PROJETOS DE ELETRÔNICA ③

SAIBA REALMENTE COMO FUNCIONA

RECEPTORES DE RADIOFREQÜÊNCIA

Princípios da recepção

Receptor reflexo

Receptor super-regenerativo

Receptor super-heteródino

Construção de antenas

Calibração e ajustes

Análise de defeitos e reparação

Construção prática de indutores

8 PROJETOS DE RECEPÇÃO

or T.HARA

T. HARA

RECEPTORES DE RADIOFREQÜÊNCIA

editora FITIPALDI

Caixa Postal 14641
São Paulo - SP

Direitos reservados da presente edição.
Reprodução total ou parcial é expressamente
proibida sem a prévia autorização por escrito.

Impressão W. ROTH S.A.

Printed in Brazil
Impresso no Brasil

COPYRIGHT BY
EDITORA FITTIPALDI LTDA
©1995

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a edição publicada anteriormente sobre os transmissores, resolvemos tratar nesta edição sobre os radioreceptores super-heteródinos. Escrito em linguagem simples, de forma bastante didática e com exemplos práticos e detalhados, este trabalho contribui para elevar os conhecimentos e preencher a grande lacuna nos conhecimentos dos leitores e aficionados na radiocomunicação.

Atualmente, as escolas de eletrônica têm dado ênfase à informática e os fundamentos da radiotécnica parecem estar colocados em segundo plano. Este livro destina-se especialmente aos que desejam enriquecer o conhecimento sobre os conceitos básicos de receptores de rádio, conhecimentos estes que possam auxiliar na montagem e ajustes de receptores.

Algumas dicas importantes descritas, permitirão aos nossos leitores fazerem pequenos reparos, calibrarem e montarem aparelhos de rádio receptores transistorizados. Abordamos nesta edição, diferentes formas de ligações de fios da antena de receptores portáteis, que possibilitará aos leitores identificá-los e conectá-los no circuito corretamente. Os defeitos mais comuns, do tipo fio da antena solto, ocasionado pela queda do aparelho, podem ser facilmente consertados.

Tendo visto freqüentemente, leitores que ficam sem saber o que fazer diante das dificuldades de adquirir as bobinas para a montagem de projetos de eletrônica, tratamos de descrever neste livro uma forma prática de construção caseira de bobinas, calculando valores de indutâncias, números de espiras e a espessura do fio através de tabelas.

Também procuramos subtrair as fórmulas matemáticas complexas nas explicações, com o objetivo principal de levar com eficiência e êxito, a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos nesta obra, assim o leitor poderá tirar o máximo proveito de toda a matéria.

Na parte final incluimos alguns projetos, partindo de montagens de receptores simples até os sofisticados. Esperamos que todos reconheçam que o assunto de rádio é bastante vasto e complexo, e que não é possível reunir tudo num único livro.

Esperamos também que a leitura deste livro sirva para aumentar os conhecimentos sobre os princípios de rádio, para que se possa aplicar na prática, com êxito, os frutos dos seus estudos.

T. Hara

CAPÍTULO 1

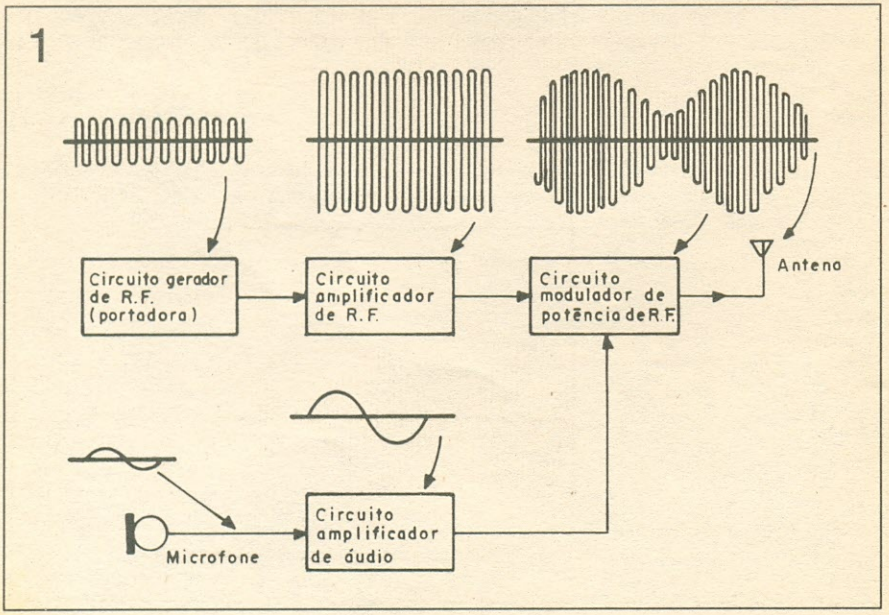
RADIORECEPTOR SIMPLES

ONDAS DE RÁDIO

Ao iniciarmos o estudo dos radioreceptores, trataremos de comentar um pouco sobre o transmissor. A comunicação de informações através da onda de rádio (Onda Hertziana), resultou da descoberta de que estas informações podiam ser superpostas em ondas portadoras para serem transmitidas a longas distâncias sem uso de fio.

Sabemos que as ondas sonoras não possuem características idênticas às das ondas de rádio. As ondas sonoras, ao se propagarem, sofrem atenuações pelo ar e não alcançam mais do que algumas centenas de metros.

O transmissor é um gerador de ondas eletromagnéticas, pertencentes às onda Hertzianas, que leva as informações em várias direções, até lugares longínquos. As ondas eletromagnéticas abrangem muitas espécies de ondas, como por exemplo Herteziana (onda de rádio), onda de Calor, onda Luminosa, onda de Raio X, onda de raio Gama, ondas Cósmicas e outras formas de energia radiante. As ondas Hertezianas se propagam pelo espaço percorrendo longas distâncias, numa velocidade de 300.000



quilômetros por segundo. Desta forma, podemos através desta onda, transportar sinais de áudio ou informações codificadas a lugares muito distantes.

A esta onda Herteziana que transporta as informações, damos o nome de Onda Portadora ou Onda Suporte. Numa estação de rádio, as mensagens são colocadas na onda portadora de um transmissor de radiofrequência que as envia pelo espaço até a antena do receptor de rádio.

Na **figura 1**, podemos ver o diagrama em blocos de um transmissor de A.M., mostrando as características dos seus sinais em suas diversas etapas.

Ao método de colocar, modificar, incutir a mensagem ou informações, seja voz humana, música ou sinais codificados na onda portadora, damos o nome de **MODULAÇÃO**.

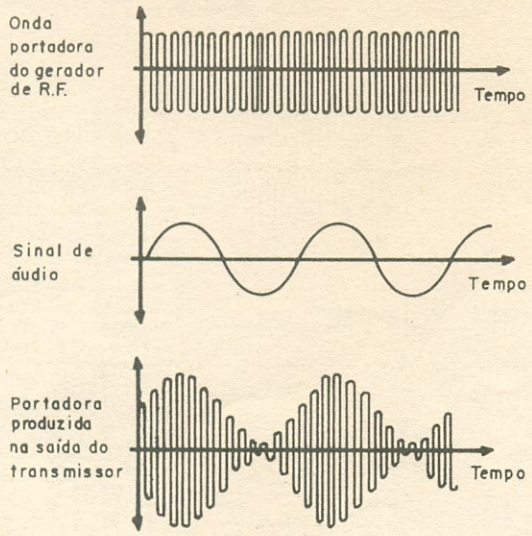
Existem vários métodos de modulação de uma onda portadora de radiofrequência. Citaremos os mais comuns empregados na radiocomunicação: **Modulação em Amplitude (AM) e Modulação em Frequência (FM)**.

Se observarmos cuidadosamente os sinais mostrados na **figura 2**, notaremos que a variação do sinal produzida na portadora é exatamente o sinal de áudio, que envolve esta onda. Podemos ainda notar que a portadora modulada possui dois sinais de áudio, envolvendo a onda portadora modulada, defasados de 180 graus, isto significa que temos os sinais opostos um do outro.

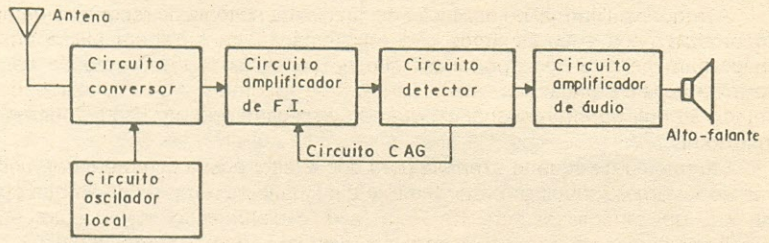
Na telecomunicação necessitamos apenas de uma das informações de áudio. O aparelho receptor de AM possui um circuito detector que se incumbe de eliminar uma das partes do sinal.

Quando uma onda modulada enviada pelo transmissor é captada pela antena do radioreceptor, esta será sintonizada e transformada novamente pelo aparelho e, depois

2



3



de sucessivas transformações, será reproduzida, exatamente como foi produzida no microfone da estação transmissora.

O radioreceptor é formado basicamente por três etapas principais: Circuito Sintonizador, Circuito Detetor e Etapa Amplificadora de Áudio. Na **figura 3**, está mostrado o diagrama em blocos do circuito receptor básico.

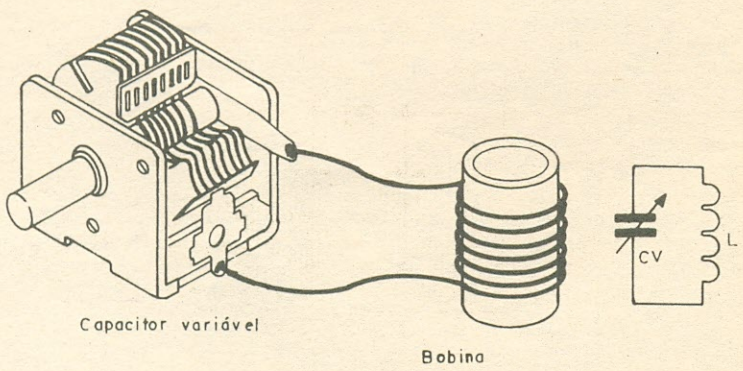
CIRCUITO SINTONIZADOR

Pressupomos que o leitor já conheça o fenômeno de ressonância num circuito L.C., e já vimos que o circuito sintonizador seleciona a estação desejada, variando a frequência natural do circuito L.C. de modo a colocá-lo em ressonância com a frequência transmitida pela estação tansmissora. Vejamos então, quais os fatores que determinam a frequência natural de oscilação do sintonizador do receptor.

A bobina e o capacitor colocados em paralelo, conforme está mostrado na **figura 4**, forma um circuito de sintonia.

Se examinarmos o circuito, veremos que o sintonizador é constituído de uma bobina e de um capacitor variável, e estes dois componentes produzem um determinado efeito elétrico no circuito, quando são percorridos por uma corrente elétrica. O efeito

4



elétrico produzido na bobina chamamos de indutância, e o efeito do capacitor de capacitância.

A frequência natural de oscilação do circuito de sintonia do receptor é determinada pelo produto de L e C. Digamos que uma estação transmissora utiliza um circuito idêntico para gerar a onda portadora que emite, e cuja a frequência de operação é determinada pelo produto dos valores de L e C do transmissor. O sintonizador do circuito receptor, só entrará em ressonância quando o resultado do produto LC for igual ao do transmissor.

Faremos um pequeno exemplo para que o leitor possa compreender melhor este fenômeno. Vamos atribuir um valor 5 a L, e 2 a C, então o produto de ambos os valores de L x C do transmissor será 10. Para fazer o sintonizador do receptor entrar em ressonância com a estação, isto é, para sintonizá-lo, podemos fazer L igual a 2, e C igual a 5, ou L igual a 2,5, e C igual a 4, resumindo, quaisquer valores, desde que o produto de L e C seja igual a 10.

Desta forma verificamos que, se alterarmos o valor de qualquer um dos elementos do circuito L e C, seremos capazes de sintonizar uma outra estação desejada, para isto, precisamos de um meio para fazer variar o valor de L ou de C, ou ambos, de forma que o valor do produto de L e C seja igual ao da estação escolhida. Embora existam receptores que variam o valor de L, o sistema mais prático empregado é variar o valor de C por meio de um capacitor variável.

RECEPTOR ELEMENTAR

Conforme foi descrito anteriormente, sabemos que o sinal transmitido pela estação transmissora de AM (portadora modulada) leva dupla informação de áudio envolvente, defasadas de 180 graus.

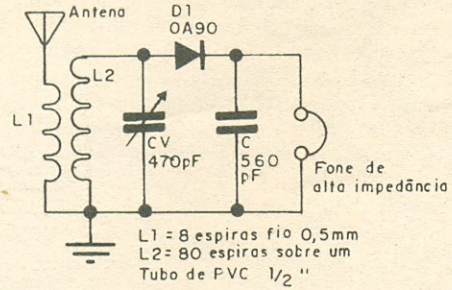
Suponhamos que uma onda portadora de amplitude modulada (AM), seja selecionada pelo circuito sintonizador de um radioreceptor e este sinal seja aplicado a um fone de alta impedância, com a finalidade de reproduzir o sinal de áudio presente na portadora. Qual seria o seu resultado? Simplesmente o sinal de áudio não seria reproduzido. Por que isto acontece?

O sinal de áudio não poderia ser reproduzido pelo fone de ouvido pelos seguintes fatores:

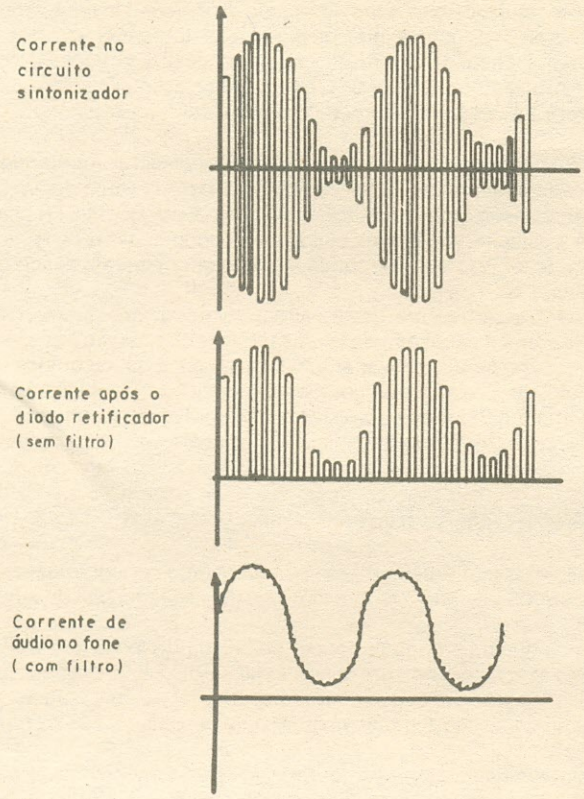
O primeiro, é que a onda portadora é inaudível.

O segundo, é que as informações de áudio contidas na portadora, estando

5



6



defasadas de 180 graus uma da outra, quando as duas correntes de áudio se juntam no reprodutor (fone de ouvido), ambas se anulam.

Qual é então a solução? A solução para este caso é utilizar um circuito que elimina uma das partes do sinal de áudio contido na onda portadora modulada. Para solucionar este inconveniente, acrescentamos um diodo retificador e um capacitor de filtro no circuito sintonizador (**figura 5**).

O sinal modulado proveniente do sintonizador é retificado pelo diodo, que deixa passar somente a metade positiva do sinal da onda portadora modulada. Esta etapa funciona de modo semelhante a um circuito retificador de meia onda utilizado numa fonte de alimentação.

O capacitor serve para filtrar a corrente retificada pulsante de RF modulada, resultando numa corrente variável de audiofreqüência, que é exatamente o sinal envolvente contido na onda portadora modulada. O sinal presente após o circuito detector pode ser aplicado a um fone de alta impedância para ser efetivamente reproduzido.

Na **figura 6**, estão mostrados os respectivos sinais do circuito receptor do tipo "galena". Na prática, este tipo de receptor apresenta uma baixíssima sensibilidade, e o

sinal da estação só poderá ser ouvido se o receptor estiver localizado muito próximo da estação transmissora. Existe hoje em dia, inúmeras publicações de radioreceptores ultra simples, de boa sensibilidade e de custo relativamente baixo. Estes receptores são conhecidos como super-regenerativos.

RADIORECEPTOR REFLEXO

O receptor reflexo na essência, podemos considerar como sendo um receptor regenerativo. É chamado de receptor regenerativo por restituir parte do sinal amplificado na saída, injetando-o na entrada do circuito com a finalidade de amplificar novamente, através de um circuito de realimentação regenerativa.

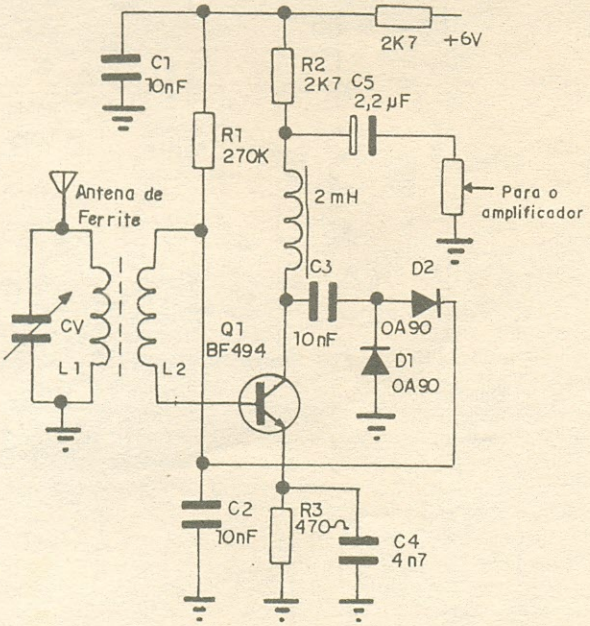
O receptor reflexivo possui uma boa sensibilidade para a recepção das estações da faixa de Ondas Médias locais.

Na **figura 7** está mostrado o circuito do receptor reflexo.

Vejamos como o circuito receptor reflexo funciona. O circuito ressonante formado pelo capacitor variável CV e pela bobina L1, sintoniza a estação desejada. Este sinal é transferido para o enrolamento L2 por indução, sendo amplificado pelo transistor Q1.

O sinal amplificado presente no coletor do transistor encontra um choque de filtro de RF, que impede que o sinal amplificado de radiofrequência modulada flua para o resistor R2, entretanto, este choque de filtro não oferece resistência para o sinal de audiofreqüência fluir no circuito. O sinal de radiofrequência modulada presente no coletor do transistor amplificador é enviado ao circuito detector de áudio através do capacitor C3. O circuito detector é formado por dois diodos retificadores de germânio (D1 e D2).

7



O capacitor C2, tem como função filtrar a corrente pulsante de radiofrequência modulada, transformando-a somente em sinal de áudio.

Como podemos ver, este sinal de áudio demodulado retorna até a base do transistor através do enrolamento da bobina L2.

Este sinal de áudio é amplificado novamente pelo transistor, proporcionando um reforço na corrente de áudio circulante no coletor.

Como o choque de RF apresenta baixa resistência para a corrente de áudio, esta fluirá livremente pelo resistor de carga R2, produzindo uma queda de tensão proporcional à variação do sinal de áudio captado pela antena do receptor.

O sinal de áudio presente no resistor R2, é retirado através do capacitor C5, e posteriormente, aplicado ao circuito amplificador de áudio.

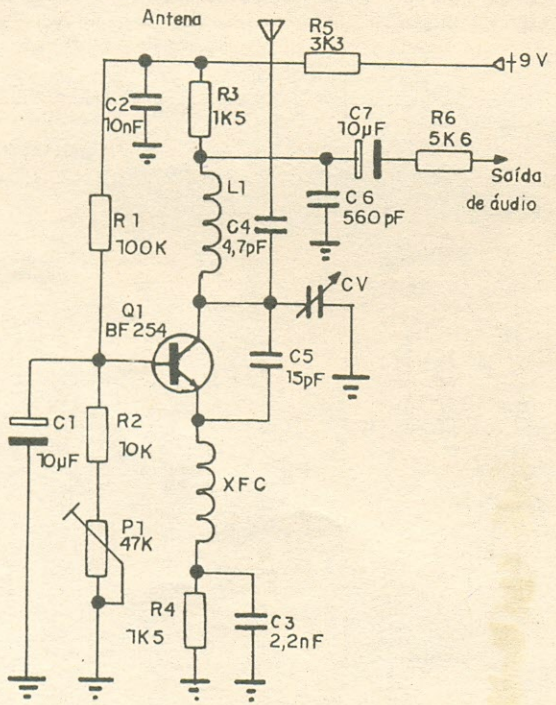
RECEPTOR SUPER-REGENERATIVO

Vejamos como funciona um circuito receptor super-regenerativo.

Os receptores super-regenerativos, são largamente utilizados nos receptores de modelos reduzidos de rádio controle e walkie-talkies de pequeno alcance.

Quando este tipo de receptor é bem dimensionado, pode apresentar uma extraordinária sensibilidade. O circuito receptor super-regenerativo pode ser montado em

8



diversas configurações, para funcionar nas diversas faixas de rádio comercial, desde a faixa de OM até a de FM.

A sua construção é extremamente simples e barata. Entretanto, os receptores regenerativos possuem baixa seletividade na sintonia das estações de radiodifusão. Na **figura 8**, está mostrado o circuito básico do detector regenerativo da faixa de VHF. Conforme podemos ver na figura, o circuito regenerativo possui semelhança com um circuito oscilador cujo transistor está configurado em base comum. Isto, pelo fato de que o sinal de alta frequência presente na base do transistor está aterrado pelo capacitor C1.

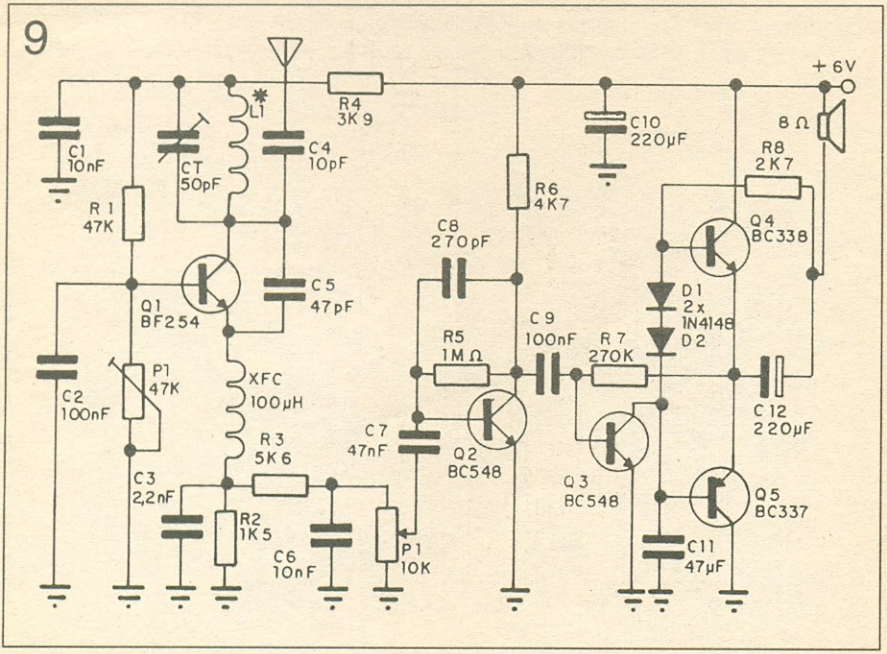
O receptor super-regenerativo basicamente é um oscilador que possui baixa amplitude de oscilação do sinal.

Por quê o receptor super-regenerativo produz um intenso chiado na ausência do sinal da estação transmissora? Vejamos porque.

Quando o circuito é alimentado, o transistor é percorrido por uma corrente e produz uma intensa oscilação. Esta corrente de oscilação produz queda de tensão sobre o resistor de emissor R4, carregando o capacitor C3. Com o capacitor C3 carregado, o emissor do transistor Q1 torna-se mais positivo, e isto faz com que a base do transistor se torne mais negativa em relação à tensão do emissor, produzindo a interrupção da oscilação. Neste momento, desaparece também a queda de tensão sobre o resistor R3, e o capacitor C3 descarrega-se sobre o R4, e como o circuito está alimentado pelo CC, o circuito volta a oscilar novamente.

O ciclo se repete indefinidamente enquanto perdurar a alimentação do circuito. Esta regeneração ocorre exatamente no limiar da condução e corte do transistor, cuja polarização é determinada pelo divisor resistivo, formado por R1, R2 e P1. Esta pequena corrente circulante do limiar da condução do transistor, produz uma oscilação de interrupção compreendida entre 60 a 80 KHz. O batimento da mistura de várias frequências harmônicas, gera ruídos intensos com características de chiados.

9



O chiado característico apresentado na saída de áudio, serve na prática para comprovar se o receptor está ou não funcionando. Este chiado característico, normalmente desaparece por total quando o circuito receptor captar algum sinal de uma estação transmissora.

O circuito receptor regenerativo funciona como um conversor de um radioreceptor super-heteródino.

Vejamos como o receptor super-regenerativo detecta um sinal de áudio.

Quando a antena capta um sinal vindo de uma estação emissora coincidente com a frequência de oscilação do receptor, elas se misturam e produzem um fenômeno de batimento entre ambas. O batimento corresponde à subtração entre as duas frequências presentes no circuito, isto é, a frequência gerada pelo circuito subtraída da recebida pela antena. Como as duas são coincidentes, a mistura destes sinais, resulta numa terceira frequência mais baixa, que é o sinal de áudio.

Com o fenômeno de batimento, uma das duas situações pode ocorrer: a subtração ou a adição dos sinais. Para podermos explicar estas duas situações, suponhamos que um sinal captado pela antena seja de 1 015 000 Hz, e a frequência do oscilador local do receptor de 1 000 000 Hz.

No primeiro caso (a subtração), temos: 1 015 000 - 1 000 000 = 15 000 Hz.

Já no segundo caso (a adição), temos: 1 015 000 + 1 000 000 = 2 015 000 HZ.

Desta forma, o leitor perceberá que na primeira situação, o sinal resultante é exatamente a frequência de áudio correspondente ao enviado pela estação transmissora.

No segundo caso temos o sinal de RF de 2 015 000 Hz, sendo um sinal inaudível.

O sinal resultante de audiofreqüência do batimento fluirá pelo circuito livremente, produzindo no resistor de carga R3, queda de tensão variável proporcional ao sinal de áudio. O sinal de áudio presente no resistor R3 é enviado ao circuito amplificador de áudio através do capacitor C7.

Em virtude da limitação do receptor funcionar através de um único transistor, há a necessidade de adicionar um pré-amplificador de sinal para aumentar a sensibilidade antes de aplicá-lo a um amplificador de potência de audiofreqüência.

Na **figura 9**, está mostrado um circuito receptor super-regenerativo da faixa de VHF.

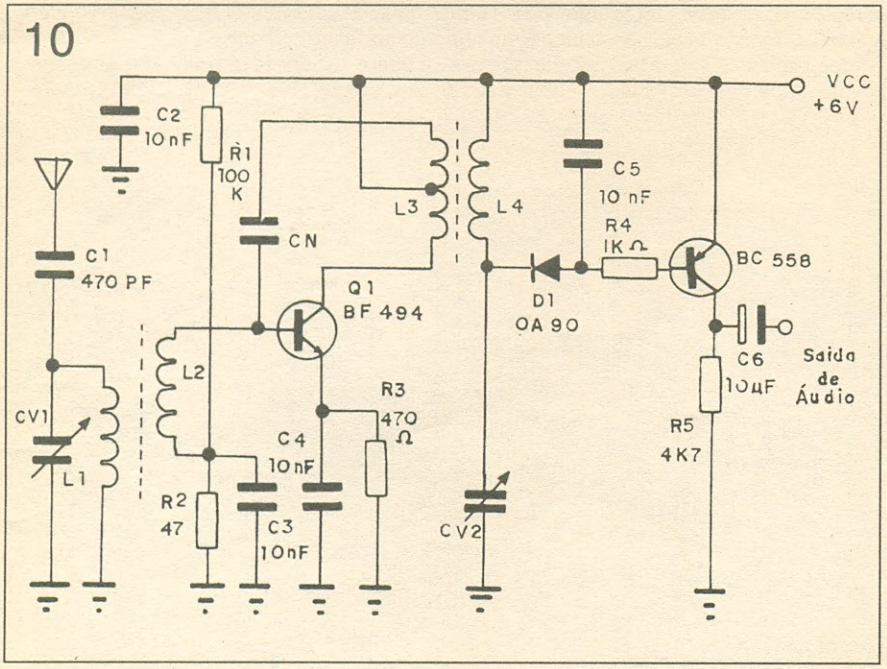
CAPÍTULO 2

RADIORECEPTOR DE RF SINTONIZADA

O circuito receptor do tipo "galena" descrito anteriormente, classifica-se como um dos receptores de Radiofrequência Sintonizada.

Atualmente, este tipo de receptor está praticamente esquecido. O receptor de radiofrequência sintonizado foi o antepassado dos nossos radioreceptores atuais. Os primeiros rádios de RF sintonizados foram construídos à válvula eletrônica. Na **figura 10**, está mostrado o circuito receptor de radiofrequência sintonizada.

Observando a figura, podemos ver o capacitor CN (capacitor de neutralização), este capacitor serve para neutralizar o efeito de regeneração provocado pela capacitância residual do transistor, isto pode acontecer quando o circuito amplificador possui um fator de amplificação muito alto.



Pelo fato de utilizarem o capacitor de neutralização na etapa amplificadora de RF, o aparelho denominou-se, RECEPTOR NEUTRÓDINO.

Vejamos como o circuito receptor funciona.

O sinal interceptado pela antena é sintonizado pelo circuito ressonante formado pelo capacitor variável CV1 e pelo indutor L1. Este sinal é transferido para o secundário L2 do transformador de RF, sendo este sinal amplificado pelo transistor Q1.

O sinal amplificado presente na carga de coletor, formada pelo enrolamento L3 do transformador de RF, é transferido para o circuito ressonante constituído pelo enrolamento L4 e pelo capacitor CV2, que sintoniza novamente este sinal. O diodo D1 e o capacitor C5, formam o circuito detector. O transistor Q2 é um amplificador de audiofreqüência, onde o sinal é retirado na carga do coletor (R5) através do capacitor C6.

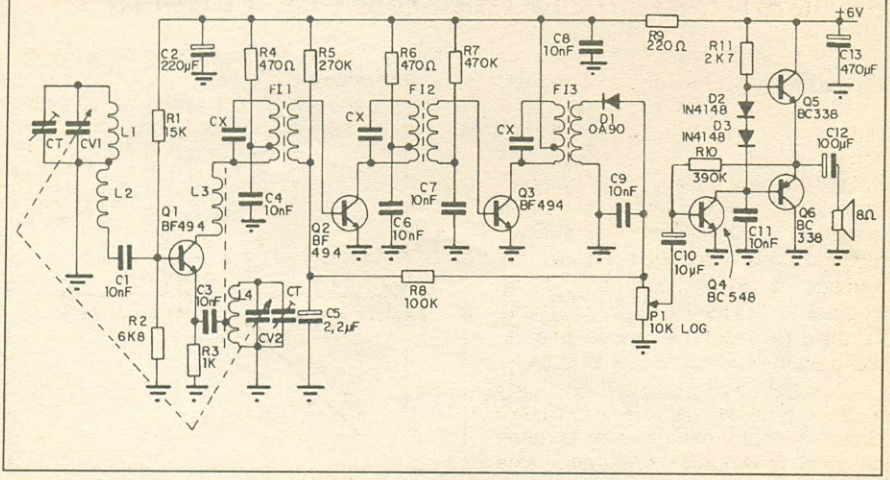
RECEPTOR SUPER-HETERÓDINO

O radioreceptor de radiofrequência sintonizada e os do tipo regenerativo não possuem boa seletividade, isto é, quando sintonizamos uma estação próxima da outra, as estações vizinhas também são ouvidas simultaneamente.

O receptor do tipo RF sintonizado, amplifica frequências diferentes da estação sintonizada na etapa amplificadora de RF. Na maioria dos caso, o receptor possuía várias etapas amplificadoras de RF e cada uma destas etapas era sintonizada por um circuito ressonante, graças a um capacitor de acoplamento mecânico que possibilitava a sintonização simultânea de frequência em toda a etapa amplificadora de RF do receptor. Na **figura 11** temos um esquema completo de um receptor super-heteródino de Ondas Médias.

A etapa amplificadora do receptor super-heteródino é bastante diferente do descrito acima. A etapa amplificadora de RF do receptor super-heteródino é constituída por um estágio amplificador de frequência de RF constante e de valor reduzido. Quando mudamos a estação desejada, o sinal de radiofrequência enviado para o amplificador de RF permanece fixo com a frequência de valor constante. Desta forma, o receptor não necessita de vários circuitos sintonizados para cada frequência. Com isto, o receptor

11



super-heteródino terá mais seletividade e sensibilidade do que os receptores de radiofrequência sintonizada.

O receptor super-heteródino pode sintonizar e separar uma estação de outra, com muita precisão, de uma variedade de estações em toda a extensão da faixa de radiodifusão.

O nome super-heteródino é o nome dado ao fenômeno de heterodinagem, que consiste na produção de um sinal de frequência de batimento mediante a mistura de duas frequências diferentes, produzindo uma terceira frequência de valor constante. O processo de heterodinagem foi adotado para os atuais aparelhos de rádio e televisão. Para que possamos compreender o fenômeno de heterodinação do receptor, será necessário sabermos o que é **batimento**.

BATIMENTO

Tomemos um instrumento musical como exemplo, um piano. Inicialmente batemos a tecla correspondente ao Dó médio. O som que ouvimos ao tocar a nota é de 256 ciclos por segundo. Em seguida, tocamos na nota Si natural, que possui uma frequência de 240 ciclos por segundo.

Sabemos que cada nota musical possui tons diferentes e distintos. Entretanto, se nós batemos ambas as teclas simultaneamente, o som que ouviremos não é Dó nem Si, mas sim uma mistura dos dois. Se nós observarmos cuidadosamente, o som resultante parece estar ondulando, diminuindo e aumentado a intensidade. Esta ondulação percebida ocorre 16 vezes por segundo e é correspondente a diferença entre as frequências de 256 e 240 ciclos da nota musical.

Batimento é o nome dado ao fenômeno desta oscilação, que corresponde ao número de batidas de frequência, resultante das misturas de ambas as frequências produzidas. O fenômeno de batimento ocorre também em todo o espectro das ondas eletromagnéticas.

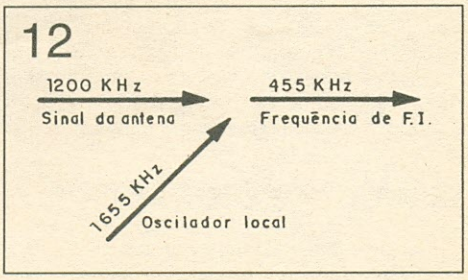
Quando dois sinais de radiofrequência pertencentes às ondas hertezianas se misturam, ocorre o fenômeno de batimento, e se produz uma terceira frequência diferente das duas ondas originais.

BATIMENTO NO RECEPTOR SUPER-HETERÓDINO

Ao processo de produção de batimento no receptor, damos o nome de heterodinagem, daí o nome do receptor: super-heteródino.

Os receptores super-heteródinos utilizam transformadores de radiofrequência sintonizados na etapa amplificadora de RF, estes são vulgarmente conhecidos como bobinas de FI.

Para que o leitor possa compreender como ocorre o fenômeno de batimento no circuito receptor super-heteródino, vamos supor que o nosso transformador de FI esteja sintonizado na frequência de 455KHz. Admitamos que estamos recebendo sinais de uma estação de 1200 KHz.



Para podermos obter uma frequência de batimento de 455 KHz, o circuito receptor deverá estar gerando um sinal de 1655KHz. Misturando este

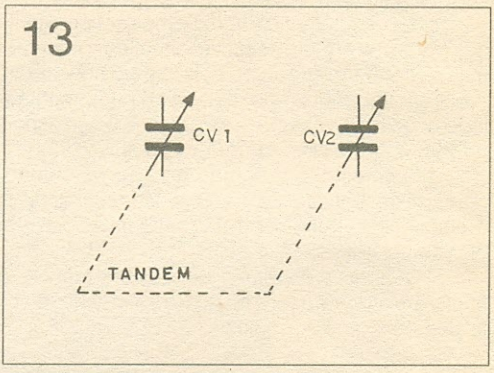
sinal (1655 KHz) com o recebido (1200 KHz), obtemos uma terceira frequência correspondente a 1655 KHz menos 1200 KHz, que é de 455 KHz. Esta terceira frequência resultante é chamada de frequência intermediária (FI). A frequência de FI é sintonizada pelos transformadores de radiofrequência de FI na etapa amplificadora de RF, e obtém-se o máximo de amplificação de seu sinal. Na **figura 12**, temos um gráfico mostrando como o sinal recebido se mistura com o sinal gerado pelo oscilador local, produzindo a frequência intermediária de batimento.

Como já vimos, para produzir o batimento é necessário possuir primeiramente duas frequências originais.

Num receptor de rádio super-heteródino, podemos dizer que já possuímos uma, que é a frequência da estação recebida pela antena, e o outro sinal vem do circuito oscilador que o receptor super-heteródino possui.

O circuito oscilador que o receptor possui é chamado de oscilador local. O oscilador local deve ser ajustado de maneira a obter sempre a frequência intermediária sintonizada pelos transformadores de FI na etapa amplificadora de RF. Isto é conseguido através de dois capacitores variáveis conjugados num único eixo mecânico e que são ligados um no circuito de sintonia e outro no circuito oscilador.

Quando mudamos de uma estação para uma outra qualquer, girando o eixo do capacitor variável, a frequência do oscilador local muda simultaneamente com a de sintonia, por estarem ambos os capacitores em paralelo em tandem. Desta forma, as frequências naturais dos dois circuitos sintonizados estarão sempre distanciadas da mesma frequência intermediária, pré ajustada durante a calibragem do receptor.



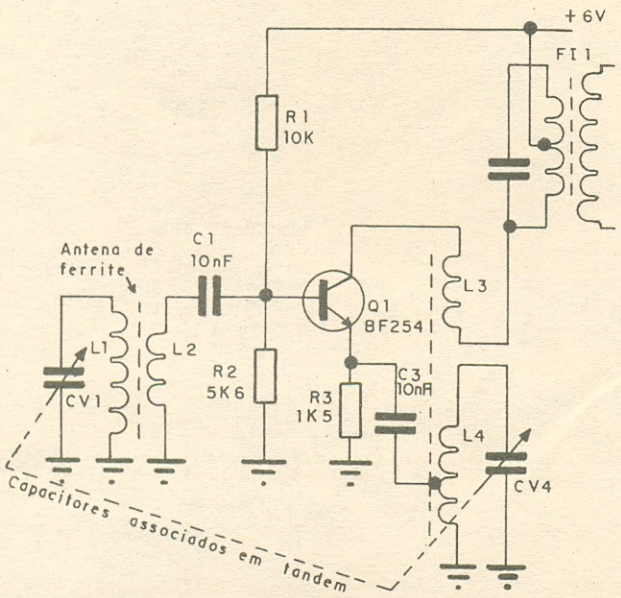
Na **figura 13**, podemos ver os capacitores variáveis conectados em tandem, com a representação por linhas tracejadas. O leitor já percebeu que quando giramos o capacitor variável do sintonizador para selecionar uma estação, o capacitor variável do oscilador local também gira. Pelo fato de ambos os capacitores estarem no mesmo eixo, toda vez que giramos o capacitor variável para mudar de uma estação, a frequência do oscilador local também muda, resultando na frequência de batimento de valor constante (FI). Para que o leitor possa compreender melhor, vamos dar um outro exemplo. Suponhamos que o sinal recebido tenha a frequência de 560 KHz, e o oscilador local esteja oscilando em 1015 KHz, cuja diferença é de 455 KHz. Vamos agora girar o variável e sintonizar uma estação em 760 KHz, isto significa que aumentamos a frequência de sintonia em 200 KHz, isto é, 560 mais 200 igual a 760 KHz. Neste momento, o oscilador local que estava gerando um sinal de 1015 KHz, terá também aumentado de 200 KHz, conseqüentemente terá um sinal de 1215 KHz, mantendo desta forma a frequência de batimento de 455KHz.

O processo da mistura destas frequências para produzir a fequência intermediária, é conhecido como heterodinagem. Os circuitos responsáveis pela heterodinagem do receptor são o misturador, ou conversor, e o oscilador local.

CIRCUITO MISTURADOR

O circuito misturador do receptor super-heteródino situa-se geralmente na primeira etapa amplificadora de FI. A grande maioria dos receptores comerciais utilizam no

14



circuito de conversão de frequência de FI, um único transistor funcionando como misturador e oscilador ao mesmo tempo. Este tipo de circuito é chamado de circuito misturador auto-oscilante.

Na **figura 14**, está mostrado o circuito misturador auto-oscilante. A utilização deste método reduz o custo e aumenta a simplicidade do circuito do receptor.

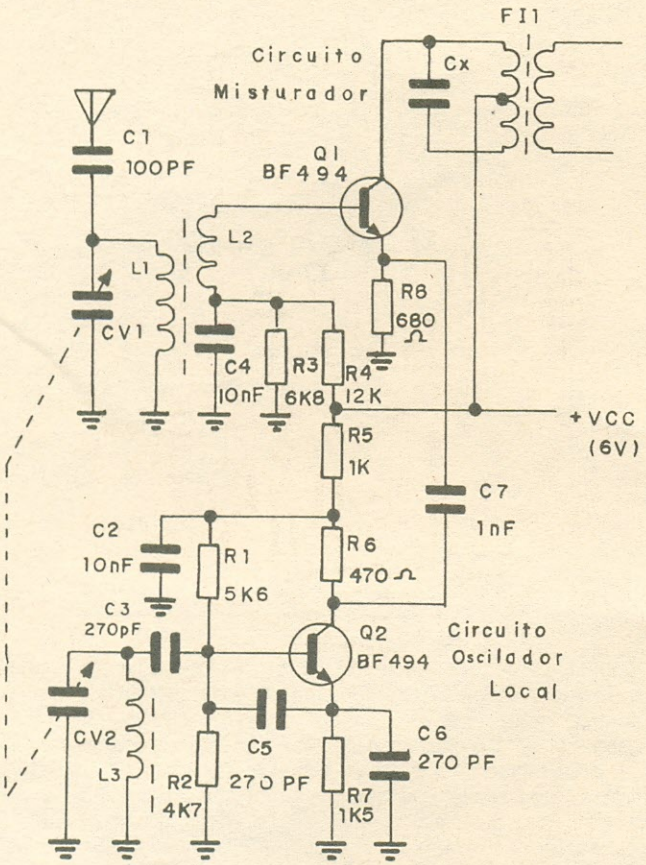
Existem circuitos receptores que possuem o oscilador local independente do circuito misturador para obter a frequência de batimento. O acoplamento do sinal do oscilador local ao circuito misturador para obter a frequência intermediária, pode ser efetuado de diversas maneiras.

CIRCUITO MISTURADOR COM OSCILADOR INDEPENDENTE

Os aparelhos de telecomunicações que possuem o oscilador local independente são largamente utilizados nos receptores super-heteródinos de radioaficcionados, receptores de FM comerciais e nos seletores de canais de televisores. Na prática, muitas vezes deparamos na dificuldade de encontrar tais bobinas osciladoras nas lojas especializadas em eletrônica, e sempre apelamos aos métodos de construção caseira destas bobinas.

Pelo fato do receptor possuir o oscilador local independente, a configuração da bobina facilita a sua construção, permitindo que se opte por circuitos osciladores que utilizam a configuração da bobina mais simples. Se o leitor observar a bobina osciladora

15



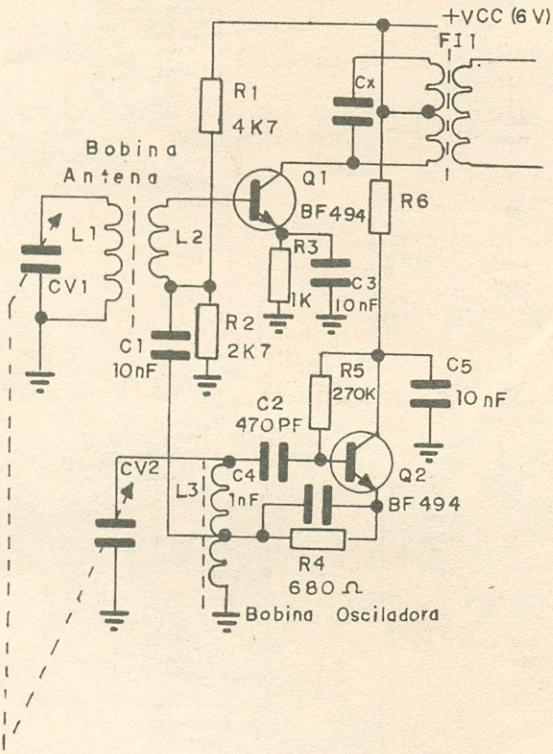
utilizada no circuito misturador de um radioreceptor que possui o misturador auto oscilante, o enrolamento secundário da bobina osciladora estará enrolada de tal maneira a produzir uma realimentação adequada para que o circuito possa oscilar.

Na prática, a construção caseira deste tipo de bobina se torna difícil.

Na **figura 15**, está mostrado o circuito misturador com o circuito oscilador independente.

Vejamos como ocorre o batimento das frequências. O sinal proveniente da antena é sintonizado pelo circuito de sintonia formado pelo capacitor variável CV1 e pela bobina L1. O sinal induzido no secundário L2 é aplicado ao circuito misturador formado pelo transistor Q1 NPN (BF 494).

16a

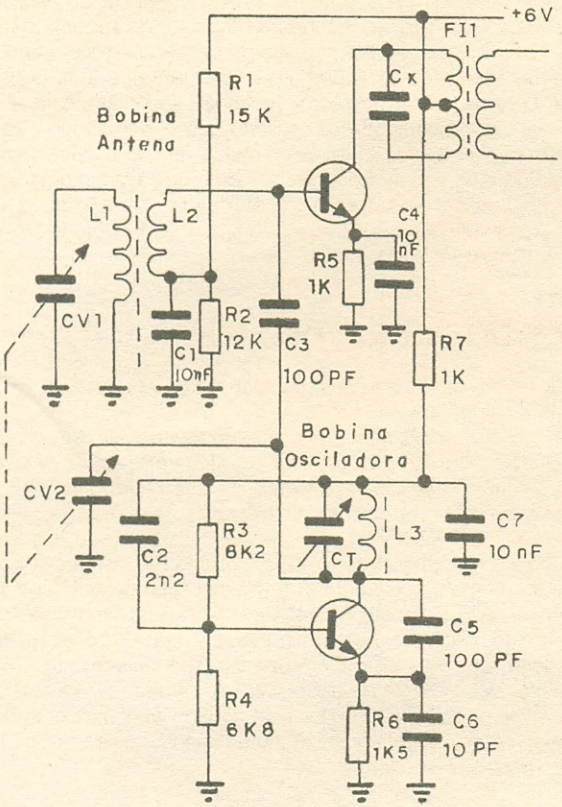


O emissor do transistor Q1 recebe o sinal do oscilador local através do capacitor C7. O oscilador local é formado pelo transistor Q2, sendo esta uma variante do tipo Colpitts, cuja realimentação para manter a oscilação é feita pelo capacitor C5. O capacitor variável CV2 e o indutor L3 constitui o circuito ressonante do oscilador, responsável pela geração do sinal para produzir a frequência de batimento de F.I. de 455 KHz. Na **figura 16a** e **16b**, temos outras formas de acoplamento do sinal do oscilador ao misturador.

CIRCUITO MISTURADOR AUTO-OSCILANTE

O radioreceptor com o circuito misturador auto-oscilante é largamente utilizado nos aparelhos portáteis, principalmente nos de OM, pelo fato de serem simples e

16b



econômicos. O circuito utiliza um único transistor como oscilador e misturador simultaneamente (**figura 14**). Este tipo de circuito misturador é vulnerável à variação da frequência de sintonia nos receptores para frequências mais elevadas, porque, praticamente o circuito de sintonia está acoplado ao circuito oscilador do receptor.

Uma das suas interessantes características que vamos comentar, é que em um radioreceptor montado com o circuito misturador auto-oscilante, pode acontecer da estação escolhida se deslocar da sua sintonia, isto é, as estações "fogem" quando tocamos na antena ou alteramos o comprimento desta, pois estas alterações interferem na frequência do conversor/oscilador, que é também o misturador conectado ao circuito de sintonia do receptor.

Uma das técnicas empregadas para eliminar este inconveniente de instabilidade é adicionar uma etapa amplificadora de RF no circuito de antena.

Vejamos como funciona o circuito misturador/oscilador (**figura 14**).

Para que o circuito funcione como oscilador, a realimentação do sinal para o circuito ressonante, constituído pela bobina L4 e pelo capacitor CV2, é conseguida através da bobina L3, conectada ao coletor do transistor Q1. O sinal sintonizado é ligado

ao emissor pelo circuito L4/CV4 e é aplicado ao emissor do transistor Q1 através do capacitor C3.

A bobina L4 e o capacitor CV2, determinam a frequência do oscilador local do receptor. A bobina L1 e o Capacitor CV1 formam o circuito de sintonia para selecionar a estação desejada. O enrolamento L2 é constituído por um número menor de espiras, permitindo um perfeito casamento da impedância do estágio de antena com o circuito misturador/oscilador. O capacitor C1 tem como função desacoplar o sinal de RF presente na base do tansistor Q1 proveniente do oscilador local, permitindo que o transistor funcione virtualmente na configuração base comum para o circuito oscilador local. Porém, o sinal proveniente do circuito de antena, "enxerga" o circuito como um amplificador na configuração emissor comum. O transformador de RF de FI colocado no circuito de coletor do transistor Q1, seleciona a frequência de FI sintonizada em 455 KHz que segue para o circuito amplificador de FI.

SELETIVIDADE DO RECEPTOR

O emprego do transformador de F. I. na etapa amplificadora de RF, aumenta a sensibilidade e a seletividade.

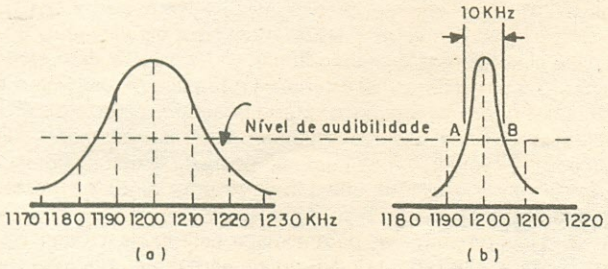
A seletividade do circuito receptor é um fator muito importante nos meios de comunicação via rádio. Nas **figuras 17a e 17b**, podemos ver a curva de seletividade de um receptor de radiofrequência sintonizada e de um superheteródino.

O gráfico da **figura 17a**, representa um receptor neutródino sintonizando uma estação na frequência de 1200 KHz.

Localizada entre 1180 KHz e 1220 KHz, certamente estas estações vizinhas seriam ouvidas simultaneamente, encobrindo o nosso sinal selecionado (no meio da faixa de ondas médias). Isto pode acontecer devido ao nível do sinal das estações vizinhas estarem acima do nível de audibilidade do nosso sinal. Esta curva característica de sintonia é típica dos receptores de radiofrequência sintonizada.

A **figura 17b**, mostra o gráfico de sintonia da bobina de F.I. de um receptor superheteródino. O leitor pode observar por este gráfico que os sinais das estações vizinhas estão abaixo do nível de audibilidade do sinal, desta forma, as estações vizinhas intrusas não podem ser ouvidas.

17



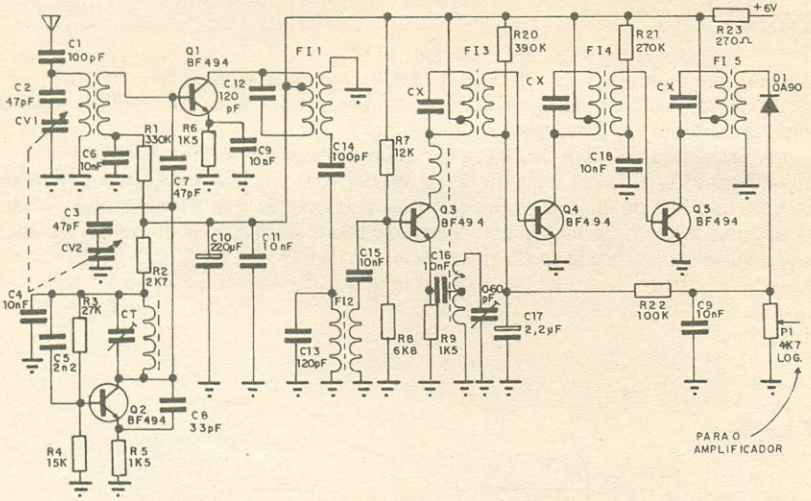
A distância entre o ponto A e B indicada na curva de sintonia, corresponde à largura de faixa de 10 KHz, que é a largura de faixa normalizada para a transmissão de sinais de radiodifusão comercial de AM. Esta largura de faixa também é conhecida como **banda passante**. A faixa de radiodifusão de AM comercial, é dividida em vários canais de transmissão, separadas de 10 KHz uma das outras.

A aplicação principal da transmissão em AM é a transmissão da informação da voz humana. A frequência de áudio destas informações, estão compreendidas entre 500 Hz a 2500 Hz, que é exatamente a frequência da nossa voz. As demais frequências adjacentes são atenuadas.

O leitor pode perceber que existe uma grande quantidade de estações concentradas ao longo de toda a faixa de radiodifusão, principalmente se tratando da faixa de ondas curtas. Para sintonizar uma dessas estações, o radioreceptor precisa possuir um sistema de sintonia de excelente seletividade.

Os radioreceptores especiais de radiofonia, possuem circuitos amplificadores de RF e circuitos que efetuam uma dupla conversão de frequências intermediárias. Este método de obter uma segunda conversão da frequência de FI, produz no receptor excelente seletividade e sensibilidade. Na **figura 18** temos um diagrama esquemático de um receptor superheteródino experimental de dupla conversão.

18



FIDELIDADE DE REPRODUÇÃO

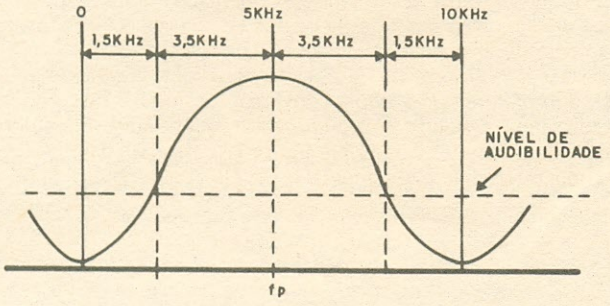
Por que o som reproduzido nos receptores de AM não é tão bom quanto ao dos receptores de FM?

Vejamos porque.

Sabemos que a largura da faixa de transmissão de AM é de 10 KHz. Devemos saber que a faixa de 10 KHz não é totalmente utilizada para transmitir as informações de

áudio. No limite inferior e superior desta faixa, existe uma faixa de segurança que ocupa cerca de 1,5 KHz. Considerando a frequência central de 5 KHz, teremos 3,5 KHz de cada lado, somando um total de 7 KHz para a transmissão da informação de áudio (**figura 19**). Neste caso, se você tem um sinal de áudio, por exemplo, o sinal de um disco fonográfico, que possui um espectro de áudio que vai de 20 Hertz a 15 quiloHertz, e ele for transmitido num sistema que limita a resposta de frequência em 7 KHz, conseqüentemente a reprodução do sinal no circuito receptor de AM terá baixa qualidade e sem fidelidade na reprodução do sinal.

19

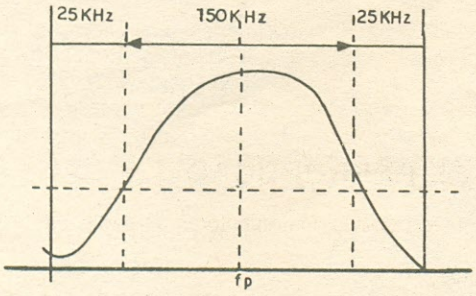


Por que o receptor de FM possui uma excelente qualidade de som?

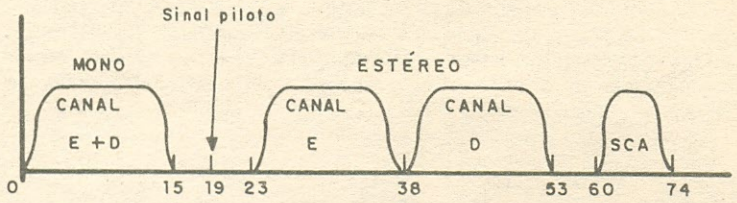
Vejamos então porque o receptor de FM possui uma excelente qualidade e fidelidade na reprodução do sinal.

As estações da faixa de FM estão localizadas entre 88 MHz e 108 MHz e estas estações estão separadas uma da outra de 200 KHz. A faixa de segurança do canal adjacente de FM é de 25 KHz. A faixa central desta banda é de 75 KHz, portanto temos uma banda passante de 150 KHz (**figura 20**). Desta forma, quando o sinal de áudio é transmitido pelo transmissor de FM nesta faixa, todo o espectro do sinal de audiofreqüência é transmitido, proporcionando uma reprodução de alta fidelidade do som. Nesta banda passante, são também transmitidas subportadoras multiplexadas de som estereofônico (**figura 21**).

20



21



FREQUÊNCIA IMAGEM

Embora os receptores super-heteródinos possuam uma boa seletividade, pode acontecer de sintonizarem a mesma estação em dois lugares diferentes do mostrador (dial). Este inconveniente é geralmente provocado pela deficiência do circuito sintonizador do receptor.

Outro tipo de interferência é a captação de sinais indesejáveis oriundos de emissoras mais próximas do receptor. O circuito de sintonia do receptor nem sempre consegue eliminar completamente esta interferência. Normalmente, esta deficiência é ocasionada pelas frequências-imagens.

O que vem a ser então frequência imagem?

Para que o leitor possa compreender este fenômeno, vamos supor que o nosso receptor de AM esteja sintonizado em 700 KHz. Sabemos que para produzir a frequência de batimento de FI, o oscilador local do receptor deverá estar produzindo um sinal de 1155 KHz.

O produto destas duas frequências, resultaria na frequência de FI de 455 KHz.

Suponhamos que uma segunda emissora mais forte, de 1610 KHz, esteja também entrando pela antena do receptor. Este sinal captado pela antena se misturará também com o sinal de 1155 KHz do oscilador local e produzirá uma nova frequência de batimento de 455 KHz.

Isto significa que o circuito conversor pode produzir duas frequências de batimento de 455 KHz, uma com o sinal da estação localizada acima, e outra com a estação localizada abaixo da frequência do oscilador local do receptor.

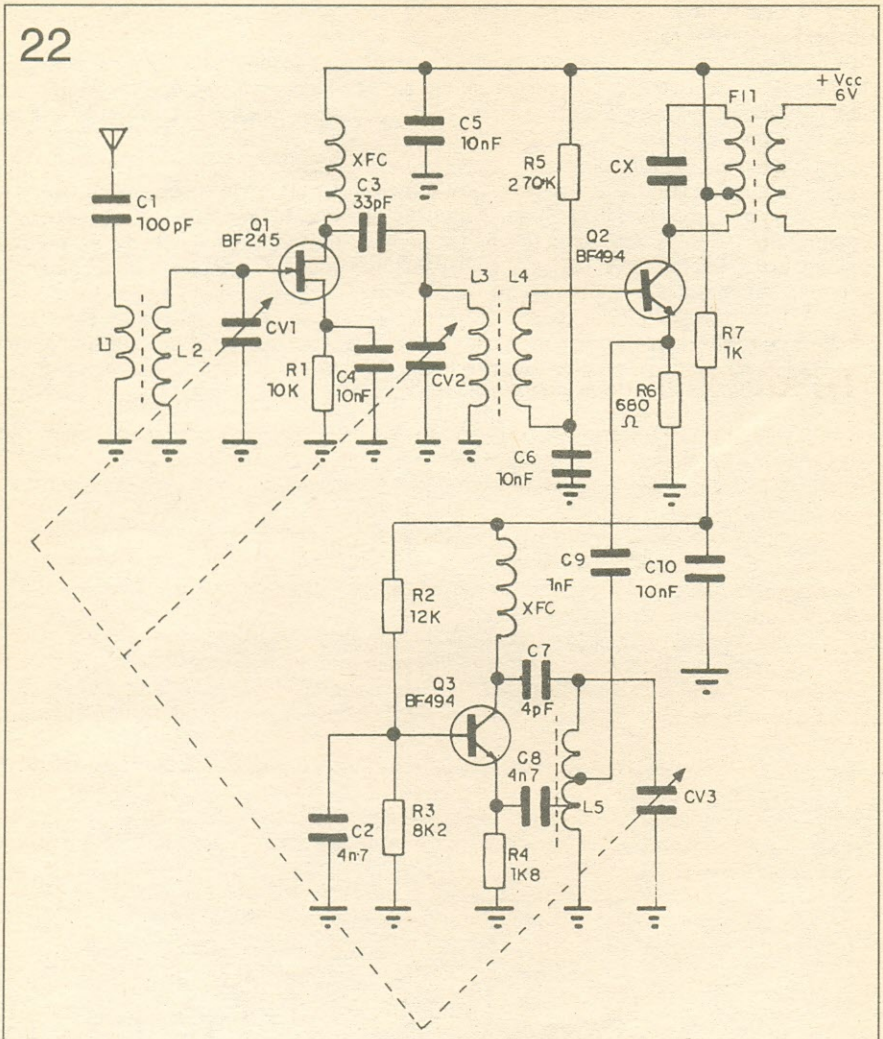
Concluímos que, uma vez que o receptor esteja sintonizado em 700 KHz, a estação de 1610 KHz pode ser também recebida.

A interferência deste tipo é chamada de Sinal Imagem ou Frequência Imagem.

Para reduzir o efeito da frequência imagem nos receptores, é necessário melhorar a seletividade do circuito ressonante de antena para separar as frequências possíveis de interferências, que provoquem a frequência imagem. Uma forma eficiente para eliminar este efeito, é acrescentar um estágio amplificador de radiofrequência sintonizado na entrada do circuito conversor, com a finalidade de fazer uma pré-seleção da estação escolhida, antes de entregar o sinal ao circuito sintonizador localizado na etapa do circuito misturador do receptor (**figura 22**). A adição de circuitos ressonantes na entrada do receptor, reduz sensivelmente a frequência imagem.

Uma outra forma de reduzir a frequência imagem produzida no radioreceptor é obter a dupla conversão da frequência de FI utilizando bobinas de FI de frequência mais alta na primeira conversão e baixa na segunda conversão.

22



OSCILADOR LOCAL

O oscilador local possui a função de gerar uma onda de radiofrequência de amplitude constante, isto é, sem modulação, que misturada com o sinal captado pela antena, produz a frequência de batimento de FI.

Os mais variados tipos de osciladores podem ser utilizados para produzir a conversão de frequência. Para que o leitor possa compreender o funcionamento do circuito oscilador, passaremos a comentar à seguir.

Todo circuito oscilador é formado basicamente por um circuito amplificador e um circuito de realimentação positiva. Isto significa, que uma parte da energia amplificada na

saída é restituída novamente na entrada do circuito amplificador, produzindo uma realimentação (**figura 23**).

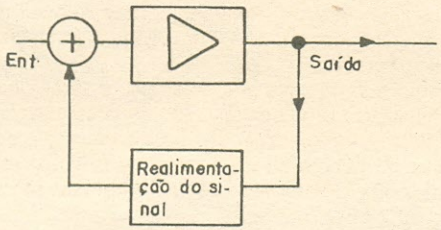
Sabemos que na prática, ao ligarmos o circuito, o oscilador produz uma oscilação imediatamente. Para que o leitor possa compreender o funcionamento do circuito, iremos descrever passo-a-passo o que acontece com o circuito oscilador ao conectá-lo a uma fonte de alimentação.

Vejamos como funciona.

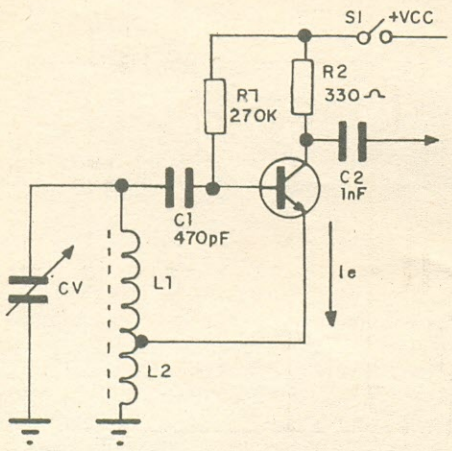
Tomemos como base o circuito da **figura 24**. Ao ligarmos o circuito através da chave S1, uma corrente fluirá gradativamente através do transistor. A corrente de emissor passará pelas espiras da bobina L2, gerando um campo magnético crescente e variável, induzindo uma tensão positiva em L1. Como podemos ver na figura, a polaridade da tensão criada em L2 é a mesma de L1.

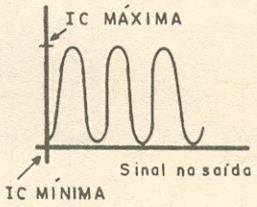
A tensão positiva induzida em L1, aplicada na base de Q1 através do capacitor C1, fará com que aumente a corrente de base e, conseqüentemente, fará aumentar também a corrente de coletor até atingir o ponto de saturação. Neste exato momento, a variação do campo magnético em L2 cessará, e logo, a tensão induzida em L1 também

23



24





desaparecerá. Neste momento, a corrente de coletor, começará a reduzir, logo, a corrente de emissor também começará a diminuir, criando no enrolamento de L2 um campo magnético decrescente e variável, contrário ao campo magnético criado anteriormente.

A variação do campo magnético de retração, induzirá uma tensão negativa no enrolamento de L1, reduzindo a corrente de emissor do transistor até levá-lo ao corte. Este processo de saturação e corte, do transistor, gerará uma corrente de oscilação de amplitude constante, cuja frequência dependerá do conjunto ressonante formado pelo capacitor CV e pelas bobinas L1 e L2. O uso do capacitor variável no circuito ressonante nos permite obter frequência variável.

AMPLIFICADOR DE FREQUÊNCIA INTERMEDIÁRIA (F.I.)

Conforme já visto no tópico anterior, sabemos que um receptor super-heteródino possui um oscilador local, cujo sinal misturado com o recebido pela antena, o converte numa terceira frequência, a intermediária. Este sinal de FI, possui as mesmas características do sinal modulante captado pela antena.

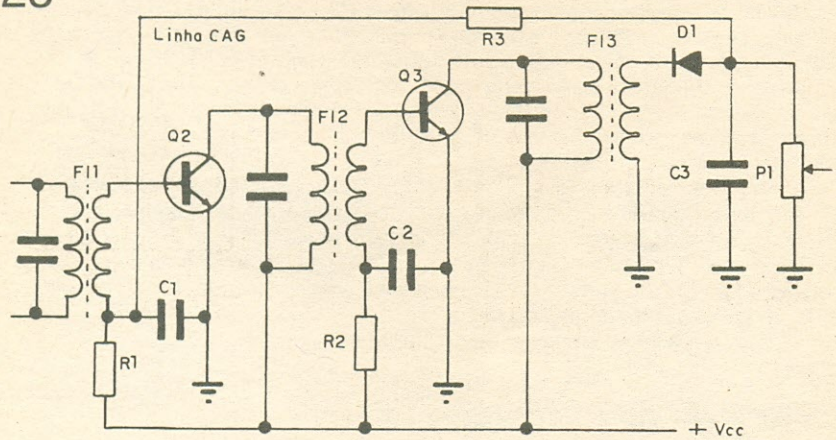
Em geral, o sinal de FI após a conversão, possui o sinal demasiadamente fraco para ser enviado ao circuito detector. Para melhorar a sensibilidade do radioreceptor, emprega-se circuitos amplificadores de radiofrequência sintonizados em 455 KHz, conhecidos como amplificadores de FI.

Geralmente, o emprego de duas etapas amplificadoras de FI é suficiente para se obter o nível de sinal desejado para ser aplicado no circuito detector.

Na **figura 25**, está mostrado um circuito básico de uma etapa amplificadora de FI. A frequência de sintonia da bobina de FI utilizada nos receptores comerciais de AM é padronizada em 455 KHz. Os radioreceptores de Frequência Modulada utilizam bobinas de FI sintonizadas em 10,7 MHz.

Embora a frequência de FI dos radiosreceptores sejam padronizadas, podemos utilizar bobinas de FI sintonizadas em outras frequências e que podem funcionar perfeitamente, sem nenhum problema.

25

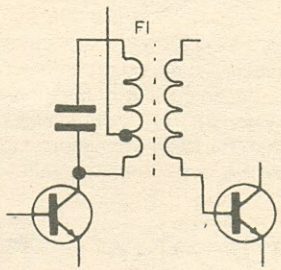


Quando você for construir uma bobina de FI pelo método caseiro, deverá procurar escolher uma frequência de sintonia que não coincida com nenhuma estação transmissora, para evitar que o sinal da estação não venha a ser sintonizado diretamente pela etapa amplificadora de FI.

As bobinas de F.I. comerciais, são constituídas de um transformador de RF com núcleo de ferrite ajustável, e são identificadas pelas cores amarela, branca e preta, sintonizadas em 455 KHz (no caso de AM).

A etapa amplificadora de FI é constituída por dois estágios amplificadores de R.F, pelos transistores Q2 e Q3, sintonizados respectivamente pelas bobinas de FI. Os transformadores de FI possuem uma tomada central no circuito ressonante que nos permite fazer uma ligação de tal maneira a obter um casamento de impedância da saída à etapa amplificadora de FI posterior (**figura 26**).

26



O último estágio amplificador de FI, entrega sinal de elevada amplificação ao circuito demodulador (detector). O circuito demodulador é formado pelo componente D1, que retifica o sinal de RF modulado em FI e elimina o sinal de RF através do filtro passa-baixa, formado pelo capacitor C3, deixando apenas o sinal de audiofreqüência. Esta tensão de audiofreqüência é aproveitada também para o controle automático de ganho de amplificação do estágio de FI.

O circuito amplificador de FI, normalmente trabalha num regime de máxima amplificação. Por este fato, os circuitos amplificadores de RF de frequência intermediária normalmente costumam apresentar oscilações, apitos e chiados junto à recepção da estação sintonizada, e torna-se muitas vezes difícil o seu ajuste. Este fenômeno também acontece nos amplificadores de RF dos transmissores.

Então como resolvê-lo?

Regeneração, oscilação no circuito e dificuldade no ajuste de sintonia na etapa amplificadora de RF, talvez sejam os fantasmas que assombram os leitores aficcionados em sinais de radiofrequência.

Muitas vezes, ao montarmos um circuito de RF e colocarmos em funcionamento, o circuito começa a oscilar. Normalmente, quando um circuito amplificador de radiofrequência é mal dimensionado, ao iniciarmos o ajuste das bobinas de sintonia, deparamos com certos inconvenientes que nos coloca sempre em dúvida. Será que estamos sintonizando o sinal principal? Por que será que aparecem várias frequências harmônicas quando eu sintonizo as bobinas? Por que será que eu não consigo ajustar as bobinas na frequência certa?

O surgimento destes inconvenientes durante a construção caseira de radioreceptores, amplificadores lineares, transmissores e outros aparelhos que empregam sinais de radiofrequência, pode se traduzir numa amarga experiência para o principiante, ou até mesmo para o mais experiente profissional na área de eletrônica. A regeneração do circuito pode ser praticamente eliminada inserindo no circuito amplificador de RF um capacitor de neutralização.

Vamos ver como o capacitor de neutralização funciona.

CAPACITOR DE NEUTRALIZAÇÃO

Devido à alta capacitância interna existente entre os terminais do transistor, esta

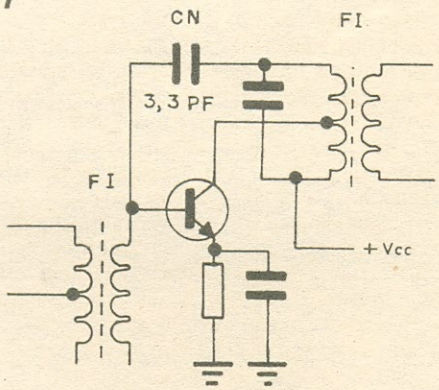
capacitância residual produz uma realimentação no interior do transistor, produzindo uma oscilação na etapa amplificadora de FI, resultando em apitos e chiados durante a recepção de uma estação.

Um cientista chamado Hazeltine, solucionou este problema num circuito amplificador à válvula, colocando um capacitor de realimentação negativa ao circuito. Esta técnica é utilizada atualmente nos amplificadores de RF transistorizados, que consistem na realimentação do sinal defasado de 180 graus, provenientes do extremo do enrolamento da bobina de sintonia de radiofrequência. Esta realimentação consiste na reintrodução do sinal à entrada do transistor amplificador de RF, com o auxílio de um capacitor fixo ou ajustável, chamado de capacitor de neutralização (CN).

Este pequeno capacitor é colocado entre a base e o coletor do transistor, de modo a neutralizar a capacidade residual existente entre a base-coletor. Desta forma, se elimina a regeneração sem afetar o fator de amplificação do circuito. A capacidade intereletródica existente na junção base-coletor do transmissor é responsável pela realimentação do sinal à entrada, produzindo a oscilação.

Na **figura 27**, mostramos o capacitor de neutralização colocado em paralelo, porém, o sinal retornado por ele está defasado de 180 graus. A ação resultante entre o sinal regenerativo e o de neutralização, faz desaparecer o efeito de regeneração na etapa amplificadora de RF. Reduzindo o ganho de amplificação do circuito, pode-se reduzir sensivelmente o efeito de regeneração, e para compensar a redução do fator de amplificação do circuito de RF, emprega-se um número maior de etapas amplificadoras de RF.

27



FILTROS CERÂMICOS DE FREQUÊNCIA INTERMEDIÁRIA

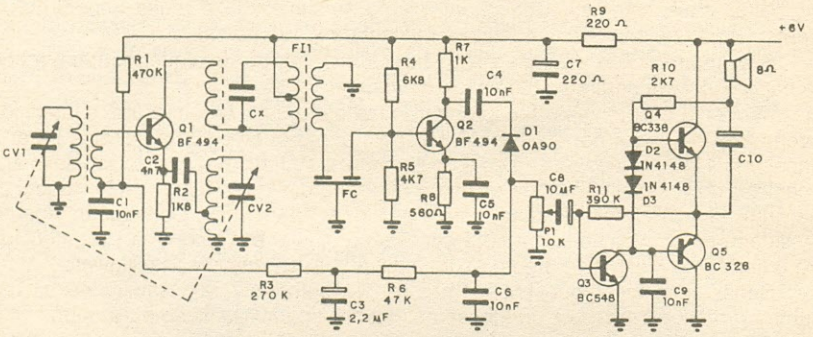
Os filtros cerâmicos são empregados em diversos aparelhos de receptores comerciais. São componentes que substituem as bobinas de FI.

Os filtros cerâmicos são componentes que possuem a mesma característica de um cristal oscilador (efeito piezoelétrico), que baseia-se na transformação de corrente alternada de radiofrequência em vibrações mecânicas, e posteriormente em corrente de radiofrequência. Estes filtros são componentes que entram em ressonância com a frequência.

A **figura 28**, mostra o diagrama esquemático de um receptor de Ondas Médias utilizando um filtro cerâmico de 455 KHz na etapa amplificadora de FI.

Os filtros cerâmicos possuem uma grande seletividade, e além de simplificar a etapa amplificadora de FI, reduzem o número de ajustes do receptor. O cristal cerâmico apresenta baixa impedância na ressonância e permite um acoplamento direto do coletor à base das etapas amplificadoras de FI.

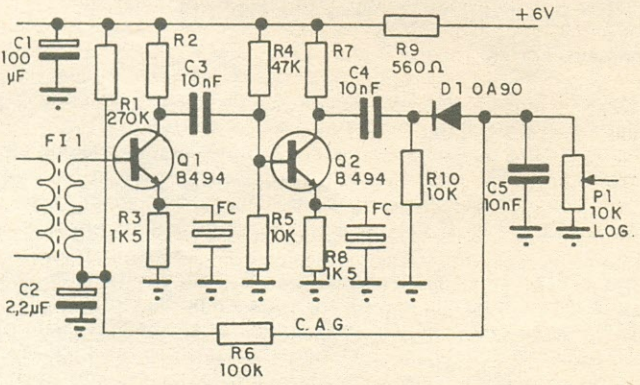
28



Uma outra forma de utilização do filtro cerâmico pode ser vista na **figura 29**. Como podemos ver, o filtro cerâmico é colocado em paralelo com o resistor de emissor do transistor amplificador. O cristal cerâmico apresenta uma interessante característica, ele apresenta uma baixa impedância para a frequência de ressonância e altíssima para as demais frequências que se encontram fora de ressonância.

Como podemos ver na figura, os emissores dos transistores Q1 e Q2 não possuem capacitores de desacoplamento, desta forma, o circuito apresentará um fator de amplificação muito baixo, devido à realimentação negativa produzida pelo sinal presente no emissor dos transistores, mas quando o filtro cerâmico (FC) entra em ressonância com o sinal da frequência de FI presente no emissor, apresentará uma baixa resistência a essa frequência, e com a diminuição da realimentação negativa, obteremos um alto fator de amplificação do sinal de FI na saída do circuito, exceto para os sinais de frequências que estão fora de ressonância do cristal cerâmico.

29



CONTROLE AUTOMÁTICO DE GANHO (CAG)

O controle automático de ganho ou de sensibilidade é muito importante num receptor. Vejamos como este circuito é bastante importante.

Suponhamos que estamos sintonizando uma estação qualquer com um receptor que não possui um controle automático de volume.

Mudando a sintonia do receptor para uma outra estação emissora, a intensidade de reprodução sonora no alto-falante não será sempre igual. Se mudamos para uma estação mais forte, a intensidade de som aumenta e se torna necessário um novo ajuste no controle de volume manual do receptor. Suponhamos que o leitor resolva mudar para uma outra estação muito distante, com intensidade mais fraca. Conseqüentemente, a intensidade do som diminuirá, e será necessário ajustar novamente a sua intensidade para obtermos o mesmo volume de som ajustado anteriormente pelo ouvinte.

Seria muito incômodo possuirmos um receptor que precisassemos ajustar o volume do receptor toda vez que fossemos mudar de uma estação para outra.

O controle automático de volume ou de sensibilidade incorporado no circuito do receptor, fará todo este trabalho automaticamente, através de um circuito inteiramente eletrônico. Este circuito regula a sensibilidade do receptor de tal forma que a intensidade de som fica aparentemente nivelada, com a mesma intensidade escolhida pelo ouvinte, independentemente de estar sintonizando uma estação mais forte ou fraca.

O leitor deve saber que os sinais transmitidos pelas estações transmissoras não chegam aos receptores com a mesma intensidade.

Estes inconvenientes são praticamente resolvidos com o emprego de um sistema automático de ganho do circuito amplificador de FI. A regulação é feita de tal maneira que os sinais fracos são amplificados e os sinais fortes são atenuados, evitando a grande variação do nível de som reproduzido pelo receptor durante a mudança de sintonia das estações.

Na **figura 30** podemos ver o diagrama elétrico do controle automático de sensibilidade do receptor. O sinal de radiofrequência de FI proveniente do secundário do último transformador de RF é aplicado ao diodo retificador D1.

Como o leitor pode ver, o catodo do diodo está ligado ao secundário do transformador, desta forma o diodo D1 permite a passagem apenas do semiciclo negativo do sinal. Este sinal de tensão negativa pulsante de RF é filtrado pelo capacitor C7, e corrente fluindo pelo potenciômetro P1, estabelece uma queda de tensão entre as extremidades do mesmo.

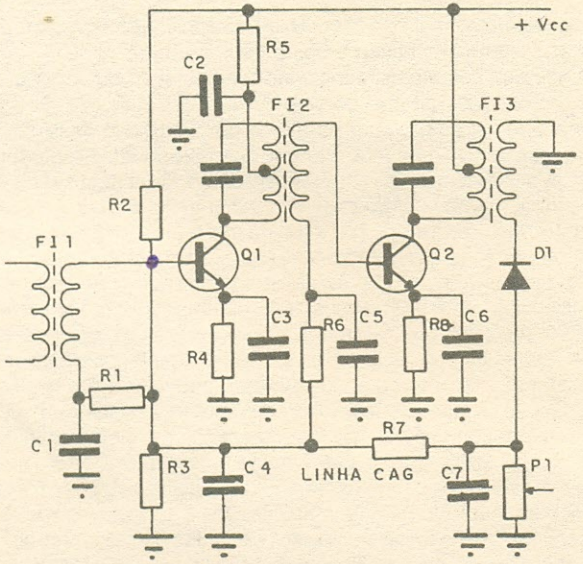
Quanto maior for o sinal recebido, maior será a tensão negativa desenvolvida no potenciômetro P1, e vice-versa. Como o leitor pode ver, a variação da tensão negativa do detector é aplicada nas polarizações das bases dos dois amplificadores de FI.

O primeiro circuito recebe o sinal pelo divisor resistivo da base de Q1, pelos componentes R1, R2 e R3, e o segundo circuito pelo resistor R6 que polariza a base do transistor Q2. Esta tensão negativa aplicada às bases dos transistores amplificadores de FI, irá regular o ganho de amplificação do circuito, mantendo desta forma o nível de amplificação praticamente constante na saída do último transformador de FI.

Apesar dos circuitos de controle automático de ganho (CAG) atuarem durante sinais fracos nos amplificadores de FI, amplificando o sinal ao máximo, é claro que um sinal sendo muito fraco, o sistema de CAG não terá eficiência de controle. Este inconveniente não é percebido nos radioreceptores comerciais de ONDAS MÉDIAS e FM, porque normalmente as estações transmitem seus sinais de elevada potência.

O leitor deve sempre lembrar-se que o sistema de CAG nos receptores utilizados para a faixa de telefonia de amadores, deve ser bastante eficiente, porque as estações estão em lugares muito distantes e os sinais recebidos são extremamente fracos, no caso de estações transmitidas na faixa de ONDAS CURTAS.

30



Nos radioreceptores de ONDAS CURTAS, o circuito CAG além de atuar nas etapas amplificadoras de FI, atua também no circuito misturador e na etapa amplificadora de RF. Existem várias formas de regular automaticamente a sensibilidade do radioreceptor, porém, a maioria dos circuitos de CAG baseia-se no mesmo princípio descrito neste capítulo.

CONTROLE AUTOMÁTICO DE GANHO AUXILIAR

Um outro tipo de controle automático de sensibilidade auxiliar, pode ser associado ao sistema de CAG convencional para o controle de ganho da etapa amplificadora de radiofrequência. O segundo sistema CAG auxiliar reduz sensivelmente os sinais muito fortes proveniente de estações locais. Muitas vezes o sinal captado pela antena do receptor vem tão forte que o CAG convencional não consegue controlar, então o CAG auxiliar entra em ação. Na **figura 31** podemos ver o circuito CAG auxiliar.

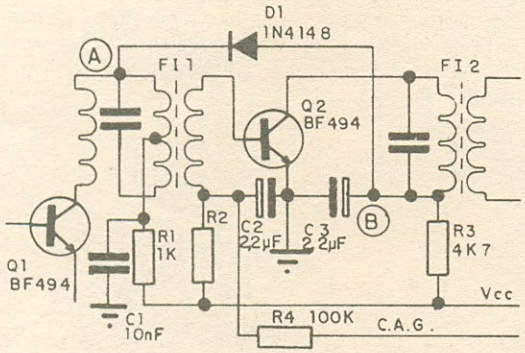
O método consiste em conectar um diodo semicondutor entre o ponto A e B, com o catodo do diodo no ponto A do circuito de coletor do transistor Q1, e o anodo do diodo conectado no ponto B de alimentação do transistor Q2.

A polarização da base do transistor Q2 deve ser ajustada de tal maneira que a corrente de coletor produza uma queda de tensão no ponto B igual ou pouco menor do que a do ponto A. Nestas condições, o diodo não estará conduzindo. Vejamos como funciona.

Quando uma estação forte é sintonizada, o circuito detector envia uma tensão negativa à base do transistor Q2, via controle automático de ganho normal, reduzindo a corrente do circuito.

Com a redução da corrente do transistor Q2, a queda de tensão no resistor R3

31



diminuirá e conseqüentemente terá um aumento da tensão no ponto B.

Com a tensão no ponto B maior que a do ponto A, o diodo D1 começará a conduzir, desviando parte do sinal de RF do ponto A para o ponto B, desacoplando para a terra através do capacitor C3. A atuação deste circuito é praticamente instantânea. Desta forma, teremos um melhor controle de sensibilidade para sinais muito fortes, mantendo constante o nível de sinal na saída do detector.

INTERFERÊNCIA NA ESCUTA NA FAIXA DE ONDAS CURTAS

As ondas hertezianas captadas pelos receptores super-heteródinos comerciais de AM, situadas na faixa de ondas curtas, sofrem interferências na recepção.

Esta interferência é conhecida como "fading", que se manifesta por variações indesejáveis na intensidade do sinal.

O leitor poderá perceber este efeito de enfraquecimento do sinal, durante a sintonia de uma estação difusora na faixa de ondas curtas.

A interferência "fading" apresenta um efeito de "vai e volta" da intensidade do sinal sintonizado, isto é, o sinal vai aumentando e depois vai diminuindo, como se a estação estivesse saindo fora de sintonia e retornando novamente.

O meio de compensar esta variação do som provocada pelo enfraquecimento da onda, é a utilização de um eficiente circuito de controle automático de ganho (CAG).

O efeito de enfraquecimento das ondas de rádio acontece somente nas frequências pertencentes a faixa de ondas curtas, não sendo percebido nas frequências de outras faixas.

Então surge a pergunta. Qual é a causa do enfraquecimento destas ondas?

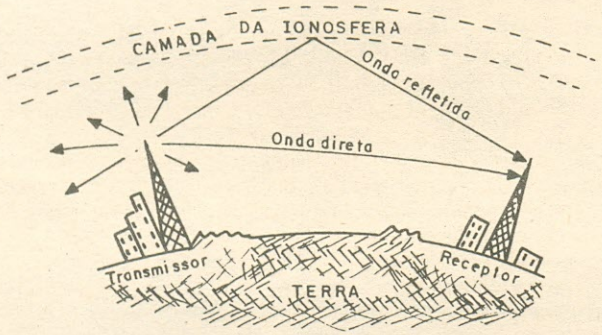
ENFRAQUECIMENTO DAS ONDAS-"FADING"

Para que o leitor possa compreender este fenômeno, falaremos inicialmente sobre

as ondas curtas. As ondas hertezianas compreendidas entre 3 à 30 MHz pertencem às ondas curtas e estas se propagam no meio refletindo-se nas altas camadas da atmosfera terrestre, conhecidas como ionosfera. Estas ondas dirigem-se da antena do transmissor à ionosfera, "batem" e retornam à superfície terrestre para serem captadas pelo receptor.

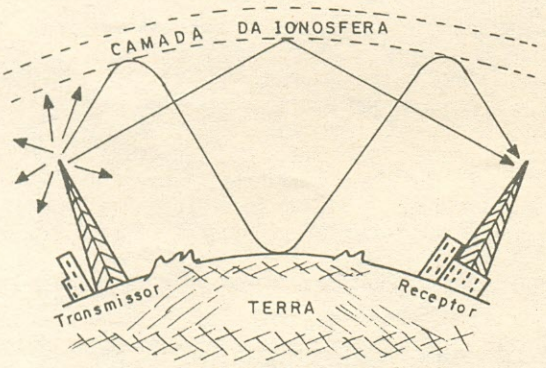
Digamos que uma estação transmissora esteja a uma certa distância de um radioreceptor, uma onda é refletida na camada da ionosfera e outra de propagação direta pode ser recebida (**figura 32**).

32



Como ambas as ondas se propagam realizando um trajeto distinto, as duas ondas são recebidas simultaneamente ou defasadas uma da outra pelo receptor. Quando os sinais são recebidos simultaneamente, significa que ambos os sinais se encontram em fase, reforçando o sinal, entretanto, quando ambas as ondas são recebidas defasadas uma da outra, estas tendem a se neutralizar. Quando ambos os sinais chegam defasados de 180 graus, o sinal praticamente é nulo, isto é, o sinal desaparece totalmente.

33



Uma outra particularidade que ocasiona o enfraquecimento das ondas é a captação mútua pela antena do radioreceptor, de ondas refletidas somente uma vez na ionosfera e ondas com mais de uma reflexão. Muitas vezes as ondas hertezianas se propagam nas altas camadas da ionosfera, e são refletidas em diferentes ângulos de incidência uma da outra, chegando à antena do receptor depois de várias reflexões, chegando defasedas, produzindo o enfraquecimento do sinal (**figura 33**).

MODULAÇÃO EM AMPLITUDE COM BANDA LATERAL DUPLA

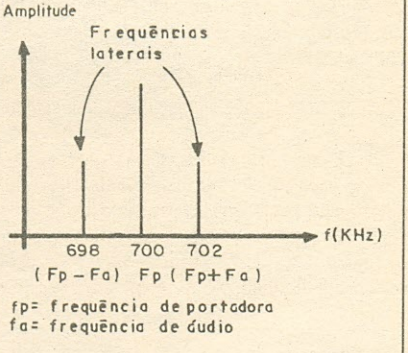
Para a melhor compreensão do circuito demodulador de AM, iremos comentar o que vem a ser a modulação de AM-DSB (Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla). O que é AM-DSB? O sistema AM-DSB se baseia no princípio de transmissão de onda herteziana com a modulação de amplitude e suas faixas laterais.

Já vimos o que é o fenômeno de batimento.

Vimos também o processo de heterodinação no circuito misturador.

Vejamos o que acontece no circuito modulador de um tansmissor. Quando o sinal de áudio é misturado com o sinal de radiofrequência do transmissor no circuito modulador, obtemos frequências de batimento iguais à soma e à diferença das audiofrequências e radiofrequências misturadas. Isto quer dizer que para cada sinal de áudio modulado, novas radiofrequências aparecem, uma radiofrequência modulada igual à soma do sinal de áudio com a portadora, e outra igual à radiofrequência menos o sinal de áudio. Estas duas frequências modulantes, resultantes de uma modulação de AM, são chamadas de frequências laterais, normalmente conhecidas no mundo dos radioamadores como "bandas laterais" (**figura 34**).

34



Vamos exemplificar melhor para que o leitor possa entender.

Suponhamos que o oscilador de um transmissor esteja produzindo uma portadora de 700 KHz. Iremos modular esta onda portadora aplicando um sinal de áudio de 2 KHz. Com a mistura de ambas as frequências, teremos uma de 700 KHz mais 2 KHz, isto é, 702 KHz, e uma outra de 700 KHz menos 2 KHz, que é igual a 698 KHz. Estas duas novas frequências são as frequências laterais.

O leitor observará na figura, que além de existirem as duas frequências laterais, existe mais uma, a portadora. Tudo isto quer dizer que num transmissor de AM-DSB, são transmitidas a onda portadora e as duas frequências laterais.

Na radiocomunicação, interessa somente uma das bandas laterais para obter as informações transmitidas, então, o leitor notará que existe um desperdício de potência irradiada num transmissor de AM-DSB.

Podemos dizer que só 1/4 da potência transmitida em AM-DSB é aproveitada. As estações de rádio comerciais da faixa de ondas médias e curtas transmitem seus sinais modulados em AM-DSB. O transmissor que irradia somente uma única banda lateral é conhecido de AM-SSB (modulação em amplitude com banda lateral simples).

CIRCUITO DEMODULADOR DE AM-DSB (DETECTOR)

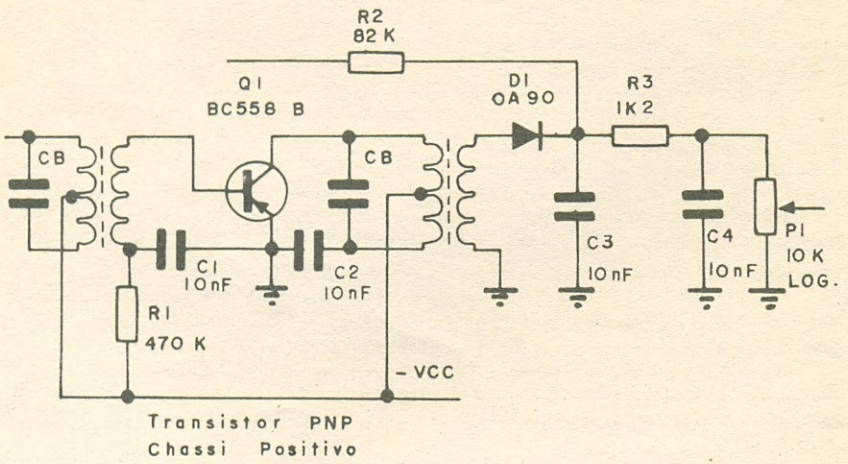
O sinal de radiofrequência modulada que chega ao último transformador de FI é inaudível, sendo necessário transformá-lo em correntes de frequência mais baixa (áudio), para que possa ser reproduzido pelo alto-falante. A parte do receptor que se encarrega de separar as informações contidas na radiofrequência de FI é o circuito demodulador ou detetor de áudio. Este circuito é conhecido como DETETOR DE ENVOLTÓRIO e é basicamente formado por um diodo retificador de meia onda e um filtro passa-faixas. Para melhor entendimento do funcionamento do circuito detector, utilizamos um transistor do tipo PNP no amplificador de FI, obviamente se pode utilizar um transistor NPN, só que o diodo retificador deverá ser conectado com a polaridade contrária.

Vejamos como funciona o circuito (**figura 35**).

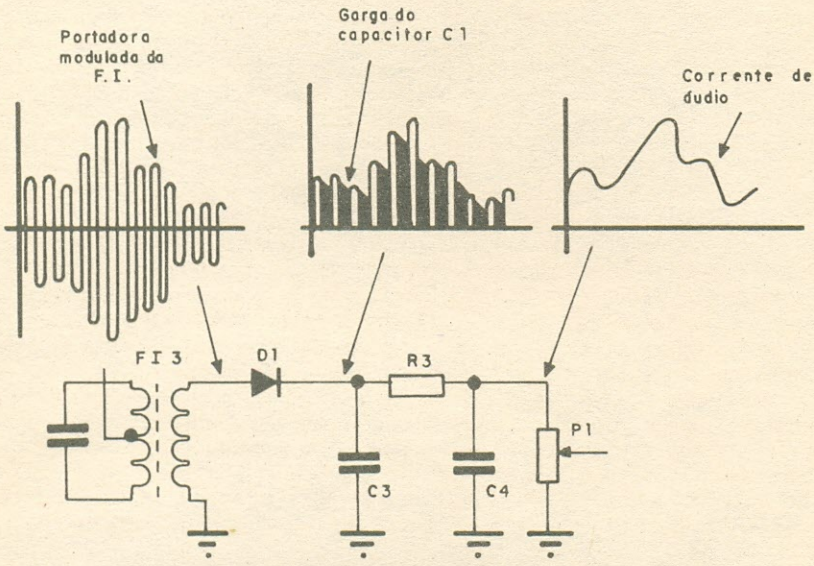
Entre as duas extremidades do secundário da última bobina de FI, conecta-se um diodo D1 e em seguida um filtro passa-baixa formado pelos componentes C3, R3, C4 e o potenciômetro de carga P1. O circuito funciona de modo semelhante a uma fonte de alimentação de meia onda. Quando o anodo do diodo D1 recebe o semiciclo positivo do sinal de FI, o diodo passa a conduzir transformando a tensão em corrente contínua pulsante, que contém apenas uma das partes das informações de áudio.

O capacitor C1 elimina o sinal de RF, preenchendo os espaços existentes entre os intervalos do semiciclo positivo, transformando numa envoltória de corrente contínua variável de audiofreqüência. Esta corrente de audiofreqüência é aplicada num potenciômetro de carga (P1) por onde desenvolverá uma queda de tensão variável de audiofreqüência. A amplitude deste sinal será proporcional ao sinal captado pelo receptor. Na **figura 36**, está mostrado o circuito e as formas de ondas nos diversos pontos do circuito detetor.

35



36



INDICADOR VISUAL DE SINTONIA (S-METER)

Para facilitar uma perfeita sintonia das estações que desejamos ouvir num radioreceptor, a maioria dos tranceptores vem equipada com um dispositivo, cuja função consiste em indicar ao operador do receptor a visualização exata da sintonia entre o receptor e a estação transmissora. Este dispositivo eletro-ótico é denominado de S-Meter (Signal Strength Meter).

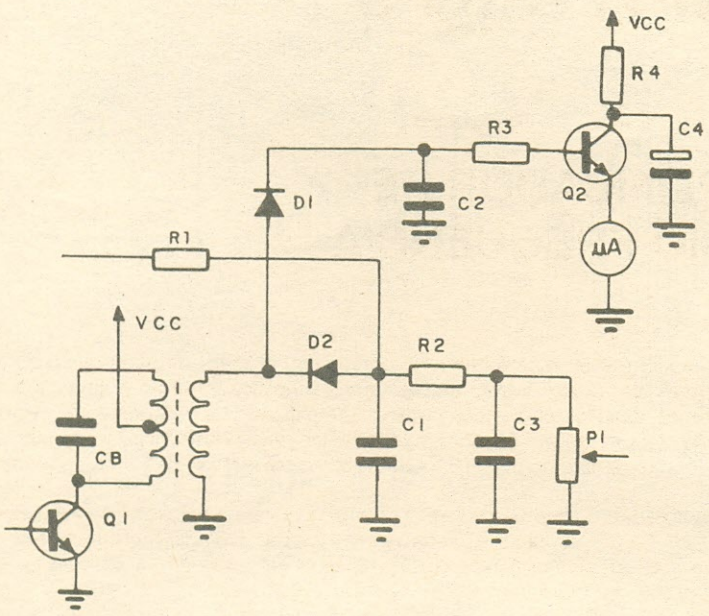
O S-Meter é nada mais do que um simples microamperímetro de corrente contínua graduada em unidades **S** (dB). A graduação do instrumento pode ser feita de 0 a 9 e + 40, correspondente a um ganho de 6 dB para cada unidade. Em alguns aparelhos a escala vem graduada em - 40 e + 10 dB, neste caso, cada divisão corresponde a um ganho de sinal de 6 dB.

O S-Meter está presente na maioria dos transceptores de amadores , facilitando ao usuário uma indicação visual do sinal recebido, permitindo desta forma, saber como está a condição de recepção a cada instante.

Existem diversas formas de fazer a ligação do medidor no circuito receptor, uma delas é conectando um miliamperímetro em série ao emissor de um transistor controlado pelo CAG, desta forma, a sintonia é feita para a mínima corrente através do transistor (**figura 37**).

O leitor pode ter visto um destes medidores nos aparelhos de som, tapedecks e nos receptores de FM. Estes medidores são destinados a medir a intensidade do sinal recebido ou potência fornecida pelos amplificadores.

37



Os S-Meters colocados na maioria dos transceptores modernos, medem a intensidade do sinal recebido e a potência de RF do transmissor.

Na etapa receptora, a medida é efetuada mediante um microamperímetro conectado na saída de um retificador, que transforma o sinal da última bobina de FI em corrente contínua variável, cuja intensidade depende do sinal recebido.

CAPÍTULO 3

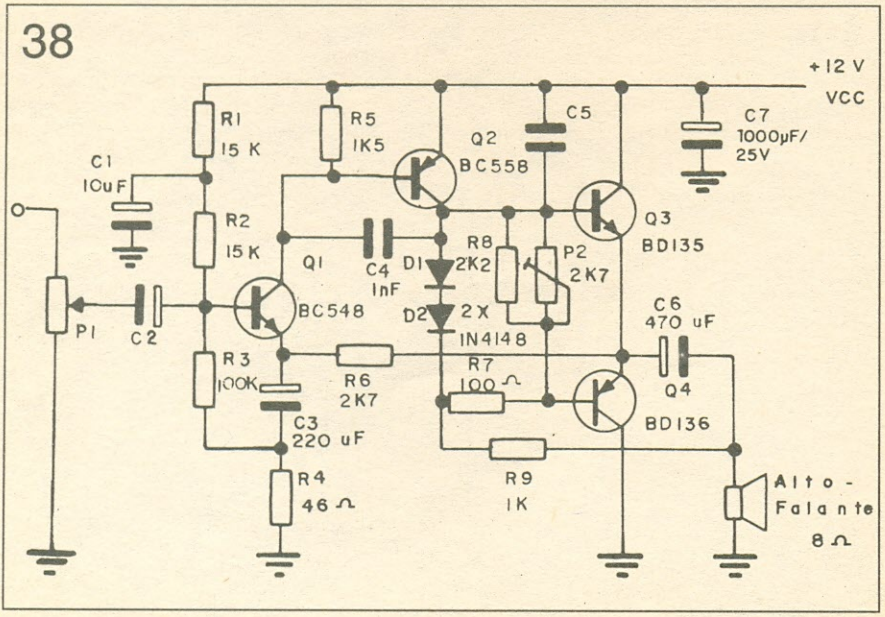
AMPLIFICADOR DE ÁUDIO-FREQUÊNCIA

Normalmente os radioreceptores comerciais utilizam os mais diversos tipos de amplificadores de áudio. Podem ser utilizados amplificadores com saída em simetria complementar, circuitos integrados lineares, amplificadores híbridos e etc.. Para que o leitor possa compreender o funcionamento básico de um amplificador com transistores casados em par complementar PNP e NPN, apresentamos o diagrama esquemático da **figura 38**.

O amplificador é constituído por dois transistores em casse A, formados pelos transistores Q1 e Q2, acoplados diretamente. A etapa de saída é formada pelos transistores Q3 e Q4, em classe AB na configuração coletor comum, utilizando transistores casados em par complementar PNP e NPN.

A polarização da base do transistor Q1 determina a simetria da tensão nos emissores dos transistores Q3 e Q4, sendo, aproximadamente, a metade do valor da

38



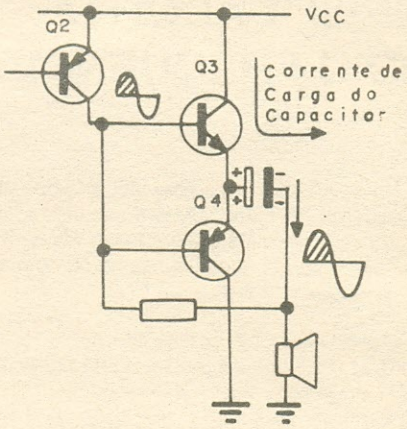
tensão de alimentação. O capacitor C1 possui a função de filtro de desacoplamento do sinal alternado presente na linha de alimentação do circuito.

O capacitor C3, possui a função de desacoplamento da realimentação negativa do sinal de áudio, que flui do resistor R6 para o emissor do transistor Q1. O valor do resistor R6 determina a resposta de frequência do amplificador, e também o ganho de amplificação do circuito. Para ajustar o índice de realimentação negativa introduzida no circuito, coloca-se um resistor de valor fixo ou um trim-pot de 220 ohms, que permitirá o ajuste da resposta de frequência e do ganho de amplificação do circuito amplificador.

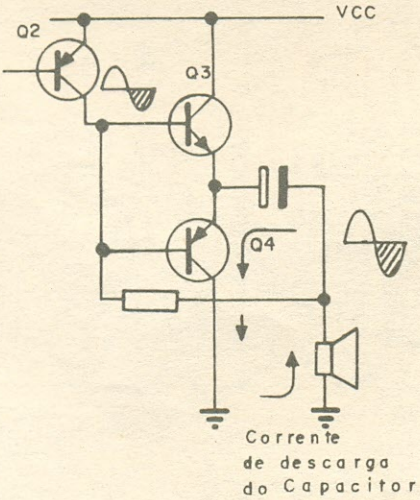
Vejamos como funciona o circuito amplificador.

O sinal é aplicado na base do transistor Q1 através do capacitor C2. O transistor Q1 trabalha em classe A, e irá amplificar o sinal sem distorção. O sinal amplificado é obtido no coletor do transistor Q1, defasado de 180 graus. O segundo transistor, Q2, que trabalha em classe A, também amplifica o sinal sem distorção, aplicando-o nas bases dos transistores de

39



40



saída Q3 e Q4, em simetria complementar (um amplifica a parte positiva e o outro a negativa do sinal).

Quando o sinal no coletor de Q2 for um semiciclo positivo, e for aplicado nas bases de Q3 e Q4, o transistor PNP Q4 estará cortado (não conduzirá) e o transistor NPN Q3 conduzirá, carregando o capacitor C5. Conseqüentemente, uma corrente fluíra pelo alto-falante, reproduzindo o primeiro semiciclo positivo aplicado na base dos transistores de saída.

Veja a **figura 39**.

Quando nas bases dos transistores de saída, for aplicado o semiciclo negativo, o transistor Q3 estará cortado e o transistor Q4 conduzirá. O leitor deve ter observado que no primeiro semiciclo o capacitor C5 carregou. Quando o transistor Q4 estiver conduzindo, o capacitor C5 se descarregará através do transistor.

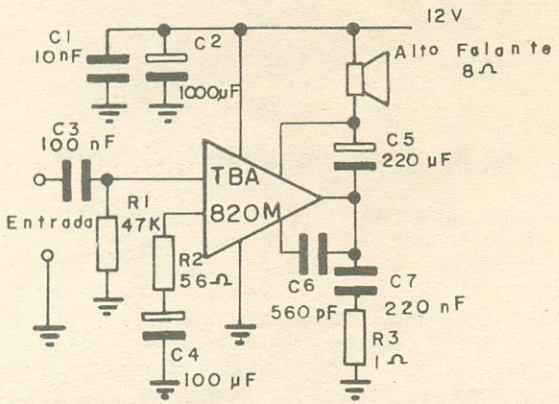
Neste caso, a carga do capacitor funciona como um segundo CC, reproduzindo um semiciclo negativo. Veja a **figura 40**.

AMPLIFICADOR DE ÁUDIO COM TBA820 M

O circuito integrado TBA 820 M, é um amplificador em invólucro de D.I.L. de 8 pinos, podendo ser alimentado com tensões de 3 a 15 volts, e pode fornecer cerca de 1 W de potência.

O circuito integrado é protegido por um sistema contra curto circuito na saída de alto-falante. Pela reduzida dimensão do integrado, torna-se ideal para a utilização nos pequenos receptores e transceptores. O diagrama esquemático completo do amplificador é mostrado na **figura 41**.

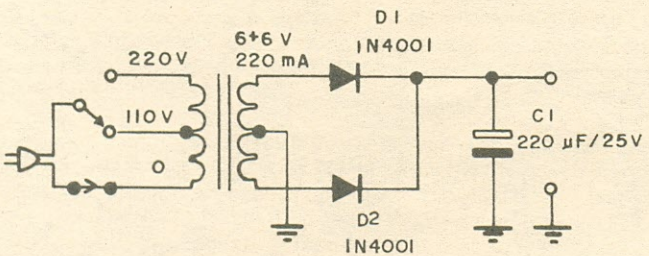
41



FONTE DE ALIMENTAÇÃO PARA O RECEPTOR

De modo geral, uma fonte de alimentação possui a função de fornecer tensões e correntes contínuas adequadas para os circuitos elétricos ou eletrônicos. Os circuitos de radioreceptor ou circuitos eletrônicos de modo geral, funcionam com tensões ou correntes contínuas constantes.

42



Portanto, se o leitor desejar utilizar a corrente alternada da rede, será necessário primeiramente reduzir ou elevar a tensão, através de um transformador numa tensão adequada para a alimentação do circuito, e posteriormente transformá-la em corrente contínua.

Na **figura 42** podemos ver o circuito retificador de onda completa, formado pelos diodos D1 e D2, que deixam passar somente o semiciclo positivo da corrente alternada, transformando o sinal em corrente contínua pulsante. Os intervalos existentes entre um semiciclo e outro do sinal retificado, são compensados através de um capacitor eletrolítico, transformando a corrente pulsante em corrente contínua de nível constante.

O circuito retificador pode ser de meia onda ou de onda completa, enquanto que o circuito de filtro deve ter a configuração que melhor atenda às características exigidas pelo circuito receptor.

As flutuações da tensão de saída (ripple ou zumbido), dependem da frequência da corrente alternada retificada, do valor do capacitor de filtro e do consumo de corrente do aparelho.

FONTE DE ALIMENTAÇÃO REGULADA

O circuito que iremos apresentar, pode ser utilizado para alimentar um circuito receptor com um consumo total de até 500 miliampéres.

O circuito regulador é do tipo série com amplificador de erro. Na **figura 43** mostramos um esquema completo de uma fonte de alimentação com circuito regulador.

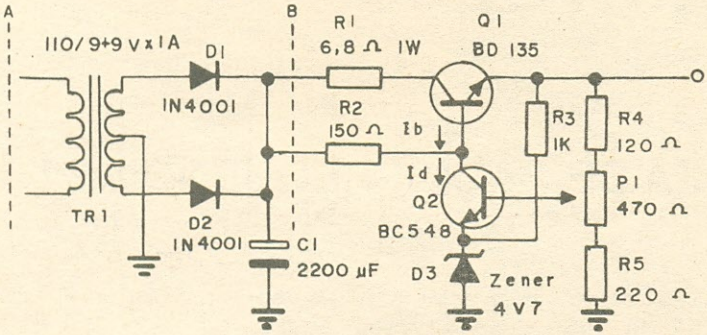
O leitor poderá ver os pontos A e B assinalados na figura, a estapa que está entre esses pontos corresponde a uma fonte retificada simples, não regulada. O transformador de força (TR1) possui a função de reduzir a tensão da rede de 110 V para 9 V. Os diodos D1 e D2 bloqueiam os semiciclos negativos, deixando passar somente os semiciclos positivos.

O capacitor C1 possui a função de filtrar as variações da corrente pulsante retificada pelos diodos. O circuito retificador é do tipo de onda completa, que utiliza um transformador com uma tomada central no enrolamento do secundário.

Vejamos como funciona o nosso regulador.

O transistor Q1, funciona como um elemento de controle da corrente de saída. A base deste transistor (Q1), recebe uma corrente através do divisor formado pelo resistor R2 e Q2 e pelo diodo zener, D3. O transistor Q2 tem como a comparadora e de controle do desvio da corrente de base do transistor Q1 para o terra, quando ocorrer uma

43



variação de tensão na saída sobre o divisor resistivo de R4, P1 e R5. A tensão presente na base do transistor Q2, resultante da soma da tensão zener mais a tensão Vbe, serve como uma tensão de referência para ser comparada com a tensão de saída do divisor resistivo.

Quando a tensão no divisor (R4, P1 e R5), sofrer uma variação, provocada pelo consumo do aparelho, haverá uma variação na diferença de tensão entre a tensão (VZ+Vbe), da base do transistor Q2, e a tensão em R4+P1 do divisor.

Como o leitor pode ver, a base de Q2 está polarizada pelo divisor resistivo R4, P1 e R5, logo, reduzindo a tensão neste divisor, a corrente de base diminuirá, reduzindo também a corrente de drenagem (Id) sobre o transistor Q2. Reduzindo a corrente de desvio em Q2, parte desta corrente vai para a base do transistor Q1, e conseqüentemente há um aumento na corrente de base de Q1, proporcionando também o aumento da corrente na carga, corrigindo a tensão na saída.

Para tornar mais claro a compreensão do nosso leitor, consideremos um outro exemplo, com o mesmo circuito. Suponhamos que haja um ligeiro aumento na tensão de entrada, e em conseqüência um ligeiro aumento de tensão em R4. Esse ligeiro aumento de tensão em R4, fará com que a corrente de desvio do transistor Q2 aumente, isto é, a corrente Ib de Q1 reduzirá em conseqüência da drenagem da corrente através do transistor Q2. Com a redução da corrente na base do transistor Q1, se produzirá uma redução da corrente de coletor-emissor de Q1, reestabelecendo a correção na tensão de saída sobre a carga da fonte, mantendo a tensão constante.

O leitor poderá observar, que qualquer variação de tensão provocada no resistor R4, faz com que o transistor Q2 proporcione maior ou menor drenagem (desvio) da corrente de base do transistor de controle Q1, corrigindo a tensão de saída. O resistor R1 colocado em série com o circuito do coletor do transistor Q1, serve para limitar a corrente de consumo da carga, e proteger o circuito de um eventual curto provocado na saída.

O valor do resistor deve ser calculado dentro dos limites que o transistor pode suportar sem danificar-se.

CAPÍTULO 4

FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS

Citaremos algumas estações possíveis de serem captadas nas faixas de MF (Medium Frequencies), faixa de HF (high Frequencies) e faixa de VHF (Very High Frequencies).

Dentro destas faixas de frequências, segundo a Comissão Internacional de Comunicações, poderemos captar o seguinte:

- 300 KHz a 415 KHz - Navegação marítima
- 415 KHz a 490 KHz - Telegrafia
- 490 KHz a 510 KHz - Faixa para frequência internacional de emergência
- 535 KHz a 1,65 MHz- Radiodifusão comercial AM, dividida em 107 canais, separados de 10 KHz cada um
- 1,65 MHz a 1,75 MHz - Tráfego das traineiras, estações costeiras, tráfego meteorológico (Marinha), rádio navegações, tráfego aéreo, tráfego militar e navegação Loran
- 1,75 MHz a 2 MHz - Radioamadorismo (160 m)
- 2,182 MHz a 2,3 MHz - frequência internacional de perigo, telefonia
- 2,3 MHz a 3,2 MHz - Radiodifusão (120 m)
- 3,2 MHz a 3,4 MHz - Radiodifusão (90 m)
- 3,5 MHz a 3,8 MHz - Amadores (80 m), telegrafia e telefonia
- 3,9 MHz a 4,75 MHz - Radiodifusão (75 m)
- 5,85 MHz a 6,41 MHz - Radiodifusão (49 m)
- 7 MHz a 7,1 MHz - Amadores (40 m), telegrafia e telefonia
- 7,1 MHz a 7,3 MHz - Radiodifusão (41 m)
- 8,8 MHz - Tráfego aéreo
- 9,5 MHz a 9,775 MHz - Radiodifusão (31 m)
- 11,7 MHz a 11,975 MHz - Radiodifusão (25 m)
- 14 MHz a 14,35 MHz - Amadores (20 m), telegrafia e telefonia
- 15,1 MHz a 15,45 MHz - Radiodifusão (19 m)
- 17,7 MHz a 17,9 MHz - Radiodifusão (16 m)
- 20 MHz - Frequência utilizada pelos satélites artificiais soviéticos
- 21 MHz a 21,45 MHz - Amadores (15 m)
- 21,45 MHz a 21,75 MHz - Radiodifusão internacional de ondas curtas (14 m)
- 25,6 MHz a 26,1 MHz - Radiodifusão internacional de ondas curtas (11 m)
- 26,960 MHz a 27,280 MHz - Faixa do cidadão, classe D, com 23 canais, separados por 10 KHz entre os canais, controle remoto para hobby, rádio telefonia privada para Walkies-Talkie com potência máxima de 50 mW
- 27,290 MHz a 27,430 MHz - Radiotelefones com potência entre 50mW e 3W
- 28 MHz a 29,7 MHz - Amadores (10 m), telegrafia e telefonia
- 30 MHz a 50 MHz - Telefonia de estações fixas e móveis de segurança pública (polícia, bombeiros e etc.)

- 50 MHz a 54 MHz - Amadores, rádio táxi, (6 m)
- 54 MHz a 72 MHz - Canais 2, 3 e 4 de televisão
- 72 MHz a 76 MHz - Frequência utilizada para serviços governamentais, amadores, rádio-farol
- 76 MHz a 88 MHz - Canais 5 e 6 de televisão
- 88 MHz a 108 MHz - Radiodifusão de FM
- 108 MHz a 136 MHz - Navegação aérea, controle de tráfego aéreo, serviço meteorológico
- 144 MHz a 148 MHz - Amadores (2 m)
- 150,8 MHz a 162 MHz - Telefonia de segurança pública
- 156,25 MHz a 162 MHz - Telefonia de embarcações de recreação, lanchas, iates, etc.
- 174 MHz a 216 MHz - Canais 7 a 13 de televisão

CONSTRUÇÃO DE ANTENA DIPOLO PARA RECEPTORES OC

A antena dipolo é conhecida como antena HERTZ, em homenagem ao inventor Henrich Hertz. Esta antena consiste num fio esticado colocado no alto, e com o centro ligado a um cabo coaxial, ou por dois fios retorcidos, que desce até o radioreceptor ou ao transmissor.

Para que possamos dimensionar o comprimento efetivo da antena, vamos considerar a relação entre a frequência e seu comprimento de onda. Para conhecermos o comprimento de onda de uma determinada frequência, expressamos pela equação:

$$\text{Comprimento de onda (metros)} = \frac{300\,000\,000 \quad \text{(metros)}}{\text{Frequência} \quad \text{(ciclos)}}$$

300 000 000 é a quantidade de metros que a onda viaja pelo espaço em um segundo, que corresponde à velocidade da luz.

Desta forma, um transmissor que gera uma frequência de 10 MHz terá o seu comprimento de onda igual a:

$$\frac{300\,000\,000}{10\,000\,000} = 30 \text{ metros}$$

Isto quer dizer, que para uma frequência de 10 MHz, uma onda completa gastaria um espaço de 30 metros para completar o seu ciclo.

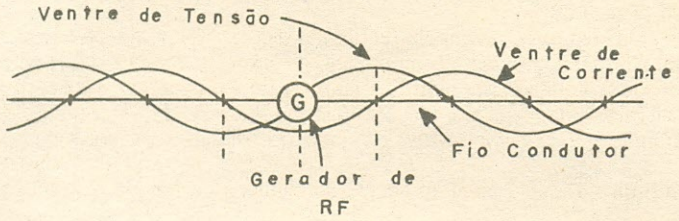
Concluímos também que, para cada frequência, teremos um comprimento de onda diferente.

Na **figura 44**, temos o movimento de ondas sobre um fio condutor. Como podemos ver na figura, a onda se movimenta ao longo de sua trajetória. Podemos observar também, o movimento da onda de corrente e tensão formando ondas estacionárias.

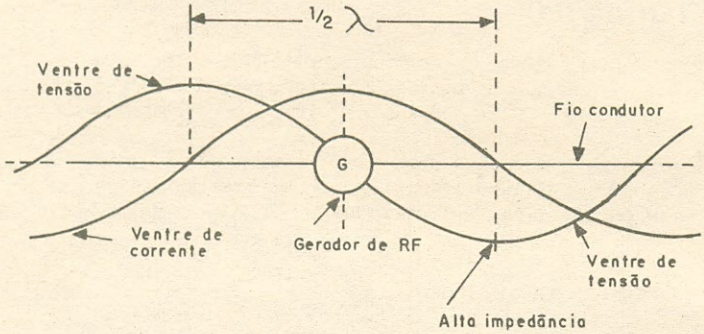
O ponto mais alto da corrente (ventre de corrente), apresenta uma baixa impedância, em torno de 50 ohms, ao passo que o ponto mais alto da tensão (ventre de tensão), apresenta uma altíssima impedância.

Sabemos também que o espaço de propagação possui também uma altíssima impedância. Daí, Concluímos que a máxima transferência de potência ocorrerá quando houver um casamento de impedância, isto é, quando a impedância da antena for aproximadamente igual à do espaço.

44



45



Observando a onda da **figura 45**, teremos o ventre de tensão, (alta impedância) exatamente na metade do comprimento de sua onda.

O leitor observará que o comprimento ideal para uma antena dipolo, é exatamente a metade do comprimento de onda.

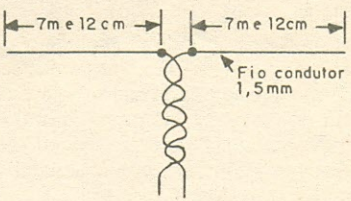
Cientistas descobriram que o espaço percorrido pela corrente elétrica em um fio condutor (no caso de uma antena), é aproximadamente 5% inferior do que o calculado com a velocidade da luz.

Vejamos um exemplo de cálculo de comprimento de antena dipolo.

Vamos supor que desejamos construir uma antena dipolo para um transmissor de **ONDAS CURTAS**, operando na frequência de 10 MHz. Sabemos que o comprimento de onda é de 30 metros.

Considerando uma antena de ½ onda, cujo ventre de tensão está situado na extremidade da antena, esta será de 15 metros. Descontan-

46



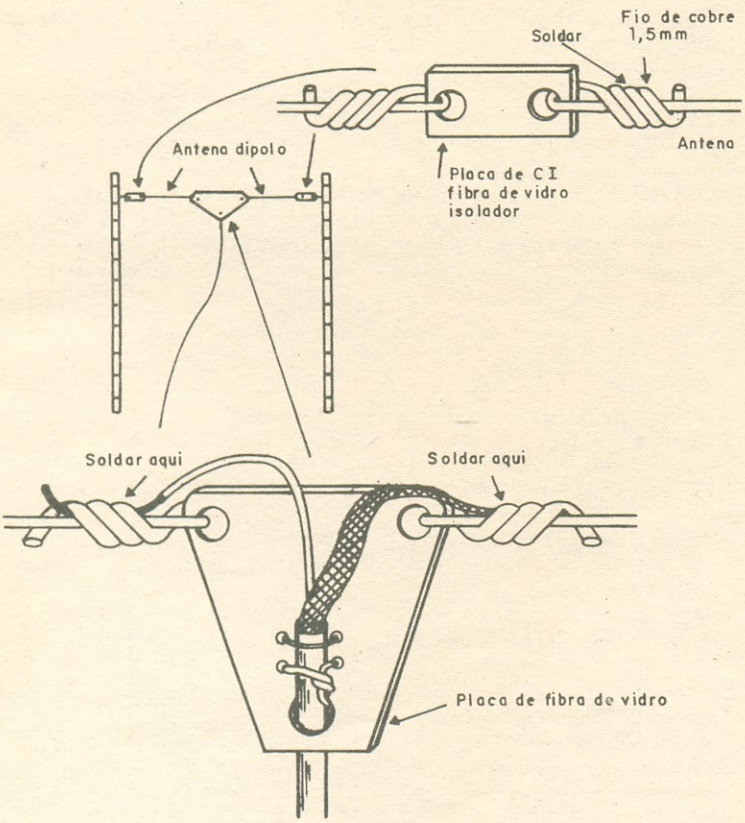
do os 5% de seu comprimento efetivo, teremos 14,25 metros. Uma antena dipolo é constituída por duas partes, desta forma, teremos aproximadamente 7,12 metros de cada lado (**figura 46**).

Para calcular o comprimento da antena dipolo, nas demais frequências, proceda da seguinte forma: determine o comprimento da onda e subtraia 5% de seu comprimento efetivo, divida o resultado por quatro, e teremos uma das duas partes da antena dipolo.

A linha de transmissão pode ser fio duplo retorcido ou cabo coaxial de 52 ohms. Aconselhamos que o comprimento da linha de transmissão não seja superior a 20 metros.

Na **figura 47**, está mostrado como se instala uma antena dipolo HERTZ.

47



CALIBRAÇÃO DO RECEPTOR SUPER-HETERÓDINO COM GERADOR DE RF

A calibração de receptores, é efetuada através de um instrumento conhecido como gerador de sinais ou gerador de RF. O gerador de RF é um transmissor de reduzida potência, modulado com um sinal de áudio de 1 KHz, sendo acoplado a um cabo ou ponta de prova do instrumento. O leitor poderá utilizá-lo para calibrar circuitos de radioreceptores, transmissores, circuitos de televisores, e outros circuitos que envolvam sinais de radiofrequência.

O gerador de RF pode se apresentar de diversas formas, conforme o fabricante. Também podem variar em função da sofisticação, e seu espectro de frequências ir desde 200 KHz até 200 MHz, com um modulador de tom de 400 Hz e 1 KHz. Na **figura 48**, está mostrado o aspecto do gerador de RF.

O gerador de RF deve apresentar no mínimo os seguintes controles:

- CHAVE DE FUNÇÃO - Este controle permite ligar o aparelho e possibilita a obtenção do sinal com ou sem modulação, interna ou externa, entrada e saída de áudio.

- NÍVEL DE MODULAÇÃO - Permite o ajuste da profundidade ou índice de modulação de 0 a 100%.

- SELETOR DE FAIXA - Permite a escolha da faixa na qual se localiza a frequência desejada.

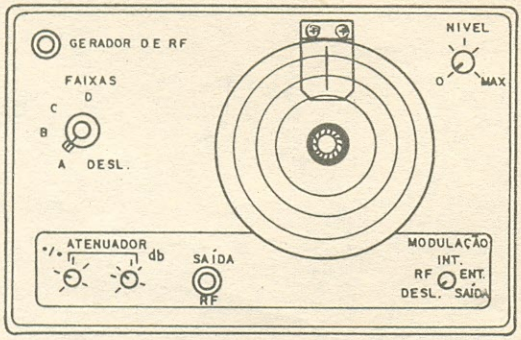
- SINTONIA - Permite sintonizar a frequência desejada, que aparece em uma escala.

- CONTROLE DE SAÍDA - Permite ajustar a amplitude do sinal de RF de saída.

A calibração de um radioreceptor é feita para que consiga cobrir toda a faixa de recepção, afim de obter uma boa sensibilidade e seletividade.

Em um receptor super-heteródino, a calibração deve ser efetuada em três etapas, descritas à seguir.

48



AJUSTE DA FREQUÊNCIA INTERMEDIÁRIA

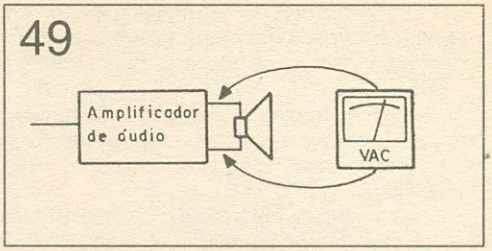
O gerador de RF deverá estar ligado a pelo menos 15 minutos para o pré-aquecimento, para que o aparelho atinja a temperatura normal de trabalho, evitando-se

assim os desvios de frequência, que normalmente ocorrem nos primeiros minutos de aquecimento.

1 - Passe a chave de função (modulação) para a posição INT (interna).

2 - Ligue o receptor e leve o controle de intensidade do som ao máximo de volume.

3 - Conecte um voltímetro de C.A. em paralelo com o alto-falante, para servir como indicador de nível do sinal. Recomendamos o uso deste método uma vez que, na maioria dos casos, a indicação visual é mais confiável do que a indicação audível (**figura 49**).



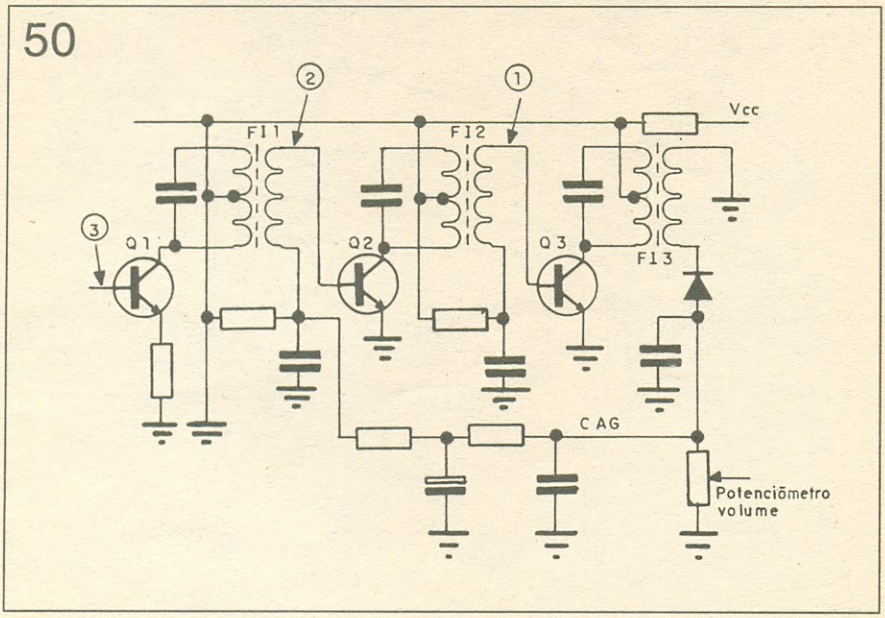
4 - Provoque um curto circuito no capacitor variável do oscilador local utilizando um "jumper" para desativar o oscilador, isto nos permite que o sinal fundamental de FI e as frequências imagens geradas pelo oscilador local não sejam confundidas.

5 - Selecione a frequência de FI no botão de sintonia (no caso 455 KHz), comutando a chave de seleção de faixas.

6 - Conecte a ponta de prova negativa à massa e a ponta "viva" na base do transistor conversor, e com auxílio de uma chave de plástico, ajuste cuidadosamente os núcleos das bobinas até conseguir o máximo de seu no indicador do voltímetro e no alto-falante.

7 - À medida que o sinal for aumentando, procure reduzir o sinal de saída do gerador de RF. Mesmo assim, se o ruído permanecer muito intenso, o leitor poderá substituir o alto-falante por um resistor de aproximadamente 5 a 10 ohms.

8 - Se as bobinas de FI estiverem com a sua sintonia fora de alinhamento, o leitor deverá ajustar as etapas das bobinas individualmente, aplicando o sinal nos pontos indicados na **figura 50**.



9 - Com o mínimo de sinal do gerador, ajuste para a máxima deflexão do ponteiro do voltímetro, retocando cuidadosamente as bobinas de FI. Esta operação deverá ser repetida de duas a três vezes, para obter uma perfeita sintonia nos transformadores de FI.

Um lembrete ao leitor: é absolutamente necessário manter durante o processo de calibração, o nível do sinal do gerador sempre no mínimo, a fim de evitar que o CAG do receptor entre em funcionamento, ou que um sinal demasiadamente forte possa saturar o amplificador de FI.

Mantenha o controle de volume no máximo e ajuste a intensidade do sinal exclusivamente por intermédio do atenuador do gerador de RF.

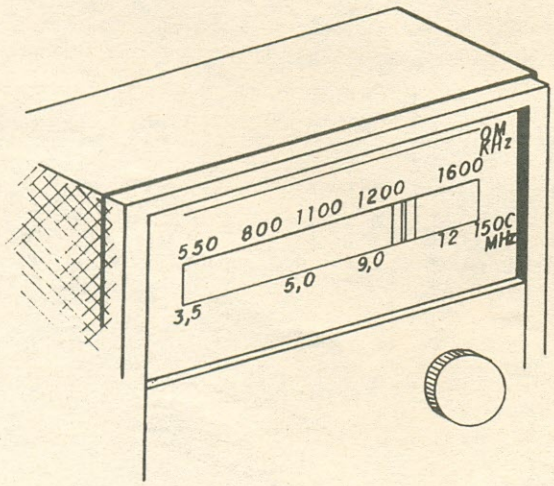
CALIBRAGEM DE RASTREIO

Terminada a calibragem das bobinas de FI, iremos em seguida ajustar a frequência do oscilador local do receptor. Nesta etapa de calibragem, as bobinas de FI já devem estar calibradas. Desconecte o curto circuito do oscilador local e ligue uma antena. Neste momento, girando o capacitor variável de sintonia, algumas estações poderão ser captadas. Entretanto, as estações sintonizadas poderão estar aglomeradas numa porção do mostrador do rádio e ausentes na outra parte. O leitor perceberá também, que as frequências das estações não correspondem aos números gravados no mostrador do receptor.

Para conseguirmos uma distribuição correta destas estações ao longo do mostrador do receptor, será necessário efetuarmos uma calibragem de RASTREIO, ajustando o oscilador local do receptor para a sua respectiva faixa de rádio.

Devemos sempre lembrar que para o extremo inferior da numeração da frequência da estação emissora do mostrador, por exemplo 530 KHz em OM, se consegue o ajuste atuando-se no núcleo da bobina osciladora. O extremo superior (1600 Khz) deve ser

51



ajustado girando o capacitor trimer que se encontra conectado em paralelo com o capacitor variável de sintonia. Na **figura 51**, podemos ver um mostrador de um radioreceptor.

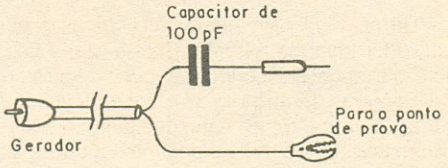
AJUSTE DO OSCILADOR LOCAL

1 - Ligue o cabo do gerador de RF à antena do receptor utilizando um capacitor de 100 pF, como mostra a **figura 52**.

2 - Coloque o gerador de RF no limite inferior da faixa de OM, por exemplo em 530 KHz; coloque o capacitor variável totalmente fechado, e ajuste o núcleo da bobina osciladora de OM, até obter o máximo de sinal de saída.

3 - Posicione a sintonia do gerador de RF para o limite superior da faixa, por exemplo em 1600 KHz; posicione o capacitor variável totalmente aberto, e ajuste o capacitor trimer do oscilador que se encontra em paralelo com o variável, até obter o máximo de sinal.

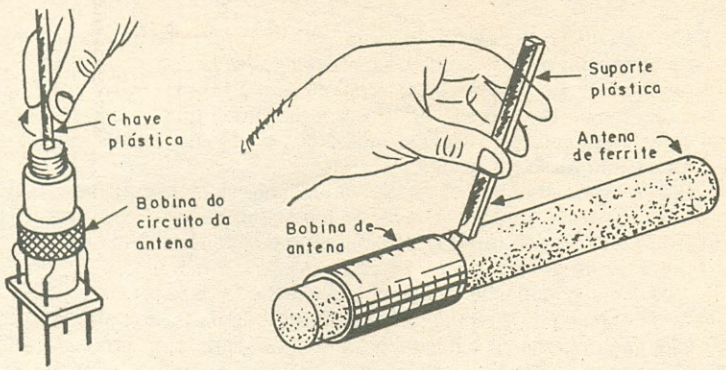
52



AJUSTE DE SENSIBILIDADE DO CIRCUITO DE SINTONIA

1 - Com o gerador de RF conectado na antena, posicione-o em 700 KHz e gire o capacitor variável até sintonizar este sinal. Ajuste o núcleo da bobina de antena, até

53



obter o máximo de sinal.

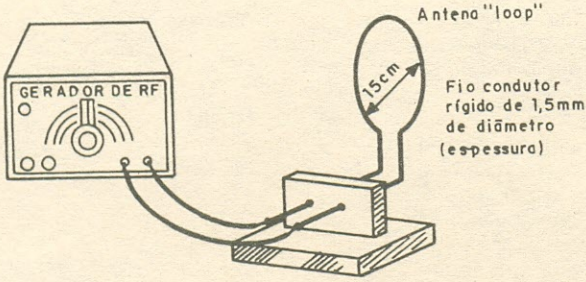
2 - Sintonize o gerador de RF em 1400 KHz, e ajuste o capacitor ajustável trimer da bobina de sintonia para o máximo de sinal.

Nos rádios portáteis, que dispõem de bobinas de sintonia sobre a antena de ferrite, o gerador de RF deve dispor de uma antena loop, para aplicar o sinal ao receptor. Procede-se o ajuste com o auxílio de um suporte de material plástico, não se deve ajustar tocando a mão na bobina, pois isto altera a calibragem do mesmo (**figura 53**).

A calibragem das faixas de ondas curtas, pode ser efetuada da mesma forma em que foi feita a calibragem da faixa de OM.

Na **figura 54** mostramos como construir uma antena "loop".

54



CALIBRAGEM DO RECEPTOR SEM O USO DE INSTRUMENTO

Quando o leitor efetuar a manutenção num radioreceptor, deve evitar retocar os núcleos das bobinas, com intuito de aumentar a sua sensibilidade. Normalmente, os defeitos de baixa sensibilidade dos receptores são ocasionados pela fuga de capacitores eletrolíticos ou alteração das características dos transistores.

A calibragem do receptor pelo método de "ouvido", pode ser efetuada utilizando a técnica de comparação com um outro rádio receptor comercial, previamente calibrado pela fábrica.

Este método é apenas um "quebra galho", e não nos possibilita determinar o rastreio da faixa com exatidão em que o receptor está funcionando.

Como nem todos os nossos leitores possuem o gerador de RF para a calibragem, aqui descreveremos um método prático, em que você poderá fazer o ajuste do seu radioreceptor. Para calibrar o receptor, tomemos o seguinte procedimento:

Calibragem da FI

- Gire vagarosamente o capacitor variável até sintonizar alguma estação.
- Com o auxílio de uma chave de fenda de plástico, gire vagarosamente as bobinas de FI, até obter o máximo de sinal reproduzido no alto-falante.

Ajuste do oscilador local

- Posicione o capacitor variável todo fechado, e ajuste o núcleo da bobina osciladora no máximo de sua indutância, introduzindo o núcleo para dentro da fôrma.
- Gire vagarosamente o núcleo para fora, até sintonizar uma estação qualquer.
- Posicione o capacitor totalmente aberto, e posicione o capacitor trimer do oscilador para a mínima capacitância.

- Gire vagarosamente o trimer até sintonizar uma estação qualquer.

Este ajuste, permite que você organize a faixa de recepção do receptor.

Ajuste de sintonia

- Posicione o capacitor variável no extremo inferior de maior capacidade (capacitor variável todo fechado), e sintonize uma estação qualquer.

- Ajuste o núcleo da bobina de antena até obter o máximo de sinal.

- Sintonize uma estação qualquer no extremo superior de menor capacidade (capacitor variável todo aberto), e ajuste o capacitor trimer para o máximo de sinal.

Para obter um ajuste fino desta calibragem, repita estas operações pelo menos duas vezes.

Terminados todos esses ajustes, sintonize uma estação nos extremos da faixa do receptor experimental e compare com um receptor comercial.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DE DEFEITOS NO RECEPTOR DE RÁDIO

MEDIÇÕES DOS TRANSISTORES COM O USO DE OHMÍMETRO

Os transistores podem ser verificados com o auxílio de um ohmímetro, medindo a resistência direta e inversa entre base-emissor e base-coletor, e entre o coletor e emissor. Antes de efetuar a medição propriamente dita o ohmímetro deverá sempre estar posicionado na escala mais alta de sua resistência, porque nas escalas mais baixas, a corrente que flui nas pontas de prova é tão grande que pode danificar o transistor durante a medição da resistência direta.

Na **figura 55**, mostramos as características da resistência registrada no galvanômetro do ohmímetro.

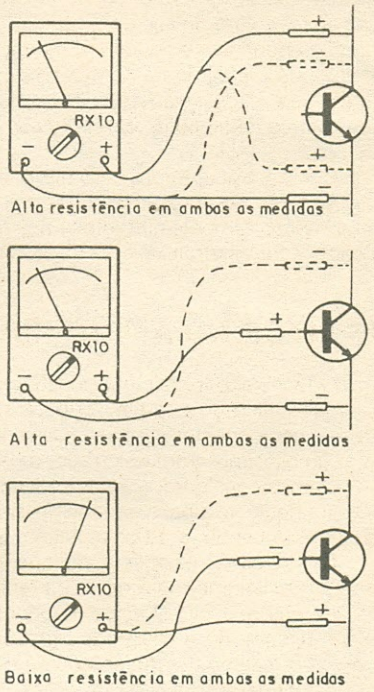
Na maioria dos casos os transistores podem ser medidos no circuito. No caso de dúvida, será necessário retirá-lo do circuito para efetuar a medição.

Uma outra forma de averiguação, que nos permite a análise das condições de funcionamento do circuito, é a medição das tensões.

Depois de identificado o estágio defeituoso, então passa-se a comparar os valores das tensões medidas, confrontando com as tensões especificadas no diagrama esquemático do rádio.

O voltímetro utilizado para medir tensões contínuas do circuito, deve

55



possuir a resistência interna alta, pelo menos de 20 K ohm/volt D.C. ou A.C. O voltímetro de resistência muita baixa, "carrega" o circuito e acaba resultando em medidas diferentes da referida tensão constante no diagrama esquemático.

Estas medições, devem ser efetuadas de tal maneira a não encostar a ponta de prova acidentalmente nos componentes próximos, um curto circuito acidental poderá danificar os semicondutores ou outros componentes vizinhos.

DEFEITOS EM COMPONENTES

Os componentes eletrônicos podem sofrer diversas anomalias, dependendo de sua constituição física, material de que é constituído, o seu formato e outras condições de operações a que são submetidos.

Iremos relatar à seguir, alguns defeitos mais comuns encontrados nos radioreceptores, ao longo de toda experiência adquirida em assistência técnica de aparelhos eletrônicos.

Os defeitos mais comuns nos radioreceptores, que chegam às oficinas de conserto de rádio e TV, são defeitos comuns causados por quebra de componentes, provocados pela queda do aparelho, trincas na placa de circuito impresso, bobinas de antena de ferrite quebrada, fios soltos, potenciômetro e trimpots com mau contato, queima do transformador de força da fonte de alimentação provocada por sobretensão, queima dos transistores de potência de áudio e enfraquecimento dos capacitores eletrolíticos.

Os demais componentes, tais como: resistores, capacitores não polarizados (poliéster, disco, etc), bobinas de FI, e transistores da etapa de radiofrequência, raramente apresentam defeitos.

Componentes abertos - É comum dizer que um componente está aberto, isto significa que o mesmo não apresenta continuidade entre os terminais, e conseqüentemente a sua resistência será infinita. Este tipo de defeito, pode surgir nos transistores, em resistores de fio ou de carbono, nos enrolamentos de transformadores, alto-falantes e etc.

Componentes em curto ou apresentando fuga - Um componente, pode também estar em curto ou apresentar fuga, isto é, sofrer uma diminuição de sua resistência. É comum encontramos esse defeito nos transistores, nas bobinas, nos transformadores, em capacitores eletrolíticos e etc.

DEFEITOS NO AMPLIFICADOR DE ÁUDIO

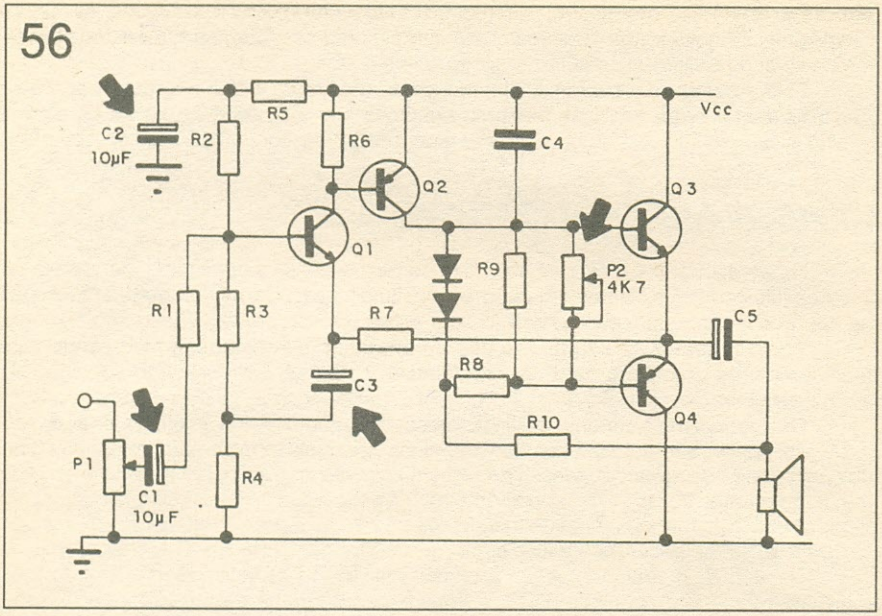
O técnico, por mais habilidoso que seja, sempre necessita ter em mãos o diagrama esquemático do aparelho que irá consertar. Para que o leitor possa identificar os possíveis componentes com anomalias, tomemos como exemplo o diagrama esquemático de um amplificador transistorizado, mostrado na **figura 56**.

Vamos considerar este amplificador de áudio em duas partes distintas: a primeira correspondente ao sinal alternado aplicado à entrada do circuito, e a outra correspondente à corrente contínua de polarização dos transistores.

Os defeitos mais comuns que os circuitos de áudio podem apresentar são: alteração do volume (som baixo ou fanhoso), ausência de som (mudo) e outros.

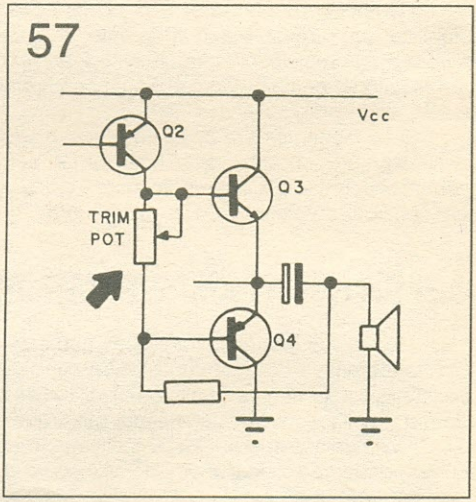
Iremos analisar alguns componentes responsáveis pelos defeitos mais comuns que um circuito de áudio pode apresentar. Para iniciarmos o comentário a respeito, tomemos o esquema apresentado na **figura 56**.

Suponhamos que o capacitor C1 "interrompeu-se", ou apresenta baixíssima capacitância, certamente o sinal aplicado na entrada não chegará até a base do primeiro transistor (Q1), conseqüentemente não teremos o sinal amplificado na saída. Porém, se



o leitor efetuar as medições da polarização dos transistores as encontrará perfeitamente normais.

Por outro lado, se o transistor Q1, ou os resistores R2 ou R3 que o polarizam, forem encontrados alterados ou abertos, o ponto de operação dos transistores também será alterado. Convém lembrarmos, que este tipo de amplificador é de corrente contínua, pelo fato dos estágios estarem acoplados diretamente. Desta forma, quando a polarização do primeiro transistor sofrer qualquer alteração da sua corrente, imediatamente irá alterar a polarização dos demais transistores, podendo até a queimar os transistores de potência.



O trim-pot, utilizado para o ajuste de simetria e "cross-over", pode apresentar mau contato e provocar um desbalanceamento na corrente da base, alterando sensivelmente a corrente de repouso da etapa de saída, danificando portanto os transistores (**figura 57**).

No caso em que o capacitor C3 apresentar "fuga ou estiver aberto", haverá uma realimentação negativa no emissor do transistor Q1, reduzindo o fator de amplificação do circuito, apresentando como característica o som baixo.

Se o capacitor C2 apresentar baixa capacitância ou estiver aberto, poderá surgir uma realimentação do sinal através da linha do CC, produzindo uma regeneração de

baixa frequência no circuito amplificador, gerando um som característico igual ao de uma motocicleta. É muito comum este tipo de defeito nos amplificadores de circuitos integrados e híbridos.

Na maioria dos casos, isto pode ser solucionado acrescentando capacitores eletrolíticos ou capacitores de desacoplamento na linha de alimentação do circuito.

DEFEITOS NA ETAPA DE RF DO RECEPTOR

- Não sintoniza a estação, embora esteja "chiando": quebra da antena de ferrite e dos fios da bobina.

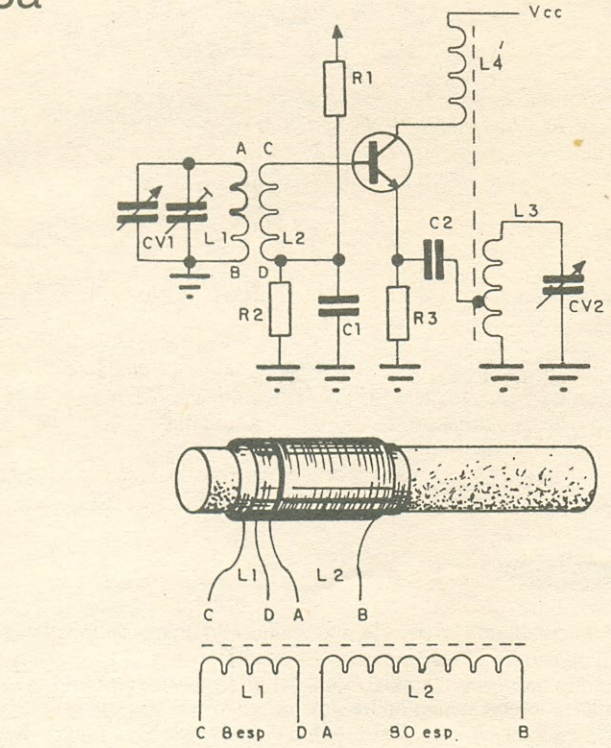
- Rádios portáteis cujos ajustes das bobinas foram alteradas e quebradas: é muito comum acontecer com certos curiosos que tentam melhorar o seu rendimento "fuçando".

De acordo com a marca e o tipo de aparelho receptor, alguns possuem várias faixas, com bobinas de antena para cada faixa.

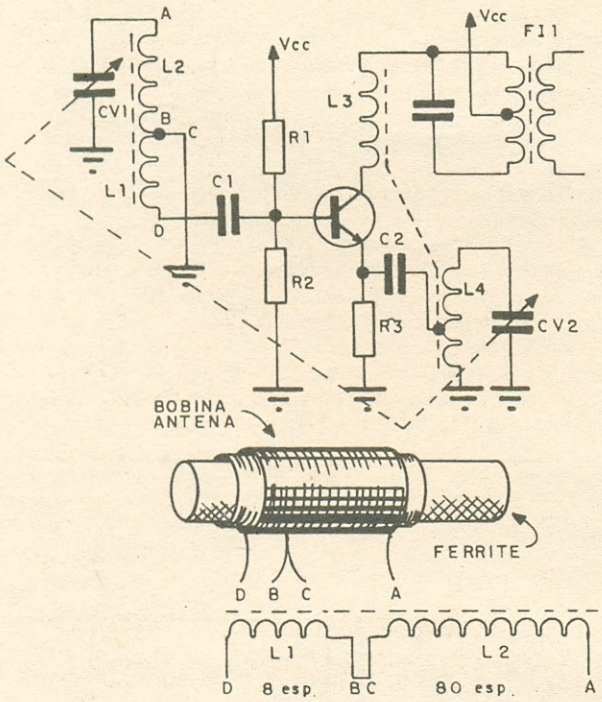
Nos aparelhos portáteis de OM, a bobina de antena é enrolada sobre uma barra de ferrite, a qual capta as estações da mesma forma que uma antena externa.

A barra de ferrite pode apresentar-se em diversas formas. Quanto maior a barra maior será a sua sensibilidade.

58a



58b



Vamos apresentar alguns tipos mais comuns de ligações das bobinas de antena para a faixa de Ondas Médias.

Na **figura 58a** está mostrada a ligação de uma bobina de antena de 4 fios.

Na **figura 58b** temos a ligação de uma bobina de antena de 3 fios.

Na **figura 58c** vemos a ligação de uma bobina de antena de 3 fios e outra de 2 fios.

Em alguns tipos de radioreceptores portáteis a antena de ferrite é também utilizada na faixa de ondas curtas.

Na **figura 59**, podemos ver o circuito de antena comutado por uma chave do tipo H-H.

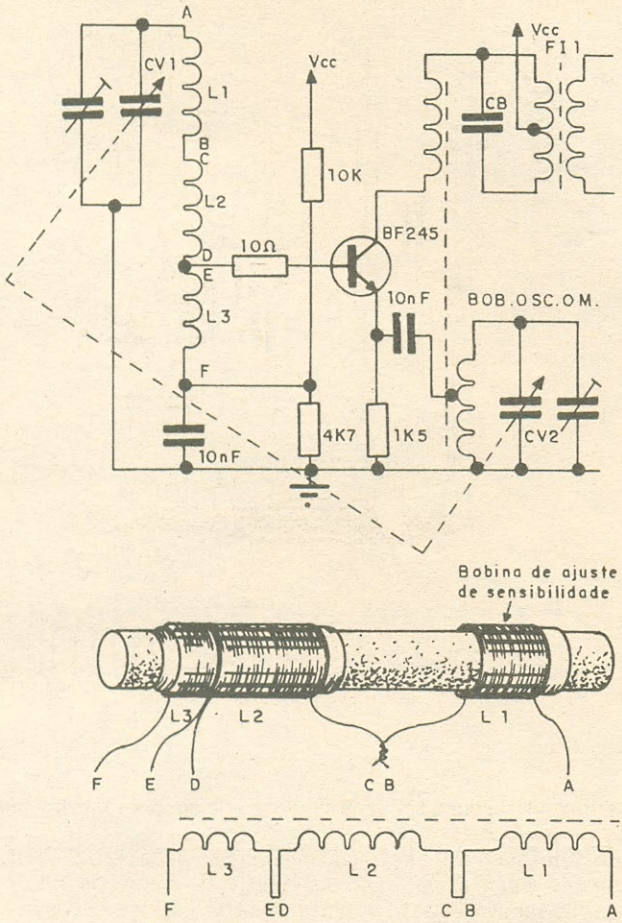
INJETOR DE SINAL

Antes de prosseguirmos com a análise dos defeitos na etapa de RF, vamos falar sobre o injetor de sinal.

O injetor de sinal consiste num simples gerador de onda quadrada oscilando em torno de 1 KHz (padrão empregado nos aparelhos de áudio).

Embora o injetor de sinal seja um instrumento destinado a análise de um amplificador de audiofreqüência, pode ser empregado para detectar defeitos na etapa de radiofrequência de um radioreceptor. O injetor de sinal, conforme mostrado na **figura 60**,

58c



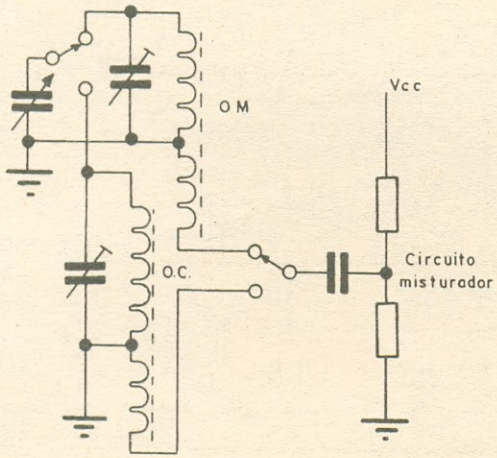
consiste num simples oscilador do tipo multivibrador estável transistorizado que opera na frequência de 1 KHz, gerando um sinal de onda quadrada.

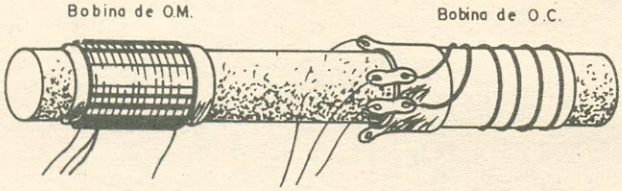
Um cientista chamado Fourier, descobriu que uma onda quadrada ou retangular é formada por uma soma de infinidades de ondas senoidais, múltiplas pares e ímpares de frequências diferentes chamadas de frequências harmônicas.

As frequências harmônicas correspondem ao dobro, ao triplo, ao quádruplo e assim por diante, da frequência fundamental. Entretanto, à medida que a frequência duplica, a amplitude de seu sinal está sempre a metade da intensidade do sinal da frequência anterior (**figura 61**).

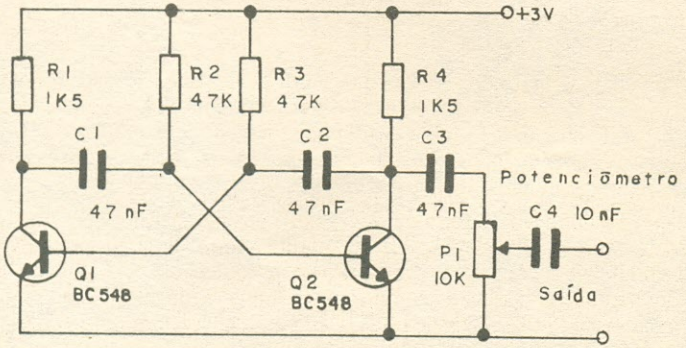
Por exemplo, tomemos como exemplo a frequência de 1 KHz tendo uma tensão de 10 volts pico-a-pico, a segunda harmônica será de 2 KHz e terá 5 volts de pico-a-pico, a terceira harmônica será de 3 KHz e terá 2,5 volts de pico-a-pico, e assim sucessivamente, atingindo frequências harmônicas altas da ordem de alguns megahertz. A inten-

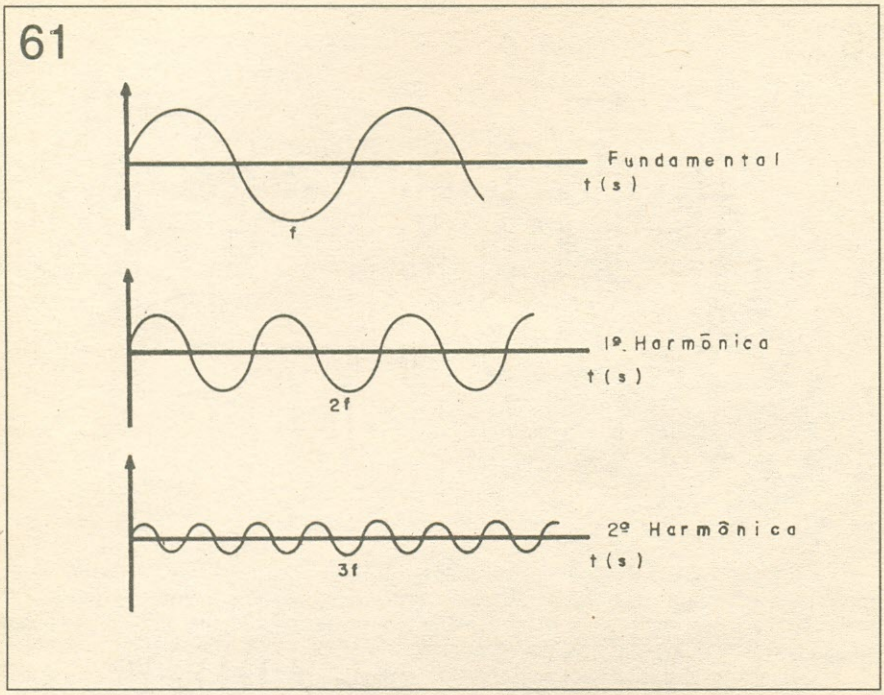
59


O M
O.C.
Vcc
Circuito
misturador


Bobina de O.M.
Bobina de O.C.

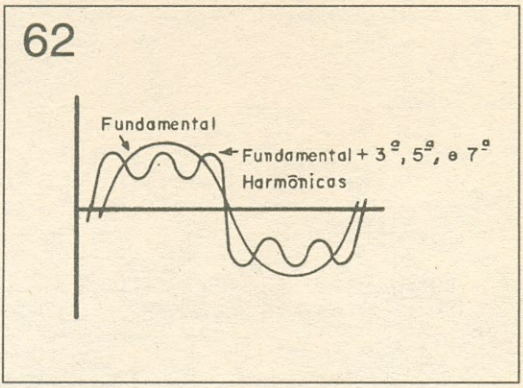
60


+3V
R1
1K5
R2
47K
R3
47K
R4
1K5
C1
47nF
C2
47nF
C3
47nF
Potenciômetro
C4 10nF
P1
10K
Saída
Q1
BC548
Q2
BC548



sidade do sinal na frequência mais alta chega a alguns milivolts ou até microvolts.

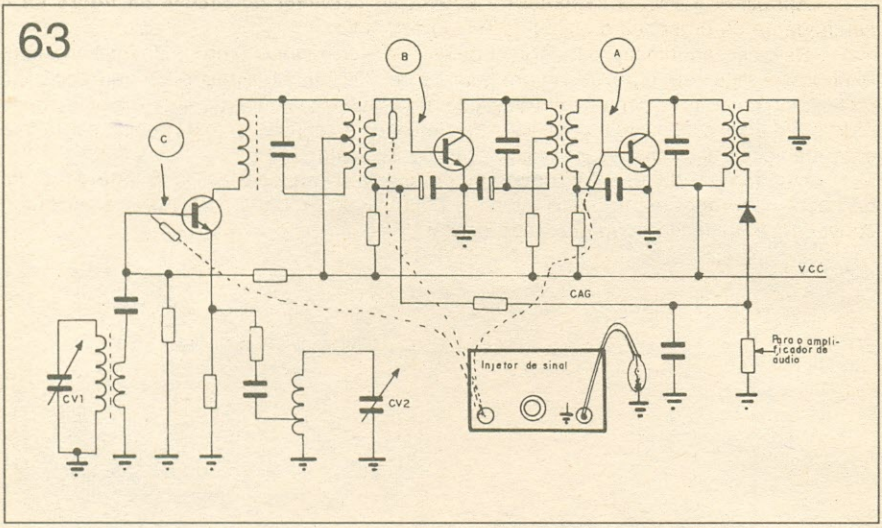
Na **figura 62** podemos ver a representação de superposições das ondas fundamental e respectivamente das ondas harmônicas. A intensidade dos sinais de frequência de alguns megahertz com alguns microvolts produzidos no injetor de sinal, é suficiente para ser injetada no circuito de radiofrequência do receptor para uma eventual análise dos defeitos do circuito.



Tomemos o circuito da **figura 63**, para uma análise de defeito da etapa amplificadora de FI do receptor.

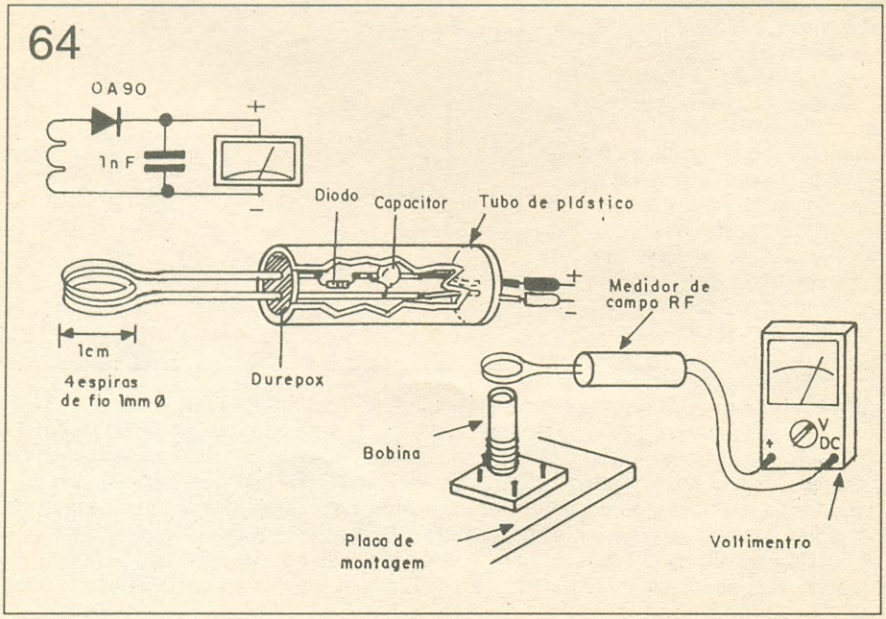
Conecte o fio negativo no terra do aparelho. Com a ponta de prova do injetor de sinal aplicada no ponto A, com o volume parcialmente aberto, certifique a intensidade do sinal reproduzido. Mude a ponta de prova para o ponto B do circuito e certifique se o som reproduzido aumentou ou continua com a mesma intensidade. Se o som reproduzido continuar o mesmo ou reduzir, significa que a etapa amplificadora está com defeito.

Com auxílio de um multímetro meça a continuidade do enrolamento da bobina de FI, pois este poderá estar interrompido. É comum acontecer este tipo de defeito quando



o núcleo da bobina de FI se encontra quebrado. Se a bobina estiver OK, verifique o transistor e as tensões de polarização. Após ter certificado que esta etapa do circuito se encontra em boas condições, o mesmo método pode ser repetido na etapa anterior do circuito conversor, injetando o sinal no ponto C.

O oscilador local pode ser verificado construindo-se um medidor de intensidade de RF, conforme está mostrado na **figura 64**.



Aproxime a bobina captadora à bobina do oscilador do circuito da **figura 62** e certifique-se da presença do sinal de RF do oscilador.

Se o oscilador local do receptor não estiver funcionando, a prova de funcionamento pode ser feita com o auxílio de um gerador de RF. Injete o sinal de RF na frequência da faixa do receptor, e varie a frequência do gerador vagarosamente. Alguma estação de rádio deverá ser sintonizada. Verifique a continuidade do enrolamento da bobina osciladora e as medições das tensões de polarização do transistor.

Quando o radioreceptor for do tipo portátil, verifique se o fio da antena de ferrite não está quebrado; este poderá alterar a polarização da base do transistor oscilador/conversor e o circuito pode deixar de oscilar.

CAPÍTULO 6

CONSTRUÇÃO PRÁTICA DE INDUTOR COM NÚCLEO DE AR PARA RF

Em vista de dificuldades encontradas pelos nossos leitores na obtenção de bobinas para a montagem de circuitos de radiofrequência, resolvemos descrever um "macete" prático, que tem nos ajudado muito na solução destes problemas.

Os projetos de radiofrequência têm exigido as ditas "fôrmas" com núcleo de ferrite ajustável.

Onde encontrá-las? Será que existe à venda no mercado de eletrônica?

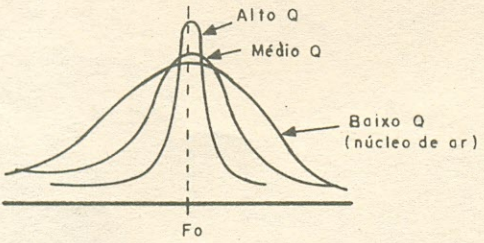
Na verdade, é muito difícil encontrar à venda nas lojas de eletrônica. Normalmente, estas fôrmas podem ser encontradas em aparelhos de rádio ou televisão sucateados nas oficinas de consertos, e que podem ser reaproveitadas.

O uso de núcleos de ferrite nas bobinas, é um recurso para conseguir o ajuste de frequência nos circuitos ressonantes, isto porque, variando a posição do núcleo no interior da fôrma, conseguimos alterar a sua indutância, e conseqüentemente a sua frequência de sintonia.

A presença do núcleo de ferrite no interior da fôrma, também altera o fator de qualidade da bobina, influindo diretamente na curva de sintonia do circuito ressonante (**figura 65**).

Os circuitos experimentais de radiofrequência, podem ser montados utilizando bobinas com núcleos de ar e um capacitor trimer ajustável, para conseguir sintonizar a frequência de ressonância.

65



Com um pouco de habilidade, você poderá construir a sua própria bobina aproveitando tubinhos de plástico, ou uma carcaça de uma caneta esferográfica, bambu, ou qualquer outro tipo de caninho plástico.

Na **figura 66**, podemos ver as ilustrações de como fazer uma fôrma de bobina caseira.

CONSTRUÇÃO DA FÔRMA PARA A BOBINA DE RF

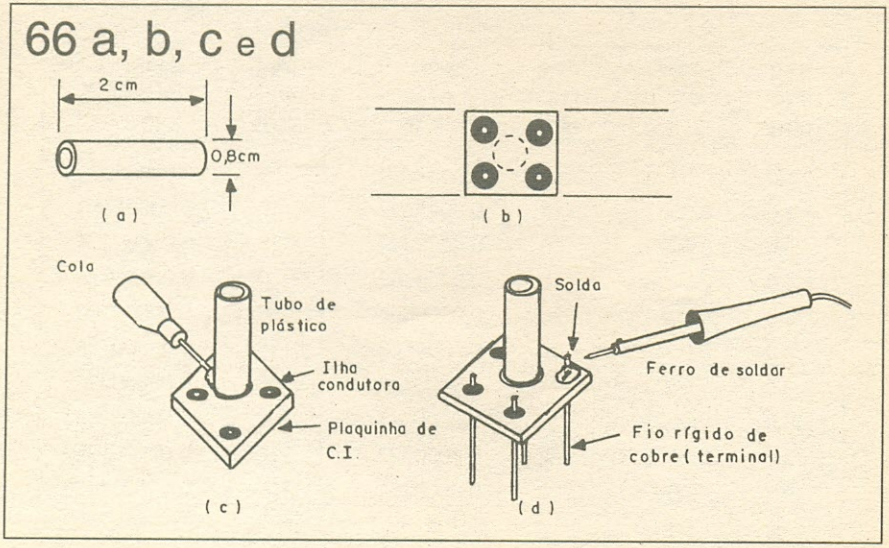
Antes de iniciarmos a construção da fôrma propriamente dita, devemos providenciar os materiais necessários para a confecção tais como: cola super-bonder, tubo de plástico, placa de circuito impresso (preferencialmente a de fibra de vidro), ferro de soldar e etc. Para construir a fôrma, proceda da seguinte forma:

- Com o auxílio de uma faca ou serra, corte o tubo de plástico com aproximadamente 2 ou 2,5 cm (**figura 66a**).
- Recorte a placa de circuito impresso em tira e faça as ilhas, conforme está mostrado na **figura 66b**.
- Faça um furo no centro da placa, conforme o diâmetro do tubinho plástico empregado, e encaixe-o fixando com cola "Super-Bonder" (**figura 66c**).
- Recorte pedaços de fio condutor rígido e solde nas ilhas da plaquinha de circuito impresso (**figura 66d**).

Iremos lembrar aos nossos leitores que a finalidade principal das ilhas é para fixar o terminal na base da fôrma da bobina. Estas ilhas podem ter outros formatos e de dimensões maiores, entretanto elas devem estar isoladas entre si.

Terminada a construção da fôrma, vamos confeccionar a bobina. Para saber o valor da indutância, número de espiras, e a bitola de fio para enrolar uma bobina, é necessário que o leitor conheça um pouco de matemática e disponha de uma calculadora de operações simples.

Lembrarei ao leitor que os resultados obtidos por este método de cálculos, são apenas macetes práticos, e os resultados obtidos foram satisfatórios para o nosso



propósito. A teoria é uma coisa, e a prática, outra. Esta afirmação nem sempre é verdadeira, se os resultados práticos não coincidirem com a teoria, isto quer dizer que, devemos levar em consideração outros fatores, tais como; resistência residual, capacitância e outros fatores que produzem os resultados com uma grande margem de erros.

Suponho inicialmente, que já tenhamos em mãos a fôrma para a bobina, vamos inicialmente calcular a indutância.

CÁLCULO DE INDUTÂNCIA DA BOBINA

Utilizaremos uma tabela para facilitar o cálculo do valor da idutância da bobina **(tabela 1)**.

É claro que este macete foi resultado de vários cálculos matemáticos desenvolvidos através da fórmula original da frequência de ressonância.

Para tal propósito, devemos elaborar uma lista de valores de frequência de operação com valores dos indutores em microhenrys e capacitores em microfarads. Esta tabela facilitará ao leitor um cálculo aproximado da indutância, número de espiras, tamanho da bobina, bitola de fios e etc.

Para calcular o valor da indutância (L) teremos:

$$L = \frac{\text{(coeficiente de L x C da frequência)}}{\text{(valor do capacitor em microfarad)}}$$

Suponhamos que desejamos construir uma bobina para um receptor em ondas curtas na faixa de 30 metros, o que corresponde à frequência de 10 MHz, utilizando um capacitor variável que possui a capacitância entre 10pF e 470 pF. O capacitor variável

Tabela 1

(L = microhenry) (C = microfarad)					
freq. em MHz	**coef. de L X C**	**freq. em MHz**	**coef. de L X C**	**freq. em MHz**	**coef. de L X C**
1,0	0,02533	12	0,0001759	35	0,00002068
2,0	0,00633	14	0,0001292	40	0,00001583
3,0	0,00281	16	0,0000989	45	0,00001254
4,0	0,001583	18	0,0000782	50	0,00001014
5,0	0,001014	20	0,0000633	60	0,00000704
6,0	0,000704	22	0,0000523	70	0,000005149
7,0	0,0005149	24	0,0000440	80	0,000003958
8,0	0,0003958	26	0,0000375	100	0,000002533
9,0	0,0003127	28	0,0000323	120	0,000001759
10	0,0002533	30	0,0000281	150	0,000001126

todo fechado corresponde a 470 pF, e totalmente aberto corresponde a 10 pF.

Vamos estabelecer a sintonia da estação em 10 MHz com o capacitor variável na posição mediana, digamos a 250 pF de capacitância.

Qual será o valor da indutância da bobina à 10 MHz com o capacitor variável a 250 pF?

Consultando a tabela de indutância, veremos que na frequência de operação a 10 MHz, encontraremos o coeficiente de L x C de 0,0002533.

Substituindo na fórmula, teremos:

$$C = 250 \text{ pF } (0{,}00025 \ \mu F)$$

$$L \times C = 0{,}0002533 \text{ a } 10 \text{ MHz}$$

$$L = \frac{0{,}0002533}{0{,}00025} = 1{,}01 \text{ microhenrys}$$

O valor da indutância da bobina com núcleo de ar para a frequência de 10 MHz, utilizando um capacitor variável com capacitância de 250 pF, é de 1,01 microhenrys.

Gostaríamos de saber neste caso, qual é a frequência mínima e a máxima que o receptor pode sintonizar, utilizando um indutor de 1,01 microhenrys e um capacitor variável de 10 a 470 pF?

Vejamos então, como calcular a faixa de sintonia deste circuito ressonante. Para encontrar o valor da frequência de sintonia mínima e a máxima, vamos determinar dois valores do coeficiente de L x C, para a capacitância de 10 pF e 470 pF. Obtendo o resultado destes valores de coeficiente de L x C, iremos consultar a tabela para descobrir a frequência de operação. Vejamos como proceder o cálculo:

Coeficiente = indutância x capacitância

Substituindo na fórmula teremos: coef = 1,01 X 0,00001

Coef = 0,0000101

O valor do coeficiente de L x C é de 0,0000101, consultando a **tabela 1**, teremos o valor aproximado da frequência de 50 MHz.

Para o valor de capacitância de 470 pF teremos:

Coef = 1,01 X 0,00047

Coef = 0,000474

Consultando a **tabela 1**, teremos o valor aproximado da frequência de 7,3 MHz.

Utilizando um indutor de 1,01 microhenrys e um capacitor variável de 10 a 470 pF num circuito ressonante L.C., podemos sintonizar frequências compreendidas de 7,3 MHz a 50 MHz. Na prática, esta faixa de sintonia apresenta-se ser bem menor do que o calculado.

Isto acontece porque os componentes associados produzem capacitância e indutância residual, alterando desta forma a faixa de sintonia. Entretanto, esta alteração não se traduz numa dificuldade de ajuste da frequência nos circuitos ressonantes utilizados nos projetos experimentais de RF.

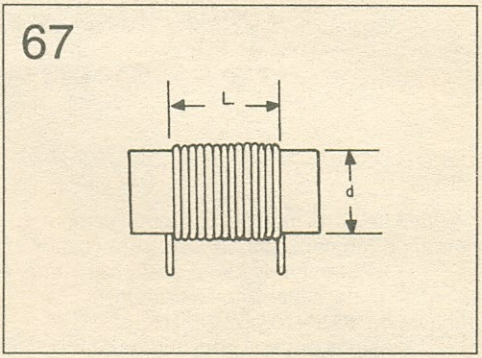
Depois que o leitor determinou o valor da indutância com auxílio das tabelas, o segundo passo é descobrir quantas espiras são necessárias para enrolar a bobina,

sabendo de antemão o valor de indutância já calculada; tomamos como exemplo, 1,01 microhenrys.

CALCULANDO O NÚMERO DE ESPIRAS DA BOBINA

É claro que o valor que aqui vamos calcular não é um valor exato, e vamos levar em consideração que temos um componente muito importante de ajuste de sintonia do circuito ressonante, que é o capacitor ajustável trimer, normalmente colocado em paralelo com a bobina para facilitar o ajuste de sua ressonância.

O número de espiras correspondente a uma determinada indutância, depende de 2 fatores: comprimento (l) e diâmetro (d) da bobina, como mostra a **figura 67**.



Suponhamos que a fôrma da bobina que construímos tem 2 centímetros de comprimento e 0,8 centímetros de diâmetro com núcleo de ar.

Vamos construir a bobina sabendo de antemão o valor de sua indutância (1,01 microhenrys).

Sobre esta fôrma de 2 cm de comprimento, iremos enrolar 1 cm de fio. Para calcular o número de espiras vamos utilizar uma fórmula conhecida como FÓRMULA DE NAGAOKA;

$$N = \sqrt{\frac{L \times l}{0{,}00987 \times d^2 \times K}}$$

Sendo:

N = número total de espiras da bobina

L = valor da indutância em microhenrys (uH)

d = diâmetro da fôrma da bobina em centímetros

l = comprimento do enrolamento da bobina em centímetros

K = fator que depende da relação encontrada entre o diâmetro e o comprimento da bobina d/l

0,00987 = constante da fórmula

O fator K pode ser visto na **tabela 2**

Substituindo o valor da indutância, do comprimento do enrrolamento e do diâmetro da forma na fórmula, teremos;

$$N = \sqrt{\frac{1{,}01 \times l}{0{,}00987 \times (0{,}8)^2 \times k}}$$

Tabela 2

d/l	k	d/l	k	d/l	k
0,30	0,884	0,55	0,808	0,85	0,723
0,35	0,884	0,60	0,788	0,90	0,711
0,40	0,850	0,65	0,774	0,95	0,699
0,45	0,834	0,70	0,761	1,0	0,688
0,50	0,818	0,80	0,735	1,50	0,595

Para calcular o valor de K, vamos pegar o valor do diâmetro da bobina e dividir pelo valor do comprimento da bobina, e com o valor obtido iremos consultar a tabela 3, exemplo;

$$\frac{d}{l} = \frac{0{,}8 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 0{,}8 \text{ , onde } k = 0{,}735$$

substituindo na fórmula, teremos:

$$N = \sqrt{\frac{1{,}01 \times l}{0{,}00987 \times 0{,}64 \times 0{,}735}} = \sqrt{\frac{1{,}01}{0{,}0046428}} = \sqrt{217{,}5}$$

N = 14,7 espiras

CALCULANDO A ESPESSURA DO FIO

Agora que calculamos o número de espiras para enrolar a bobina, vamos verificar qual é a "grossura" do fio que iremos utilizar no enrolamento desta bobina.

Em virtude da espessura do fio condutor magnético (fio esmaltado) ser especificado em milímetros, devemos converter o comprimento da bobina de 1 centímetro para 10 mm.

A espessura do fio utilizado na bobina será então de:

$$\frac{\text{10 (comprimento da bobina em milímetros)}}{\text{14,7 (número de espiras)}} = 0{,}68 \text{ milímetros}$$

Portanto, a bitola do fio que devemos utilizar para enrolar esta bobina é de 0,68 milímetros, o que corresponde aproximadamente ao fio 21 AWG. Normalmente as medidas calculadas não "batem" com as medidas padronizadas e neste caso o leitor deverá escolher a espessura do fio próximo às medidas padronizadas.

CAPÍTULO 7

PROJETOS EXPERIMENTAIS

MONTAGENS DE RECEPTORES DE RÁDIO AM

As montagens de projetos deste livro são circuitos de receptores experimentais de construção caseira, com excelente qualidade, compatível com a dos comerciais de uma única faixa de onda.

Alertamos aos nossos leitores que, antes de iniciar qualquer projeto que seja projeto, verifique a possibilidade de obter todos os componentes necessários para a sua montagem. Nos dias atuais, a maioria das indústrias do país deixaram de fabricar aparelhos de radioreceptores devido à entrada dos aparelhos importados mais baratos. Conseqüentemente, os componentes de reposição tornaram-se mais difíceis de se encontrar no mercado nacional de eletrônica. Entretanto, algumas indústrias ainda mantém componentes de reposição para radioreceptores nas suas concessionárias de assistência técnica.

Sendo nossos projetos experimentais, tais componentes como: antenas de ferrite, capacitor variável e bobinas de FI, podem ser utilizados de qualquer modelo ou marca, desde que elas sejam para receptores de AM. Alguns componentes podem ser reaproveitadas de radioreceptores de AM do tipo "sem conserto" que você poderá adquirir nas oficinas de Rádio e TV.

Estas bobinas de FI de AM, vêm com os núcleos codificados nas cores: amarela, branca e preta, correspondendo à primeira, segunda e a terceira etapa respectivamente.

Os radioreceptores de AM, do tipo portáteis, empregam bobinas de FI sintonizadas em 455 KHz. Quando tratar-se de bobinas utilizadas nos receptores de ondas curtas, prepare as ditas "fôrmas" conforme descrito neste livro antes de iniciar a montagem do projeto.

Recomendamos ao leitor evitar alterar as posições dos filetes dos circuitos impressos sugeridos por nós. A alteração requer um bom conhecimento dos efeitos indutivos de posicionamento das trilhas condutoras que podem causar alguns sintomas do tipo, regenerações, apitos, dificuldade nos ajustes das bobinas e mau funcionamento do circuito. Convém lembrar que um pequeno trecho da trilha condutora pode ser "visto" por uma radiofrequência como uma bobina, e este normalmente induzirá uma tensão de radiofrequência nas trilhas mais próximas produzindo realimentações capazes de gerar oscilações indesejáveis, mesmo que as ligações e os componentes estejam conectados corretamente, conforme o diagrama esquemático do projeto.

Os projetos que descrevemos à seguir, tem como objetivo principal oferecer-lhe oportunidade para montar e adquirir prática em circuitos de radiofrequência.

PROJETO 1

RÁDIO REFLEXO DE OM

O receptor de OM do tipo reflexo que iremos descrever surpreenderá os leitores que o montarem, pelo seu desempenho, apesar do reduzido número de componentes.

Este circuito receptor é do tipo mais simples, possuindo um rendimento elevado e uma montagem relativamente simples, sendo apropriado para uma montagem de tamanho bastante reduzido.

Entretanto, por ser um circuito do tipo regenerativo, alguns inconvenientes como "apitos" podem aparecer juntamente com o sinal recebido.

O CIRCUITO

Na **figura 68** está mostrado o diagrama esquemático completo do circuito receptor. Como podemos ver, o sinal é interceptado pelo transformador de RF L1 e L2. O capacitor CV e L1 constituem um circuito sintonizador que seleciona a estação desejada. O sinal captado pelo circuito ressonante L1 e CV é enviado para o transistor amplificador de RF Q1.

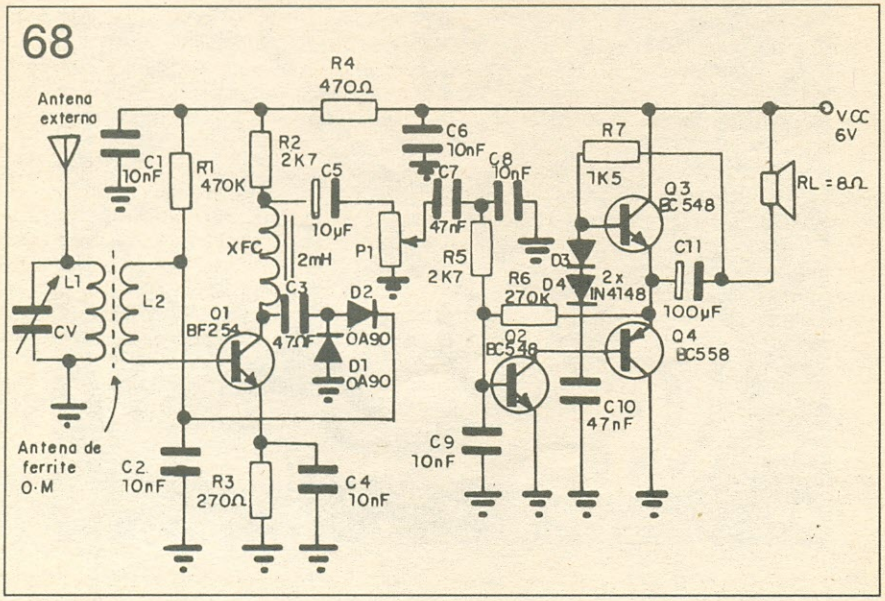
LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1 - BF254 ou BF494, transistor NPN de RF
Q2 e Q3 - BC548, transistor NPN de uso geral
Q4 - BC558, transistor PNP de uso geral
D1 e D2 - OA 90 ou equivalente, diodo de germânio
D3 e D4 - 1N4148, diodo de sinal de uso geral

Capacitores:
C1, C2, C4,C6, C8 e C9 - 10 nF (poliéster ou disco cerâmico)
C3, C7 e C10 - 47 nF (poliéster ou disco cerâmico)
C5 - 10 µF/25V (eletrolítico)
C11 - 100 µF/25V (eletrolítico)
CV - Capacitor variável

Resistores:
R1 - 470K ohms (amarelo, violeta, amarelo)
R2 e R5 - 2K7 ohms (vermelho, violeta, vermelho)
R3 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R4 - 470 ohms (amarelo, violeta, marrom)
R6 - 270K ohms (vermelho, violeta, amarelo)
R7 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)

Diversos:
Placa de circuito impresso, antena de ferrite, alto falante, porta pilhas, solda, fios, etc.



O indutor XFC serve de carga para o sinal de RF amplificado, impedindo que este flua para o resistor R2. O capacitor C3 e C2 e os diodos D1 e D2 constituem um circuito detetor.

Como podemos ver na figura, o sinal de radiofrequência é retificado pelos diodos D1 e D2 e filtrado pelo capacitor C2, restando somente o sinal de áudio enviado pela estação transmissora. Neste momento, o transistor Q1 funciona como um segundo amplificador de áudio, amplificando este sinal novamente. Como resultado desta amplificação, teremos uma corrente de audiofreqüência de maior intensidade fluindo na carga de áudio R2.

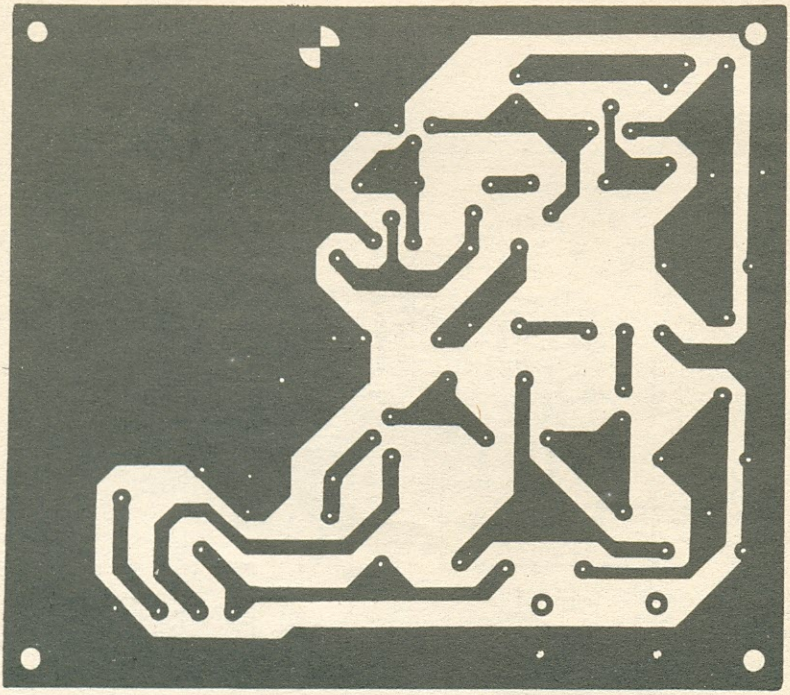
O efeito de regeneração do sinal de áudio conseguido neste circuito aumenta a sensibilidade do receptor, sendo este conhecido como receptor reflexo.

A corrente de áudio variável é retirada através da carga R2 e enviada para o amplificador de áudio constituído pelos transistores Q2, Q3 e Q4. A etapa amplificadora de áudio é do tipo classe AB de simetria complementar e possui uma corrente de repouso de polarização da ordem de 15 miliampéres.

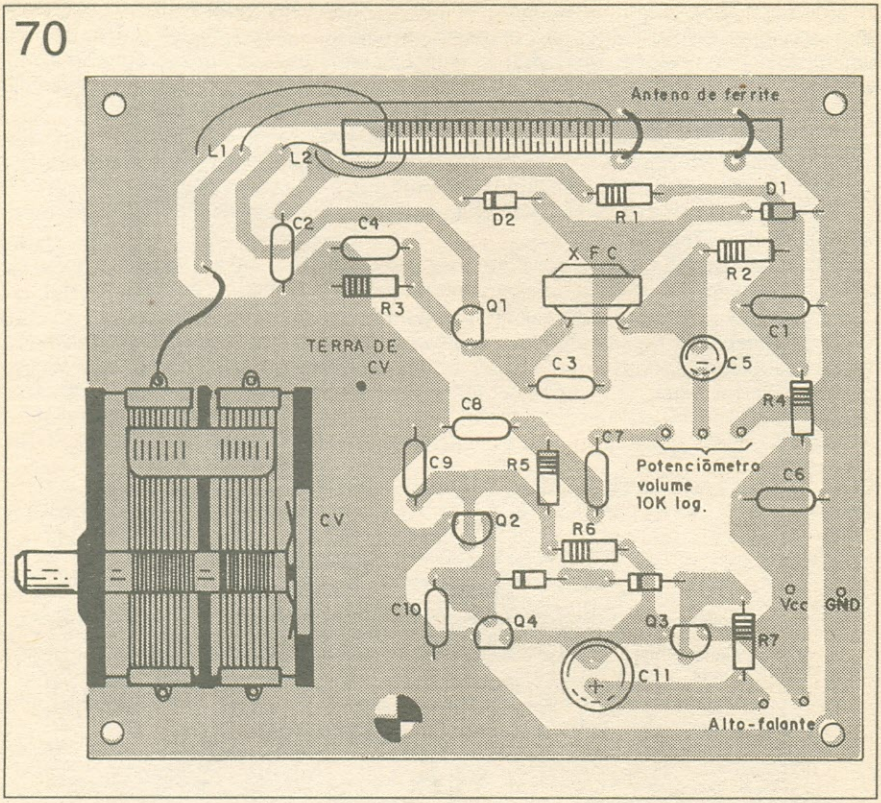
MONTAGEM

Na **figura 69** está mostrado o lay-out de circuito impresso e na **figura 70**, temos a placa de circuito impresso com a disposição dos componentes.

69



70



L1 e L2 formam uma bobina antena de Ondas Médias, que pode ser reaproveitada de sucata de um receptor portátil. O núcleo de ferrite pode ser redondo ou retangular, do tipo utilizado nos rádios portáteis de AM. L1 é formada de 90 espiras de fio de 0,2 a 0,5 milímetros de espessura enroladas sobre o núcleo de ferrite.

L2 é formada de 8 espiras do mesmo fio sobre o mesmo núcleo de ferrite. XFC é um indutor de 2 milihenrys, que pode ser enrolado com 200 espiras do mesmo fio remontadas sobre um pedaço de núcleo de ferrite com aproximadamente 1 a 2 centímetros de comprimento. O capacitor variável pode ser do tipo duplo utilizado nos rádios portáteis AM de ondas médias.

AJUSTE E USO

Terminada a montagem do aparelho, certifique se tudo está correto, conferindo com o lay-out de componentes, antes de conectar a alimentação do circuito. Para melhorar o desempenho do aparelho, o leitor poderá conectá-lo à uma antena externa.

PROJETO 2

RECEPTOR SUPER-REGENERATIVO DE ONDAS CURTAS

A **figura 71** mostra o esquema elétrico completo do circuito. Como já descreve-

mos no capítulo anterior, os receptores super-regenerativos, apesar de apresentarem uma excelente sensibilidade, não apresentam uma boa seletividade, isto é, quando sintonizamos uma estação emissora, as estações vizinhas também são ouvidas simultaneamente. Na realidade, o receptor é formado por um único transistor (Q1) e os demais transistores Q2, Q3, Q4 e Q5 possuem a função de amplificador de áudio.

Este tipo de circuito é muito utilizado em receptores ultra simples que não requerem muita fidelidade e seletividade para o seu uso. O circuito detetor regenerativo é constituído pelo transistor Q1 (BF494) na configuração base comum.

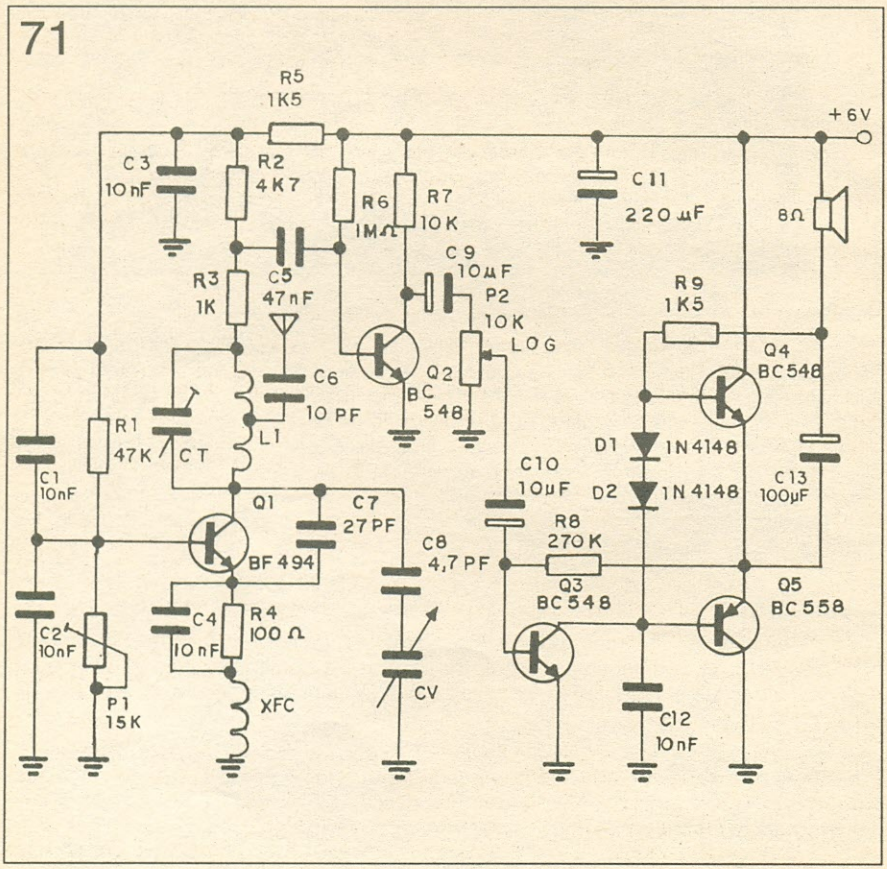
O reator filtro de RF (XFC) serve para impedir que o sinal de RF flua para a terra, afim de manter a regeneração.

Os capacitores C1 e C2 possuem a função de "aterrar" o sinal de RF presente na base do transistor, de modo a funcionar virtualmente na configuração base comum.

O trim-pot P1 serve para ajustar o limiar da regeneração do receptor.

Os receptores regenerativos apresentam um bom desempenho no seu funcionamento quando projetados para sintonizar uma única estação emissora. Para que o leitor possa sintonizar algumas estações vizinhas, acrescentamos no circuito um capacitor variável que permite esta função. Entretanto, o acréscimo deste capacitor variável (CV) no circuito, muitas vezes costuma provocar apitos agudos quando posicionado nos -

71



LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1 - BF 494, transistor NPN de RF
Q2, Q3 e Q4 - BC 548, transistor NPN de uso geral
Q5 - BC 558, transistor PNP de uso geral
D1 e D2 - 1N4148, diodo de sinal de uso geral

Resistores:
R1 - 47K ohms (amarelo, violeta, laranja)
R2 - 4K7 ohms (amarelo, violeta, vermelho)
R3 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R4 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
R5 e R9 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R6 - 1M ohms (marrom, preto, verde)
R7 - 10K ohms (marrom, preto, laranja)
R8 - 270K ohms (vermelho, violeta, amarelo)
P1 - 15K ohms (trimpot)
P2 - potenciômetro de 10K ohms, logarítimico

Capacitores:
C1, C2, C3, C4 e C12 - 10 nF (poliéster ou disco cerâmico)
C5 - 47 nF (disco cerâmico ou poliéster)
C6 - 10 pF (disco cerâmico)
C7 - 27 pF (disco cerâmico)
C8 - 4,7 pF (disco cerâmico)
C9 e C10 - 10 µF/25V (eletrolítico)
C11 - 220 µF/25V (eletrolítico)
C13 - 100 µF/25V (eletrolítico)
CT - Capacitor trimer de 0 - 60 pF
CV - Capacitor variável 0 - 150 pF

Diversos:
Alto-falante de 8 ohms, placa de circuito impresso, caixa de montagem, suporte para pilhas, solda, fios, etc.

extremos de seu curso. Este inconveniente pode ser eliminado estreitando a faixa de sintonia por meio da substituição do capacitor C8 por um de menor valor.

Na prática, o desvio de frequência de sintonia pode ser feito em torno de 50 KHz. Isto significa que podemos selecionar 5 estações adjacentes, considerando uma banda passante de 10 KHz para cada transmissora de AM.

MONTAGEM

Na **figura 72** temos o layout e na **figura 73** a distribuição dos componentes. O circuito pode ser montado em placa de fenolite, entretanto, uma montagem feita numa placa de fibra de vidro apresentará características bem melhores de funcionamento do que na de fenolite, devido à placa de fibra de vidro possuir resistência elétrica altíssima e praticamente não absorver umidade.

A bobina L1 é formada de 17 espiras de fio de 0,2 a 0,5 milímetros de espessura enroladas sobre uma fôrma aproximadamente de 6 a 8 milímetros de diâmetro sem núcleo. A bobina XFC (choque de RF) é constituída de 50 espiras do mesmo fio (0,2mm a 0,5mm) enrolada sobre um resistor de carbono de 100 Kohms à 1 Mohms de 1 W.

O transistor Q1, BF494, pode ser substituído pelo BF198, BF199, BF254, BF324, BF450, ou transistores equivalentes para funcionar na faixa de radiofrequência que possua a característica de frequência de transição (fT) superior a 100 MHz.

O capacitor variável pode ser do tipo utilizado nos rádios portáteis para sintonia de estações.

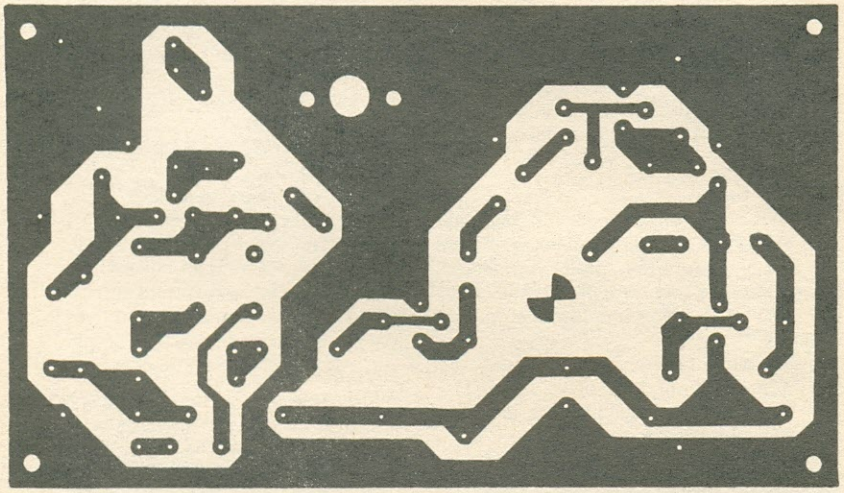
AJUSTE E USO

Antes de fazer os testes finais do aparelho, confira cuidadosamente a montagem verificando os componentes se estão conectados corretamente de acordo com o diagrama esquemático e o layout de componentes.

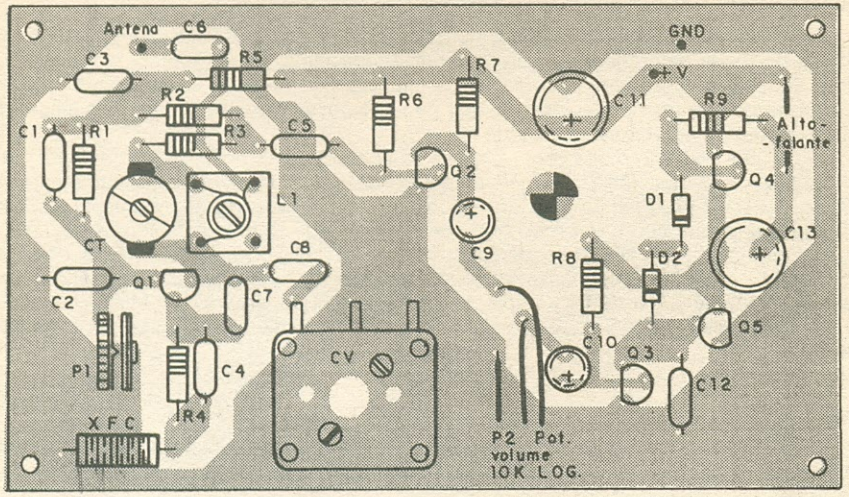
O ajuste do aparelho deve ser feito da seguinte forma:

- Conecte um pedaço de fio de aproximadamente 1 metro na antena do receptor.

72



73


Antena
C6
C3
R5
R2
R3
C1
R1
C5
L1
CT
C8
C2
Q1
C7
P1
C4
R4
XFC
CV
R6
R7
Q2
C9
C11
+V
GND
R9
Alto-falante
Q4
D1
C13
R8
D2
C10
Q3
Q5
C12
P2 Pot. volume 10K LOG.

Posicione o cursor do trim-pot P1 até que o receptor comece a produzir um chiado característico de regeneração.

- Posicione o capacitor variável CV até a metade da sua capacidade.
- Gire o capacitor trimer CT vagarosamente até sintonizar alguma estação emissora.
- Reajuste novamente o trim-pot P1 até obter o máximo de sinal .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes finais do receptor podem ser feitos ao entardecer ou à noite. Uma das razões é que as estações de ondas curtas são recebidas por sinais refletidos na camada da ionosfera. Durante a noite, estas ondas se propagam com mais facilidade e se poderá sintonizar estações nacionais e estrangeiras de outros continentes.

PROJETO 3

CONVERSOR DE ONDAS MÉDIAS PARA A FAIXA DE PX

O circuito conversor, o próprio nome já diz, constitui uma parte do receptor superheteródino que possui um circuito misturador e um oscilador local independente. O circuito sintoniza as estações de radioamadores da faixa do cidadão (PX) na frequência de 27 MHz e as converte para uma frequência mais baixa, na faixa de frequências de ondas médias, sintonizadas entre 1500 a 1600 quilohertz, através do batimento da frequência de sintonia com a do oscilador local.

O circuito conversor apresenta uma excelente sensibilidade e seletividade. Quando é utilizado em conjunto com o receptor de ondas médias, o conjunto todo funciona como um receptor superheteródino de dupla conversão e propicia uma boa seletividade das emissoras de radioamadorismo da faixa de PX.

COMO FUNCIONA

O diagrama completo do aparelho está mostrado na **figura 74**.

O circuito de sintonia formado pelos componentes CV1, C1, C2, CT1 e L1 sintoniza o sinal proveniente da antena. O sinal captado pela antena se mistura com o sinal proveniente do circuito oscilador no misturador formado pelo transistor Q1 (BF494)

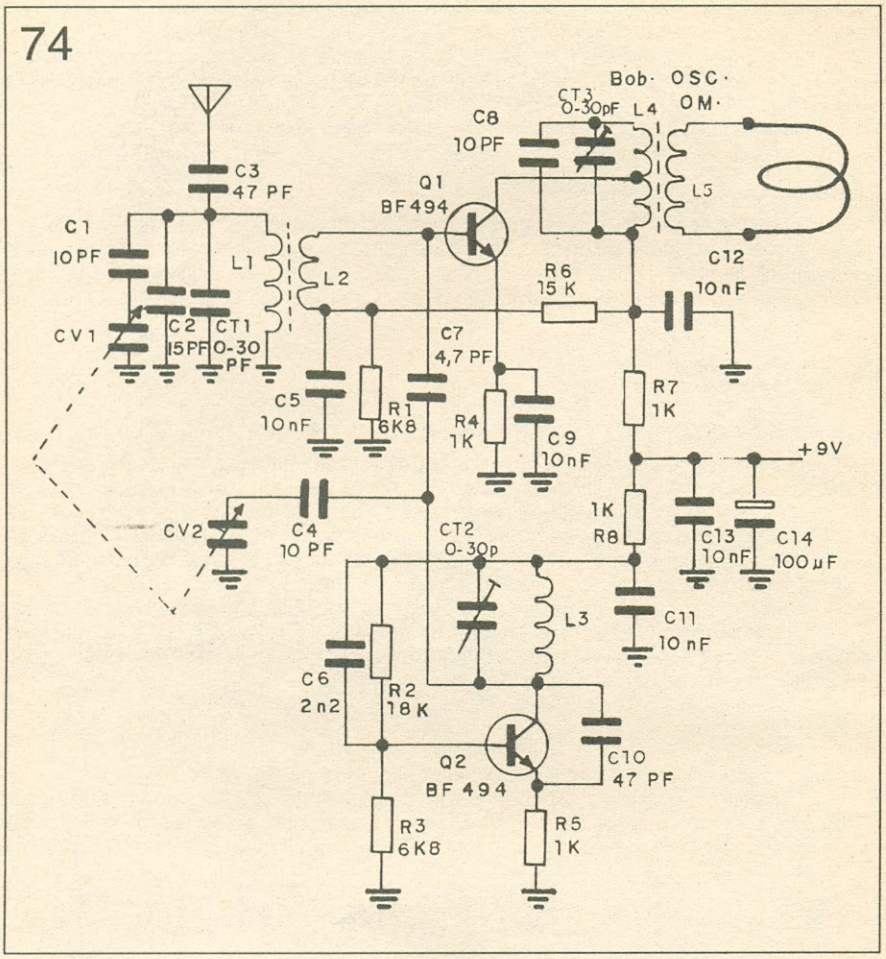
LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1 e Q2 - BF294 ou equivalente, transistor NPN de RF

Resistores:
R1 e R3 - 6K8 ohms (azul, cinza, vermelho)
R2 - 18 K ohms (marrom, cinza, laranja)
R4, R5, R7 e R8 - 1 K ohms (marrom, preto, vermelho)
R6 - 15 K ohms (marrom, verde, laranja)

Capacitores:
C1, C4 e C8 -10 pF disco cerâmico
C2 - 15 pF disco cerâmico
C3 e C10 - 47 pF disco cerâmico
C5, C9, C11,C12 e C13 - 10 nF (disco cerâmico ou poliéster)
C6 - 2,2 nF (disco cerâmico)
C7 - 4,7 pF (disco cerâmico)
C14 - 100 µF/25V (eletrolítico)
CT1, CT2 E CT3 - capacitor trimer 0 - 30 pF
CV1/CV2 - capacitor variável duplo de 0 - 150 pF

Diversos:
- placa de circuito impresso
- bobina osciladora de O.M. tamanho grande utilizadas em rádios portáteis
- suporte para bateria de 9 volts
- caixa de montagem
- fios solda etc.



e se converte numa terceira frequência, intermediária, de 1600 KHz.

Como podemos ver, a frequência de 1600 KHz pertence à faixa de radiodifusão de ondas médias, e é sintonizada pela bobina de ferrite do radioreceptor de ondas médias.

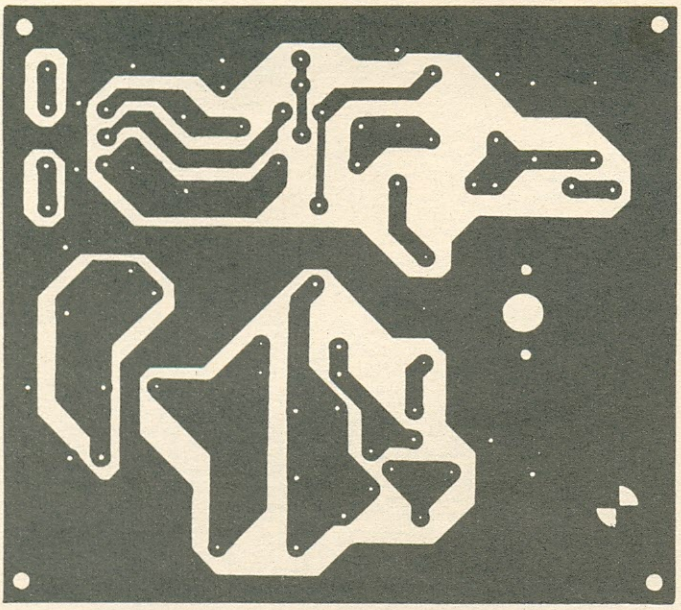
A escolha desta frequência é por estar situada numa região em que se encontra transmissão de estações fracas ou nenhuma estação difusora. Este circuito pode sintonizar todas as estações pertencentes à faixa de PXs, correspondente a 40 canais baixos, 40 canais normais e 40 canais altos.

MONTAGEM

Na **figura 75** temos a placa de circuito impresso e na **figura 76** a disposição dos componentes.

L1 é formada por 13 espiras de fio 0,4 milímetros enroladas sobre uma fôrma de 8 milímetros de diâmetro, sem núcleo (núcleo de ar). L2 é formada por 5 espiras do mesmo fio.

75



L3 é formada por 13 espiras do mesmo fio enroladas sobre uma fôrma de 8 milímetros sem núcleo (núcleo de ar).

L4 é uma bobina osciladora de ondas médias com núcleo ajustável de cor vermelha (TOKO).

O capacitor variável pode ser qualquer tipo de duas secções (iguais) utilizado nos rádios comuns portáteis.

O circuito pode ser acondicionado dentro de uma pequena caixa e alimentado por uma bateria de 9 Volts.

PROVA E USO

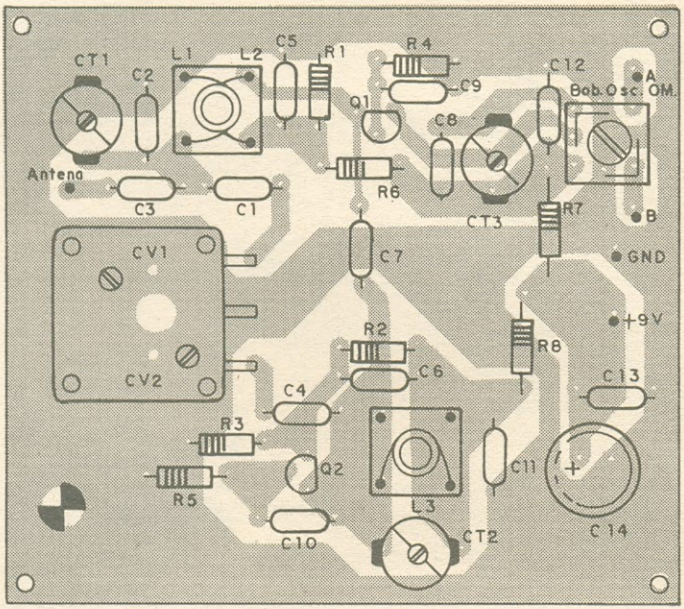
Antes de ligar o circuito, verifique a montagem dos componentes na placa de circuito impresso, se os valores estão de acordo com o esquema, assim como a polaridade dos eletrolíticos e os terminais dos transistores. Ao ligar o circuito, podemos fazer a verificação do funcionamento do circuito oscilador.

Uma forma simples para a verificação do oscilador é certificar a presença de RF na bobina do oscilador local do circuito com o auxílio de um medidor de RF, já citado neste livro.

Conecte um pedaço de fio de aproximadamente 3 metros na posição vertical como antena do aparelho. Conecte entre as saídas A e B um pedaço de fio formando um elo sobre um receptor portátil de O.M., conforme está mostrado na **figura 77**.

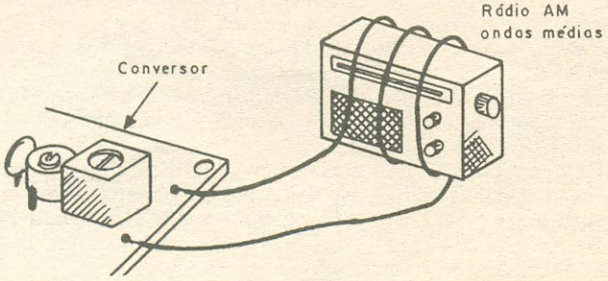
Com o receptor de OM ligado, posicione o dial aproximadamente em 1600 KHz, onde não haja nenhuma estação emissora.

76



- Coloque o capacitor trimer CT2 e o capacitor variável CV1/CV2 totalmente fechados.
- Gire vagarosamente abrindo o trimer CT2 do oscilador até sintonizar uma estação de PX. - Ajuste o trimer do circuito de antena CT1 vagarosamente até obter o máximo de sinal da estação sintonizada.
- Ajuste o trimer CT3 e o núcleo da bobina L4/L5 (TOKO) até obter o máximo de sinal e isento de chiados e ruídos.
- Repita a calibragem pelo menos 2 vezes para obter um ajuste fino do aparelho.

77



PROJETO 4

RECEPTOR SUPERHETERÓDINO DE 5 TRANSISTORES, DE ONDAS MÉDIAS

Este projeto é um receptor superheteródino portátil para a recepção das estações de AM locais compreendidas entre 550 a 1600 KHz. Possui uma excelente seletividade e boa sensibilidade, sendo constituído por uma antena de ferrite e circuito misturador auto-oscilante.

A idéia básica do nosso projeto foi a redução da etapa amplificadora de FI. A simplificação do circuito pode reduzir a sua sensibilidade, por outro lado, acreditamos que facilitará na sua montagem. Embora a sua sensibilidade seja prejudicada, este rádio pode pegar com facilidade as estações mais fortes de sua localidade. Em caso de estações mais fracas, o leitor poderá conectá-lo a uma antena externa para melhorar a sensibilidade.

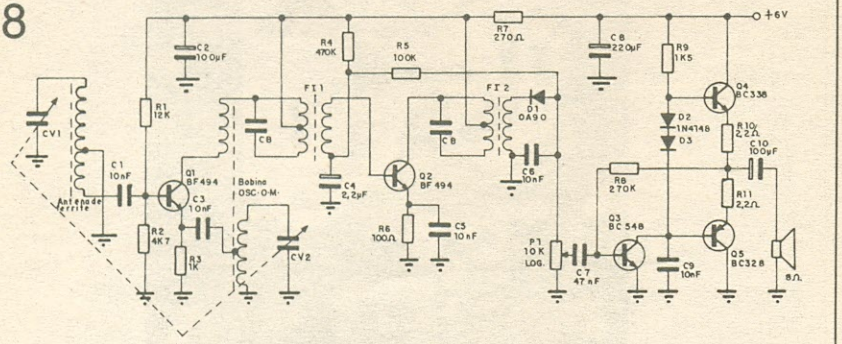
COMO FUNCIONA

Na **figura 78** vemos um diagrama esquemático completo do receptor. O sinal captado pelo circuito de sintonia, constituído pelo capacitor variável CV1 e pela bobina de antena de ferrite, é misturado com o sinal do oscilador local formado pelo capacitor CV2 e pela bobina osciladora OM, produzindo uma terceira frequência de 455 KHz no circuito misturador/oscilador.

Observando o diagrama elétrico do circuito do nosso receptor, vemos que o circuito de sintonia e o oscilador pertencem ao mesmo capacitor variável, isto é, ambos os capacitores variáveis estão conectados ao mesmo eixo, de modo que as frequências do sinal recebido e do sinal gerado pelo oscilador local mantenham a diferença constante.

Uma vez obtida a frequência de FI de 455 KHz pelo fenômeno de batimento, o sinal leva as mesmas informações de áudio modulantes captadas pela antena. O sinal de FI amplificado pelo transistor Q2 da etapa amplificadora de RF é entregue ao circuito detector, onde é feita a separação do sinal de áudio da portadora de radiofrequência de FI, que vai para o controle de volume, sendo o sinal de RF desviado para a terra. O sinal de áudio é então levado ao circuito amplificador de baixa frequência constituído por 3 transistores (Q3, Q4 e Q5).

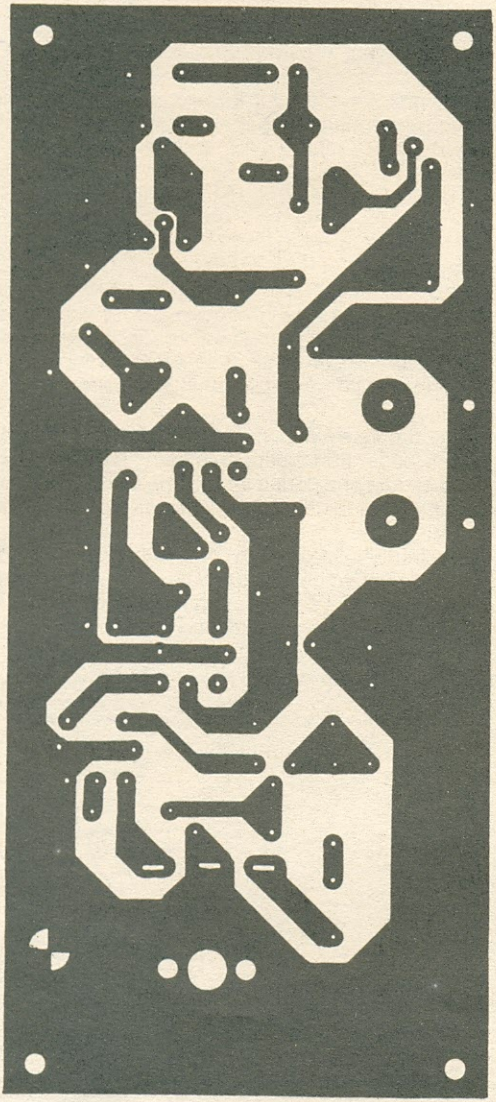
78



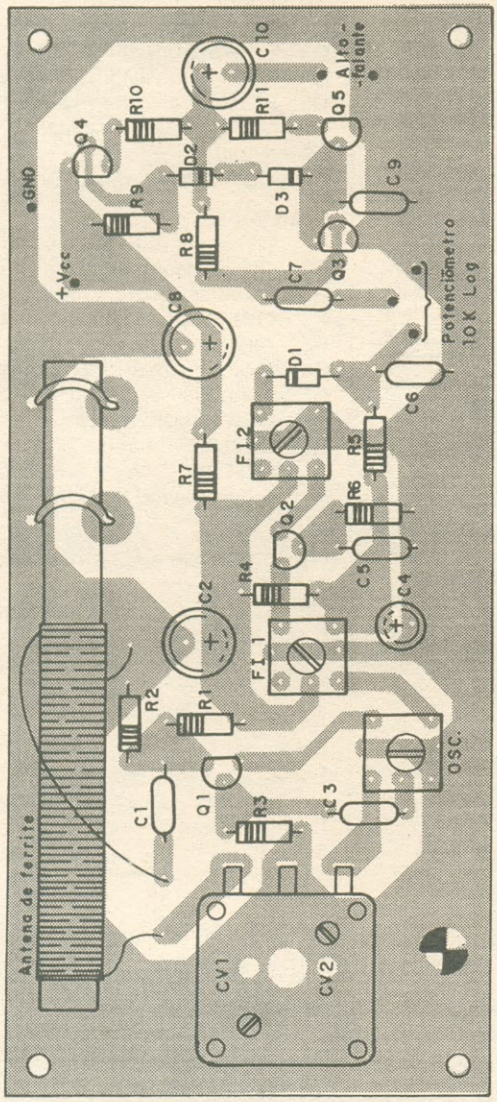
MONTAGEM

Na **figura 79**, temos a placa de circuito impresso e na **figura 80** a disposição dos componentes do nosso circuito. Para a montagem, o leitor deve tomar toda a precaução

79



80


Antena de ferrite
CV1
CV2
OSC.
Potenciômetro 10K Log
Alto-falante
+Vcc
GND
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
D1
D2
D3
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
FI 1
FI 2

para conectar os componentes corretamente, atentando para a disposição correta das pinagens dos transistores e a polaridade dos capacitores eletrolíticos. Os resistores podem ser de 1/8W.

A bobina osciladora é do tipo de 10 mm, de ondas médias, com núcleo ajustável de cor vermelha.

As bobinas de FIs são de 455 KHz cujos núcleos ajustáveis são de cor amarela e preta, respectivamente.

A bobina de antena é do tipo montada em barra de ferrite e pode ser enrolada sobre esta barra com 80 espiras de fio 0.2 a 0.4 mm numa fôrma de papelão.

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:

Q1 e Q2 - BF494, transistor NPN de RF
Q3 - BC548, transistor NPN de uso geral
Q4 - BC338, transistor NPN de baixa potência
Q5 - BC328, transistor PNP de baixa potência
D1 - OA 90, diodo de sinal de germânio ou equivalente
D2 e D3 - 1N4148, diodo de sinal de silício

Resistores:

R1 - 12K ohms (marrom, vermelho, laranja)
R2 - 4K7 ohms (amarelo, violeta, vermelho)
R3 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R4 - 470K ohms (amarelo, violeta, amarelo)
R5 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R6 - 100 ohms (marro, preto, marrom)
R7 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R8 - 270K ohms (vermelho, violeta, amarelo)
R9 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R10 e R11 - 2,2 ohms (vermelho, vermelho, ouro)
P1 - potenciômetro logarítmico de 10 K ohms

Capacitores:

C1, C3, C5, C6 e C9 - 10nF (disco cerâmico ou poliéster)
C2 e C10 - 100µF/25V (eletrolítico)
C4 - 2,2µF/25V (eletrolítico)
C7 - 47 nF (disco cerâmico ou poliéster)
C8 - 220µF/25V (eletrolítico)
CV1 e CV2 - capacitor variável duplo para OM

Diversos:

Placa de circuito impresso, bobina de antena, ferrite, bobinas de FI, alto-falante, caixa de montagem, fios, solda, etc.

AJUSTE DO RECEPTOR

Uma calibragem prévia "a ouvido" pode ser feita antes de iniciarmos uma calibragem com o auxílio de instrumentos. Normalmente, as bobinas de FI já vem pré-calibradas da fábrica.

Vejamos como devemos proceder para a calibragem do nosso aparelho.

AJUSTE DO OSCILADOR

- Gire cuidadosamente o núcleo da bobina osciladora (vermelha) colocando-o totalmente para fora (se estiver dura, não force, o núcleo ajustável poderá quebrar).
- Posicione o capacitor variável totalmente fechado.
- Gire cuidadosamente o núcleo da bobina osciladora até sintonizar uma estação (550 KHz).
- Posicione o capacitor variável totalmente aberto.
- Mantenha o trimer do oscilador (se encontra em paralelo com CVZ) totalmente aberto, e vagarosamente vá fechando até sintonizar uma estação (1600KHz).

AJUSTE DA SENSIBILIDADE DA ANTENA

- Posicione o capacitor variável a aproximadamente 1/4 de sua abertura, sintonizando uma estação emissora.
- Movimente a bobina que está sobre a barra de ferrite até obter o máximo de sinal.

- Posicione o capacitor variável totalmente aberto e vá fechando até sintonizar uma estação.

- Gire o trimer da antena (se encontra em paralelo com CV1) obtendo o máximo de sinal.

- Repita esta operação pelo menos duas vezes.

Se o leitor desejar obter uma calibragem mais precisa, deve fazê-la com o auxílio de um gerador de RF.

PROJETO 5

RÁDIO RECEPTOR EXPERIMENTAL DE OM DE 7 TRANSISTORES

O projeto de radioreceptor de OM experimental que descrevemos possui uma excelente sensibilidade e fidelidade comparáveis com a dos comerciais. Na **figura 81** temos o esquema completo do receptor.

O circuito amplificador utiliza 4 transistores e pode fornecer cerca de 1 watt de potência sobre um alto-falante de 8 ohms.

O amplificador é do tipo classe AB de alta fidelidade, constituído pelos transistores de potência em par complementar Q6 (NPN) e Q7 (PNP).

O consumo de corrente do circuito em repouso, isto é, sem sinal na antena, é da ordem de 20 miliampéres, alimentado por uma tensão de 6 volts.

MONTAGEM

Na **figura 82** está mostrado o lay-out de circuito impresso e na **figura 83** temos a disposição dos componentes do circuito completo do receptor. Durante a confecção da placa de circuito impresso, procure reproduzí-la de maneira a obter a mesma largura de trilha, assim como o seu posicionamento, para que

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:

Q1, Q2 e Q3 - BF 494, transistor NPN de RF
Q4 - BC 548, transistor NPN de uso geral
Q5 - BC 558, transistor PNP de uso geral
Q6 - BC 338, transistor NPN de baixa potência
Q7 - BC 328 PNP transistor de baixa potência
D1 - OA 90, diodo de germânio ou equivalente
D2 e D3 - 1N4148, diodo de sinal

Resistores:

R1 - 6K8 ohms (azul, cinza, vermelho)
R2 e R8 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R3, R12 e R13 - 15K ohms (marrom, verde, laranja)
R4 - 270K ohms (vermelho, violeta, amarelo)
R5 e R14 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R6 - 4K7 ohms (amarelo, violeta, vermelho)
R7 - 470K ohms (amarelo, violeta, amarelo)
R9 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R10 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R11, R16 e R17 - 2K7 ohms (vermelho, violeta, vermelho)
R15 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
R18 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
R19 - 470 ohms (amarelo, violeta, marrom)
R20 - 680 ohms (azul, cinza, marrom)
P1 - 10K ohms potenciômetro logaritmico

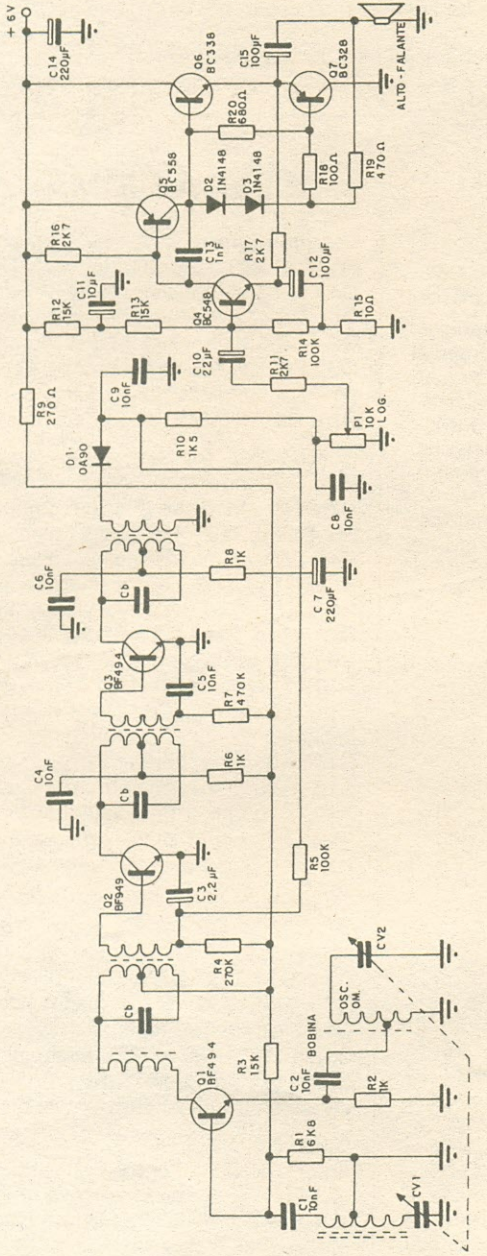
Capacitores:

C1, C2, C4, C5, C6, C8 e C9 - 10 nF (cerâmico ou poliéster)
C3 e C10 - 2,2 µF/25V (eletrolítico)
C7 e C14 - 220 µF/25V (eletrolítico)
C11 - 10 µF/25V (eletrolítico)
C12 e C15 - 100 µF/25V (eletrolítico)
C13 - 1 nF (cerâmico)
CV1 e CV2 - capacitor variável duplo 0-150 pF

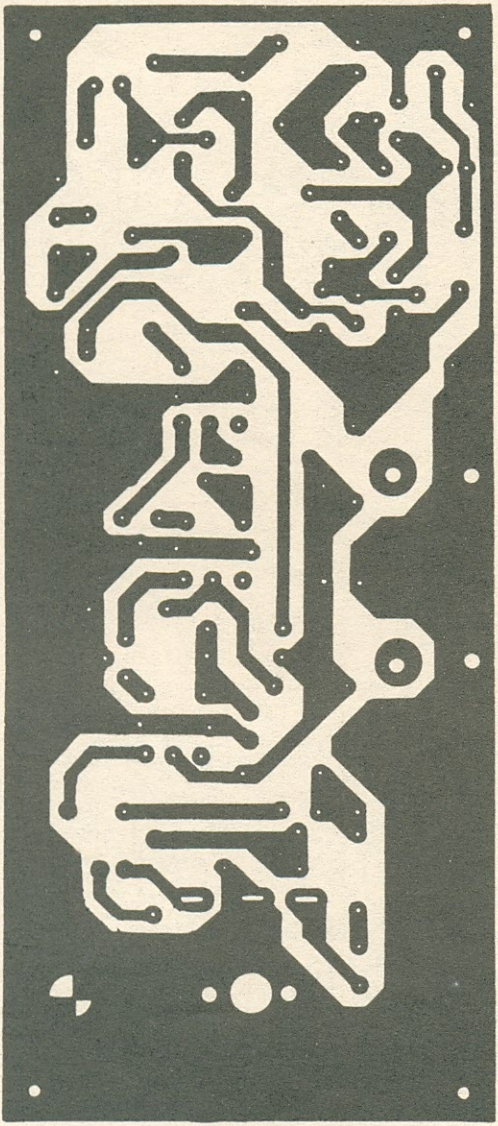
Diversos:

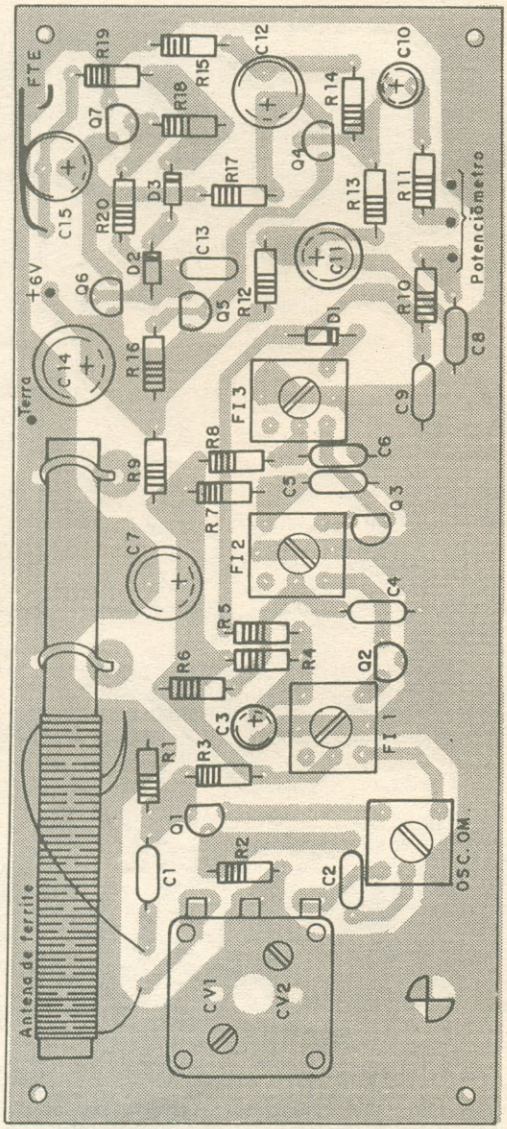
Antena de ferrite, bobina osciladora de OM, bobinas de FI (primeira sendo amarela, a segunda, branca e a terceira, preta), alto-falante, placa de circuito impresso, fios, solda, etc.

81


+ 6 V
C14 220µF
Q6 BC 338
C15 100µF
Q7 BC328
ALTO - FALANTE
R20 680Ω
Q5 BC558
D2 1N4148
D3 1N4148
R18 100Ω
R19 470Ω
R16 2K7
C13 1nF
R17 2K7
C12 100µF
C11 10µF
R12 15K
R13 15K
Q4 BC548
R15 10Ω
R14 100K
C10 22µF
R11 2K7
C9 10nF
R9 270Ω
P1 10K Log.
R10 1K5
D1 OA90
C8 10nF
C6 10nF
Cb
R8 1K
C7 220µF
Q3 BF494
C5 10nF
R7 470K
C4 10nF
R6 1K
Q2 BF949
C3 2,2µF
R5 100K
R4 270K
CV2
OSC.
OM.
BOBINA
Q1 BF494
R3 15K
C2 10nF
R2 1K
R1 6K8
C1 10nF
CV1

82




Antena de ferrite
CV1
CV2
OSC. OM.
FTE
+6V
Terra
Potenciômetro
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
R1
R2
R3
R4
R5
R6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
R20
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Q6
Q7
D1
D2
D3
FI1
FI2
FI3

no final da montagem não existam problemas de mau funcionamento.

Normalmente, os capacitores de disco cerâmicos são bons acopladores e desacopladores de sinais de RF, isto devido à sua construção possuir uma geometria plana, não apresentando efeitos indutivos, como ocorrem nos outros tipos de capacitores. Os resistores podem ser de 1/8 Watt. Os capacitores eletrolíticos devem possuir a tensão de trabalho de pelo menos 16 volts, mas pode-se utilizar capacitores de tensões maiores.

Os transistores de RF (BF494) podem ser substituídos por outros de RF que possuam as mesmas características.

O leitor deve ficar atento ao detalhe da bobina osciladora.

A configuração dos terminais da bobina osciladora de OM não é sempre igual e, de acordo com o fabricante pode ser bem diferente.

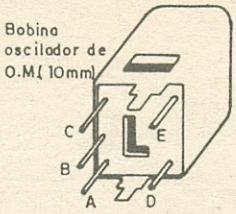
Ao providenciar a bobina osciladora, o leitor deverá medir a resistência entre os terminais e "descobrir" qual o pino da bobina que deve ser ligado ao terra, assim como qual é ligado ao capacitor de emissor do transistor oscilador.

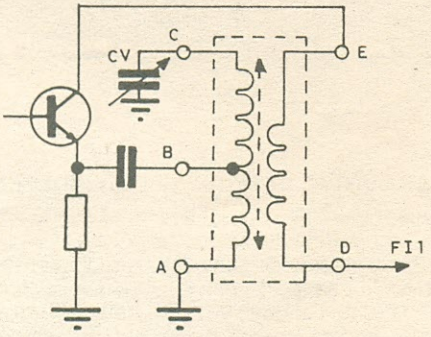
Normalmente, o enrolamento que tem menor resistência ôhmica corresponde ao terminal terra (A), e o outro (B) vai ligado ao capacitor de emissor do transistor conversor/oscilador do receptor.

O pino que tiver maior resistência ôhmica registrada, em relação à terra, vai ligado ao capacitor variável (CV2).

Se estas ligações estivessem invertidas, isto é, com os pinos trocados, o circuito oscilador provocará uma regeneração excessiva no conversor, produzindo apitos agudos durante a recepção das estações emissoras.

84





O leitor não deve esquecer-se de que encontrada a inversão dos terminais da bobina com derivação central entre os pontos A, B e C, significa que o secundário também poderá estar invertido, neste caso o circuito deixará de oscilar. A solução é inverter as ligações dos pinos (E e D) para que o circuito oscilador comece a oscilar.

Para que o leitor possa visualizar o circuito melhor, a **figura 84** mostra as suas ligações.

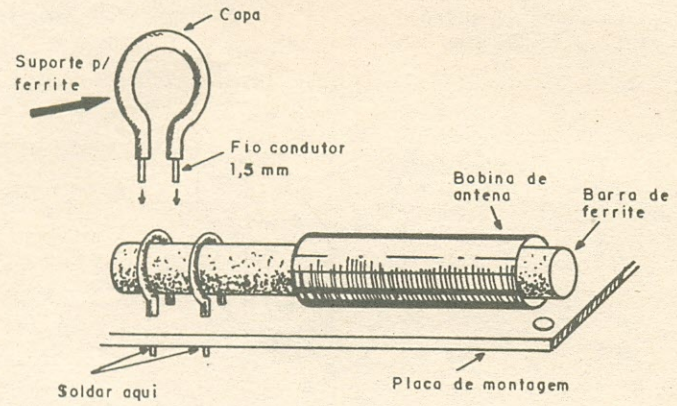
AJUSTE E USO

A calibragem da etapa de FI, da etapa osciladora e da antena pode ser feita da forma semelhante a dos receptores super-heteródinos descritos neste livro.

A fixação da bobina de antena de ferrite pode ser feita conforme a ilustração da **figura 85**.

Como o leitor pode notar, a ilha que fixa um dos terminais do suporte está isolada do terra, isto permite que o suporte de fio de cobre fique "aberto", pois este suporte quando soldado em "curto" pode corresponder a uma espira em curto na bobina de antena de ferrite e conseqüentemente a sua sensibilidade pode ser prejudicada.

85



PROJETO 6

RECEPTOR DE ONDAS CURTAS COM OSCILADOR INDEPENDENTE

Este receptor super-heteródino possui boa seletividade e sensibilidade, podendo ser utilizado para rádio escuta de estações estrangeiras.

Atualmente existem centenas de estações de rádio espalhadas em todo mundo, colocando no ar transmissões em português e inglês especialmente para o Brasil, tais como a Voz da América, BBC de Londres, Voz da Alemanha, rádio Canadá, internacional e muitas outras. O leitor poderá passar momentos agradáveis ouvindo as notícias internacionais, aprendendo a língua estrangeira, etc.

Este aparelho receptor de ondas curtas pode sintonizar vasta gama de frequências, bastando para isto mudar alguns componentes. O protótipo do receptor foi elaborado de

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1, Q2, Q3 e Q4 - BF494 ou equivalente, transistor NPN de RF
Q5 - BC548, transistor NPN de uso geral
Q6 - BC558, transistor PNP
Q7 - BC338, transistor NPN
Q8 - BC328, transistor PNP
D1 - Diodo Zener 6V2 1W
D2 - Diodo OA90 (germânio) ou equivalente
D3 e D4 - Diodo 1N4148, diodo de sinal

Capacitores:
C1, C4 e C10 - 56 pF disco cerâmico
C2 - 33 pF disco cerâmico
C3, C8, C9, C12, C16, C19, C20 e C22 - 10nF (disco cerâmico ou poliéster)
C5 - 2,2 nF (disco cerâmico)
C6 e C23 - 1 nF(disco cerâmico)
C7 - 100µF/25V (eletrolítico)
C11 - 10pF (disco cerâmico)
C13 e C21 - 3,3 pF (disco cerâmico)
C14 e C15 - 10µF/25V (eletrolítico)
C17 - 2,2µF/25V (eletrolítico)
C18 e C25 - 220µF/25V (eletrolítico)
C24 - 1000µF/25V (eletrolítico)
CT1 e CT2 - capacitor trimer de 0 - 30 pF (ver layout)
CV1 e CV2 - capacitor duplo de 120 a 470 pF

Resistores:
R1, R11, R12 e R16 - 15K ohms (marrom, verde, laranja)
R2 - 4K7 ohms (amarelo, violeta, vermelho)
R3 - 8K2 ohms (cinza, vermelho, vermelho)
R4 - 6K8 ohms (azul, cinza, vermelho)
R5, R7, R18 e R22 - 1k5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R6 - 220 ohms (vermelho, vermelho, marrom)
R8 e R13 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R9 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R10 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R14 - 560K ohms (verde, azul, amarelo)
R15 - 47K ohms (amarelo, violeta, laranja)
R17 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
R19 - 2K7 ohms (vermelho, violeta, vermelho)
R20 - 680 ohms (azul, cinza, marrom)
R21 - 150 ohms (marrom, verde, marrom)
R23 - 470 ohms (amarelo, violeta, marrom)
P1 - 10K ohms, potenciômetro logaritmico
P2 - 2K7, trimpot

Diversos:
L1, L2 e L3 - ver o texto.
FI1, FI2 e FI3 - bobinas de FI para 455KHz para rádio AM, (tamanho 10mm), placa de circuito impresso, caixa de montagem, fios, solda, etc...

tal maneira que o nosso leitor possa montar o aparelho sem a necessidade de adquirir as bobinas especiais, desta forma, não encontrará dificuldade em sua montagem. O leitor poderá confeccionar as bobinas conforme descrito no capítulo VII deste livro.

COMO FUNCIONA

O diagrama esquemático completo do circuito receptor pode ser visto na **figura 86**.

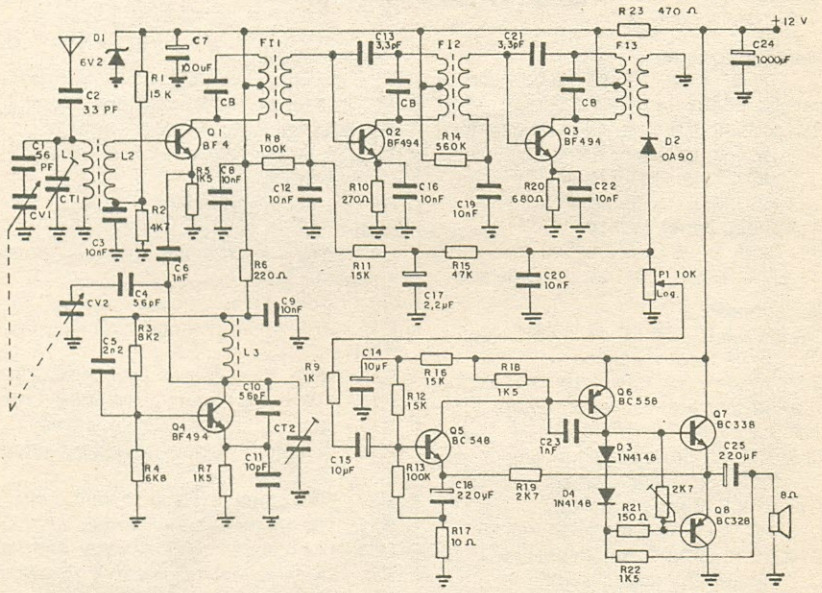
O sinal sintonizado pelo circuito de sintonia formado pelos componentes C1, CV1, CT1 e L1, é enviado ao circuito misturador constituído pelo transistor Q1.

O circuito oscilador constituído pelo transistor Q4, fornece ao circuito misturador um sinal de radiofrequência no valor de 455KHz superior ao do sinal captado pela antena . A bobina de FI conectada no coletor do transistor conversor seleciona a frequência de FI de 455 KHz e rejeita as demais frequências, deixando passar somente a emissora sintonizada. Este sinal é amplificado pela etapa de FI constituída pelos transistores Q2 e Q3. O secundário da terceira bobina de FI entrega o sinal ao detector D2 para retirar as informações de áudio que estão contidas na portadora de FI.

O circuito de filtro constituído pelo capacitor C20 (10nF) filtra a portadora de radiofrequência, deixando apenas o sinal de áudio presente sobre a carga P1 (potenciômetro de volume).

O sinal retificado na carga P1 é aplicado à base do transistor Q2 através de R11

86



e R15 para o controle automático de ganho do circuito amplificador de FI.

A etapa de radiofrequência possui um regulador de tensão, constituído pelo resistor R23 e pelo diodo zener D1 que estabiliza a tensão de alimentação do circuito, para que a recepção se torne estável mesmo com a variação da tensão de alimentação do circuito.

O sinal de áudio presente no potenciômetro P1 é então levado ao circuito amplificador de baixa frequência que possui 4 transistores.

O primeiro (Q5) é o pré-amplificador, o segundo (Q6) é o driver, e finalmente a etapa de potência, que é formada por 2 transistores (Q7, Q8) na configuração coletor comum em par complementar.

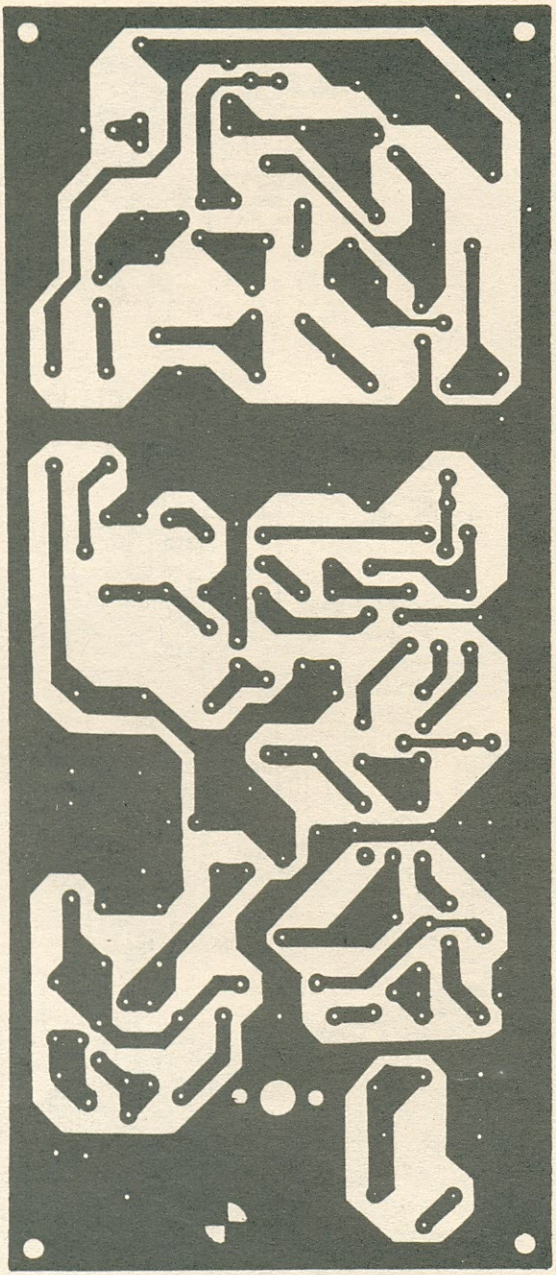
MONTAGEM

O lay-out de circuito impresso está mostrado na **figura 87** e a distribuição dos componentes na **figura 88**. Na hora de reproduzir a placa de circuito impresso, faça de tal maneira a não alterar a largura e o posicionamento das trilhas.

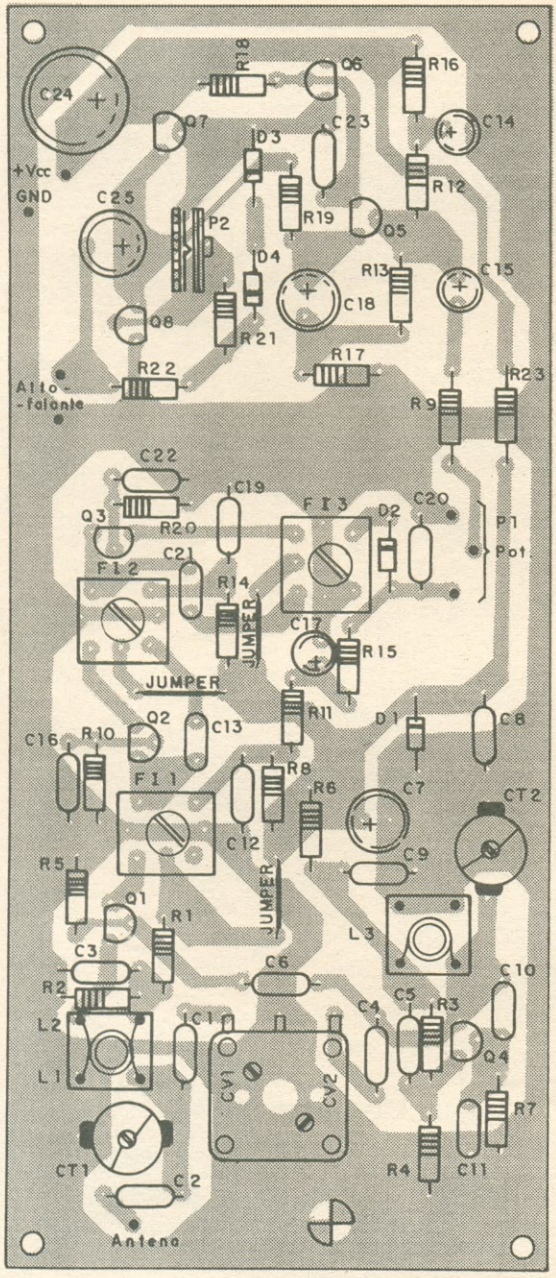
O máximo cuidado deve ser tomado com a colocação dos componentes que possuem polaridades. Solde primeiro os componentes pequenos tais como resistores, diodos, etc. Todos os resistores podem ser de 1/8 W e os capacitores eletrolíticos com tensão de trabalho de 25 volts.

As bobinas de F.I. são do tipo de 455KHz, utilizadas nos receptores de AM. Elas podem ser identificadas pelas cores dos núcleos de ajuste de sintonia. A primeira bobina de F.I. é amarela, a segunda branca e a terceira preta. Normalmente estas bobinas já vêm pré-calibradas pelo fabricante, sendo necessário fazer apenas um pequeno ajuste para o nosso receptor. A bobina L1 é constituída de 17 espiras de fio esmaltado com 0,3 a 0,4 milímetros de espessura, enroladas sobre uma fôrma de 8 a 10 mm de diâmetro

87



88


C24
R18
Q6
R16
Q7
C23
C14
D3
+Vcc
GND
C25
P2
R19
Q5
R12
D4
R13
C15
C18
Q8
R21
R17
R22
R23
Alto-falante
R9
C22
C19
Q3
R20
F13
D2
C20
P1
Pot
C21
F12
R14
JUMPER
C17
R15
JUMPER
Q2
R11
D1
C8
C16
R10
C13
R8
R6
C7
CT2
F11
C12
C9
R5
Q1
R1
JUMPER
L3
C3
C6
C10
R2
L2
C1
C4
C5
R3
Q4
L1
CV1
CV2
R7
CT1
C2
R4
C11
Antena

sem núcleo (vide o capítulo que explica como fazer a fôrma de bobina).

A bobina L2 é constituída de 5 espiras do mesmo fio sobre a mesma fôrma. A bobina L3 é constituída de 15 espiras da mesma espessura sobre uma fôrma com diâmetro de mesma medida com núcleo de ar.

O capacitor variável pode ser do tipo comum utilizado nos rádios portáteis de ondas médias. O valor da capacitância pode estar entre 120 pF e 470 pF, evidentemente para a capacitância menor haverá estreitamento da faixa de recepção do sinal de rádio.

AJUSTE DO RECEPTOR

Devemos lembrar ao leitor, que os valores dos componentes utilizados possuem certas tolerâncias e o nosso receptor experimental pode apresentar faixa estreita ou larga dependendo do capacitor variável empregado no circuito.

Para a calibragem das bobinas de FI, conforme dissemos, a bobina de FI já vem pré calibradas da fábrica, desta forma o leitor poderá fazer uma calibragem prévia "de ouvido" antes de iniciar uma calibragem com instrumento.

- Coloque o capacitor variável aberto e posicione o trimer CT2 totalmente aberto e gire-o vagarosamente, fechando-o até sintonizar uma estação.
- Sintonize uma estação na porção mediana do capacitor variável e ajuste o trimer CT1 obtendo o máximo de sinal.
- Repita esta operação pelo menos duas vezes.
- Sintonize uma estação fraca e ajuste levemente as bobinas de F. I. girando os núcleos cuidadosamente até obter o máximo de sinal.

Recomendamos ao leitor que utilize chaves não metálicas para os ajustes dos núcleos das bobinas. Um ajuste mais preciso pode ser conseguido utilizando um gerador de radiofrequência, quando se poderá fazer um rastreamento e conseguir determinar a faixa de operação do receptor experimental.

AJUSTE DO AMPLIFICADOR

O som reproduzido no alto-falante pode estar "fanhoso", isto pode ocorrer decorrente de uma distorção provocada pela assimetria dos transistores de saída. Podemos eliminar esta distorção o trimpot P2. Um miliamperímetro deve ser conectado entre o coletor de Q7 e a alimentação e ajustar-se o trimpot P2 ajustado até se obter aproximadamente entre 10 a 15 miliampéres de corrente de repouso. Terminado este ajuste o som "fanhoso" deverá desaparecer.

Um outro modo prático pode ser realizado sintonizando uma estação emissora. Coloque o volume no mínimo, posicione o cursor do trimpot para a resistência mínima e ajuste vagarosamente o trimpot P2 até que a distorção do som reproduzido no alto-falante desapareça.

PROJETO 7

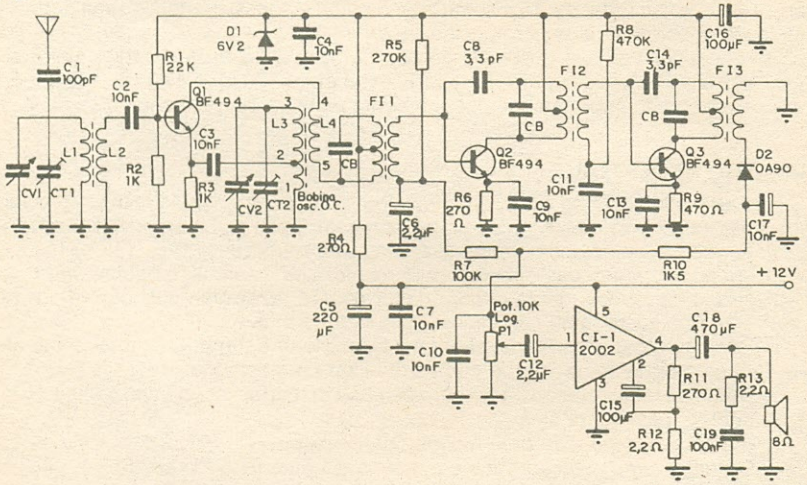
RECEPTOR DE ONDAS CURTAS COM MISTURADOR AUTO-OSCILANTE

A recepção em ondas curtas pode ser feita através de uma antena telescópica, embora uma antena externa proporcione uma melhora na recepção. O nosso circuito receptor usa 3 transistores na etapa de RF e um circuito integrado na etapa de áudio, com a finalidade de simplificação do aparelho. O circuito integrado (TDA2002 ou LM20-02) pode fornecer cerca de 5 Watts RMS de potência sobre uma carga de 8 ohms e alimentado por uma fonte de alimentação de 12 volts.

O CIRCUITO

Na **figura 89** temos o diagrama esquemático completo do receptor que trabalha com o misturador auto-oscilante.

89



O sinal proveniente da antena é sintonizado pelo circuito de sintonia formado pelos capacitores CT1 e CV1. A bobina L1 e L2 constitui um transformador de RF, sendo que o enrolamento secundário (L2) serve para casar a impedância do circuito de sintonia à entrada do misturador.

O capacitor C2 possui a função de acoplamento de sinal de RF e bloqueio da tensão de polarização do transistor, formada pelo divisor resistivo R1 e R2. Quando o transistor funciona como oscilador, o capacitor C2 possui a função de desacoplamento do sinal de RF do oscilador na base, colocando o transistor na configuração base comum para o oscilador. Portanto se o capacitor C2 estiver desconectado do circuito, o circuito oscilador local deixará de funcionar.

Para obtermos uma boa estabilidade na recepção das estações emissoras de ondas curtas, o circuito dispõe de um regulador de tensão na etapa de radiofrequência formado pelo diodo zener D1.

Os capacitores C8 e C14 de neutralização, possuem a função de reduzir a capacitância interna do transistor afim de evitar a regeneração no circuito amplificador de frequência intermediária.

O circuito oscilador é formado pelo transistor Q1, pelos capacitores C2, C3, CV2 e CT2, e pela bobina L3 e L4.

O capacitor C3 é responsável pela regeneração do sinal, mantendo a oscilação do circuito. O sinal proveniente do circuito de antena, mistura-se com o do oscilador e obtém-se a frequência de FI de 455KHz, que é posteriormente amplificada pelo circuito amplificador de frequência intermediária.

O sinal de FI amplificado, após demodulado, é aplicado ao circuito amplificador de audiofreqüência.

MONTAGEM

Na **figura 90** temos o lay-out de circuito impresso e na **figura 91** a distribuição dos componentes do circuito.

A bobina L1, consta de 18 espiras de fio de 0.4 a 0.5 mm, enroladas sobre uma fôrma de aproximadamente 7 a 8 mm de diâmetro com núcleo de ar (sem núcleo).

A bobina L2 consta de 5 espiras do mesmo fio enroladas sobre a mesma fôrma.

A bobina L3 é formada de 18 espiras do mesmo fio enrolada sobre uma fôrma com

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1, Q2, Q3 - BF494, ou equivalente transistor NPN de RF
CI1 - TDA 2002, ou equivalente circuito integrado de áudio
D1 - diodo zener de 6,2 volts e 1W
D2 - OA 90 ou equivalente, diodo de germânio

Resistores:
R1 - 22K ohms (vermelho, vermelho, laranja)
R2 - 4K7 ohms (amarelo, violeta, vermelho)
R3 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R4, R6 e R11 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R5 - 270K ohms (vermelho, violeta, amarelo)
R7 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R8 - 470K ohms (amarelo, violeta, amarelo)
R9 - 470 ohms (amarelo, violeta, marrom)
R10 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R12 e R13 - 2,2 ohms (vermelho, vermelho, ouro)
P1 - potenciômetro de 10K com chave logarítmico (volume)

Capacitores:
C1 - 100 pF (disco cerâmico)
C2, C3, C4, C7, C9, C10, C11, C13 e C17 - 10 nF (poliéster)
C5 - 220µF/25V (eletrolítico)
C6 e C12 - 2,2µF/25v (eletrolítico)
C8 e C14 - 3,3 pF (disco cerâmico)
C15 e C16 - 100µF/225V (eletrolítico)
C18 - 470µF/25V (eletrolítico)
C19 - 100 nF (poliéster)
CT1 e CT2 - trimer 0-30 pF (ver layout de componentes)
CV1 e CV2 - capacitor variável duplo 0 - 150 pF duplo

Diversos:
Caixa de montagem, alto-falante, solda, fios, etc.

núcleo de ar e derivação na quinta espira.

A bobina L4 é constituída do mesmo fio com 5 espiras sobre a mesma fôrma da bobina L3. Uma observação importante deve ser tomada durante a confecção desta bobina (L3 e L4), pois constitui a bobina do circuito oscilador, as espiras devem ser enroladas sempre no mesmo sentido e na seqüência dos terminais da fôrma da bobina.

As bobinas de FI são as mesmas do tipo AM de 455 KHz utilizadas no projeto anterior, normalmente estas bobinas podem ser reaproveitadas de rádios de AM sucateados, do tipo "não tem conserto".

Evidentemente, o capacitor variável também pode ser aproveitado para o projeto.

TESTE E USO

Embora a calibragem pelo método de "ouvido" seja eficiente, durante o ajuste do receptor, alguma estação desta faixa precisa ser captada para facilitar a calibragem de rastreio e de sua sensibilidade. Aconselhamos que a calibragem seja feita ao entardecer ou a noite, porque a propagação dos sinais em ondas curtas se tornam propicia durante a noite.

Vejamos como começar a calibragem do nosso aparelho receptor super-heteródino. Conecte o aparelho a uma antena externa antes de iniciar a calibragem sem o uso de instrumento.

Para testar o aparelho, o leitor deverá fazer uma calibragem prévia do circuito, que pode ser executada utilizando o mesmo procedimento descrito no projeto anterior do receptor de OM.

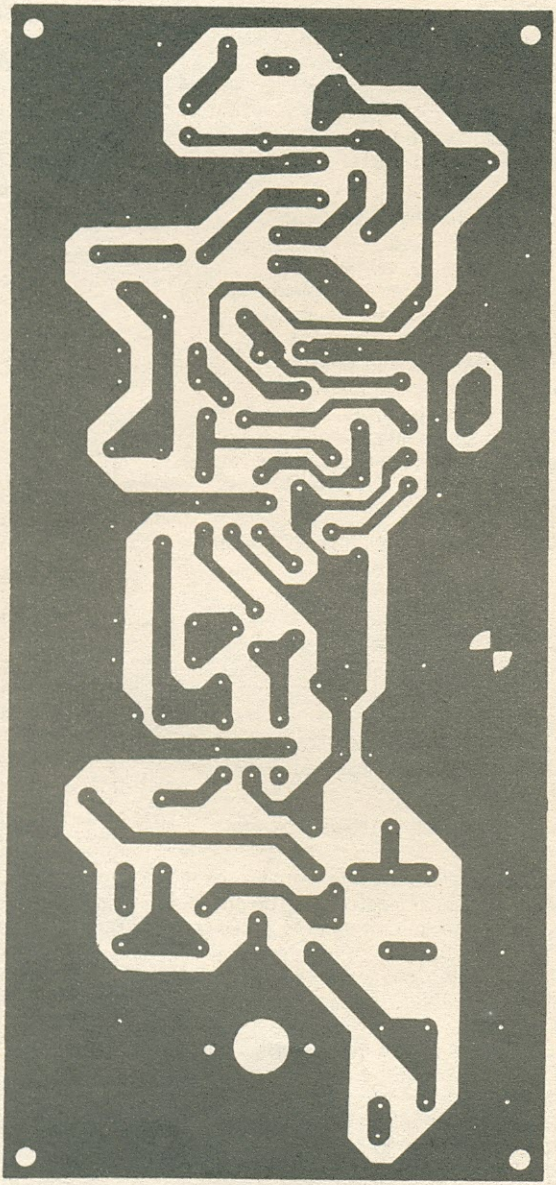
É claro que, lembrando-se que estamos calibrando a faixa de Ondas Curtas.

Antes de iniciar a calibragem propriamente dita, faça a prova de oscilação do circuito oscilador.

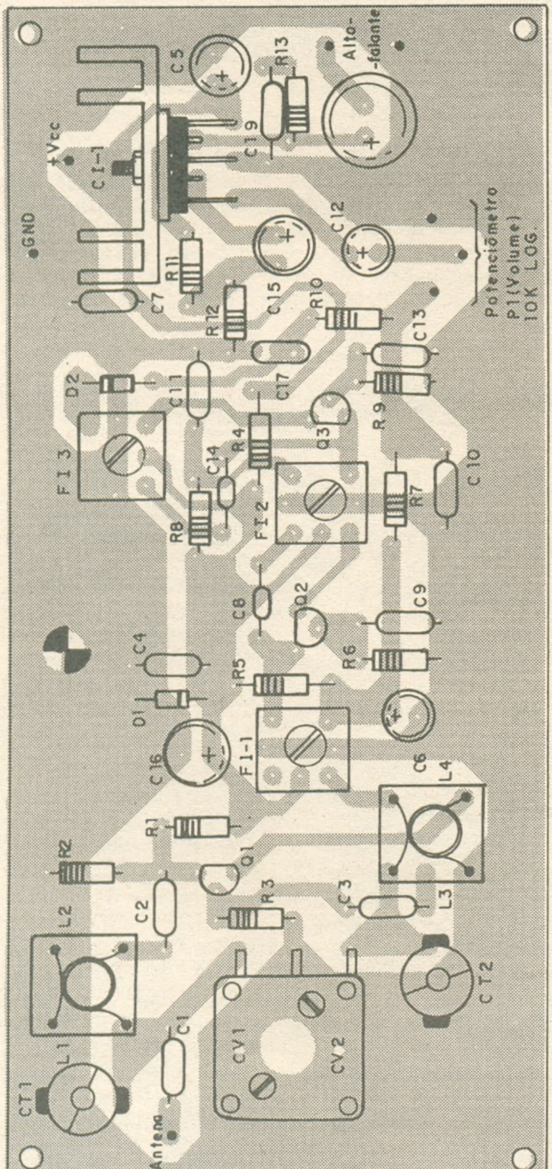
Aproxime o elo do medidor de Hertz (medidor de campo de RF) na bobina e verifique se existe a presença do sinal de oscilação.

Se não acusar nenhum sinal no voltímetro, inverta os fios 4 e 5 do enrolamento da bobina osciladora, feita a inversão o oscilador deverá funcionar. Proceda a investigação do sinal de RF nesta bobina com o auxilio de medidor de Hertz (já mencionado anteriormente neste livro).

90



91



Alto-falante
Potenciômetro
P1 (Volume)
10K LOG.
+Vcc
GND
CI-1
Antena
C5
R13
C19
C12
R11
C15
R10
C7
R12
C13
D2
C11
C17
R9
Q3
FI 3
R4
C14
C10
R7
R8
FI 2
Q2
C8
C9
C4
R5
R6
D1
C16
FI-1
C6
L4
R1
R2
Q1
R3
C3
L3
C2
L2
CT2
C1
CV1
CV2
L1
CT1

Comprovado a presença de oscilação na bobina osciladora, conecte o aparelho a uma antena externa e tente sintonizar alguma estação.

Prossiga a calibragem pelo método de "ouvido" conforme descrevemos anteriormente neste livro.

PROJETO 8

RECEPTOR DA FAIXA DE CIDADÃO (PX) COM TRANSISTOR FET

A faixa do cidadão CB (City Band) é dividida em três faixas de canais: 40 canais baixos, 40 canais normais e 40 canais altos, compreendidos de 26,515 MHz a 27,855 MHz, totalizando 120 canais de comunicação.

De acordo com a quantidade de canais existentes, a largura de banda estabelecida é de 10 KHz. Os 40 canais baixos iniciam de 26,515 MHz a 26,955 MHz. Os 40 canais normais, de 26,955 MHz a 27,405 MHz, sendo os restante dos canais altos de 27,415 MHz a 27,855 MHz

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:

Q1 - BF 245 ou equivalente, transistor FET
Q2, Q3 e Q4 - BF 494 ou equivalente, transistor de RF
Q5 - BC 548, transistor NPN de uso geral
Q6 - BC 558, transistor PNP de uso geral
Q7 - BC 338, transistor NPN de baixa potência
Q8 - BC 328, transistor PNP de baixa potência
D1 - Diodo zener 6V2 1W
D2 - OA 90, diodo de sinal (germânio)
D3 e D4 - 1N4148, diodo de sinal

Resistores:

R1 - 10K ohms (marrom, preto, laranja)
R2 - 5K6 ohms (verde, azul, vermelho)
R3, R6, R7, R9 e R21 -1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R4, R8 e R12 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R5, R11 e R13 - 15K ohms (marrom, verde, laranja)
R10 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R14 e R23 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R15 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
R16 - 56K ohms (verde, azul, laranja)
R17 - 680K ohms (azul, cinza, amarelo)
R18 - 2K2 ohms (vermelho, vermelho, vermelho)
R19 - 680 ohms (azul, cinza, marrom)
R20 - 100 ohms (marrom, preto, marrom)
R22 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
P-10K ohms potenciômetro logaritmico
P2 - 2k2 ohms, trimpot

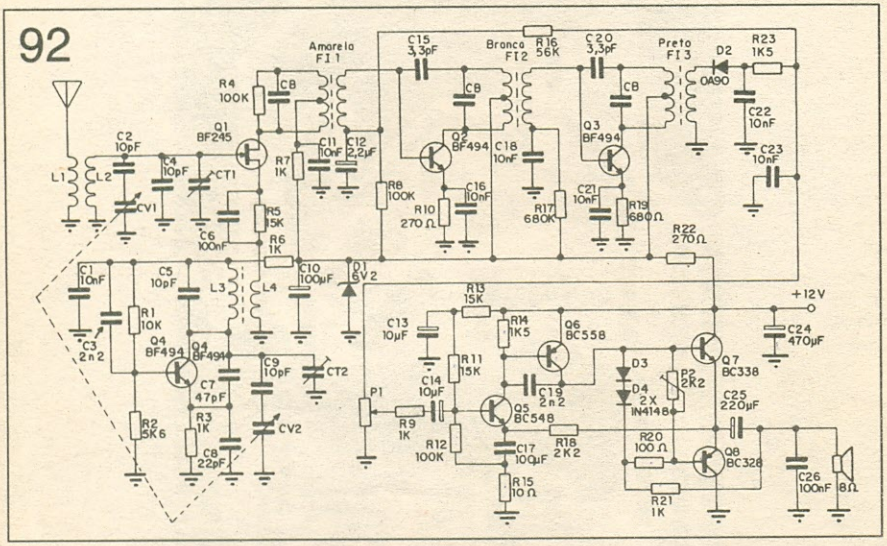
Capacitores:

C1, C11, C16, C18, C21, C22 e C23 - 10 nF disco cerâmico
C2, C4, C5 e C9 - 10 pF (disco cerâmico)
C3 e C19 - 2,2 nF (disco cerâmico)
C6 e C26 - 100 nF (poliéster)
C7 - 47 pF (disco cerâmico)
C8 - 22 pF(disco cerâmico)
C10 e C17 - 100µF/25V (eletrolítico)
C12 - 2,2µF/25V (eletrolítico)
C13 e C14 - 10µF/25V (eletrolítico)
C15 e C20 - 3,3 pF (disco cerâmico)
C24 - 470µF/25V (eletrolítico)
C25 - 220µF/25V (eletrolítico)
CT1 e CT2, capacitor ajustável de 0 - 30 pF (vide lay-out de componentes)
CV1 e CV2 - capacitor variável duplo de 0 - 150 pF aproximadamente

Diversos:

Bobinas de FI de 10mm, placa de circuito impresso, alto-falante, fios, caixa de montagem, solda, etc.

O nosso projeto de aparelho receptor da faixa do cidadão (PX) pode sintonizar estações desta faixa de 26 a 28 MHz com uma boa sensibilidade e seletividade. Na **figura 92** está mostrado o diagrama esquemático completo do aparelho.



O circuito receptor é do tipo super-heteródino, que utiliza um transistor de efeito de campo (FET) no circuito conversor. Pelo fato da entrada do transistor FET possuir uma alta impedância de entrada, não "carrega" o circuito de sintonia da antena, proporcionando uma boa seletividade do sinal captado pela antena.

Como podemos ver na figura, o oscilador local vem separado do circuito conversor. Este método de produzir a frequência intermediária proporciona uma excelente estabilidade na recepção de sinais em altas frequências.

O sinal captado da antena é sintonizado pelo circuito ressonante formado pelos componentes L1, L2, C2, CV1 e C4. O sinal selecionado é enviado ao circuito conversor constituído pelo transistor FET (BF245) que por sua vez recebe um sinal do oscilador local e efetua a heterodinagem.

O sinal de FI (455kHz) produzido no circuito conversor sendo extremamente baixo, necessita ser amplificado antes de ser entregue ao circuito detector. A etapa amplificadora de RF de FI constituída pelos transistores Q2 e Q3 amplifica o sinal modulante de FI, proveniente da etapa conversora, e o entrega à etapa detectora de envolvente.

O sinal da última etapa de FI é aplicado ao diodo D2, que funciona como demodulador de envolvente de AM. Os componentes C22, R23 e C23 formam o filtro passa baixa que elimina o sinal de RF e deixa seguir somente o sinal de audiofreqüência.

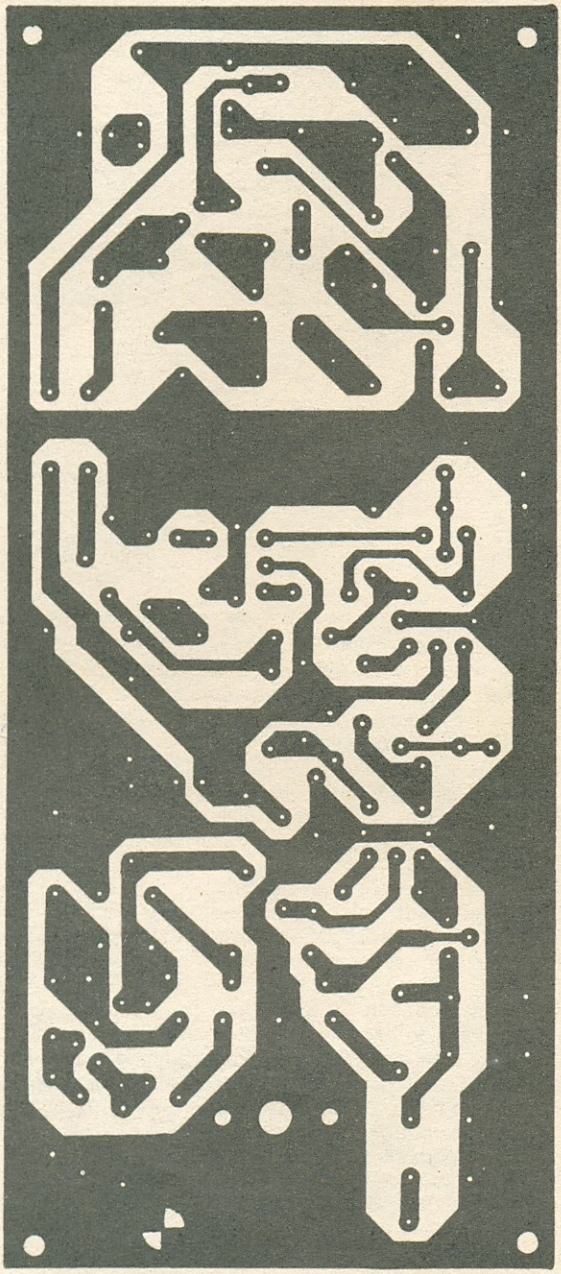
Uma parte do sinal é utilizada para o controle automático de ganho através do resistor R16 até a base do transistor amplificador de FI (Q2). A outra parte do sinal de áudio é enviada ao potenciômetro de volume (P1), sendo este sinal aplicado ao amplificador de audiofreqüência para ser reproduzido no alto-falante.

O circuito amplificador é de excelente sensibilidade, com a configuração de sua saída de potência em classe AB de simetria em par complementar PNP e NPN, fornecendo cerca de 1 W de potência de áudio.

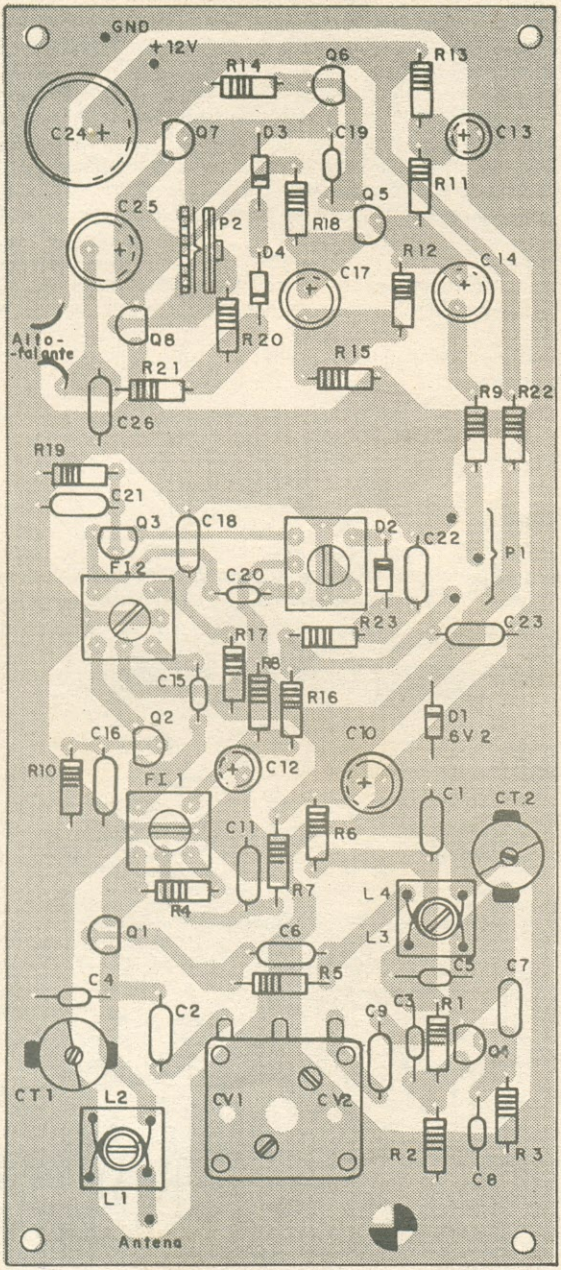
MONTAGEM

Na **figura 93** apresentamos o lay-out da placa de circuito impresso e na **figura 94**

93



94


GND
+12V
C24 +
R14
Q6
R13
Q7
D3
C19
C13
R11
Q5
C25
P2
R18
D4
C17
R12
C14
Alto-falante
Q8
R20
R15
R21
C26
R9
R22
R19
C21
Q3
C18
D2
C22
P1
FI2
C20
R23
C23
R17
R8
C15
R16
Q2
C16
D1
6V2
C10
R10
C12
FI1
C1
CT2
C11
R6
R7
L4
R4
Q1
C6
L3
C5
C7
C4
R5
C2
C9
C3
R1
Q4
CT1
L2
CV1
CV2
R2
C8
R3
L1
Antena

a disposição dos componentes.

Os resistores podem ser todos de 1/8 W.

Os capacitores podem ser de poliéster, entretanto os capacitores do tipo CHIKO, PLATE e os discos cerâmicos proporcionam melhor funcionamento do que os outros tipos nas altas frequências.

A bobina L1 deve ser enrolada com 5 espiras de fio esmaltado de bitola de 0,3 a 0,5 milímetros de espessura, sobre uma fôrma com núcleo de ferrite ajustável.

A bobina L2 é de 8 espiras na mesma fôrma, utilizando o mesmo fio.

A bobina L3 é constituída de 8 espiras de fio esmaltado de mesma espessura enrolada numa fôrma de 8 a 10 milímetros de diâmetro com núcleo de ferrite ajustável. A bobina L4 é constituída de 3 espiras do mesmo fio sobre a fôrma de L3.

AJUSTE E USO

Para o ajuste do receptor, proceda da forma já descrita neste livro, utilizando a calibragem do receptor pelo método de "ouvido" ou pelo uso de instrumento se caso você tiver em mãos.

Aconselhamos que o ajuste do aparelho seja feita ao anoitecer pelas razões desta frequência pertencer à faixa de Ondas Curtas.

PROJETO 9

INJETOR DE SINAL

O investimento na compra de instrumentos sofisticados muitas vezes se torna inviável para os nossos leitores robistas, e mesmo para os profissionais.

Existem muitas formas de "quebrar galho" com instrumentos simples de constru-

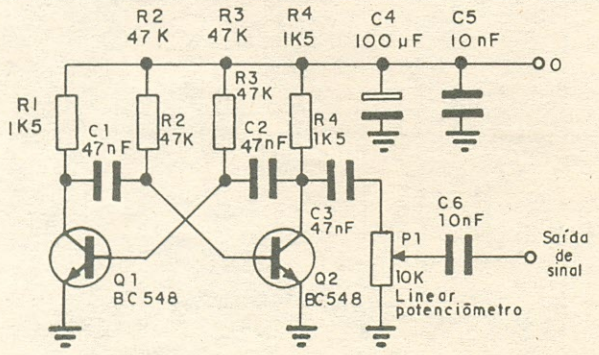
LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1,Q2 - BC548, transistor NPN de uso geral

Resistores:
R1,R4 - 1K5 ohms (marrom, verde, vermelho)
R2,R3 - 47K ohms (amarelo, violeta, laranja)
P1 - 10K ohms, potenciômetro linear

Capacitores:
C1,C2,C3 - 47 nF capacitor (poliéster)
C4 - 100µF/25V (eletrolítico)
C5,C6 - 10 nF capacitor (poliéster)

95

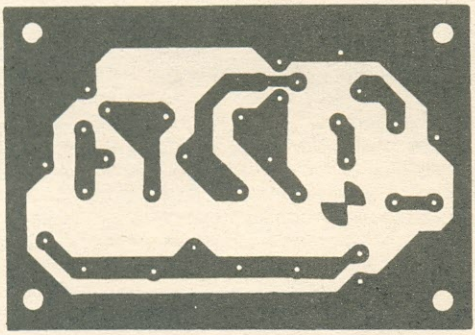


ção caseira para aferir e consertar aparelhos eletrônicos.

Sem dúvida, depois do multímetro, amplificadores e circuitos de radiofrequência podem ser consertados com o auxílio de um injetor de sinal.

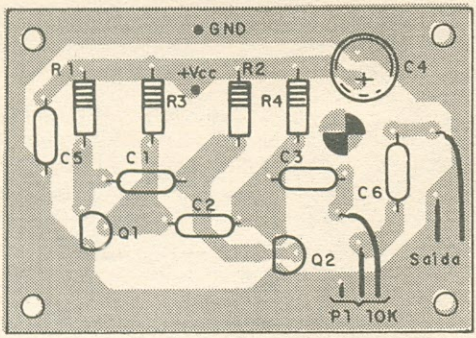
Na **figura 95** temos um circuito completo de injetor de sinal, na **figura 96** o lay-out

96



de circuito impresso e na **figura 97** a disposição dos componentes.

97



PROJETO 10

GERADOR DE RF 200 KHz A 30 MHz

O circuito que estamos apresentando é projeto de um gerador de radiofrequência com forma de onda senoidal, rica em frequências harmônicas, modulado por um circuito gerador de áudio de frequência padrão de1KHz.

Este aparelho nos permite a calibragem de aparelhos de radioreceptores de

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores:
Q1, Q2 e Q3 - BF 494, transistor NPN de RF
Q4 - BC 548B, transistor NPN de uso geral

Resistores:
R1 - 270 ohms (vermelho, violeta, marrom)
R2 - 10 ohms (marrom, preto, preto)
R3, R4, R16 e R18 - 100K ohms (marrom, preto, amarelo)
R5 - 56K ohms (verde, azul, laranja)
R6 e R8 - 1K ohms (marrom, preto, vermelho)
R7 - 27 ohms (vermelho, violeta, preto)
R9 - 22 ohms (vermelho, vermelho, preto)
R10 e R17 - 2K2 ohms (vermelho, vermelho, vermelho)
R11 - 5K6 ohms (verde, azul, vermelho)
R12 - 3K9 ohms (laranja, branca, vermelho)
R13 e R14 - 180 ohms (marrom, cinza, marrom)
R15 - 56 ohms (verde, azul, preto)
P1 - 220 ohms, trimpot
P2 - 10K ohms, potenciômetro linear
P3 - 4K7, trimpot
P4 - 47K, trimpot

Capacitores:
C1, C2, C6, C7, C9, C11, C12, C13, C15 e C16 - 10nF (poliéster)
C3 - 470pF (styroflex)
C4 - 4,7pF (disco cerâmico)
C5 - 56pF (disco cerâmico)
C8 - 10µF/25V (eletrolítico)
C14 - 1000µF/25V (eletrolítico)
C17 - 4,7nF (poliéster)
CT1 e CT2 - Trimer 0-30pF
CV1 - capacitor variável

Diversos:
Chave H-H de duas posições, caixa de montagem, fios, solda, etc.

radiodifusão nas faixas de ondas médias e curtas.

O gerador possui uma chave seletora que permite a seleção das faixas em diferentes frequências de operação.

FUNCIONAMENTO

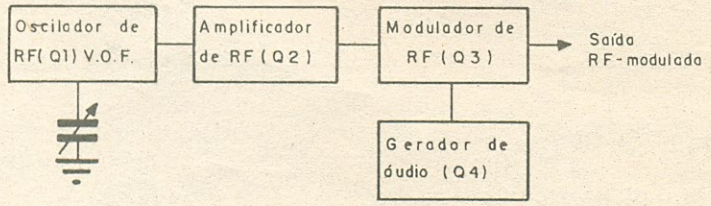
O circuito gerador de RF é constituído de três blocos principais, conforme mostra a **figura 98**. Na **figura 99** temos o diagrama esquemático completo do gerador.

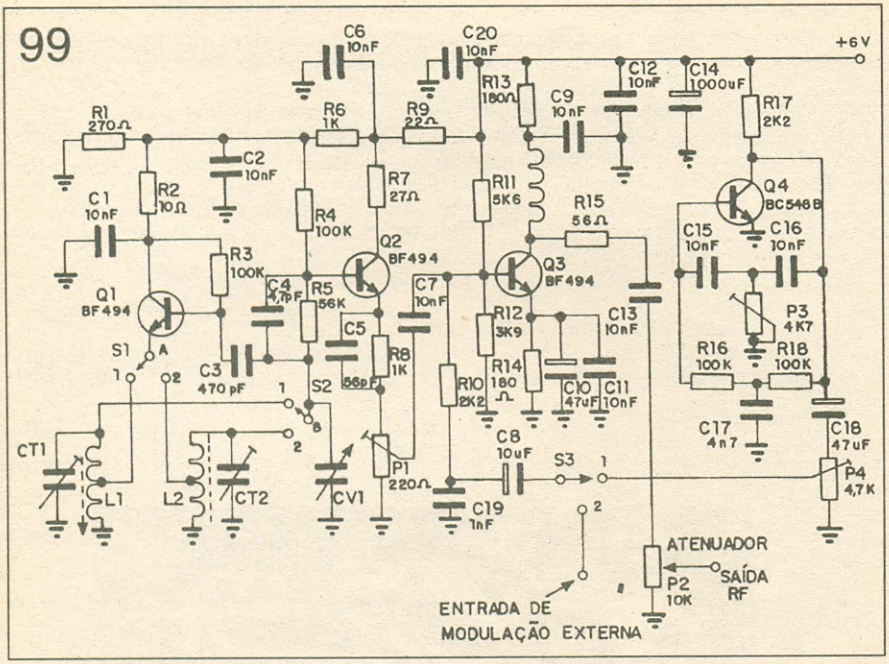
O circuito gerador de RF é um circuito oscilador do tipo Hartley constituído pelo transistor Q1.

O conjunto das bobinas comutadas pela chave e o capacitor variável CV1 constitui o circuito ressonante do gerador de RF. Seu sinal é entregue ao modulador formado pelo transistor Q2, que recebe um sinal de audiofrequência de 1 KHz do circuito oscilador em ponte RC, o qual mistura-se com a portadora de RF no circuito modulador (Q3).

O sinal de saída é entregue a um potenciômetro que possui a função de atenuador

98





de saída do gerador. A chave S3 tem como finalidade selecionar o modo de modulação da onda portadora de RF. Na posição "modulação externa" nos possibilita a entrada de outro tipo de sinal para modular o sinal de RF. Nesta entrada o leitor poderá aplicar sinal de áudio externo vindo de um gravador ou de um rádio, etc.

MONTAGEM

Na **figura 100** está mostrado o lay-out de circuito impresso e na **figura 101** temos a disposição dos componentes do circuito gerador de RF.

A chave seletora é do tipo chave H-H dupla de 2 posições, que deverá ser colocada na parte frontal do aparelho, cuja função é selecionar as faixas de operação.

Os resistores são de 1/8 W 5% e o capacitor do circuito oscilador deve ser do tipo styroflex (encapsulamente transparente tipo plástico), isto porque não absorve umidade. Os capacitores cerâmicos absorvem umidade e dependendo do tempo, a frequência do aparelho pode alterar-se.

A bobina L1 deve ser a bobina Osciladora utilizada nos rádios de AM de ondas médias, com núcleo ajustável de cor vermelha de 10 milímetros de largura. Esta bobina pode cobrir a frequência do gerador de 200 KHz, com o capacitor todo fechado, a aproximadamente 2MHz, com o variável totalmente aberto.

A bobina L2 é formada de 20 espiras de fio com espessura de 0,3 a 0,5 mm, enroladas sobre uma fôrma com núcleo de ferrite ajustável de 8mm de diâmetro, com derivação na quinta espira.

A alimentação do circuito pode ser 4 pilhas do tipo lapiseira, ou uma fonte externa de 6 volts estabilizada externa.

PROVA E USO

A melhor forma de calibragem de um aparelho gerador de RF é o emprego de um

frequencímetro, osciloscópio e um rádio padrão multifaixas.

Entretanto, estes instrumentos não são fáceis de serem adquiridos e, desta forma, teremos que recorrer a uma forma de calibragem do tipo caseira, digamos "quebra galho".

Embora a calibragem do gerador que iremos tratar à seguir seja um método rudimentar, podemos obter uma boa qualidade e confiabilidade. A calibragem que iremos comentar é feita pelo método comparativo de sintonia do sinal num receptor de rádio que tem a faixa de OM e a faixa de OC respectivamente.

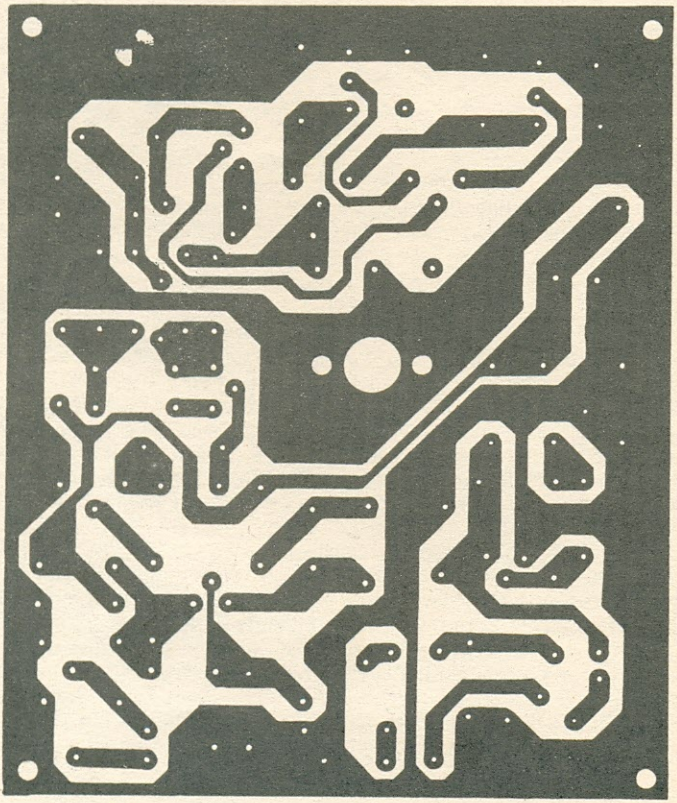
Antes de iniciarmos a calibragem propriamente dita, iremos copiar a sugestão do painel do nosso gerador mostrada na **figura 102**. Cole-a no painel frontal do aparelho com auxílio de uma fita adesiva.

Vejamos como procedermos para calibragem do nosso aparelho.

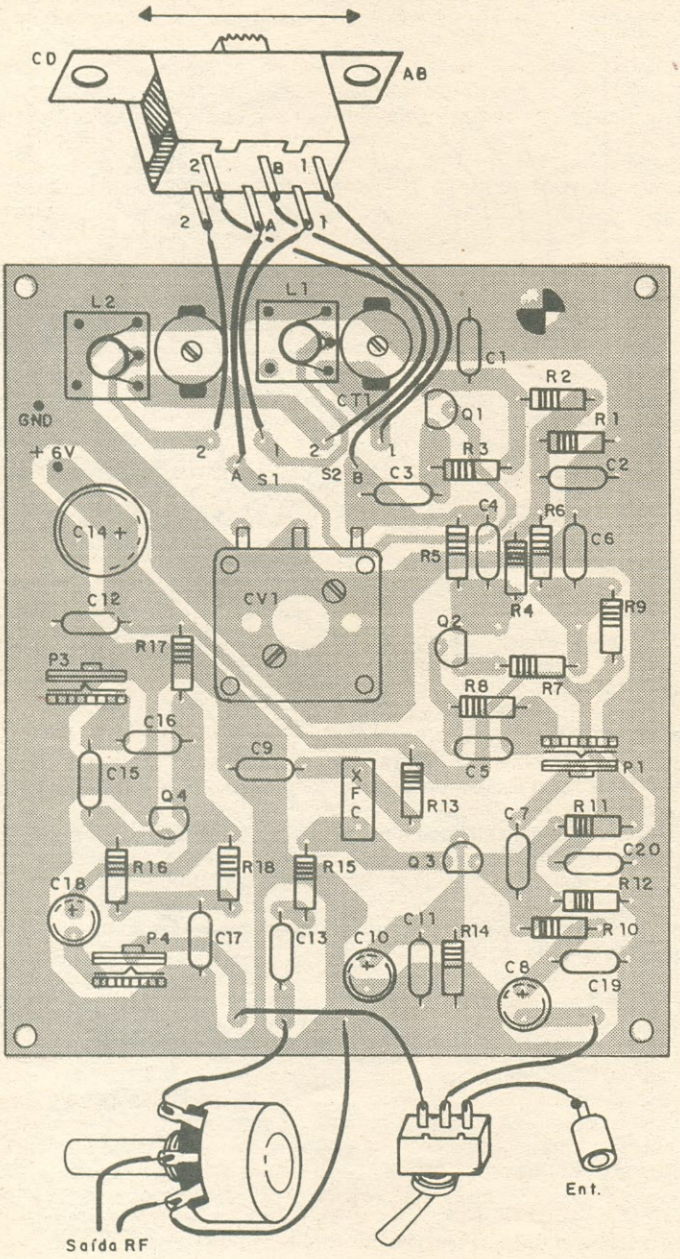
CALIBRAGEM DA FAIXA BAIXA (AB)

- Ligue o gerador e posicione a chave H-H para a faixa AB (frequência baixa).
- Ligue o receptor e selecione a faixa para OM, posicionando o ponteiro do dial em 550 KHz.

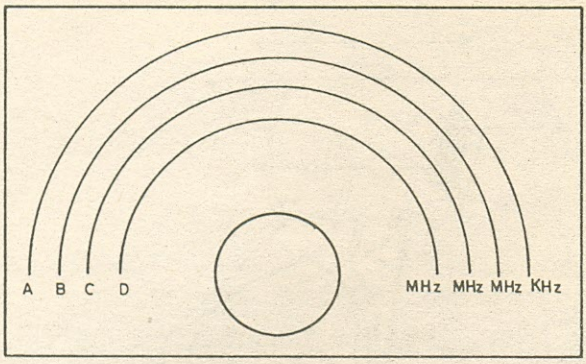
100



101


CD
AB
2
B
1
2
A
1
L2
L1
C1
CT1
Q1
R2
R1
GND
+ 6V
2
1
2
1
R3
C2
A
S1
S2
B
C3
C4
R6
C14 +
R5
C6
R4
C12
CV1
Q2
R9
R17
P3
R8
R7
C16
C9
C5
P1
C15
Q4
X
F
C
R13
C7
R11
C20
R16
R18
R15
Q3
R12
C18
R10
P4
C17
C13
C10
C11
R14
C8
C19
Ent.
Saída RF

102



- Com o variável do gerador fechado, abra mais ou menos 1/4 e ajuste o núcleo da bobina e o trimer CT1 até ouvir um apito no rádio, você deve ouvir o sinal mais forte, pois este é o sinal fundamental do gerador.
- Anote no painel a frequência de 550 KHz, conforme está posicionado o ponteiro do gerador, na faixa A.
- Mova o ponteiro do dial do receptor para 1000 KHz.
- Gire o variável do gerador cuidadosamente até ouvir o sinal mais forte no receptor de rádio.
- Anote esta frequência no painel do gerador, conforme a posição do ponteiro, na faixa A.
- Mova o ponteiro do dial do receptor para 1600 KHz.
- Gire o variável até sintonizar este sinal no receptor e anote o valor desta frequência no gerador.

CALIBRAGEM DA FAIXA ALTA (CD)

- Selecione a faixa de OC no receptor de rádio.
- Posicione o ponteiro do dial do receptor na frequência mais baixa desta faixa (por exemplo, 3,5 MHz).
- Posicione o núcleo da bobina do gerador no máximo e com o variável totalmente fechado, abra-o lentamente até sintonizar o sinal mais forte no receptor.
- Anote a frequência no painel do gerador, conforme a posição do ponteiro, na faixa C.
- Repita esta operação em toda a faixa de ondas curtas anotando a frequência no painel do gerador, na faixa C.

Na faixa B, você deve marcar o valor em dobro do registrado na faixa A, por exemplo: na faixa A = 550 KHz, anote logo embaixo, na B, o valor de 1100 KHz.

- Repita o mesmo na faixa D, dobrando o valor de C.

As faixas B e D correspondem à 2º harmônica do sinal fundamental das faixas A e C geradas pelo oscilador do gerador.

Terminado estes ajustes, o painel pode ser "passado a limpo" numa outra folha e redesenhado com tinta nanquim, ou reescrito com o auxílio de decalques de letras e números. Após a colagem deste painel no gerador de RF, o leitor poderá colar uma película de CONTACT transparente a fim de proteger e produzir um bom acabamento do projeto.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1
RÁDIORECEPTOR SIMPLES 4
Ondas de Rádio 4
Circuito Sintonizador 6
Receptor Elementar 7
Rádioreceptor Reflexo 9
Receptor Super-Regenerativo 10

CAPÍTULO 2
RADIORECEPTOR DE RF SINTONIZADA 13
Receptor Super-Heteródino 14
Batimento 15
Batimento no Receptor Super-Heteródino 15
Circuito Misturador 16
Circuito Misturador com Oscilador Independente 17
Circuito Misturador Auto-Oscilante 19
Seletividade do Receptor 21
Fidelidade de Reprodução 22
Frequência Imagem 24
Oscilador Local 25
Amplificador de Frequência Intermediária 27
Capacitor de Neutralização 28
Filtros Cerâmicos de Frequência Intermediária 29
Controle Automático de Ganho (CAG) 31
Controle Automático de Ganho Auxiliar 32
Interferência na Escuta da Faixa de Ondas Curtas 33
Enfraquecimento das Ondas "Fading" 33
Modulação em Amplitude com Banda Lateral Dupla 35
Circuito Demodulados de AM-DSB (DETECTOR) 36
Indicador Visual de Sintonia (S. METER) 37

CAPÍTULO 3
AMPLIFICADOR DE AUDIO-FREQÜÊNCIA 39
Amplificador de Áudio com TBA 820 M 41
Fonte de Alimentação para o Receptor 41
Fonte de Alimentação Regulada 42

CAPÍTULO 4
FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS 44
Construção de Antena Dipolo para Receptores OC 45
Calibração do Receptor Super-Heteródiono com geradores de RF 48
Ajuste da Frequência Intermediária 48
Calibragem de Rastreio 50
Ajuste do Oscilador Local 51

Ajuste de Sensibilidade do Circuito de Sintonia 51
Calibragem do Receptor sem o Uso de Instrumento 52

CAPÍTULO 5
ANÁLISE DE DEFEITO NO RECEPTOR DE RÁDIO 54
Medições dos Transistores com o Ohmímetro 54
Defeitos em Componentes 55
Defeitos no Amplificador de Áudio 55
Defeitos na Etapa de RF do Receptor 57
Injetor de Sinal 58

CAPÍTULO 6
CONSTRUÇÃO PRÁTICA DE INDUTOR COM NÚCLEO DE AR PARA RF 64
Construção da Fôrma para a Bobina de RF 65
Cálculo de Indutância da Bobina 66
Calculando o Número de Espiras das Bobina 68
Calculando a Espessura do Fio 69

CAPÍTULO 7
PROJETOS EXPERIMENTAIS 70
Montagens de Receptores de Rádio AM 70
Projeto 1 - Rádio Reflexo de OM 70
Projeto 2 - Receptor Super-Regenerativo de OC 73
Projeto 3 - Conversor de OM para PX 77
Projeto 4 - Rádio Receptor de 5 Transistores de OM (2 bobinas de FI) 81
Projeto 5 - Rádio Receptor de 7 Transistores de OM (3 bobinas de FI) 85
Projeto 6 - Receptor de OC com Oscilador Independente 90
Projeto 7 - Receptor de OC com Misturador Auto-Oscilante 95
Projeto 8 - Receptor da Faixa de Cidadão (P) com Transistor FET 100
Projeto 9 - Injetor de Sinal 104
Projeto 10 - Gerador de RF 200 KHz a 30 MHz 105

editora
FITIPALDI