

NEWTON C. BRAGA

COMO FUNCIONA

Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

45

**Técnicas de Transmissão - Ondas Curtas OC
Amplificadores de Potência RF - Circuitos Moduladores**



**MOUSER
ELECTRONICS**



Como Funciona

Aparelhos, Circuitos e Componentes Eletrônicos

Volume 45

Newton C. Braga

Patrocinado por



[Mouser Electronics](#)

Índice

Apresentação da Série	5
Técnicas de Transmissão	9
O que é um transmissor?	9
Modulação	14
Osciladores	22
Potência de osciladores	28
Amplificadores de RF	30
Circuitos de saída	36
Sistemas de modulação	40
Antenas	45
Circuitos Práticos	46
Ondas Curtas (OC)	53
A escuta de ondas curtas	65
O horário	69
Como explorar	70
Transmissores de rádio	75
Os osciladores	77
Cálculo de frequência	85
Circuitos práticos	96
Amplificadores de potência de RF	107
Etapa em classe A	109
Acoplamentos	111
Amplificador classe C	116
Configurações em base comum	120
Circuitos práticos	122

Amplificador 1	124
Amplificador 2	125
Acoplamento de antena	126
Circuitos moduladores	135
SSB	159
Antenas e Ajustes	163
Como ajustar um transmissor	174

Apresentação da Série

Este é o quadragésimo segundo volume desta grande série de livros que levamos aos nossos leitores sob patrocínio da Mouser Electronics (www.mouser.com). Conforme os leitores que já baixaram os volumes anteriores sabem, esta série é baseada na enorme quantidade de artigos que escrevemos ao longo de nossa carreira como escritor técnico e que publicamos em diversas revistas, folhetos, livros, cursos e no nosso próprio site tanto em português, como em espanhol e em inglês. São artigos que representam mais de 50 anos de evolução das tecnologias eletrônicas e, portanto, têm diversos graus de atualidade. Os mais antigos foram analisados sendo feitas alterações e atualizações que julgamos necessárias. Outros pela sua finalidade didática, tratando de tecnologias antigas e mesmo de ciência (matemática, física, química e astronomia) não foram muito alterados a não ser pela linguagem, que sofreu modificações se bem que em alguns casos mantivemos os termos originais da época em que foram escritos. Não estranhem se alguns deles tiverem ainda a ortografia antiga que foi mantida por motivos históricos. Os livros da série consistirão numa excelente fonte de informações para nossos leitores.

Os artigos têm diversos níveis de abordagem, indo dos mais simples que são indicados para os que gostam de tecnologia, mas que

não possuem uma fundamentação teórica forte ou ainda não são do ramo. Neles abordamos o funcionamento de aparelhos de uso comum como eletroeletrônicos, não nos aprofundando em detalhes técnicos que exijam conhecimento de teorias que são dadas nos cursos técnicos ou de engenharia.

Outros tratam de componentes e circuitos, ideais para os que gostam de eletrônica e já possuem uma fundamentação quer seja estudando ou praticando com as montagens que descrevemos em nossos artigos. Estes já exigem um pequeno conhecimento básico da eletrônica que também podem ser obtidos em artigos de nosso site, livros e nossos cursos EAD. Estes artigos também vão ser uma excelente fonte de consulta para professores que desejam preparar suas aulas e alunos que desejam enriquecer seus trabalhos

Temos ainda os artigos teóricos que tratam de circuitos e tecnologias de uma forma mais profunda com a abordagem de instrumentação e exigindo uma fundamentação técnica mais alta. São indicados aos técnicos com maior experiência, engenheiros e professores.

Também lembramos que no formato virtual o livro conta com links importantes, vídeos e até mesmo pode passar por atualizações on-line que faremos sempre que julgarmos necessário.

Neste volume ainda trataremos do funcionamento de equipamentos antigos em especial televisores, monitores antigos de computadores, gravadores de vídeo e games que utilizavam o padrão da TV analógica., sendo especialmente indicado aos que desejam recuperar este tipo de equipamento e já possuam um conhecimento técnico, que estejam estudando ou que precisam de material de consulta para suas aulas ou trabalhos práticos.

Trata-se de mais um livro que certamente será importante na sua biblioteca de consulta, devendo ser carregado no seu tablet, laptop ou celular para consulta imediata. Os livros podem ser baixados gratuitamente no nosso site e um link será dado para os que desejarem ter a versão impressa pagando apenas pela impressão e frete.

Newton C. Braga

Nota sobre a ortografia: os artigos que coletamos para fazer parte das edições da série Como Funcionam foram escritos a partir de 1965. Desde aquela época, a língua portuguesa passou por muitas transformações, como a perda do trema em frequência, do acento em polo, termos que foram substituídos por equivalentes modernos, tanto em inglês como em português. O próprio uso da vírgula mudou. Assim, em muitos casos, ao recuperar os artigos dependendo da época,

mantivemos a forma original (pelo valor histórico) como também foram feitas alterações para o português moderno. Assim, eventuais “erros” que o leitor encontre, não são erros, mas a manutenção da forma original. Para usar estes artigos em eventuais trabalhos, o leitor estará livre para manter a forma original, indicando isso, ou de fazer alterações para o português moderno, onde se fizer necessário, com a devida observação.

Conheça o Instituto Newton C. Braga

<https://www.newtoncbraga.com.br>

Técnicas de Transmissão

Um dos mais fascinantes setores da eletrônica é o que trata das radiotransmissões. Neste artigo indicado ao estudante, ao iniciante e mesmo ao técnico que não tenha se aprofundado neste setor abordamos este tema com tópicos de grande interesse para todos que trabalham com transmissores de rádio, antenas, enfim todos os acessórios ligados a radiotransmissão.

Obs: o artigo é de 1992.

O que é um transissor?

Previstas por Maxwell, as ondas eletromagnéticas foram geradas na prática em condições de laboratório pela primeira vez em 1887 por Heinrich Hertz e a partir de então experimentados e descobertas de diversos outros pesquisadores como Marconi, Landel de Moura no Brasil, Popov na Rússia, Armstrong, De Forest, etc. levaram a tudo que hoje conhecemos como parte do sistema de radiocomunicações. Quando uma corrente elétrica de alta frequência percorre um condutor que denominamos "antena", em sua volta são criadas perturbações ou "ondas" eletromagnéticas que viajam pelo espaço a uma velocidade de 300 000 quilômetros por segundo, aproximadamente.

Estas ondas não precisam de suporte material, o que significa que elas podem se propagar inclusive no vácuo. O importante para as telecomunicações é que ondas produzidas num local podem viajar por longas distâncias e serem captadas em outros locais utilizando-se um condutor que intercepte estas ondas e ligando-o a um dispositivo que denominamos receptor. Se trabalharmos os sinais gerados e transmitidos de maneira apropriada podemos fazer com que eles transportem informações, (figura 1).

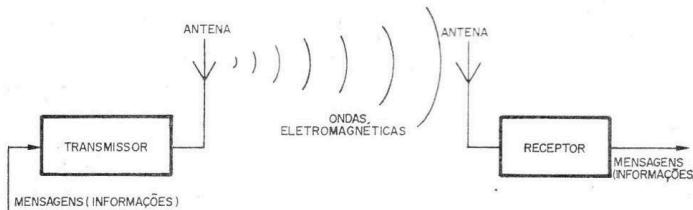


Fig. 1 — Princípio de um sistema de rádio-comunicação.

Estas informações podem ser em código, podem ser a palavra ou a música ou imagens como no caso da televisão. Um transmissor consiste basicamente num circuito eletrônico cuja finalidade é produzir as correntes de alta frequências, já contendo as informações que devem ser transmitidas, e aplicar estas correntes a um sistema de antenas. O transmissor mais simples consiste simplesmente em um oscilador que pode ter como elemento principal uma válvula ou um transistor, no qual é ligada uma antena, (figura 2).

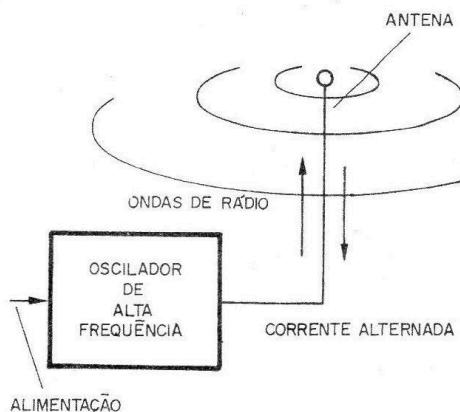


Fig. 2 — Um transmissor elementar.

A partir desta configuração mais simples, o circuito de um transmissor pode adquirir diferentes graus de complexidade que dependem basicamente do tipo de informação que deve ser transmitida, da potência que desejamos na sua saída e de alguns outros fatores. Na figura 3 temos um exemplo de um transmissor mais elaborado destinado a aplicações profissionais.

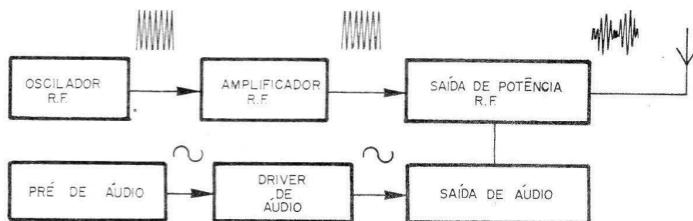


Fig. 3 — Um transmissor com diversas etapas.

Na parte de alta frequência (setor de RF) temos então um oscilador que gera de maneira precisa um sinal de determinada frequência. Este sinal pode ser, por exemplo, de metade da frequência que se deseja na saída e para se manter a precisão e estabilidade é utilizado um cristal de quartzo. Os cristais de quartzo são dispositivos que ressoam numa determinada frequência que depende de seu corte. Quando submetidos a uma tensão elétrica eles tendem a sofrer deformações e, portanto, entrar em oscilação numa frequência determinada, (figura 4).

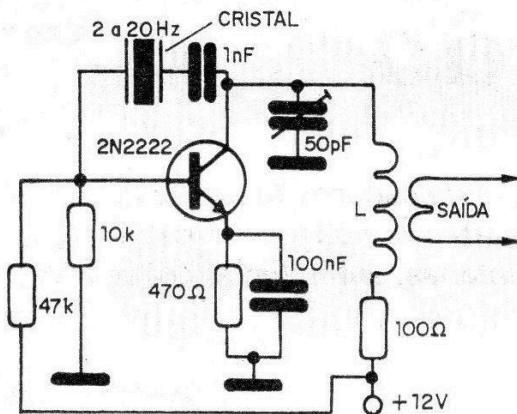


Fig. 4 — Um oscilador à cristal.

Osciladores que usam cristais no controle de sua frequência podem ter um sinal com precisão tal que na sua saída a frequência gerada não se altera mais do que algumas partes por milhão (ppm)

mesmo que ocorram variações da tensão de alimentação do circuito ou da temperatura ambiente. O sinal do oscilador é muito fraco para ter resultados satisfatórios na transmissão. Este sinal é levado então a uma etapa que ao mesmo tempo que dobra sua frequência (dobrados) também o amplifica. Após a amplificação desta etapa já temos um sinal na frequência que deve ser transmitida, mas este sinal ainda não tem intensidade suficiente para ser aplicado na antena. Temos então mais uma etapa de amplificação que é a etapa final de amplificação ou potência.

No entanto, até este ponto o sinal gerado consiste simplesmente numa alta frequência que não leva informação alguma. A informação que o sinal levará é obtida através dos circuitos moduladores. Para o caso do som (palavra ou música) os circuitos de modulação consistem em amplificadores de áudio. Temos então um pré-amplificador no qual é ligado o microfone, uma etapa de amplificação intermediária (driver) e a etapa final de potência. Neste ponto temos duas opções. Se o transmissor tem uma potência muito alta, a modulação não é feita na etapa final, mas uma etapa antes, já que precisamos no áudio da mesma potência do que a de RF para termos uma modulação eficiente.

Assim, se para excitar uma etapa de saída de 100 W precisamos de 5 W, se fizermos a modulação na excitadora só precisamos de 5 watts de áudio. No entanto, se fizermos a modulação na etapa final

precisamos de um sinal de áudio de aproximadamente 100 watts, (figura 5).

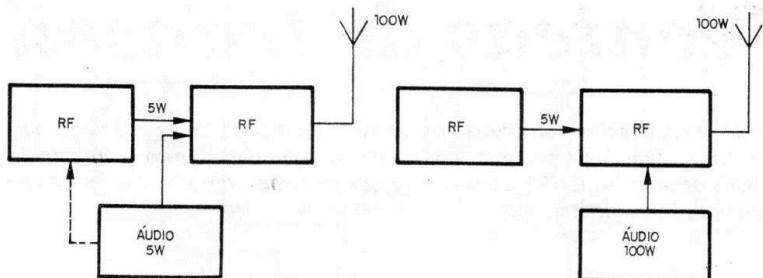


Fig. 5 —A potência da modulação depende da maneira como a fazemos.

Existem diversas técnicas de modulação que serão abordadas a seguir. O importante é lembrar que o número de etapas de modulação e de etapas de RF de um transmissor dependem da sua potência, do tipo de informação a ser transmitida e de alguns outros fatores.

Modulação

O tipo mais simples de transmissão é o que se faz por meio de uma onda continua (CW ou Continuous Wave). Nesta modalidade o transmissor é simplesmente um oscilador de alta frequência ou ainda um oscilador com uma ou duas etapas de multiplicação de frequência e/ou amplificação.

A informação é levada pela interrupção e estabelecimento do sinal de forma codificada através de um manipulador, (figura 6)

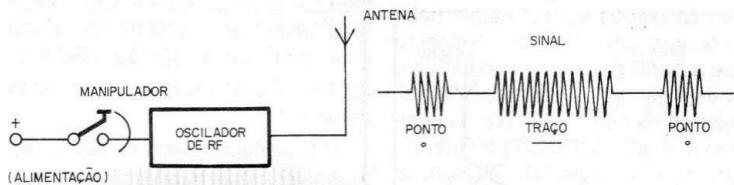


Fig. 6 — Um transmissor de onda contínua.

Trata-se, pois, de um transmissor telegráfico. Estabelecendo e interrompendo o sinal em intervalos ritmados, formamos pontos (.) e traços (-) que combinados no código Morse permitem a transmissão de mensagens. Um toque curto (ponto) e um toque mais longo (traço) formam a letra A. Se bem que técnicas mais modernas de transmissão praticamente "aposentaram" a telegrafia, todos os operadores de rádio, escoteiros, e quem quer que se dedique às radiocomunicações deve conhecer o código Morse, pois trata-se de sistema que perfeitamente pode ser necessário num caso de emergência.

Na verdade, um transmissor telegráfico é tão simples que pode ser numa situação de emergência obtido pela simples adaptação de um velho rádio de válvulas, mas se não houver operador para ele..., (figura 7).

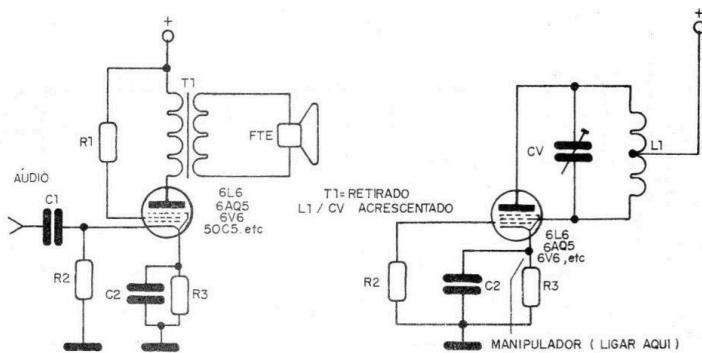


Fig. 7 — Transformando um rádio antigo num transmissor.

Neste interessante projeto o transformador de saída de um velho rádio a válvulas foi substituído por uma bobina e o próprio variável do aparelho. A bobina tem 15 + 15 espiras de fio 28 numa forma de 2,5 cm sem núcleo. O circuito operará entre 3,5 e 7 MHz, para uma válvula 6AQ5 (6V6) a potência variará entre 3 e 5 watts! Os primeiros transmissores de onda contínua se baseavam na produção de uma centelha, (figura 8).

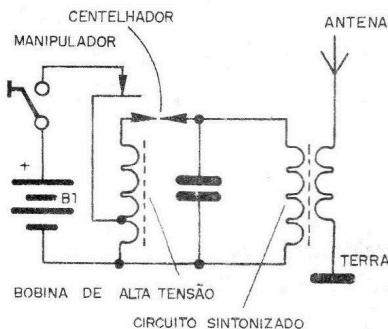
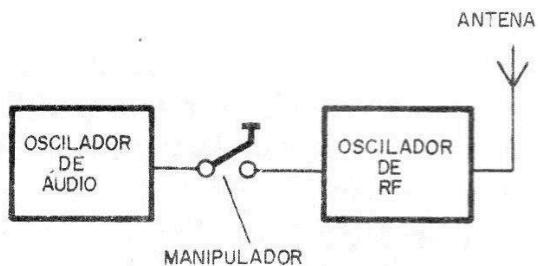


Fig. 8 — Um transmissor de centelha.

Uma alta tensão produzia uma faísca sobre um circuito LC que então juntamente com muito ruído e espúrios gerava um sinal elétrico para um sistema de antenas. Marconi fez sua primeira transmissão através do Oceano Atlântico com um transmissor deste tipo. Com o advento da válvula as técnicas de modulação puderam ir um pouco além da simples interrupção do sinal. Injetando um sinal de áudio na alta frequência de modo a variar sua amplitude partimos para um sistema telegráfico modulado em tom (figura 9).



*Fig. 9 — Princípio de transmissor
telegráfico modulado em tom.*

E, depois injetando um som no oscilador partimos para a transmissão da palavra e da música. Dois sistemas existem basicamente para a transmissão da palavra e da música através de sinais de alta frequência. O primeiro consiste em se fazer a intensidade ou amplitude do sinal variar com o sinal de áudio. Por exemplo, se tivermos um sinal de áudio de 1 kHz, ele vai provocar 1 000 variações por segundo na intensidade do sinal de RF que então nos picos do sinal terá intensidade máxima (ou mínima) e nos mínimos do áudio terá intensidade mínima (ou máxima), (figura 10)

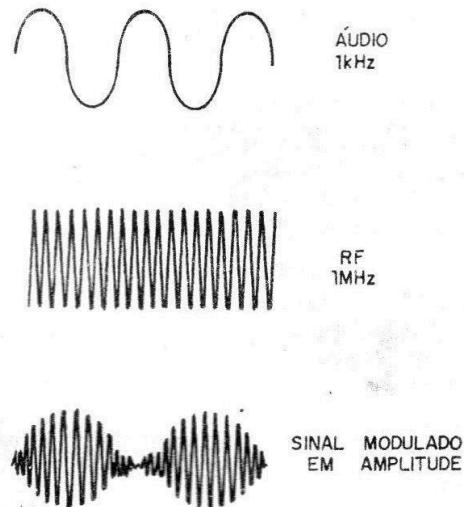


Fig. 10 — Modulação em amplitude.

Para que a transmissão seja eficiente precisamos ter 100% de modulação da porque o sinal de áudio deve ter a mesma ordem de potência do sinal de RF. Com 100% de modulação as variações da intensidade do sinal de áudio fazem com que a intensidade do sinal de RF oscile dentro de 100% da sua faixa de valores. Na figura 11 mostramos o que ocorre quando a porcentagem de modulação é menor e maior que 100%.

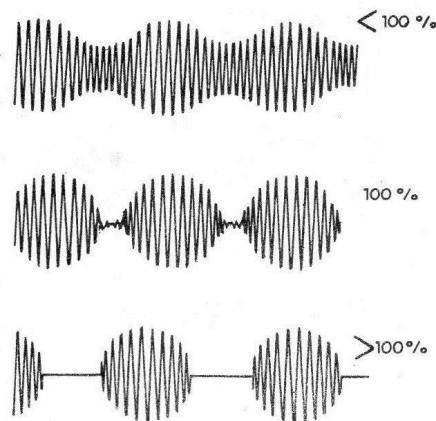


Fig. 11 — Porcentagens de modulação.

Veja que, com mais de 100% quando o sinal 'força' variações maiores que as possíveis para a RF começam a ocorrer problemas como, por exemplo, a produção de sinais espúrios e a perda de rendimento na transmissão, o que deve ser evitado. Infelizmente, este processo de modulação denominado Modulação em Amplitude ou Amplitude Modulada (abreviada por AM) tem algumas desvantagens. Uma delas é sua sensibilidade à sinais interferentes. Estes sinais podem aparecer justamente nos instantes em que temos os mínimos da RF, e com isso são reproduzidos na forma de estalos e ruídos no alto-falante do receptor.

Outra técnica de modulação é a chamada Frequência Modulada ou Modulação em Frequência (abreviada por FM) e que consiste em

fazermos a frequência do sinal de RF variar com a intensidade do sinal de áudio, (fig. 12).

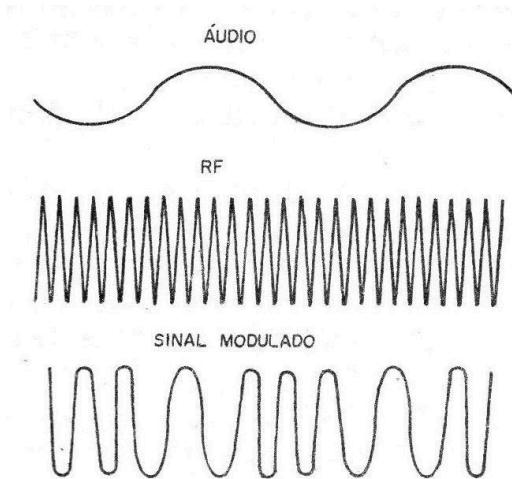


Fig. 12 — Modulação em freqüência (FM).

Assim, se tivermos um sinal de áudio de 1 kHz modulando um sinal de 100 MHz, o sinal de MHz desloca-se entre dois valores de frequência, por exemplo, 100,1 e 99,9 MHz, 1.000 vezes por segundo, acompanhando o sinal de áudio. Uma das vantagens principais que este sistema apresenta é que a intensidade do sinal de RF não varia e, portanto, não temos a possibilidade de ruídos ou sinais interferentes aparecerem se eles forem mais fracos que o sinal da estação. Este é um dos motivos pelo qual o sistema de FM se presta de maneira muito melhor para a transmissão da música com fidelidade.

Osciladores

Para produzir sinais de altas frequências existem diversas técnicas. Osciladores são os circuitos que usamos para gerar sinais e estes podem ter as mais diversas configurações que normalmente recebem o nome de seus descobridores ou então nomes relacionados com o sistema empregado.

Vejamos alguns destes osciladores.

Começamos com o oscilador a cristal tanto na versão transistorizada como válvula que é mostrado na figura 13.

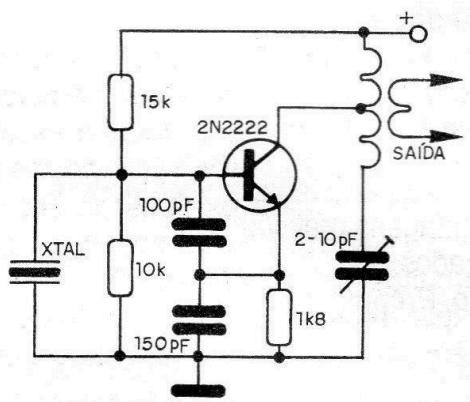


Fig. 13 — Osciladores a cristal.

Um circuito como este pode produzir sinais em frequências de até algumas dezenas de megahertz, evidentemente em função do cristal

usado. Na figura 14 temos um oscilador Pierce controlado a cristal com um transistor de efeito de campo.

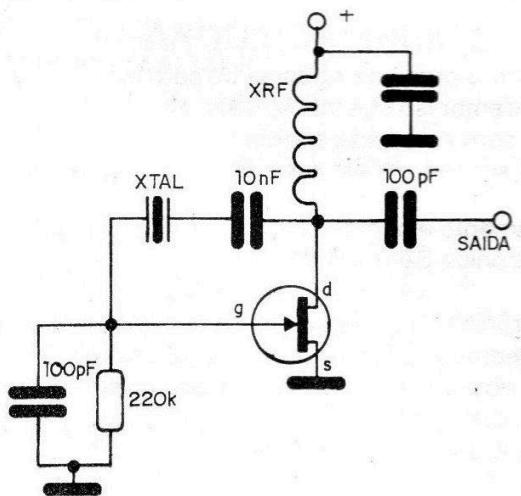


Fig. 14 — Oscilador Pierce à cristal.

Frequências de até algumas dezenas de megahertz podem ser obtidas deste circuito. O circuito da figura permite que um cristal opera numa frequência que não seja exatamente a sua natural, mas sim uma harmônica ou sobretono. Com este circuito podemos obter na saída o dobro, o triplo ou mesmo o quádruplo da frequência de um cristal, (figura 15)

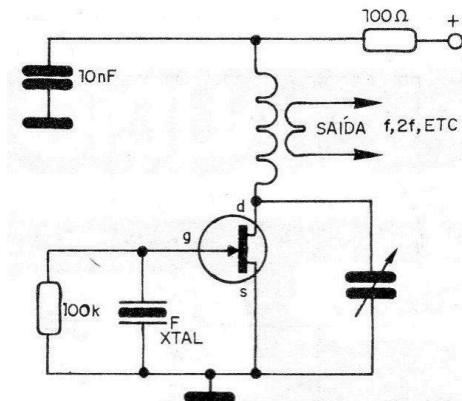


Fig. 15 — Oscilador/multiplicador de freqüência.

Um filtro apropriado deve ser empregado para separar o sinal desejado de outros sinais de frequências múltiplas que podem estar presentes na saída. Na figura 16 temos um exemplo prático em que a partir de um cristal de 7 MHz obtemos uma saída de 14 ou 21 MHz.

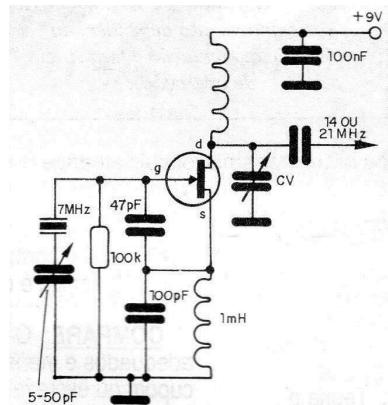


Fig. 16 — Oscilador de 14 ou 21 MHz com cristal de 7 MHz.

Um tipo de oscilador bastante popular e que pode chegar até uma centena de Megahertz numa aplicação em transmissão é o Oscilador Hartley mostrado na figura 17.

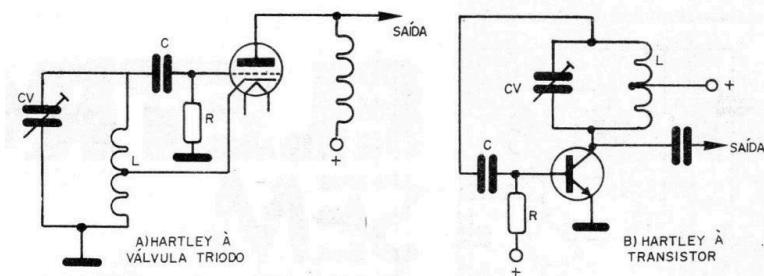


Fig. 17 — Osciladores Hartley.

Nesta figura temos tanto a versão transistorizada como valvulada deste oscilador. Os circuitos mostrados na figura 17 servem como VFOs ou "Variable Frequency Oscillators" ou Osciladores de Frequência Variável que, diferentemente dos osciladores com cristal podem ser ajustados para operar numa certa faixa de frequências. A bobina e o valor momentâneo do capacitor em paralelo determinam a frequência do oscilador. Veja que a realimentação que mantém as oscilações neste circuito é feita através de uma derivação na bobina.

No Oscilador Colpitts a realimentação é feita por derivação capacitiva e não na bobina, mas o princípio de operação é o mesmo. Na figura 18 temos um oscilador deste tipo que pode chegar até a faixa de UHF para a versão com transistores de efeito de campo.

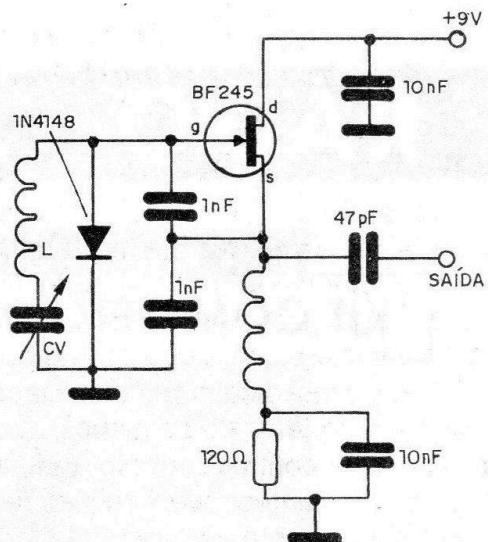


Fig. 18 — Oscilador Colpitts com transistor de efeito de campo.

Um tipo muito comum de oscilador, usado em projetos de pequenos transmissores de controle remoto, FM, microfones volantes, walk-talkies é o mostrado na figura 19.

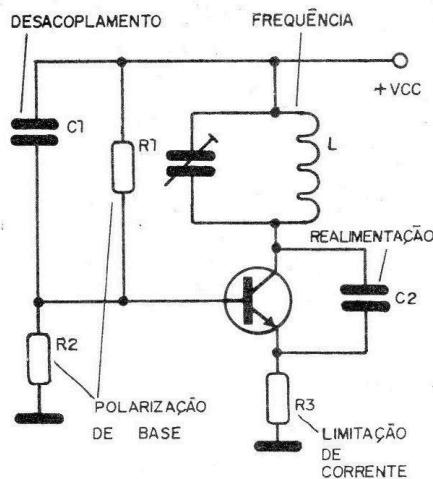


Fig. 19 — Tipo comum de oscilador usado em projetos de pequenos transmissores.

Este circuito opera satisfatoriamente em frequências que vão de alguns megahertz até mais de 200 MHz, dependendo é claro do transistor usado. Nesta configuração a bobina e o trimmer em paralelo determinam a sua frequência de operação enquanto o capacitor entre o emissor e o coletor determina a realimentação do sinal. Veja que o sinal entra pelo emissor e sai pelo coletor nesta realimentação o que caracteriza a configuração de base comum.

Potência de osciladores

Os osciladores que vimos podem gerar sinais cujas potências vão de alguns miliwatts até 3 ou 4 watts para as versões valvuladas ou que fazem uso de transistores especiais.

Isso significa que muitos osciladores já podem ser usados sozinhos como pequenos transmissores ou de baixa potência.

Dependendo da aplicação basta modular o sinal para termos uma configuração Completa de transmissor como no exemplo da figura 20.

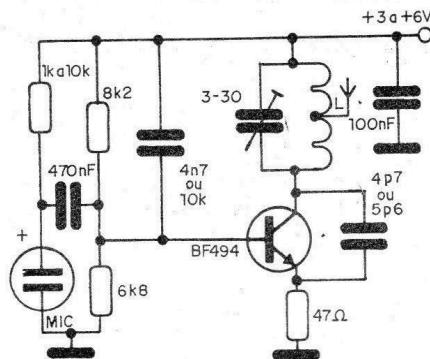
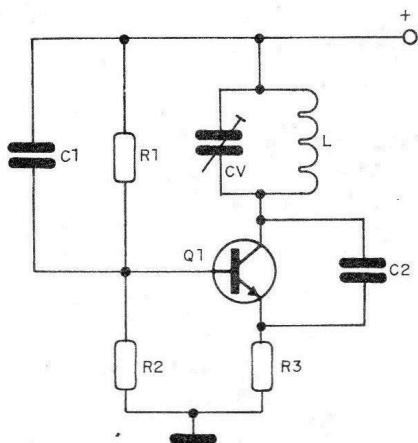


Fig. 20 — Pequeno transmissor de FM.

Neste circuito a bobina consiste em 4 espiras de fio 22 com diâmetro de 1 cm e temos a operação na faixa de FM. Trata-se de um microfone volante ou microtransmissor cujo alcance com 6 volts e uma antena de 20 cm chega aos 200 metros em campo aberto. Com a

utilização de um transistor 2N2218 (de maior potência) e a alimentação com 9 ou 12 V o alcance pode chegar a 1 km em campo aberto.

Com uma válvula a potência obtida para um transmissor deste tipo, que tenha apenas a etapa osciladora pode ser bem maior. Na figura 21, por exemplo, temos um circuito que na faixa de AM, ondas curtas até uns 200 MHz chega a fornecer um sinal de 5 watts.



*Fig. 21 — Oscilador de 10 a 200 MHz
(os componentes dependem da tensão de alimentação e freqüência de operação).*

Com esta potência e uma antena apropriada o alcance pode superar centenas de quilômetros em condições normais (observamos que o alcance de um transmissor para distâncias altas como a indicada

não depende somente da potência mas também de condições locais como propagação, a localização das estações, o horário do dia, etc.).

Para operar na faixa de OM (ondas médias) como uma pequena estação de rádio experimental (respeitando-se as restrições a operação) a bobina consiste em 50+50 espiras de fio 28 num tubo de PVC de 2,5 cm de diâmetro. Se desejarmos potências maiores 3 para a saída de um transmissor deveremos empregar etapas amplificadoras de RF e para isso existem diversas configurações possíveis.

Amplificadores de RF

As etapas amplificadoras de potência de RF podem fazer parte do próprio circuito do transmissor, aumentando a potência do sinal gerado até o valor desejado ou podem ser externas, ligadas a saída de um transmissor para aumentar sua potência. Popularmente estes amplificadores externos recebem o nome de “Botinas”.

São amplificadores lineares cujas potências podem chegar a milhares de watts mesmo para o caso de radioamadores. Nestes casos é preciso observar que a potência máxima que se pode utilizar num transmissor é estabelecida 1 por lei, de acordo com sua frequência, tipo de serviço, juntamente com a licença que autoriza o possuidor a usá-lo. Na figura 22 temos um exemplo de pequeno amplificador linear para

um transmissor transistorizado de algumas dezenas de miliwatts que opere na faixa de FM.

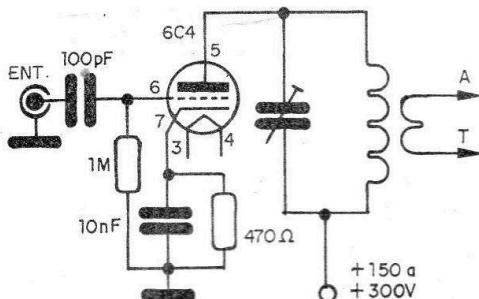


Fig. 22 — Amplificador linear para VHF.

A válvula 6C4 quando alimentada com 300 volts permite que se obtenha até 5 watts de saída quando excitada por apenas 300 mW ou pouco mais. Diversos são os tipos de circuitos amplificadores usados com os próprios circuitos transmissores. Conforme já explicamos muitos amplificadores também são dobradores de frequência. Na figura 23 temos um gráfico em que mostramos as diversas modalidades de polarização para os dispositivos amplificadores e quanto do sinal é amplificado.

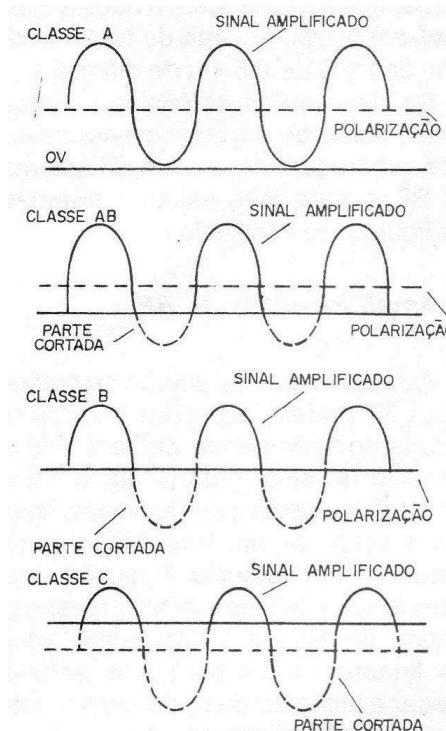


Fig. 23 — Classes de Amplificadores.

Na classe A, a polarização do dispositivo amplificador é tal que ele amplifica os dois semiciclos do sinal. Como sempre está circulando corrente no dispositivo, mesmo da ausência de sinal, ele dissipava uma boa parte da energia em forma de calor, o que significa um baixo rendimento para o circuito. O rendimento teórico máximo é de 50%, o que significa que para cada 10 watts de energia gasta na amplificação

apenas 5 são obtidos na saída. Na prática, entretanto, o rendimento é ainda menor, da ordem de 25 a 30%.

Na polarização em classe AB temos a condução do dispositivo em um dos semiciclos completo e em parte do outro. O resultado é um rendimento maior, no entanto, o corte do outro. O resultado é um rendimento maior, no entanto, o corte de par e do semiciclo gera harmônicas em grande quantidade o que exige mais cuidados nos filtros. Em classe B temos a condução do dispositivo amplificador apenas em metade dos semiciclos do sinal amplificado. O rendimento é bem maior, chegando a 60 ou 65%, mas também temos uma baixa linearidade que implica na geração das muitas harmônicas.

Finalmente temos a classe C em que temos a condução somente em parte de um dos semiciclos. O rendimento desta etapa, pode ultrapassar aos 80% mas a distorção é elevada o que acarreta a produção de muitas harmônicas que devem ser eliminadas nas etapas seguintes por meio de filtros apropriados. Na figura 24 temos exemplos simples de pequenos amplificadores em classe A e em classe C.

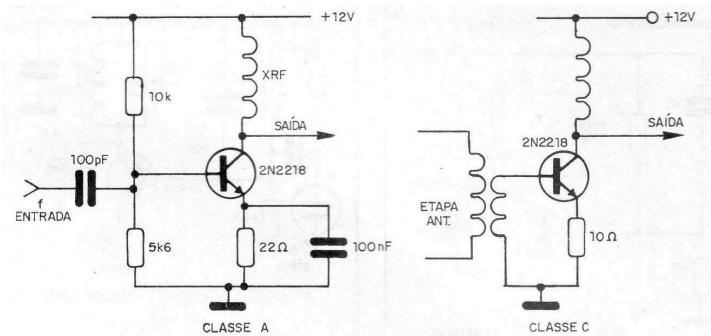


Fig. 24 —Amplificadores de RF.

Uma variação para a classe B que permite a obtenção de excelente rendimento para os dispositivos usados e a chamada etapa em Push-Pull mostrada na figura 25.

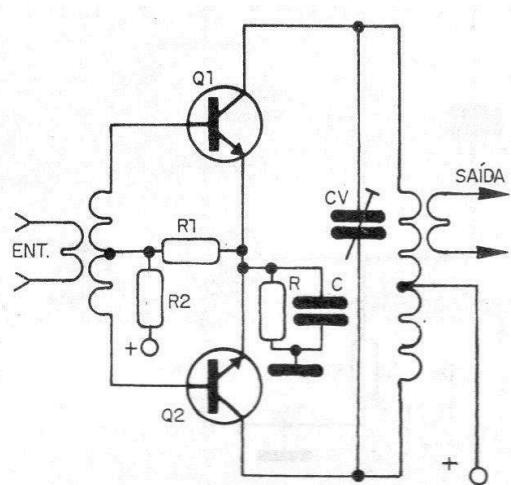


Fig. 25 —Amplificador de RF
push-pull classe B.

Nesta etapa cada um dos transistores amplifica metade do ciclo do sinal com um rendimento bastante grande. Na metade não amplificada o dispositivo permanece sem conduzir, não gastando energia e os rendimentos perto de 100% são obtidos com esta configuração. Observe que nas etapas de RF temos duas modalidades de operação em relação a frequência dos sinais.

As etapas podem ser 'aperiódicas' quando amplificam sinais de uma ampla faixa de frequências, ou seja, quando não são sintonizadas. Nas aplicações que envolvem transmissão, entretanto, um maior rendimento é conseguido se fizermos o circuito trabalhar numa frequência única o que nos leva a etapas sintonizadas, (figura 26).

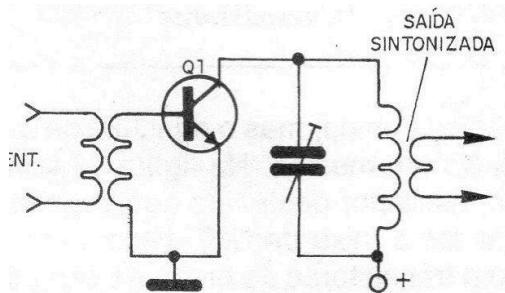


Fig. 26 — Etapa amplificadora com saída sintonizada.

A sintonia do sinal pode ser feita na entrada da etapa, na saída ou nos dois locais.

Circuitos de saída

Para que todo o sinal produzido num amplificador seja transmitido é preciso que a impedância de saída do transmissor esteja casada com a impedância da antena. O uso de circuitos que causam a impedância de saída do transmissor com a antena é importante não só para se garantir o máximo rendimento do circuito como também para suprimir a irradiação de harmônicas, ou seja, sinais com frequências múltiplas do que se deseja operar.

Um tipo simples de casador de impedância para pequenos transmissores, que operam na faixa de VHF, ou mesmo ondas curtas consiste na ligação da antena numa tomada da bobina da etapa final, como mostra a figura 27.

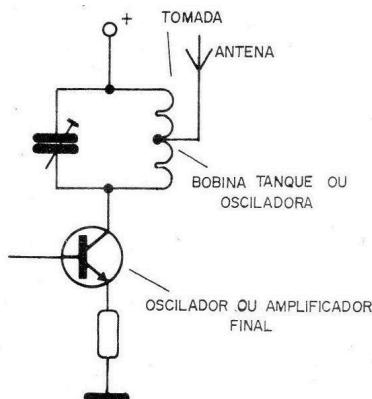


Fig. 27 — Ligação da antena em derivação da bobina.

Uma antena vertical (telescópica) apresenta uma impedância que depende de seu comprimento em relação a frequência de operação, mas geralmente é mais baixa que a frequência apresentada pela bobina do circuito de saída, denominada “tanque”. Desta forma, para obtermos o melhor casamento de impedâncias é comum determinar-se uma derivação que corresponde a uma impedância mais baixa, já que o sistema operará como um autotransformador.

O cálculo do ponto onde deve ser feita a derivação envolve o conhecimento da impedância da antena e da impedância que a bobina usada no circuito apresenta na frequência de operação. Para os casos mais simples, como pequenos transmissores experimentais podemos fazer a escolha do ponto de ligação por meio de tentativas. Uma outra maneira que é mais interessante de fazermos um acoplamento é mostrada na figura 28, quando a antena é um dipolo ou de outro tipo que deve ser conectado por cabo.

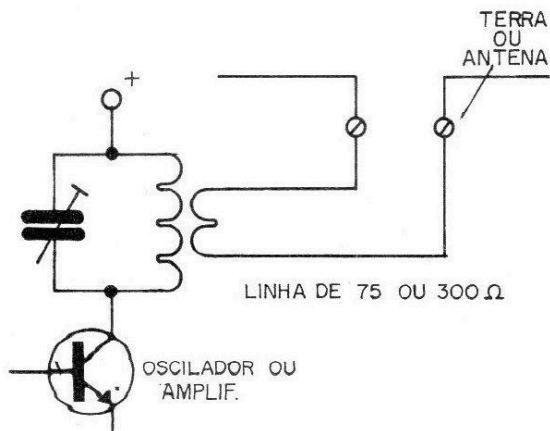


Fig. 28 — Outro modo de acoplar uma antena.

Uma bobina é usada para acoplar o sinal. A relação entre as espiras entre os dois enrolamentos determina a impedância de saída. O cálculo pode ser feito com base no conhecimento da impedância que a bobina de carga (tanque) tem na frequência de operação.

$$XL = 2 \times 3,14 \times fo$$

Onde é a frequência de operação e L é a indutância. A indutância é calculada com base no valor ajustado do capacitor em paralelo e da frequência de operação. Um circuito de casamento de impedâncias e eliminação de harmônicas bastante eficiente é usado nos transmissores mais críticos e o denominado filtro PI, da figura 29.

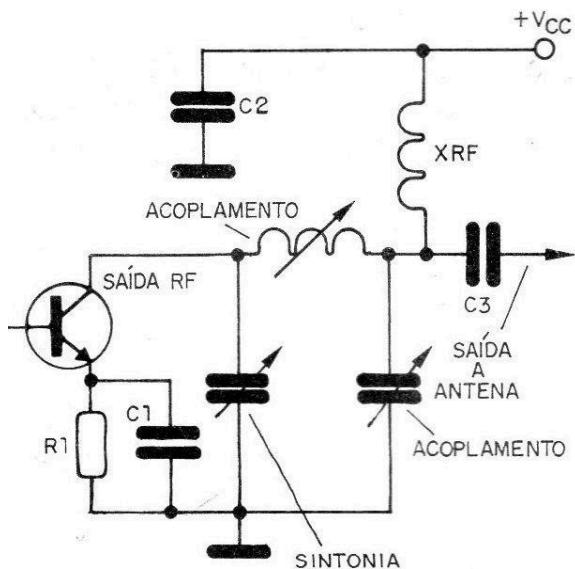


Fig. 29 — Filtro em PI.

A bobina e C2 causam a impedância do circuito com a antena, enquanto C1 faz a sintonia. Um circuito como este pode reduzir em até 50 dB a intensidade do segundo harmônico do sinal transmitido. Outras técnicas envolvendo transformadores do tipo balanced/unbalanced ou 'baluns' como são popularmente conhecidos também ajudam a casar impedâncias e reduzir a irradiação de harmônicas.

Sistemas de modulação

Na modulação em amplitude precisamos fazer com que a intensidade do sinal varie com o áudio que deve ser transmitido, para o caso da palavra ou música (sons em geral).

Temos diversas maneiras para fazermos isso. Nos circuitos a válvula temos basicamente três processos que são mostrados na figura 30.

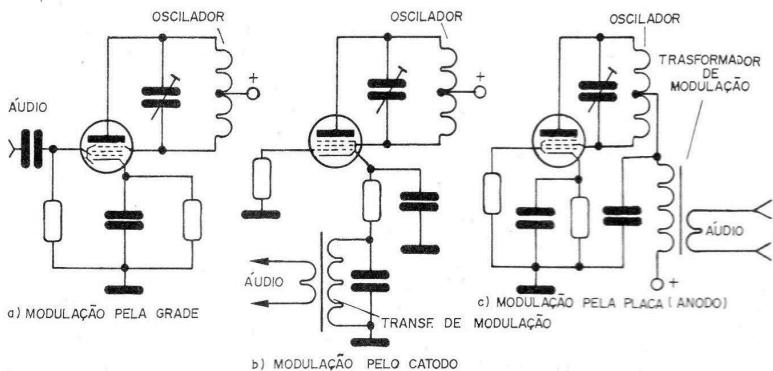


Fig. 30 — Técnicas de modulação.

O primeiro é a modulação pela grade de controle no caso de um pentodo ou tetrodo, controlando o fluxo de elétrons entre o catodo e o anodo. Este sistema tem a vantagem de se utilizar na modulação uma potência bem menor do que a de saída do próprio circuito, pois a própria válvula também amplifica o sinal modulador. Outra técnica mostrada na mesma figura em (D) consiste na modulação pelo catodo,

onde temos o sinal aplicado entre o catodo e a terra do circuito controlando o fluxo de cargas ou corrente neste elemento.

O elemento usado neste ponto do circuito pode ser uma segunda válvula amplificadora ou então, o secundário de um transformador conforme mostra a figura 31.

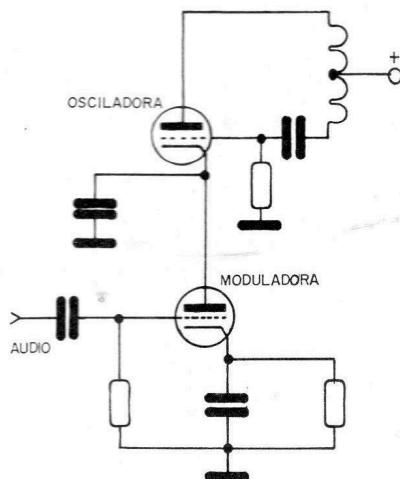


Fig. 31 — Modulação com válvulas em série.

Neste circuito precisamos de uma potência para o sinal de áudio da mesma ordem que o sinal de RF obtido na saída do sistema. Um capacitor em paralelo com o dispositivo de modulação desacopla o sinal de RF, oferecendo-lhe uma carga de baixa impedância. Finalmente temos a modulação pela placa (c) em que controlamos a corrente no

anodo ou placa da válvula a partir de um transformador com secundário de impedância calculada de acordo com as características do circuito.

Nesta configuração a potência e áudio deve ser da mesma ordem que a do transmissor ou da etapa que está sendo modulada. Para os transistores temos configurações equivalentes mostradas na figura 32.

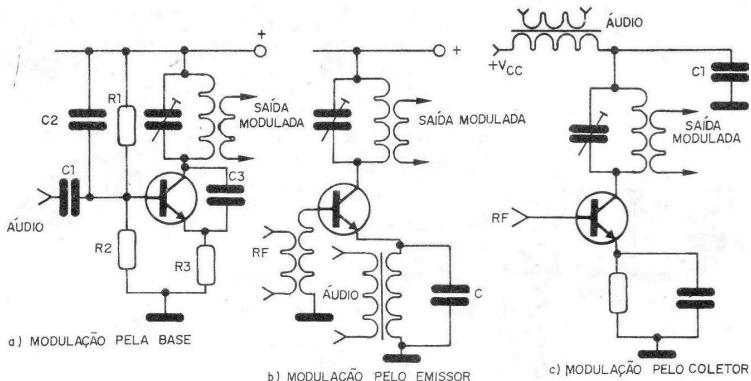


Fig. 32 — Modulação em amplitude com transistores.

Na modulação na base do transistor precisamos de potências menores que nos outros dois casos. Na modulação em frequência precisamos fazer com a frequência do sinal gerado varie com o sinal de áudio. Para pequenos transmissores experimentais uma maneira simples de se fazer a modulação em frequência é atuando-se sobre a polarização do transistor, já que sua frequência de operação varia sensivelmente com este parâmetro. Na figura 33 temos uma maneira simples de conseguirmos esta modulação.

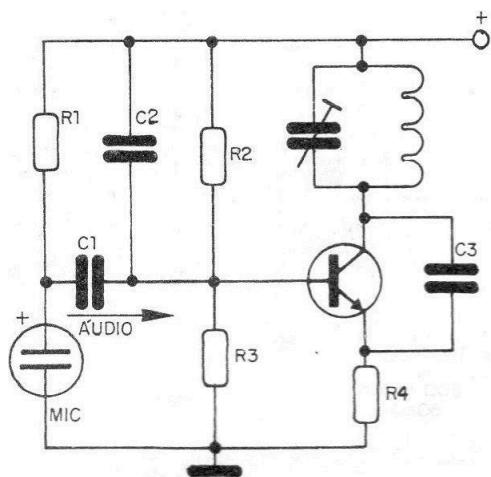


Fig. 33 — Técnica simples de se modular pequenos transmissores.

Nas aplicações mais críticas são usadas outras técnicas como, por exemplo: a que faz uso de diodos de capacitância variável ou varicaps. Estes diodos quando polarizados no sentido inverso apresentam uma capacitância que depende da tensão que seja aplicada entre seus elementos. Um circuito modulador de FM usando varicap é mostrado na figura 34.

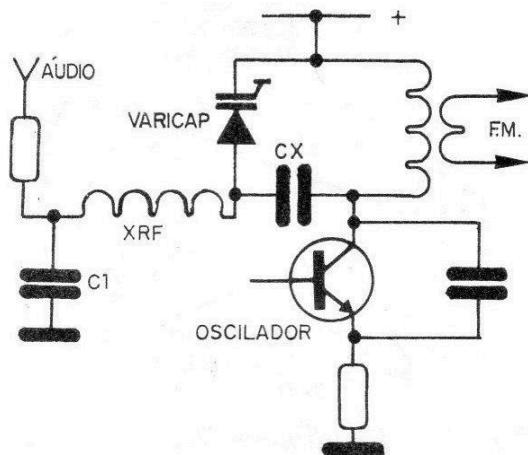


Fig. 34 — Modulação por varicap.

Neste circuito o sinal de áudio vai diretamente para os elementos do diodo fazendo com que sua capacitância se modifique conforme as variações do sinal de áudio. O varicap está ligado com um capacitor em paralelo com a bobina do circuito oscilador de modo a influir na sua frequência. Esta frequência variará então de acordo com o próprio sinal de áudio.

O choque de RF impede que o sinal de alta frequência retorne para o circuito de áudio, e o capacitor em série com o varicap (cx) impede que a DC do circuito atue sobre o oscilador.

Antenas

O elemento final de um sistema de transmissão é a antena que deve transferir para o espaço os sinais gerados por um transmissor. Além de dimensões e formato que estejam de acordo com a frequência do sinal transmitido, a antena também deve ter outras características que melhorem seu desempenho numa aplicação como a diretividade. Observe pela figura 35 em que temos os padrões de irradiação de diversos tipos de antena que existem aquelas que concentram os sinais praticamente numa única direção.

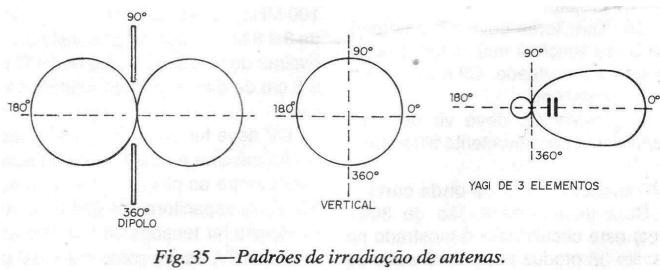


Fig. 35 — Padrões de irradiação de antenas.

Devemos optar por uma antena deste tipo se quisermos dirigir os sinais para uma única região em que se encontra o receptor ou receptores, pois assim obtemos maior rendimento. Se a área em que os sinais forem concentrados for 100 vezes menor que a área de uma esfera em que o sinal se espalhe por igual, isso significa que teremos um rendimento 100 vezes maior para o nosso sinal, (figura 36).

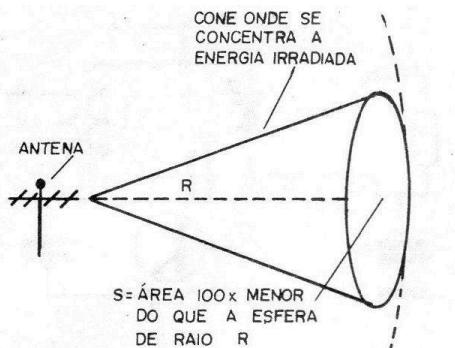


Fig. 36 — Rendimento de uma antena.

A utilização de um transmissor de 1 watt nestas condições teria os mesmos resultados práticos do que seria obtido com uma antena não direcional e um transmissor de 100 watts. Isso nos permite falar de “Ganho” para uma antena como a capacidade que ela tenha de concentrar a energia numa direção e assim proporcionar maior rendimento.

Nas mesmas figuras em que damos os padrões de irradiação temos também as suas dimensões. Estas dimensões são em função da frequência em que devem operar.

Circuitos Práticos

Damos a seguir, para completar este artigo, uma seleção de circuitos para aplicações em transmissores.

a) VFO de 1,5 a 10 MHz

O circuito da figura 37 pode gerar sinais em faixas relativamente amplas de frequências que dependem da CV e da bobina L1. Para L1 com 60 espiras de fio 28 num núcleo de ferrite ajustável de 1 cm de diâmetro e CV de 290 pF de capacidade máxima o circuito deve cobrir de 2 a 4 MHz aproximadamente.

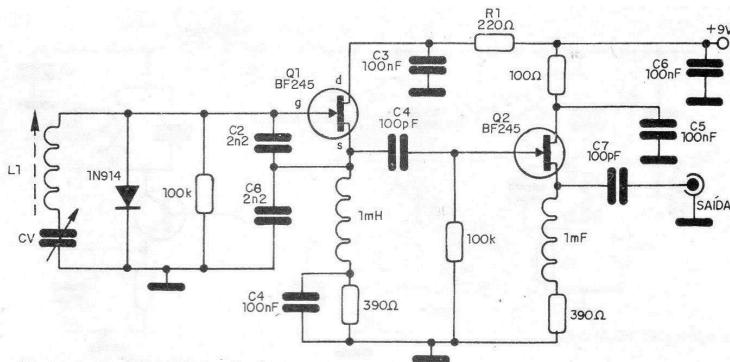


Fig. 37 — VFO de 1,5 a 10 MHz.

O circuito pode ser modificado para gerar sinais até 10 MHz.

O sinal do oscilador passa por uma etapa de amplificação e desta para a saída de onde podemos fazer uso para amplificação e modulação que dependem do projeto. Os capacitores devem ser cerâmicos e nas funções mais críticas como C4 de mica prateada. A alimentação deve vir de fonte estabilizada com excelente filtragem:

b) Transmissor CW de onda curta

Com uma alimentação de 300 V (V_{CC}) este circuito que é mostrado no circuito 38 produz perto de 5 watts de saída, podendo operar entre 3 MHz e 100 MHz.

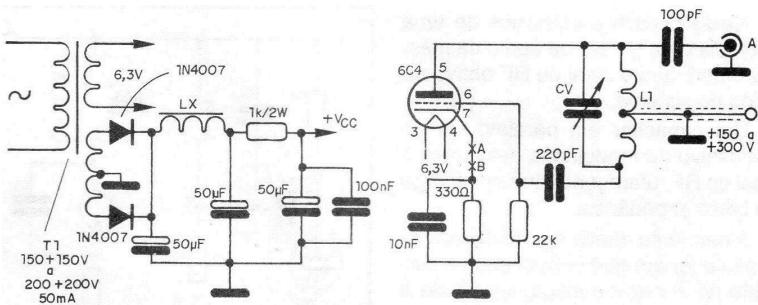


Fig. 38 — Transmissor CW de onda curta.

Para uma operação na faixa de 3 a 8 MHz a bobina L1 consta de 30 espiras de fio 28 num tubo de PVC de 2,5 cm de diâmetro, com tomada central. CV deve ter até 200 pF de capacitância máxima e uma tensão de isolamento entre as placas de pelo menos 500 V. Os capacitores de 220 pF e 100 nF devem ter tensões de trabalho acima de 500 V, assim como o de 100 pF

A válvula usada é do tipo triodo miniatura com base de 7 pinos devendo o aparelho ser montado em chassi metálico. Lx é o enrolamento primário de um transformador de alimentação para 110 ou 220 V. Os eletrolíticos da fonte devem ter tensões de trabalho de 300 V ou mais (sempre pelo menos o dobro da tensão do secundário do

transformador usado). O manipulador será ligado entre os pontos A e B do diagrama.

c) Pequeno transmissor de FM

Transmissores volantes para a faixa de FM são muito interessantes como montagens recreativas. O circuito da figura 39 pode ser alimentado com pilhas e tem alcance de 100 metros até 1 km.

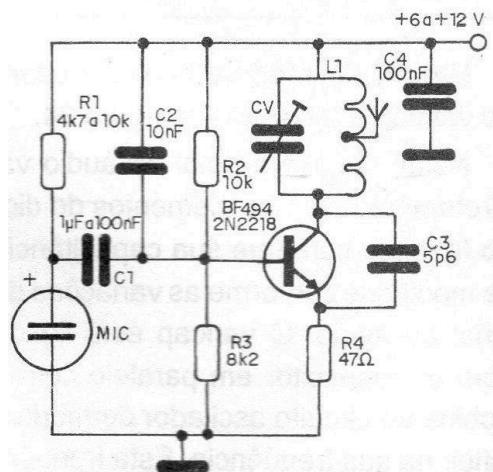


Fig. 39 — Transmissor de FM.

Com 6 V, R1 deve ser de 4,7 k e R4 de 47, ohms ocorrendo o menor alcance. O transistor pode ser o BF494 ou 2N2218. Com 9 ou 12V devemos usar o 2N2218 e aumentar R1 para 6k8 ou 10 k. Neste caso teremos o maior alcance.

A bobina L1 consta de 4 espiras de fio 22 em forma sem núcleo de 1 cm de diâmetro e CV é um trimmer 2-20 ou 3-30 pF . A antena pode ser ligada entre a segunda e terceira espira e consiste numa vareta de metal de 30 a 60 cm de comprimento. A tomada ideal é aquela em que não ocorrem instabilidades de funcionamento e haja o maior rendimento.

d) Transmissor telegráfico transistorizado de ondas curtas

O circuito mostrado na figura 40 fornece algumas centenas de miliwatts na faixa dos 80 metros com dois transistores.

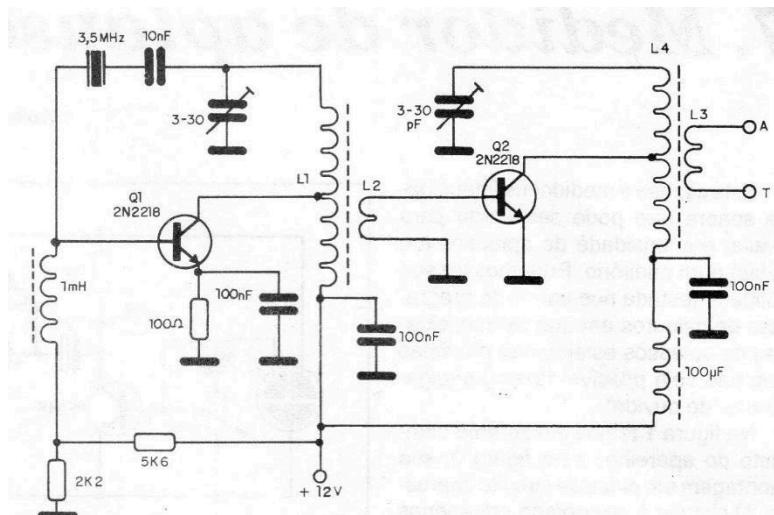


Fig. 40 — Transmissor telegráfico.

Um deles opera como oscilador e o outro como amplificador classe C.

L consta de 50 espiras de fio 28 num bastão de ferrite de 1 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. L2 consta de 10 espiras do mesmo fio sobre L1. L4 consta de 40 espiras de fio 28 num bastão de 1 cm de diâmetro com 8 cm de comprimento e L3 consta de 8 espiras sobre L3. A alimentação de 12 V pode

Ondas Curtas (OC)

Os diversos tipos de ondas de rádio com denominações que confundem os leitores serão analisados neste artigo com especial ênfase às ondas curtas, já que nosso artigo principal é um pequeno transmissor para estas frequências. Por que as ondas curtas vão mais longe, como as estações internacionais e de radioamadores usam estas ondas e por que elas recebem esta denominação? Estes são alguns assuntos que exploraremos neste artigo.

Nota: com a internet e as rádios transmitindo através dela, muitas das aplicações descritas neste artigo estão em desuso.(2005)

As ondas de rádio em geral são ondas eletromagnéticas que são produzidas quando cargas elétricas entram em oscilação ou vibração. Se tivermos um circuito eletrônico capaz de fazer com que as cargas vibrem, ou seja, um oscilador de alta frequência que nos leva a um transmissor e ligarmos este transmissor a uma antena, fenômenos importantes ocorrem.

A antena, que nada mais é do que um pedaço de metal condutor ou mesmo um fio, produz uma perturbação eletromagnética que se propaga no espaço a uma velocidade de 300 000 quilômetros por segundo, ou seja, 300 000 000 de metros por segundo! (figura 1)

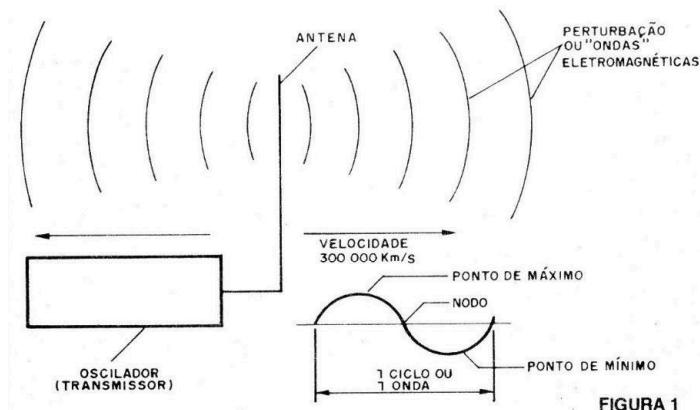


FIGURA 1

Como produzir estas ondas eletromagnéticas ou ondas de rádio que se propagam através do espaço é assunto que exploraremos em outros artigos e em edições futuras.

As ondas eletromagnéticas ou ondas de rádio, cujo número de vibrações ou frequência vai de 100 000 a 100 000 000, são as que nos interessam em especial. Dizemos que são ondas da faixa dos 100 kHz (quilohertz ou milhares de ciclos por segundos) a 100 MHz (megahertz ou milhões de ciclos, por segundo), pois correspondem 3 ondas de rádio e são completamente invisíveis podendo inclusive atravessar obstáculos sólidos como paredes de cimento e tijolos.

Objetos de metal atuam como blindagens não deixando estas ondas passar. Por este motivo você precisa colocar a antena do carro do lado de fora para ter boa recepção das estações. (figura 2)

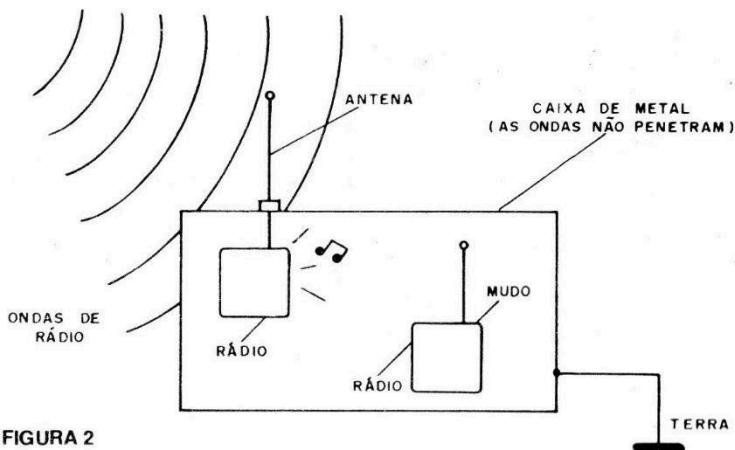


FIGURA 2

Imaginemos agora o seguinte fato: um transmissor que produz um sinal (chamamos de sinal a produção constante da corrente que produz as ondas) de 1 000 000 Hz (1 milhão de bem ou vibrações por segundo). Como em 1 segundo temos 1 milhão de vibrações e estas vibrações percorrem 300 milhões de metros, cada vibração ocupa um "espaço" de 300 metros. (figura 3)

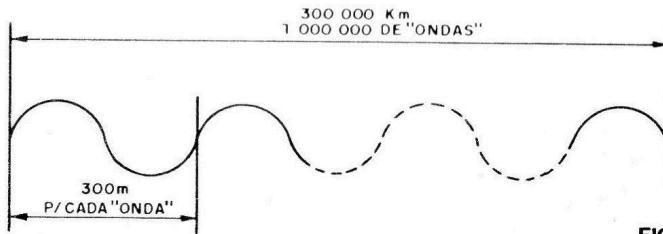


FIGURA 3

As vibrações ou "ondas" desta frequência têm então um comprimento de 300 metros. Associamos então a um valor de

frequência um comprimento de onda que é calculado simplesmente dividindo-se 300 milhões pelo valor da frequência em questão.

$$A = 300\,000\,000/f$$

Onde: A é o comprimento da onda (em metros)

f é a frequência em hertz (ciclos por segundo)

Veja então que, se a frequência for de 10 000 000 Hz (10 MHz ou 10 Megahertz), teremos mais ondas ocupando o mesmo espaço de 300 000 000 de metros. O comprimento de onda associado será de apenas 30 metros. Do mesmo modo, para 100 000 000 Hz (100 MHz) teremos um comprimento de onda de apenas 3 metros. (figura 4)

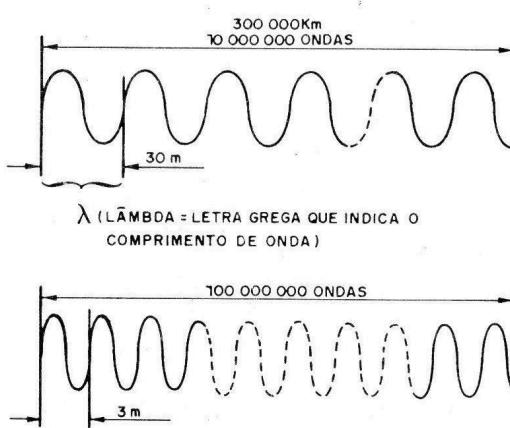


FIGURA 4

Para frequências mais altas temos então ondas cada vez de menor comprimento ou ondas "mais curtas"! Uma divisão entre as diversas frequências nos permite uma separação do que são ondas

longas, médias e ondas curtas, as quais apresentam diversos comportamentos quando se propagam pelo espaço. Assim, as ondas de 100 kHz a 500 kHz, aproximadamente, são chamadas de ondas longas (OL).

Estas ondas não têm uma penetração muito grande pelo espaço, tendendo a se propagar junto ao solo e a não ser que se usem potências muito elevadas não vão muito longe. Como estas ondas podem penetrar na água do mar com certa facilidade e sobre o mar sua propagação é favorecida, as marinhas de muitos países usam estas frequências para comunicação com navios submarinos. São usadas estações de milhões de watts para que se obtenham resultados satisfatórios nestas comunicações. (figura 5)

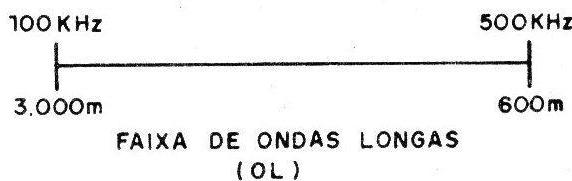
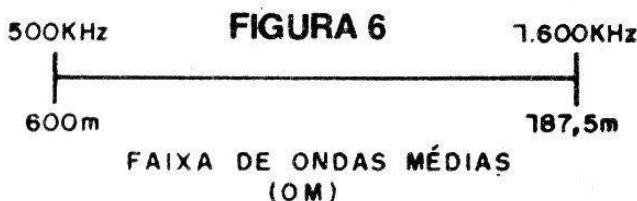


FIGURA 5

Na Europa estas ondas também são usadas para estações de rádio comerciais, já que a faixa de ondas médias que normalmente se usa para isso, naquela região, está muito congestionada. São estações de grandes potências que fazem serviços "locais" que operam nas frequências de ondas longas. No Brasil esta faixa é usada para o

sistema de orientação de aeronaves que se aproximam de aeroportos. É emitido um sinal em código que identifica o aeroporto (sintonizando estas faixas ouve-se uma série de bips em código Morse com a sigla do aeroporto) e permite que o avião o encontre mesmo sob condições ruins de tempo.

Vem em seguida a faixa de 500 kHz a 1 600 kHz que corresponde a comprimentos de onda de 600 metros a 187,5 metros e que corresponde às chamadas ondas médias. (figura 6)



Esta faixa em todos os países é usada apenas para as estações de radiodifusão comerciais. (OM) Os sinais destas estações normalmente não têm uma penetração muito grande, de modo que sua escuta durante o dia se restringe a no máximo 100 ou 200 quilômetros. Durante a noite alguns fenômenos entram em ação, conforme veremos mais adiante, e estas ondas podem chegar a centenas ou mesmo milhares de quilômetros.

O comprimento destas ondas relativamente grande permite que elas contornem certos obstáculos, tais como estruturas de metal,

facilitando assim sua captação em locais em que outros sinais (FM e TV, por exemplo) não chegam bem. Como o alcance "fixo" dos sinais desta faixa não vai além de algumas dezenas de quilômetros e depende muito da potência do transmissor, usamos as OM apenas para serviços locais.

Chegamos finalmente à faixa dos sinais que vai de 1 600 kHz a 50 MHz que correspondem a comprimentos de onda de 187,5 a 6 metros. São ondas "bem mais curtas" que correspondem justamente ao que chamamos de Ondas Curtas ou OC. Esta faixa é bastante extensa sendo, pois necessário fazer uma divisão adicional, conforme mostra a figura 7.

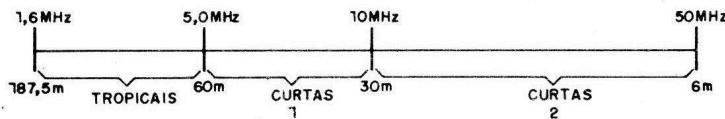


FIGURA 7

Os sinais das diferentes freqüências desta faixa têm comportamentos diferentes que dependem de diversos fatores como, por exemplo:

a) Horário, pois o sol influí na propagação das ondas atuando diretamente sobre a ionosfera e a eletricidade atmosférica. A ionosfera é uma região da alta atmosfera entre 80 e 400 quilômetros de altura em

que se formam regiões ou subcamadas (designadas por letras) que refletem as ondas de rádio, mas apenas as ondas curtas de determinadas frequências e faixas, conforme sua altura. (figura 8)

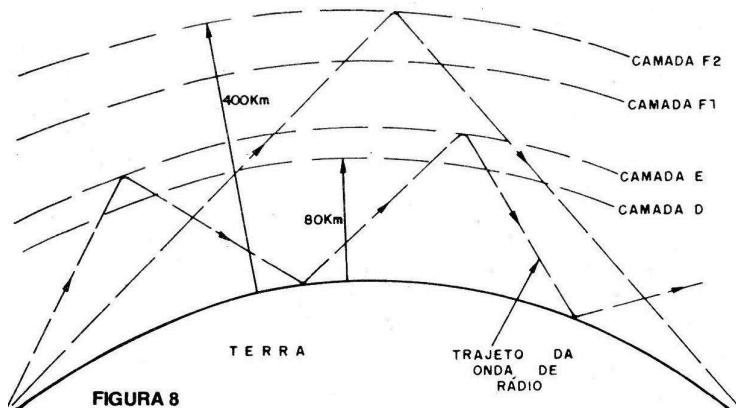


FIGURA 8

Refletindo nestas camadas ionizadas (carregadas de electricidade) e também no solo (ou mar), as ondas podem percorrer distâncias incríveis como, por exemplo, de um país a outro, ou mesmo dar a volta ao mundo. É por isso que na faixa de ondas curtas podemos, em condições favoráveis, captar estações de outros continentes.

b) Atividade solar. Este fator é importante. Se o Sol não estiver "calmo", ou seja, se ocorrerem perturbações em sua superfície tais como explosões, manchas etc., e isso ocorre em ciclos bem determinados de 11 anos, é lançada sobre a terra uma verdadeira "chuva" de partículas eletrizadas que podem até destruir por certo tempo as camadas da ionosfera interrompendo assim a propagação das

ondas curtas. Esta possibilidade de se alcançar distâncias enormes com as ondas curtas, graças a sua reflexão na ionosfera, é que levam o homem a usá-las em diversos tipos de serviços tais como: radiodifusão de alcance mundial, comunicações amadoras (radioamadores), serviços públicos, serviços militares, comunicações marítimas e entre aeronaves etc.

Ao ouvir os sinais de ondas curtas num rádio nos deparamos então com coisas bem estranhas: (figura 9)

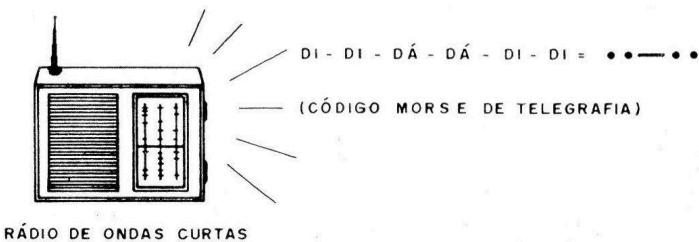


FIGURA 9

Além das estações de radiodifusão que transmitem programas em muitas línguas diferentes (dependendo de seus países), ouvimos também sinais semelhantes a máquinas funcionando. Estes correspondem a aparelhos de telex ou mesmo facsimile que podem transmitir de um país a outro notícias e fotos que são decodificadas por máquinas especiais. Podemos ouvir sinais codificados em Morse que por serem contínuos dotados de menos detalhes estão menos sujeitos a problemas de interferências e podem chegar mais longe que a palavra

falada. Navios usam normalmente os sinais telegráficos para se comunicarem.

Podemos também ouvir sinais que correspondem a vozes "embaralhadas" que não conseguimos entender mesmo ajustando bem a sintonia do receptor. Estes são sinais emitidos em SSB (Single Side Band), que é um processo que "concentra" a potência do sinal, obtendo-se mais alcance e ocupando menos espaço na faixa de frequências. Para "decodificar" estes sinais e ouvir bem o que se fala é preciso de um receptor especial ou, ainda, de um aparelho chamado BFO. (Futuramente ensinaremos montar um deles, pois é simples, para você ouvir tais comunicações em seu rádio.)

Como estão distribuídas as estações de ondas curtas?

Como o alcance de cada setor da faixa de ondas curtas depende do horário e outros fatores existe certa divisão em que cada tipo de emissão ocupa limites de frequência bem estabelecidos.

Veja que estes limites são constantemente fiscalizados pelas autoridades e quem os violar, emitindo onde não é permitido, leva à pronta apreensão do equipamento. Por isso é que sempre alertamos os leitores que desejam potentes transmissores de ondas médias, curtas, ou FM sobre os perigos de sua utilização sem conhecimento, permissão ou de forma ilegal! Para as estações de radiodifusão temos a divisão em faixas ou bandas conforme a tabela abaixo.

Faixa (MHz)	Banda em MHz	Banda em metros
2,300 – 2,495	2	120
3,200 – 3,400	3	90
3,900 – 4,000	4	75
4,750 – 5,060	5	60
5,950 – 6,200	6	49
7,100 – 7,300	7	41
9,500 – 9,775	9	31
11,700 – 11,975	11	25
15,100 – 15,450	15	19
17,700 – 17,900	17	16
21,450 – 21,750	21	13
25,600 – 26,100	26	11

As faixas de 2, 3 e 5 MHz são chamadas de “Ondas Tropicais”.

Os radioamadores utilizam as seguintes faixas:

1,8 a 2,0 MHz: 160 metros

3,50 a 3,80 MHz: 80 metros

7,00 a 7,10 MHz: 40 metros

14,00 a 14,35 MHz = 20 metros

21,00 a 21,45 MHz = 15 metros

28,00 a 29,70 MHz = 10 metros

70, 025 a 70,70 MHz = 4 metros

144,00 a 146,0 MHz = 2 metros (não mais OC mas VHF)

Nos intervalos temos diversos serviços como os que relatamos neste artigo: aeronáutica, serviços públicos etc. Como escutar, os sinais desta faixa é o que veremos na parte referente a "experiências para conhecer componentes".

As frequências entre 50 e 100 MHz não são afetadas de modo sensível pela ionosfera de modo que, não se refletindo, não podem ultrapassar a linha do horizonte. Assim, seu alcance está limitado a uns 200 km dependendo da existência de serras, morros e da própria colocação da antena. Na faixa de 54 MHz eventualmente podem ocorrer reflexões que levam os sinais muito longe, mas isso não é um fenômeno muito comum. Alguns radioamadores usaram com sucesso a lua como “refletor natural” emitindo o sinal em sua direção e pegando-o de volta muito longe, até mesmo em outro continente!

A faixa de 50 a 100 MHz e acima é então usada muito mais para comunicações a curta distância (TV e FM). Estas frequências já correspondem ao que chamamos de VHF ou Very High Frequency, ou frequências muito altas, com ondas cujo comprimento chega a ser tão pequeno como apenas 3 metros (100 MHz). Frequências acima destas são também usadas em diversos tipos de comunicações, inclusive as microondas que têm comprimentos tão pequenos que não são expressos em metros, mas sim em centímetros!

A escuta de ondas curtas

Desta vez não tratamos de um componente, mas sim de um equipamento: o rádio de ondas curtas. Como captar estações distantes e quando fazê-lo? É o que veremos, dirigindo-o para uma interessante aventura no domínio das ondas eletromagnéticas com a escuta de estações de outros países, de comunicações entre navios, radioamadores, serviços públicos etc.

Nota: com a internet este tipo de atividade está caindo em desuso. Rádios pela internet podem ser ouvidos sem trabalho e sem interferências, onde quer que se encontrem. (2021)

São muitos os pequenos receptores transistorizados portáteis ou de mesa que possuem faixas de ondas curtas capazes de sintonizar estações nos intervalos entre 120 metros e 13 metros de comprimentos de onde, o que corresponde a 2,4MHz a 25 MHz aproximadamente. Existem mesmo velhos (e excelentes) rádios a válvulas de mesa que possuem faixas ampliadas de grande sensibilidade de ondas curtas com a possibilidade de escuta de estações distantes com muita facilidade.

Alguns receptores抗igos, com válvulas, têm em seu painel uma escala em que são marcadas as estações de alguns países. É claro que esta marcação já não vale para hoje, pois ocorreram muitas mudanças de frequências dessas estações, e mesmo o aparecimento de

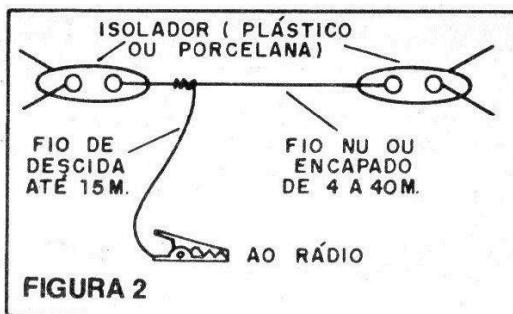
outras nos últimos anos, mas isso serve para indicar quão sensíveis são tais rádios. (figura 1)



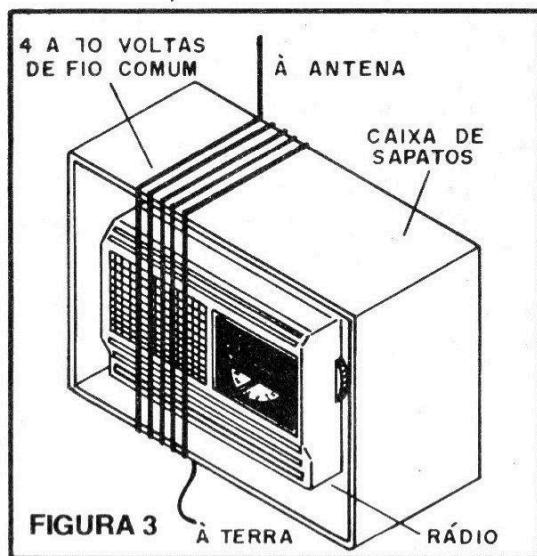
Como usar um radinho que tenha faixa de ondas curtas e quando fazê-lo para obter os melhores resultados? Certamente todos que possuem um rádio com faixa de ondas curtas e tiveram a oportunidade de ligá-lo, à tardinha ou mesmo à noite, puderam ouvir emissões relativamente fortes em línguas estrangeiras e mesmo em português. Estas emissões, entretanto, correspondem apenas a umas poucas estações mais fortes que são captadas sem maiores recursos e que não constituem o mais interessante a ser explorado. São grandes estações com centenas de milhares de watts de potência como a BBC de Londres, a Rádio Moscou, 3 Voz da América dos Estados Unidos, a Voz da Alemanha etc., que dirigem suas antenas para cá em determinados horários e assim podem se fazer ouvir com programas especiais ou em português ou em castelhano.

Estas estações possuem então serviços internacionais que dirigem os programas para determinados países em suas línguas, nos horários mais favoráveis para a recepção. Muitas delas possuem programas em português dirigidos para o Brasil que podem ser captados com facilidade. Para ouvir as estações mais fracas e mesmo as de radioamadores e serviços públicos é preciso dar uma "ajudazinha" ao receptor com a utilização em primeiro lugar de uma antena externa.

O tipo mais simples de antena externa é um fio estendido (dentro de casa ou fora) de 4 a 40 metros de comprimento, o qual deve ser isolado nas pontas. (figura 2)



Para a ligação no receptor podemos usar uma garra jacaré, conforme mostra a mesma figura, a qual será presa à antena telescópica ou ao local de entrada se o receptor possuir. Se o rádio não tiver lugar para ligar a antena, podemos fazer um elo de irradiação que consiste numa caixa com uma bobina conforme mostra a figura 3, onde será colocado o rádio de ondas curtas.



Nos dois casos, a ligação à terra é importante para melhorar a recepção.

Esta ligação pode ser feita no polo negativo das pilhas, no caso de rádios com antenas telescópicas prendendo-se um fio que será conectado a qualquer objeto metálico com contato com o solo como, por exemplo, um cano de água ou uma esquadria de porta ou janela de alumínio. A finalidade da antena é “colher” o máximo da energia irradiada pela estação e levá-la pelo fio através do rádio. Esta antena, localizada acima da casa, longe de fios, também evita a captação de ruídos e interferências que prejudicam a recepção.

Lâmpadas fluorescentes, carros e motores irradiam sinais na faixa de ondas curtas que podem prejudicar a recepção de sinais muito fracos. Tempestades próximas também são fontes de interferência e perigo, não devendo nestas ocasiões a antena externa ser usada.

O horário

Conforme explicamos no artigo “O que você precisa saber” as ondas curtas são influenciadas pelo sol, o que significa que existem horários em que os sinais podem chegar mais longe, dependendo de sua frequência e localização. Assim, no nosso país os melhores horários para escuta em função das faixas são os seguintes:

De 1,6 MHz a 5 MHz – Estações distantes desta faixa, localizadas a mais de 500 km de sua casa só poderão ser bem captadas depois das 17 horas (quando o sol estiver se pondo) e antes das 8 horas da manhã. Isso lhe dá a noite toda para explorar a faixa. Nos outros horários você só poderá captar estações relativamente próximas e potentes. Estações de rádio da faixa de ondas tropicais de cidades vizinhas serão captadas durante o dia e, eventualmente, algum radioamador da faixa dos 80 metros.

De 5 a 11 MHz - Durante o dia você poderá captar estações relativamente fortes até 1 000 km ou mais de distância e estações relativamente fortes. No entanto, depois de 16 horas e até 9 horas do

dia seguinte, estações muito distantes, de outros países, podem ser captadas nas faixas de 49, 31 e 25 metros. Durante o dia radioamadores relativamente próximos podem ser ouvidos nos 40 metros assim como alguns serviços públicos.

De 11 a 25 MHz - Esta faixa pode ser explorada praticamente durante todo o dia, mas durante a noite é que conseguimos melhores resultados. Durante o dia nas faixas de 19, 17 e 13 metros podem ser captadas potentes estações internacionais com bons sinais.

Como explorar

Ligado ao seu receptor e escolhido o horário da "exploração", tenha em mãos um caderno de anotações. Se você captar uma estação de radiodifusão internacional com programas em português ou mesmo em língua que você consiga entender, anote a frequência, o horário, o nome da estação e um pouco do programa que você escutou, como por exemplo:

20 h - prefixo musical

20h02 - notícias

20h10 - musical etc.

Dê também nota técnica para a qualidade da recepção. Para isso existe um código internacional denominado "SINFO" onde cada letra representa uma característica que se dá uma nota de 1 a 5. Assim, "S"

significa a intensidade do sinal (Signal Strength), "I" significa interferência, "N" significa ruído (de Noise em inglês), "F" significa desvanecimento (Fading do inglês que é o "vai e vem" do sinal quando a estação ora fica mais forte, ora mais fraca devido à propagação) e "O" significa mérito final ou Overall merit do inglês.

Se então atribuirmos à estação que captamos a nota SINFO 45344 isso significa que a escuta foi de uma estação com sinal forte, sem interferência, algum ruído, pouco fading e um mérito final bom.

A tabela abaixo ajuda você dar sua nota.

	1	2	3	4	5
S = intensidade de sinal	muito fraco	fraco	regular	forte	muito forte
I = interferência	extrema	forte	regular	pequena	nenhuma
N = ruído	extremo	forte	regular	pequeno	nenhum
F = Fading	muito forte	forte	regular	pouco	nenhum
O = mérito geral	péssima	ruim	regular	boa	excelente

Se você escrever para a estação que captou uma carta dizendo o que ouviu, a frequência, dados do programa, o horário, der ainda o código SINFO de sua recepção e depois indicar que tipo de receptor utilizou como antena, isso pode resultar num interessante passatempo: peça à estação que confirme sua reportagem de escuta com o cartão QSL (QSL é o código Q de radioamadores que significa verificação)

oficial da estação. Cada estação tem um cartão tipo postal em que ela faz a verificação confirmado sua escuta.

Estes cartões são muito bonitos e se constituem numa excelente coleção - veja a foto em que aparecem alguns destes cartões obtidos por Newton C. Braga. (fig. 4)



FIGURA 4

Se você realmente pensar em ser tornar um "explorador sério" (SWL = Short Wave Listener) das ondas curtas, a compra de um receptor "profissional" pode ser interessante. Receptores como o Grundig Satélite e o Transglobe são algumas opções simples de

receptores antigos usados por radioamadores, dos tipos que ainda usam válvulas, mas que são excelentes pela sensibilidade e seletividade (capazes de separar estações de frequências próximas), podem ser adquiridos usados tais como o Collins, National, Signal Corp. etc.

Na figura 5 mostramos um interessante receptor do tipo BC348, que tem mais de 40 anos de idade, pois foi usado em aviões do tipo C-47 (DC-3) na segunda guerra mundial, mas que tem excelente sensibilidade tendo sido adquirido praticamente como sucata.

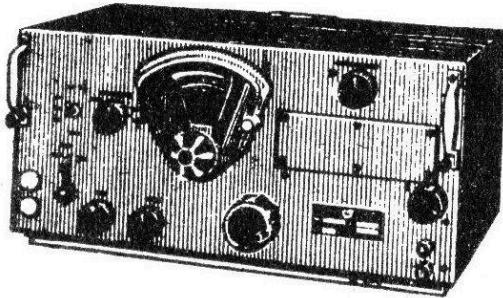


FIGURA 5

Nos grandes jornais de domingo podemos, de vez em quando, encontrar anúncios de venda de tais receptores, alguns até por preços acessíveis (*)!

(*) Hoje em dia no Mercado Livre, por exemplo.

O receptor em questão tem 6 faixas de frequências, cobrindo de 200 kHz a 18 MHz utilizando válvulas.

Possui ainda filtro com cristal para melhorar a seletividade e um BFO que é um oscilador que ajuda a receber sinais telegráficos e em SSB.

Transmissores de rádio

Este artigo aparece em outras versões no site do autor, inclusive no livro *Curso de Eletrônica – Telecomunicações 1*. O artigo em sua versão original saiu num livro publicado em 1992, por isso não conta com algumas tecnologias mais modernas, mas é ainda importante para estudos, principalmente nos cursos de telecomunicações.

Para transmitir sinais de rádio levando informações, como por exemplo som, imagem, etc. precisamos de equipamentos eletrônicos denominados transmissores. Os transmissores produzem correntes de altas frequências que aplicadas a uma antena produzem no espaço perturbações denominadas ondas de rádio ou ondas eletromagnéticas. Estas ondas se propagam com a velocidade da luz (300 000 quilômetros por segundo) podendo ser captadas por equipamentos denominados receptores.

Para gerar as correntes de alta frequência, dependendo do tipo de onda que desejamos irradiar (potência e frequência) precisamos de circuitos específicos. A estrutura básica de um transmissor depende então de sua finalidade.

Damos a seguir a estrutura na forma de blocos de um transmissor típico, que servirá de base para o desenvolvimento deste livro. Transmissores com mais ou menos blocos podem ser encontrados

dependendo da aplicação. A estrutura de um transmissor é então mostrada na figura 1.

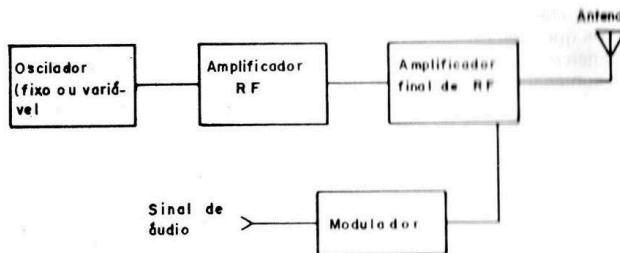


FIGURA 1

Um transmissor telegráfico pode ter apenas um ou dois blocos, sem a modulação já que os sinais são simplesmente a própria onda é interrompida regularmente por um manipulador, já que os sinais são simplesmente a própria onda interrompida regularmente por um manipulador. Um transmissor muito simples de AM ou FM pode ter um bloco oscilador apenas que já inclui o modulador e é ligado diretamente à antena. Um transmissor de alta potência, por outro lado, pode ter muitos blocos amplificadores.

Finalmente, um transmissor de TV tem um modulador complicado que possui diversos circuitos de áudio e vídeo que devem ser combinados para serem transmitidos.

Analisemos cada bloco.

Os osciladores

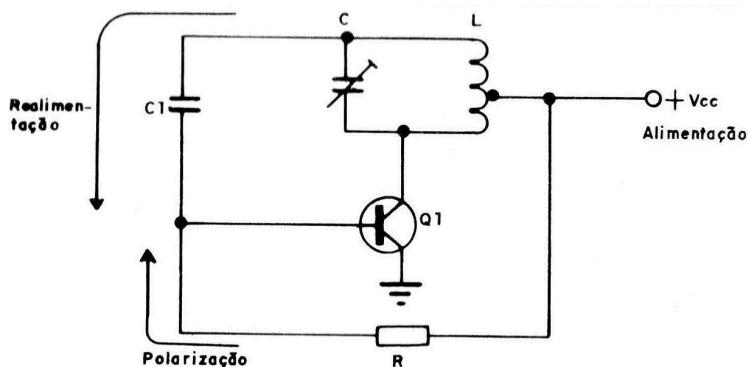
Para gerar os sinais nas frequências que devem ser transmitidas ou em frequências apropriadas (veremos que nem sempre o sinal gerado e o transmitido), usamos circuitos eletrônicos denominados osciladores. Dependendo do componente usado (válvula, transistor comum ou transistor de efeito de campo) temos diversas disposições dos componentes de polarização e de acordo com estas disposições o circuito recebe seu nome.

Cada tipo de oscilador tem uma faixa de utilidade determinada que deve ser considerada num projeto.

Vamos examinar alguns osciladores.

a) Oscilador Hartley

Este tipo de oscilador é indicado para frequências que vão de alguns quilohertz e mesmo áudio, até aproximadamente 50 MHz. Na figura 2 temos o circuito básico usando um transistor.

**FIGURA 2**

A bobina possui uma derivação por onde parte do sinal é levado à base do transistor, produzindo assim a realimentação que mantém o circuito em funcionamento. Esta bobina e o capacitor em paralelo determinam a frequência de operação do circuito. Para mudar a frequência de operação temos duas possibilidades: usamos um núcleo ajustável para a bobina ou então usamos um capacitor variável ou trimmer em paralelo.

O transistor usado deve apresentar um bom ganho na frequência de oscilação para que o circuito possa entregar parte do sinal gerado aos elementos externos. Na figura 3 temos um oscilador Hartley usando uma válvula.

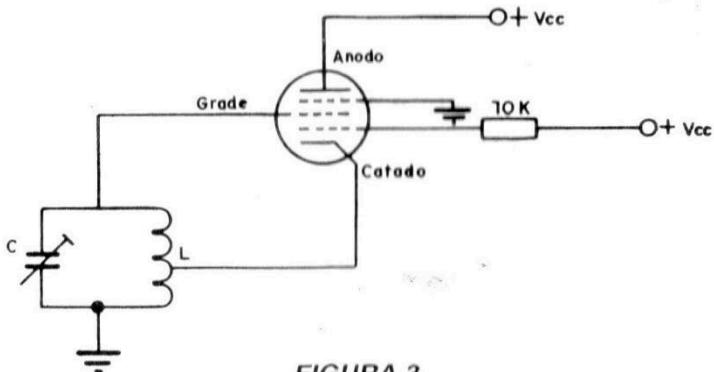


FIGURA 3

Com bons transistores de potência e válvulas pentodo, podemos obter deste circuito potências de até algumas dezenas de watts, possibilitando assim a construção de transmissores muito simples com uma única etapa.

b) Oscilador Colpitts

Neste oscilador a derivação que permite a reaplicação do sinal à base do transistor (ou grade de uma válvula) para manter as oscilações, não é feita por uma derivação na bobina, mas sim por uma derivação por meio de capacitores, conforme mostra a figura 4.

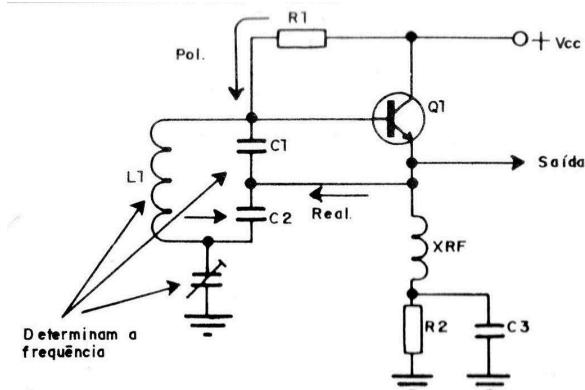


FIGURA 4

Aqui também a frequência é determinada pela bobina e pelos capacitores em paralelo. Estes componentes podem ser variáveis de modo a se ajustar a frequência do circuito. Os osciladores Colpitts se prestam a operação numa faixa de frequência que vai de algumas dezenas de quilohertz até 50 ou 60 MHz.

No entanto, a potência que podemos obter é menor do que os osciladores Hartley. Na figura 5 temos o oscilador em questão na versão com transistor de efeito de campo (FET).

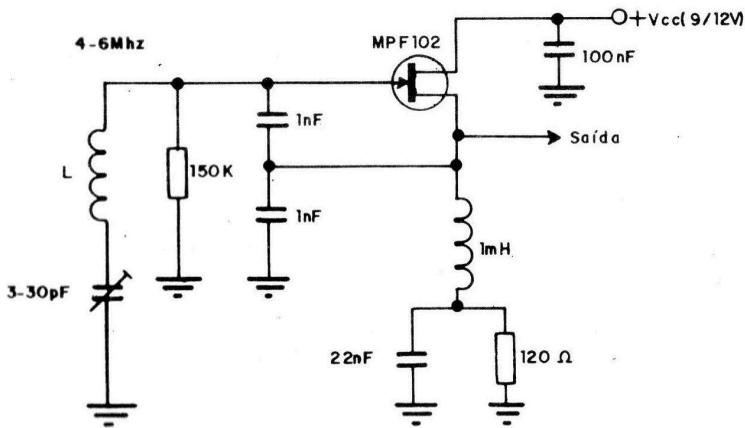
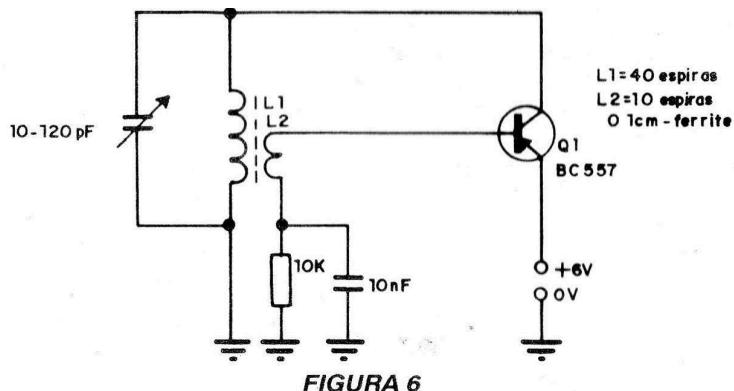


FIGURA 5

c) Oscilador de Bloqueio

Neste oscilador a realimentação é feita por um segundo enrolamento na bobina de carga. A bobina de carga tem um capacitor em paralelo que determina a frequência de operação do circuito. Tanto a bobina como o capacitor podem ser variáveis para modificar a frequência de funcionamento do oscilador. Na figura 6 temos o diagrama de um oscilador deste tipo usando um transistor comum.



Este oscilador se presta a uma operação em frequências de até pouco mais de 20 MHz e sua potência não é muito grande. A versão usando válvula é mostrada na figura 7.

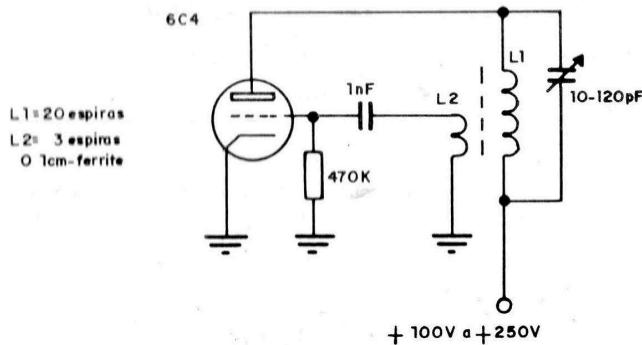


FIGURA 7

d) Oscilador a cristal

Os cristais de quartzo são elementos que podem controlar a frequência de um oscilador com grande precisão. Estes cristais são

usados em transmissores que operam numa única frequência que precisa ser mantida estável com grande precisão como, por exemplo, numa estação de rádio.

Diversas configurações podem ser feitas para se usar um cristal no controle de frequência, inclusive com os circuitos de osciladores já vistos.

Assim, podemos ter o Oscilador Pierce controlado a cristal que é mostrado na figura 8.

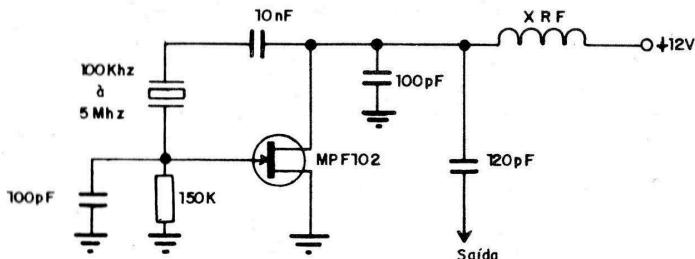


FIGURA 8

Neste circuito o funcionamento é idêntico ao oscilador Hartley convencional, com a diferença de que quem determina a frequência é o cristal, e a bobina de carga com o capacitor em paralelo devem ser simplesmente ajustadas para a frequência do cristal, de modo a se obter o rendimento ideal do sistema. Na figura 9 temos um oscilador Colpitts com cristal, em que o princípio também é o mesmo do original sem o cristal, com a diferença de que o cristal é que determina a frequência de operação.

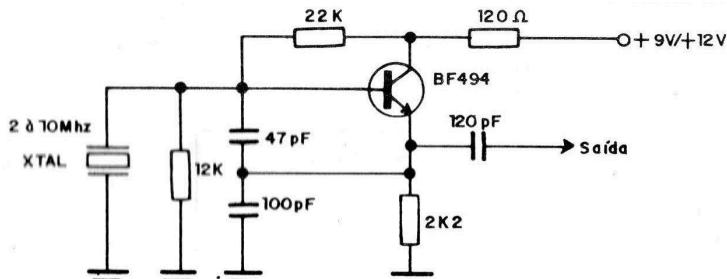


FIGURA 9

d) Oscilador de Base-comum

Ligado em base comum os efeitos da capacitância de um transistor diminuem e sua operação pode chegar a frequências muito altas. Este oscilador é, pois, usado em frequências acima do 20 MHz chegando a 300 ou 400 MHZ com facilidade. Na figura 10 temos um circuito de um oscilador de base-comum com um transistor.

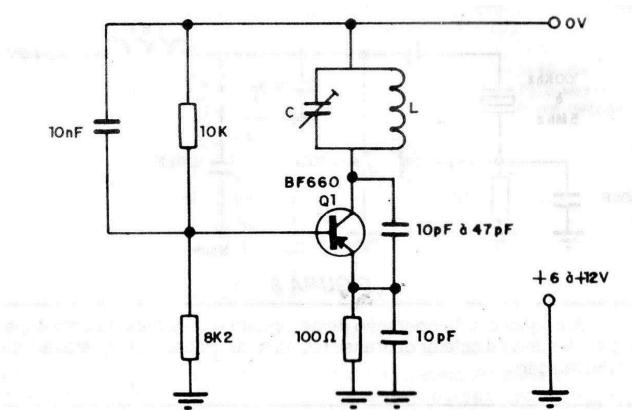


FIGURA 10

A realimentação que mantém a oscilação, vem através do capacitor entre coletor e emissor do transistor, que é um componente muito importante neste oscilador.

Cálculo de frequência

Conforme vimos, a frequência dos osciladores que não sejam controlados por cristal é determinada por um circuito ressonante LC, conforme mostra a figura 11.

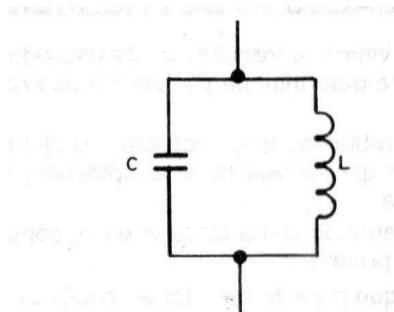


FIGURA 11

Um dos problemas que encontra o projetista de transmissores ou mesmo o montador que deseja fazer adaptações, é calcular L e C para a frequência desejada. A seguir veremos como calcular estes componentes e alguns critérios que facilitam o projetista. A fórmula que permite calcular a frequência é a (1)

Fórmula 1

$$f = \frac{1}{2\pi LC}$$

Nesta fórmula, L é a indutância da bobina em henry (H) ,

C é a capacidade do capacitor em farads (F)

f é a frequência em hertz (Hz)

Pi é a constante universal que vale 3,14

Nos cálculos práticos é preciso tomar alguns cuidados, pois podemos escolher uma frequência e fixar a bobina para chegar a um capacitor cujo valor é impossível de obter. Por outro lado, se fixarmos de forma errada o capacitor para uma determinada frequência podemos chegar a uma bobina impossível de construir. A experiência nos permite escolher certos valores de forma que as coisas fiquem mais fáceis.

Assim, uma vez escolhida a frequência, fixamos o valor do capacitor dentro de uma faixa conhecida, de modo que a bobina possa ter um valor fácil de se obter. Uma tabela ajuda o leitor a fixar o capacitor, tomando como base os valores que são alcançados por trimmers e variáveis comerciais. Temos então a seguinte tabela:

Freqüência	Faixa de valores de C
100 kHz a 1600 kHz	200 a 600 pF
1,6 a 10 MHz	50 a 120 pF
10 a 40 MHz	20 a 50 pF
40 a 100 MHz	2 a 20 pF
100 a 400 MHz	0.5 a 2 pF

Com a fixação destes valores fica fácil chegar a bobinas facilmente enroláveis com fios comuns, fôrmas comuns e tamanhos não muito pequenos, nem muito grandes. É importante que o leitor tenha em conta que usando um trimmer, por exemplo, de 2-20 pF isso significa que a frequência poderá variar entre dois valores quando este componente for ajustado.

Assim, se fixarmos o valor da frequência desejada com o trimmer todo fechado, isso significa que a frequência aumentará até um valor limite conforme mostrado na figura 12.

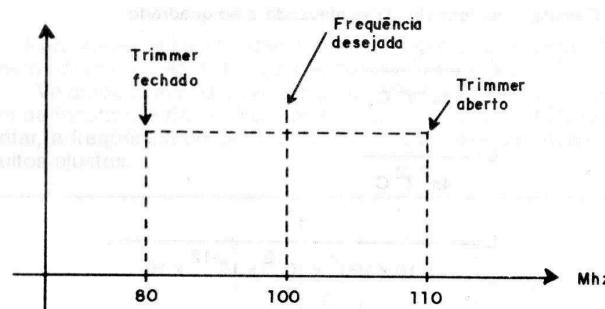


FIGURA 12

Assim, ao fazer o cálculo devemos tomar um valor máximo de um trimmer ou variável para uma frequência abaixo da que desejamos e depois verificar se, com o valor mínimo a frequência sobe para além do valor que desejamos, varrendo assim no ajuste uma boa faixa. Nesta faixa deve estar a frequência que precisamos, veja na figura 13.



FIGURA 13

Vamos dar um exemplo de cálculo a seguir:

Exemplo: Desejamos fazer um oscilador que opere em 100 MHz para um transmissor de FM usando um trimmer 2-20 pF. Qual deve ser o valor da bobina: Devemos em primeiro lugar converter as unidades lembrando que picofarads equivalem a 10^{-12} Farads e que megahertz equivalem a milhões de Hertz ou 10^6 Hertz. Assim, aplicando esses valores a fórmula conforme mostra o procedimento, temos o valor final da bobina:

Procedimento para o cálculo 1

$$f = 100 \text{ MHz} = 100 \times 10^6$$

$$C = 10 \text{ pF} = 10 \times 10^{-12}$$

a) Calcular L na fórmula (1) — elevando-a ao quadrado

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

$$L = \frac{1}{4 \times 10 \times 100^2 \times 10^{12} \times 10^{-12} \times 10}$$

b) Resolvendo:

$$L = \frac{1}{4 \times 10^6}$$

$$L = \frac{1 \times 10^{-6}}{4}$$

$$L = 0,25 \mu\text{H}$$

Temos de usar uma bobina de 1/4 uH ou 0,25 uH.

Evidentemente, bobinas com valores como este não podem ser encontradas prontas no comércio, mas devem ser enroladas pelo montador. Em muitos projetos encontramos já informações de quantas espiras de determinado fio devem ser enroladas e em que formas para se obter a indutância desejada, mas se o leitor faz seu próprio projeto isso não ocorre.

Como calcular as dimensões de uma bobina a partir de sua indutância?

Também aqui é interessante adotarmos certas regras práticas para não corrermos o risco de encontrar dimensões ou número de voltas impossíveis. Sabendo mais ou menos de que tamanho deve ficar a bobina é fácil levar os outros parâmetros a valores lógicos, de modo a termos uma bobina "fácil" de enrolar.

Também devemos levar em conta que elementos influem na indutância de uma bobina e isso será estudado a seguir antes de ensinarmos como fazer seu cálculo a partir da Fórmula 2.

Fórmula 2

$$L = 1,257 \frac{n^2 S}{10^8 I}$$

Nesta fórmula:

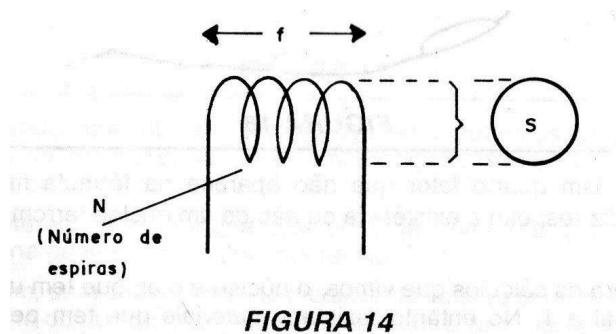
L é o coeficiente de auto indução da bobina em Henry (H)

n é o número de espiras

S é a secção abrangida por uma espira em centímetros quadrados

I é o comprimento da bobina em centímetros.

Para estes cálculos estamos tomando como base uma bobina cilíndrica sem núcleo com formato igual ao mostrado na figura 14.



Vejamos como as diversas grandezas desta fórmula, se alteradas influem na indutância da bobina. Lembramos que se a indutância da bobina aumentar, a frequência do circuito diminui, o que deve ser levado em conta em muitos ajustes.

a) Número de espiras

A indutância da bobina depende diretamente do número de espiras, de modo que aumentando o número de espiras de uma bobina, sua indutância também aumenta e, portanto, a frequência do circuito diminui. É comum nos processos de ajuste retirarmos algumas espiras de uma bobina para diminuirmos sua indutância e assim aumentar a frequência do circuito.

b) Área

A área de uma espira depende do diâmetro da bobina e influí de modo direto na sua indutância. Assim, aumentando o diâmetro de uma

bobina, sua indutância aumenta e com isso a frequência do circuito em que ela se encontra diminui. Se vamos enrolar uma bobina com um diâmetro menor para um circuito, devemos compensar isso com o aumento do número de espiras, ou de outra forma. Duas bobinas com o mesmo número de espiras e mesmo comprimento, oscila na frequência mais alta com o mesmo capacitor, a de menor diâmetro.

c) Comprimento

A indutância depende de maneira inversa desta grandeza, o que quer dizer que se apertarmos as espiras, de uma bobina, aumentamos sua indutância e com isso diminuímos a frequência do circuito oscilador em que ela se encontra. Um procedimento comum no ajuste de transmissores é mostrado na figura 15 e consiste em apertarmos as espiras da bobina para diminuirmos a sua frequência.

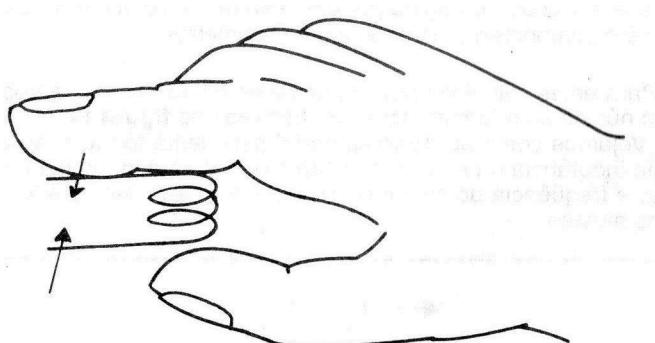


FIGURA 15

d) Núcleo

Um quarto fator que não aparece na fórmula, mas é muito importante, diz respeito a existência ou não de um núcleo ferromagnético na bobina. Para os cálculos que vimos, o núcleo é o ar, que tem uma "permeabilidade" igual a 1. No entanto, existem materiais que tem permeabilidade maior e que, portanto, se introduzidos no núcleo de uma bobina aumentam sua indutância. Dentre estes materiais citamos os ferrites que permitem multiplicar a indutância de uma bobina se usados como núcleo, conforme mostra a figura 16.

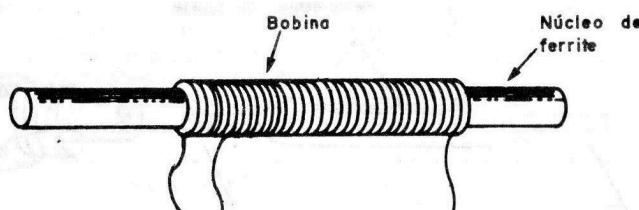


FIGURA 16

Em algumas bobinas este material pode movimentar-se no seu interior e quando faz isso, modifica a indutância alterando, pois a frequência do circuito oscilador. Quando o núcleo penetra na bobina sua indutância aumenta e com isso a frequência de operação do circuito diminui. Na figura 17 temos um exemplo de bobina ajustável usando um núcleo com rosca para poder penetrar na forma.

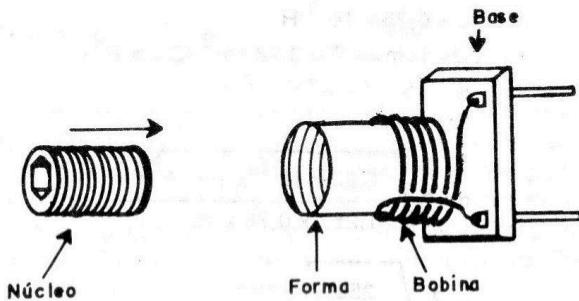


FIGURA 17

Usando uma bobina desta num oscilador, podemos ter um capacitor fixo em lugar do trimmer ou variável, já que o ajuste de frequência será feito no núcleo da bobina. É interessante notar que qualquer objeto de metal que se aproxime de uma bobina pode influir na sua indutância.

Assim, uma chave defenda metálica ao se aproximar de uma bobina para um ajuste do núcleo, com sua presença aumenta a indutância e diminui a frequência. Feito o ajuste, quando a chave se afasta a indutância diminui e a frequência aumenta saindo do ponto de ajuste. Por este motivo os ajustes dos núcleos das bobinas devem ser feitos com ferramentas próprias não metálicas, normalmente de madeira ou plástico, conforme mostra a figura 18.

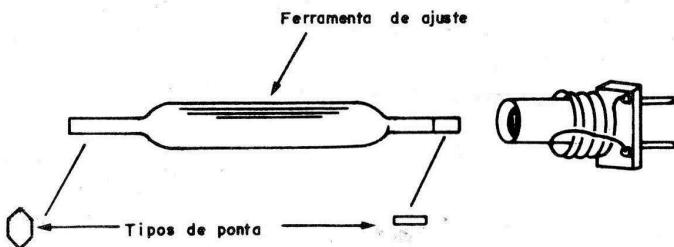


FIGURA 18

Damos a seguir o procedimento para o cálculo da bobina de 0,25 uH de nosso transmissor usando a fórmula indicada. Esta bobina terá um núcleo de ar e fixamos o seu diâmetro em 1 cm e seu comprimento também.

Procedimento de cálculo 2

$$n = \sqrt{\frac{L \cdot I \cdot 10^8}{1,257 S \cdot \mu}}$$

$$L = 0,25 \times 10^{-6} \text{ H}$$

$$\varnothing = 1 \text{ cm} \Rightarrow S = 0,78 \text{ cm}^2 (S = \pi R^2)$$

$$\mu = 15$$

$$L = 1 \text{ cm}$$

$$n = \sqrt{\frac{0,25 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^8}{1,257 \times 0,78 \times 15}}$$

$$n = \sqrt{\frac{250}{14,7}}$$

$$n = \sqrt{17,0}$$

$$n = 4,12$$

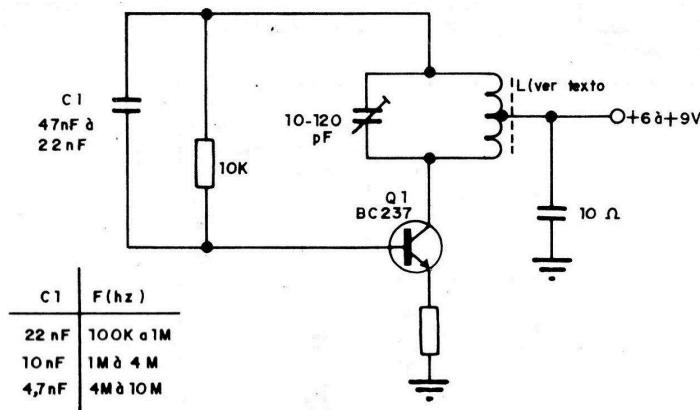
Aproximamos para 4 espiras

Circuitos práticos

A partir do que foi visto, podemos dar diversos circuitos práticos de osciladores que podem servir de base para transmissores, ou mesmo funcionar como pequenos transmissores de onda contínua ou modulados externamente, conforme mostram outros artigos do mesmo autor.

Oscilador Hartley Prático

Este oscilador pode ser usado para produzir sinais na faixa de 100 kHz até aproximadamente 20 MHz com uma potência de algumas dezenas até centenas de miliwatts. Para frequências até 10 MHz podemos usar transistores de silício de uso geral como o BC547 ou BC548 e para frequências maiores devemos usar um BF495 ou equivalente. Para um pouco mais de potência alimentando o circuito com 12 Volts podemos usar um BD135 ou equivalente todos estes transistores são supridos no mercado nacional, portanto, fáceis de se achar. Na figura 19 damos o oscilador Hartley prático.



CV e L dependem da frequência. L será enrolada num bastão de ferrite de 1 cm de diâmetro e o número de voltas depende da frequência. Para todas as faixas o fio pode ser de 26 a 30. O comprimento do bastão de ferrite variará entre 10 e 20 cm, conforme precisemos enrolar mais ou menos espiras. O capacitor CV também depende da frequência. Damos na tabela abaixo os valores destes componentes:

100 kHz a 500 kHz: $L = 250$ espiras

$CV = 200$ a 500 pF (máxima capacitância)

500 a 2000 kHz : $L = 100$ espiras

$CV : 200$ a 500 pF (max)

2 MHz a 5 MHz : $L = 40$ espiras

$CV = 120$ a 300 pF

5 a 12 MHz: $L = 20$ espiras

$C_V = 50 \text{ a } 120 \text{ pF}$

12 a 20 MHz: $L = 15$ espiras

$C_V: 20 \text{ a } 100 \text{ pF}$

Evidentemente, em função do material usado e das tolerâncias dos componentes, pequenas diferenças podem ser encontradas na frequência geral que devem ser compensadas por alterações do número de espiras.

Oscilador de bloqueio

Este oscilador fornece uma potência de algumas dezenas de miliwatts em frequências de até 10 MHz aproximadamente. Com transistores de maior potência e alimentação de 12V ou mesmo mais, podemos aumentar a intensidade do sinal gerado. O circuito do oscilador de bloqueio é mostrado na figura 20.

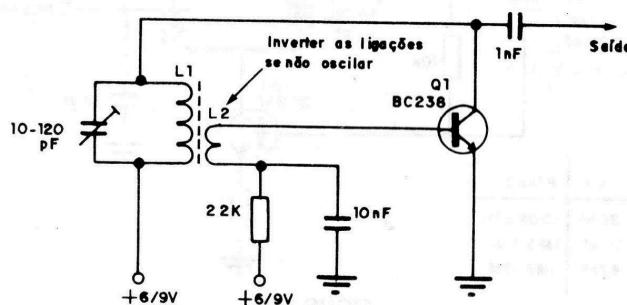


FIGURA 20

A bobina é enrolada num bastão de ferrite de 10 a 20 cm de comprimento e o fio usado pode ser de 26 ao 30. O número de espiras, assim como o valor de CV depende da faixa de frequências gerada.

Podemos indicar os seguintes valores aproximados:

100 kHz a 500 kHz:

L1 = 250 espiras

L2 = 40 espiras

CV = 200 a 500 pF

500 a 2000 kHz:

L1 = 100 espiras

L2 = 25 espiras

CV = 150 a 400 pF

2 MHz a 5 MHz:

L1 = 50 espiras

L2 = 10 espiras

CV = 50 a 200 pF

5 MHz a 10 MHz:

L1 = 30 espiras

L₂=: 8 espiras

CV = 20 a 150 pF

Também neste caso devemos considerar as tolerâncias dos componentes usados.

Oscilador Base-Comum

Este oscilador, melhor que os anteriores se presta a produção de sinais de frequências mais altas. Podemos usá-lo de 20 MHz até 200 MHz desde que escolhemos transistores apropriados. Os capacitores devem ser todos cerâmicos. A bobina deve ter núcleo de ar e o fio usado será de 22 a 26. O diâmetro da bobina é de aproximadamente 1 cm.

Na figura 21 temos o circuito do oscilador que fornece uma potência de algumas dezenas de miliwatts, mas que pode ser aumentada com o uso de um transistor como o 2N2222A ou BD135 dependendo da faixa gerada.

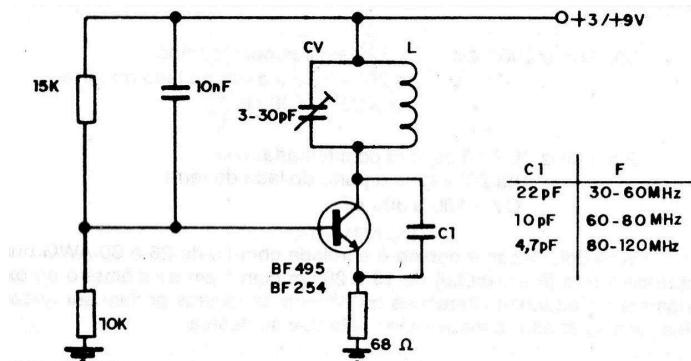


FIGURA 21

Os capacitores devem ser todos cerâmicos. No circuito sugerido o transistor pode ser o BF495 ou qualquer equivalente de pequena potência de RF de acordo com a frequência a ser produzida. Para as frequências geradas damos os valores dos componentes:

20 a 50 MHz:

$L = 9$ espiras

$CV = 3$ a 30 pF

$C = 47$ pF

50 a 100 MHz :

$L = 5$ espiras

$CV = 3$ a 30 pF

$C = 12$ pF

100 a 150 MHz

$L = 3$ espiras

$$CV = 3-30 \text{ pF}$$

$$C = 4,7 \text{ pF}$$

150 a 200 MHz: L = 2 espiras

$$CV: 3 - 30 \text{ pF}$$

$$C = 1 \text{ pF}$$

Alterações nos valores podem ser necessárias de acordo com os componentes. Por exemplo, um valor maior de C pode exigir a diminuição de espiras para se chegar à frequência desejada. Alterações de espiras para mais ou para menos podem ocorrer em alguns casos para se chegar a frequência desejada.

Oscilador com FET

O oscilador Hartley com FET da figura 22 é bom para frequências até aproximadamente 5 MHz.

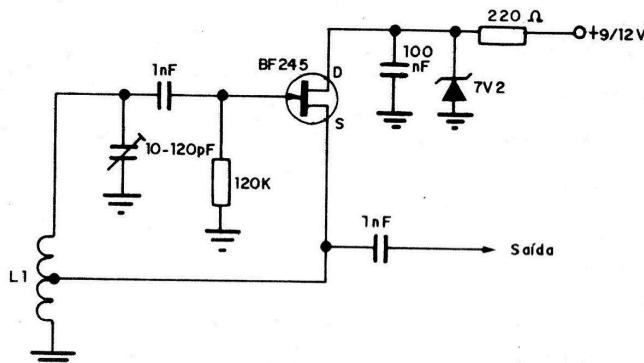


FIGURA 22

O FET é comum de junção BF245 e a alimentação pode ficar entre 6 e 12 Volts.

A bobina e CV dependem da frequência gerada conforme informamos a seguir:

500 kHz a 2000 kHz:

L = 100 espiras com tomada na 20^a espira a partir do lado do terra.

CV: 200 a 500 pF

2 a 5 MHz:

L = 50 espiras com tomada na 20^a espira a partir do lado do terra.

CV: 100 a 300 pF

Nos dois casos a bobina é enrolada com fio de 26 a 30 AWG num bastão de ferrite de 10 a 20 cm com 1 cm de diâmetro aproximadamente. Pequenas alterações no número de espiras podem ser necessárias para se chegar a frequência exata que se deseja.

Oscilador com Válvula Pentodo

Válvulas pentodo podem funcionar com osciladores de potências na faixa de 2 a 20 watts, como o que usa a 6L6 mostrada na figura 23 e que alcança os 20 MHz com facilidade.

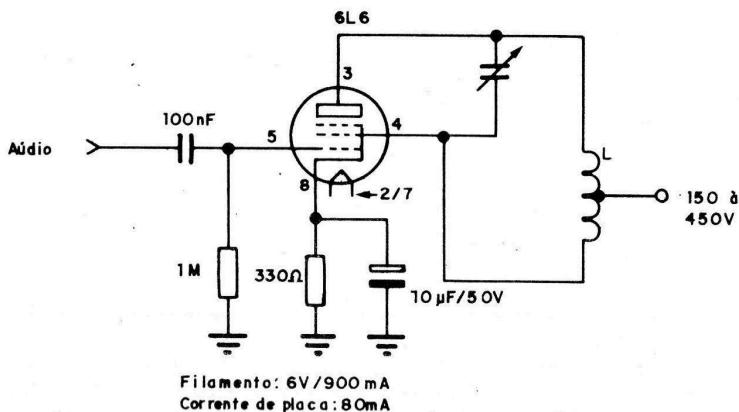
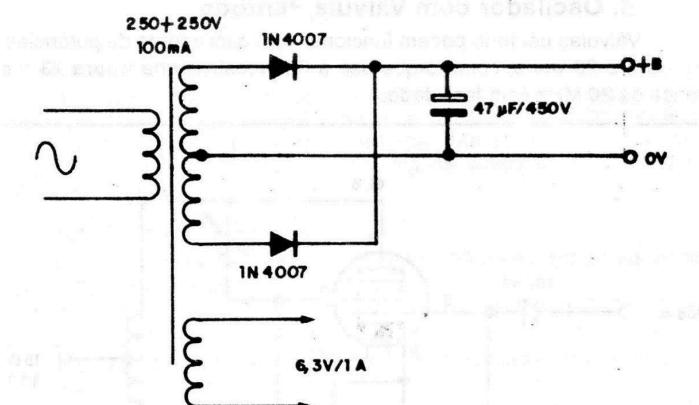


FIGURA 23

A alimentação de placa deve ser feita com tensões de 100 a 250 volts e corrente de 50 a 200 mA. O filamento exige 1 ampère com tensão de 6 Volts. A fonte para este circuito oscilador pode ser a mostrada na figura 24 que usa um transformador de dois enrolamentos secundários.

**FIGURA 24**

Ligado a uma antena este oscilador pode ser usado como potente transmissor de CW na faixa de ondas curtas (160, 80, 40 ou mesmo 20 metros).

A bobina terá as seguintes características assim como CV:

500 a 2000 kHz:

$L = 100$ espiras de fio 26 em fôrma sem núcleo com 2,5 cm de diâmetro e tomada central.

$CV = 200$ a 400 pF

2 a 7 MHz:

$L = 40$ espiras de fio 28 em fôrma de 2,5 cm de diâmetro sem núcleo e tomada central.

$CV = 200$ a 400 pF

7 a 15 MHz:

$L = 25$ espiras de fio 28 em fôrma de 2,5 cm de diâmetro sem núcleo com tomada central.

$C_V = 50$ a 200 F

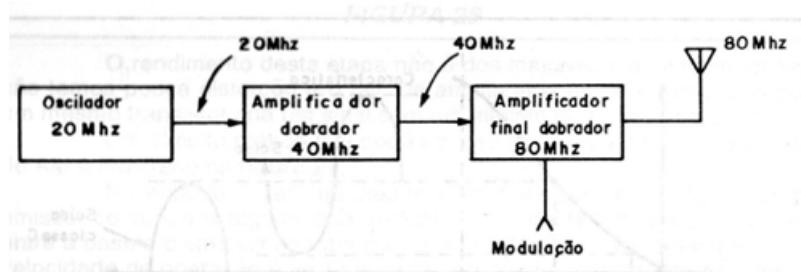
Também neste circuito variações podem ser necessárias em função da tolerância dos componentes usados. A fonte deve ser montada em chassi blindado juntamente com este oscilador para que não ocorram roncos.

Amplificadores de potência de RF

Outros artigos deste site tratam do mesmo tema, porém tendo sido escritos em épocas diferentes. Este é de uma publicação nossa que saiu em 1992, mas ainda é atual pela teoria básica que apresenta. As novas tecnologias, evidentemente, não foram incluídas.

Transmissores simples, de pequena e média potência podem ser feitos utilizando-se simplesmente um oscilador para gerar o sinal que será modulado e jogado na antena. No entanto, se precisarmos de mais potência do que aquela que o oscilador usado fornece, a única saída é amplificar o sinal de alta frequência.

Uma ou mais etapas amplificadoras podem ser usadas nos transmissores mais elaborados, algumas das quais cumprindo função dupla. Por exemplo, além de amplificar o sinal uma etapa também pode ser usada para dobrar a frequência de um sinal. Desta forma, podemos ter um transmissor como o da figura 1, em que o sinal gerado é de 20 MHz, mas depois de amplificar e dobrar sua frequência duas vezes, a transmissão ocorre em 80 MHz.



As configurações usadas nas etapas amplificadoras dependem da potência desejada e da frequência de operação havendo diversas possibilidades que estudaremos a seguir.

É interessante observar que potências muito altas, da ordem de milhares de watts, ainda são mais bem obtidas por meio de válvulas. Assim, nos grandes transmissores de estações potentes é comum termos as etapas de oscilação e amplificação inicial com transistores, mas as etapas finais com enormes válvulas transmissoras como a mostrada na figura 2 que é refrigerada por meio de água que circula em suas aletas.

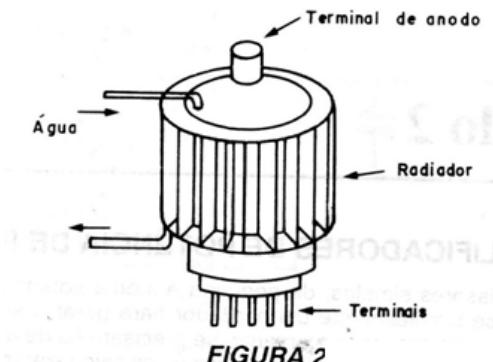
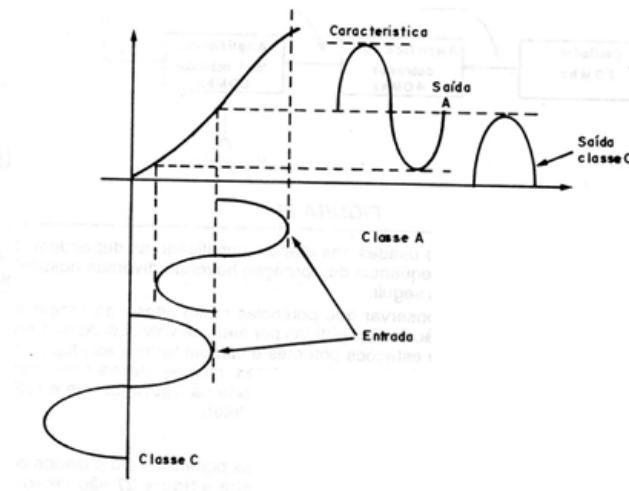


FIGURA 2

Etapa em classe A

Os transistores, assim como as válvulas podem ser polarizados em diversas classes. Estas classes, conforme mostra a figura 3 são determinadas pelas correntes de repouso e pela polarização.

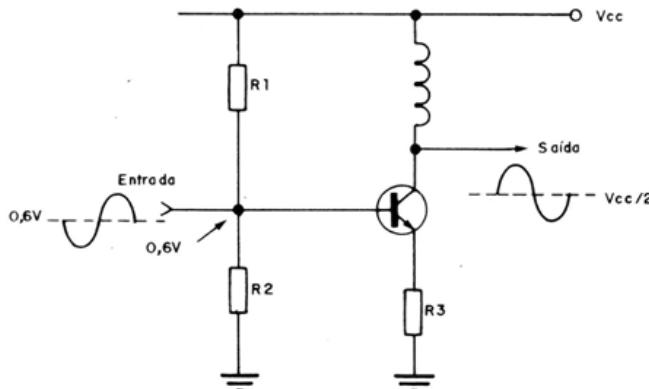


O rendimento depende da classe, mas ao mesmo tempo em que aumentamos o rendimento para uma configuração, começam a aparecer outras características que podem ser indesejáveis em determinadas aplicações. Por exemplo, quando aumentamos o rendimento, aumenta a distorção do sinal e com isso aumenta a tendência de aparecerem oscilações harmônicas.

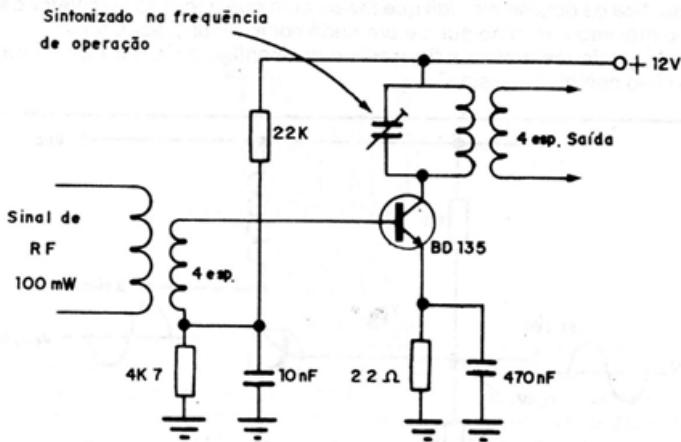
Na Classe A o transistor é polarizado de modo a haver certa corrente de coletor. Em função desta corrente a tensão de coletor se

mantém em aproximadamente metade da tensão da alimentação. Desta forma, aplicando-se na sua base um sinal senoidal, o transistor amplifica os dois semiciclos que fazem com que a tensão no coletor oscile entre o máximo e mínimo que se pretende como amplificação final.

Conforme mostra a figura 4 nesta configuração o transistor amplifica o ciclo completo do sinal.



O rendimento desta etapa não é dos maiores, mas em compensação temos pouca distorção e o fato de ampliarmos os dois semiciclos com um mesmo transistor cria um sinal com um mínimo de harmônicas. Um circuito prático que pode ser usado num pequeno amplificador de AM é mostrado na figura 5.



No entanto, o fato de usarmos um transistor na configuração de emissor comum traz alguns inconvenientes. Um deles é que a capacidade entre a base e o emissor do transistor influí bastante no seu desempenho. A velocidade de operação é limitada e este circuito com transistores comuns não pode ser empregado em frequências além de alguns megahertz.

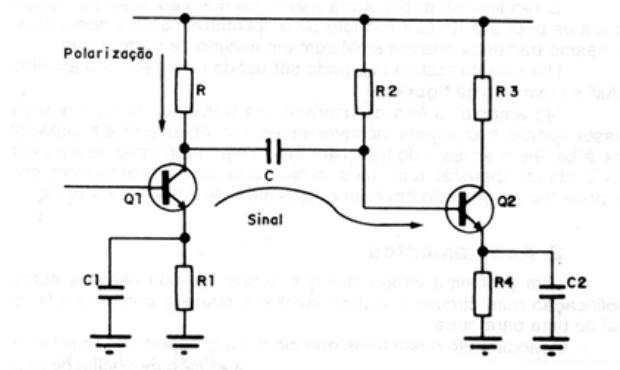
Acoplamentos

Um problema importante que ocorre quando usamos etapas de amplificação num circuito é o que envolve a maneira como transferimos o sinal de uma para outra. O rendimento nesta

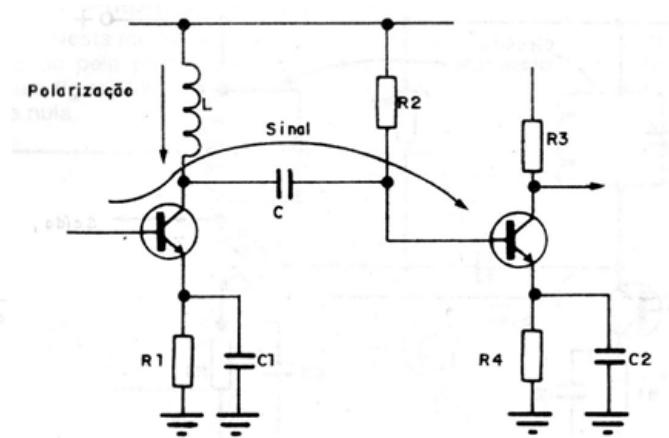
transferência é muito importante, mas também a disponibilidade de componentes e a própria produção de oscilações indesejáveis.

Temos diversas técnicas para fazer esta transferência.

A primeira é mostrada na figura 6 e consiste no conhecido acoplamento RC.



O rendimento desta forma de acoplamento é pequeno, já que normalmente a impedância de saída da etapa anterior é bem diferente da impedância de entrada da etapa seguinte. Assim, este circuito não é dos mais usados, dando-se preferência a formas de maior rendimento mesmo que tenham de ser usados mais componentes. Temos então uma variação de maior rendimento que é mostrada na figura 7.



Neste circuito LC a bobina oferece uma impedância muito alta na frequência do sinal amplificado, facilitando assim sua transferência para a etapa seguinte. A bobina deve então ser escolhida de modo a ter uma impedância muito alta na frequência do sinal que se deseja amplificar.

Valores típicos de indutância para esta função são:

10 mH - 500 kHz a 2 MHz

2 mH-2MHz a10 MHz

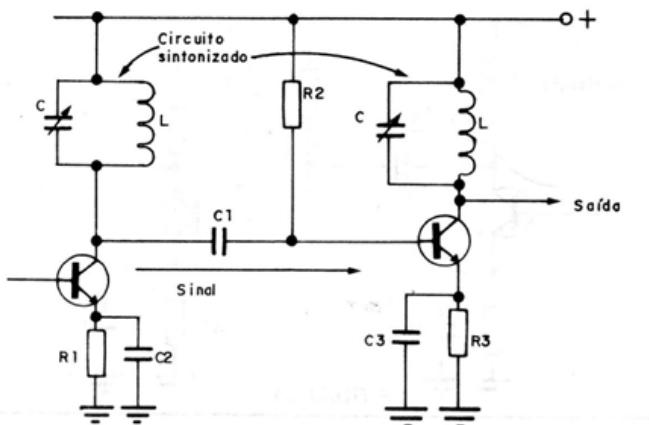
1 mH - 10 MHz a30 MHz

500 uH - 30 MHz a 80 MHz

100 uH - 80 MHz a 200 MHz

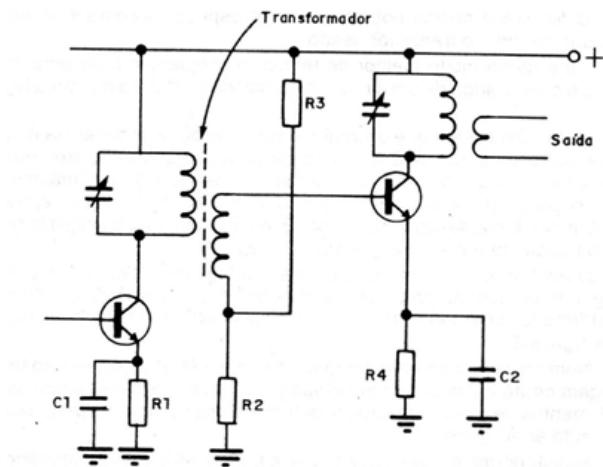
O fio usado nestas bobinas deve ter espessura compatível com a corrente que se tem no transistor usado. Uma forma muito melhor de

termos o acoplamento de uma etapa para outra é com a ajuda de um circuito sintonizado conforme mostra a figura 8.



Na frequência em que o circuito é sintonizado, a impedância é muito alta, garantindo-se a transferência do sinal para a etapa seguinte com um bom rendimento. No entanto, este circuito ainda não tem o máximo de rendimento possível, pois ainda não ocorre o casamento ideal entre as etapas. A impedância de saída da etapa anterior é alta, mas a impedância de entrada da seguinte é menor e aí temos perdas.

O melhor meio e o mais usado de conseguirmos uma transferência de energia de uma etapa para outra é através de um acoplamento por meio de transformador com pelo menos um enrolamento sintonizado, conforme mostra a figura 9.

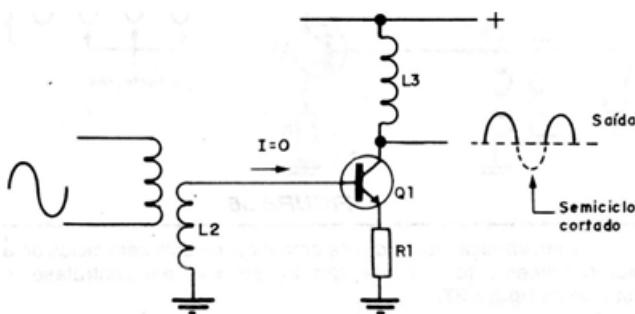


Além do isolamento melhor que o sistema oferece, já que não temos a passagem direta de sinal de uma etapa para outra é possível dimensionar os enrolamentos de modo que cada qual tenha a impedância correspondente a etapa onde está ligado. Assim, normalmente o que se faz é usar o enrolamento primário em paralelo com um capacitor, formando assim um circuito sintonizado na frequência que se deseja transferir.

O enrolamento secundário, normalmente com menos espiras, pois sua impedância deve ser menor, não é sintonizado e está ligado a entrada da etapa seguinte, ou seja, a etapa amplificadora. O rendimento desta etapa é muito melhor do que o das outras e por isso esta configuração é das mais usadas.

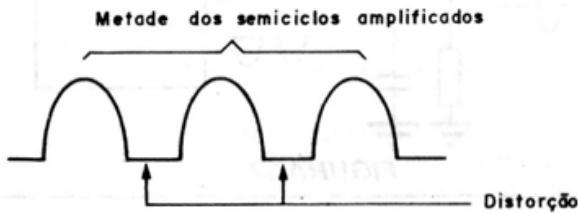
Amplificador classe C

Nesta modalidade de circuito, o transistor trabalha no corte, sendo polarizado pelo próprio sinal que deve ser amplificado. Assim, conforme mostra a figura 10, a corrente de coletor do transistor em repouso é praticamente nula.

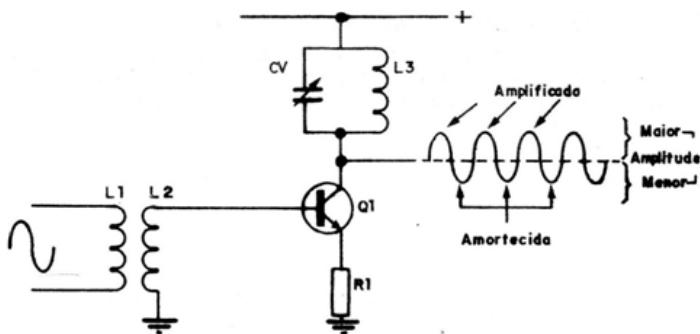


Nos semiciclos negativos do sinal, induzidos pelo secundário do transformador, não temos a polarização do transistor no sentido de conduzir. O transistor permanece cortado e nada ocorre. O transistor não amplifica estes semiciclos que são cortados. Nos semiciclos positivos o transistor vai à saturação e ocorre a condução com a amplificação do sinal.

Este circuito amplifica apenas os semiciclos positivos, produzindo assim uma certa distorção na saída, que é responsável por muitas harmônicas, conforme mostra a figura 11.

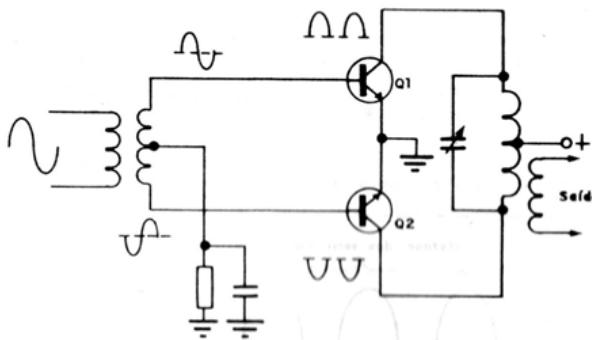


Se usarmos na saída desta etapa um segundo circuito sintonizado ocorrem oscilações amortecidas que preenchem o intervalo em que o transistor está cortado e o sinal passa a ter uma forma como a mostrada na figura 12.



O rendimento desta etapa é alto já que só temos corrente no coletor do transistor com sinal, mas existe o problema da quantidade de sinais espúrios que são gerados juntamente com a frequência amplificada. Uma variação que permite amplificar os dois semiciclos

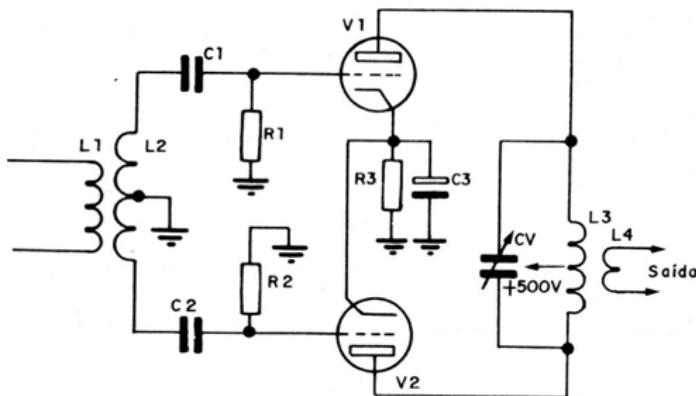
do sinal com maior rendimento faz uso de dois transistores em contrafase, conforme mostrado na figura 13.



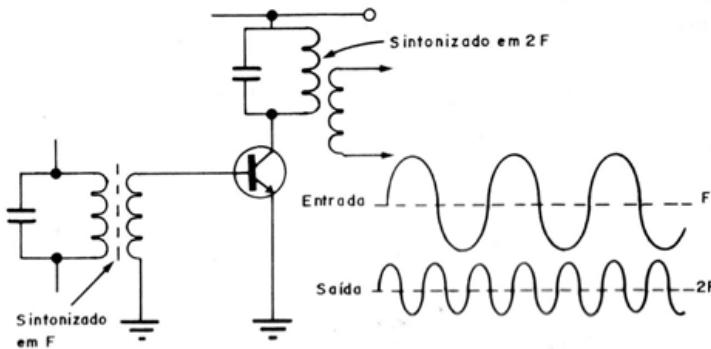
Neste Circuito, cada transistor amplifica metade do sinal. Para isso, o enrolamento secundário do transformador de acoplamento da etapa anterior possui uma derivação. Isso significa que na metade inferior desta derivação o sinal tem fase oposta ao da derivação anterior. Num semiciclo um transistor está no corte e outro na saturação, invertendo-se a situação no outro semiciclo.

Como carga os dois transistores possuem um enrolamento também com derivação, de modo que o sinal amplificado aparece todo neste elemento. Para transferir o sinal para a etapa seguinte usamos um segundo enrolamento. A eficiência deste circuito é muito grande o que o faz preferido nos circuitos de transmissores em que se exige uma potência elevada.

Transistores modernos permitem a operação deste tipo de circuito em frequência de até perto de 100 MHz e mesmo pouco mais. A mesma configuração pode ser encontrada em circuitos com válvulas conforme mostra a figura 14.



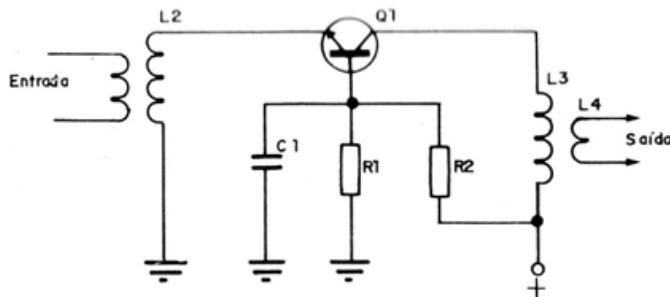
Observe que as válvulas exigem uma tensão muito mais alta de alimentação, o que significa um tipo diferente de fonte. Tanto nesta etapa como na classe C temos ainda a possibilidade de operar com a multiplicação da frequência. Se o circuito amplificador for sintonizado no dobro da frequência do que o excita, temos um comportamento interessante que deve ser levado em conta. Excitando o circuito com um sinal de frequência X, o transistor produz na bobina de carga, também sintonizada, um pulso, conforme mostra a figura 15.



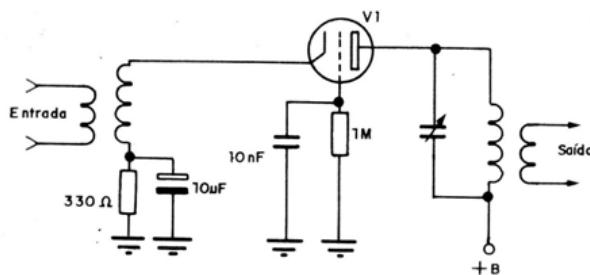
No entanto, o circuito sintonizado na carga terá o dobro da frequência. Assim, o que este pulso faz é levar o circuito sintonizado a uma oscilação forçada no dobro da frequência que então aparece amplificada. O resultado é que na saída, além da amplificação temos um sinal com o dobro da frequência original de entrada.

Configurações em base comum

Na configuração de emissor comum, como as que vimos até agora, o transistor tende a ser lento, pois aparece o efeito de suas capacitâncias internas este efeito pode ser minimizado na configuração de base comum que é mostrada na figura 16.



Este circuito é muito mais interessante para aplicações em altas frequências, acima de 50 MHz, por exemplo, onde os efeitos destas capacitâncias são maiores e eventualmente podem ser usados transistores que as tenham reduzidas. O circuito equivalente para válvulas triodos e a configuração de grade comum é mostrada na figura 17.



Estes circuitos são usados em amplificadores para a faixa de VHF e UHF onde devem ser mínimas as capacitâncias parasitas.

Circuitos práticos

Diversos são os circuitos de amplificadores que podem ser usados em transmissores experimentais. Alguns transistores comuns e de baixo custo se prestam para aplicações como amplificadores em transmissores de AM, FM a VHF, mas cuidado, pois estes transistores devem ser de alta qualidade e boa procedência párea que se obtenham os resultados esperados. Dentre os transistores que destacamos para as aplicações em RF destacamos os seguintes:

BF494 - este é um transistor de muito baixa potência, mas dois em push-pull podem fornecer algumas dezenas de miliwatts, o que em um transmissor de FM é suficiente para alcançar mais de um quilômetro.

2N2222 - Um pouco mais potente que o BF494 este transistor é ainda de pequena potência, mas numa etapa em push-pull ou mesmo simples pode fornecer uma saída suficiente para um alcance de mais de 1 quilômetro na faixa de FM ou VHF.

2N1711 - este é um transistor de média potência que opera até na faixa de VHF e pode chegar a uma saída em torno de 1 W num amplificador. Com isso temos o alcance da ordem de alguns quilômetros com uma boa antena externa.

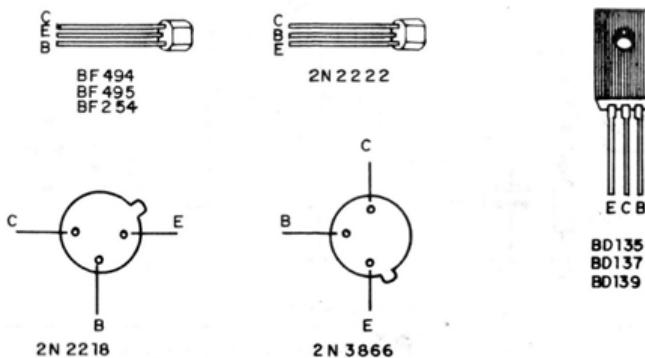
2N2218 - Como o 2N1711 este transistor tem uma potência de 800 mW de dissipação com uma corrente de coletor de IA podendo

funcionar até a faixa de VHF. Com uma etapa em push-pull podemos ter mais de 1 watt de saída o que resulta num transmissor de mais de 5 quilômetros de alcance.

2N3866 - Este é um transistor ideal para transmissores com até perto de 4 watts de potência para a faixa de FM, resultando em transmissores com mais de 10 quilômetros de alcance.

BD135 - Se bem que seja um transistor de áudio, a alta frequência de transição do transistor permite seu uso como amplificador com razoável rendimento em transmissores até a faixa de FM. Teremos uma (potência de perto de 1 watt o que resulta num excelente alcance. Dois eles podem ser ligados em push-pull para um transmissor com vários quilômetros de alcance.

Na figura 18 temos a pinagem e os invólucros destes transistores para os leitores que desejarem fazer seu uso em projetos.



Para frequências mais baixas, na faixa de ondas médias e curtas, transistores comuns de potência com uma frequência de corte relativamente alta, podem ser usados em muitos casos. Dentre estes transistores citamos os seguintes:

2N3055 - até 500 kHz

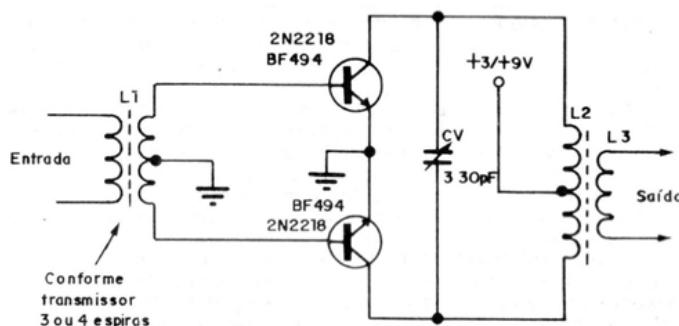
TIP31 - até 10 MHz

TIP41 - até 10 MHz

Damos em seguida alguns circuitos amplificadores simples que o leitor pode usar em seus projetos de transmissores.

Amplificador 1

Esta simples etapa pode servir como base para projetos de transmissores de FM de média potência (até 1 quilômetro) usando um par de transistores BF494 em push-pull com alimentação de 6 ou 9 Volts. O circuito completo é mostrado na figura 19.

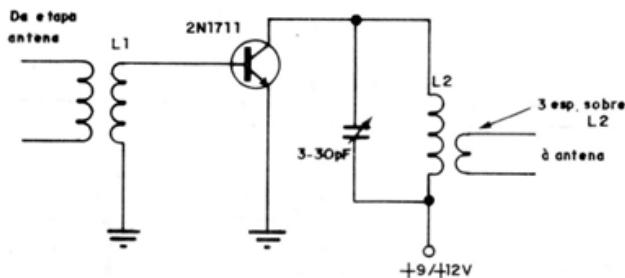


O sinal para excitação deve ter pelo menos 30 mW de intensidade e pode vir de um oscilador com os mesmos transistores. A bobina L1 consta de 3 + 3 espiras de fio 22 a 26 AWG sobre a osciladora da etapa anterior. A bobina L2 consta de 4 + 4 espiras do mesmo fio com diâmetro de 1 cm. A bobina de saída consta de 3 espiras de fio 22 a 26 enroladas sobre L2. O trimmer deve ser ajustado para a máxima potência de saída. A operação é indicada na faixa de 80 a 110 MHz.

O mesmo circuito pode ser modificado para operar com 12 Volts, caso em que os transistores devem ser os 2N2218 ou 2N1711 com radiadores de calor. Neste caso precisamos de um pouco mais de potência para excitação, mas em compensação a potência de saída pode passar de 1 watt.

Amplificador 2

Este circuito em classe C usa apenas um transistor que pode ser o, 2N2218 ou 1N1711 para alimentação até 12 Volts ou então o 2N3866 caso em que precisamos de uma potência de excitação maior. Conforme mostra a figura 20 temos duas bobinas neste circuito.



A primeira consta de 3 espiras de fio 22 a 26 sobre a bobina da etapa anterior de amplificação e a segunda de 4 espiras de fio 22 ou 24 com diâmetro de 1 cm sem núcleo. O trimmer deve ser ajustado para máximo rendimento.

Acoplamento de antena

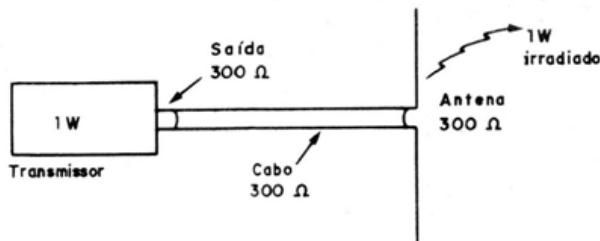
Um problema sério que ocorre quando vamos colocar “no ar” um transmissor é o acoplamento da antena. O transmissor deve transferir todo o sinal gerado para a antena e desta para o espaço. Se isso não ocorrer, não só não temos o alcance desejado como o retorno da energia de RF pode sobrecarregar os componentes do transmissor causando sua queima. Outro problema está na necessidade de eliminarmos as harmônicas que são geradas pelos circuitos e que não devem chegar à antena.

Temos de analisar todos estes casos:

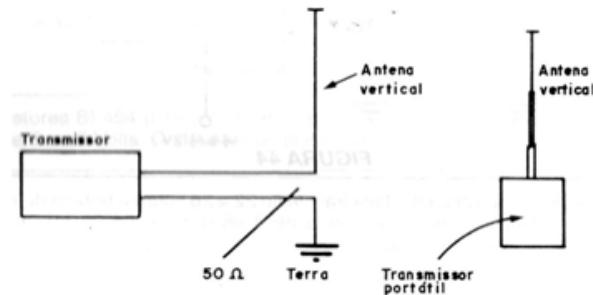
a) Impedância de antena

Da mesma forma que um alto-falante tem uma impedância e um amplificador também, devendo haver casamento de ambos para que o melhor som seja obtido, o mesmo ocorre em relação ao transmissor e a antena.

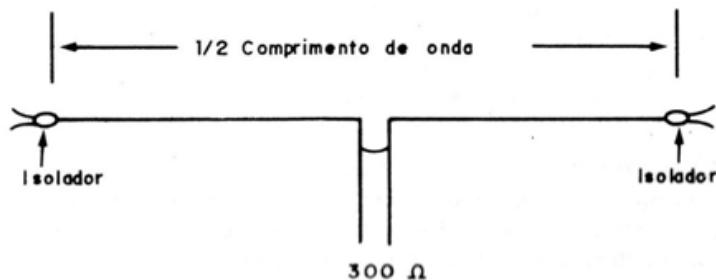
Somente se a saída do transmissor estiver “casada” com a antena é que teremos o máximo de transferência de energia e com isso o máximo alcance. Um transmissor de poucos miliwatts pode alcançar milhares de quilômetros na faixa de ondas curtas se soubermos casar sua saída com uma antena ideal. A figura 21 dá uma ideia do que ocorre.



Dependendo do seu tamanho e da forma a antena apresenta uma impedância. Uma antena vertical, como por exemplo a mostrada na figura 46 que é do tipo "vertical" de meia onda ou plano terra tem uma impedância de 22 ohms.

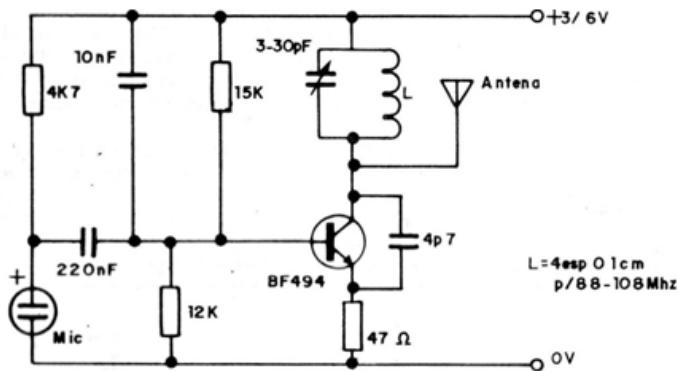


Um dipolo de meia onda como o mostrado na figura 23 tem uma impedância de 300 ohms.



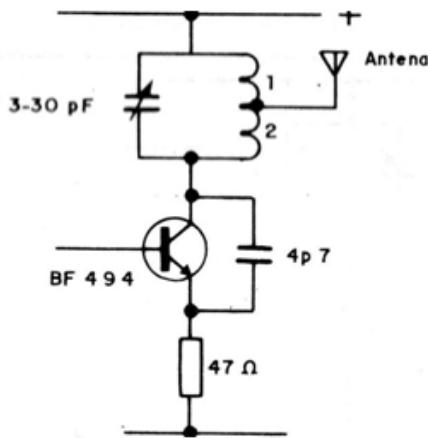
Isso significa que não só a saída do transmissor deve se casar com estas impedâncias, como também o fio usado para a transmissão do sinal. As etapas de saída dos circuitos osciladores e dos amplificadores normalmente tem uma impedância muito maior, o que quer dizer que a ligação direta das antenas nestes circuitos pode trazer alguns inconvenientes. Um deles ocorre com pequenos transmissores,

como o mostrado na figura 24, onde a antena é diretamente ligada ao coletor do transistor oscilador.



A antena carrega o circuito e passa a influir na própria frequência do oscilador. A aproximação da antena de objetos ou mesmo sua movimentação, faz com que a frequência do oscilador seja alterada, isso sem se falar de que não temos o máximo rendimento do circuito com a transmissão da máxima potência para o espaço. Para pequenos transmissores não críticos como walk-talkies, microfones sem fio e microfones espiões, pela simplicidade de ligação, esta configuração é tolerada.

Um modo melhor de acoplarmos a antena no caso de uma do tipo vertical (telescópica) consiste em se fazer sua ligação numa tomada conforme mostra a figura 25.

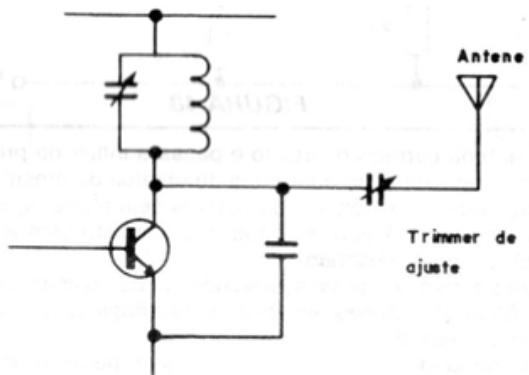


A escolha do ponto de ligação vai depender da impedância da antena e da bobina. Nos circuitos transistorizados onde temos uma impedância entre 200 e 500 ohms tipicamente para uma saída de baixa potência, isso significa uma derivação um pouco acima da metade da bobina.

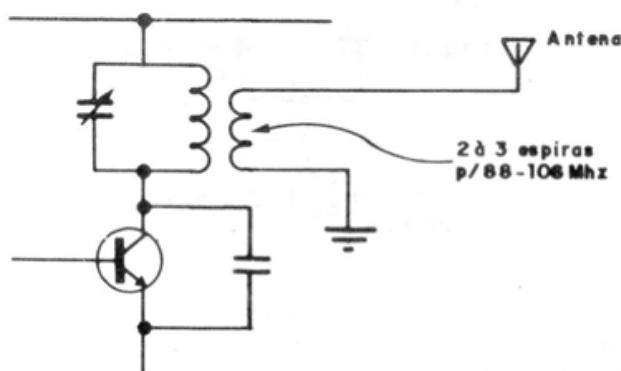
Entretanto, como a impedância da antena também depende de seu comprimento, é preciso levar isso em conta. Em montagens simples é interessante procurar encontrar o ponto ideal de ligação da antena que possibilite o máximo rendimento. Neste ponto, a aproximação da antena de objetos ou da mão também não provocará alterações na frequência do circuito.

Para ligação da antena por meio de cabo também é possível usar este tipo de acoplamento. Pode-se até fazer uma bobina com diversas

derivações procurando-se experimentalmente a que dê melhores resultados. Outra possibilidade interessante, ligada a este tipo de acoplamento é a ligação de um trimmer em série, que permita ajustar o acoplamento e assim obter-se o melhor rendimento conforme mostrado na figura 26.



Finalmente temos o meio mais conveniente, que é o acoplamento pelo enrolamento de uma segunda bobina colocada entrelaçada ou sobre a bobina tanque ou na senda do transmissor conforme mostra a figura 27.



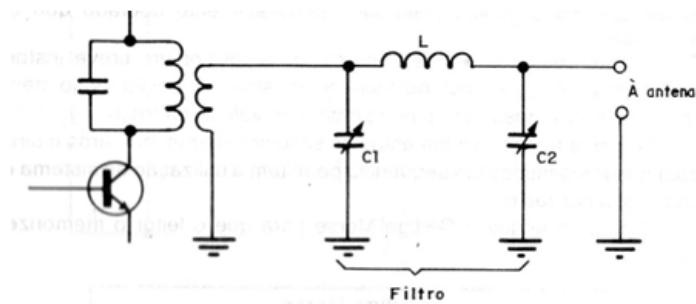
A bobina secundária de ligação a antena deve ser calculada em função da impedância da antena e da impedância do circuito de carga. Para pequenos transmissores esta bobina tem 2 ou 3 espiras no caso de antenas de 50 ohms e de 5 a 7 espiras no caso de antenas de 300 ohms. Estes dados são válidos para o caso de transmissores de FM com a faixa de operação entre 60 e 100 MHz tipicamente.

Para transmissores na faixa de ondas curtas estas bobinas terão tipicamente de 10 a 30 espiras dependendo da frequência, da faixa de operação e das características da etapa de saída do transmissor.

b) Filtros

As características não lineares dos circuitos amplificadores fazem com que sejam gerados sinais harmônicos, ou seja, de frequências múltiplas do original e que devem ser eliminados. Estes

sinais não devem ser transmitidos pois causariam problemas de interferências. Para a eliminação destes sinais espúrios o meio mais comum consiste no uso do filtro em PI (π) de antena, que tem a configuração mostrada na figura 28.



A bobina e os capacitores devem ser dimensionados de modo a formar um circuito ressonante na frequência que se deseja eliminar, normalmente o primeiro harmônico do sinal transmitido. Para um transmissor de FM típico a bobina consiste em 4 espiras de fio 22 ou 24 em fôrma de 1 cm e o trimmer do tipo 3-30 pF. O ajuste é feito de modo a se ter máxima intensidade do sinal fundamental. Para um transmissor de ondas curtas entre 10 e 20 MHz esta bobina terá de 15 a 20 espiras de fio, cuja espessura depende da potência do sinal e o diâmetro será de 2 cm sem núcleo.

Circuitos moduladores

Outros artigos deste site tratam do mesmo tema, porém tendo sido escritos em épocas diferentes. Este é de uma publicação nossa que saiu em 1992, mas ainda é atual pela teoria básica que apresenta. As novas tecnologias, evidentemente, não foram incluídas.

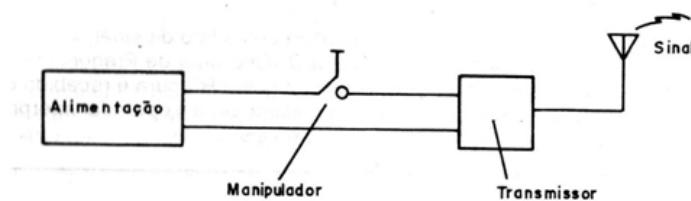
Os sinais transmitidos por um transmissor devem levar informação. Na sua forma mais simples, a informação pode ser enviada por um código onde interrompemos e estabelecemos os sinais em intervalos regulares. Temos então a modalidade de transmissão denominada Onda Contínua ou CW (Continuous Wave) onde usamos o código telegráfico universalmente adotado que é o código Morse.

Neste código o estabelecimento do sinal por um breve instante equivale a um ponto (.) e o estabelecimento do sinal por um intervalo maior, normalmente três vezes maior que o ponto, equivale a um traço (-). Pontos e traços formam então os símbolos (letras, números e sinais gráficos) que transmitidos em sequência permitem a utilização do sistema em comunicações por rádio.

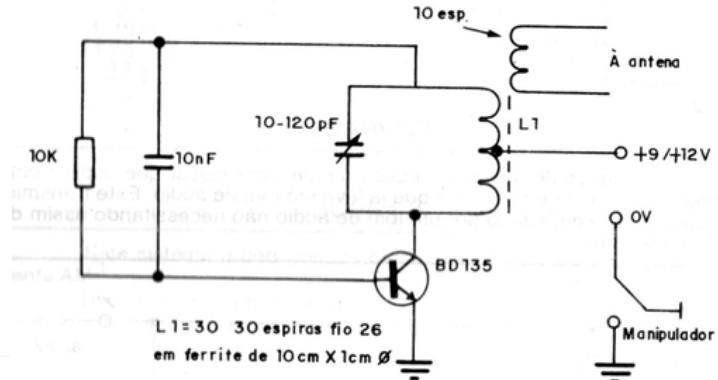
Damos a seguir o Código Morse para que o leitor o memorize e depois treine.

Código Morse	
A . —	U . . —
B — ...	V . . . —
C — . — .	W . — —
D — . .	X — . . —
E .	Y — . — —
F . . — .	Z — — . .
G — — .	1 . — — — —
H	2 . . — — —
I ..	3 . . . — —
J . — — —	4 —
K — . —	5
L . — . .	6 —
M — —	7 — — . . .
N — .	8 — — — . . .
O — — —	9 — — — — .
P . — — .	0 — — — — —
Q . — — — .	Vírgula — — . . . — —
R . — .	Interrogação . . . — — . .
S . . .	Erro
T —	Espere . — . . .

Num transmissor deste tipo temos apenas que interromper o sinal por meio de um manipulador, conforme mostra a figura 1.



Um transmissor muito simples de ondas curtas que opera em torno de 4 MHz é mostrado na figura 2.

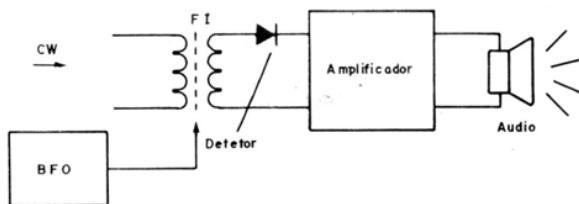


Com uma pequena antena seu alcance é de alguns metros, mas com antena apropriada ele pode ir muito longe. Um dipolo de meia onda cortado para a frequência de operação, permite que os sinais cheguem a distâncias de muitos quilômetros sob condições favoráveis de propagação. Evidentemente, como este transmissor opera na faixa de radioamadores é preciso ter licença para sua operação. No entanto, na versão com pequena antena ele pode ser usado para prática de telegrafia.

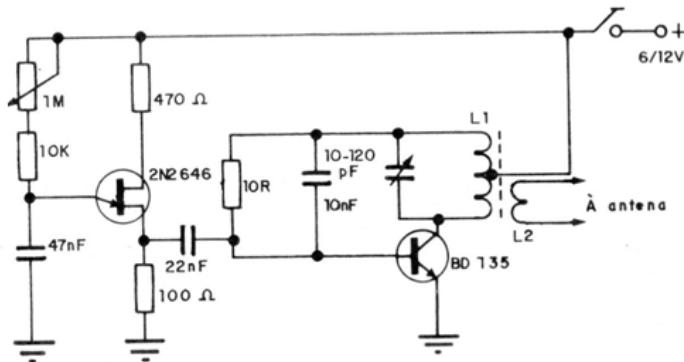
A bobina consta de 60 voltas de fio 24 ou 26 AWG num bastão de ferrite de 0,8 a 1 cm de diâmetro e de 10 a 30 cm de comprimento com tomada central. O variável é de 120 a 310 pF, e o transistor deve ser dotado de um pequeno radiador de calor (BD135). A alimentação pode ser feita com bateria ou fonte que tenha uma corrente de pelo menos 1 ampère. Este transmissor tem um incômodo que é a forma

como os sinais são recebidos no receptor. Os sinais são recebidos na forma de um “sopro” quando o manipulador é fechado o que torna difícil e cansativa sua percepção.

Os receptores destinados a recepção deste tipo de sinal são dotados de um oscilador próprio denominado BFO (Oscilador de Frequência de Batimento) que gera um tom de áudio toda vez que a RF pura é recebida do transmissor distante. Desta forma fica mais cômodo para o operador interpretar os sinais recebidos, conforme sugere a figura 3.



Na figura 4 damos o circuito de um transmissor que supera este problema, transmitindo um sinal que já leva um tom de áudio. Este transmissor telegráfico é modulado por um tom de áudio não necessitando assim do BFO no receptor.



A bobina é a mesma do transmissor anterior de CW e o alcance também. Com uma antena de 2 a 3 metros teremos um alcance de algumas dezenas de metros, mas com uma antena apropriada podemos ter um alcance muito grande. Para a transmissão de sons precisamos variar a portadora de alta frequência de alguma forma. Para isso existem duas técnicas básicas que são as mais usadas.

A primeira consiste em se fazer variar o sinal gerado de alta frequência, que é aplicado a antena em intensidade com o sinal de áudio correspondente ao som. Temos então variações da amplitude ou intensidade do sinal de RF conforme mostra a figura 5.

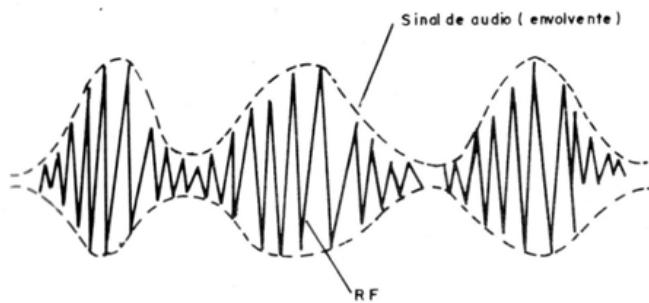
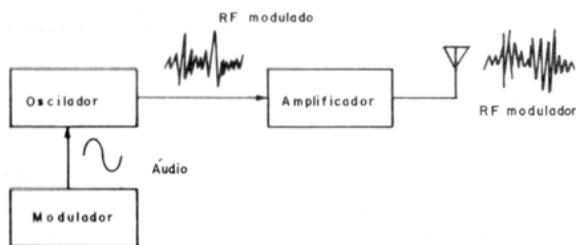
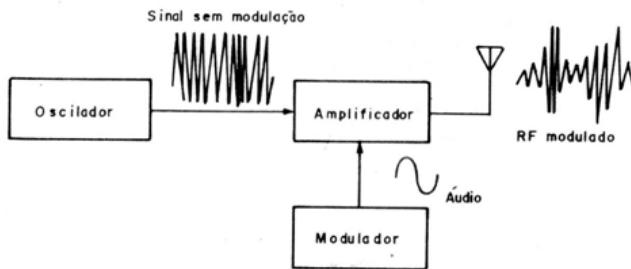


FIGURA 5

Este sistema é denominado Modulação em Amplitude ou simplesmente AM (Amplitude Modulation). Diversas são as maneiras que podemos utilizar para variar a intensidade de um sinal de modo a modulá-lo. Podemos variar sua intensidade já no oscilador, obtendo assim para amplificação um sinal já modulado conforme sugere a figura 6.

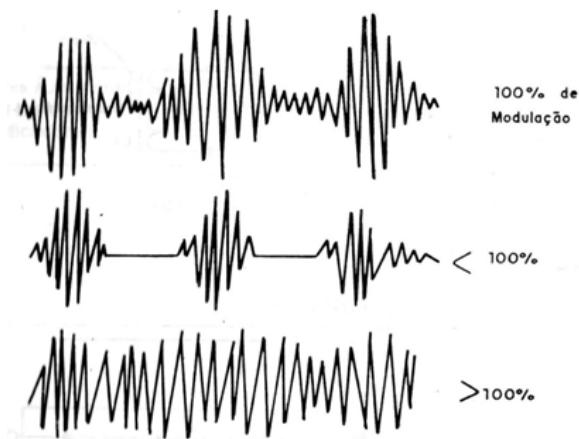


Também podemos variar a intensidade do sinal numa etapa amplificadora intermediária, ou como é mais comum, na etapa final do transmissor, conforme mostra a figura 7.



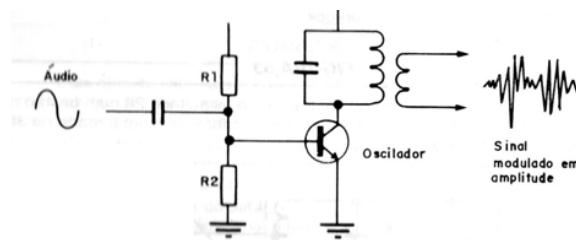
Para esta finalidade o que fazemos é usar um amplificador de áudio cujo sinal que deve ser transmitido e aplicado ao transmissor. Se vamos modular o sinal no oscilador não precisamos de muita potência deste amplificador, mas para que tenhamos o efeito desejado ao modular o sinal da etapa final é preciso que sua potência seja da mesma ordem que o sinal transmitido.

Assim, se o transmissor tem uma potência de 10 watts, o amplificador de áudio usado na modulação deve ter a mesma ordem de potência. Caso isso não ocorra, não teremos 100% de modulação. Na figura 8 mostramos o que ocorre com o sinal transmitido quando temos falta de modulação ou quando ela é excessiva.

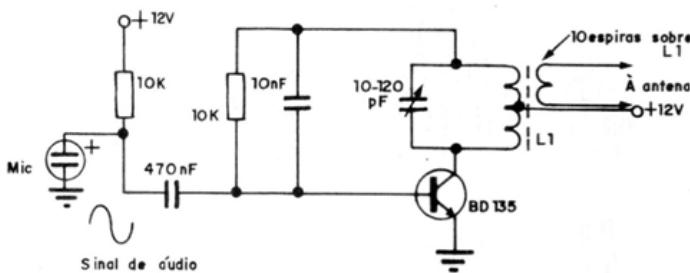


Na falta de modulação o sinal pode chegar até o receptor, mas fraco demais e com isso a modulação não consegue ser "extraída" havendo então dificuldade na recepção. No excesso de modulação ocorre a distorção do sinal com um espalhamento que reduz a eficiência do transmissor e, além disso, provoca o aparecimento de oscilações harmônicas. A modulação de um transmissor deve ficar a mais próxima possível de 100%. Diversas são as técnicas usadas para se obter a modulação em amplitude.

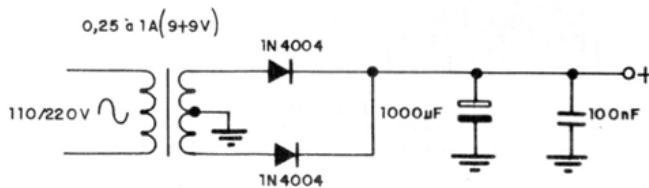
A primeira que vamos analisar consiste na aplicação do sinal diretamente na base do transistor amplificador final ou oscilador, alterando sua polarização e com isso o ganho de modo a termos uma variação do sinal produzido. Esta técnica é ilustrada na figura 9.



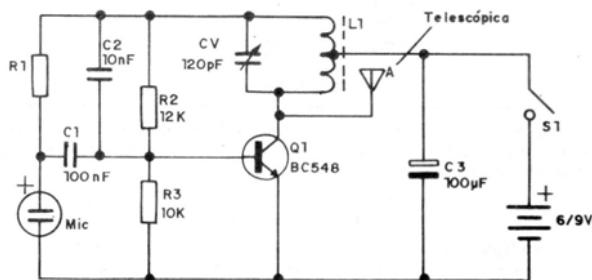
Nos transmissores que usam válvulas pentodo como osciladoras e também amplificadoras, esta modalidade de modulação é facilitada pela existência de uma grade de controle onde o sinal pode ser injetado. Um exemplo deste tipo de modulação é mostrado no circuito transmissor de AM da figura 10.



A bobina deste transmissor consta de 100 voltas de fio esmaltado 28 numa fôrma sem núcleo de 2 cm a 2,5 cm de diâmetro com tomada central. A alimentação pode ser feita com fonte de 100 a 250 volts x 50 mA conforme circuito mostrado na figura 11.



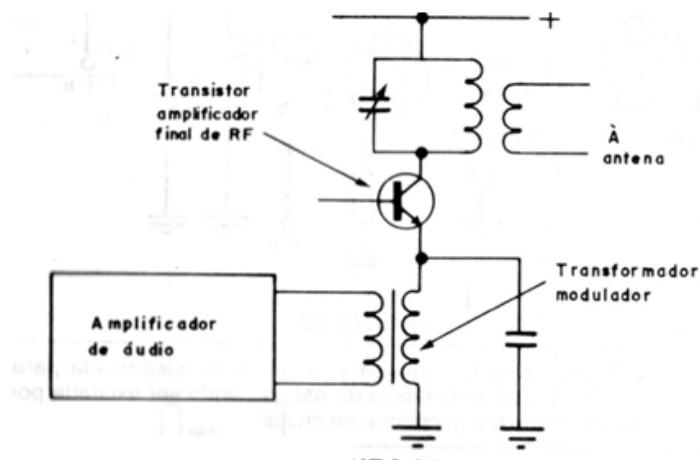
O fio de +B da fonte deve ser blindado até o ponto de conexão à tomada central da bobina para que não ocorram roncos na transmissão. Toda a montagem deve ser feita em caixa metálica blindada. O alcance deste transmissor na faixa de 500 a 1500 kHz é da ordem uns 500 metros com uma antena de 3 metros de comprimento. Na figura 12 temos um transmissor de AM experimental de curto alcance, que serve como microfone sem fio e opera entre 550 e 1600 kHz, na faixa de ondas médias, portanto.



Este circuito deve ser alimentado com uma bateria de 9 V para ter um bom desempenho, mas, mesmo assim, a durabilidade desta bateria não é muito grande. A bobina consta de 100 espiras de fio

esmaltado 28 num bastão de ferrite de 1 cm de diâmetro com 10 cm de comprimento com tomada na 30^a espira a partir do lado da realimentação. O microfone é de eletreto, mas pode também ser usado um microfone de cristal com a retirada do resistor R1 do circuito. A antena é do tipo telescópico com pelo menos 50 cm de comprimento.

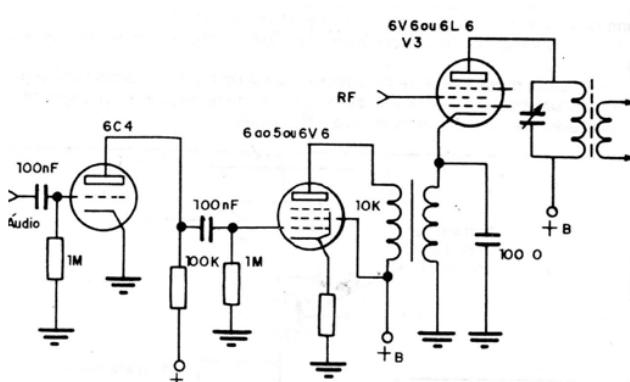
Uma outra forma de modular um sinal de rádio em amplitude é por meio de um transformador em série com a alimentação do estágio final amplificador de RF, conforme mostra a figura 13.



Este circuito exige um amplificador com a mesma ordem de potência do transmissor, já que o sinal de áudio deve controlar toda a corrente que circula pelo estágio amplificador. Desta forma, nos picos negativos do sinal de áudio a tensão neste transformador deve ser tal que anule a tensão de alimentação do estágio de RF assim a intensidade

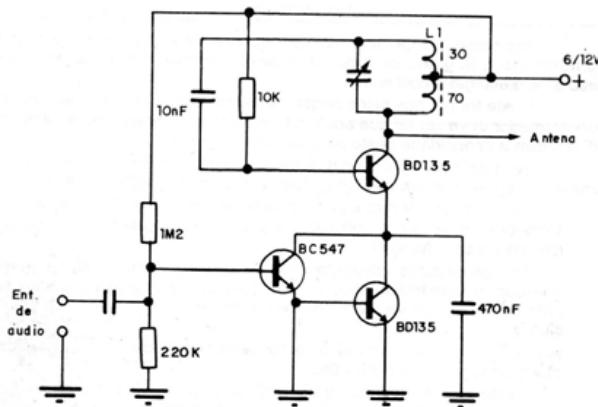
deste sinal também caia a zero. No pico positivo do sinal, a tensão neste enrolamento se soma à corrente de repouso do estágio final e temos a máxima amplitude transmitida.

Para que isso ocorra é preciso observar com cuidado no projeto as características de tensão e corrente do transformador usado, ou seja, do transformador de modulação. Para os circuitos valvulados em que trabalhamos com alta tensão e baixas correntes este transformador tem um secundário de alta impedância, enquanto nos circuitos transistorizados temos um secundário de baixa impedância. Vamos dar alguns circuitos práticos começando por um modulador para etapas a válvula, na figura 14.



Este circuito tem por base uma válvula pentodo e uma válvula triodo, funcionando com a mesma alta tensão da etapa a válvula. Na entrada podemos aplicar os sinais de microfones, mixers ou outras

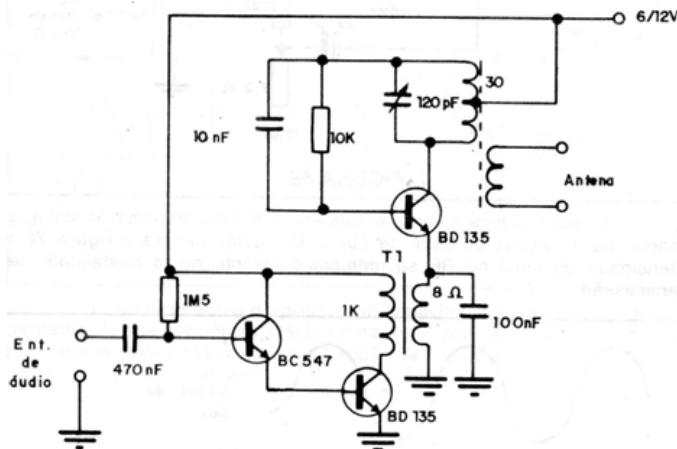
fontes de sinal. O controle de sensibilidade permite encontrar a modulação ideal de modo a não haver distorções. Na figura 15 temos uma simples etapa transistorizada para um transmissor de até 1 watt de potência de AM, podendo ser excitada por um microfone de eletreto ou um microfone de cristal.



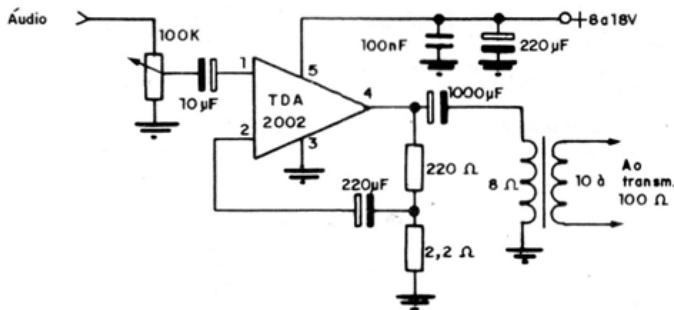
A alimentação de simples circuito modulador pode ser feita com tensões de 6 a 12 V conforme o transmissor. Veja que não usamos transformador de modulação, pois o transistor do circuito modulador é ligado em série com o transistor da etapa de RF. Na verdade, o circuito mostrado na figura 67 consiste num transistor completo para a faixa de ondas médias, de pequeno alcance e que usa uma antena de 3 a 5 metros. Este circuito experimental tem a mesma bobina do transmissor

de telegrafia que vimos anteriormente: 70+30 espiras de fio 28 em bastão de ferrite de 1 cm de diâmetro por 10cm de comprimento.

Na figura 16 temos um modulador com transformador.



O transformador pode ser do tipo de alimentação já que aproveitamos somente o enrolamento secundário como autotransformador. Uma versão interessante com circuito integrado para potências até 5 watts é mostrada na figura 17 tendo por base um circuito integrado TDA2002.

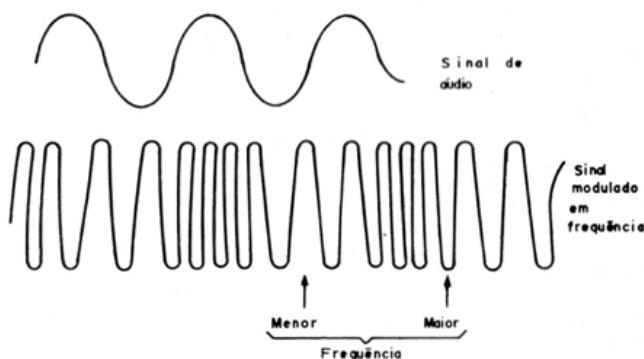


Este circuito pode ser alimentado com tensões entre 9 e 12 Volts sendo bastante sensível para admitir a excitação a partir de microfones ou outras fontes de sinal. O circuito integrado TDA2002 deve ser montado num bom radiador de calor.

É importante observar que os transmissores são muito sensíveis à captação de zumbidos de fontes de alimentação e da própria rede. Se quisermos evitar todos estes problemas, a melhor solução é a alimentação com bateria. Se uma fonte for usada, todas as etapas devem ser blindadas e qualquer cabo que transporte sinal, por mais curto que seja, deve ser blindado.

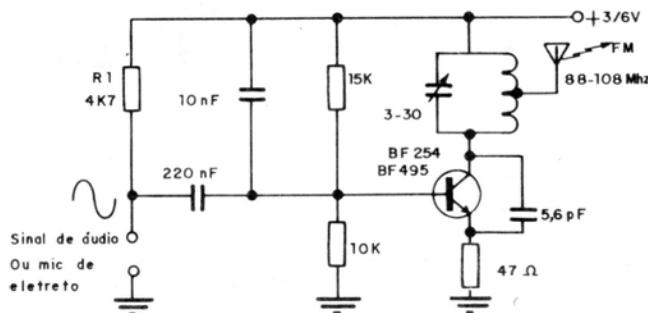
A segunda forma de transmitirmos um sinal de áudio usando uma portadora de alta frequência é através da modulação em frequência ou FM. O que fazemos é variar a frequência do sinal transmitido acompanhando as variações do sinal de áudio. Conforme mostra a

figura 18 a intensidade do sinal de RF se mantém constante nesta modalidade de transmissão.



Para que tenhamos uma transmissão perfeita existem também limites para as variações que o sinal pode sofrer. Uma modulação excessiva causa distorções e outros problemas, e uma modulação insuficiente produz um sinal pobre.

Diversas são as técnicas usadas para a modulação em frequência, lembrando que esta modalidade é usada principalmente na faixa de frequências que vai de 88 a 108 MHz. Os receptores desta faixa são dotados de circuitos especiais capazes de detectar os sinais modulados em frequência. Uma primeira técnica de obtermos esta modulação, mas de forma indireta e também mais simples, é mostrada na figura 19.

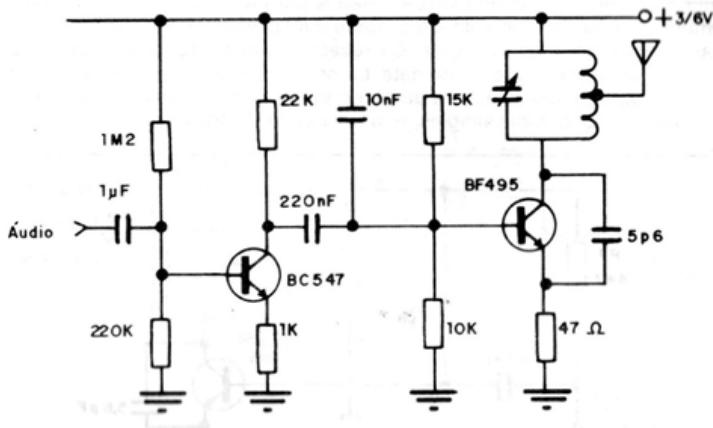


O sinal de áudio é aplicado via capacitor à base de um transistor oscilador de alta frequência. Desta forma, este sinal influí na polarização do transistor e afeta sensivelmente a frequência das oscilações modificando-a conforme este sinal. Na verdade, com esta técnica temos também variações da intensidade do sinal, mas os receptores de FM se comportam bem na detecção deste sinal.

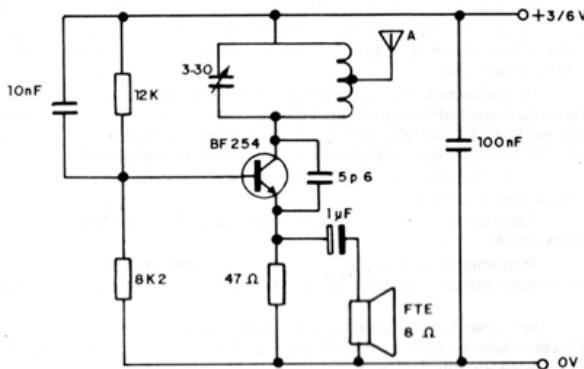
O pequeno transmissor da figura 71 tem um alcance da ordem de 100 metros e sua bobina consta de 4 espiras de fio 22 ou 24 numa forma sem núcleo de 1 cm de diâmetro. O trimmer é comum de 3 a 30 pF e a antena é um pedaço de fio rígido ou telescópico de 15 a 40 cm de comprimento. O microfone é de eletreto, mas com a retirada de R1 podemos usar um microfone de cristal.

Este transmissor operará entre 88 e 108 MHz, numa frequência livre da faixa de FM. Podemos usar uma etapa a mais para amplificar o

sinal do microfone, ou mesmo aplicar o sinal de uma fonte externa, conforme sugere a figura 20.

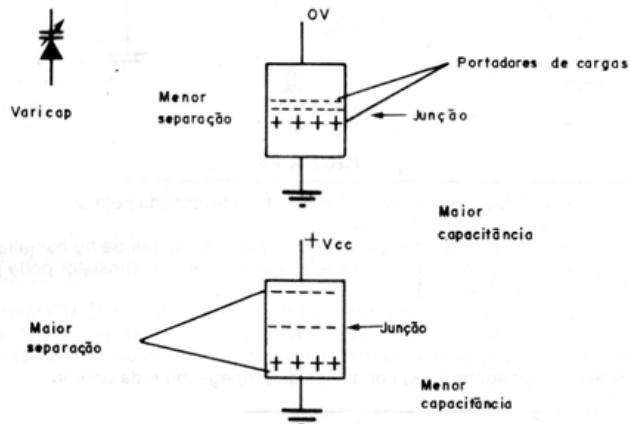


No entanto, se o sinal for muito forte começa a ocorrer o problema da sobremodulação com distorções e o espalhamento do sinal pelo espectro de FM, causando interferências. Outra técnica que nos permite trabalhar com sinais mais intensos, consiste na aplicação do sinal no emissor do transistor oscilador conforme mostra a figura 21.



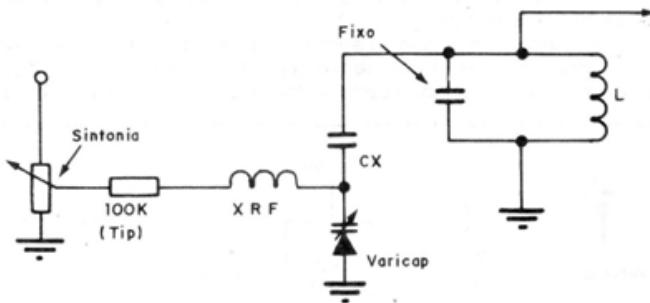
Esta é uma entrada de baixa impedância que permite o uso, por exemplo, de microfones de baixa impedância. Também o excesso de modulação pode causar problemas do tipo espalhamento do sinal e distorção. Veja que em FM como temos de variar a frequência do sinal quando ele é gerado e isso só pode ser feito no oscilador. Assim, para a modulação de FM não temos circuitos do tipo que opera nas saídas de potência.

A técnica mais elaborada e melhor para modulação em frequência é a que faz uso dos diodos varicap. Os diodos comuns apresentam uma propriedade interessante que é ampliada nos diodos varicap. Quando polarizados no sentido inverso, os materiais semicondutores funcionam como as placas de um capacitor separadas pela junção que no caso as isola, funcionando como dielétrico, conforme mostra a figura 22.

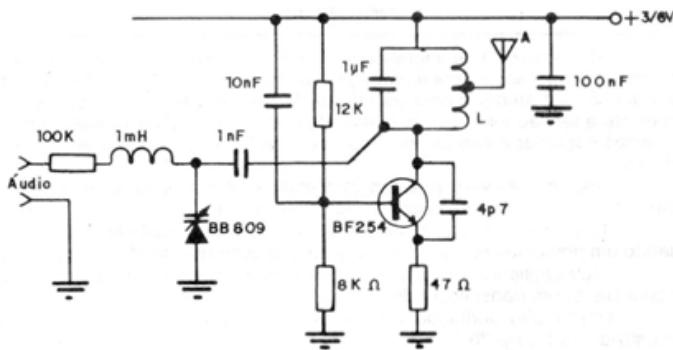


O que ocorre de interessante é que a separação das armaduras e, portanto, a capacidade apresentada pelo diodo varia com a tensão aplicada. Se a tensão for menor as placas se aproximam e a capacidade é maior. Se a tensão for maior as placas se afastam e a capacidade diminui.

Podemos controlar a capacidade por meio de tensão, numa certa faixa de valores. Nos diodos varicap estas características são ampliadas de modo a termos boas variações de capacidade com a tensão. Uma aplicação inicial para estes diodos é na sintonia de um circuito usando um potenciômetro para variar a tensão conforme mostra a figura 23.



Outra aplicação e que nos interessa neste caso é na modulação em frequência de um transmissor de FM. Um circuito modulador simples para um pequeno transmissor de FM é mostrado na figura 24.



Neste circuito o sinal de áudio é aplicado diretamente ao varicap BB809 fazendo sua capacitância modificar no mesmo ritmo. Esta variação de capacitância se reflete no circuito oscilador, já que o varicap atua como um capacitor em paralelo com a bobina. O resultado é que a frequência do oscilador também varia de acordo com o sinal de

áudio. O capacitor em série com o varicap isola-o do circuito de corrente contínua do oscilador e o indutor impede o retorno dos sinais de RF para o circuito de áudio.

A modulação vai ter sua intensidade determinada pela amplitude do sinal de áudio aplicado ao circuito. No circuito indicado a bobina consta de 4 espiras de fio esmaltado 22 ou 24 em fôrma de 1 cm de diâmetro, sem núcleo e o transistor pode ser o BF494 ou equivalente. Este pequeno transmissor terá um alcance da ordem de 100 metros.

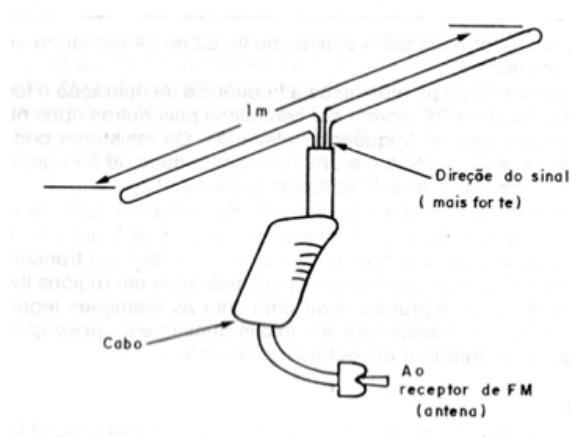
Com o uso de um transistor mais potente como o 2N1711 e a alimentação com 12 volts este transmissor pode ter alcance de mais de um quilômetro, dependendo das condições de propagação e da antena. Além dos processos de modulação que vimos existem outros que, entretanto, não são muito indicados para aplicações comuns na transmissão da voz, por exemplo. Existe a modulação da largura de impulsos ou PWM que consiste em se alterar a largura de pulsos gerados com um sinal de áudio, conforme mostra a figura 25.



No entanto, este tipo de modulação exige circuitos decodificadores especiais. Este tipo de modulação pode ser usada em

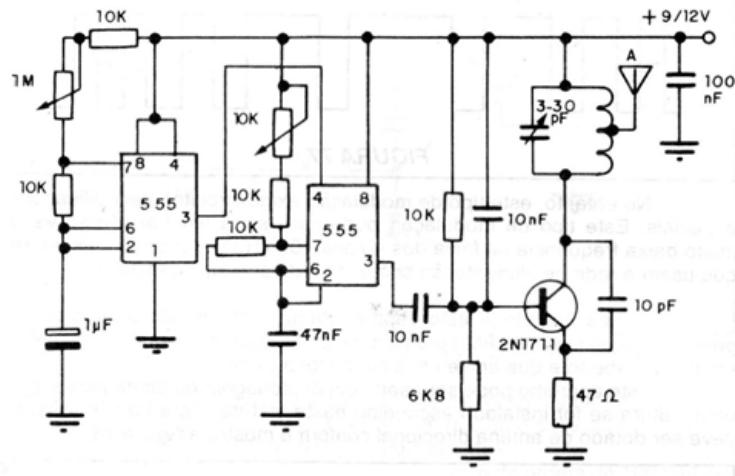
transmissores de muito baixa frequência na faixa dos 40 aos 100 kHz em intercomunicadores que usam a rede de alimentação como meio de conduzir os sinais. Para completar este capítulo damos um circuito prático de um pequeno transmissor de FM cujo alcance pode chegar a alguns quilômetros em campo aberto e que emite um sinal de localização.

Este aparelho pode ser usado em espionagem ou ainda para seguir uma viatura se for instalado escondido nesta viatura. Para isso, o receptor deve ser dotado de antena direcional conforme mostra a figura 26.



O circuito opera na faixa entre 70 e 120 MHz, devendo o operador escolher uma frequência de acordo com seu receptor e livre na localidade em que pretende operar o aparelho. O transmissor

localizador transmite pulsos sonoros intervalados e seu circuito completo é mostrado na figura 27.



Para maior alcance o circuito deve ser alimentado com 12 Volts e o transistor dotado de um dissipador de calor. A bobina é formada por 4 espiras de fio 22 ou 24 em forma de 1 cm de diâmetro sem núcleo.

No trimmer de 30 pF ajustamos a frequência de operação e todos os capacitores da etapa de RF devem ser cerâmicos pois outros tipos não são próprios para operação em frequências elevadas. Os resistores podem ter dissipação de 1/4 watt ou mais e a antena é um pedaço de fio rígido ou do tipo telescópico com comprimento variando entre 40 e 20 cm.

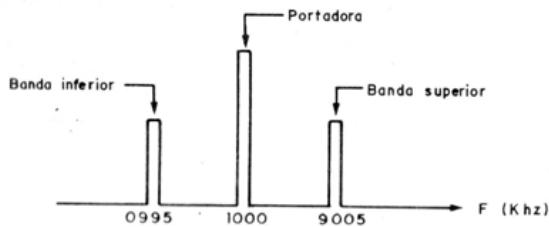
O tamanho da antena dependerá da disponibilidade de espaço para instalação ou da aplicação. Se for possível usar uma antena elevada (externa) cortada de acordo com o comprimento da onda a ser transmitida, o alcance pode ser de muitos quilômetros, principalmente em regiões livres de obstáculos. No entanto, é preciso levar em conta as restrições legais para operação deste tipo de transmissor em locais densamente povoados onde existe o perigo de se interferir em outras transmissões.

SSB

SSB é a abreviação de Single Side Band ou Faixa Lateral Única e consiste numa modalidade de transmissão que é muito usada em serviços de comunicações. A principal vantagem do sistema é o seu maior rendimento que possibilita maior alcance, principalmente na faixa de ondas curtas onde o sistema é mais usado.

A técnica do SSB é a seguinte:

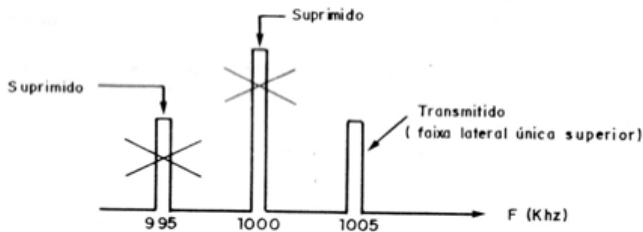
Quando modulamos um sinal em AM o sinal se combina com a RF gerando então dois sinais adicionais que correspondem a soma e a diferença das frequências. Por exemplo, se modulamos um sinal de 1 MHz com um sinal de 5 kHz de áudio, aparecem dois sinais, sendo um de 995 kHz e outro de 1 005 kHz (diferença e soma) ocupando assim um “espectro” de 10 kHz de largura, conforme sugere a figura 28.



Neste espectro temos uma distribuição da energia do transmissor o que acarreta um menor rendimento na transmissão. Teríamos muito maior rendimento de um transmissor, com maior alcance se a energia pudesse ser transmitida numa única frequência. No SSB o que se faz é justamente isso.

O sinal de alta frequência é gerado e depois modulado com o sinal de áudio.

No entanto, antes de ser amplificado, a portadora e uma das faixas (que pode ser e inferior ou a superior) é suprimida, ficando então apenas uma faixa ou banda lateral (daí o nome) figura 29.

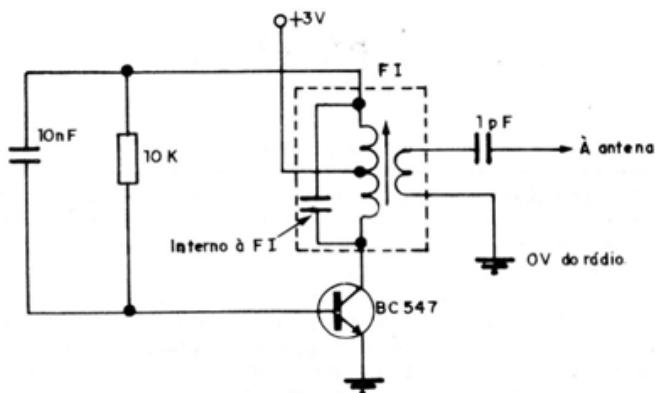


Esta faixa pode então ser amplificada concentrando toda a energia do transmissor e com isso "vai muito mais longe".

Para receber, entretanto, estes sinais os receptores comuns precisam de um recurso especial. A portadora precisa ser recolocada no sinal para que ele possa ser detectado. Assim, os receptores de SSB possuem um oscilador próprio para esta finalidade que "recupera" a modulação.

Se recebermos um sinal de SSB em rádio comum o som aparece "embaralhado" ou "fanhoso" sem que nada possamos entender. Os leitores já devem ter captado algumas destas transmissões em seu rádio de ondas curtas. Para captar sinais de SSB num receptor comum e "decodificá-los" precisamos de um BFO (Oscilador de Frequência de Batimento – abreviação do inglês).

O circuito da Figura 30 é um simples BFO que o leitor pode montar e adaptar no seu rádio AM de ondas curtas. Ele será ligado à antena do receptor quando captamos um sinal de SSB.



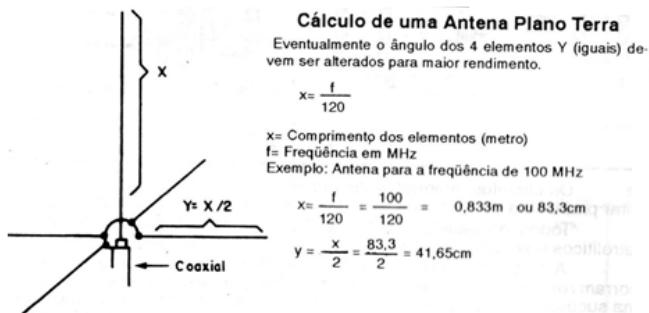
Na primeira vez que você captar uma transmissão em SSB ajuste o núcleo de FI e ao mesmo tempo a sintonia até tornar claro o sinal. Nas outras vezes basta atuar sobre a sintonia do rádio, não precisamos mais mexer em FI. A FI pode ser qualquer transformador de Frequência Intermediária de 455 KHz de rádio AM. A ligação a antena do rádio é feita com garra jacaré e a alimentação com 2 pilhas pequenas.

Antenas e Ajustes

Outros artigos deste site tratam do mesmo tema, porém tendo sido escritos em épocas diferentes. Este é de uma publicação nossa que saiu em 1992, mas ainda é atual pela teoria básica que apresenta. As novas tecnologias, evidentemente, não foram incluídas.

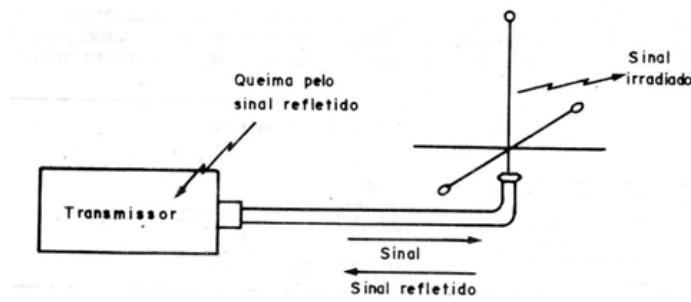
O bom desempenho de um transmissor, qualquer que seja sua frequência de operação depende da existência de uma boa antena e da transferência de toda a potência do transmissor para esta antena. Desta forma, o sistema de antena consiste não só nos elementos metálicos que formam esta antena, como também nos conectores e cabos que fazem sua ligação ao aparelho transmissor.

Uma antena precisa ter um comprimento certo em relação ao comprimento da onda que está sendo transmitido, para que ocorra um funcionamento perfeito veja na figura 1 como calcular o tamanho de uma antena plano - terra.

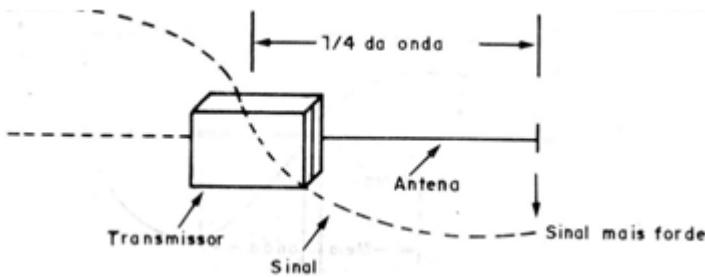


Se isso não ocorre, temos diversos fenômenos que prejudicam o desempenho do transmissor como:

a) Reflexão dos sinais, provocando o aparecimento de ondas estacionárias. Estas ondas voltam ao transmissor forçando os componentes de saída. Nos transmissores que usam transistores mais delicados nas etapas de potência, pode até ocorrer a queima destes transistores se houver uma relação de ondas estacionárias impróprias, conforme sugere a figura 2.



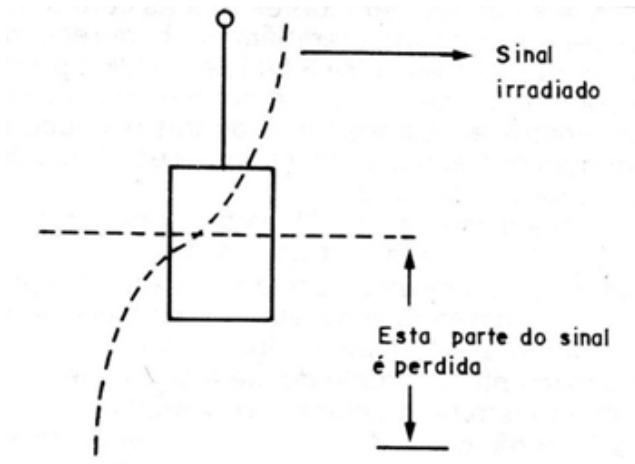
b) Falta de rendimento, com uma potência irradiada muito menor que a esperada reduzindo assim o alcance do transmissor. O tipo de antena mais simples é a formada por uma simples vareta de metal, como as usadas nos pequenos walk-talkies e microfones sem fio e que normalmente não tem um tamanho realmente correspondente ao comprimento da onda que devem transmitir, conforme mostra a figura 3.



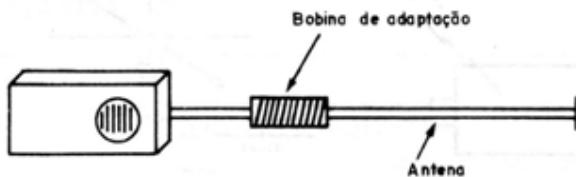
Como estes são transmissores de curto alcance, o rendimento não precisa ser dos maiores e a antena apenas precisa ter um comprimento que apenas não supere um quarto do comprimento da onda que está sendo emitida. Quanto mais este comprimento se aproximar de um quarto do comprimento da onda, maior rendimento teremos.

Para um transmissor na faixa de FM este comprimento corresponde a aproximadamente 70 a 80 cm na faixa de 88 a 110 Hz. Um dos problemas deste tipo de antena é que ela transmite na realidade

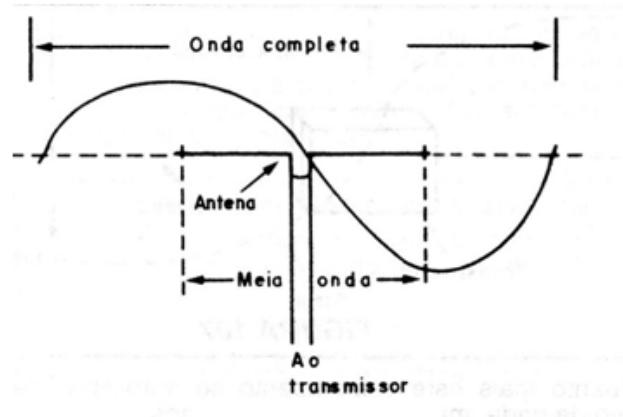
apenas uma fase do sinal, sendo a outra representada pela caixa do aparelho, o que reduz o rendimento, conforme mostra a figura 4.



A segunda fase é importante para que tenhamos maior diretividade e maior rendimento na transmissão do sinal. Para os casos em que temos um comprimento de onda muito grande, por exemplo, na faixa de ondas curtas, a redução do comprimento da antena modifica sua impedância e exige uma compensação. Isso pode ser conseguido com a utilização de uma bobina de carga, conforme mostra a figura 5.



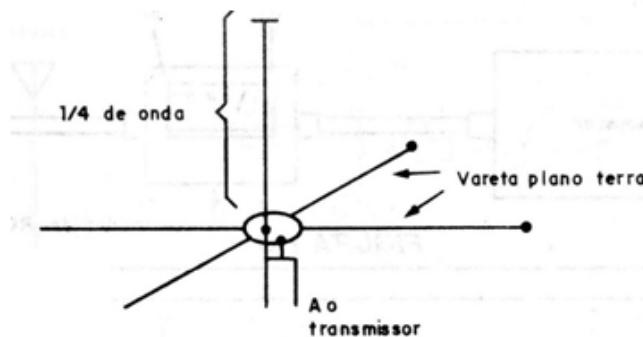
Outro tipo importante de antena é o dipolo mostrado na figura 6.



Esta antena tem dois elementos que formam o dipolo e sua impedância é da ordem de 300 ohms, devendo, pois ser ligada ao transmissor por meio de um cabo com esta impedância. Este tipo de antena é muito utilizado em TV Analógica em VHF e FM, pois para estas faixas seu comprimento permite a utilização de varetas de alumínio. Pequenos transmissores de FM terão bom rendimento com uma antena deste tipo.

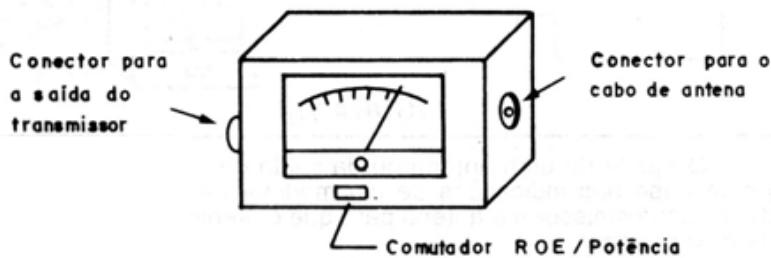
Para a faixa de radioamadores (ondas curtas) entre 80 e 10 metros este tipo de antena proporciona também um bom rendimento para transmissores. Assim, transmissores entre 3 MHz e 30 MHz podem usar este tipo de antena cujos comprimentos variarão entre 5 e 40 metros. Deve ser usado fio grosso nos elementos e isolados pelas pontas dos locais em que a antena é suspensa. Nenhum obstáculo ou

objeto deve estar nas proximidades para garantir um bom funcionamento. Para transmissores de FM uma solução também interessante é a antena "plano terra" mostrada na figura 7.



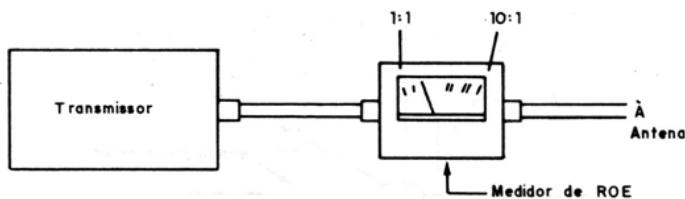
Esta antena tem uma vareta vertical com 1/4 do comprimento da onda que se está operando e varetas horizontais de aproximadamente o mesmo comprimento que formam o plano terra. Diferentemente do dipolo de meia onda que é polarizado horizontalmente, esta antena tem uma polarização vertical.

Sua impedância é de aproximadamente 75 ohms o que exige o emprego de um cabo com esta impedância na ligação ao transmissor. Um equipamento muito importante para os que operam com transmissores é o chamado medidor de ondas estacionárias ou medidor de ROE (Relação de Ondas estacionárias). Na figura 8 temos o aspecto de um destes instrumentos.

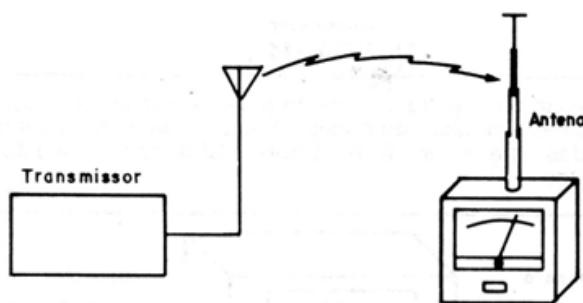


O que este pequeno aparelho faz é verificar se existe reflexão de sinal na antena e na linha de transmissão prejudicando assim o rendimento de um transmissor. Se não há nenhuma reflexão e o rendimento é máximo dizemos que a relação de ondas estacionárias é de 1 para 1 ou 1:1. Se tivermos perdas esta relação vai diminuindo como, por exemplo, 1:2, 1:3, etc. Quanto maior for o segundo número desta relação maiores são as perdas, o que significa que existe descasamento de características entre a saída do transmissor, o cabo e a antena.

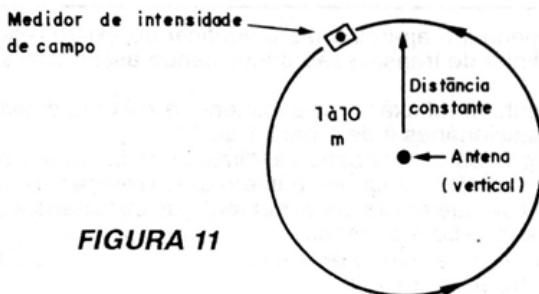
O medidor de ROE é intercalado entre a saída do transmissor e a antena, conforme mostra a figura 9.



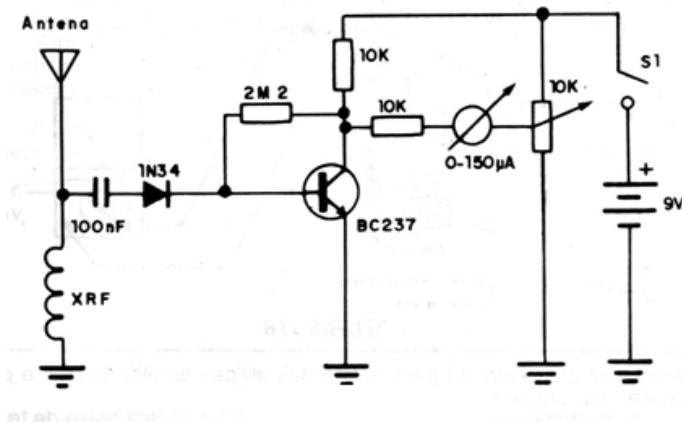
Temos ainda outro instrumento de grande utilidade para os que operam com transmissores: o medidor de intensidade de campo. Este pequeno instrumento, conforme mostra a figura 10 detecta os sinais emitidos por uma antena permitindo assim a avaliação de sua intensidade.



Com o medidor de intensidade de campo rodeando uma antena podemos determinar o seu padrão de irradiação, conforme mostra a figura 11.

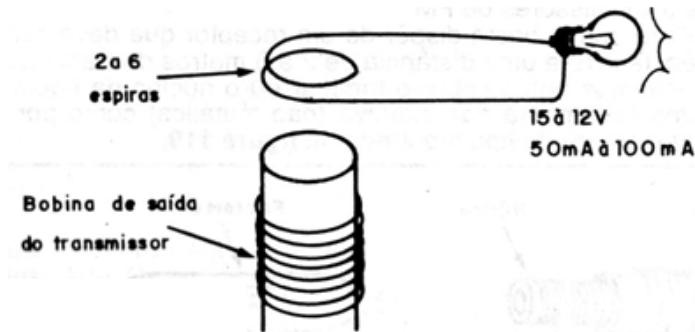
**FIGURA 11**

Numa antena omnidirecional devemos ter a mesma intensidade em todos os pontos na mesma distância da antena quando a rodeamos. Numa antena direcional devemos ter uma intensidade de sinal maior na direção para a qual ela está apontada. O ajuste de uma antena ou da saída de um transmissor pode ser feito com base nas indicações de um medidor de intensidade de campo. Ajusta-se o transmissor e a antena para que o medidor indique o máximo de potência irradiada. Na figura 12 temos um medidor de intensidade de campo simples que pode ser usado com transmissores na faixa de 1 MHz até mais de 100 MHz.



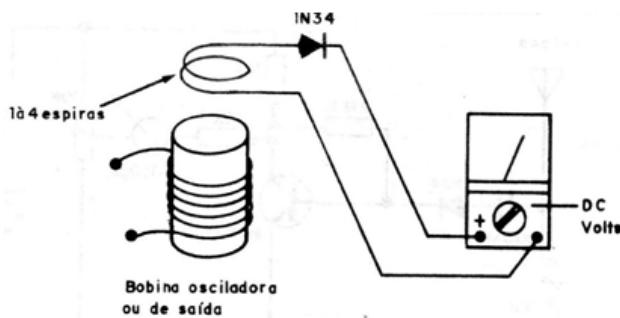
A antena é do tão telescópico e o transistor pode ser qualquer NPN de uso geral de silício. O diodo detector deve ser de germânio para máxima sensibilidade e o instrumento indicador é um microamperímetro de 150 ou 200 mA de fundo de escala. O circuito é alimentado por uma bateria de 9 V e pode ser montado numa pequena placa de circuito impresso. Para usá-lo basta ligar a alimentação e zerar o instrumento atuando sobre o potenciômetro. Não é preciso sintonizar nada pois o circuito é aperiódico.

O choque de RF consiste em 200 espiras de fio 32 num bastão de ferrite de 1 cm de diâmetro por 10 cm de comprimento. Para calibrar transmissores um recurso muito simples que se aplica quando o transmissor tem pelo menos 1 watt de potência é o anel de Hertz, ilustrado na figura 13.



A lâmpada terá de 1 a 5 watt de potência dependendo do transmissor e o anel é formado por 1 a 5 espiras de fio comum. Quando colocamos esta espira junto a bobina tanque final do transmissor, onde deve aparecer toda a sua potência de RF, é induzida uma tensão no anel que faz a lâmpada acender.

Devemos ajustar então a sintonia da bobina final ou da etapa final do transmissor para que esta lâmpada acenda com a máxima intensidade. Quando isso ocorrer saberemos que o transmissor está ajustado para o máximo rendimento. Uma variação para este circuito pode ser improvisada com um multímetro e um diodo conforme mostra a figura 14.



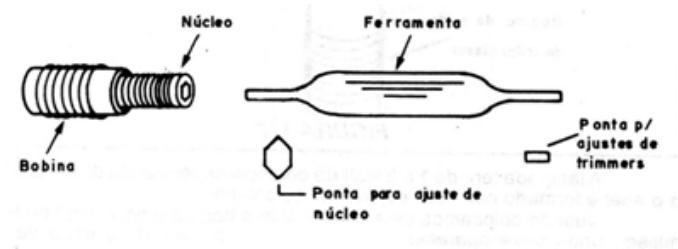
Esta versão mais sensível se aplica a transmissores menores, na faixa de 10 a 500 mW como, por exemplo, pequenos transmissores de FM e de rádio controle, servindo para ajuste das etapas amplificadores e para a verificação de funcionamento. O multímetro deve estar ajustado para uma escala baixa de tensões contínuas e o diodo deve ser de germânio para maior sensibilidade.

Este tipo de circuito não deve ser usado em transmissores potentes pois pode haver o risco de se sobrealarregar o multímetro.

Como ajustar um transmissor

Existem diversas técnicas de ajustes de transmissores que dependem dos instrumentos que cada montador tenha disponível. Começamos pelos transmissores mais simples em que temos apenas um circuito oscilador como, por exemplo, os microfones sem fio e os pequenos transmissores de FM.

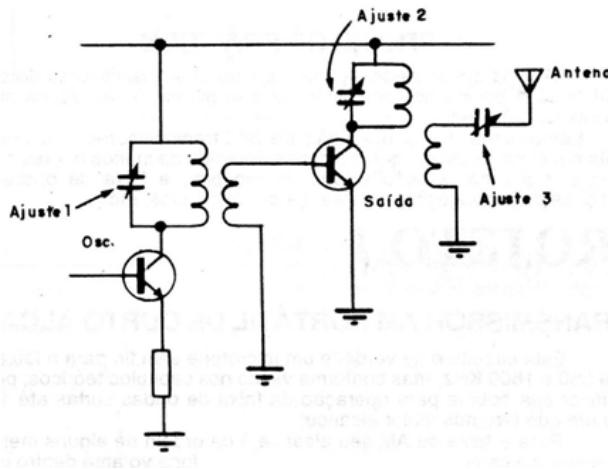
Para estes, basta dispor de um receptor que deve ser sintonizado em frequência livre a uma distância de 2 a 3 metros do transmissor. Atuamos então sobre o trimmer ou o núcleo da bobina osciladora usando uma ferramenta não indutiva (não metálica) como, por exemplo, de plástico ou madeira do tipo mostrado na figura 15.



À medida que atuamos sobre o trimmer ou bobina, podemos pegar o sinal no receptor em diversos pontos. Dependendo do circuito são geradas frequências harmônicas que são captadas com maior ou menor intensidade. Devemos fazer o ajuste até encontrar a frequência em que o sinal seja mais forte. Para verificar isso basta se afastar com o receptor. Se o sinal não desaparecer logo é porque temos o fundamental, ou seja, o sinal principal que deve ser mantido.

A falta de qualquer sinal deve ser verificada com a medida de tensões no circuito e o teste dos componentes. Sinal fraco abaixo do esperado pode significar problemas de sintonia. Neste caso, devemos diminuir ou aumentar o número de espiras da bobina, pois provavelmente ela estará com a frequência bem fora do esperado. Para

transmissores com duas ou mais etapas, como o da figura 16, o procedimento é o seguinte:



Começamos por sintonizar nas proximidades um receptor em frequência livre, a uma distância da ordem de ou 2 metros. A antena será apenas um pedaço de fio pequeno para que não haja um sinal muito forte na saída. Atuamos então sobre o circuito oscilador de modo a levá-lo na frequência desejada. Devemos usar uma ferramenta não metálica para esta finalidade, por motivos que já explicamos.

Uma vez conseguido o sinal mais forte na frequência desejada, atuamos sobre a sintonia na etapa de amplificação de modo a obter também o sinal mais forte. Podemos usar um medidor de campo para esta finalidade ou ainda o anel de Hertz, sempre conferindo com o receptor que a frequência não saia do valor desejado.

Dependendo do ajuste podem ser necessários retoques no circuito oscilador para se obter o funcionamento perfeito, pois nos osciladores sem cristal um circuito pode influir no outro. Para transmissores com mais de uma etapa de amplificação, fazemos os ajustes das duas, tomando como base a intensidade do sinal de saída.

Retoques devem ser feitos de modo a se obter a máxima intensidade de sinal. Se o transmissor tiver a frequência controlada por cristal, devemos ajustar o trimmer conjugado de modo a obter a oscilação na etapa osciladora. Depois passamos às etapas de amplificação de modo a obter máxima intensidade de sinal.