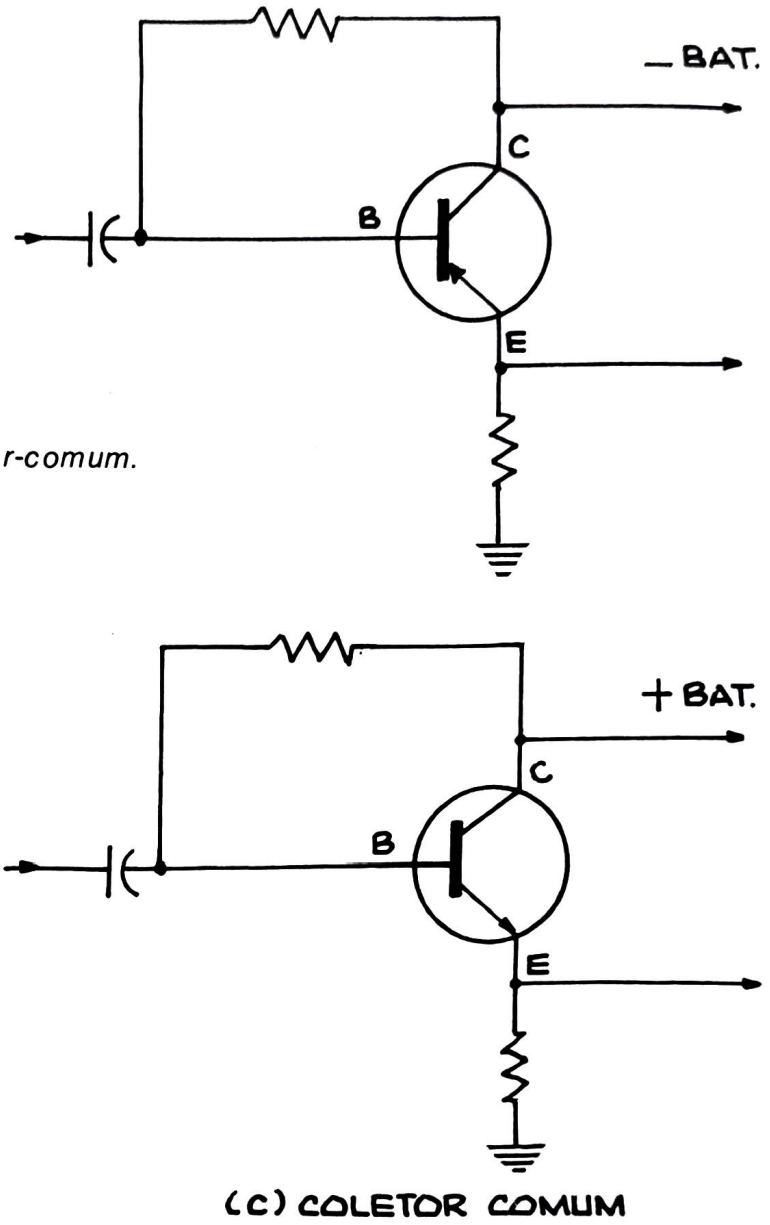


Figura 34 — *Disposição coletor-comum.*

Invólucro dos Transistores

O invólucro ou aspecto exterior dos transistores varia bastante, em função do tipo e também do fabricante. Existem transistores encapsulados em plástico, outros têm envoltório metálico, alguns são menores que um grão de feijão, outros bem maiores. Todos, basicamente, possuem três terminais, referentes aos elementos base, emissor e coletor. Alguns transistores, com envoltório metálico, utilizam este como terminal, e à primeira vista pode parecer que apenas têm dois terminais.

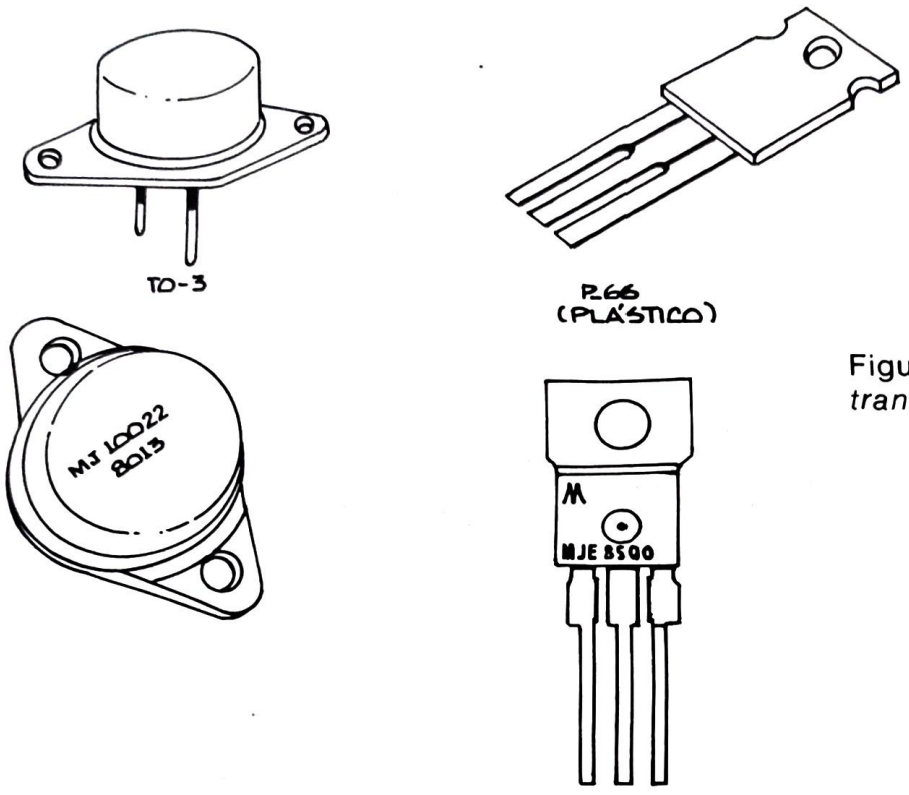


Figura 35 — *Vários tipos de transistores.*

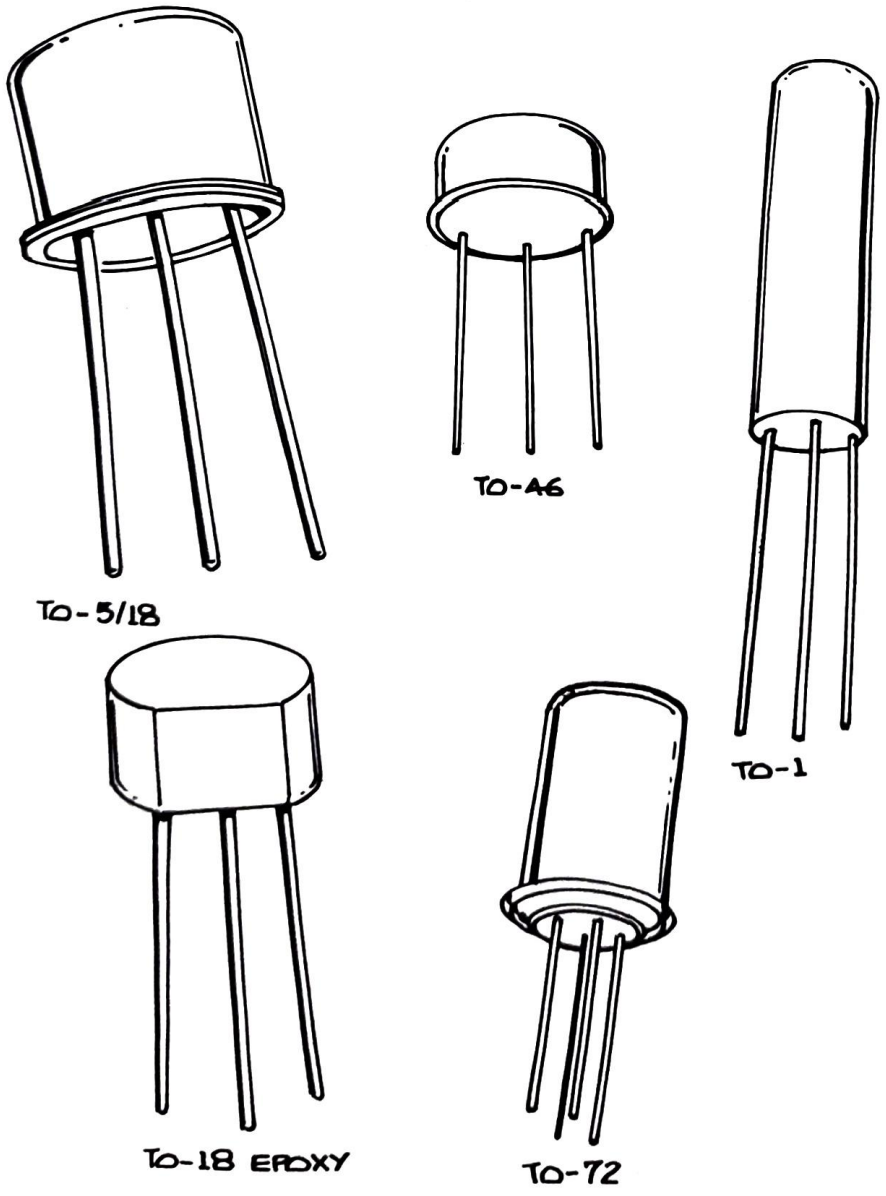


Figura 36 — Vários tipos de *invólucros* para semicondutor.

Localização dos Terminais

Nos manuais e guias de transistores, existem indicações das ligações dos elementos do transistor. Não há uma regra fixa a ser seguida em relação à seqüência dos três elementos (base, emissor, coletor) com referência a um guia ou ponto indicativo.

Alguns têm os três terminais dispostos em seqüência reta, outros em disposição angular, etc. É possível determinar-se o elemento do transistor pela medição, com um multiteste, dos seus eletrodos, porém o melhor método é ter um guia ou manual à mão.

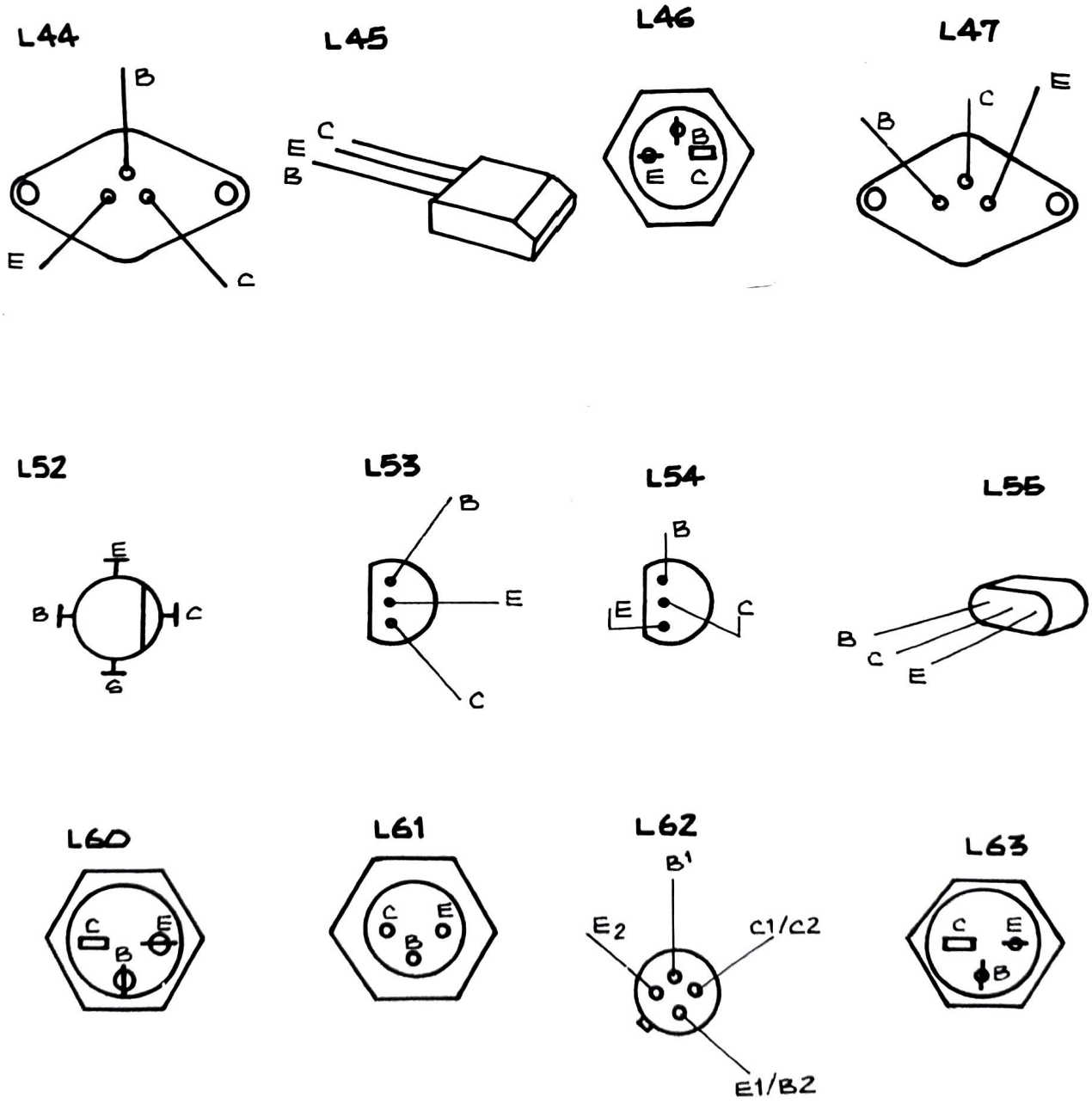


Figura 37 — *Vários tipos de localização de terminais.*

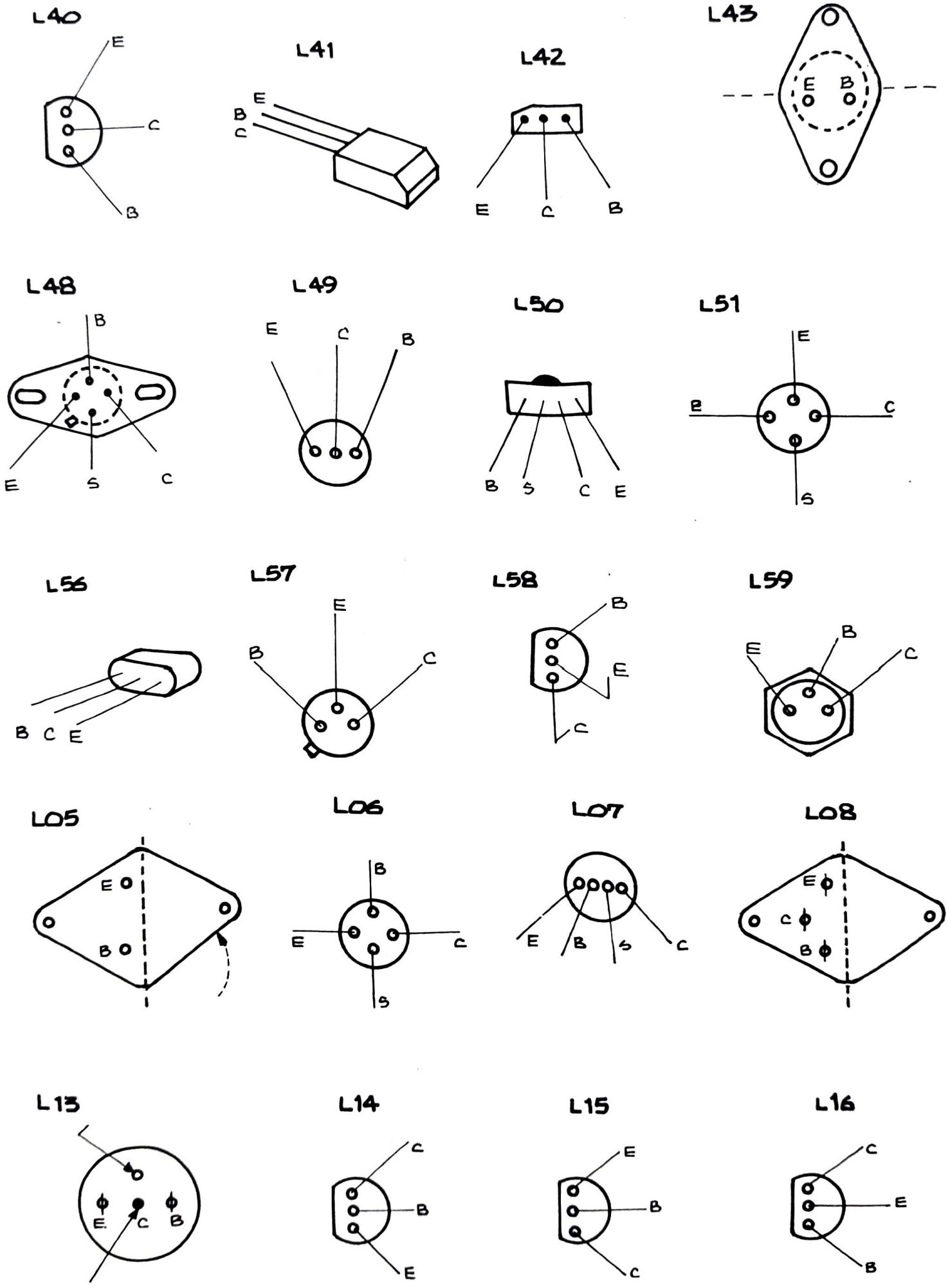


Figura 38 — *Vários tipos de localização de terminais.*

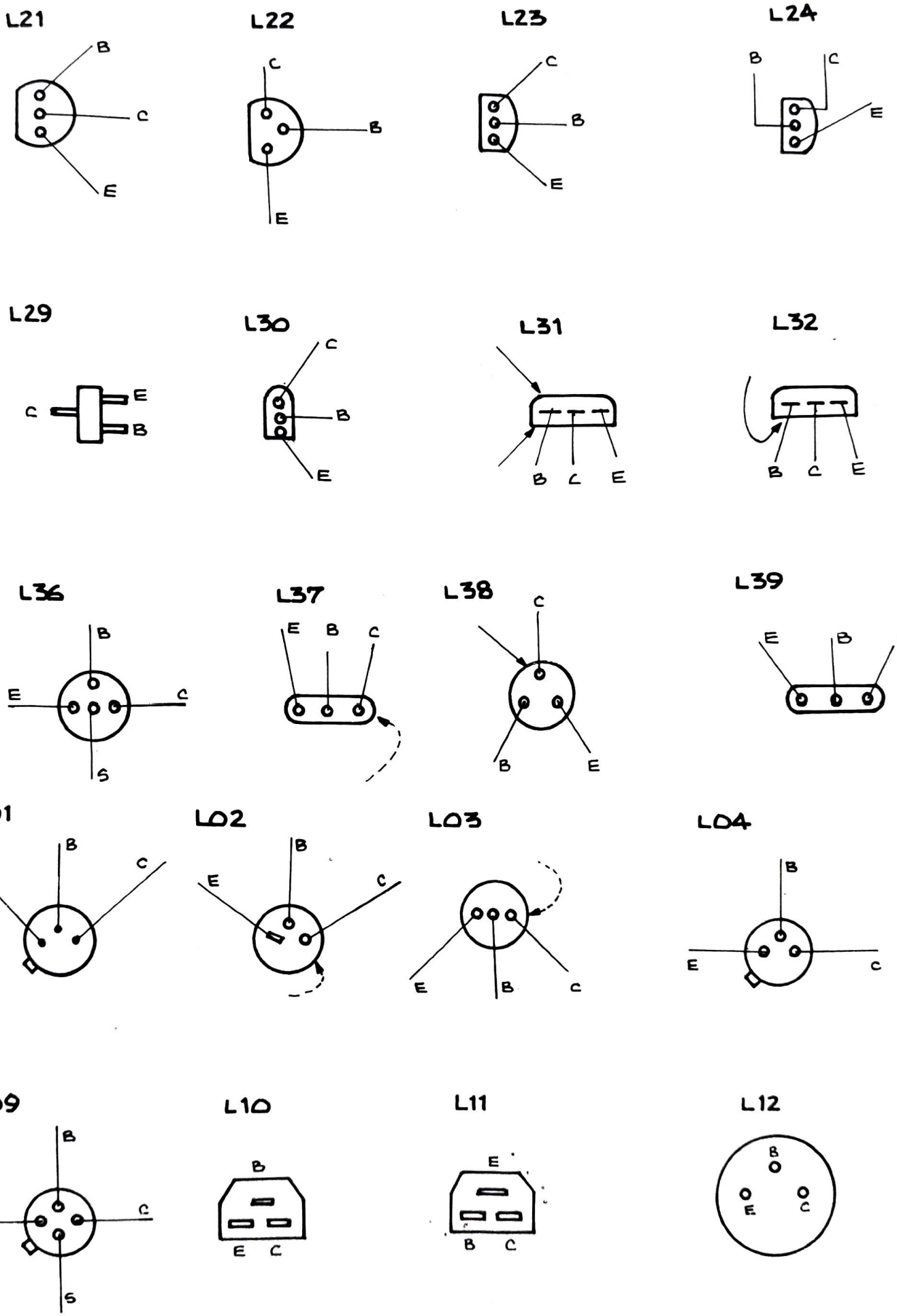


Figura 39 — *Vários tipos de localização de terminais.*

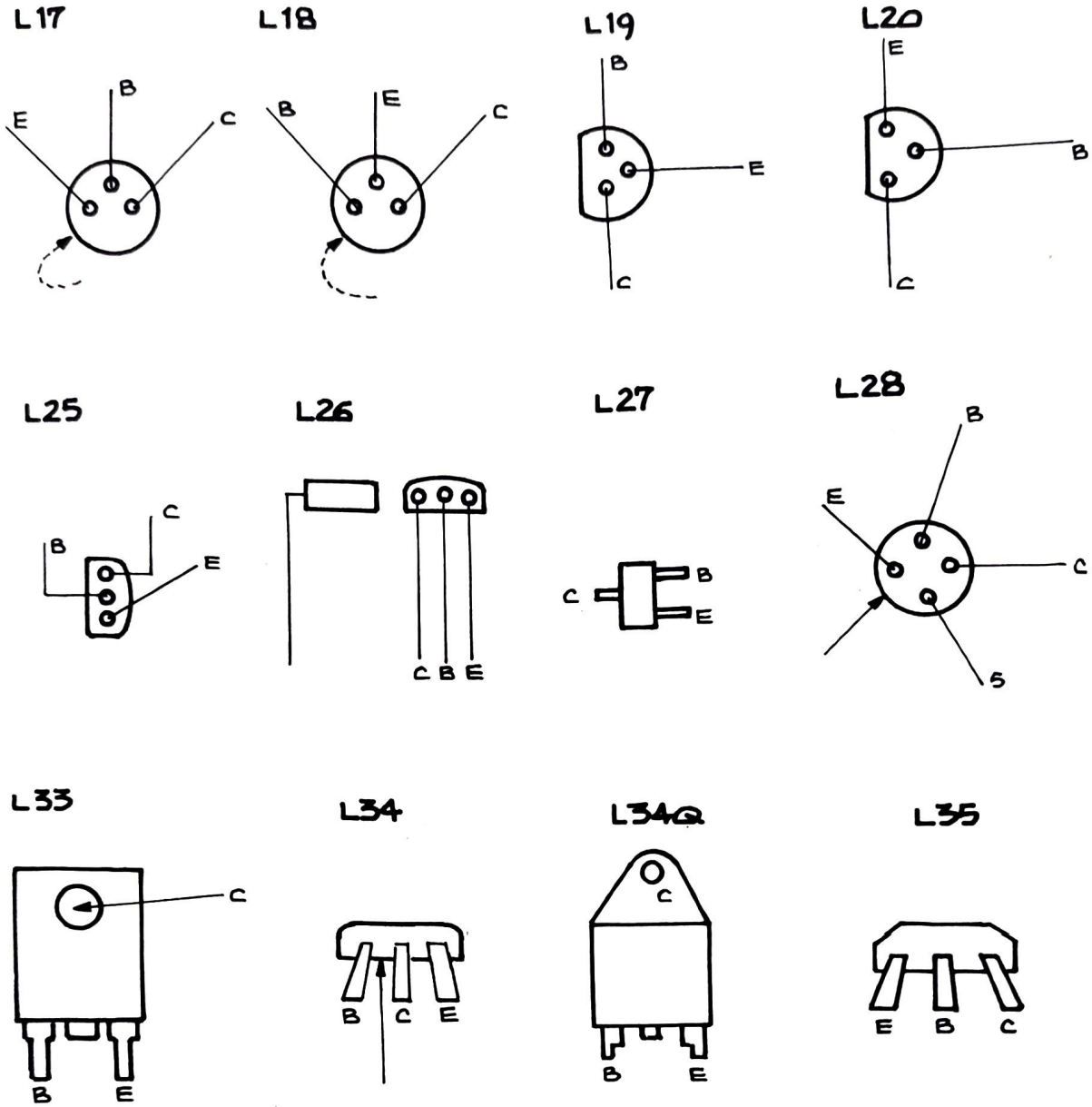


Figura 40 — *Vários tipos de localização de terminais.*

Material dos Transistores

Hoje, a maioria dos transistores é de silício, porém ainda existe uma grande quantidade de transistores de germânio. Externamente não existe nenhuma indicação sobre que material constitui o transistor. Só a consulta a manuais ou guias poderá esclarecer este particular. Os transistores constituídos de germânio, têm nos guias e manuais a letra "G" e os constituídos de silício têm a letra "S".

Transistores PNP e NPN

No transistor, a base é o elemento que normalmente recebe o sinal ou tensão de entrada (sinal de comando). Os outros dois ele-

mentos (emissor e coletor) dependendo de ser o transistor NPN ou PNP, são polarizados positiva ou negativamente para que o transistor funcione adequadamente.

O transistor NPN deve ter o emissor polarizado negativamente e o coletor polarizado positivamente. O transistor PNP deve ter o emissor polarizado positivamente e o coletor polarizado negativamente.

Polarização dos Transistores

Como regra, para se obter uma polarização correta do transistor é necessário que a base seja polarizada diretamente em relação ao emissor e inversamente em relação ao coletor. Assim, tratando-se de um transistor PNP aplica-se à base uma tensão mais negativa que a existente no emissor, porém positiva em relação ao coletor.

No transistor tipo NPN acontece o inverso: a base é positiva em relação ao emissor e negativa em relação ao coletor.

Para facilitar a memorização do enunciado acima, temos na figura 41 a disposição de transistores PNP e NPN nas três configurações e com a indicação da polaridade das tensões aplicadas aos seus elementos.

Estas três disposições (para tipo NPN e PNP) são basicamente utilizadas em todos os circuitos transistorizados tornando extremamente fácil ao leitor verificar a polaridade das tensões presentes e diagnosticar defeitos eventuais.

Não esquecer que nos desenhos da figura 41 as setas semicirculares indicam a polaridade que deve estar presente em um eletrodo, em relação ao outro, situado no extremo da mesma seta.

Por exemplo, na posição 1, da figura 41 (PNP) a base deve ser positiva em relação ao coletor. O coletor deve ser negativo em relação ao emissor. O emissor, por sua vez, deve ser positivo em relação à base.

Outro exemplo, na posição 2 da mesma figura (NPN). A base deve ser positiva em relação ao emissor. Este deve ser negativo em relação ao coletor. O coletor deve ser positivo em relação à base.

Finalmente os leitores devem observar que as polaridades nos terminais dos transistores NPN são invertidas quando comparadas com a polaridade nos terminais PNP.

Quando a seta no símbolo do transistor aponta para a base, ele é do tipo PNP. Quando a ponta da seta aponta para o círculo exterior, em oposição à direção da base, o transistor é NPN. A ponta da seta do emissor aponta na direção positivo-para-negativo.

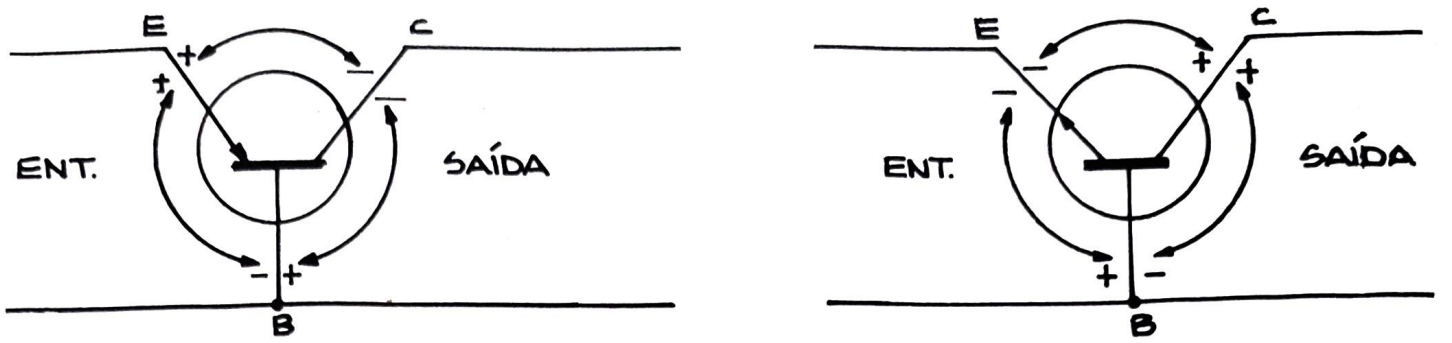


Figura 41 — *Indicação de polaridade das tensões nos eletrodos dos transistores PNP e NPN.*

Polarização

Um aspecto importante nos circuitos transistorizados é o que diz respeito à polarização ou seja, o valor da tensão ou corrente aplicada ao emissor e à base. Esta polarização determina a caracte-

rística ou desempenho do transistor e pode tanto ser "tensão de polarização" como "corrente de polarização" ou ambas, sendo aplicadas as expressões acima de modo a melhor descrever o circuito transistorizado em questão.

A corrente de polarização de um transistor pode ir desde alguns microampères até centenas de miliampères. A tensão de polarização dificilmente atinge o valor de 1 volt.

A corrente, no sentido direto, na junção emissor-base, é responsável pelo controle da corrente entre emissor-coletor. Ao aumentar a corrente de base, ocorre o aumento da corrente entre emissor e coletor; se a corrente de base diminui, também diminui a corrente entre emissor-coletor.

O ponto de operação para um determinado tipo de transistor é determinado pela corrente quiescente (corrente contínua, sem sinal presente) do emissor e tensão do coletor. Pode-se considerar o transistor como um componente que opera em corrente, isto é, a corrente fluindo no circuito emissor-base controla a corrente fluindo no circuito coletor. As tensões e correntes, bem como a polarização, dependem das características do transistor e do tipo da função que irá desempenhar.

As polarizações podem ser denominadas de diretas (forward) ou inversas ou opostas (backward). Quando aplicadas na junção base-emissor do transistor denominam-se de diretas e quando aplicadas na junção coletor-base são chamadas de inversas.

Na figura 42 temos um processo simplificado para polarização de um circuito de configuração base-comum, tanto para transistores PNP como para transistores NPN. A polarização, tanto para a junção coletor-base como para a junção emissor-base é obtida de uma bateria e um sistema divisor constituído dos resistores R2 e R3. O transistor do circuito da figura (A) é de polarização direta porque o emissor é negativo com relação à base e a junção coletor-base é polarizada inversamente porque o coletor é positivo com respeito à base.

Já no circuito (B) da mesma figura no transistor PNP a polaridade da bateria e do eletrolítico C1 são inversas. A corrente (I), da bateria, ao passar através do divisor (R2 e R3) ocasiona uma queda de tensão nos extremos de R2, que ocasiona a polarização do emissor com relação à base. O resistor, tem em paralelo, o capacitor C1, de modo que a base está efetivamente à terra para sinais de corrente alternada.

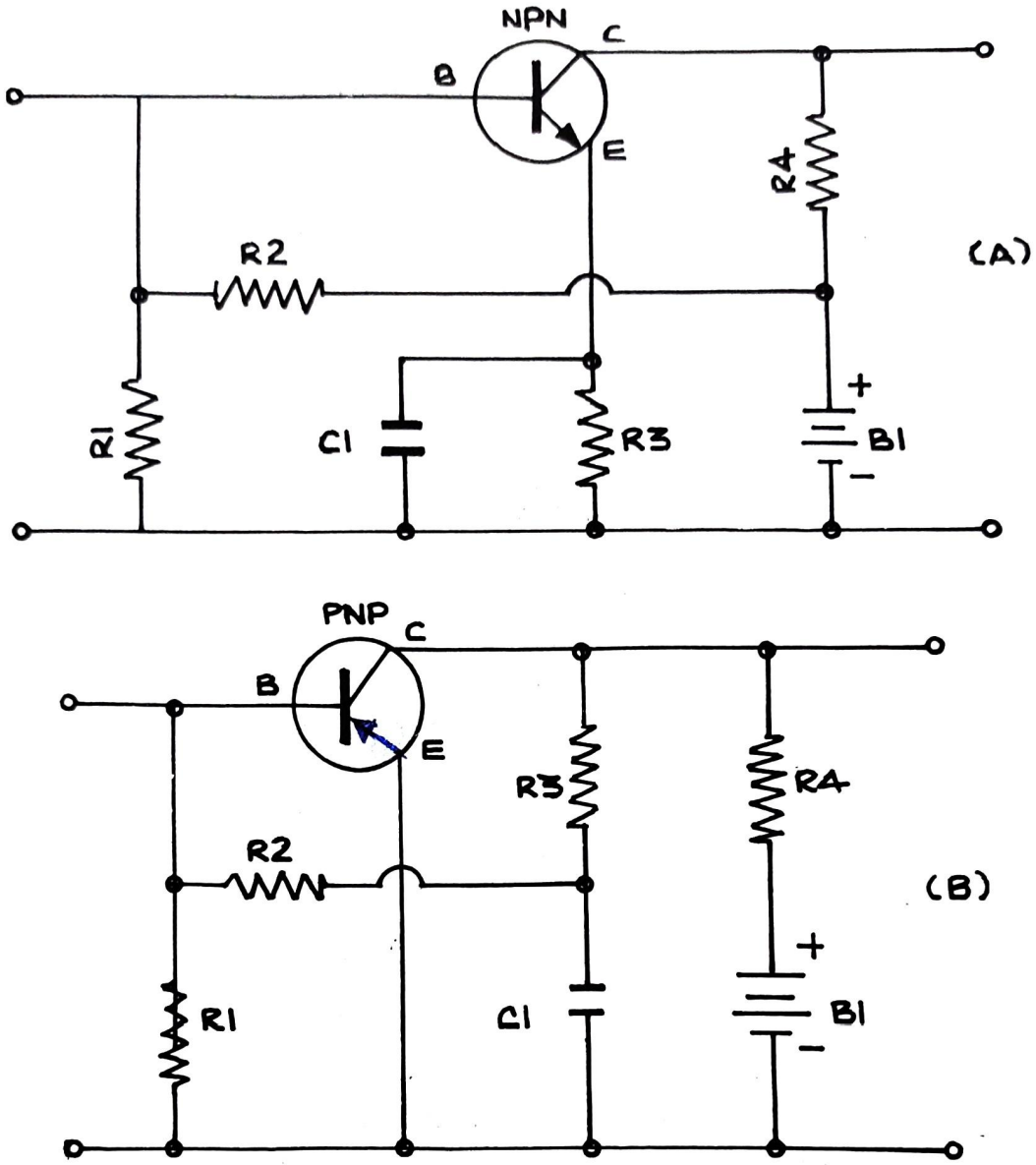


Figura 42 — *Processo simplificado de polarização.*

No circuito emissor-comum da figura 43 também é utilizada uma só bateria.

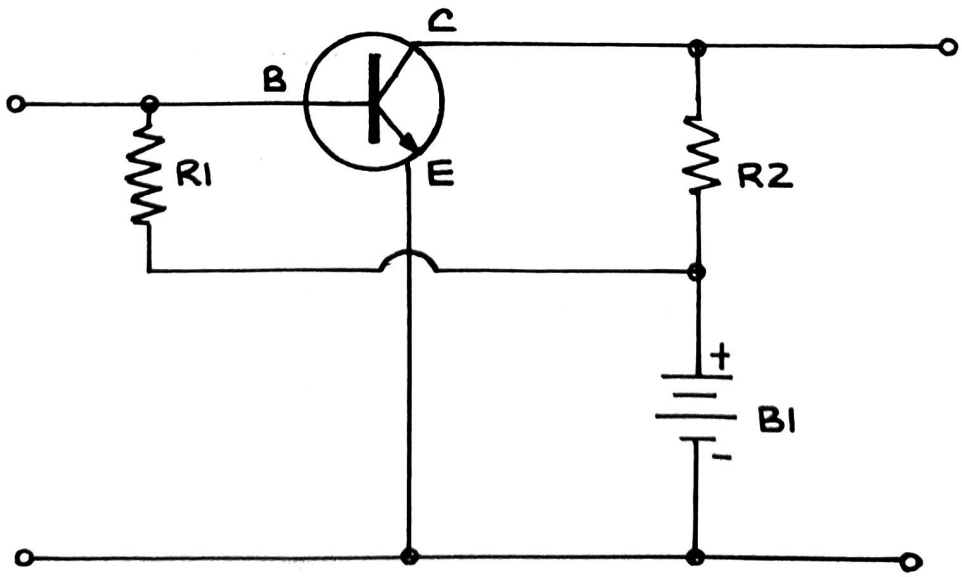


Figura 43 — *Uma só bateria para polarização.*

Esta disposição é conhecida como "polarização fixa". Tanto a base como o coletor são positivos em relação ao emissor devido a disposição da bateria B1. O valor de R1 é de tal ordem que fornece a necessária corrente à base do transistor, que por sua vez estabelece a corrente do emissor. Mas este método não é muito utilizado. Na figura 44 temos uma outra disposição em que o resistor de base é ligado diretamente ao coletor.

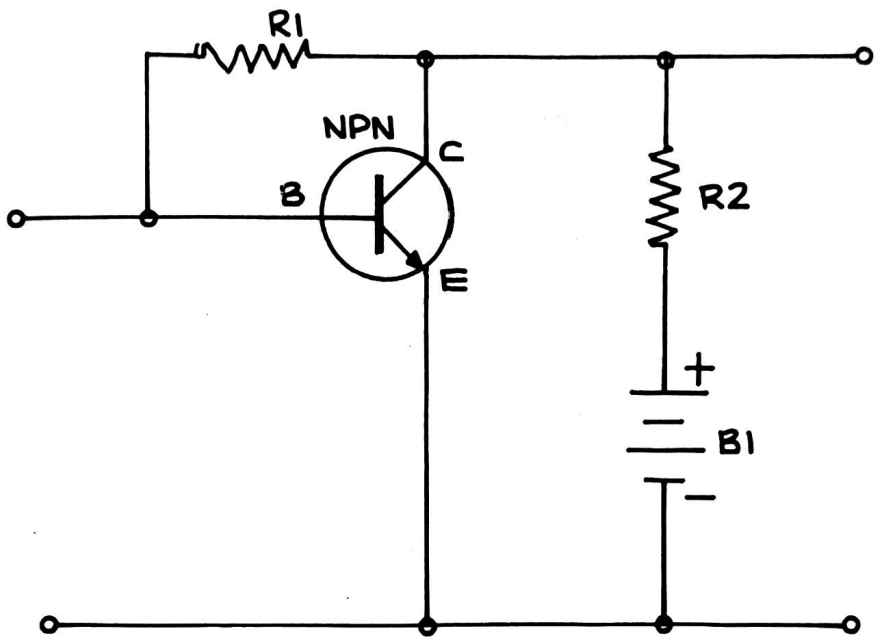


Figura 44 — *Polarização fixa típica.*

Esta disposição ajuda a estabilizar o ponto operacional do transistor, pois um aumento ou diminuição na corrente do coletor ocasiona variação correspondente na polarização de base. A desvantagem deste processo é que reduz o ganho efetivo do circuito.

Uma terceira solução, denominada de "polarização fixa" pode ser apreciada na figura 45.

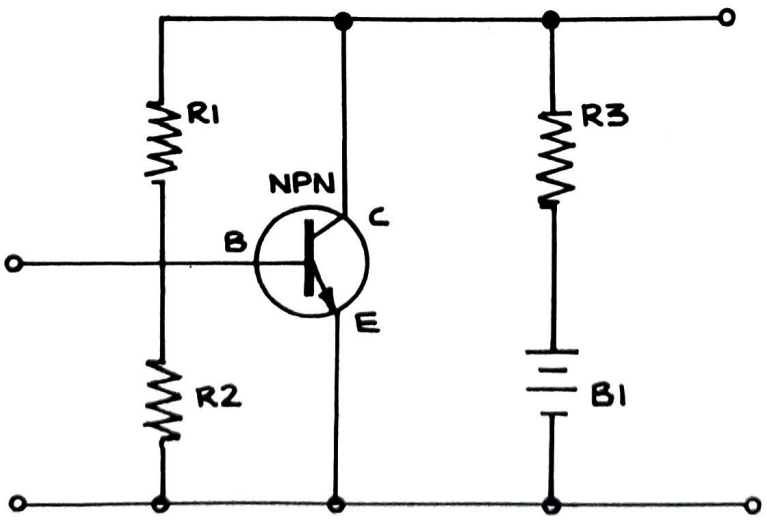


Figura 45 — *Polarização fixa.*

Os resistores R1 e R2 fornecem a polarização direta necessária, através da junção da base-emissor, sendo o valor de polarização da base determinado pela corrente através do divisor de tensão. Qualquer variação na corrente do emissor automaticamente varia a polarização de base. Este circuito dá menos ganho que o circuito da figura 44 porém é preferido por sua estabilidade inerente.

Na figura 46 (A) e (B) temos dois circuitos que podem ser utilizados em disposição emissor-comum com razoável estabilidade e bom ganho.

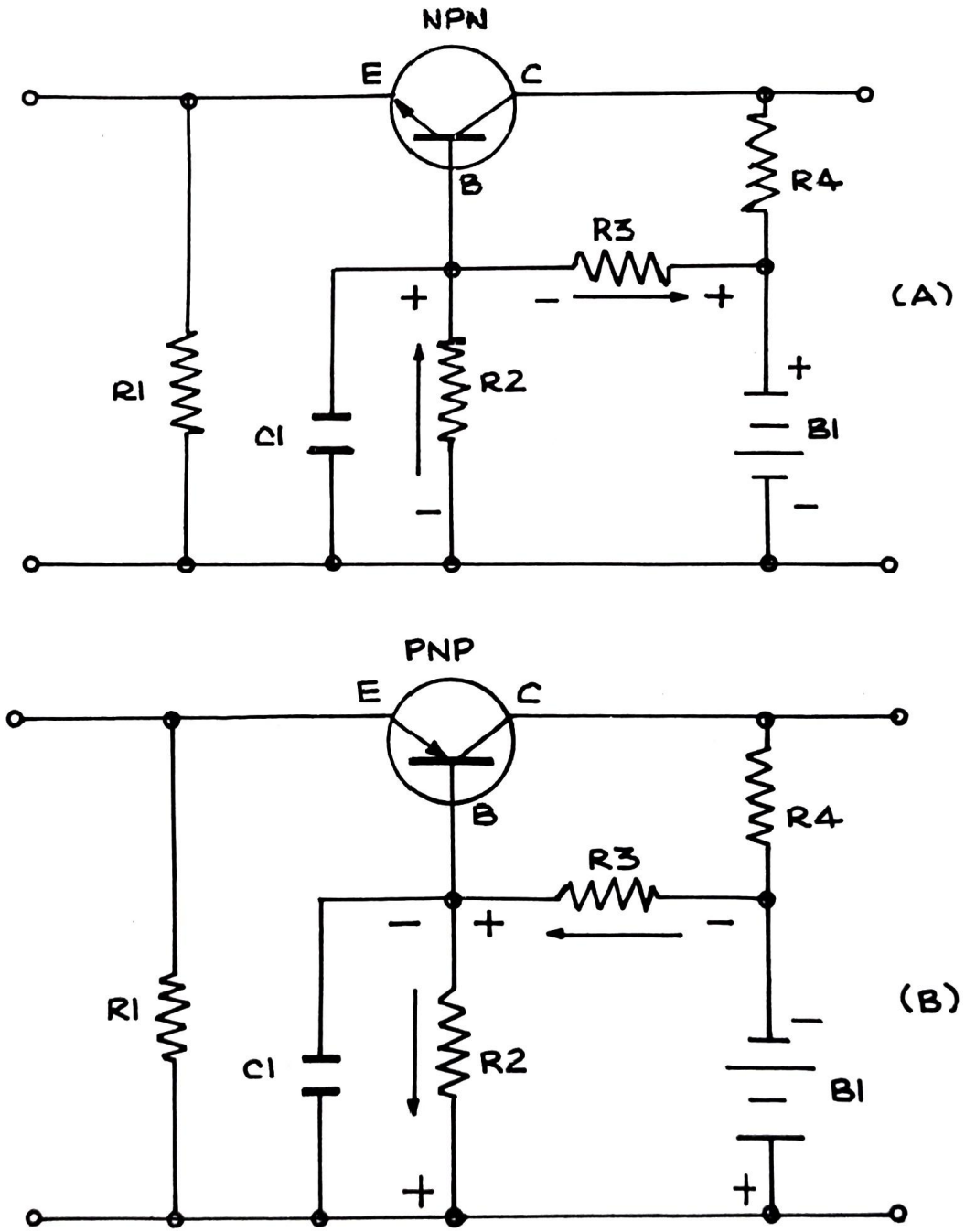


Figura 46 — *Disposição de emissor-comum com boa estabilidade.*

Na disposição (A) foi adicionado um resistor no circuito emissor. O capacitor C1 é colocado para efeito de "passo" sendo o valor habitual da ordem de 50 mfd, podendo, porém, ser mais elevado, dependendo da freqüência mais baixa que se deseja amplificar.

Na disposição (B) o divisor de tensão R2 e R3 permite, através de C1, que toda a tensão de corrente alternada seja levada à terra. O valor de R3 deve ser sempre maior do que R2, devendo a soma de R2 + R3 ser igual ao valor de R1.

Os diodos têm sua aplicação na compensação para variações de temperatura ou de tensão. Na figura 47 temos a aplicação de um diodo para estabilizar a polarização.

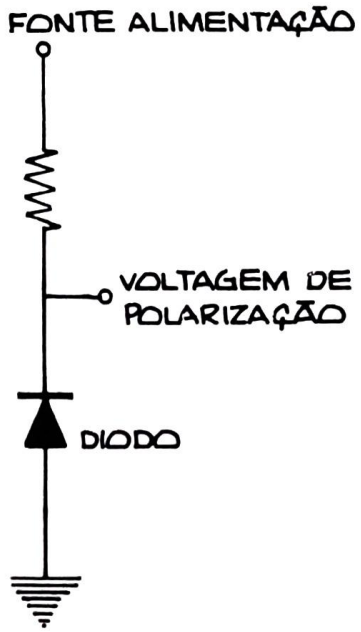


Figura 47 — *Estabilização utilizando diodo.*

Os termistores ou componentes de coeficiente negativo de temperatura (NTC) também podem ser utilizados para estabilização de tensão e prevenir variações devidas às mudanças de temperatura (figura 48).

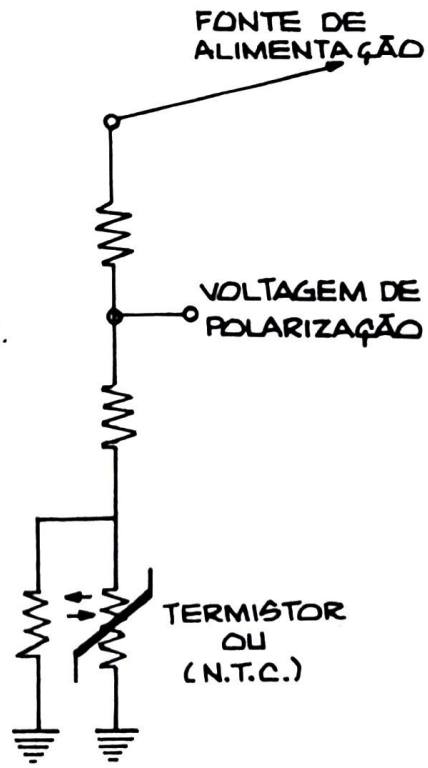


Figura 48 — *Estabilização utilizando termistor ou NTC.*

Transistor "Efeito de Campo"

Já o autor Rufus P. Turner havia dito que "se o transistor baseado no 'efeito de campo' (FET) houvesse sido descoberto antes dos transistores conhecidos como bipolares (que tratamos nas páginas anteriores) os desenvolvimentos no campo de aplicação do estado sólido teriam sido muito mais espetaculares."

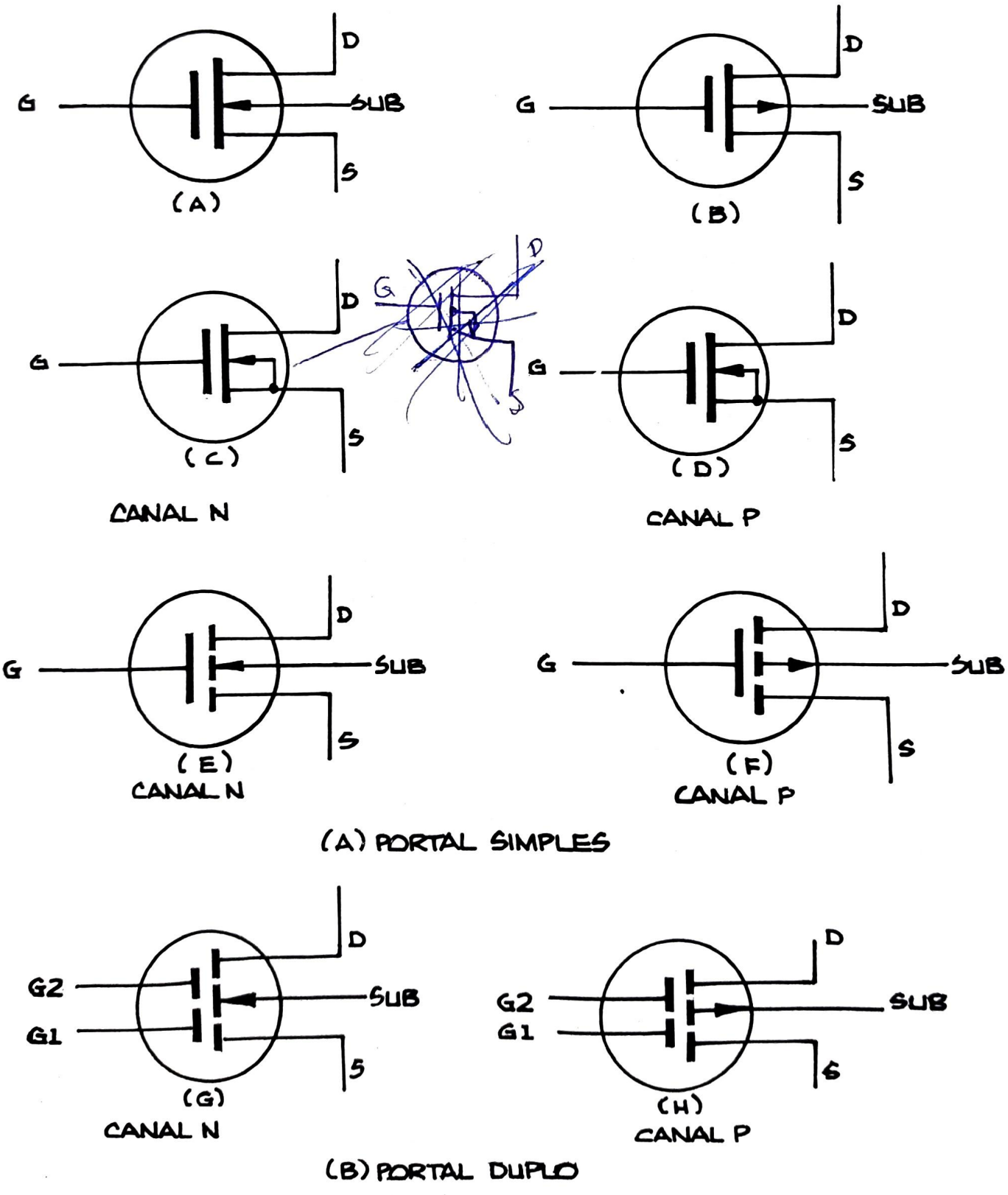


Figura 49 — *Símbolos dos FET.*

Os transistores FET são relativamente novos, em comparação com os transistores bipolares e apresentam em relação a estes algumas diferenças importantes. O transistor convencional é operado na base de variação de corrente. O FET opera como as válvulas: na base de variação de tensão. O símbolo do FET é diferente do símbolo do transistor tradicional (figura 49).

A função do controle (g) é semelhante à grade das válvulas eletrônicas. O FET também tem uma "fonte" que é análoga ao catodo das válvulas e um "dreno" que se pode comparar ao anodo ou placa das válvulas. A maior diferença, além das apontadas acima, em comparação a um transistor tradicional, é que o FET tem alta impedância de entrada e opera em tensão, em vez de corrente.

No transistor convencional, denominado bipolar porque dois elementos (N e P ou P e N) o FET só utiliza ou um ou outro elemento, daí ter a designação canal-n ou canal-p, sendo a posição da seta a que indica a característica, como se pode apreciar na figura 49.

Como não poderia deixar de acontecer, tão logo foi descoberto o FET, surgiram as variações e tipos diversos, baseados no mesmo princípio.

JFET e MOSFET

A designação JFET é aplicada aos transistores FET tipo junção, que por sua vez se subdividem em JFET, canal-n (com semicondutor tipo N) e JFET, canal-p (com semicondutor tipo P).

Os MOSFET ou seja FET semicondutor-óxido de metal, também possuem a classificação canal-n e canal-p. Além disto, tanto os JFET como MOSFET podem ser classificados como de entrada ou portal simples ou portal duplo. A maioria é de portal (g) duplo.

Como dissemos no prefácio deste livro não é nosso intuito tratar aqui dos detalhes de fabricação dos componentes. Apenas abordamos, em detalhe especial, o transistor FET porque utiliza uma técnica diferente do transistor bipolar e seu comportamento é ligeiramente diferente deste.

Diversos Tipos de Transistores

No início eram os transistores de "contato" oriundos da descoberta efetuada em 1948 pelos cientistas dos laboratórios da Bell Telephones, nos EE UU da América do Norte. É interessante destacar como surgiu a palavra transistor. Foi a amálgama das palavras "transfer-resistor" pois o conceito básico do transistor consistia em

"transferir" uma corrente circulando em um circuito de baixa resistência, para um circuito de alta resistência. Isto nada mais é que o princípio básico da amplificação.

O transistor de contato demandava uma mão-de-obra muito especializada e tinha vários inconvenientes. Foi quando surgiu o transistor de junção. Em lugar de uma ponta fina de metal para fazer os contatos na base, era a junção de dois componentes ou materiais, de modo sólido. Este princípio deu origem a vários processos de fabricação do qual resultam nomes os mais variados: liga difusa, mesa difusa, epitaxial, planar, planar-epitaxial, MOS, etc., etc. Porém todos operam no princípio descrito linhas antes e para o reparador de aparelhos e instrumentos transistorizados é suficiente que tenha a noção exata dos tipos a serem substituídos, para que execute um conserto apropriado.

III — Amplificadores

Amplificadores Transistorizados

A propriedade amplificadora dos transistores pode ser utilizada em vários circuitos eletrônicos, dependendo dos resultados que se deseja obter.

Podem ser utilizados em circuitos de audiofreqüência (AF ou BF), em circuitos de radiofreqüência (RF), em circuitos de freqüência intermediária (FI), etc.

Como vimos no capítulo anterior, os transistores têm três configurações básicas. Será conveniente ter, de modo sucinto, as propriedades básicas das três disposições.

Tabela I — Propriedades Básicas das Três Disposições de Aplicação dos Transistores.

Configuração	Ganho corrente	Resistência Entrada	Resistência Saída	Ganho de Tensão
Base comum Emissor comum Coletor comum	unidade alto alto	baixa média alta	alta média baixa	alto alto unidade

Na configuração base-comum o sinal a ser amplificado é aplicado no circuito base-emissor e o sinal de saída é liberado no circuito base-coletor.

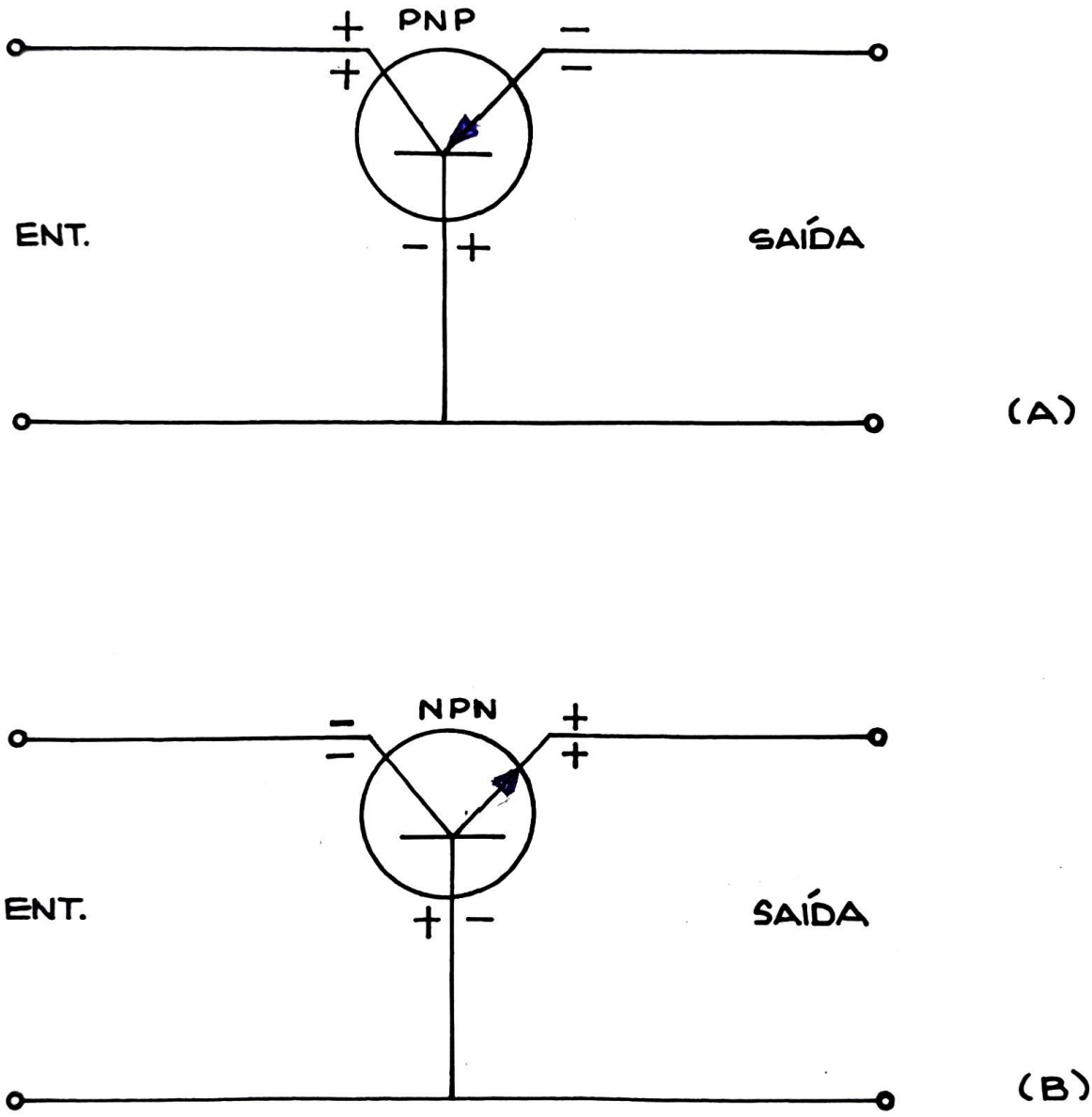
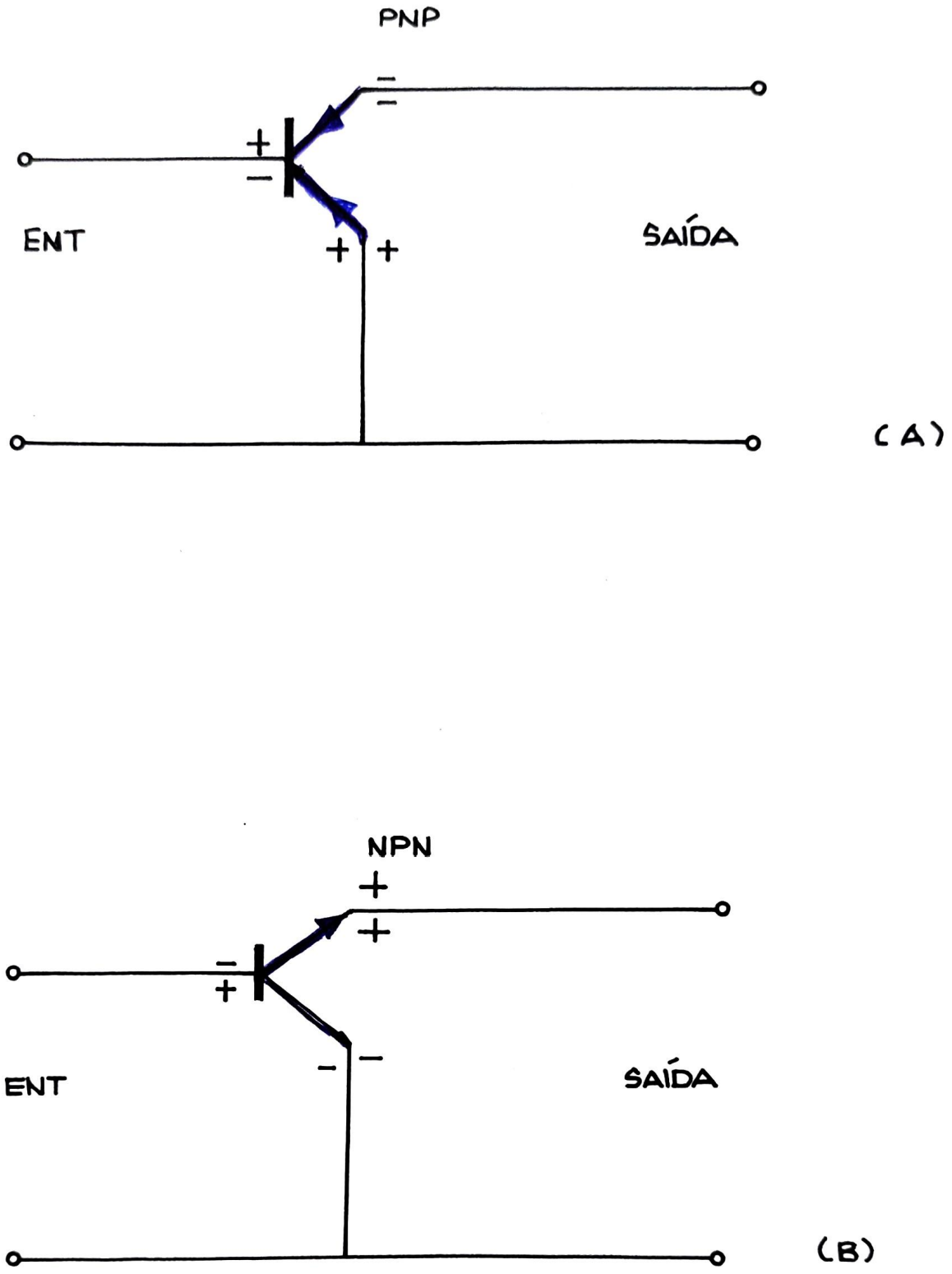


Figura 50 — *(A) Configuração base-comum PNP.*
(B) Configuração base-comum NPN.

O elemento comum é a base, daí o nome configuração base-comum. Para a disposição base-comum com transistor tipo NPN a polaridade do coletor é positiva com relação à base. Para transistores PNP a polaridade do coletor é negativa com relação à base.

Na configuração emissor-comum, que é mais utilizada em circuitos transistorizados, o emissor é comum à entrada e saída do circuito. Como na configuração anterior a polaridade é invertida quando se trata de componente PNP em lugar de NPN.



COLETOR-COMUM

Figura 51 — *(A) Configuração emissor-comum PNP.*
(B) Configuração emissor-comum NPN.

A configuração coletor-comum, que também se chama "emitodino" tem características muito especiais, sendo utilizada em determinados circuitos. Tem uma alta impedância de entrada e uma impedância de saída muito baixa, amplificando somente em "corrente" e sendo zero a amplificação em tensão.

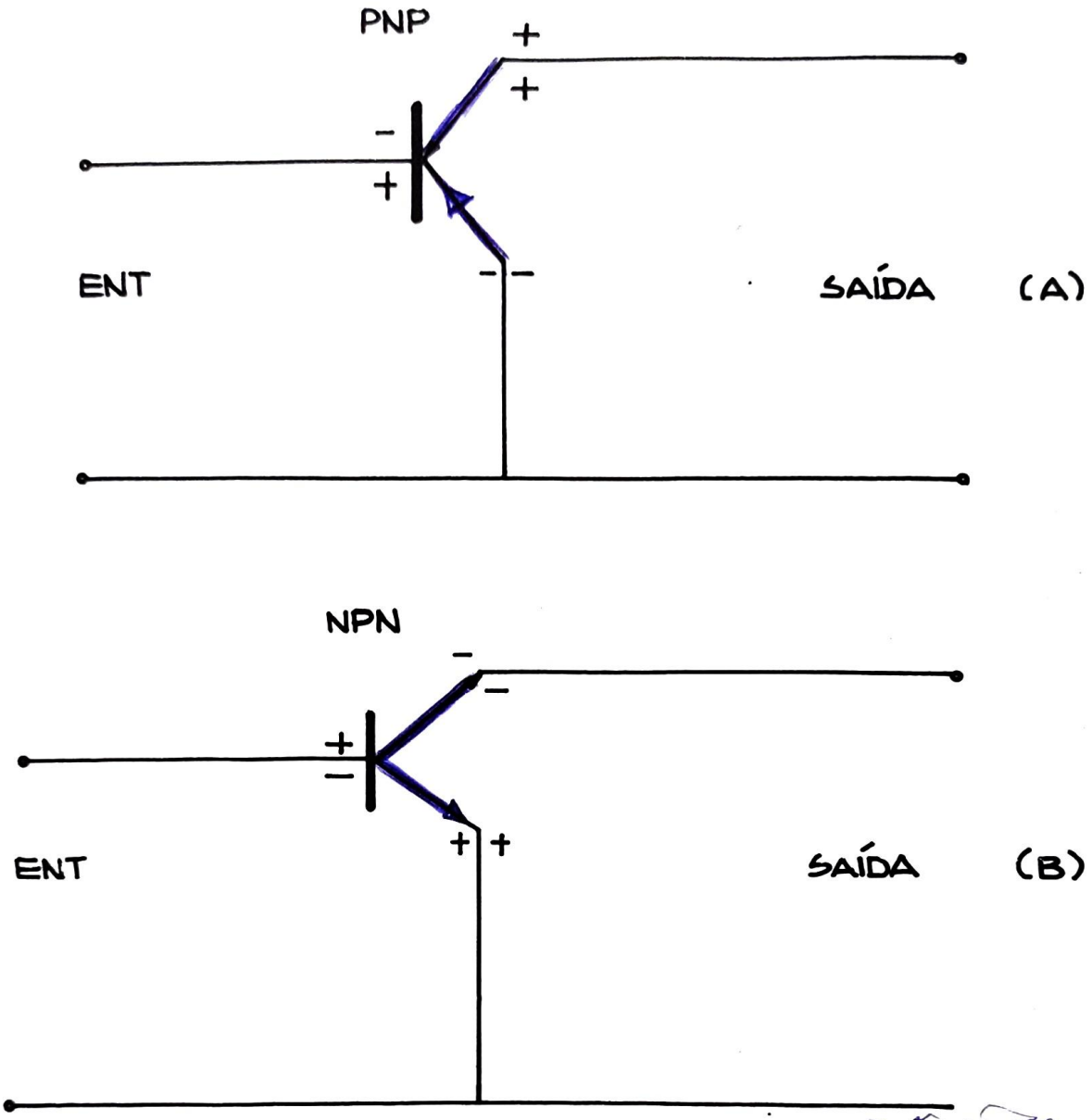


Figura 52 — *(A) Configuração coletor-comum PNP.*
(B) Configuração coletor-comum NPN.

Amplificação de "Sinais Pequenos"

Os amplificadores de baixo nível, ou "sinal pequeno" em audiofreqüência, operam, normalmente, na faixa dos microvolts e recebem o sinal de uma fonte: microfone, cabeça de gravação, unidade de toca-disco, fotocélula, fotodiodos ou qualquer outra fonte de sinal e amplificam até a um nível adequado a excitar um amplificador. Em alguns casos estes amplificadores de baixo nível são denominados de pré-amplificadores ou simplesmente "prés".

Como já dissemos, o circuito de emissor-comum é o mais utilizado para amplificação de sinais de baixo nível.

Número de Estágios

O número de estágios (transistor e componentes formam um estágio) depende do ganho total que se necessita. Se uma disposição com um só transistor nos fornece a elevação ou ganho do sinal de entrada, ao valor que se deseja obter à saída, é óbvio que se utilizará um só semicondutor. Às vezes é necessário utilizar mais que um transistor, não só para fins de amplificação, como para equilíbrio ou "casamento" das impedâncias de entrada e saída dos circuitos.

Acoplamentos

Três são os procesos de acoplar estágios:

a) transformador
b) resistor-capacitor
c) diretamente

O acoplamento a transformador está rapidamente se tornando obsoleto. Em parte pela existência de novos transistores com alto ganho e em parte devido a dificuldade de se obter (principalmente em nosso país) transformadores com lâminas de núcleo de boa qualidade.

Uma disposição clássica de acoplamento a transformador pode ser apreciada na figura 53.

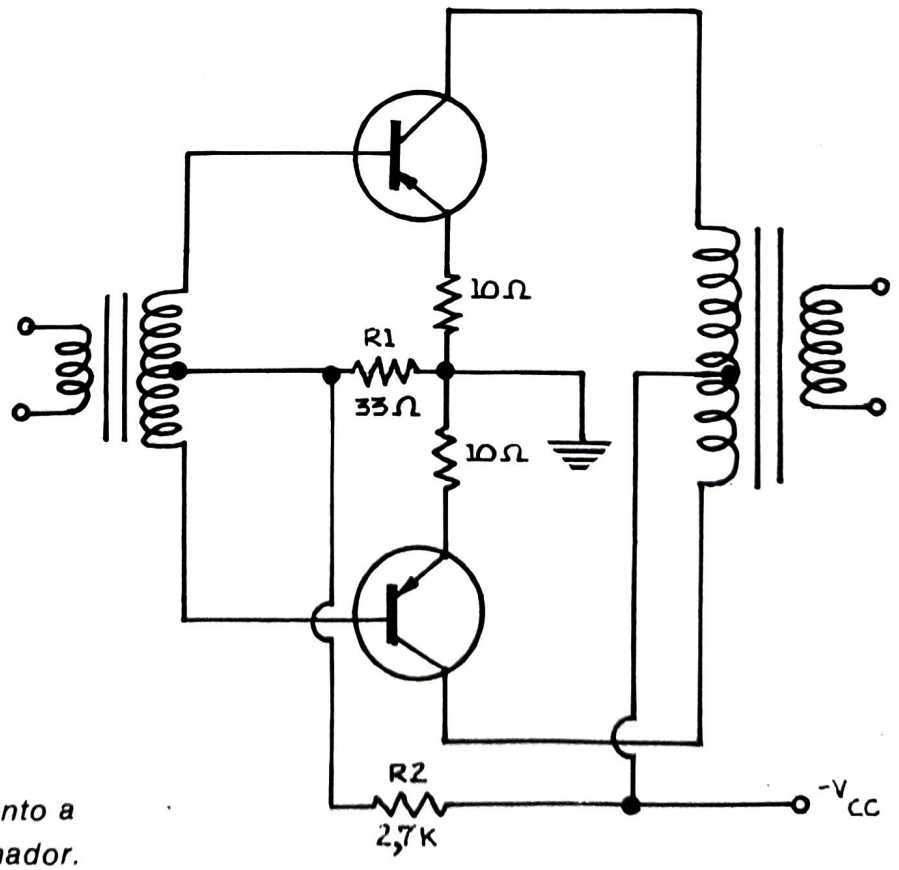


Figura 53 — *Acoplamento a transformador.*

Mesmo o uso de transformadores para acoplar os transistores à bobina móvel dos alto-falantes, está se tornando coisa do passado. Mas o leitor deve ficar atento, porque no campo da manutenção e do conserto sempre surgem circuitos que têm mais de 15 anos de funcionamento e provavelmente utilizarão transformadores para ligações interestágios de áudio e ligação do último estágio ou de saída, ao alto-falante.

O acoplamento "resistor-capacitor é muito popular. Oferece boa qualidade e baixo custo sendo muito popular em circuitos de receptores, amplificadores, eletrolas e mesmo circuitos de amplificação para sinais de equipamentos eletrônicos industriais e eletromédicos. Na figura 54 podemos apreciar um circuito muito simples de um amplificador de dois estágios, utilizando transistores tipo 2N 338, de silício, operando com uma tensão de entrada de 12 volts.

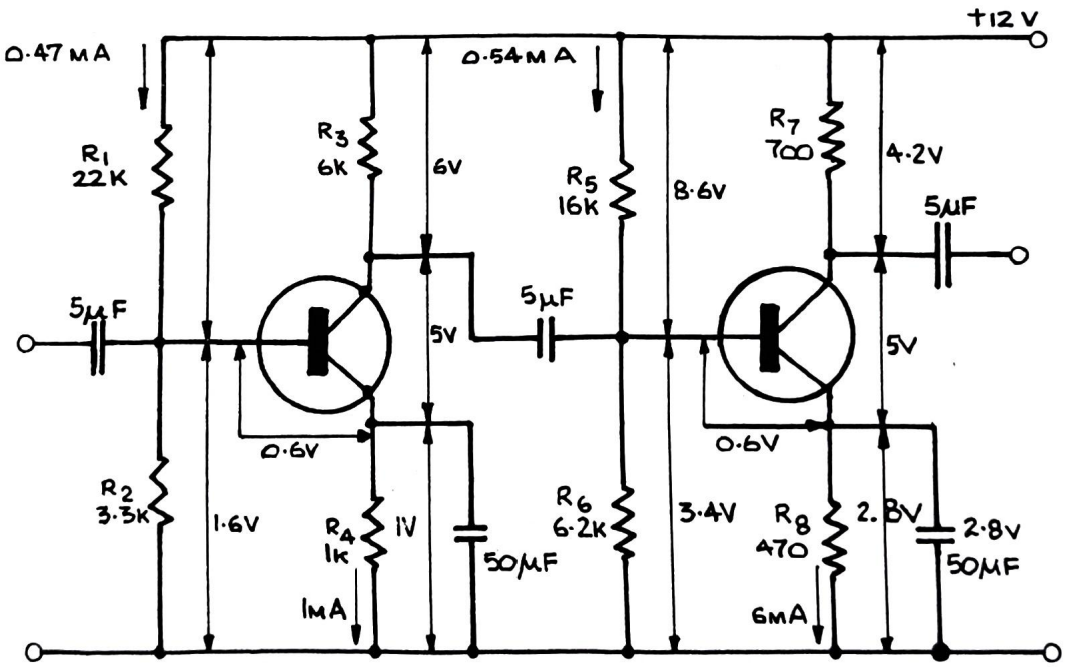


Figura 54 — *Acoplamento resistor-capacitor.*

O ganho total deste amplificador é da ordem de 880 em tensão e de 1.437, aproximadamente, em corrente.

O acoplamento direto permite uma amplificação de sinais de corrente alternada (c.a.) e também sinais de corrente contínua (c.c.). Na figura 55 temos um circuito típico de acoplamento direto. Notem que entre os vários transistores não existe o clássico capacitor de acoplamento. Aliás, todo o circuito não utiliza um só capacitor.

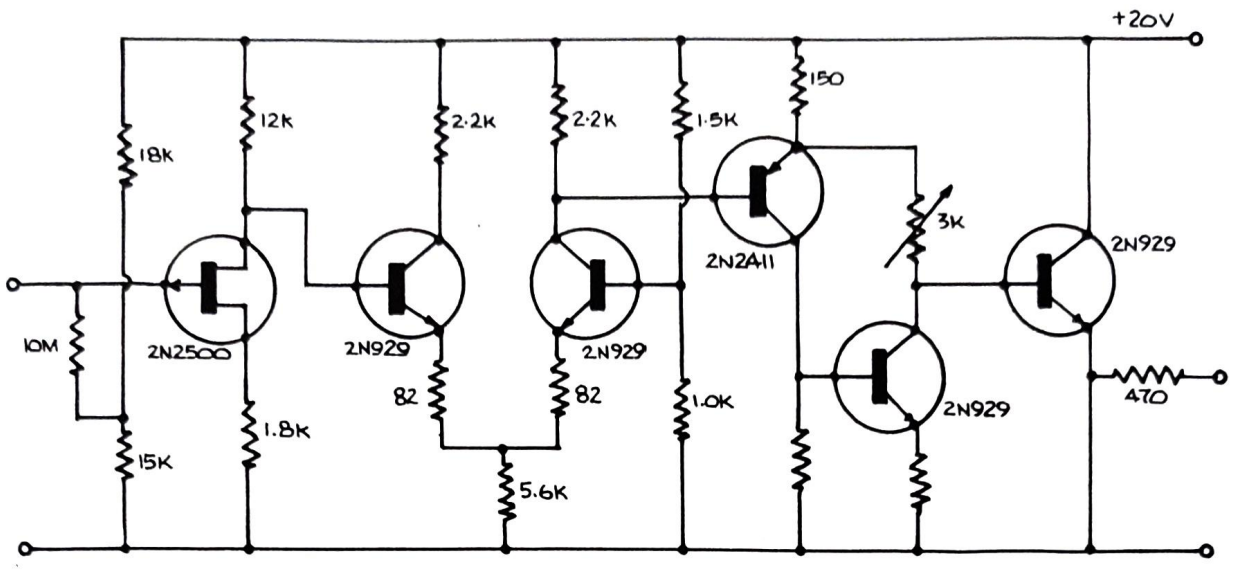


Figura 55 — *Acoplamento direto.*

Amplificadores de Potência

O aspecto mais importante em que um amplificador de potência diferencia-se de um amplificador de baixo nível é que a amplitude do sinal pode se estender sobre uma ampla faixa da carga dinâmica de saída e deste modo o transistor opera, em geral, no nível máximo possível. Um amplificador pode ser de "potência" não importa que a sua potência de saída seja de 0,5 vatios ou 200 vatios.

A potência de saída de um amplificador transistorizado será limitada por três fatores principais, associados aos transistores de saída do circuito — a dissipação máxima possível para o coletor, a voltagem máxima para o coletor e a corrente máxima permitida ao coletor. A questão de dissipação pode ser contornada, em certos limites, por um processo de dissipação (dissipador metálico ou mesmo esfriamento forçado). Os outros dois fatores dependem de construção e características inerentes do transistor e não podem ser modificadas pelo usuário.

Classificação dos Estágios de Saída

Os estágios de saída dos circuitos amplificadores de potência são classificados em quatro tipos: A, B, C e D.

Em audiofreqüência utilizam-se os circuitos amplificadores em disposição classe A, classe B, classe AB e classe D.

Os circuitos em classe A são quase sempre constituídos de um só transistor no circuito de saída, se bem possam existir circuitos classe A em saída simétrica. Para saídas simétricas os projetistas preferem os circuitos em classe B ou classe AB.

Em oposição à boa qualidade que se pode obter com um circuito de saída em classe A os circuitos de saída em classe B apresentam a vantagem de não consumir corrente quando não há sinal presente para ser amplificado.

Na figura 56 temos uma saída classe A, simétrica.

Na figura 57 temos uma disposição classe B, simétrica.

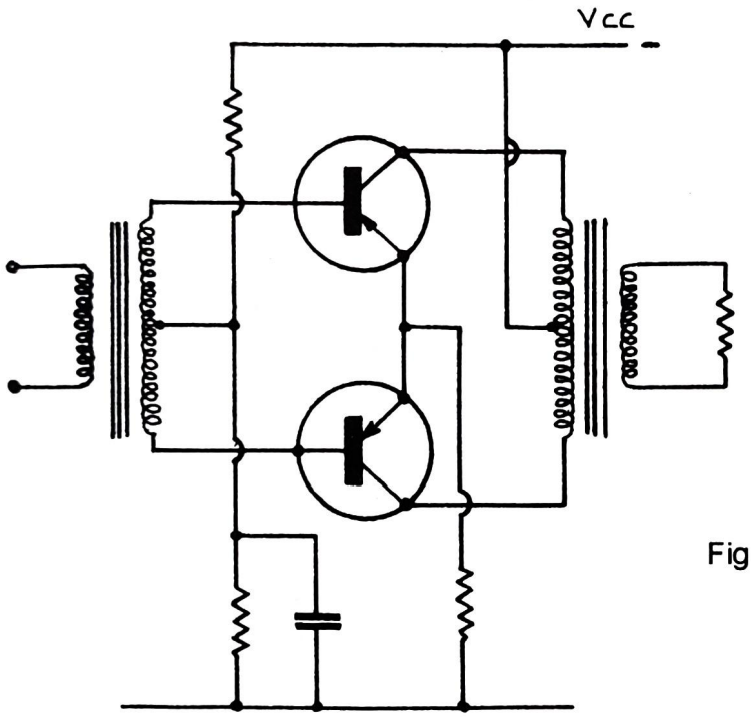


Figura 56 — *Saída classe A, simétrica.*

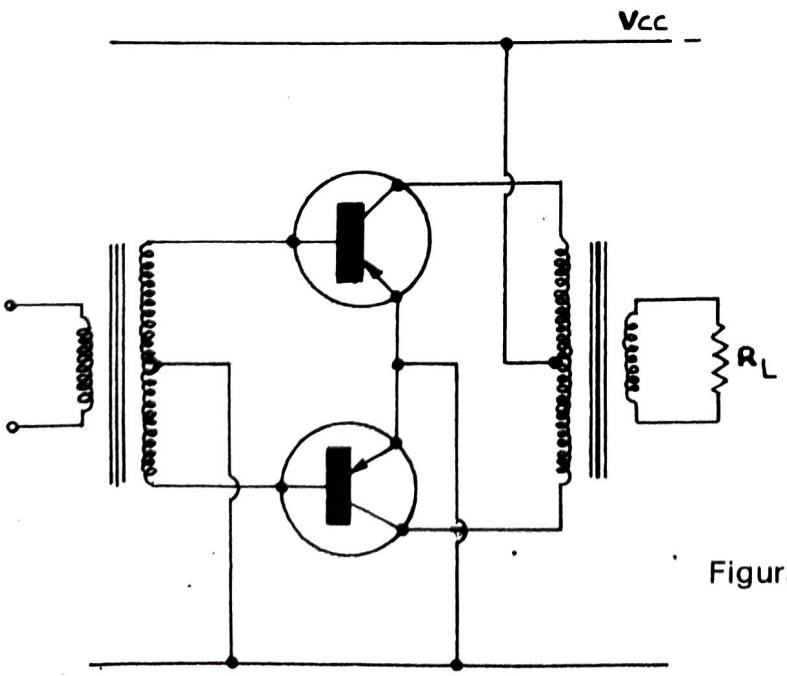


Figura 57 — *Saída classe B, simétrica.*

Nos circuitos classe D, que foram desenvolvidos em 1960 e agora estão retornando, sendo ainda pouco conhecidos pela grande maioria de técnicos, utiliza-se a técnica de amplificação digital, que não deve ser confundida com a modulação por pulsos codificados. Seu rendimento pode ser de 90%, o que é melhor em 20% do melhor classe B e três vezes melhor que o mais eficiente classe A. Pode-se dizer que o rendimento dos classes D se compara com os amplificadores classe C, só que estes últimos prestam-se apenas para circuitos de radiofreqüência.

Os circuitos amplificadores classe C são utilizados em circuitos de radiofreqüência. Recomendamos aos leitores que só façam experiências com transmissores, encerrando os mesmos dentro de uma blindagem tipo "gaiola de Faraday" para que nenhuma irradiação ultrapasse o local onde o equipamento está sendo experimentado e o leitor não cometa nenhum ato ilegal, possível de enquadrá-lo em ato delituoso ou criminal.

Disposição Complementar

Uma vantagem que se pode obter com transistores é a utilização, à saída de um amplificador de potência, de dois transistores, um PNP e outro NPN, em disposição "complementar". Deste modo, com um circuito de saída simples, pode-se obter uma saída amplificada simétrica (figura 58).

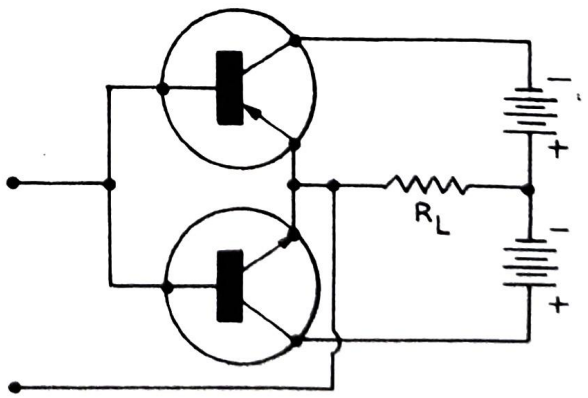


Figura 58 — *Transistores em disposição "complementar".*

Para terminar este capítulo damos a nossos leitores o circuito de um amplificador simples, utilizando alto-falante com bobina móvel de 8 ohms e com uma potência de 20 vátios. Notem que o segundo estágio é do tipo complementar (2G 384 e 2N696).

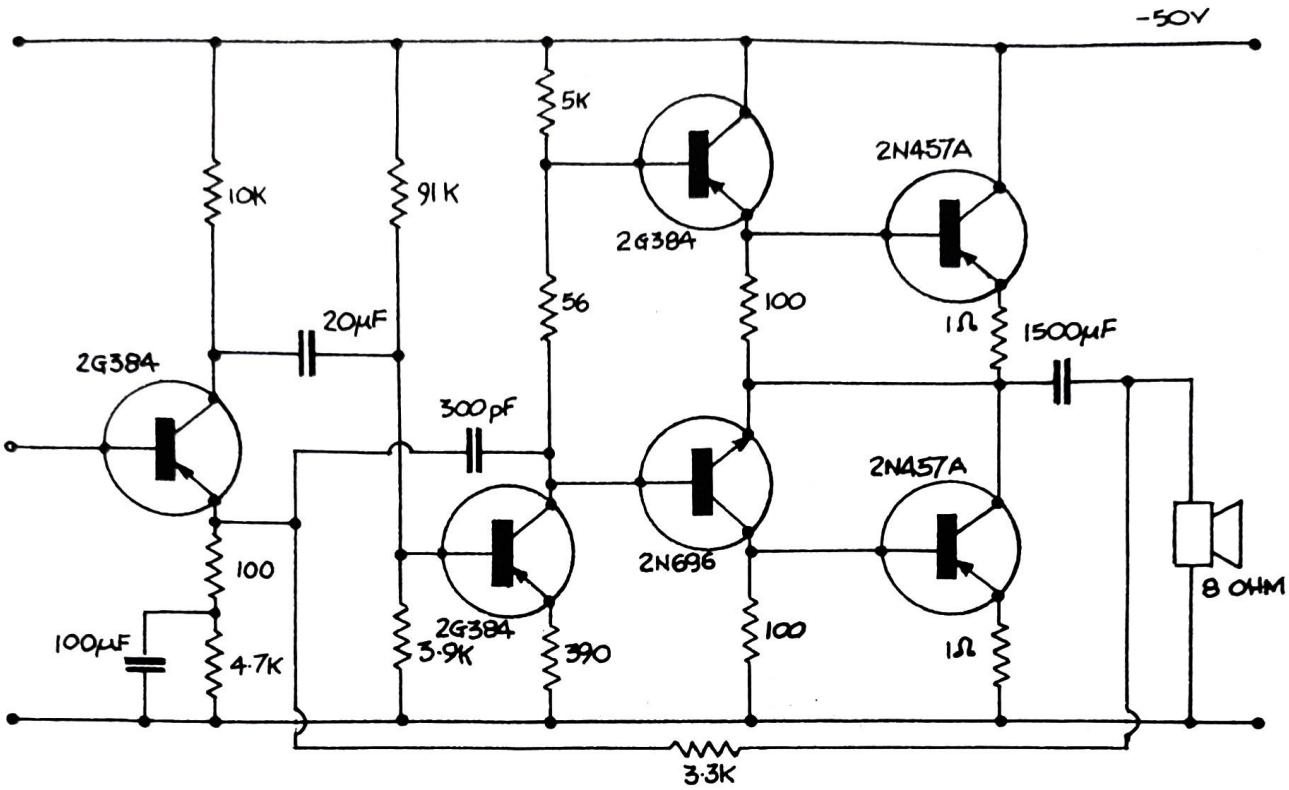


Figura 59 — *Amplificador de 20 vatios.*

IV — Osciladores

Como Funcionam

Qualquer circuito amplificador pode ser transformado em circuito oscilador, bastando para isto que parte do sinal amplificado seja reinjetado à entrada, em fase com o sinal original. Na realidade uma das "pragas" que perseguem os montadores de circuitos, que se iniciam, é a oscilação parasita que surge nos amplificadores.

Tipos de Osciladores

Existem inúmeros tipos de osciladores. Alguns mais indicados para funcionar em audiofreqüência, outros mais apropriados para funcionar em radiofreqüência e alguns que funcionam bem tanto em áudio como em RF.

Oscilador de Desvio de Fase

Um circuito muito utilizado em áudio é o oscilador de desvio de fase, que pode ser visto na figura 60.

O sinal é sinusoidal e a freqüência é determinada pelo valor dos capacitores CCC e resistores RR. Como há uma grande atenuação no sinal produzido é importante que o transistor utilizado tenha ganho elevado. O valor de R1 é aproximadamente a média geométrica das impedâncias de entrada e saída, na região entre 5.000 e 10.000 ohms.

Com os valores indicados a freqüência obtida é de 1.200 Hz.

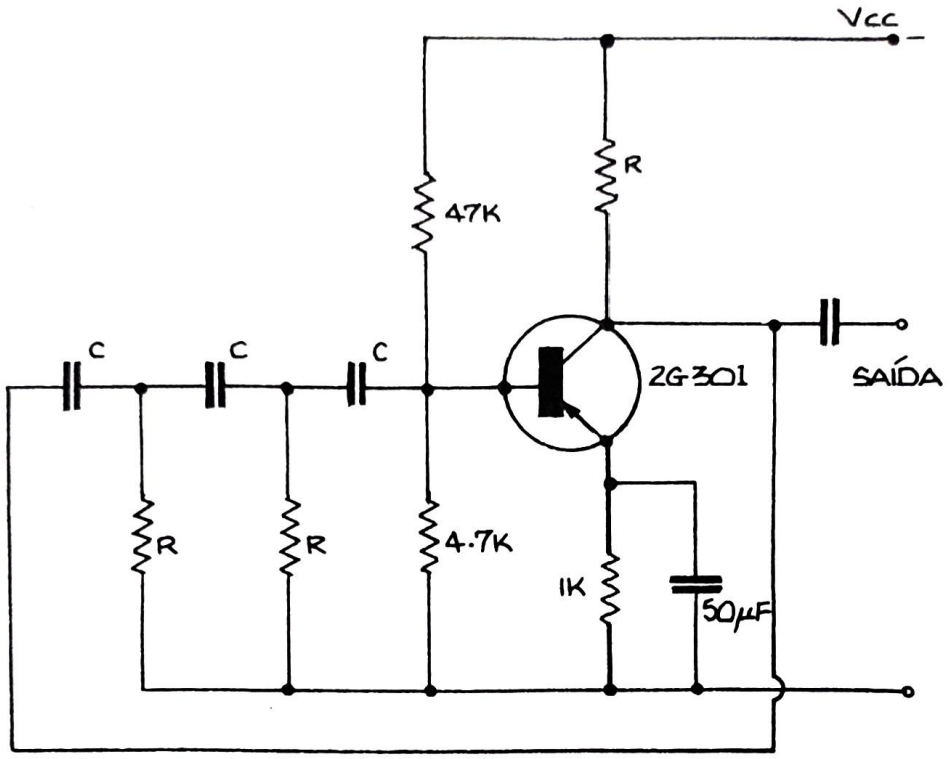


Figura 60 — *Oscilador de desvio de fase (phase-shift).*

Ponte de Wien

Um outro oscilador muito utilizado em audiofreqüência é o de Wien. Utiliza dois transistores. Os componentes determinantes da freqüência de oscilação são os resistores RR e os capacitores CC. Com os valores indicados no circuito a freqüência de oscilação é da ordem de 1.600 Hz.

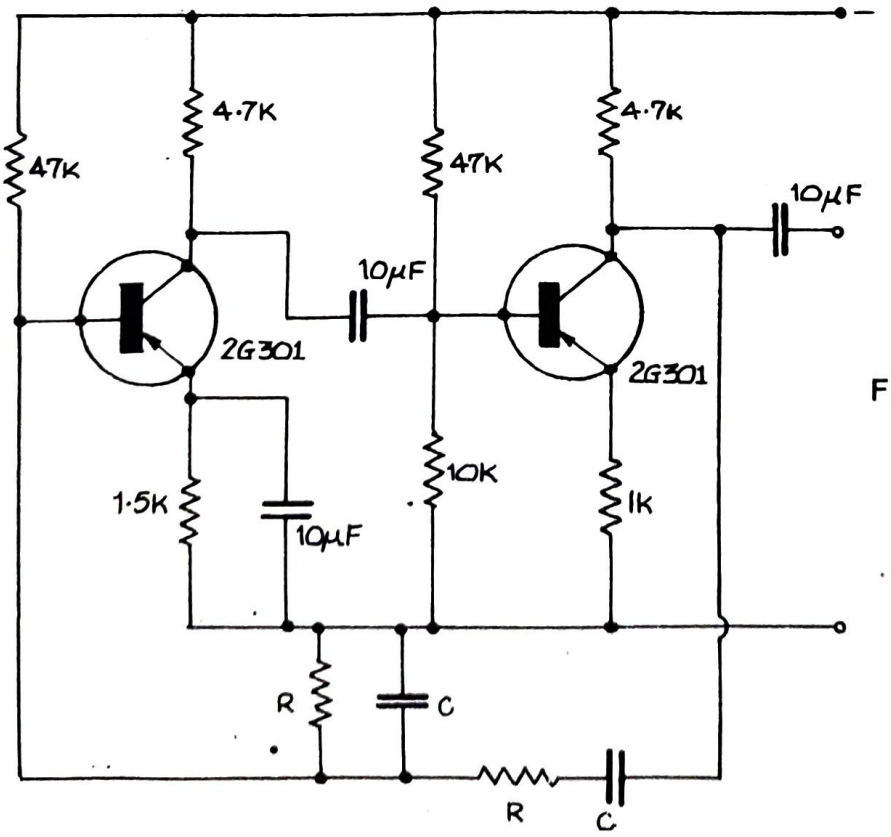


Figura 61 — *Ponte de Wien.*

Multivibradores

O multivibrador é um circuito de dois estágios em que um estágio conduz ou funciona enquanto o outro está bloqueado ou não conduzindo. Esta condição de alternância é determinada pela constante de tempo de uma combinação de resistor-capacitor (R-C). Na figura 62 temos um circuito típico. Os valores indicados permitem uma oscilação de 10.000 Hz.

Na figura 63 temos outro circuito multivibrador que produz uma freqüência de 1 Hz. Com as lâmpadas inseridas, é possível fazer uma demonstração de qual estágio está conduzindo, pois a baixa freqüência de oscilação permite controlar visualmente as oscilações.

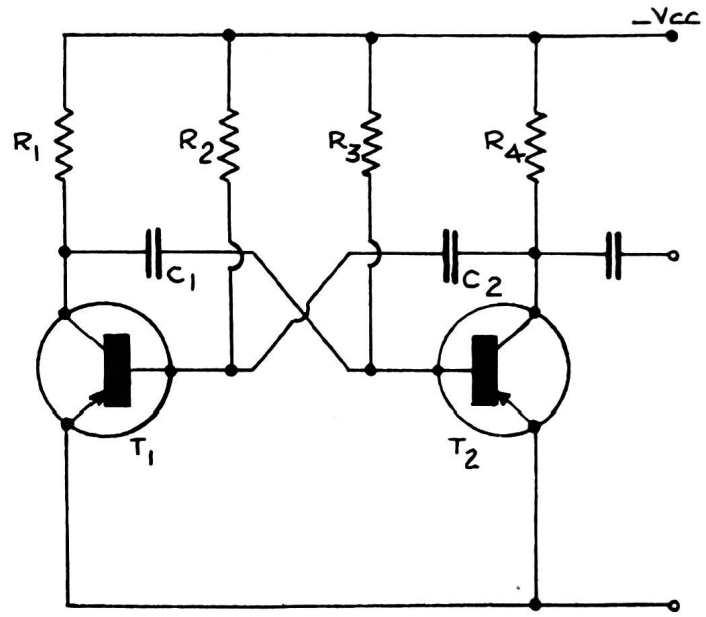


Figura 62 — *Multivibrador.*

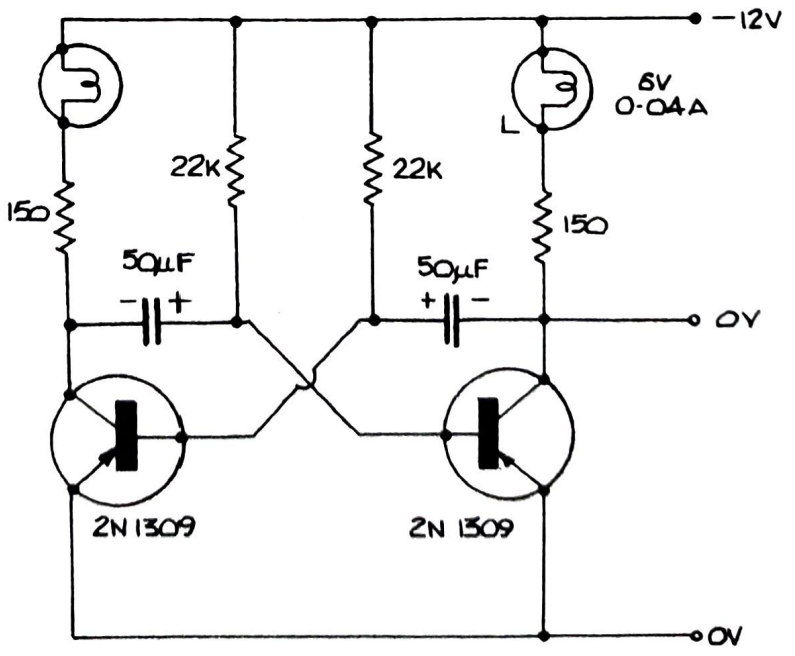


Figura 63 — *Multivibrador para 1 Hz.*

Oscilador de Bloqueio

Nos osciladores de bloqueio o transistor conduz por um período curto, enquanto um capacitor carrega. Quando o capacitor fica carregado, o transistor deixa de conduzir e o capacitor descarrega lentamente através do resistor R. O ciclo se repete e a freqüência é determinada pelo valor de R e do capacitor C.

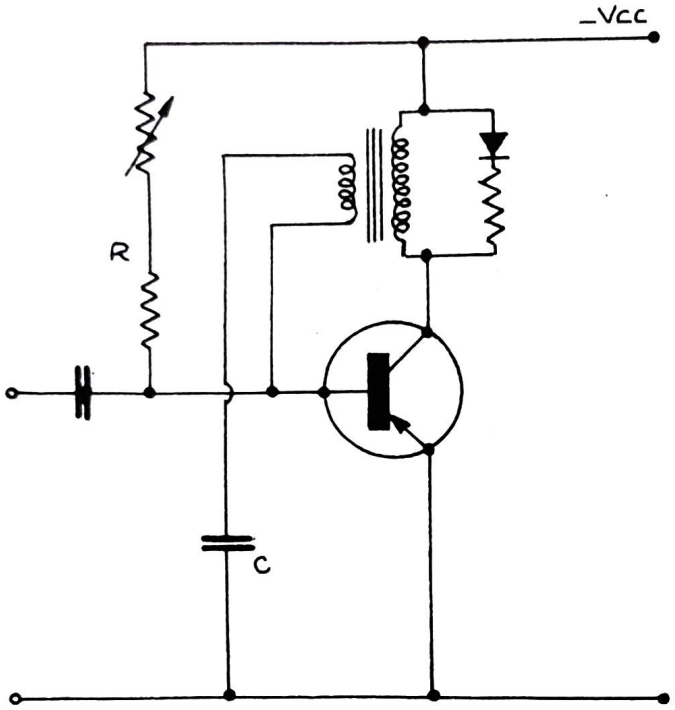


Figura 64 — *Oscilador de bloqueio.*

Oscilador Hartley

Em radiofreqüência, um dos osciladores mais populares é o Hartley. A realimentação que produz as oscilações é obtida pela derivação na bobina ou indutor L. Com os valores do circuito da figura 65 a freqüência de oscilação é de 100 KHz.

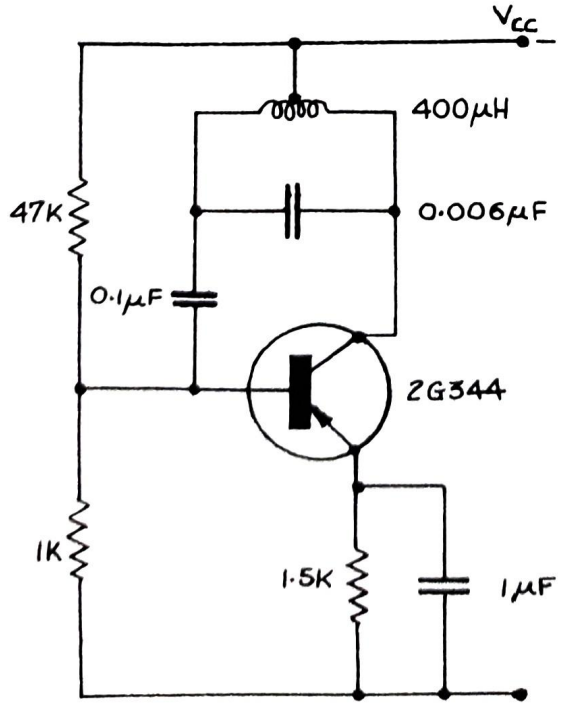


Figura 65 — *Oscilador Hartley.*

Oscilador Colpitts

Este circuito também é muito popular em circuitos de radiofreqüência. O emissor é ligado a um ponto médio do circuito de sintonia por meio de condensadores em série. A freqüência, com os valores indicados, é da ordem de 100 KHz. Na figura 66 temos o circuito completo do oscilador Colpitts.

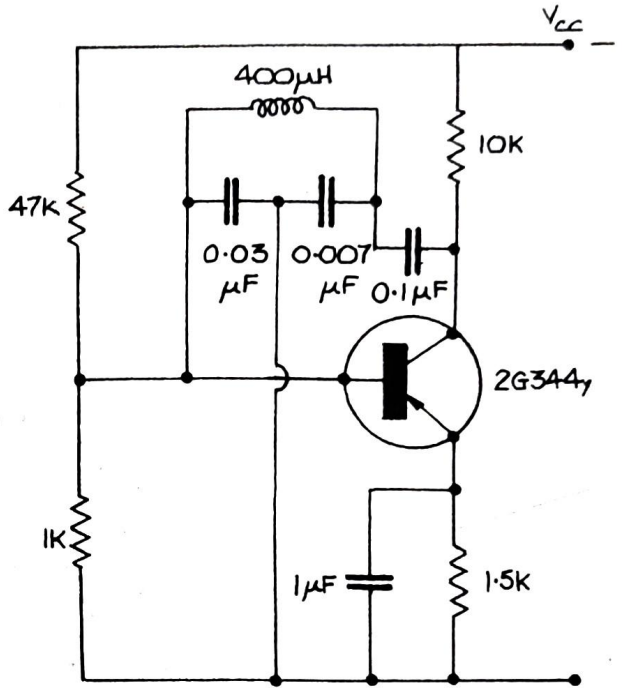


Figura 66 — *Oscilador Colpitts.*

Oscilador com FET

Os transistores FET são muito fáceis de oscilarem. Na figura 67 temos um circuito oscilador Pierce. Neste circuito o cristal oscilará na freqüência fundamental e não na freqüência final que conste na plaquinha do mesmo. O transistor 2N3823 do circuito possui invólucro de metal e possui um terminal separado (C) para aterramento do invólucro.

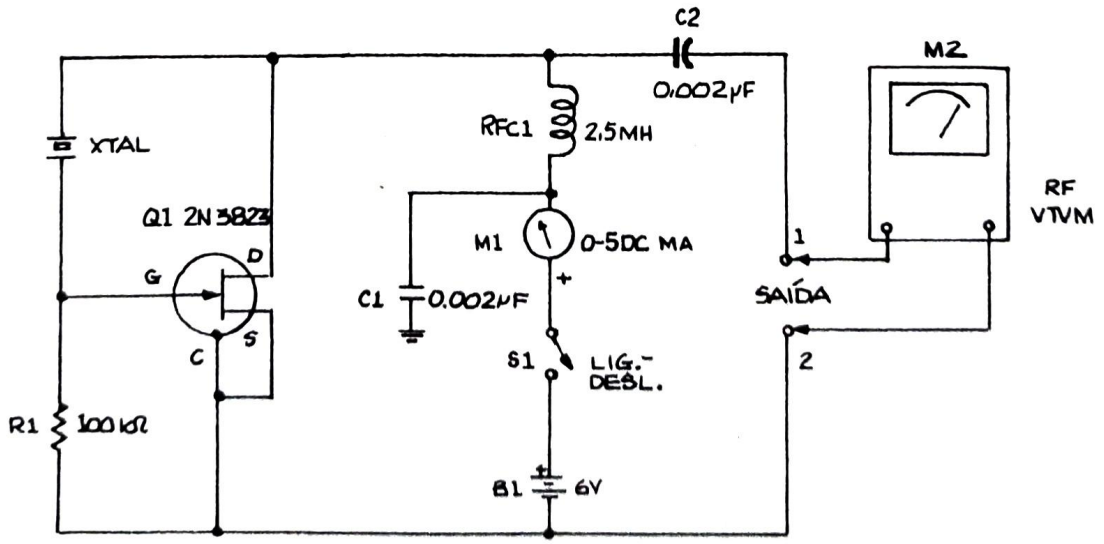


Figura 67 — Oscilador utilizando FET.

Oscilador de Batimento (B.F.O) com FET

Um oscilador de batimento (Beat Frequency Oscillator) serve para permitir a recepção de sinais de telegrafia (C.W.) em um receptor de AM. Também permite, havendo paciência no ajuste, a recepção de sinais de banda lateral suprimida (SSB) em um receptor de AM comum, desde que possua a faixa de recepção para captar a onda emitida.

Na figura 68 temos um oscilador de batimento com FET. A bobina L1 pode ser um enrolamento de bobina de freqüência intermediária ou um choque de RF de 2,5 mHenries. O sinal produzido é acoplado ao transformador de FI do receptor. Este acoplamento pode ser uma simples volta de fio, desde o condensador C5.

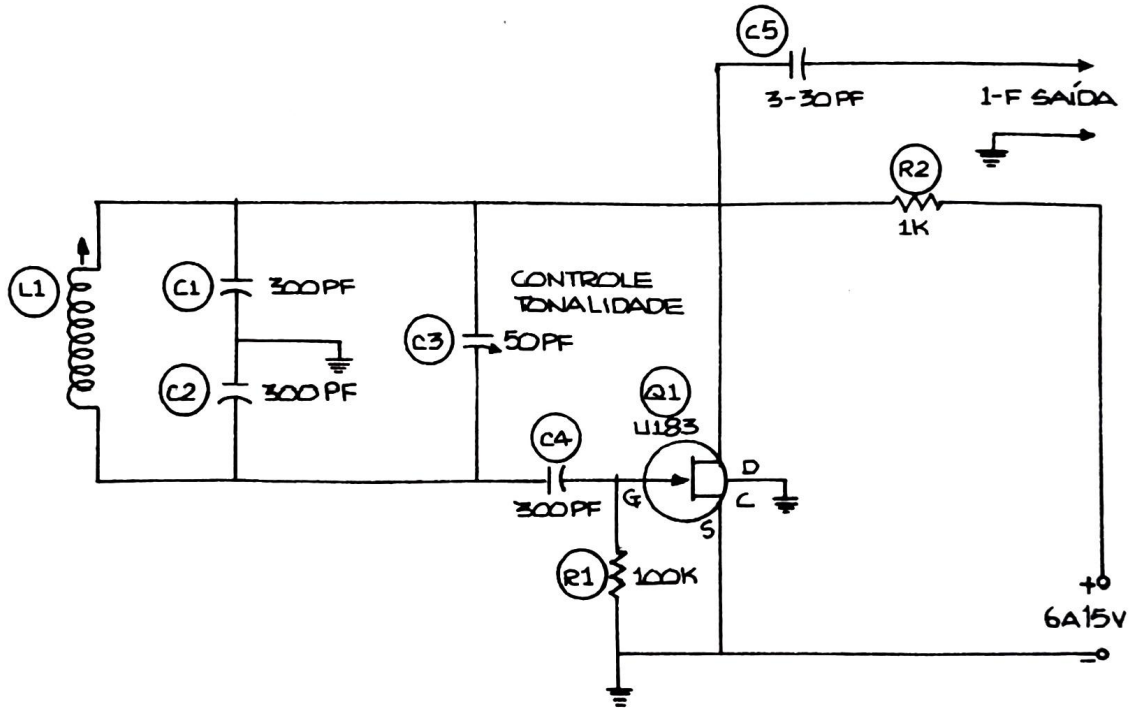


Figura 68 — *Controle de tonalidade.*

Uso dos Osciladores

Os osciladores são utilizados tanto na recepção como na transmissão, além de sua aplicação em instrumentos, geradores, etc. É basicamente um circuito "amplificador" que é transformado, propositadamente, em instável e daí oscilar. Em TV, FM, recepção AM, etc. os osciladores estão presentes e o leitor deve estar prepa-

rado para efetuar as medidas necessárias a fim de verificar se o mesmo está funcionando. Uma indicação prática é que o oscilador, quando funcionando, tem suas condições de corrente modificadas. Isto significa que, ao entrar em oscilação, o consumo de corrente em alguns elementos diminui enquanto em outros elementos pode subir.

A alteração dos valores de alguns componentes (capacitores e resistores principalmente) pode fazer com que o circuito funcione ou não. Se um instrumento de medidas estiver ligado aos terminais será possível determinar quando e como as oscilações principiam ou terminam, em função da alteração dos valores dos componentes do circuito.

V — Componentes

Capacitor

O capacitor (ou condensador) é um dos componentes mais utilizados, juntamente com os resistores, nos circuitos eletrônicos.

O que É

O capacitor é um armazenador, temporário, de energia. Teoricamente é constituído de duas placas ou barras metálicas, situadas muito próximas, porém não se tocando, e que são ligadas a uma fonte de tensão elétrica (figura 69).

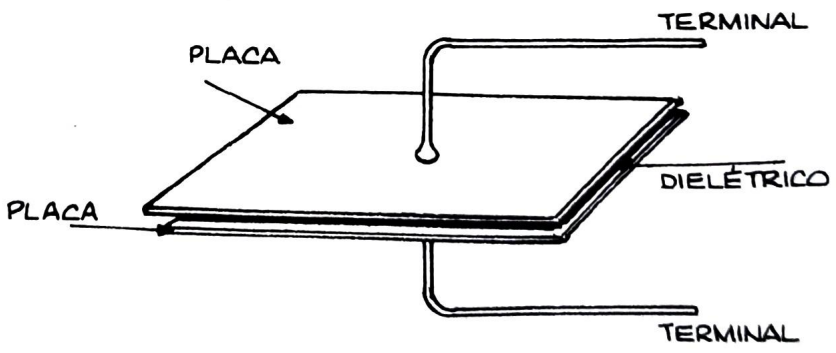


Figura 69 — *Detalhes de um capacitor.*

Símbolo

O símbolo de representação do capacitor é mostrado na figura 70; porém existem variações desta representação, para indicar certos tipos de capacitores, tais como eletrolíticos, duplos, variáveis, etc. Na figura 71 temos os símbolos relativos a estes tipos de capacitores.



Figura 70 — *Símbolo de um capacitor.*

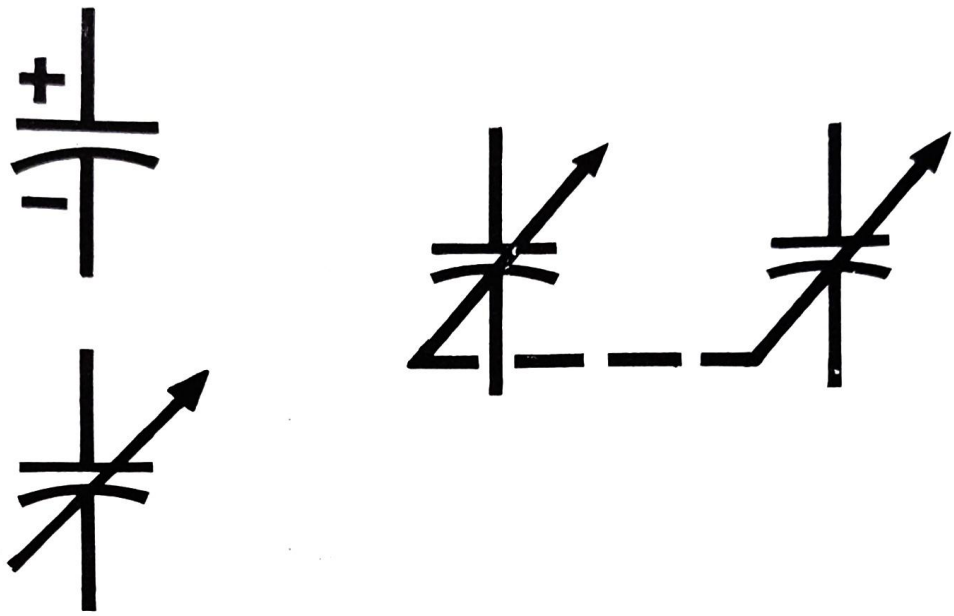


Figura 71 — *Símbolo de capacitores variáveis e eletrolítico.*

Unidade

A unidade de capacidade é o Farad (F) que é muito grande para os fins práticos da eletrônica. Daí serem utilizados os submúltiplos: microfaradio, picofaradio, nanofaradio. O microfaradio (μF) equivale a um milionésimo de Farad. O picofaradio equivale a um milionésimo de milionésimo de Farad (ver Tabela II).

Tabela II — Tabela de Equivalência Entre as Várias Grandezas.

T	Tera	1,000,000,000,000	10^{12}
G	Giga	1,000,000,000	10^{9}
M	Mega	1,000,000	10^{6}
k	Kilo	1,000	10^{3}
h	Hekto	100	10^{2}
D	Deka	10	10^{1}
d	Deci	0.1	10^{-1}
c	Centi	0.01	10^{-2}
m	Mili	0.001	10^{-3}
μ	Micro	0.000,001	10^{-6}
n	Nano	0.000,000,001	10^{-9}
p	Pico	0.000,000,000,001	10^{-12}
f	Femto	0.000,000,000,000,001	10^{-15}
a	Atto	0.000,000,000,000,000,001	10^{-18}

Classificação

Os capacitores podem ser classificados pelo material utilizado na fabricação de suas placas e/ou pelo dielétrico. Assim existem capacitores de mica, porque o material que constitui seu dielétrico é de mica. Há os capacitores de cerâmica, porque seu dielétrico é constituído de um material cerâmico. Os capacitores eletrolíticos têm seu dielétrico constituído de uma fina camada gasosa, produzida quando a corrente atua sobre uma pasta ou líquido eletrolítico.

Tensão de Trabalho

Outro fator de classificação dos capacitores, além do material que os constitui, é a isolação que o dielétrico oferece às tensões presentes nos terminais. Esta tensão é denominada de "tensão de trabalho", indicando até que valor de tensão ele pode resistir, sem que o dielétrico seja perfurado. Com a temperatura, o capacitor pode ter sua capacidade ligeiramente alterada. Mas certas técnicas de construção permitem obter capacitores com coeficiente positivo ou negativo de temperatura. Isto quer dizer que, quando a temperatura ambiente aumenta, a capacidade pode aumentar ou descer conforme o coeficiente de compensação seja positivo ou negativo.

Capacitores para RF

Há, ainda, capacitores cujo dielétrico é apropriado para tensões de radiofreqüência. A lista é extensa. Damos mais adiante alguns tipos de capacitores, fabricados no Brasil, que, sem dúvida, serão de extrema valia para o leitor.

Capacitores Variáveis

Não devemos esquecer os capacitores variáveis ou semivariáveis, utilizados em recepção, transmissão, para sintonia, ajustes, etc. Estes capacitores também são classificados em função do número

de placas móveis e fixas (capacidade), isolação (espaçamento entre placas fixas e móveis) perfil das placas (tipo linear, logarítimo, etc).

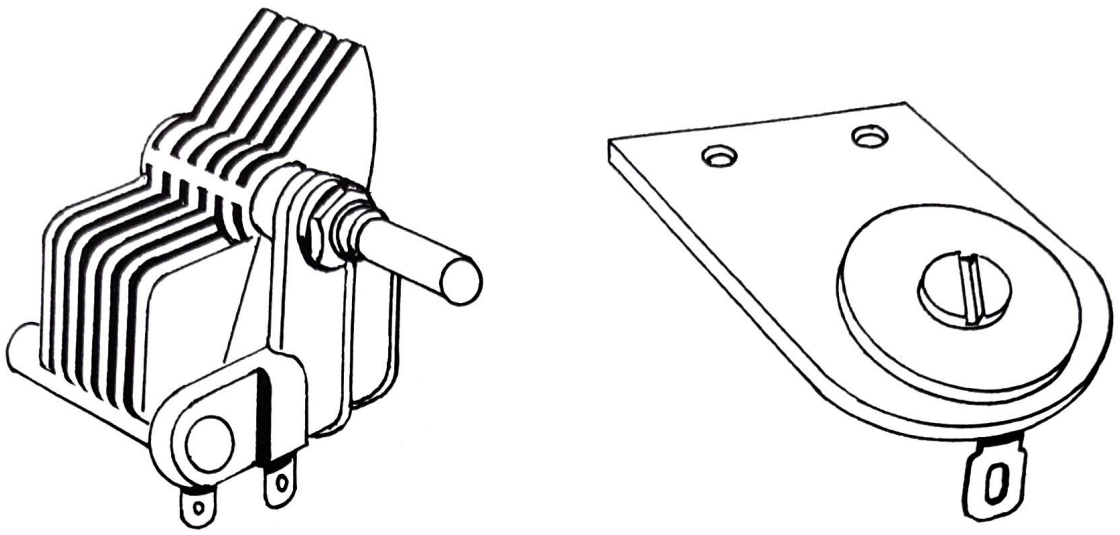


Figura 72 — *Capacitor variável, com dielétrico de ar e mica.*

Códigos de Classificação

Devido aos inúmeros tipos de capacitores fixos, utilizados em eletrônica, os fabricantes foram obrigados a recorrer a códigos engenhosos, para poderem, mediante indicações alfanuméricas e cores, indicar todas as características dos capacitores. No Formulário de Eletrônica, editado por esta editora, existem praticamente todos os códigos atuais aplicados aos capacitores. Damos, mais adiante, uma síntese dos códigos mais utilizados para capacitores.

Se os leitores enviarem seu nome e endereço para a Caixa Postal 2483, 20.000 — Rio poderão receber, eventualmente, os novos códigos que de tempos a tempos as fábricas distribuem gratuitamente, para os que exercem atividades em eletrônica.

Resistor

O resistor (ainda chamado por muitos de resistência) é um componente, que assim como o capacitor, está presente em quase todos os circuitos eletrônicos. A função básica de um resistor é, por dissipação, reduzir uma tensão.

Símbolo

O símbolo do resistor pode ser apreciado na figura 73.

Figura 73 — *Símbolo de resistor.*



Mas os resistores podem ser fixos, como indicado na figura 73, ou semifixos e móveis. Nos resistores móveis, situam-se os potenciômetros e reostatos (figura 74).







Figura 74 — *Símbolo de resistores variáveis.*





Os resistores semifixos (figura 75) têm utilização mais limitada mas nem por isto menos importante. À semelhança dos capacitores, os resistores fixos têm várias características: dissipação em vátios, resistência em ohms, porcentagem ou tolerância de erro. Para indicar estas características nos resistores é hoje prática universal o código de cores.

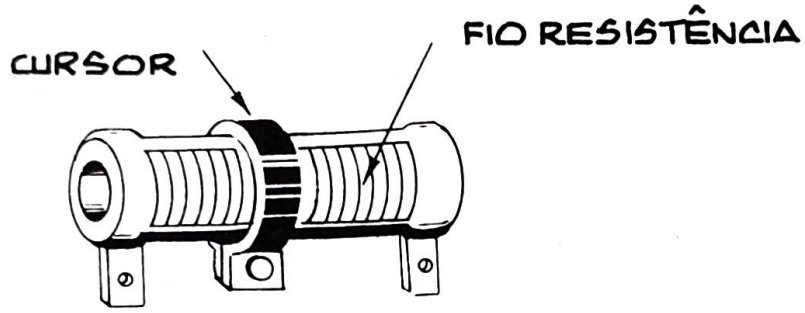


Figura 75 — *Resistor semifixo.*

Código de Cores

O código de cores utiliza 10 cores:

Marrom	= 1	Azul	= 6
Vermelho	= 2	Violeta	= 7
Laranja	= 3	Cinza	= 8
Amarelo	= 4	Branco	= 9
Verde	= 5	Preto	= 0

Pela coloração das pintas ou bandas que possua o resistor é possível saber o seu valor ôhmico. A leitura é realizada na ordem indicada na figura 76. As duas primeiras faixas ou pintas de cor, representam números. A terceira faixa ou pinta de cor, indica a ''quantidade'' de zeros. Assim, um resistor que tenha as seguintes cores, a partir da primeira faixa: vermelho-verde-laranja é de 25.000 ohms (vermelho = 2; verde = 5; laranja = quantidade de zeros = 000).

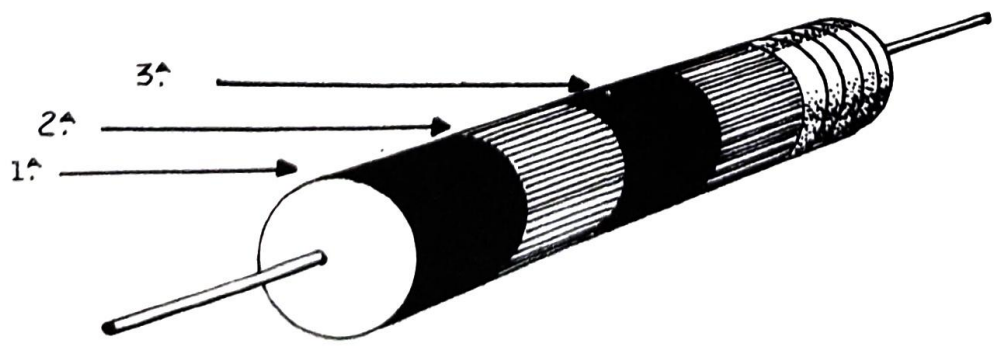


Figura 76 — *Cintas coloridas para código de valores.*

O código de cores sofreu uma modificação há alguns anos. Antes do advento de televisores em cor e dos rádios transistorizados, os resistores tinham valores não decimais. Porém, com o advento de certos circuitos modernos, surgiu a necessidade de resistores com valores de 6,8 ohms, por exemplo.

Era impossível indicar este valor pelo código de cores clássico. Foi, então, pensada uma solução engenhosa. As cores ouro e prata, antes empregadas para indicar a tolerância dos resistores, são utilizadas como 3.º número para indicar a multiplicação por 0,1 (ouro) ou 0,01 (prata). Um resistor de 6,8 ohms teria, então, como primeira cor o azul, como segunda cor o cinza e na terceira cor estaria o ouro (multiplicação por 0,1 = 6,8 ohms).

Tolerância

Os resistores também utilizam o código de cores para indicar a tolerância ou precisão do valor nominal do componente. Temos na figura 77 um resistor que tem 4 cores de indicação. A quarta cor é relativa à porcentagem de tolerância:

marrom	=	1%
vermelho	=	2%
laranja	=	3%
amarelo	=	4%
ouro	=	5%
prata	=	10%

Quando não existe a quarta cor isto indica que o resistor tem uma tolerância de 20%.

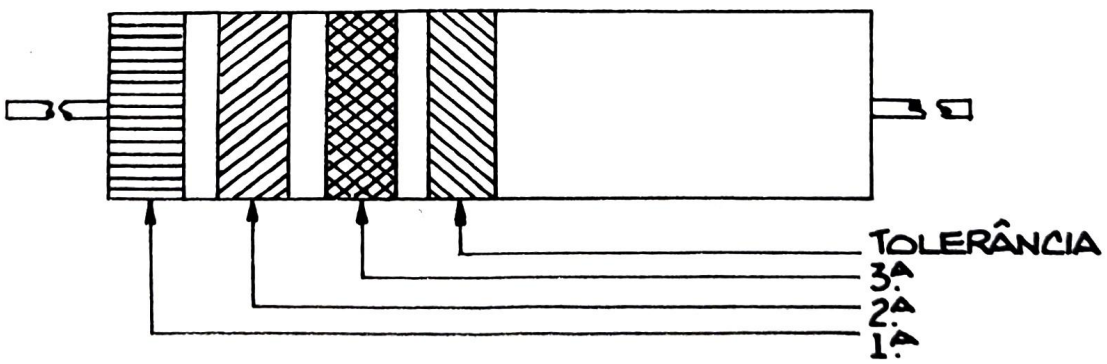


Figura 77 — *Resistores com 4 faixas de indicação, incluindo tolerância.*

Confiabilidade

Uma indicação pouco comum nos resistores comerciais aqui encontrados é o da confiabilidade. Trata-se de uma quinta faixa ou

ponto de cor, que indica a possibilidade de falha do componente por 1.000 horas de uso. Assim teremos:

marrom = 1.0 por mil horas de uso
vermelho = 0,1 idem
laranja = 0,01 idem
amarelo = 0,001 idem

Valores Padrões dos Resistores

Os resistores são encontrados no comércio, em valores padrões, conforme a tabela a seguir.

Tabela III — Valores Comerciais ou Padrões de Resistores.

Ohms							Megohms		
2.7	13	**68**	360	**1800**	9100	**47000**	0.24	1.1	5.1
3.0	**15**	75	**390**	2000	**10000**	51000	**0.27**	**1.2**	**5.6**
3.3	16	**82**	430	**2200**	11000	**56000**	0.30	1.3	6.2
3.6	**18**	91	**470**	2400	**12000**	62000	**0.33**	**1.5**	**6.8**
3.9	20	**100**	510	**2700**	13000	**68000**	0.36	1.6	7.5
4.3	**22**	110	**560**	3000	**15000**	75000	**0.39**	**1.8**	**8.2**
4.7	24	**120**	620	**3300**	16000	**82000**	0.43	2.0	9.1
5.1	**27**	130	**680**	3600	**18000**	91000	**0.47**	**2.2**	**10.0**
5.6	30	**150**	750	**3900**	20000	**100000**	0.51	2.4	11.0
6.2	**33**	160	**820**	4300	**22000**	110000	**0.56**	**2.7**	**12.0**
6.8	36	**180**	910	**4700**	24000	**120000**	0.62	3.0	13.0
7.5	**39**	200	**1000**	5100	**27000**	130000	**0.68**	**3.3**	**15.0**
8.2	43	**220**	1100	**5600**	30000	**150000**	0.75	3.6	16.0
9.1	**47**	240	**1200**	6200	**33000**	160000	**0.82**	**3.9**	**18.0**
10	51	**270**	1300	**6800**	36000	**180000**	0.91	4.3	20.0
11	**56**	300	**1500**	7500	**39000**	200000	**1.0**	**4.7**	**22.0**
12	62	**330**	1600	**8200**	43000	**220000**			

Dissipação dos Resistores

Os resistores, como já foi dito, têm por função principal dar queda de tensão, mediante dissipação do excesso, na forma de calor. Por isto é importante que se saiba a dissipação do circuito, para que se coloque um resistor com dissipação adequada. Uma medida prática é utilizar um resistor cujo poder de dissipação seja três vezes maior do que a dissipação (vátios) do circuito.

Os resistores podem ser de fio ou de uma liga de cerâmica e grafite, comumente chamados de resistores de "carvão". Nos recep-

tores, amplificadores e transmissores de pequena potência, quase sempre os resistores são de carvão.

Quando se trata de circuitos com dissipação acima de 3 a 5 vátios, é recomendável o uso de resistores de fio. Os resistores de carvão são encontrados, no comércio, em tipos de 5, 3, 2, 1, 1/2, 1/4 e 1/8 de vátio. Na figura 78 temos alguns resistores de até 1/8 de vátio.

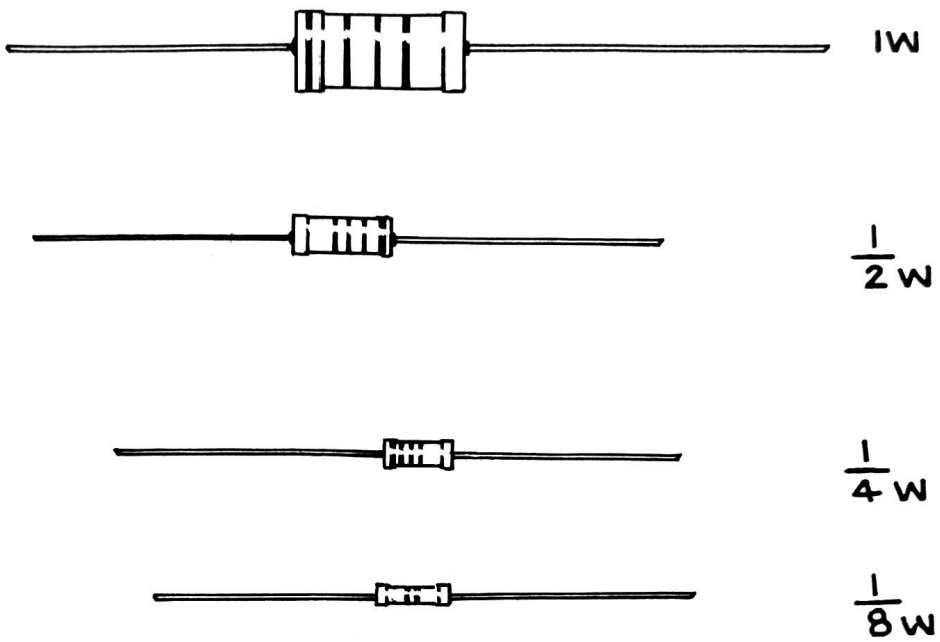


Figura 78 — *Dimensão dos resistores de 1/8 w até 1 w.*

Resistores Especiais

Os resistores especiais, ou seja, que não obedecem à lei de Ohm, quando por eles circula uma corrente, sob uma pressão de uma tensão, têm lugar especial nos circuitos eletrônicos. A seguir, damos alguns tipos.

Varistor

O varistor tem sua resistência alterada com a voltagem. A resistência aumenta quando a tensão diminui. Também é chamado de "resistor dependente de voltagem" (VDR).

Os varistores são muito utilizados em circuitos de polarização e controle, pois agindo de forma oposta aos resistores comuns, se constituem em ótimos elementos de equilíbrio.

Termistores

Trata-se de um resistor que é sensível às variações de temperatura. Podem ter coeficiente positivo ou negativo de temperatura. As-

sim, é possível obter um componente que aumente sua resistência quando a temperatura sobe ou vice-versa e também que atue na ordem inversa.

Indutância (Bobina)

As indutâncias dos transmissores e receptores são comumente denominadas de bobinas. Assim como os capacitores e resistores, as indutâncias fazem parte do tripé de componentes básicos essenciais para os circuitos eletrônicos.

As indutâncias têm vários aspectos. Há as indutâncias simples, com núcleo de ar, há as indutâncias com núcleo de material especial, indutâncias com derivações, com vários enrolamentos, etc.

Símbolos

Os símbolos das indutâncias podem ser apreciados na figura 79.

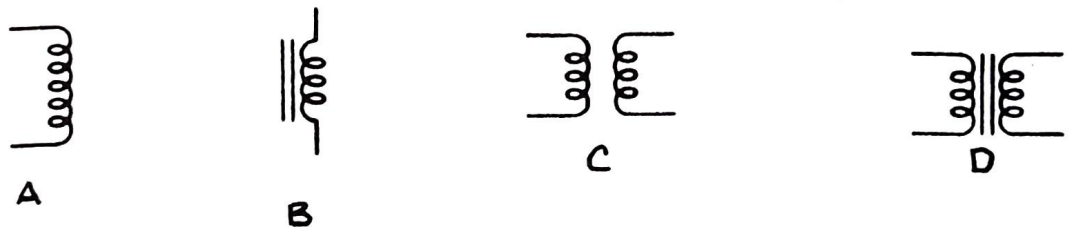


Figura 79 — *Símbolos de indutâncias.*

Hoje, raramente se reenrola uma bobina de receptor, televisor e aparelhos congêneres. A substituição por uma unidade nova se impõe, pela dificuldade de se encontrar pessoa habilidosa e criteriosa que refaça o enrolamento original do componente defeituoso, o que é uma lástima em muitos casos, porque nem sempre se encontra no comércio a réplica exata do componente defeituoso.

Mas é uma contingência com que todos os técnicos devem se habituar. Aos poucos vão desaparecendo os habilidosos artesãos, que no passado enrolavam bobinas, transformadores, refaziam bobinas móveis de alto-falantes, etc. Hoje, a febre é de colocar o novo e jogar fora o antigo. Até onde isto será possível, em uma sociedade que tem seus recursos básicos com prazo de esgotamento, não sabemos.

Transformadores

A rigor deveria se chamar de transformador de radiofreqüência um conjunto de indutâncias (primário e secundário), como se vê es-

quematizado na figura 79C, mas a expressão transformador é reservada para as bobinas que utilizam núcleo e possuem um primário e um ou vários secundários.

Transformador de Audiofreqüência

Os transformadores de áudio, hoje caindo rapidamente em desuso, eram utilizados para interligar estágios de áudio ou transferir a energia do estágio final para o alto-falante.

Transformador de Alimentação

É um item ainda muito utilizado, pois para alimentar um circuito transistorizado, do setor da rede elétrica local, há necessidade de um transformador rebaixador ou elevador. Para esta finalidade, o transformador possui um primário e um ou mais secundário (figura 80) que fornecem as tensões, que depois de retificadas irão prover a alimentação dos circuitos transistorizados.

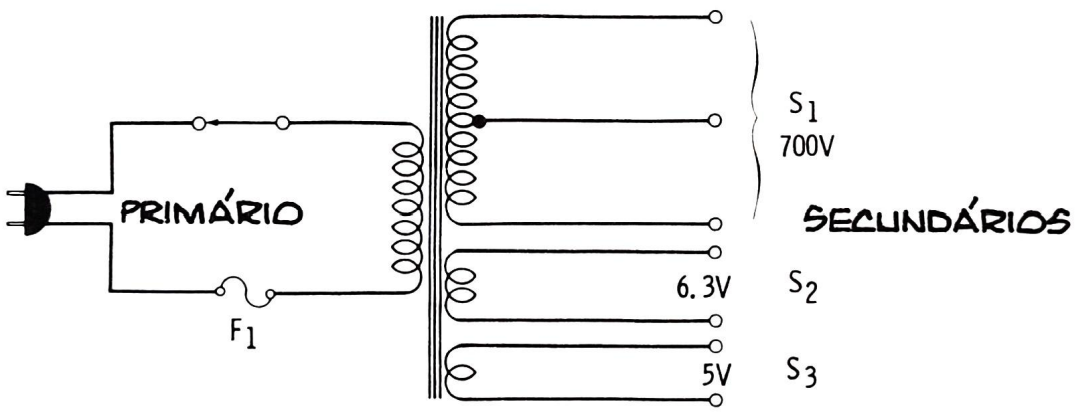


Figura 80 — *Transformador de alimentação.*

Outros Componentes

Existem muitos outros componentes, que são utilizados nos circuitos transistorizados.

Lâmpadas Piloto

São pequenas lâmpadas destinadas a indicar uma função. Podem ser utilizadas para indicar que o aparelho está ligado; podem servir para indicar funções, para atuar como termistores, etc. As lâmpadas piloto possuem filamentos de características distintas. A pequena miçanga existente na base destas lâmpadas, pela sua cor, indica a tensão ou corrente da mesma (figura 81).

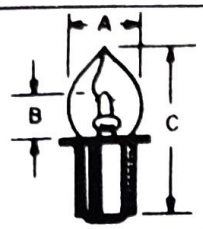
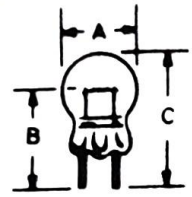
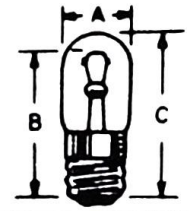
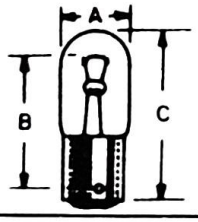
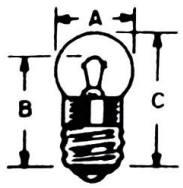
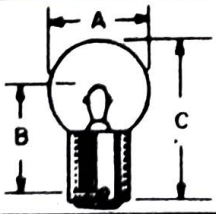
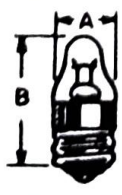
PERFIL	DIMENSÕES MÁXIMAS			Nº BULBO	BASE	TIPO BULBO	Nº LÂMPADA
	A	B	C				
	7/16"	1/4"	1 1/4"	B-3 1/2	FLANGE MINIATURA	REDONDO PEQUENO	PR2 PR3 PR4 PR6 PR12
	7/16"	3/8"	1 1/16"	G-3 1/2	2 PINOS MINIATURA	REDONDO PEQUENO	12
	13/32"	13/16"	1 3/16"	T-3 1/4	ROSCA MINIATURA	TUBULAR	40 41 42 46 48 1892
	13/32"	3/4"	1 3/16"	T-3 1/4	BAIONETA MINIATURA	TUBULAR	43 44 45 47 49 1490 1891
	7/16"	23/32"	1 3/16"	G-3 1/2	ROSCA MINIATURA	REDONDO PEQUENO	50
	7/16"	1/2"	1 3/16"	G-3 1/2	BAIONETA MINIATURA	REDONDO PEQUENO	51
	9/16"	1/2"	1 1/16"	G-4 1/2	BAIONETA MINIATURA	REDONDO GRANDE	55 57
	5/8"	5/8"	1 3/8"	G-5	BAIONETA MINIATURA	REDONDO GRANDE	1458
	3/8"	—	1 3/16"	TL-3	ROSCA MINIATURA	LENTILHA	112 222

Figura 81 — *Pelo número e cor da miçanga, se classificam as lâmpadas miniaturas.*

Lâmpadas Néon

As lâmpadas néon são também muito utilizadas em circuitos de semicondutores. Podem servir de indicadores ou atuar como elemento de descarga para osciladores periódicos (figura 82).

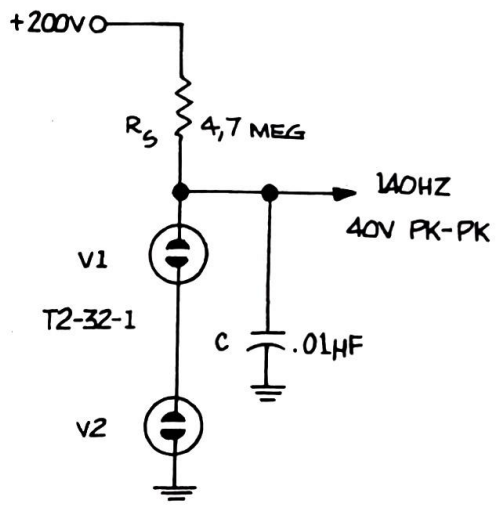


Figura 82 — *Oscilador periódico utilizando lâmpada néon.*

VI — Instrumentos de Medida

Os Multitestes

Na reparação e ajuste dos aparelhos transistorizados é importante que se possua um mínimo de aparelhos ou instrumentos, que nos permitam verificar as tensões, correntes e resistências dos circuitos. Não desejamos, aqui, induzir o leitor a possuir uma "caricatura" de laboratório. Os instrumentos que recomendamos são todos de uso objetivo, de aplicação prática e, a nosso ver, imprescindíveis para aqueles que desejam exercer suas atividades de modo criterioso.

Um dos principais instrumentos para o técnico, o experimentador é, sem dúvida, o multiteste ou V.O.M. (figura 83). Ele serve para medir as tensões, correntes e resistências.

Nos aparelhos transistorizados, as tensões são baixas quando comparadas com as tensões existentes nos aparelhos que utilizam válvulas. Já as correntes podem ser diminutas ou muito mais elevadas das que habitualmente se encontram nos aparelhos valvulares. Quanto às resistências, nos circuitos transistorizados os valores quase sempre são mais baixos que nos circuitos valvulares.

Assim, para possuir um multiteste ou V.O.M. que atenda às necessidades dos circuitos transistorizados e que também não despreze a possibilidade de ser utilizado para circuitos valvulares é conveniente que o mesmo possua escalas de alcance para ambos os casos. Um multiteste desta natureza deverá possuir as seguintes escalas, pelo menos: Tensões ou voltagens: 3-30-300-600 e 1.000 volts. Correntes: 50 microampères até 2 a 5 ampères. Resistências: de décimos de ohms até 10, 20 ou 50 megohms.

No comércio são encontrados multitestes que atendem a estas recomendações. A propósito: V.O.M. são as iniciais de Volts, Ohms

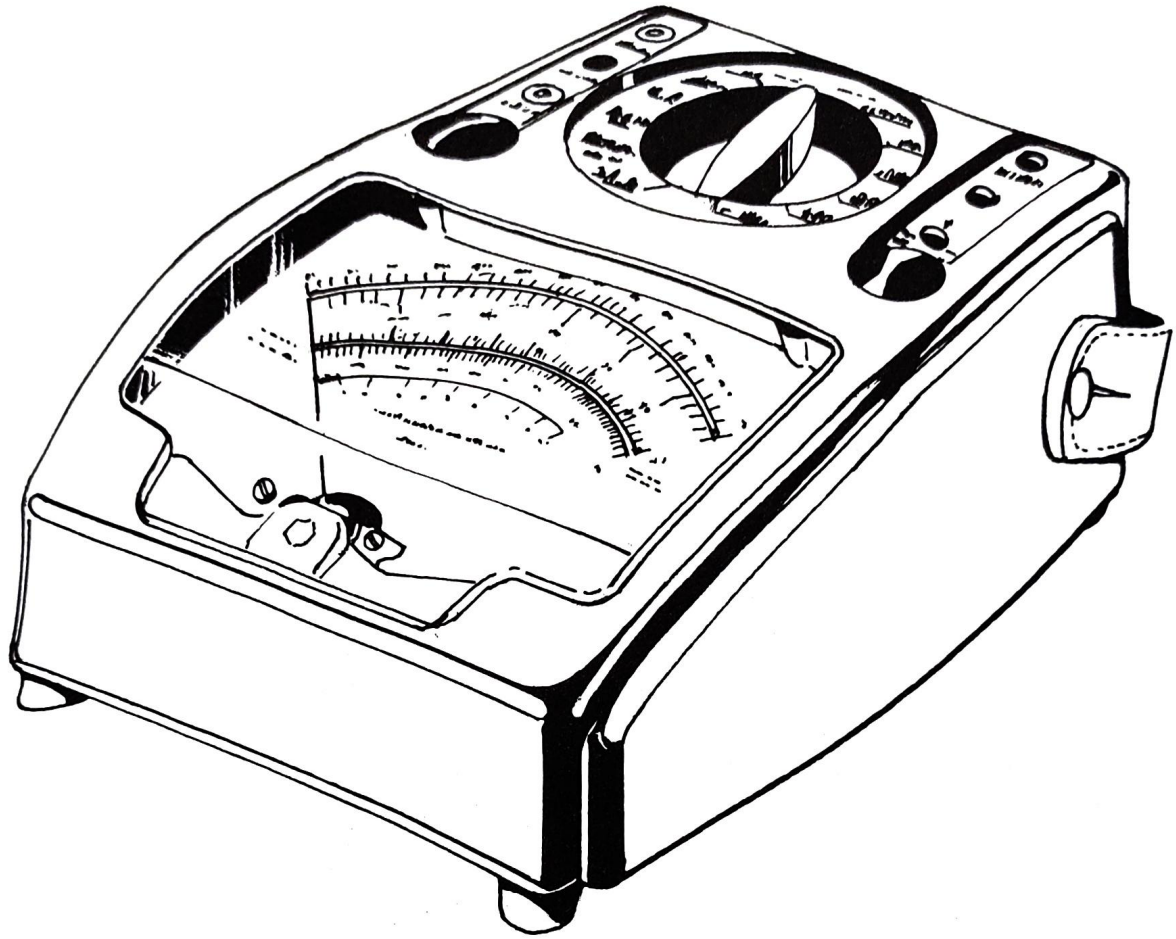


Figura 83 — *Multiteste ou V.O.M.*

Miliampères. Na figura 83 temos o desenho de um multiteste de fabricação nacional muito sólido, e que possui os alcances aqui recomendados.

Escala de Resistências em Ohms

Quando se adquire um multiteste, alguns pontos básicos devem ser observados. Um deles diz respeito às escalas de resistências. Havendo necessidade de medir valores de fração de ohms, em circuitos transistorizados, é conveniente que a escala mais baixa do V.O.M. ou multiteste permita que a leitura dos valores fracionários se faça no terço médio da escala ou mostrador (figura 84).

Se as indicações forem aglomeradas à esquerda, será difícil distinguir entre 1 ohms, 0,5 ohms ou 0,1 ohms. Este detalhe passa despercebido para a maioria dos leitores, por não possuírem a necessária vivência de bancada.

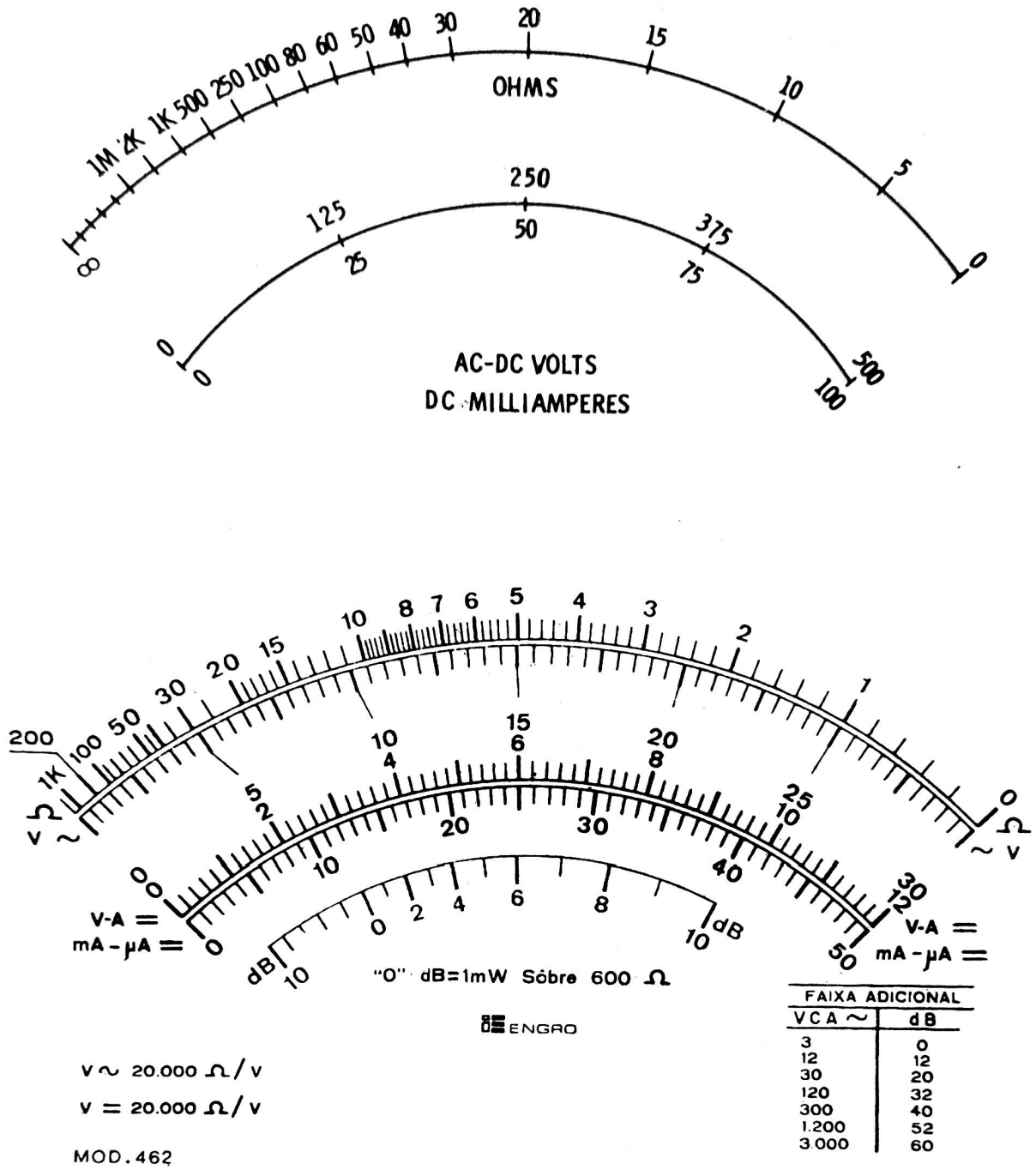


Figura 84 — *Detalhe de escala do V.O.M. ENGRO em comparação com outro tipo comercial. Notem onde se situa o* 5 ohms *no ENGRO (meio da escala) e no outro instrumento (canto direito da escala).*

Escalas de Tensão Alternada

A medição de tensões em corrente alternada é importante. Não só a verificação da tensão da rede elétrica do setor, como também as tensões das fontes de alimentação e eventualmente das medidas de sinais de áudio, tornam obrigatória uma série de escalas para estas medidas. Porém estas escalas devem ser racionais, evitando

sobrecarregar o usuário. Dizemos isto porque alguns multitestes, principalmente de origem do leste europeu, possuem escalas que necessitam ser multiplicadas por 15, por 7,5 etc., tornando a leitura das indicações muito mais demoradas do que se as escalas fossem decimais, quando a adição ou subtração mental dos zeros nos permite a leitura rápida da tensão sob medida.

Escalas de Correntes Alternadas

A possibilidade de medição de correntes, seja nos alcances de microampères, miliampères ou ampères, em corrente alternada, não é muito comum em instrumentos de origem norte-americana, japonesa, etc., salvo nos de maior custo. Já os instrumentos de origem européia quase sempre possuem estes alcances que são muito úteis para vários tipos de medidas.

Medidas de Tensões Contínuas

Neste caso, também é importante que o instrumento permita observar facilmente as tensões de fração de voltas, pois a polarização situa-se nesta área e um instrumento que não permita ler prontamente estes valores, tornará muito difícil o ajuste, diagnóstico e conserto dos aparelhos transistorizados. Muita atenção, pois, para os dados acima, quando adquirir um multiteste ou V.O.M., além, naturalmente, das verificações sobre garantia, existência de pilhas e baterias, etc.

Injetor de Sinal

Como segundo instrumento, na verificação de receptores, um injetor de sinal é muito útil. Ele produz um sinal, que é injetado nos vários estágios do receptor ou amplificador de áudio, e, deste modo, permite localizar rapidamente qual o estágio que não deixa "passar" o sinal injetado.

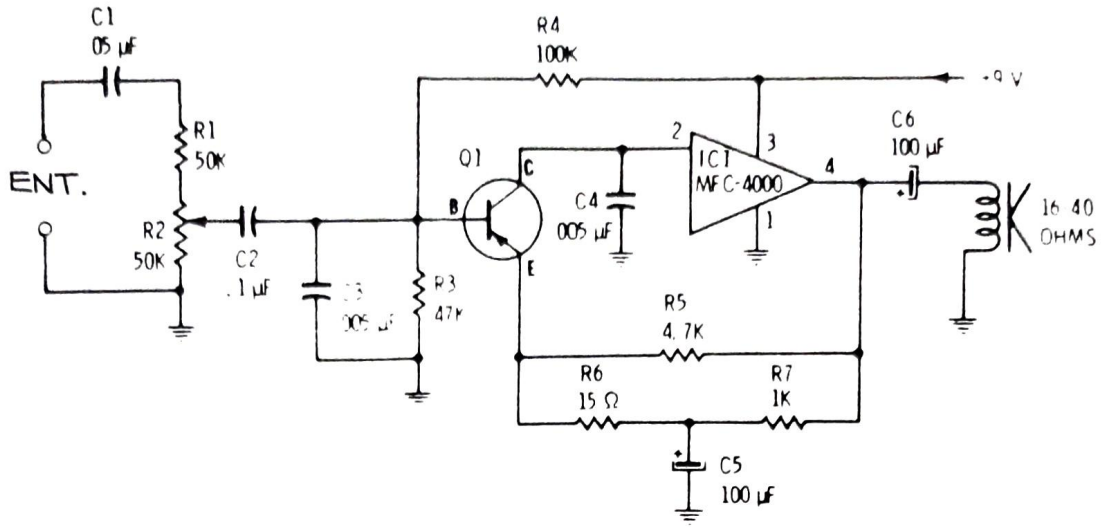


Figura 85 — *Traçador de sinal.*

Traçador de Sinal

O traçador de sinal opera no princípio diametralmente oposto do injetor. Enquanto este injeta um sinal que é acusado pela parte de áudio do próprio receptor sob exame, o traçador procura captar o sinal, no estágio sob exame, possuindo seu próprio circuito de áudio para registro do sinal captado. O traçador não prescinde de uma fonte geradora de sinal que pode ser até uma estação que esteja irradiando no momento. Pode-se, também, conjugar a atividade de um injetor com um traçador, tornando mais flexível a pesquisa e o diagnóstico do aparelho sob inspeção. Os traçadores são encontrados no comércio especializado, porém o leitor habilidoso pode transformar facilmente um receptor em traçador de sinais. Basta que o coloque em uma caixa metálica, bem fechada, para efeito de blindagem, e utilize dois cabos blindados, um ligado ou ligacel, à entrada da antena e outro à entrada do áudio.

Colocando a ponta de prova do cabo de RF nos estágios de RF do receptor sob exame, poderá captar os sinais que eventualmente estejam sendo recebidos no aparelho. Também utilizando a ponta de prova de áudio com um diodo detector pode captar os sinais de RF na freqüência de FI. E a ponta de prova do áudio servirá também para traçar os sinais de áudio do aparelho sob inspeção.

É um recurso muito utilizado em oficinas, este de se ter um receptor atuando como traçador. Há casos mesmo de técnicos que aproveitam os receptores valvulares, denominados excedentes de guerra, que possuem faixas de ondas longas, médias e curtas, para o utilizarem como excelentes traçadores de sinais.

Geradores de RF

O gerador de sinais de RF ou "oscilador de prova" é na realidade, um pequeno *emissor*, capaz de irradiar sinais de RF em uma extensa gama de freqüências: de 100 ou 200 KHz até 25, 30 ou mais MHz. Estes sinais de RF são passíveis de serem atenuados, permitindo que o nível de sinal aplicado ao receptor sob exame não exceda o ponto da saturação. Também a onda portadora do gerador pode ser modulada por um sinal, geralmente de 400 ou 1.000 Hz, em níveis que vão desde 0 até 50-70%.

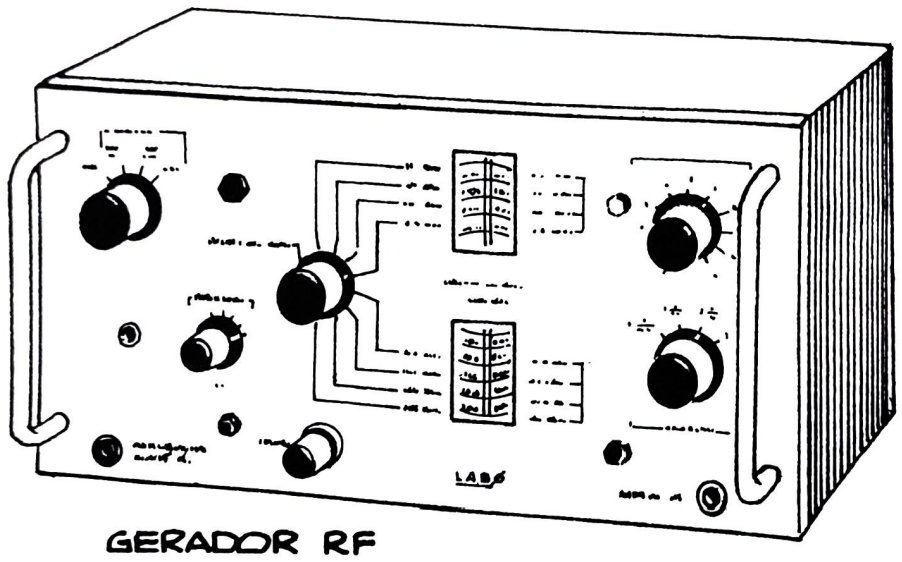


Figura 86 — *Gerador de sinais*

Os geradores de RF podem ainda ter a sua onda portadora modulada por um sinal de áudio externo. É, na realidade, um pequeno emissor, que pode ser modulado por sinais de áudio. Este ponto, aliás, ficou omisso nas regulamentações do DENTEL que proíbe a utilização de todo e qualquer aparelho transmissor, não indicando um mínimo de potência que devam possuir os geradores de RF utilizados por milhares e milhares de técnicos em suas oficinas. À luz fria de uma interpretação legal, estes técnicos, estariam ao produzir um sinal de RF, modulado, para ajustar os aparelhos, praticando um ilícito penal, sujeitos à prisão. E tem mais, até o fabricante poderia ser enquadrado nisto por ter "fabricado" um emissor sem homologação do DENTEL.

Este assunto já foi motivo de consulta escrita do autor ao DENTEL, porém até agora não recebeu uma resposta satisfatória. Nos Estados Unidos da América do Norte, na Inglaterra — onde a legislação é tão ferrenha que proíbe o uso de localizadores de metal sem licença! — há permissão para o uso de emissores, geradores de RF, etc., que não alcancem um máximo de 150 milésimos de vátio nos terminais de saída, por exemplo. Aqui deveria haver algo semelhante.

Em um gerador de RF, o ponto principal a ser observado, com relação a sua utilidade para ajustar aparelhos, é a exatidão das freqüências fornecidas. Este é um assunto delicado e aqui tentaremos dar aos leitores algumas indicações de como verificar, rapidamente, numa prova simples, se o gerador que pretendem adquirir ou que estão utilizando, possui razoável exatidão de freqüência.

Esta verificação se faz utilizando um receptor (à válvula ou transistorizado) que possua várias faixas de freqüência. Coloca-se o gerador de RF ligado à antena do receptor, mediante uma chave que permita alternar a ligação do receptor, para o gerador e para a antena (figura 87).

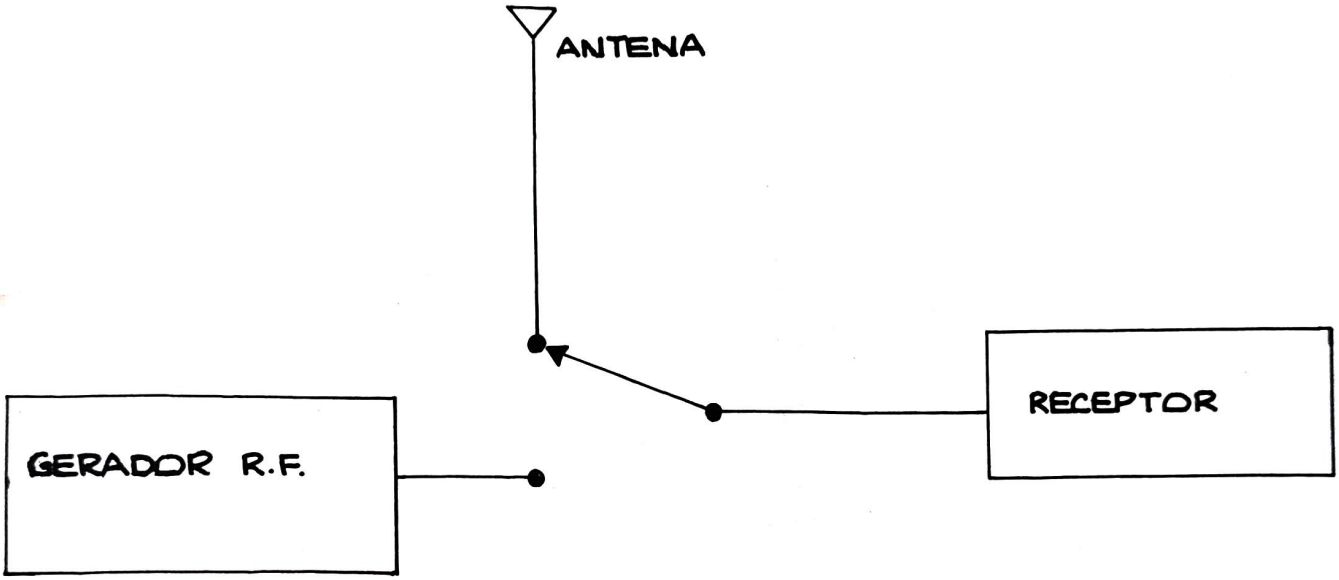


Figura 87 — *Verificação de gerador, utilizando estação de radiodifusão.*

É simples verificar a exatidão da faixa de freqüências mais baixas do gerador de RF, que deve ser entre 100 e 400 KHz, se o receptor possuir faixa de onda longa. Sintoniza-se uma estação nesta faixa — quase sempre existem transmitindo estações da Aeronáutica e Marinha, para efeitos de radiofarol. São sinais telegráficos, do prefixo, seguidos de uma emissão mais ou menos longa de um traçado permanente. Uma vez bem sintonizado o receptor para uma destas freqüências, passa-se a chave para o gerador de RF e procura-se ajustar o mesmo para que o sinal emitido faça batimento zero com o sinal que está sendo recebido.

O batimento zero indicará que os dois sinais estão superpostos. Quando o batimento zero está exato, há como que uma espécie de silenciamento do receptor naquele ponto. Verifica-se, então, qual a freqüência em que o gerador de sinais está ajustado. Se coincidir com a freqüência da estação de radiofarol, o gerador de RF está correto. As freqüências das estações de radiofarol são facilmente obtidas nos órgãos especializados da Aeronáutica e Marinha.

Se o receptor não possuir faixa de ondas longas, o processo é mais indireto. Na faixa de ondas médias, sintoniza-se uma estação local, forte. Por exemplo, no Rio, a Rádio Ministério da Educação e Cultura, em 800 KHz. Com o gerador de sinais na faixa de freqüências mais baixas procura-se, por exemplo, a freqüência de 200 KHz. Nesta posição deve haver um sinal do gerador de RF no receptor que está sintonizado na Rádio MEC (800 KHz) porque 800 KHz é o quarto harmônico de 200 KHz. Esta mesma verificação pode ser efetuada com o gerador de RF em 400 KHz que produzirá 800 KHz no segundo harmônico. Deste modo indireto é possível verificar toda a faixa de freqüências baixas do gerador, utilizando a faixa de ondas médias do receptor, captando o 2.º e 3.º harmônico da freqüência fundamental do gerador e fazendo que entre em batimento zero com a freqüência de estações de ondas médias.

Este processo tem uma vantagem: um erro que exista na freqüência fundamental é duplicado no segundo harmônico e, assim, se for constatado que o gerador de RF é preciso, nesta verificação, o leitor pode ficar certo que o instrumento está muito bom.

Outro fator importante no gerador de RF é a confiabilidade com referência à estabilidade do sinal. Hoje, com as facilidades de estabilização de tensões fornecidas pela utilização de diodos Zener etc., isto não mais se constitui problema. Quanto à aplicação do gerador de RF para ajuste e verificação de receptores e outros aparelhos, veremos, mais adiante, no capítulo relacionado com diagnóstico e conserto.

Uma palavra final. O gerador de RF pode ser utilizado como injetor de sinais de RF e AF; sendo naturalmente mais sofisticado, permite melhores diagnósticos. O sinal de RF injetado tem freqüência conhecida e permitirá um diagnóstico diferencial dos possíveis defeitos.

Osciloscópio

O osciloscópio é um instrumento de grande versatilidade que permite medir a quantidade e qualidade das tensões elétricas presentes nos circuitos. Suas aplicações são múltiplas e relacioná-las nos levaria a escrever um outro livro.

Na aquisição de um osciloscópio, é importante determinar-se para que fim o mesmo se destina. A banda passante de seus amplificadores deve ser de acordo com o tipo de serviço a que é destinado. Utilizar um osciloscópio com banda passante de 500 MHz para verificações de sinais e tensões de baixa freqüência é um exagero custoso. Tentar verificar um televisor com um osciloscópio com banda passante de apenas 4 KHz é praticamente uma impossibilida-



Figura 88 — *Osciloscópio de serviço.*

de, pois a atenuação nos extremos da banda passante irá distorcer a recepção do canal de vídeo.

Deve haver equilíbrio no custo do equipamento e na sua sofisticação com a objetividade do uso a que se destina. E mais importante é que o leitor esteja realmente bem familiarizado com o uso e aplicação do osciloscópio, senão teremos aquele caso anedótico da pessoa que compra uma calculadora eletrônica complexa para somar parcelas da compra na feira...

Alguns pontos além do custo e amplidão das faixas dos amplificadores devem ser observados, quando na aquisição do osciloscópio. Um deles é o dimensionamento do ponto. Por ponto entende-se o efeito do feixe eletrônico, estacionário, na tela do tubo de raios catódicos do osciloscópio. Quando bem focalizado e o brilho adequadamente controlado, este ponto deve ser o mais redondo possível. Esta prova deve ser efetuada rapidamente, para não deixar o ponto estacionário em um só local, na tela, sob risco de produzir-se uma "queimadura" no material fosforescente da mesma. Esta observação com relação ao ponto é cabível, porque existem tubos de raios catódicos que produzem um "ponto" que é, na realidade, retangular...

Teste de Transistores

Se bem seja possível verificar-se o transistor com a ajuda de um multiteste comum ou V.O.M., um teste apropriado permite medir todos os parâmetros de qualquer tipo de transistor sendo, portanto, útil na proporção em que se tenha um serviço muito ativo de reparações.

Existem alguns multímetros que possuem uma seção especial para medir transistores, como é o caso do VEGA, de fabricação soviética e que tem representação já existente no Brasil.

Em outra parte deste livro daremos os circuitos de alguns testes destinados a medir diodos e transistores e o leitor fará a opção entre construir seu próprio instrumento ou adquirir um já confeccionado. De qualquer modo, é recomendável que possua um teste para semicondutores na sua bancada, pois deste modo evitará muita perda de tempo com dúvidas sobre a condição do componente.

Pontes

As pontes, quase sempre destinadas a medidas de maior precisão de capacitores, resistores e indutâncias, podem ser consideradas dispensáveis por aqueles que se dedicam a consertos de rádios receptores, televisores, etc., já que os componentes costumam trazer as indicações de seus valores nominais. Realmente, não é imprescindível possuir uma ponte de L-C-R ou seja, indutância (L), capacitor (C) e resistores (R). Por outro lado, uma ponte pode permitir a medida exata de componentes quando se faz experiências, executa-se novos circuitos ou tenta-se identificar componentes cujas indicações gravadas ou pintadas foram corroídas.

É uma escolha que só o próprio interessado poderá fazer adequadamente. Mas não comprem o instrumento só para tê-lo na prateleira e servir como "chamariz" para provar que a oficina é um "laboratório". Autenticidade e ética devem ser pontos altos na profissão.

Voltímetros Eletrônicos

Os voltímetros eletrônicos têm seu lugar em uma oficina. Se bem que seja possível medir tensões com um osciloscópio (que é um "voltímetro eletrônico" ideal) a medida de tensões com um voltímetro eletrônico não é desprezível. Com o advento dos semicondutores a expressão voltímetro eletrônico ficou um pouco deslocada, porque utilizavam válvulas. Hoje, ainda se aplica a expressão, porém

os circuitos são todos transistorizados, nem por isto de menor precisão ou flexibilidade de aplicação. Quase sempre os voltímetros eletrônicos da atualidade têm facilidades de medir correntes e resistências em amplas faixas de alcance tornando-se, pois, um instrumento de grande utilidade.



Figura 89 — *Voltímetro eletrônico.*

Analógicos Versus Digitais

Os instrumentos analógicos são aqueles que utilizam medidores com bobina móvel (figura 90).

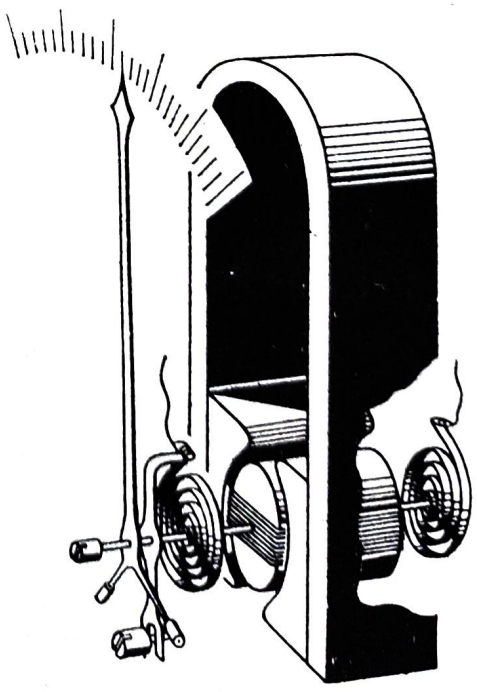


Figura 90 — *Características básica de medidor analógico.*

Os instrumentos digitais são os que utilizam indicadores numéricos ou alfanuméricos (figura 91).

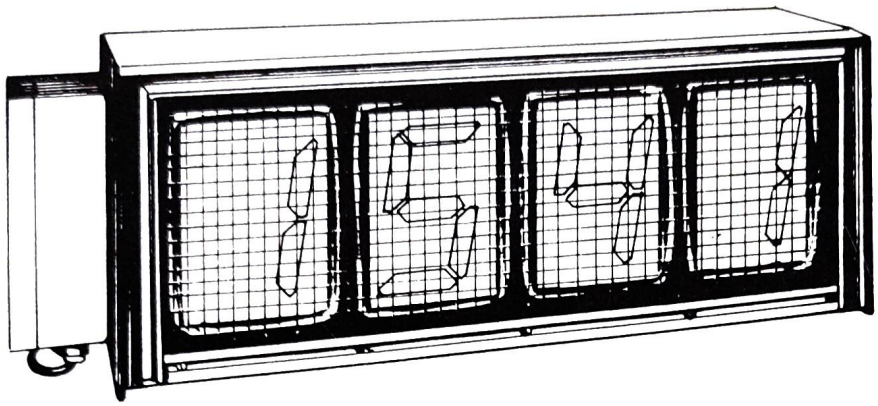


Figura 91 — *Mostrador de instrumento digital.*

A tendência é substituir os analógicos aos poucos, pelos digitais, mas haverá ainda durante muito tempo, instrumentos analógicos. Realmente um instrumento digital dá uma indicação numérica ou alfanumérica que é de fácil leitura.

O instrumento analógico, salvo quando possui multiplas escalas, obriga o usuário a fazer operações mentais de multiplicação ou divisão, que nem sempre são fáceis, haja vista o caso dos instrumentos do leste europeu, que utilizam fatores de multiplicação pouco comuns aos usuários no Brasil. Mas um instrumento digital tem que possuir condições de precisão que tornem a indicação confiável (o mesmo se aplica ao analógico, obviamente). Esta precisão é indicada pelo fabricante e pode ser facilmente comprovada, na prática, pela comparação do instrumento com outro de reconhecida confiabilidade.

Caixa de Décadas

É conveniente possuir, para uso na bancada, capacitores, resistores e indutores. Uma ótima solução são as caixas de décadas, onde capacitores, resistores e indutâncias de valores conhecidos estão disponíveis mediante uma chave seletiva ou outro processo prático.

Principalmente uma caixa de décadas para capacitores e outra para resistores devem fazer parte do "instrumental" do técnico (figura 92).

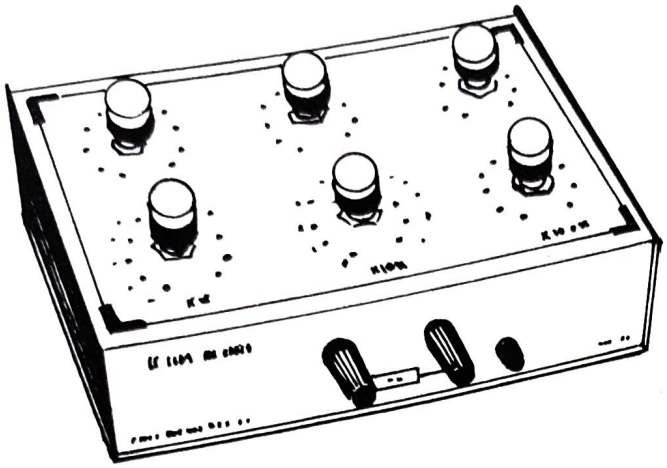


Figura 92 — *Caixa de décadas de resistores e/ou capacitores.*

Vobulador

O vobulador (forma aportuguesada de "wobulator") é um instrumento útil para ajuste de transformadores de FI, tanto em AM como FM. Deve ser utilizado associado com um osciloscópio, se bem que seja possível a sua utilização com um voltímetro eletrônico, porém, neste caso, há muita demora para obter os ajustes.

O vobulador faz um "passeio" de alguns KHz no valor central da freqüência de FI que está sendo aplicada ao aparelho sob ajuste e isto resulta em uma curva, quando visto no osciloscópio (figura 93).

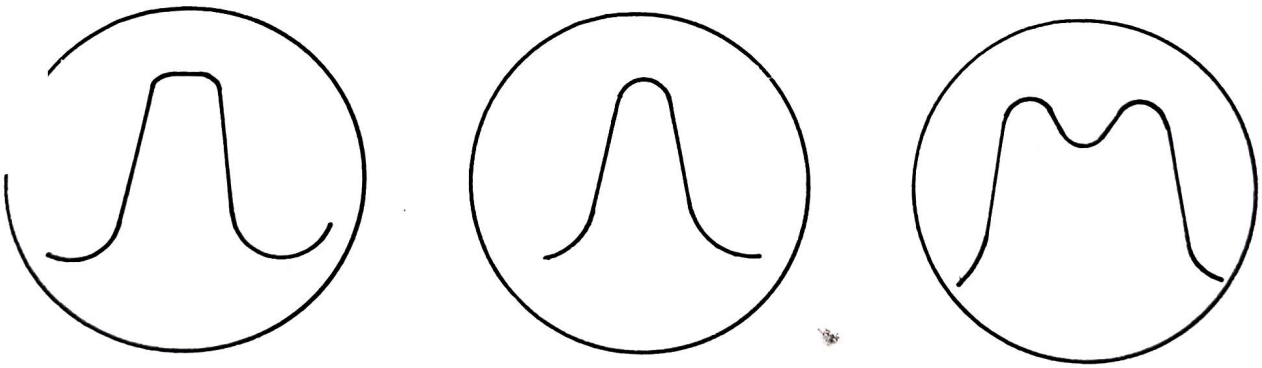


Figura 93 — *Imagem obtida com um vobulador, no ajuste dos transformadores de FI. A situação ideal é a da figura do meio.*

Gerador de Varredura e Marcador

No ajuste dos televisores o gerador de varredura e marcador é um excelente auxiliar para o diagnóstico de defeitos. Para repara-

ções em televisores, os geradores de varredura devem atuar nas faixas de VHF e UHF e possuírem uma largura de banda, na varredura, de pelo menos 8 MHz.

Circuito de Polarização

Para ajustes e diagnóstico em televisores e outros equipamentos transistorizados faz-se necessário ter tensões de corrente contínua, ajustáveis, na faixa de 0 a 65 volts. Com um circuito que forneça duas ou mais destas tensões variáveis é possível alterar a polarização de vários circuitos, simultaneamente, para ajustes e reparações.

Gerador de FM Multiplex

Para o perfeito ajuste de receptores de FM, estéreo, um instrumento deste tipo é imprescindível.

Geradores de Barras e Pontos

Seja para o ajuste ou verificação, tanto de televisores preto e branco (monocromático) como de televisores a cores (TVC), um gerador de barras e pontos é instrumento que ajuda não só no diagnóstico como no ajuste, eliminando também a maneira pouco prática de aguardar que as estações funcionem para que forneçam um sinal que será utilizado para verificação do comportamento do televisor.

VII — Local de Trabalho

Critérios de Escolha e Instalação da Oficina

Importante para quem trabalha, seja qual for a profissão, é a adequação do local de trabalho. Especificamente no caso de conserto, reparação e manutenção de aparelhagem eletrônica (transistorizada no caso deste livro) é importante que o técnico possua um local com um mínimo de requisitos para que possa ter uma produção adequada e não venha a sofrer da "fadiga profissional".

Iluminação e Ventilação

Um fato que passa despercebido à grande maioria das pessoas que trabalha em eletrônica é que a soldagem dos componentes e fios exige o emprego de uma liga de estanho-chumbo. E o chumbo aquecido desprende gases tóxicos que podem causar sérias lesões no organismo. Haja vista que os linotipistas, entre outras profissões, recebem uma compensação no salário por operarem com chumbo derretido. Nunca soubemos que os técnicos de rádio, os montadores de fábricas de aparelhos eletrônicos, etc., recebessem qualquer compensação financeira, sequer o clássico litro de leite diário para desintoxicação...

Assim, quando o técnico se instala, deve procurar ter um local em que haja ampla circulação do ar ou, pelo menos, uma ventilação adequada.

O segundo fator é a iluminação. Quanto mais luz solar direta obtiver, melhor. Não sendo possível há que recorrer à iluminação artificial e, neste caso, é bom que conjugue a iluminação fluores-

cente com lâmpada de incandescência. Entre outras razões podemos citar que as cores de código, sob a luz fluorescente "mudam" de tonalidade. A segunda é que em caso de peças móveis, a luz fluorescente pode dar um efeito estroboscópico que perturba bastante. Isto para não falar da interferência causada pelos reatores...

Bancada

A bancada ou mesa onde se processarão os diagnósticos e consertos também é importante. Ideal seria que houvesse facilidades para ter os equipamentos em uma espécie de bandeja, que seria colocada sobre a bancada para o diagnóstico e depois removida enquanto se aguardasse a aprovação do orçamento. Enquanto isto, outros equipamentos seriam colocados em outras tantas bandejas e levados à bancada. É uma idéia interessante, porém nem sempre possível de ser efetuada na prática.

O leitor deve raciocinar que com aparelhos transistorizados, que na sua maioria são de dimensões ou peso reduzidos (quando comparados aos valvulares), a filosofia a ser aplicada é que os mesmos sejam levados à oficina em lugar do técnico ir à casa do cliente, transportando uma imensa mala com todos os instrumentos, ferramentas e componentes. Assim, a bancada assume um aspecto importante.

Fonte de Alimentação

Para a reparação de aparelhos transistorizados, a bancada deve possuir uma boa fonte de alimentação que, além de fornecer a cor-

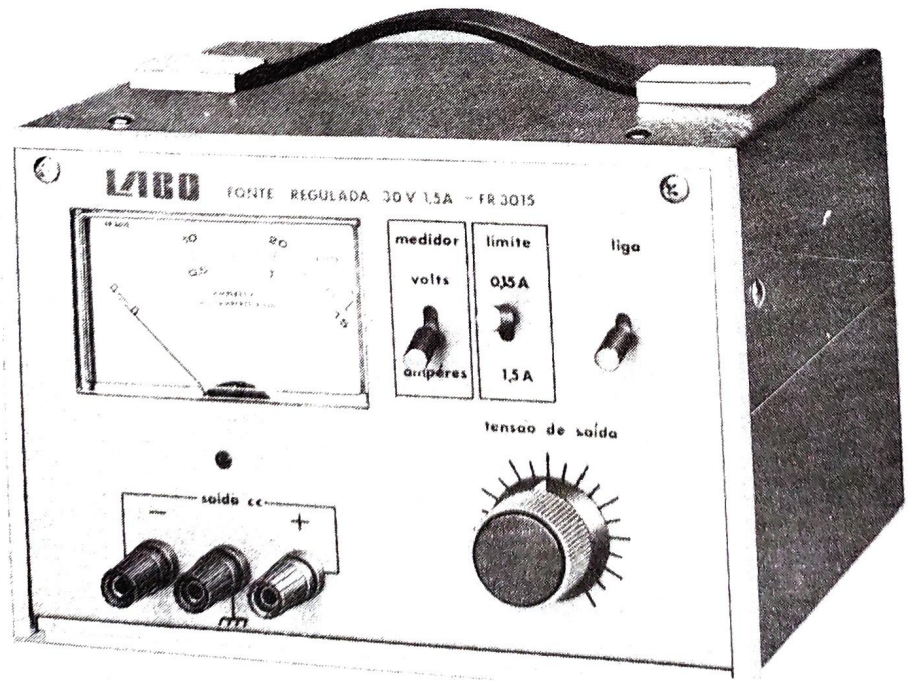


Figura 94 — *Fonte regulada, para utilização em bancada.*

rente elétrica do setor, deve poder fornecer qualquer tensão contínua, para efeito de alimentação dos aparelhos transistorizados.

Os aparelhos transistorizados têm tensões de alimentação que podem ir desde 1,5 volts até 30, 50 ou mais volts com demandas de correntes de até 10 ampères ou mais. É importante uma fonte regulável e estabilizada que possa fornecer qualquer destas tensões e correntes e, se possível, com instrumentos indicadores.

Por uma questão de economia, a utilização de pilhas e baterias deve ser evitada enquanto se faz o diagnóstico e conserto do aparelho.

Examinador de Transparência

Uma placa de vidro fosco, grosso, iluminada pela parte inferior (figura 95) é um acessório importante. Permite que a placa do circuito impresso seja examinada, com o lado dos componentes voltado para o técnico e o lado oposto iluminado através do vidro. Deste modo, certas interrupções dos circuitos impressos e localizações de componentes são facilmente realizadas.



Figura 95 — *Examinador de transparência, para verificação de circuitos impressos.*

Aspirador de Solda

Quando se trabalha com circuitos impressos o uso de aspirador de solda é importante. Existem vários tipos, alguns bem sofisticados com bomba aspiradora elétrica.

Outros possuem bombas aspiradoras manuais que se pode recomendar para o técnico que não trabalhe em regime de linha de produção.

Soldadores

O soldador ou "ferro de soldar" é outro item da bancada muito importante. O calor excessivo é um desastre para o semicondutor. Deste modo, os soldadores devem ser de potência adequada e nunca excessiva. O uso da "pistola" é muito recomendável (figura 96) ou, então, de soldadores de baixa potência e, se possível, isolados da rede local por um transformador, que tenha inclusive uma blindagem eletrostática (figura 97). Isto é para evitar que, ao se tocar com a ponta do soldador um transistor (FET, por exemplo), a carga eletrostática danifique o componente.

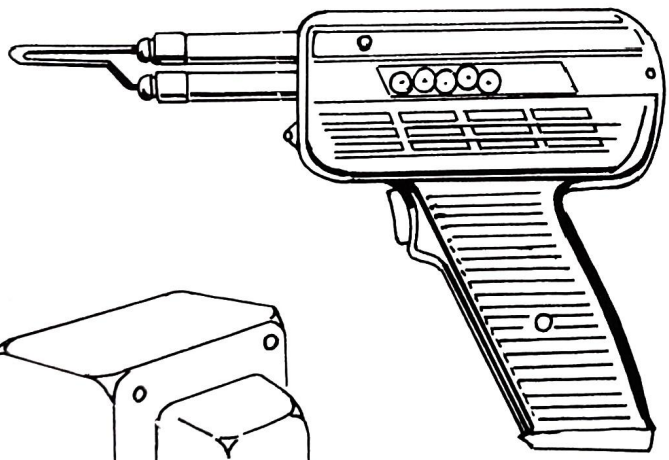


Figura 96 — *Pistola de soldar.*

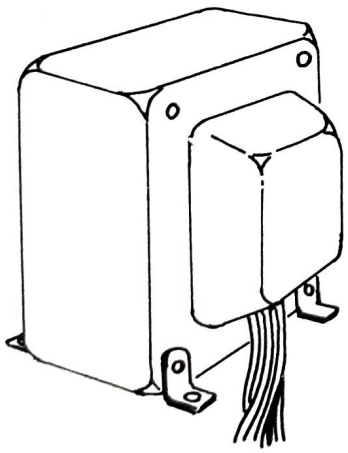


Figura 97 — *Transformador de "isolação" com blindagem eletrostática.*

Ferramentas

Ferramentas adequadas em uma bancada, é desnecessário dizer, representam o auxiliar inestimável do técnico. Alicates, chaves

de fenda. Philips, hexagonal, etc., pinças e outras ferramentas devem existir, sempre em ordem, sempre limpas, para permitir ao técnico a extração, instalação e fixação dos componentes, caixas, invólucros, etc., dos aparelhos transistorizados.

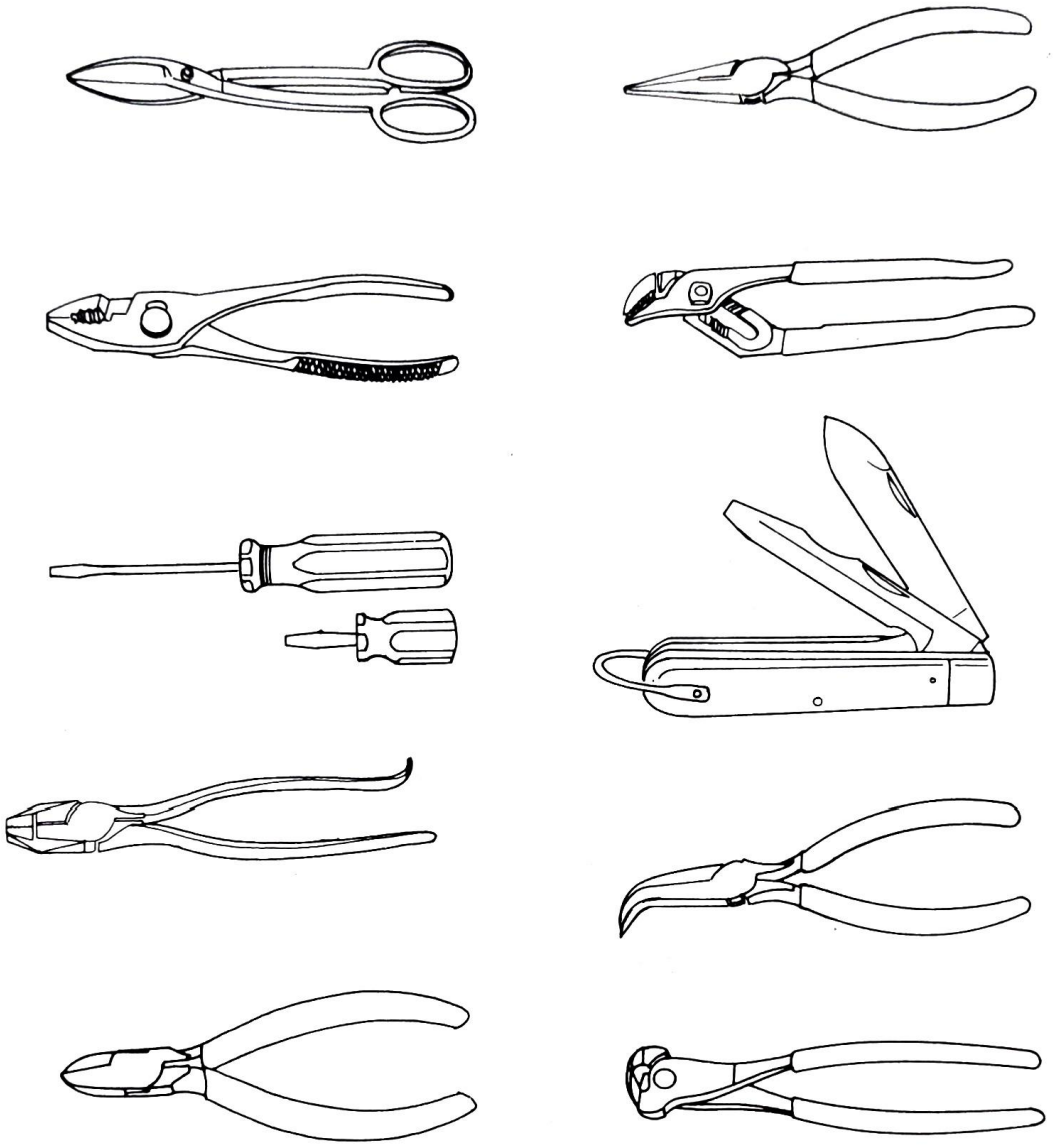


Figura 98 — *Ferramentas.*

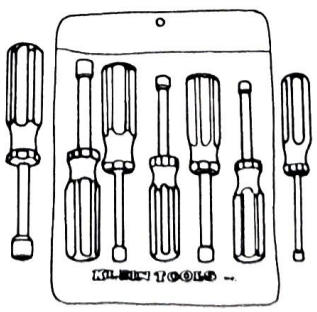
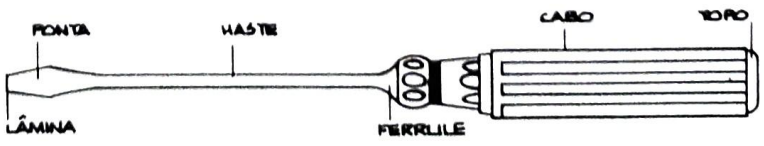


Figura 99 — *Ferramentas.*



Arquivo

A oficina organizada deve possuir um arquivo de esquemas, diagramas e outras informações úteis a respeito de aparelhos. E também um fichário ou qualquer outro processo de registro, dos serviços, das modificações, consertos, etc., efetuados nos aparelhos que aportaram à oficina. Fazer sempre o diagrama correto da peça ou componente retirado de modo a permitir que outro técnico o reponha é prática salutar em qualquer oficina.

Anotar as tensões, corrente, valores resistivos, etc., do aparelho consertado é ótima referência para futuras consultas.

Umidade

A umidade, que no Brasil é um dos fatores que mais contribui para produzir defeitos em aparelhos eletrônicos, pode ser reduzida com o simples expediente de colocar, dentro de cada aparelho, um pequeno saco de pano (algodão, de preferência) contendo sílica gel. Este produto, quando está seco, tem uma intensa cor azul. À proporção que vai absorvendo umidade, vai se tornando cor-de-rosa. Quando os grãos da sílica gel estão totalmente rosa, o produto está saturado e não absorve umidade. É preciso, então, que seja retirado e colocado em local que tenha 40 a 60º graus de calor. Após algum tempo a umidade é expelida e o produto volta a ter a cor azul. Estará em condições de absorver, novamente, a umidade. Assim, colocando-se saquinhos de sílica gel nos aparelhos e instrumentos mais delicados, é possível livrá-los da umidade.

A simples prática de colocar os instrumentos em locais aquecidos não é suficiente para remover a umidade. O que se faz é "aquecer a umidade" e submeter o aparelho a um discreto banho de vapor...

Ar Comprimido

A utilização do ar comprimido para limpeza, mesmo com baixa pressão, é muito importante, pois torna possível a remoção de partículas impossíveis de serem retiradas com panos, pincéis, esponjas, etc. Um pequeno compressor ou mesmo uma "bala" de ar comprimido, do tipo utilizado para dar pressão aos barris de chope, é uma boa solução e permite ter a oficina equipada com recursos que aceleram o serviço.

VIII — Diagnóstico dos Defeitos

Como Proceder

Como deve proceder o técnico perante um aparelho que, segundo informação do usuário, não funciona ou funciona de modo insatisfatório?

Em primeiro lugar é preciso enfatizar que este livro, como qualquer outro livro do gênero, não transforma um leigo, só pela leitura, em um técnico capaz de consertar um aparelho eletrônico.

É necessário que o técnico tenha alguns conhecimentos básicos essenciais, caso contrário, ficará apenas confuso ao ler um livro que, como este, parte do pressuposto que o leitor sabe os símbolos, conhece os efeitos básicos das correntes e tensões nos componentes, enfim, já passou da fase de "principiante".

O diagnóstico de um aparelho pode ser efetuado, se em primeiro lugar o técnico sabe a que se destina o aparelho e qual possível desempenho do mesmo. É lógico que não poderá fazer um diagnóstico adequado se colocar-se frente a um aparelho, do qual desconheça o funcionamento e a finalidade. Vejamos um exemplo: se recebe para conserto um aparelho (um rádio de ondas médias, ondas curtas e FM) e não sabe o que se pode obter de um receptor, quando está funcionando, sem dúvida que não poderá sequer fazer um exame, pois não sabe o que o aparelho deveria permitir ou fornecer. Se, então, recebe um aparelho ou instrumento mais complexo (um aparelho industrial, por exemplo) e nada sabe sobre o mesmo, o desastre é completo.

Assim, nossa primeira recomendação é que não se tornem "aventureiros" aceitando para conserto aparelhos dos quais não conhecem nem função, nem desempenho. É recomendável obter o esquema ou diagrama antes de iniciar o diagnóstico (figura 100).

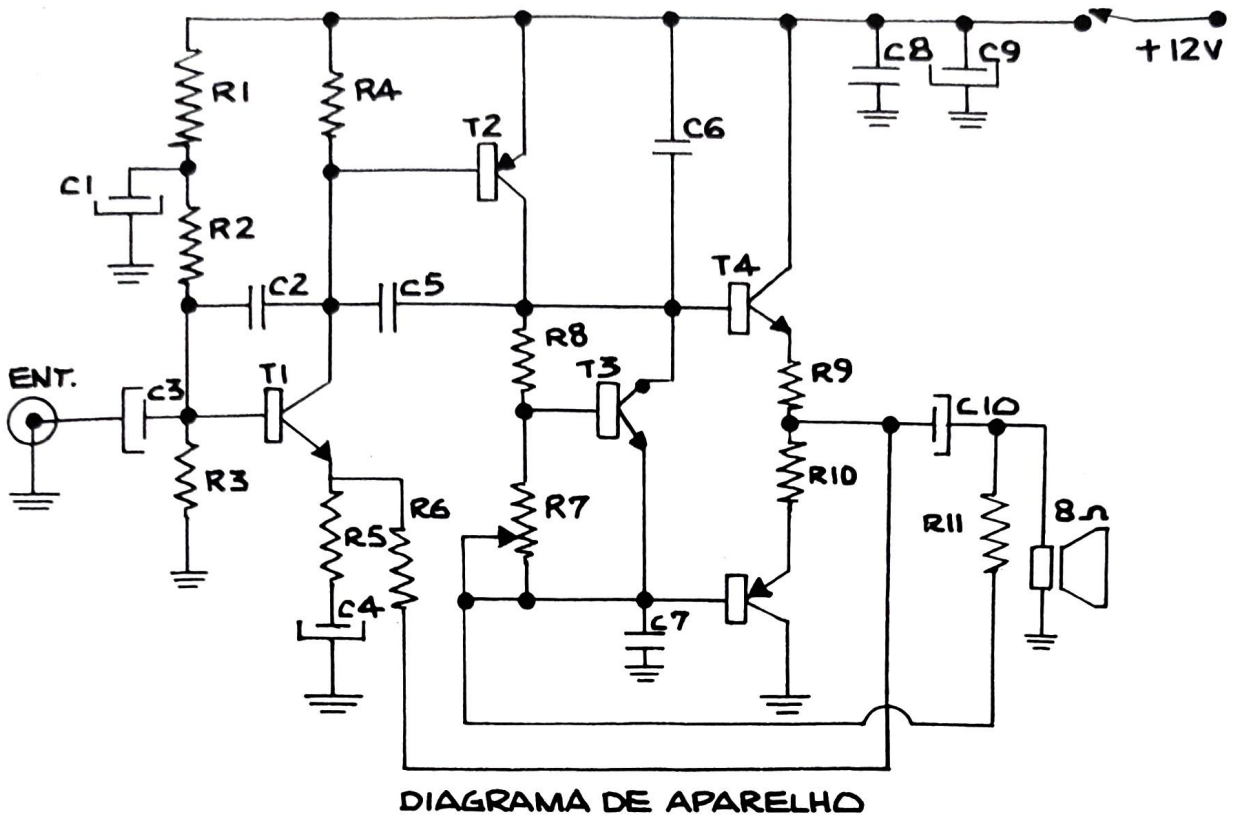


Figura 100 — *Diagrama típico de amplificador.*

Qualquer aparelho transistorizado deve ter uma fonte de alimentação, seja a pilhas e baterias, seja através da transformação e posterior retificação da rede elétrica do setor.

E uma das primeiras medidas para iniciar o diagnóstico, é determinar se o consumo de corrente do aparelho é normal, excessivo ou baixo.

Para examinar um aparelho alimentado por pilhas ou baterias, a fonte de alimentação existente na bancada permitirá uma rápida verificação do consumo, pela observação dos medidores existentes (voltímetro e amperímetro).

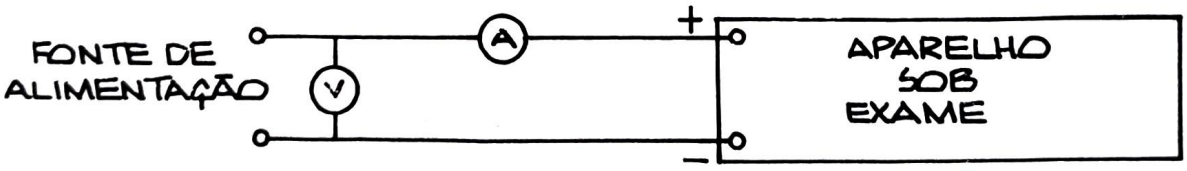


Figura 101 — *Colocação de voltímetro e amperímetro para exame de consumo.*

Consumo de Corrente na Fonte

Se o consumo de corrente é excessivo, isto é uma indicação segura de que um ou mais semicondutores estão em curto, ou que

o mesmo sucede com os capacitores do circuito. Hipótese mais remota, porém não improvável, seria de um curto-circuito acidental entre componentes e massa.

Se o consumo de corrente é abaixo do normal, isto pode indicar que algum componente está interrompido, possivelmente um enrolamento ou resistor e/ou algum transistor está sem funcionar.

O consumo normal e o não funcionamento do aparelho podem indicar que, apesar de não haver curto entre os componentes, há, todavia, uma disfunção em algum estágio que impede o funcionamento do aparelho, apesar do consumo ser normal.

Assim, observando a figura 102 teríamos três hipóteses para o caso de não funcionamento do aparelho transistorizado, observando-se a fonte de alimentação. O item 1 é para o caso em que o aparelho não funciona e a corrente de alimentação está abaixo do normal. O item 2 é para quando a corrente é normal, mas o aparelho não funciona e, finalmente, o item 3 é para quando a corrente é alta e o aparelho não funciona.

Vejamos primeiro o item 1 da figura 102. Se a corrente está abaixo do valor normal, em mais de 10%, e a tensão está correta, devem ser medidas as tensões de coletor para emissor de todos os estágios. Se a tensão coletor-emissor é baixa em todos os estágios é provável que o defeito esteja nos resistores de desacoplamento da filtragem do aparelho. Uma das causas do defeito do resistor poderá ser o capacitor de filtragem, eletrolítico, que teve sua resistência interna diminuída (maior escape) e com isto acarretou excesso de corrente que, por sua vez, danificou o resistor aumentando seu valor. Ao aumentar seu valor a tensão diminuiu de modo geral e a corrente, apesar da fuga do capacitor, ficou muito baixa.

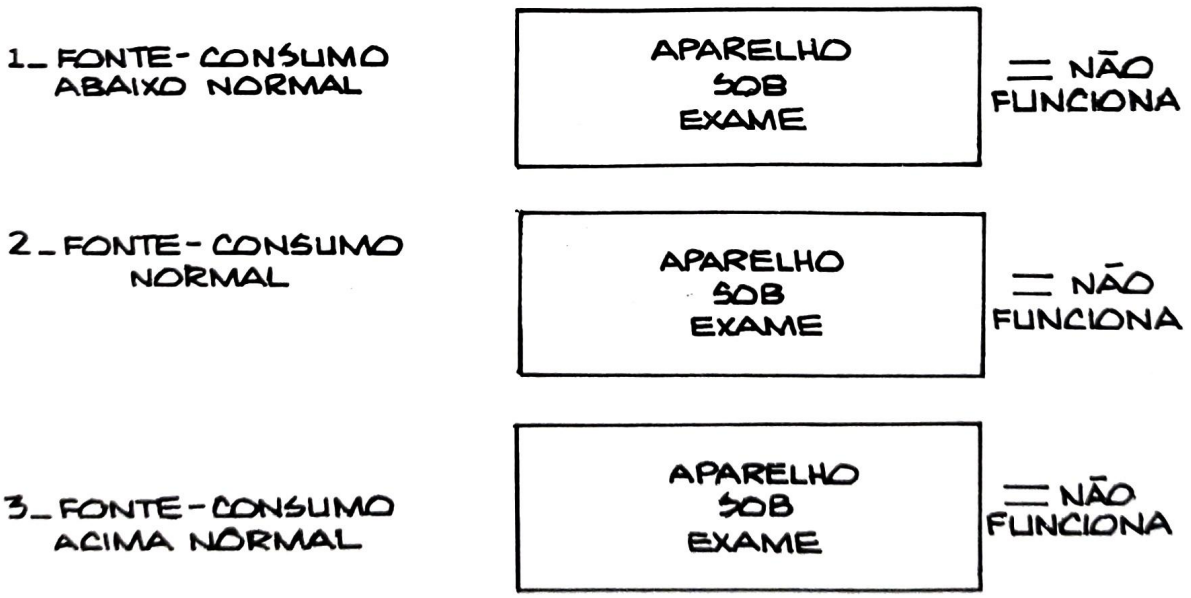


Figura 102 — *Pontos básicos de exame, por observação do consumo de corrente.*

Se, porém, somente um estágio mostra tensão baixa de coletor-emissor, provavelmente será devido a um componente dos circuitos deste estágio. Quando a corrente é baixa, é provável que a culpa não resida no circuito de polarização de base, porque falhas na polarização, que reduzem a tensão coletor-emissor, aumentam a corrente.

Se for falha no transistor, poderá ser atribuída a um curto interno, que causa corrente excessiva ou ligações abertas que produzem tensão alta entre coletor-emissor. Mas se a tensão e a corrente estão baixas não deve ser falha do transistor o sintoma do item 1.

Se não há falhas no circuito de desacoplamento e um dos estágios tem tensão coletor-emissor muito alta, isto pode significar que este estágio não está "conduzindo". Deve-se pesquisar o circuito de resistores que fornecem a polarização do referido estágio. Alguns técnicos preferem medir a tensão base-emissor, porém nos parece ser mais fácil medir altos valores de resistores do que tensões da ordem de décimo de volt.

Quando não há sinal e a corrente de alimentação é normal (item 2, da figura 102) deve-se verificar, em primeiro lugar, se existe sinal do circuito de áudio. Para isto aplica-se um sinal de áudio, no cursor do controle de volume. Se surge o sinal no alto-falante é prova que o defeito reside, provavelmente, nos estágios de RF e FI.

Não surgindo sinal no alto-falante, é preciso verificá-lo, além de examinar o seu transformador (se possuir), e medir as tensões coletor-emissor no transistor de comando ou excitação de áudio (drive) enquanto se faz um curto momentâneo entre a base e o emissor.

Com um V.O.M. ou multiteste comum, na escala de resistência R × 100 efetuam-se as medições nos transistores, conforme se vê na figura 103.

Os valores indicados são aproximados e gerais, e podem diferir de um V.O.M. para outro. Também deve-se ter em conta que alguns transistores podem apresentar defeito depois de certo tempo, quando ficam mais aquecidos.

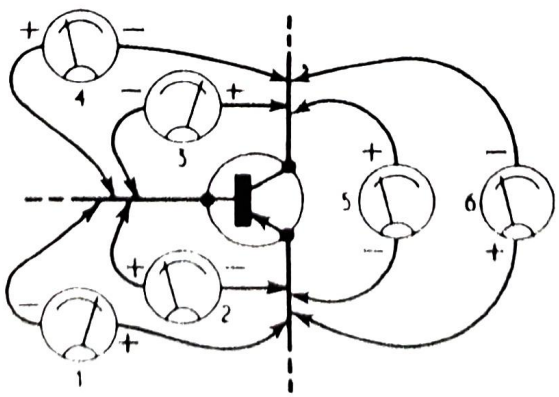


Figura 103 — *Polaridade das tensões em um transistor. Notar que quando é PNP, os símbolos são todos inversos, em relação ao tipo NPN.*

Se não há sinal e o consumo da corrente é intenso (item 3 da figura 103) deve-se desligar, sucessivamente, os capacitores eletrolíticos dos estágios (de acoplamento) para tentar definir qual deles está com passagem excessiva. Curto-circuitando-se o emissor para base, a polarização é aplicada à base do transistor e nestas condições o semicondutor está "cortado" isto é, não conduzindo. Se ao se fazer isto a corrente de entrada reduz-se, é provável que o estágio em que se realizou a operação seja o responsável pelo alto consumo de corrente. Além do mais, quando um transistor normal corta quando a polarização é removida, torna-se óbvio que o defeito está no circuito de polarização e não no transistor.

Aqui, uma observação. Quando utilizando o V.O.M., nas escalas de resistência para medir resistores inseridos no circuito, mesmo que o aparelho esteja desligado, é conveniente efetuar a medida duas vezes: uma com as pontas de prova em uma posição e a outra com as pontas de prova invertidas, para evitar possíveis erros, pois, nos circuitos transistorizados, apesar de desligados da alimentação, os transistores podem ser "ativados" pela tensão do V.O.M. e dar uma falsa indicação. Com o processo de inverter as pontas, elimina-se esta dúvida.

Exame Prático de Circuito de Áudio

Na figura 104 temos um método bem prático de examinar um circuito de áudio. Um fio, possuindo em um extremo uma garra "ja-

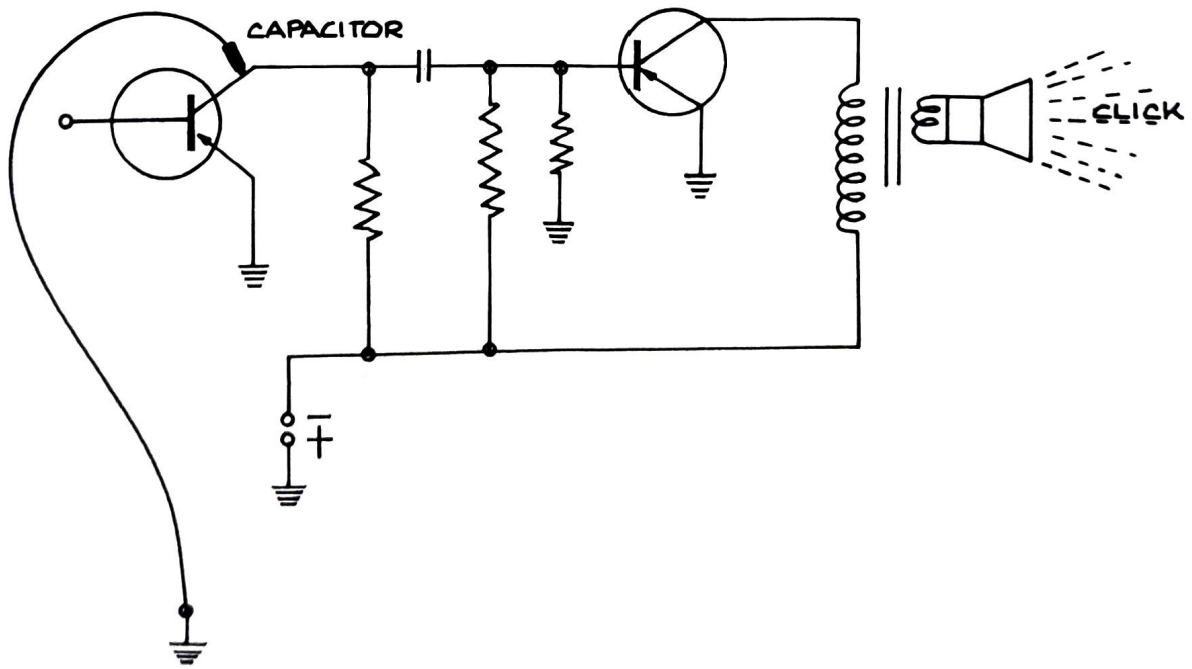


Figura 104 — *Exame prático de circuito de áudio.*

caré'' e na outra um capacitor de 0,05 mfd é ligado momentaneamente entre o terra (ou chassi) e o coletor do transistor que antecede o transistor final. Se tudo estiver normal, no alto-falante se fará ouvir um pequeno ''clique'' ou estalido.

Na figura 105 temos a repetição do teste anterior, porém, já agora no transistor de saída. Se, ao tocarmos com o capacitor no coletor, se escuta o ''clique'', o alto-falante e o respectivo transformador estão bons. Se, ao tocar-se a base, o ruído não se repete é quase certo que o transistor está defeituoso.

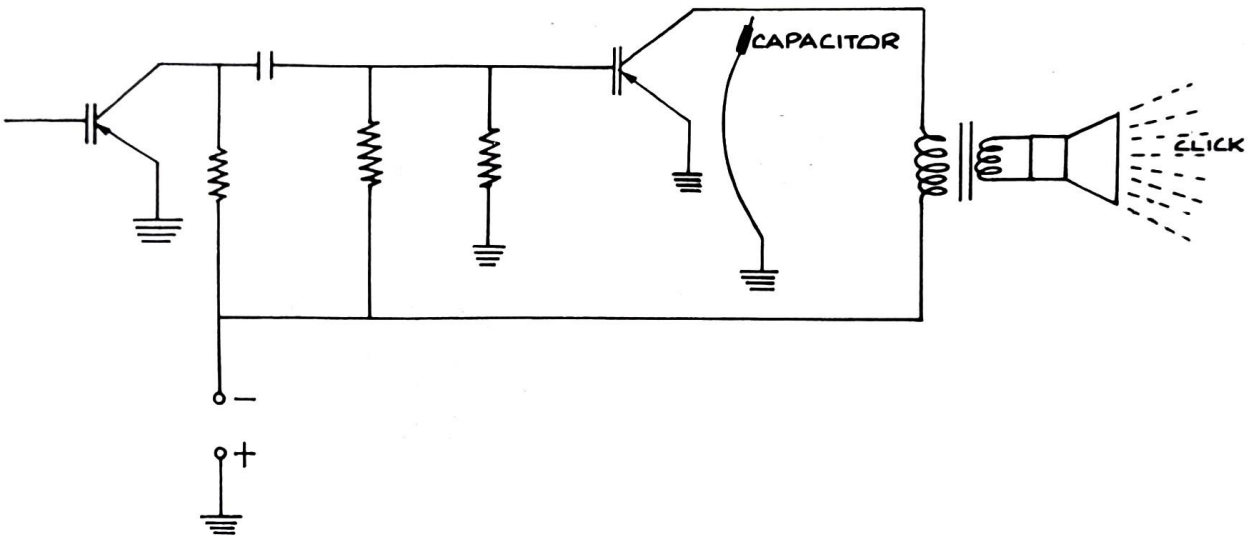


Figura 105 — *Exame de áudio, no transistor de saída.*

Na figura 106 temos um teste rápido para determinar se o estágio de freqüência intermediária (FI) do receptor está bom. Tocando-se o coletor com uma tensão positiva, pequena (de uma pilha

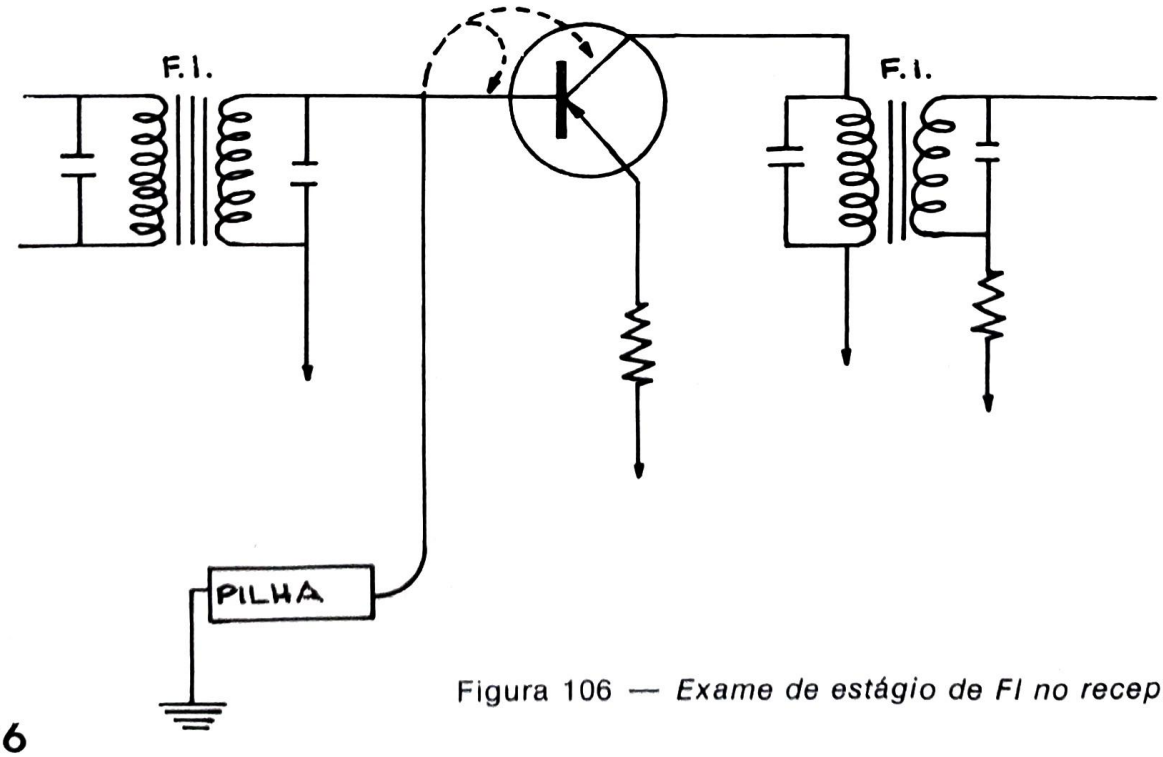


Figura 106 — *Exame de estágio de FI no receptor.*

por exemplo), no caso de ser o transistor PNP e tensão negativa no caso de ser NPN, no alto-falante deve ser ouvido um "clique". O mesmo procedimento se faz com a base do transistor, observando as polaridades para PNP e NPN. O "clique" quando se toca a base deve ser mais forte de que quando se toca o coletor. Se em um dos casos não se escuta o "clique" é sinal de que o estágio está defeituoso.

Medida de Polarização

Para se medir a polarização base-para-emissor: com um voltímetro bem sensível se mede a tensão entre base e emissor como se vê na figura 107. A tensão deve situar-se entre 0.1 e 0.2 volts.

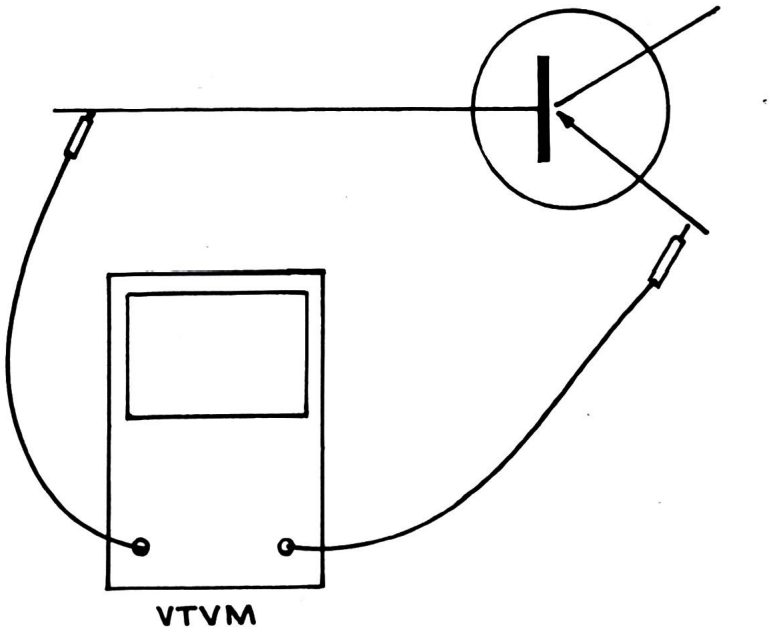


Figura 107 — *Medição da polarização.*

Verificação do Oscilador Local

Na figura 108 temos um processo prático para examinar se o oscilador local de um receptor está funcionando. Mede-se a tensão presente no emissor. Com um fio faz-se um curto temporário à seção do condensador variável da bobina osciladora. Se com o curto

a tensão não se modifica é sinal de que o circuito oscilador não está funcionando.

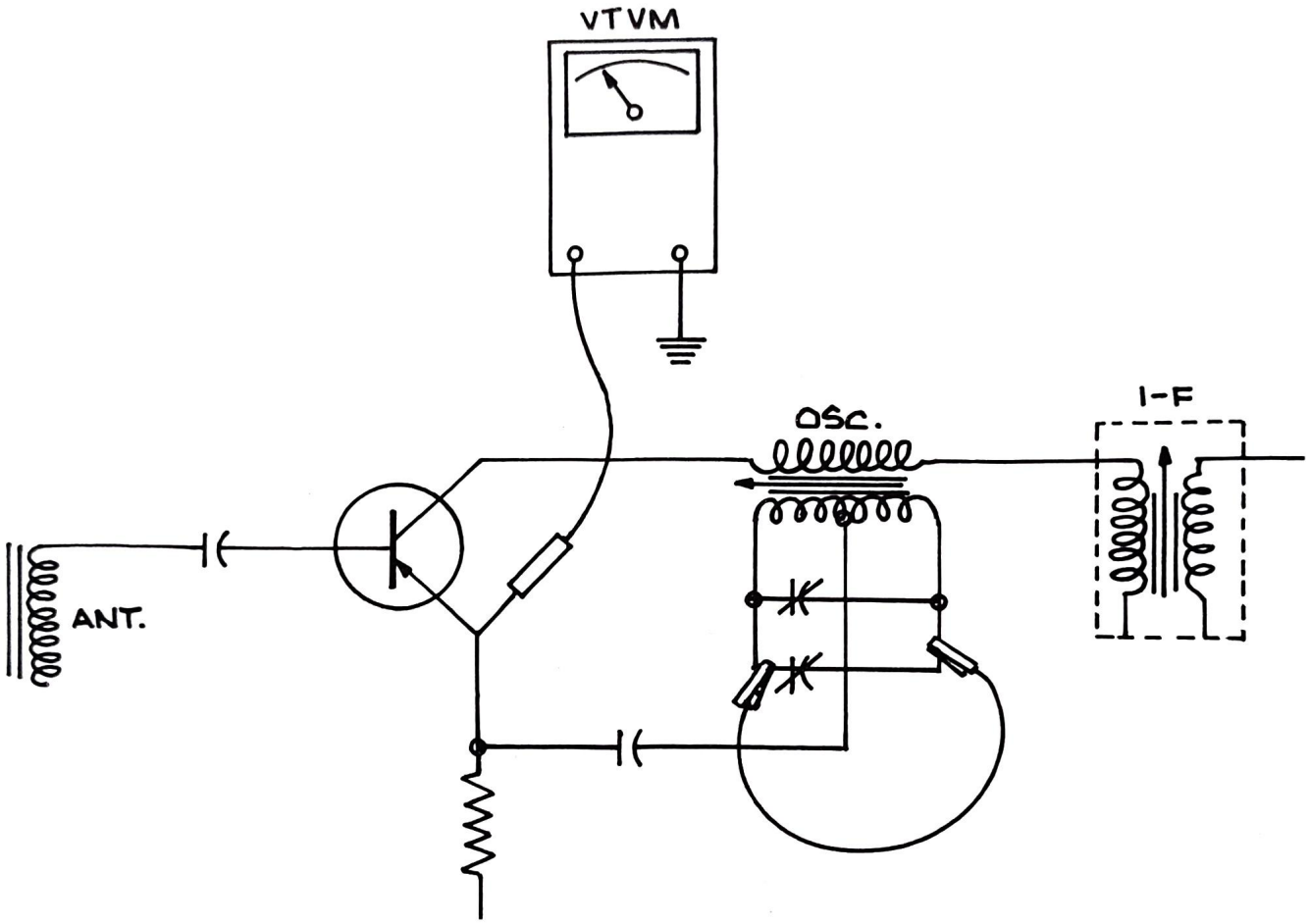


Figura 108 — *Verificação do oscilador local.*

Verificação do Controle Automático de Ganho (C.A.G.)

Para se examinar o controle automático de ganho de um receptor o procedimento é o indicado na figura 109. Liga-se o voltímetro à base e ao emissor do transistor amplificador de F.I. Observar que para transistores NPN a polaridade das pontas de prova devem ser inversas à indicada na figura.

Se o receptor não estiver sintonizado para nenhuma estação haverá uma tensão positiva de 0.1 a 0.2 volts. Quando se sintoniza uma estação esta tensão cai para valores entre 0.05 e 0.15 volts. Se não houver alteração na tensão, quando se sintoniza uma estação, o sistema C.A.G. não está operando corretamente.

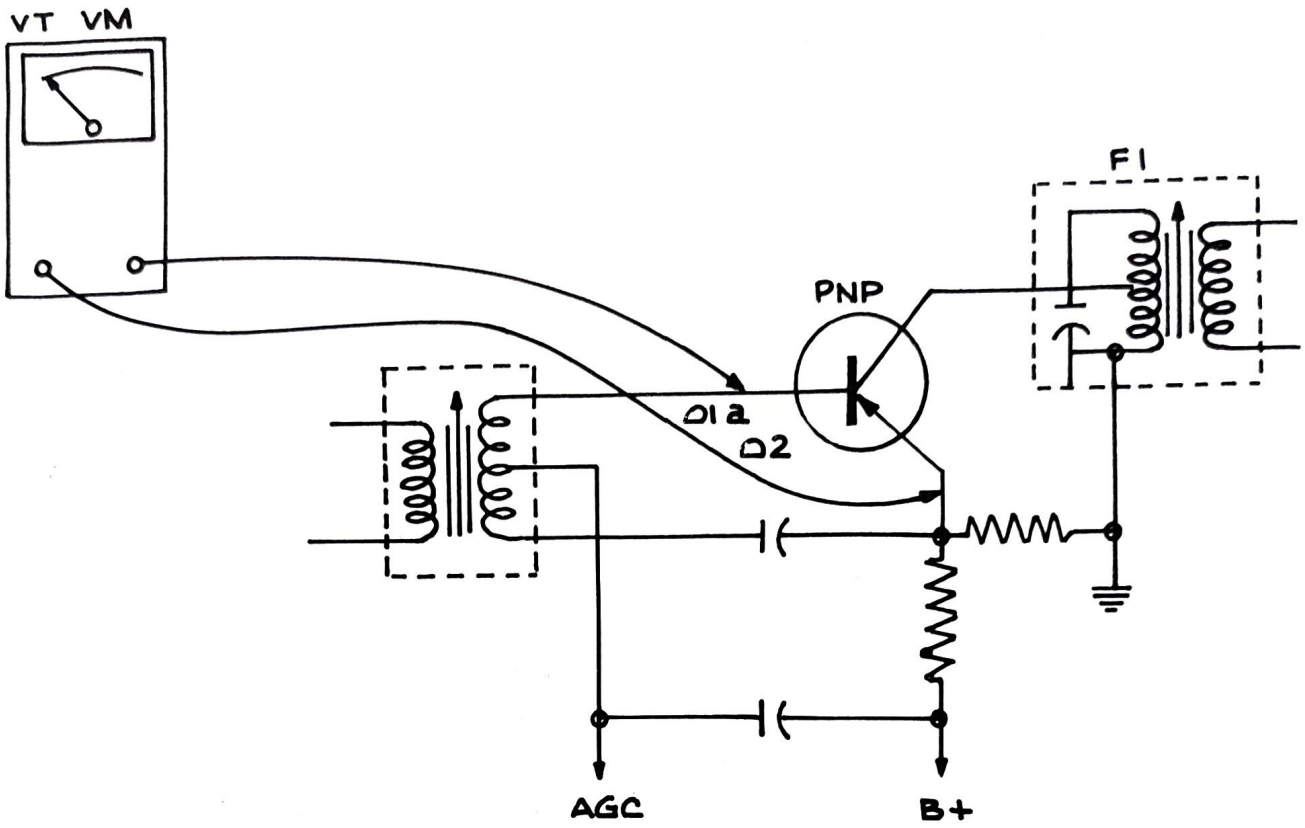


Figura 109 — *Verificação do C.A.G.*

Exame de Transistores Fora de Circuito

Os transistores podem ser examinados, preliminarmente, fora de circuito, com a disposição que se vê na figura 110, para transistores NPN e PNP respectivamente.

As letras (A) e (B) significam respectivamente: alto e baixo. Os valores altos (A) são da ordem de 50.000 ohms a 5 Megaohms. Os valores baixos (B) são da ordem de 50 a 500 ohms. Assim, referindo-se à figura, temos que entre coletor e base os valores ôhmicos indicados são baixos, quando o positivo do multiteste está ligado à base. Quando o inverso se observa, a leitura ôhmica é alta. Uma observação atenta da figura permitirá ao leitor observar todas as possibilidades e memorizá-las, pois serão de muita utilidade na verificação preliminar de transistores. Naturalmente é muito melhor examinar os transistores com testes apropriados.

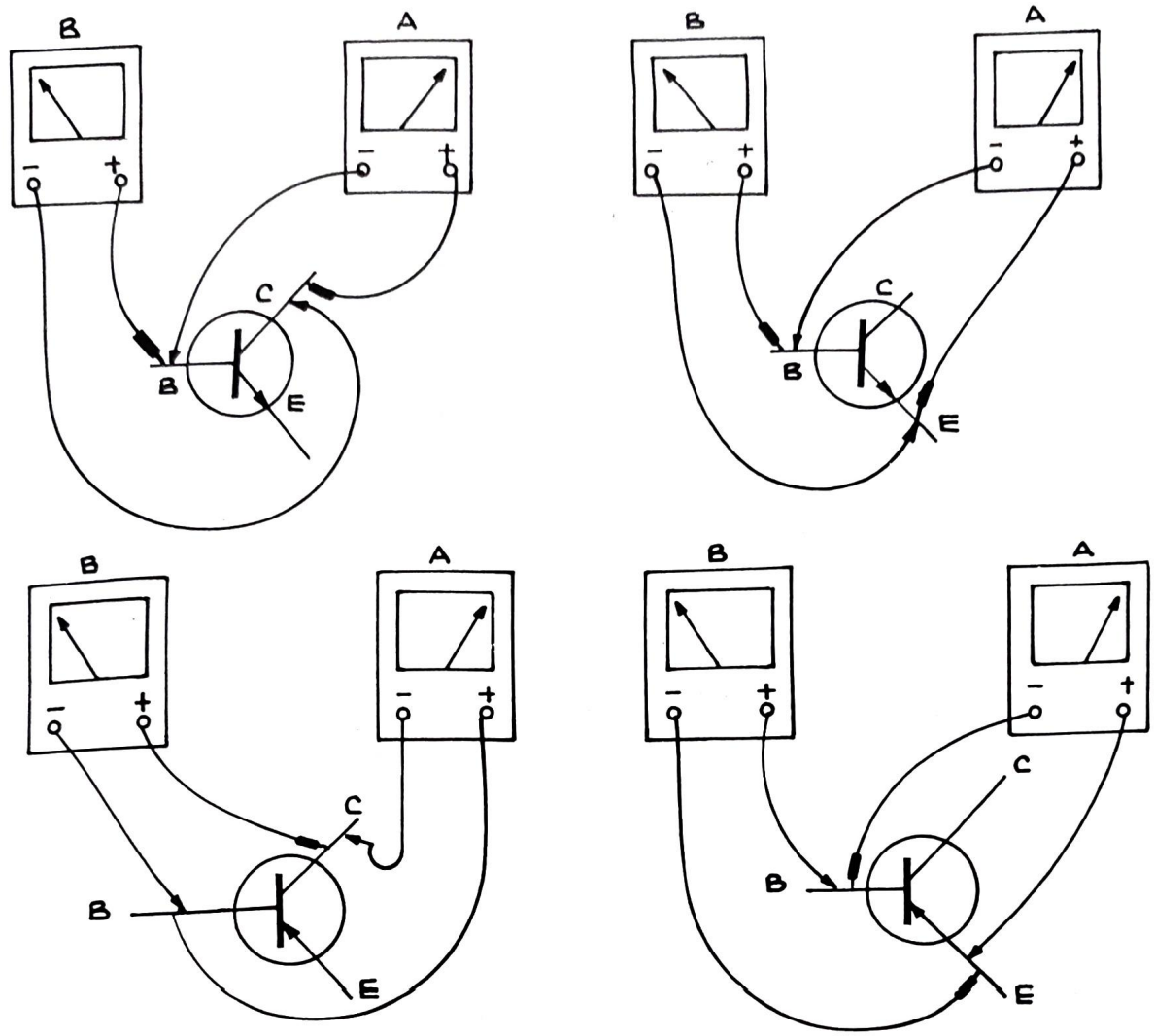


Figura 110 — *Exame de transistores fora de circuito.*

Generalidades

No que concerne ao exame de circuitos transistorizados alguns pontos merecem ser enfatizados. Por exemplo, o transistor, ao contrário das válvulas, não fica *cansado* ou *fraco*. Funciona ou não funciona. Também só possui (geralmente) três configurações básicas e três eletrodos, de modo que é muito fácil determinar os eletrodos e compreender o circuito.

Naturalmente, quando dizemos que o transistor só tem três eletrodos, nos referimos ao componente individual (discreto), singular. Os circuitos integrados não estão nesta categoria, porque são, na realidade, uma reunião de vários transistores, diodos e resistores, formando um conjunto compacto contido em um só invólucro.

Transistores de efeito de campo (FET) devem ser tratados com muito cuidado. A simples aplicação de um soldador, do tipo ligado

diretamente à rede elétrica, pode causar sua destruição devido a presença de carga eletrostática.

Para examinar os FET devem ser utilizados testes eletrônicos ou que possuam uma resistência de entrada superior a 50.000 ohms/volt. Na figura 111 temos um teste simples para examinar o FET quando o mesmo está inserido em um circuito. O voltímetro é ligado entre o dreno (D) e o chassi ou terra. Um fio liga a fonte (S) à terra, temporariamente. Observa-se, então, a tensão indicada no medidor.

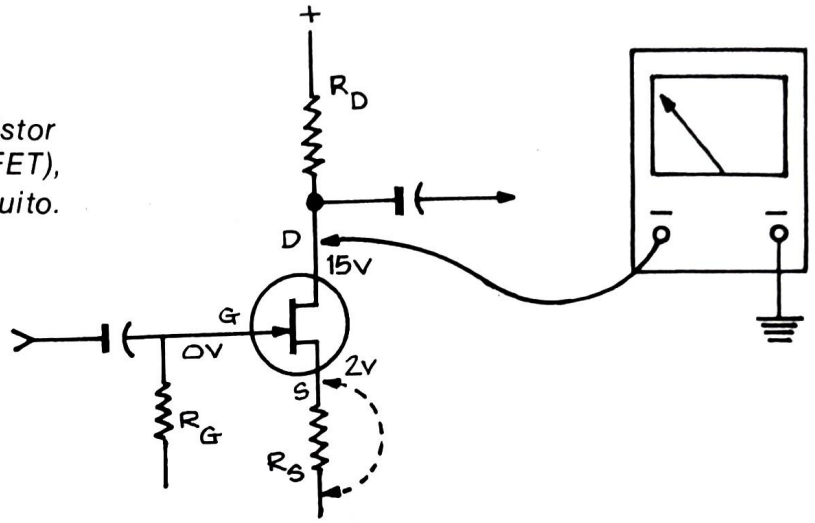


Figura 111 — *Exame de transistor de efeito de campo (FET), inserido no circuito.*

Para medir um FET fora de circuito é recomendável a disposição da figura 112. Quando a chave é fechada a polarização da porta (G) é reduzida, a corrente entre (S) e (D) diminui e a tensão entre (S)

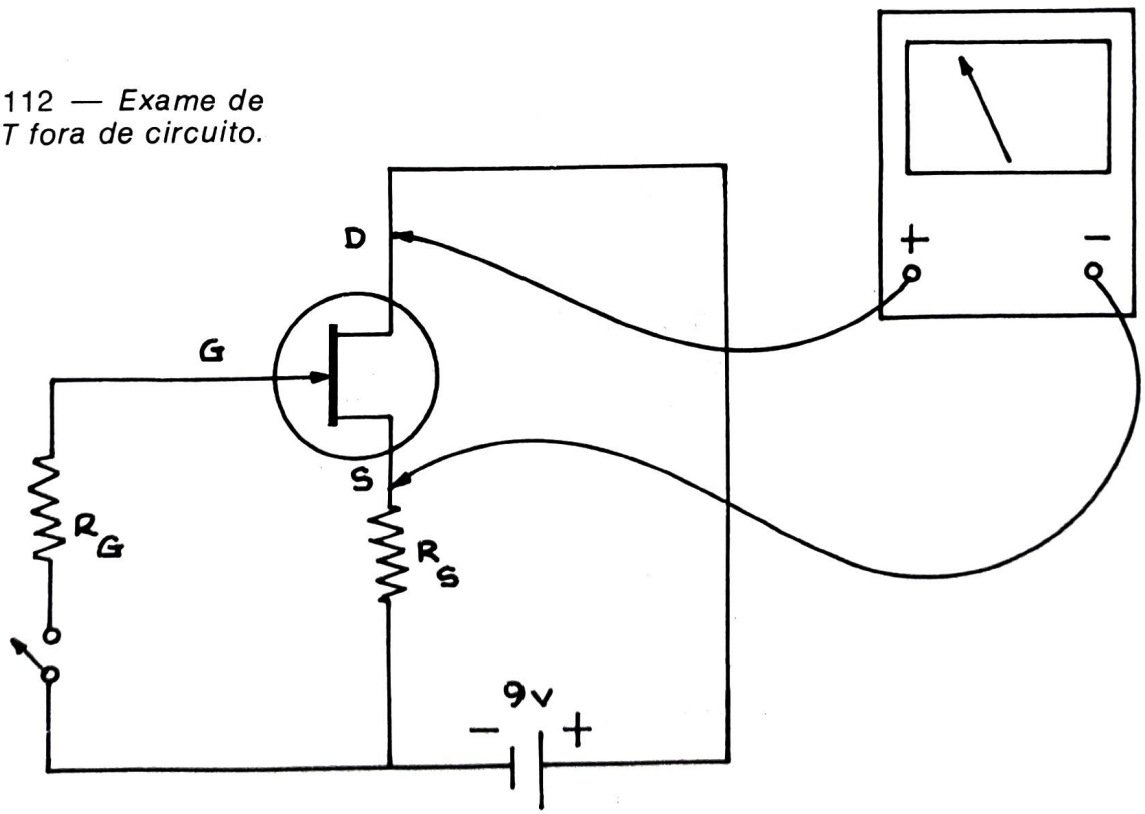


Figura 112 — *Exame de FET fora de circuito.*

e (D) aumenta. A relação entre a tensão quando a chave está aberta e fechada dá uma indicação de ganho do FET e pode, para componentes do mesmo tipo, servir para indicar qual o de maior ganho. A corrente de fuga da porta (G) pode ser determinada pela medida de tensão nos extremos de Rg com a chave fechada. A tensão deve ser próxima a zero.

Um transistor com tensão elevada nos extremos de Rg indica uma corrente de fuga elevada, e, portanto, baixo ganho. Quando se examina MOSFET com mais de uma porta, este teste deve ser repetido em cada um dos (G), separadamente.

Os transistores de 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 obedece a estas modificações, está basicamente bom. Na figura 113 temos o método indicado. Aplicam-se as pontas de prova de um V.O.M. entre o emissor e terra do semicondutor que se deseja examinar ou, então, entre coletor e emissor e observa-se a leitura da tensão indicada.

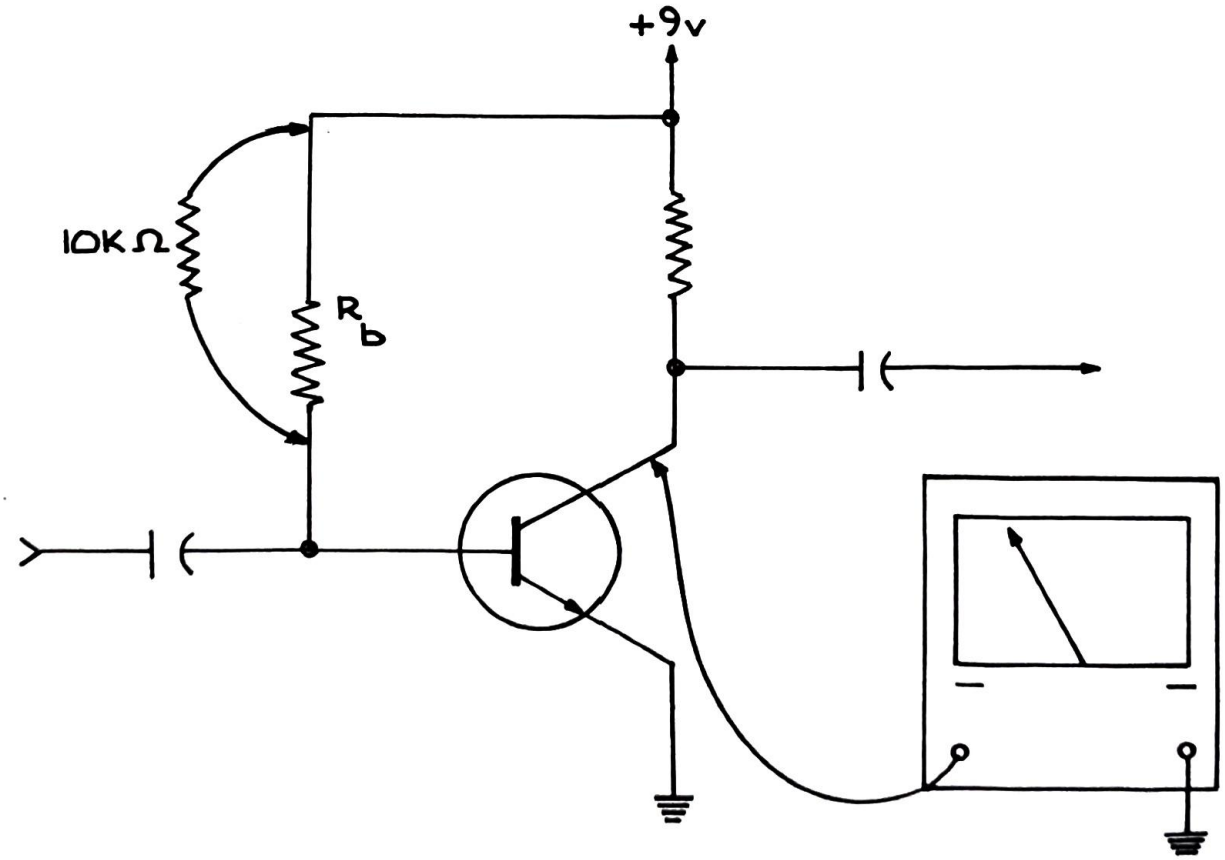


Figura 113 — *Exame de transistores de junção.*

Coloca-se, temporariamente, um resistor de 10.000 ohms entre o coletor e a base, para aumentar a polarização. O V.O.M. ligado no emissor e no terra indicará um aumento de tensão. O V.O.M. ligado

entre o coletor e o emissor indicará uma diminuição de tensão. Em ambos os casos o semicondutor estará bom.

Pontos de Diagnóstico no Receptor

Na figura 114 temos os pontos lógicos para exame de um receptor. Incidentalmente estes mesmos pontos, com ligeiras variações, podem ser adaptados para exame de outros circuitos. Ilustramos com o exemplo de um receptor por ser o aparelho mais comum com que se defrontará o leitor.

Utilizando um traçador de sinais ou o processo de injetamento de sinal, é fácil ao leitor determinar rapidamente a área que está causando problemas. Uma pesquisa mais acurada dará, então, a localização do componente responsável pelo defeito.

Um bom ponto para começar a pesquisa é, na figura 114, o indicado pelo letra (A) que tanto servirá para receptores como amplificadores. Um sinal injetado em (A) e que não provoque nenhuma resposta no alto-falante é indicativo que o defeito reside entre (A) e o falante. Se o sinal injetado em (A) provoca uma resposta no alto-falante é sinal que o defeito está situado entre a antena e o ponto (A). Na primeira hipótese, do sinal aplicado em (A) sem resposta no alto-falante, os pontos (B) e (C) servirão para definir ainda mais a localização do defeito.

Com a injeção de sinal em (G), depois de examinado o ponto (A), é possível saber se o defeito reside na região compreendida entre o transistor (emissor) T3 e o diodo D1.

Estando tudo correto injeta-se ou traça-se o sinal no ponto (F), depois (E). O sinal injetado ou traçado em (E, F, G) deve ser de valor da Freqüência Intermediária.

É possível que a seção osciladora do receptor (D) esteja defeituosa. Uma boa solução é colocar o mostrador do receptor em uma estação ao redor dos 800-900 KHz. Depois injeta-se um sinal de freqüência igual à freqüência da estação mais o valor da freqüência intermediária do receptor. Por exemplo, se a freqüência intermediária do receptor é de 455 KHz o sinal injetado em (D) deveria ser de: freqüência da estação + 455 KHz. Suponhamos que a estação é de 800 KHz. A freqüência em (D) deveria ser de 800 + 455 KHz = 1255 KHz. Se a estação estiver funcionando, e o defeito realmente for na seção osciladora, com a injeção de sinal, o receptor deveria

funcionar. Às vezes é necessário um pequeníssimo ajuste no valor da freqüência de FI ou na sintonia do receptor, para captar a estação. Isto inclusive indicará que o ajuste ou a calibragem do receptor precisa de revisão, pois é suposto a freqüência da estação estar correta e também a do gerador de sinais utilizado para a injeção de sinal em (D).

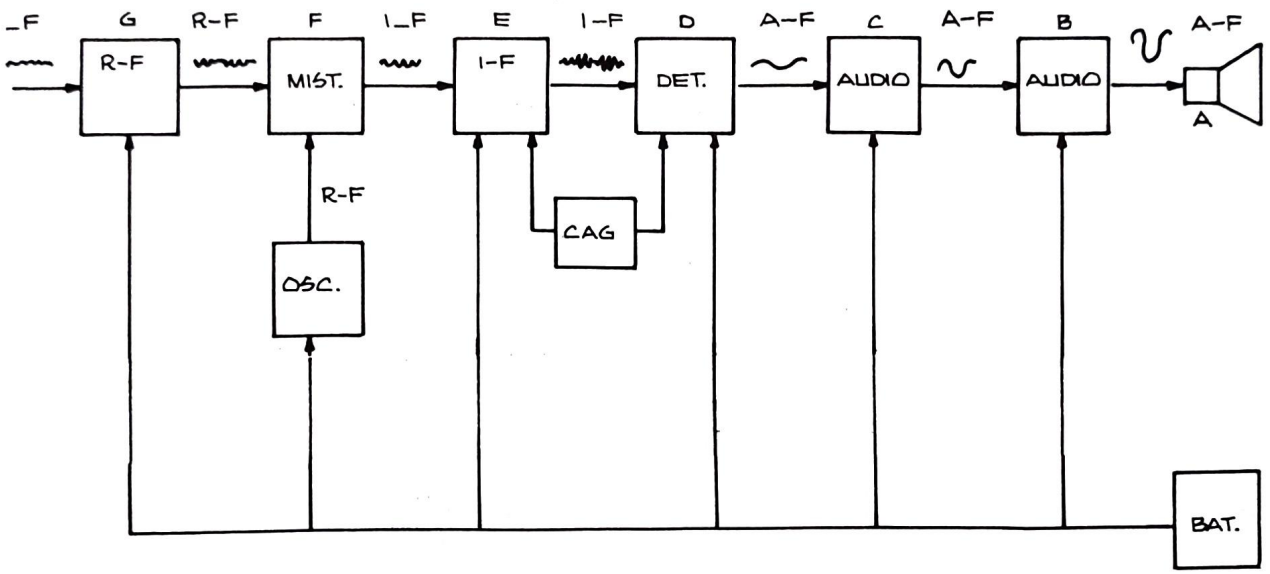


Figura 114 — *Diagrama de bloco de um receptor.*

Nos pontos (A, B, C) utilizam-se freqüências de áudio (400 ou 1.000 Hz). Nos pontos (E, F, G) utilizam-se a freqüência intermediária do receptor, modulada por 400 ou 1.000 Hz e na antena utiliza-se a freqüência, livre de interferência de estações, de preferência de ondas médias.

Para examinar se o controle automático de volume (CAV) ou controle automático de ganho (CAG) está funcionando, aplica-se a ponta de prova de um voltímetro eletrônico ou V.O.M. bem sensível, no ponto marcado CAG e a outra ponta de prova no chassi ou terra. Sintonizando as estações na faixa de ondas médias, de um extremo ao outro, será percebido que a tensão em CAG sofre variações. Isto é indicativo que o controle automático de ganho está operando.

Se após a injeção ou traçamento do sinal se encontra um estágio ou etapa que *não deixa passar o sinal*, deve-se, então, examinar a etapa com mais cuidado, procurando, pelos processos já descritos, verificar se os semicondutores estão em ordem, se os resistores não estão abertos com os valores muito acima da indicação de código que possua, se os capacitores não estão dando "passagem" ou interrompidos. Uma prova fácil para verificar se o capacitor está interrompido é colocar em paralelo com seus terminais um outro componente reconhecidamente em bom estado.

Tabela de Prováveis Defeitos

Sintoma	Causa
Pouca sensibilidade na faixa de freqüências baixas do receptor	Transistor conversor com defeito. Defeito no circuito oscilador local.
Pouca sensibilidade na faixa de freqüências altas do receptor	Transistor misturador, oscilador ou conversor, com defeito. Bobina de antena com defeito. Desajuste no circuito de sintonia.
Nenhuma recepção no lado de freqüências altas do receptor	Capacitor de passo do emissor aberto. Transistor oscilador ou conversor com defeito. Desajuste circuito-antena. Idem FI. Placas do condensador variável produzindo curto.
Recepção de uma só estação em toda a faixa	Oscilador ou conversor não funcionando. Desajuste nos estágios FI.
Não recepção no lado de baixa freqüência do receptor	Placas do condensador variável em curto. Desajuste no oscilador local.
Ruído em todas as estações	Sujeira entre as placas do condensador variável. Curto entre as placas do condensador variável. Transistor conversor ou misturador, com defeito.
Sem funcionar	Curto devido a capacitores. Capacitor do conversor ou oscilador em curto. Transistor conversor ou oscilador defeituoso. Bobina osciladora com defeito. Bobina da antena (primário e secundário) com defeito.

Sintoma	Causa
Assovio quando sintoniza	Bobina da antena defeituosa. Desajuste FI e RF. Alimentação abaixo do normal.
Sinal fraco	Capacitor de base ou coletor do transistor de FI aberto. Desajuste FI. Transistor defeituoso. Excesso de tensão no CAG.
Sem sinal	Enrolamento da base do transistor de FI, aberto. Enrolamento do coletor aberto. Transformador FI aberto. Condensador de passo de base ou coletor aberto. Transistor defeituoso.
Distorção com sinais fortes	Tensão de CAG baixa ou inexistente. Transistor defeituoso. Alteração nos resistores de polarização das bases dos transistores.
Ruído	Corrosão ou interrupção parcial nos enrolamentos dos transformadores de FI. Transistor defeituoso.
Assovios ou uivos	Capacitor de neutralização aberto. Alteração de valores nos componentes do circuito de neutralização. Capacitor CAG aberto.

Além destes pontos o leitor deve examinar os diodos, o transformador de saída (se o receptor possuir), o alto-falante, etc.

Sendo os componentes, em espécie, relativamente poucos em um circuito eletrônico de um receptor ou qualquer outro aparelho (capacitores, resistores, enrolamentos e os semicondutores) é fácil ao leitor, quando não localiza um defeito óbvio de componente defeituoso, iniciar o que se denomina "teste ponto-a-ponto" e que consiste em, paulatinamente, examinar os componentes, em circuito, começando pelos transistores e diodos, depois capacitores e finalmente resistores e enrolamentos. Antes que tenha examinado 15% do circuito, o defeito será localizado.

Exame "Força Bruta"

Este exame é recomendável para a localização de defeitos difíceis. Às vezes, na linha de montagem, a soldagem dos componentes, principalmente transistores e diodos, não é perfeita e aparentemente parece estar bem. No entanto, com o passar do tempo, com a oxidação e a vibração, o contacto se torna imperfeito e o aparelho apresenta defeito.

Com o aparelho ligado, toma-se cuidadosamente com uma pinça o componente e faz-se um pequeno movimento, para um lado e para o outro. Se houver contacto imperfeito o mesmo é logo localizado.

Lavar os contactos e a superfície dos circuitos impressos, com benzina também é uma boa prática, só que deve ser feito com o aparelho desligado, por razões óbvias.

IX — Valores dos Componentes e Parâmetros de Circuitos Clássicos

Uma Explicação

Nos manuais de transistores e diodos, assim como nos manuais de válvulas, os fabricantes fornecem os valores básicos de componentes associados aos semicondutores, para circuitos mais clássicos.

Nos circuitos de áudio, RF, FI, etc., existem valores considerados clássicos, que podem ser aplicados nas disposições da maioria dos casos. Ao publicarmos uma extensa relação destas disposições e alguns circuitos clássicos, nosso intuito foi dar ao leitor uma base para que pudesse verificar a exatidão dos circuitos sob exame e ter dados concretos que lhe permitam reconstituir circuitos ou efetuar alterações corretas.

Da figura 115 à 145 o leitor tem várias disposições com valores de resistores, capacitores e também a indicação da corrente de transistores. Da figura 146 à 154 são publicados vários circuitos mais elaborados que permitirão ao leitor ter uma orientação segura de como utilizar os semicondutores. Os transistores indicados têm substitutos e acabamos de publicar um guia de equivalências de transistores* que muito ajudará o leitor na substituição de tipos escassos por outros existentes.

---

* Guia de Substituição de Transistores, desta Editora.

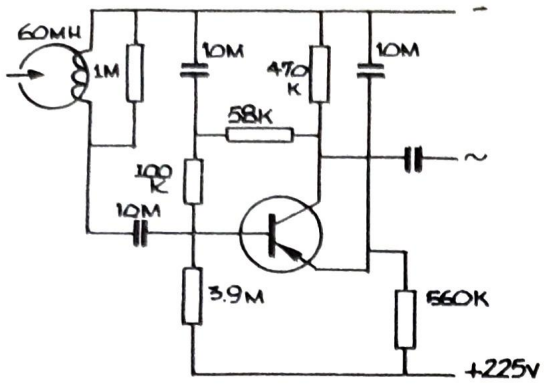


Figura 115 — *Transistores AC 107, AC 125, AC 126, AC 173, 2N2706, etc.*

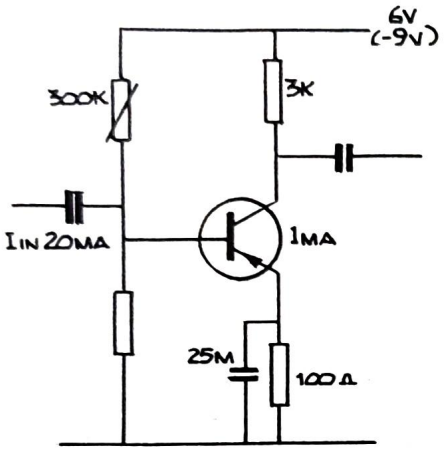


Figura 116 — *Transistores AC 108, AC 109, AC 110, AC 173, AC 128, 2N406, 2N2429, 2N506, etc.*

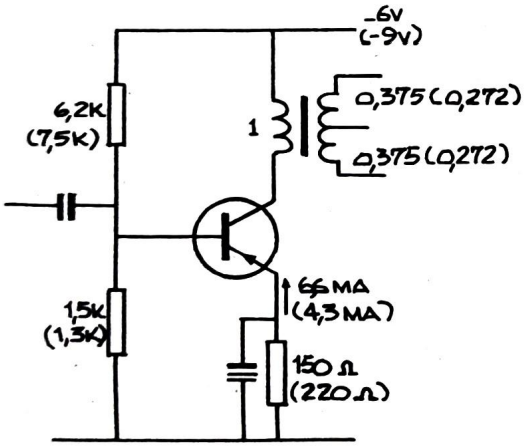


Figura 117 — *Transistores AC 116, AC 160, 2N610, 2N2429, 2SB415, etc.*

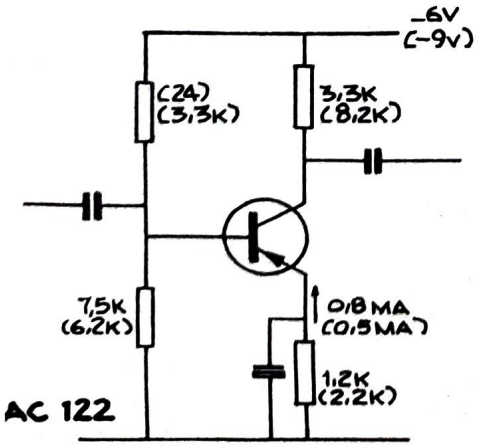


Figura 118 — *Transistores AC 122, AC 162, ECG102A, TR85, HEP G0005, etc.*

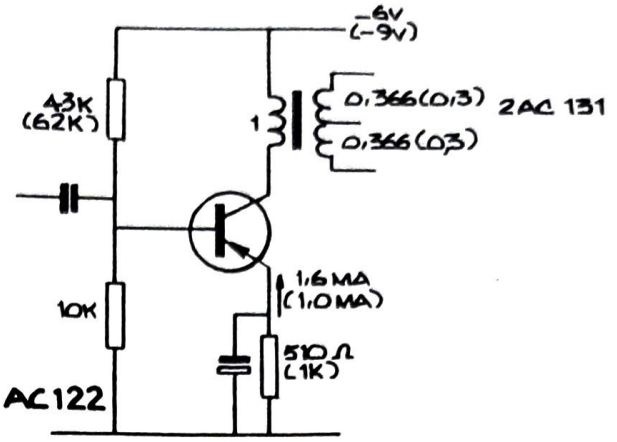


Figura 119 — *Transistores AC 122, etc.*

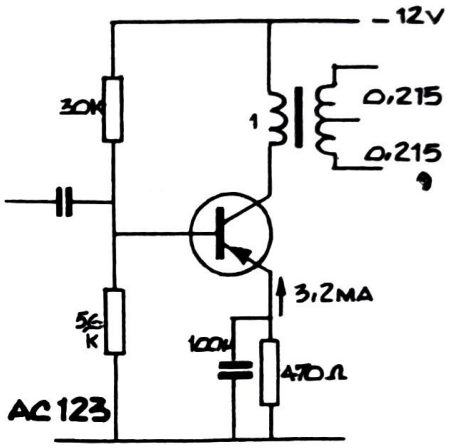


Figura 120 — *Transistores AC 123, AC 126, ASY48, 2SB75A, ECG 102A SK3004, HEOG0005, etc.*

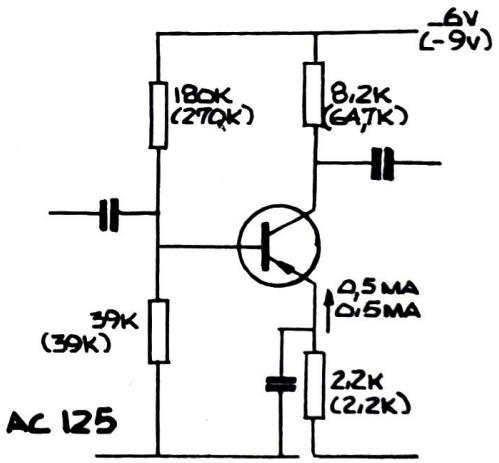


Figura 121 — *Transistores AC 125, AC 128, GE 53, etc.*

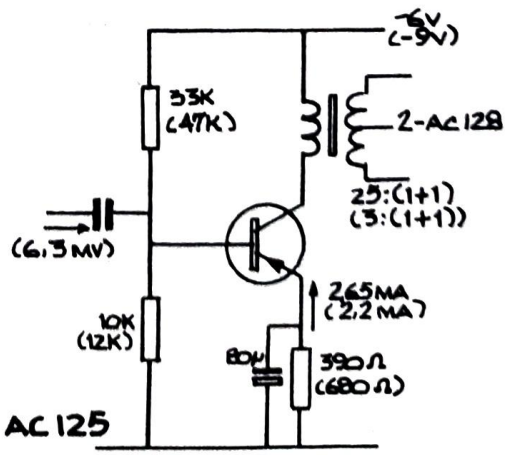


Figura 122 — *Transistores, AC 125, etc.*

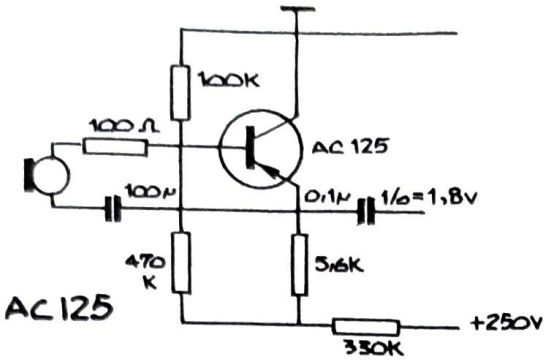


Figura 123 — *Transistores AC 125, etc.*

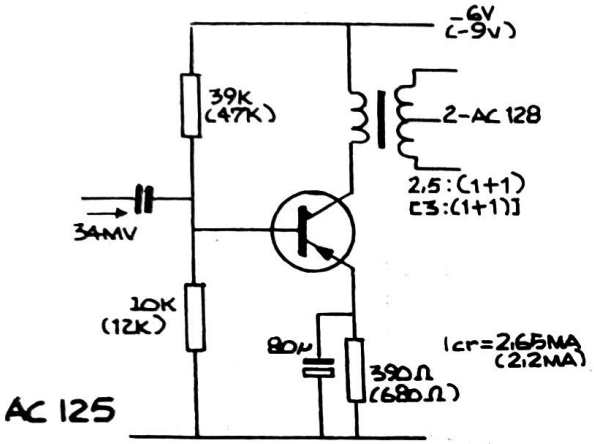


Figura 124 — *Transistores AC 125, AC 151, AC 163, 2N506, 2N2429, 2SB383, etc.*

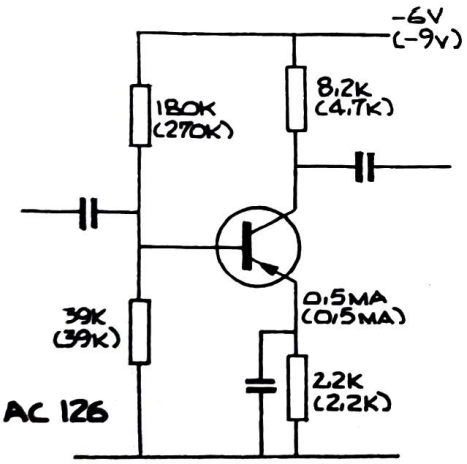


Figura 125 — *Transistores AC 126, etc.*

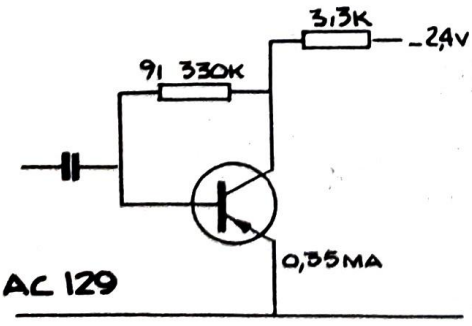


Figura 126 — *Transistores AC 129, OC 60, ECG 102A, etc.*

Figura 127 — *Transistores AC 134, AC 125, AC 151, GE 2, etc.*

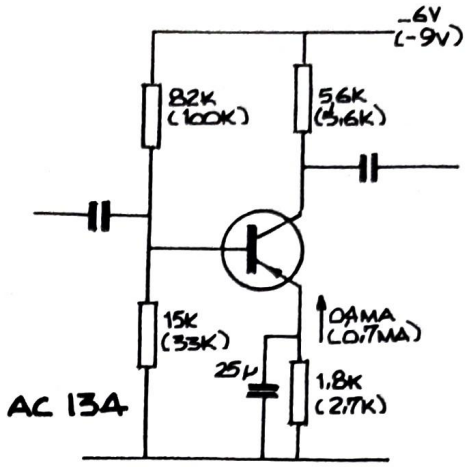


Figura 128 — *Transistores AC 135, 2N408, SN2431, etc.*

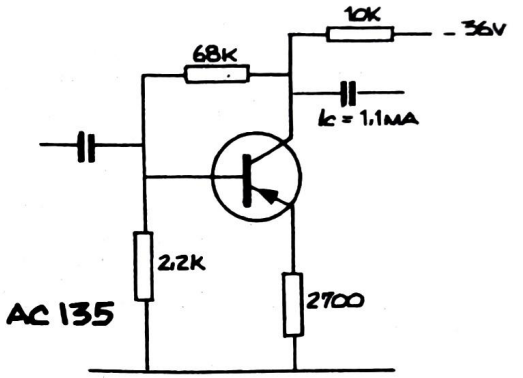


Figura 129 — *Transistores BC 130, BC 108, BC 237B, A 157, MPS 6520, etc.*

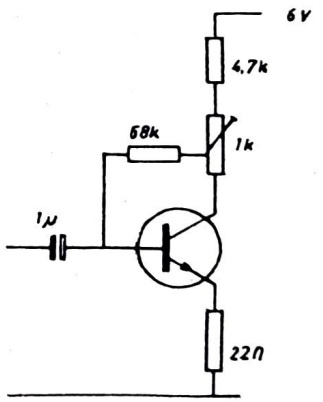
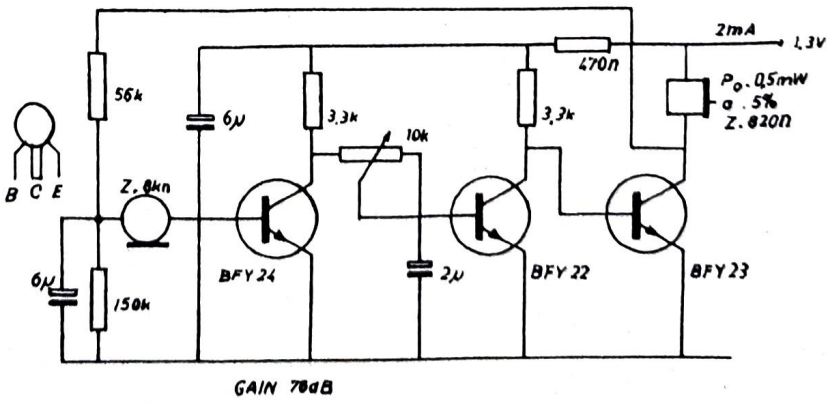


Figura 130 — *Transistores BFY 22, BC 146, 2N930, BFY 23, BF 224, BFY 24, BFY 47, etc.*



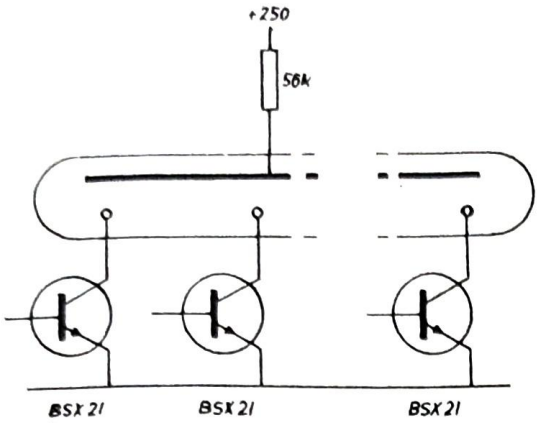


Figura 131 — *Transistores BSX 21, BFY 45, BC 394, BFY 80, 2N4390, 2N1893, 2SC857, etc.*

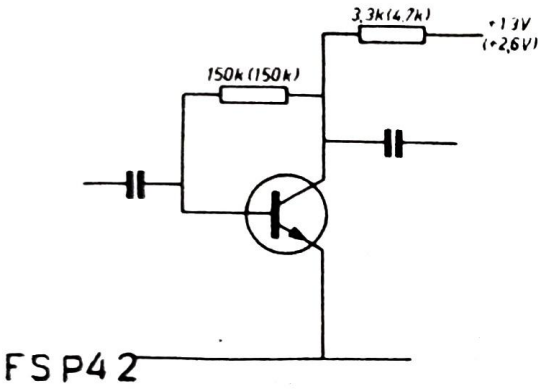


Figura 132 — *Transistores FSP42, SK3039, GE 63, TR95, etc.*

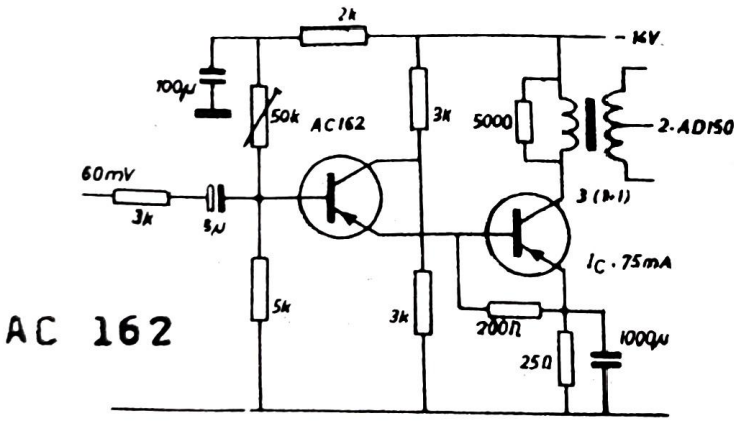


Figura 133 — *Transistores AC 162, AC 128, AC 170, 2N37, 2SB 219, etc.*

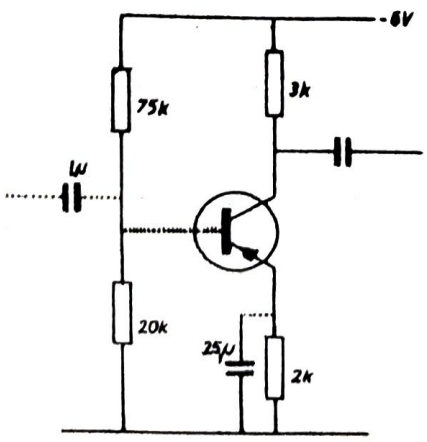


Figura 134 — *Transistores AC 171, AC 125, AC 126, 2N406, 2SB 439, etc.*

Figura 135 — *Transistores OC 57, 2N1190, 2N106, 2SB47, etc.*

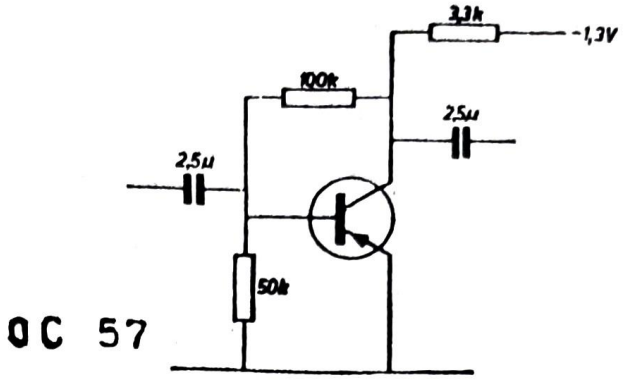


Figura 136 — *Transistores 0C 58, SK 3003, TR 85, etc.*

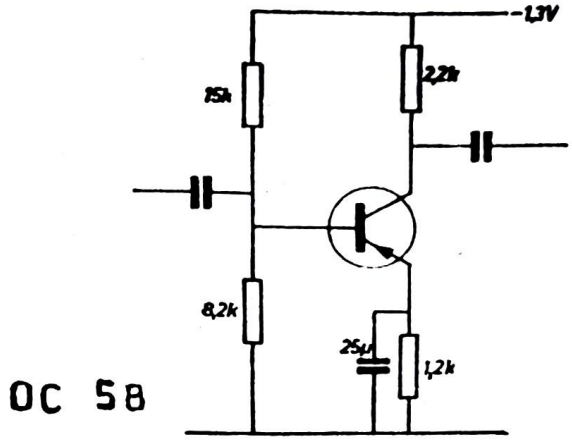


Figura 137 — *Transistores OC 59, SK 3123, AC 151, AC 129, 2SB 168, etc.*

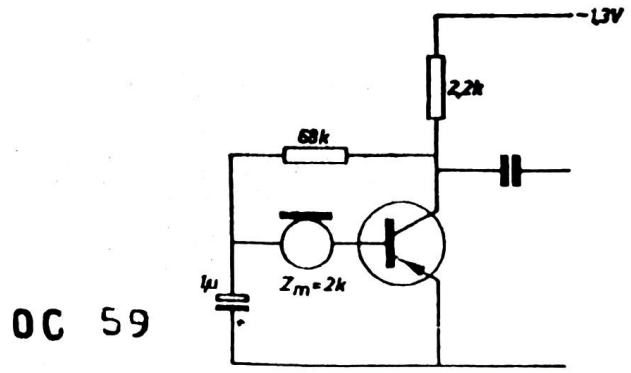
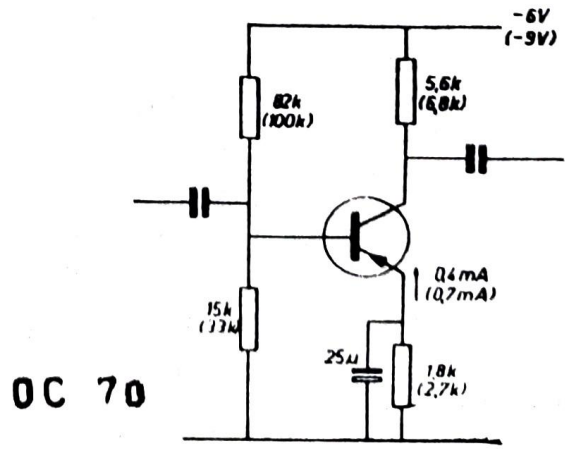


Figura 138 — *Transistores OC 70, AC 122, AC 163, 2N2429, 2SB 75, etc.*



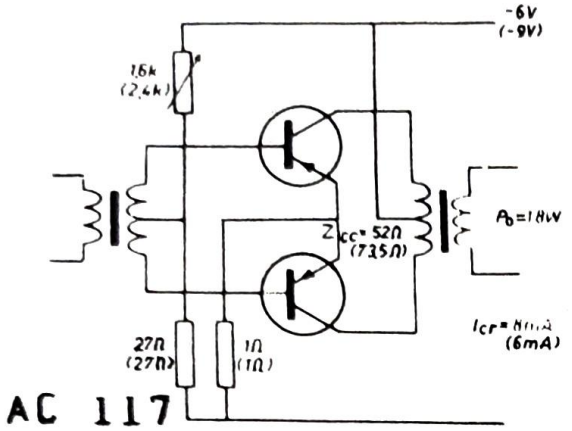


Figura 139 — *Transistores AC 117, AC 188K, SK 3004, etc.*

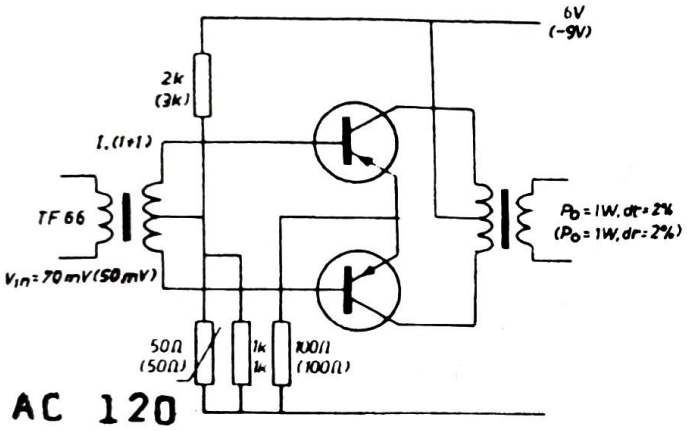


Figura 140 — *Transistores AC 120, 2N2706, 2SB 222, etc.*

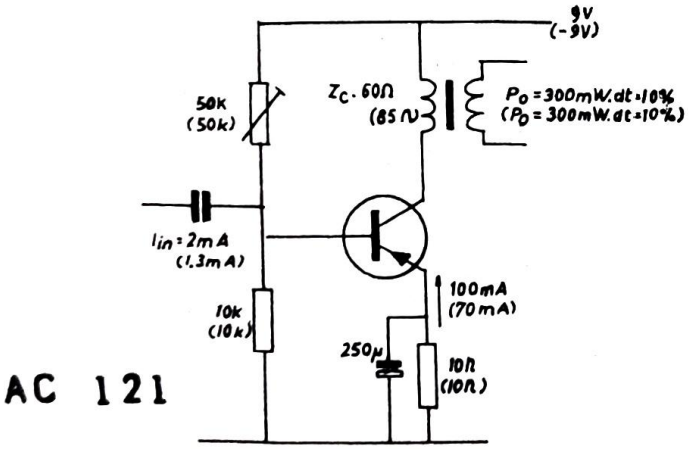


Figura 141 — *Transistores AC 121, 2N2706, etc.*

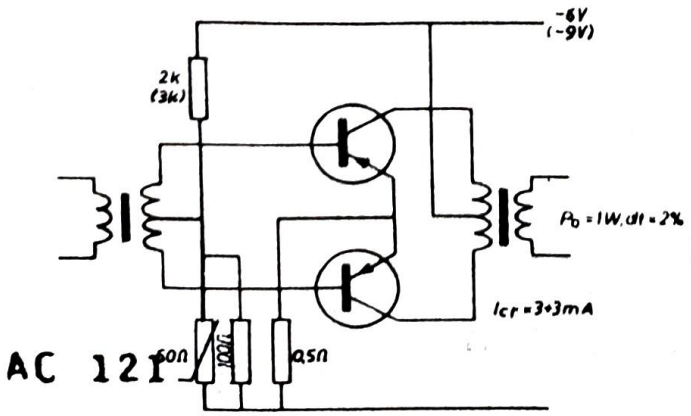


Figura 142 — *Transistores AC 121, etc.*

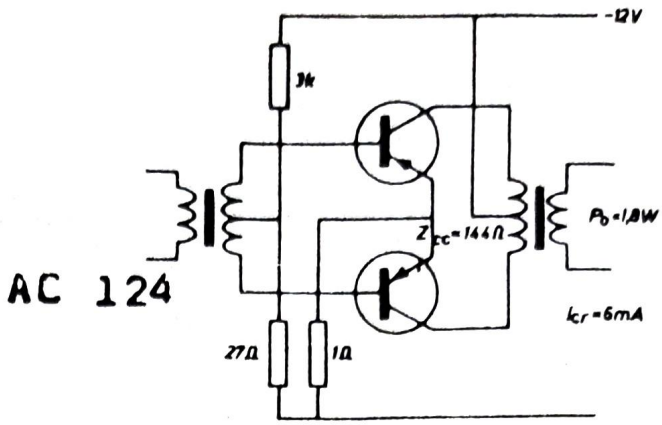


Figura 143 — *Transistores AC 124, AC 188K, 2N2431, 2SB67, etc.*

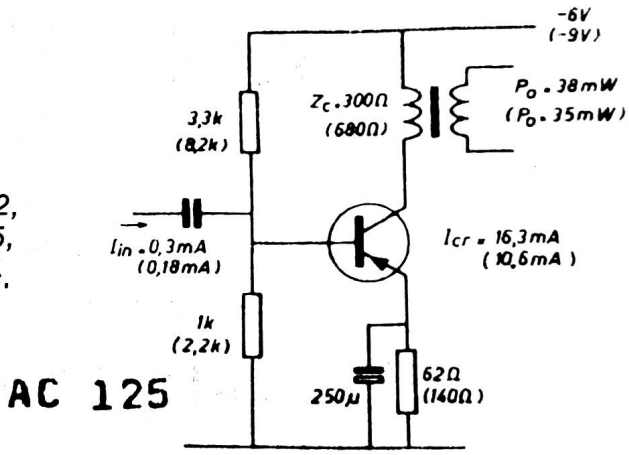


Figura 144 — *Transistores AC 125, AC 122, AC 151, 2N406, 2SB415, 2SA202, etc.*

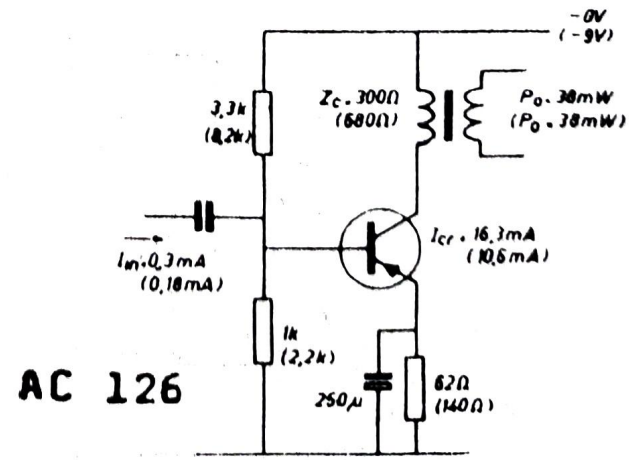


Figura 145 — *Transistores AC 126, 2N2429, 2SB383, 2SB415, etc.*

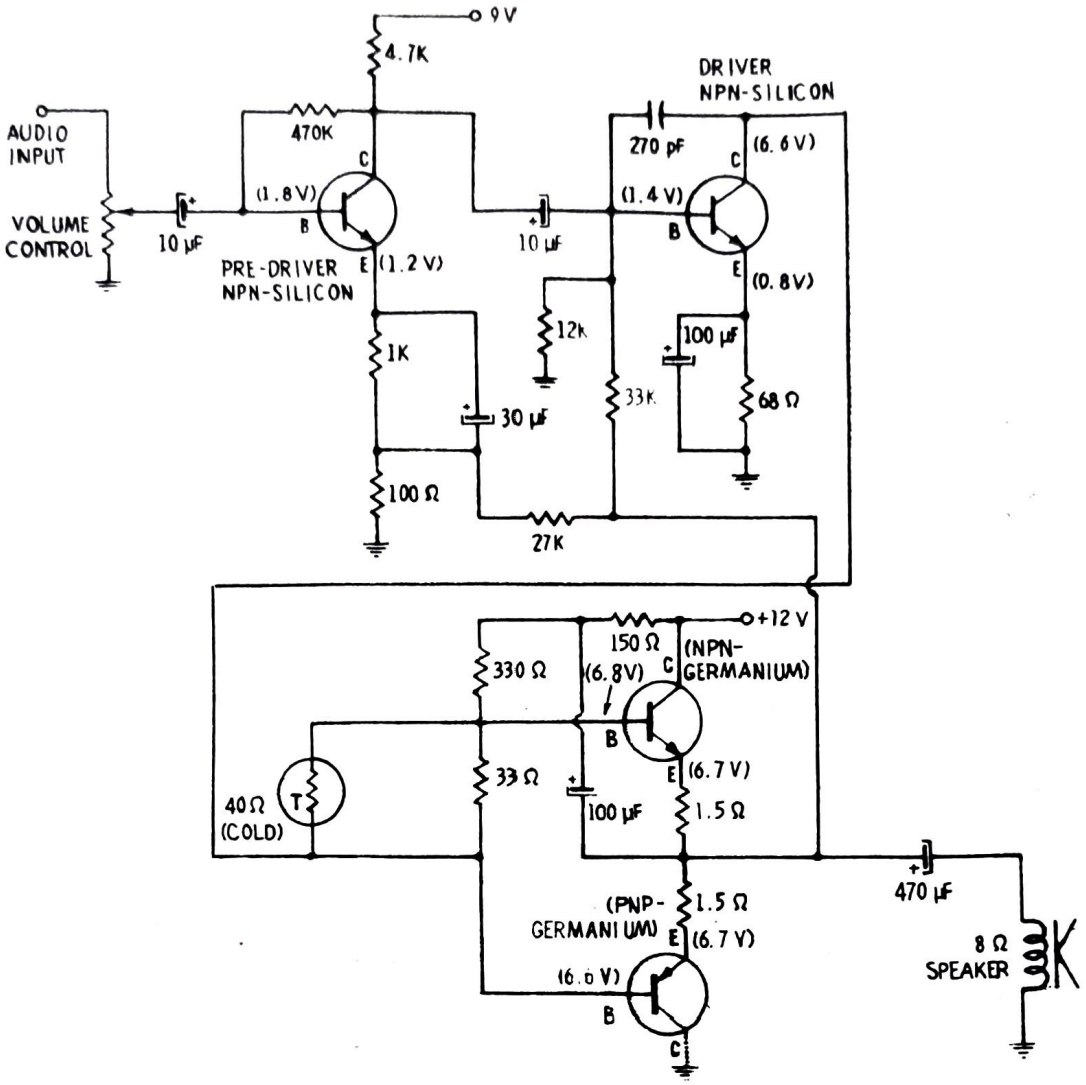


Figura 146 — *Circuito simétrico complementar.*

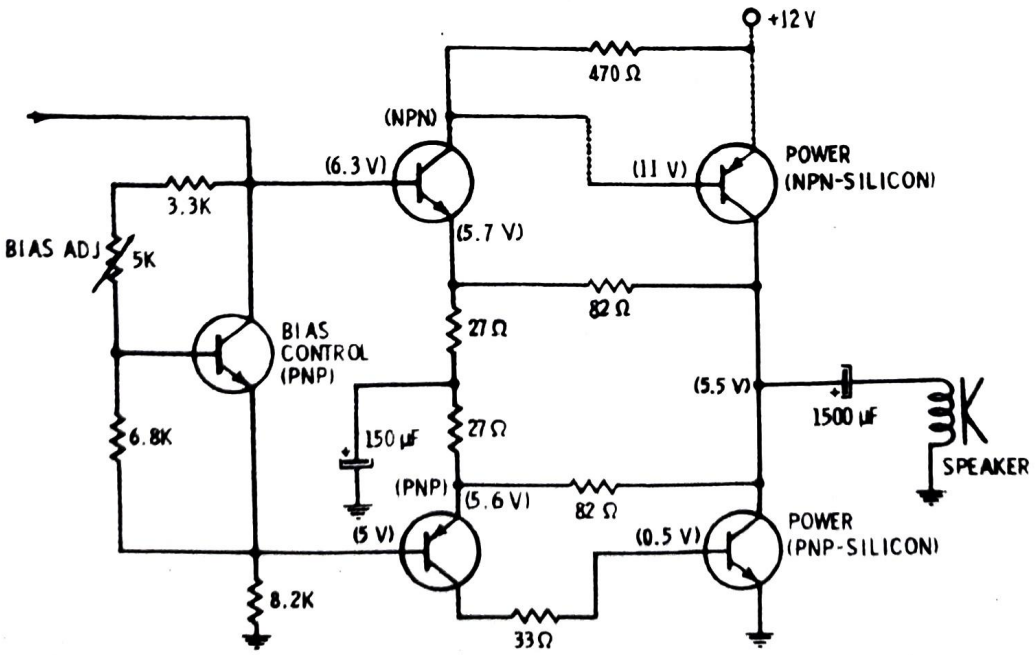


Figura 147 — *Saída classe "B" sem transformador.*

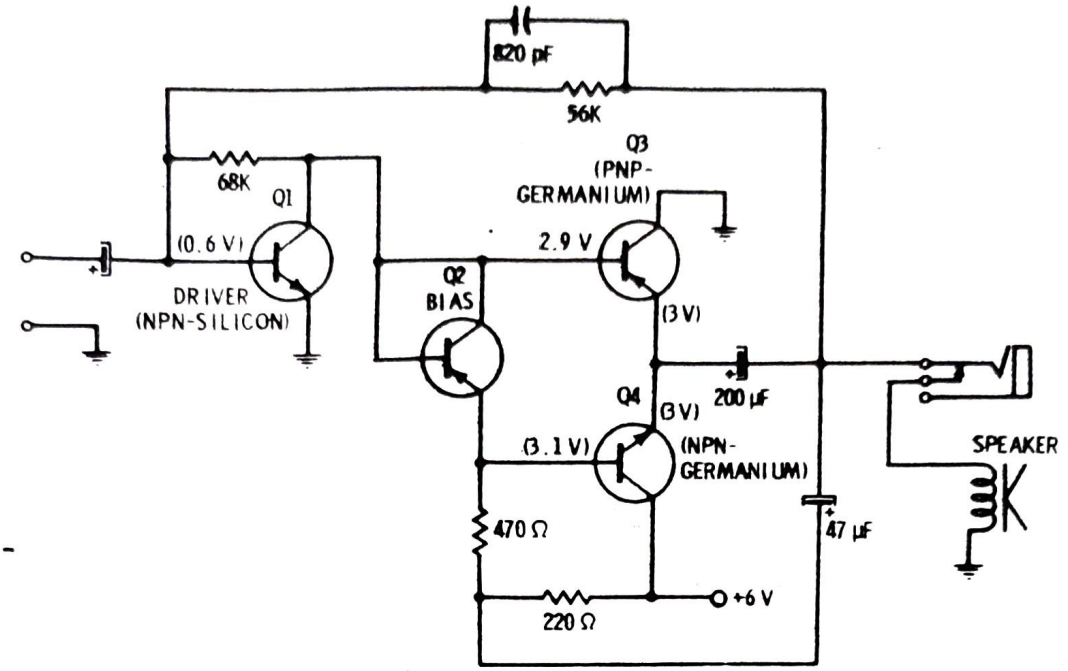


Figura 148 — *Variação de circuito simétrico complementar.*

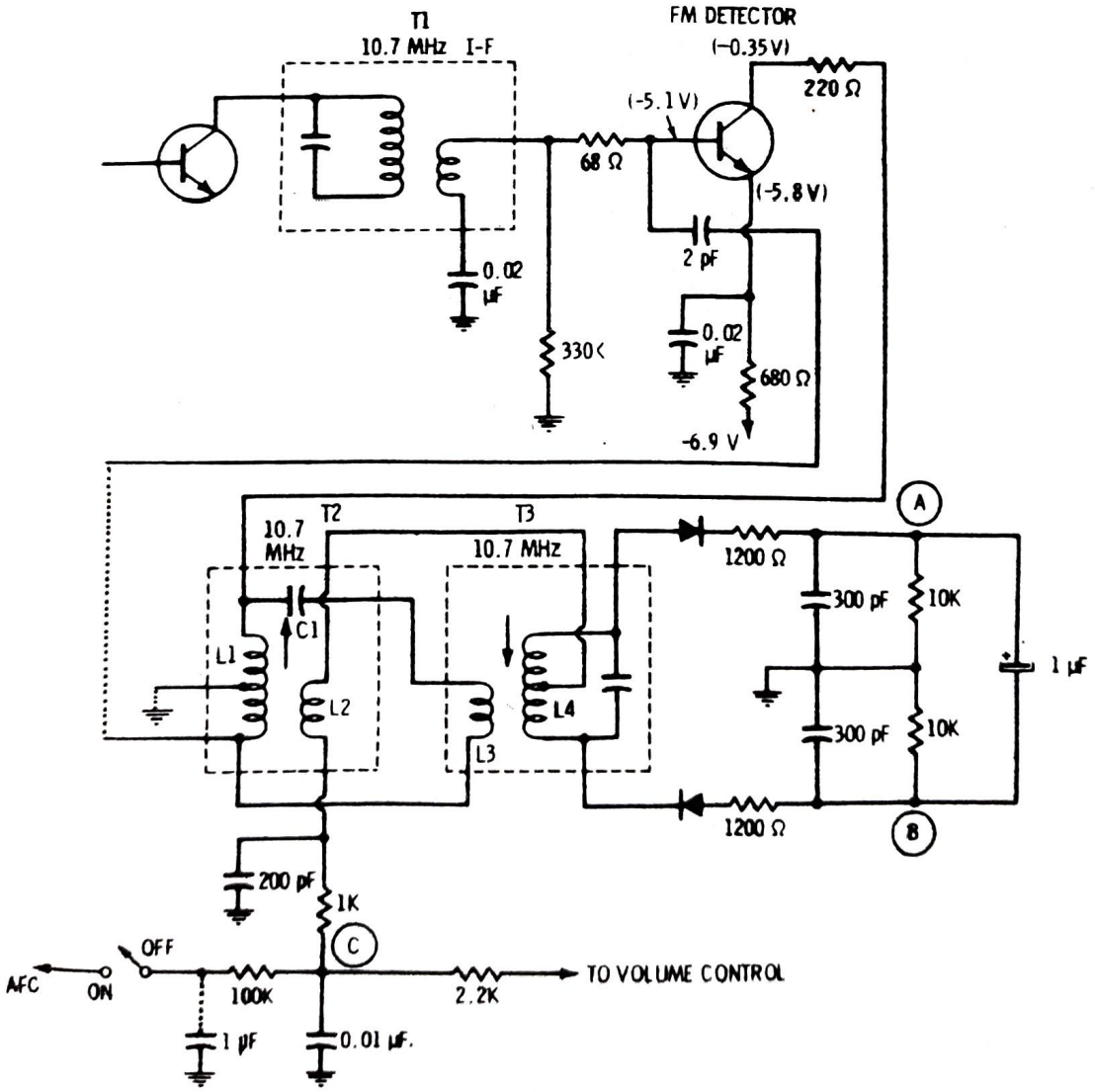


Figura 149 — *Detector FM de relação, utilizando 2 transformadores de FI.*

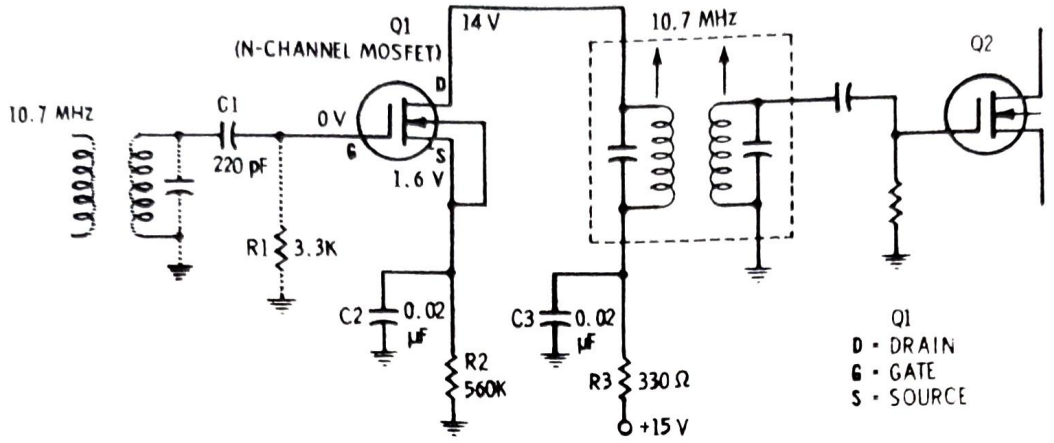


Figura 150 — *Amplificador de FI (FM) com FET.*

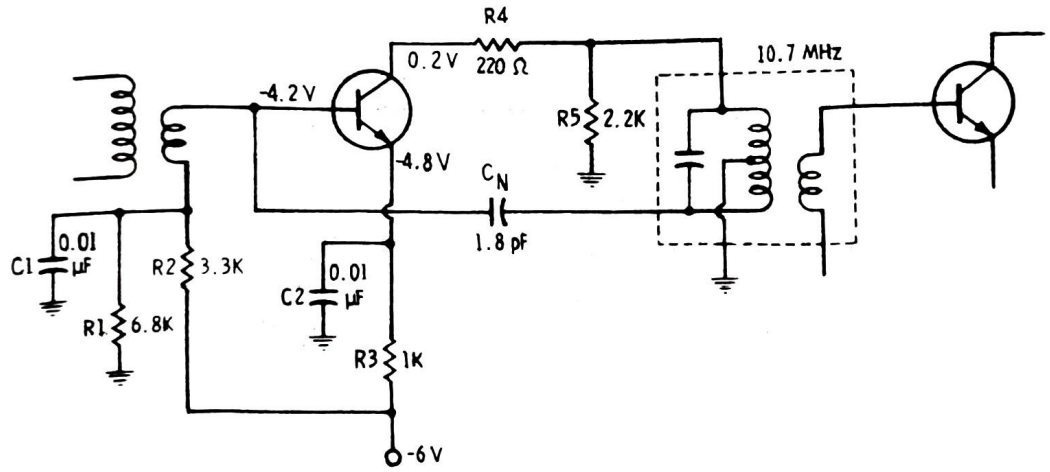


Figura 151 — *Amplificador clássico de 10,7 MHz.*

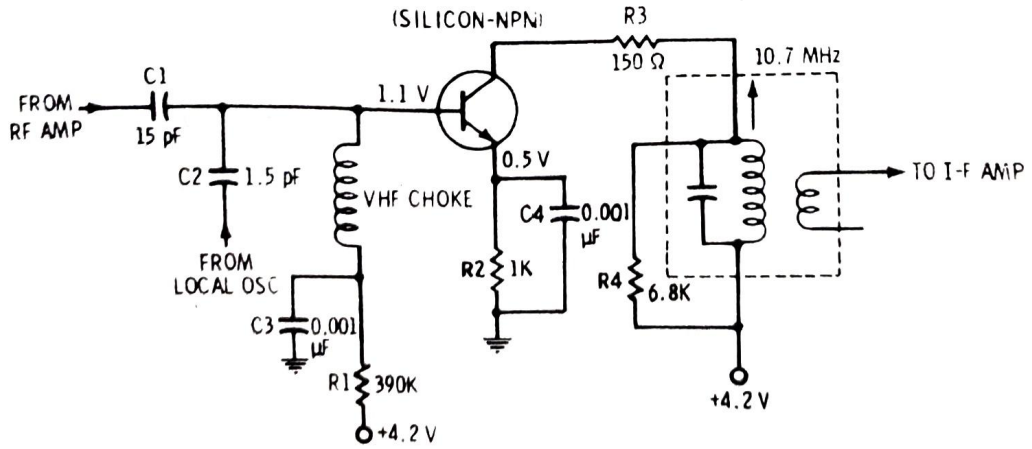


Figura 152 — *Circuito heteródino ou misturador, disposição emissor-comum.*

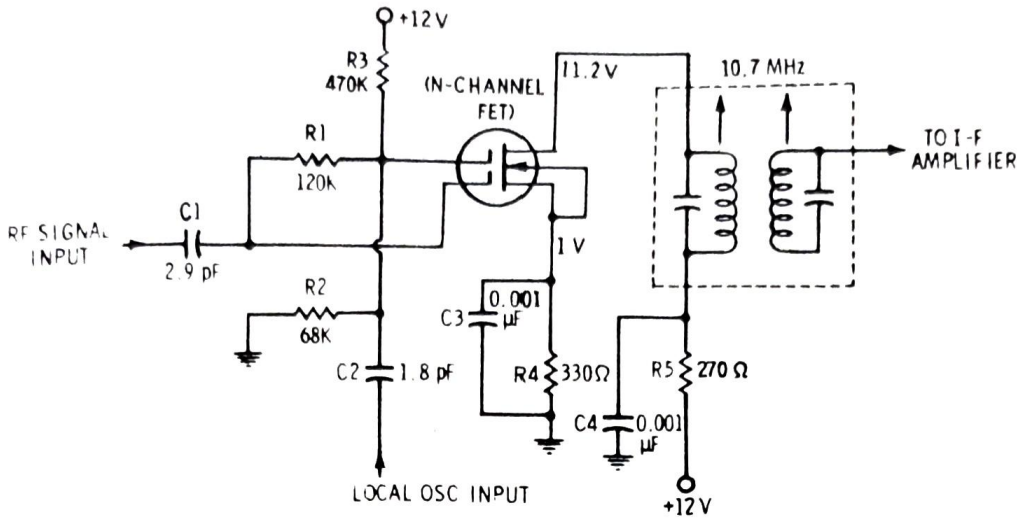


Figura 153 — *Circuito misturador com FET porta dupla.*

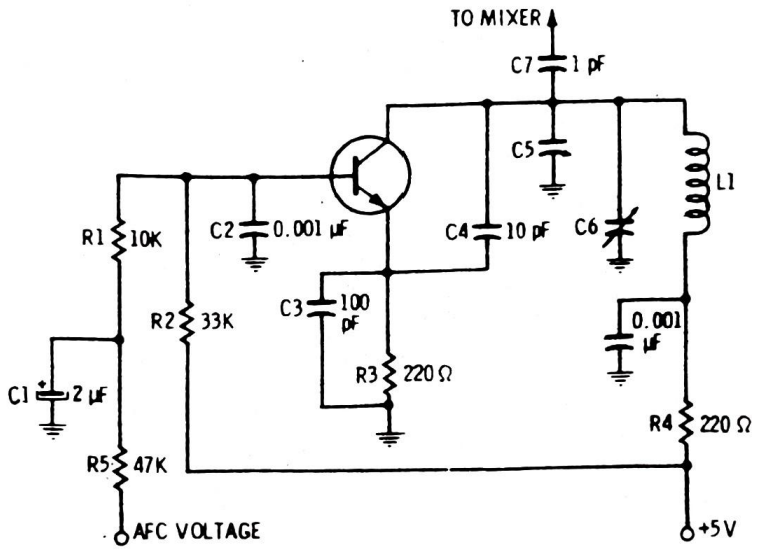


Figura 154 — *Oscilador local FM, base à terra.*



Apollon Fanzeres

Este livro é dedicado ao consertador, ao experimentador, e também aos professores de cursos técnicos e seus alunos.

Sem incorrer no equívoco de abordar excessivamente aspectos teóricos, Consertos de Aparelhos Transistorizados ***ensina a utilizar o semicondutor, aplicar processos práticos de verificação do componente e efetuar um diagnóstico rápido e correto dos prováveis defeitos.***

EDIOURO
GRUPO COQUETEL