

## CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RECEPTORES DE CONVERSÃO DIRETA

Por Luiz Amaral  
PY1LL/PY1LL

Muito se tem falado sobre os receptores de conversão direta, mas muita coisa ainda é desconhecida da maioria dos radioamadores sobre tais receptores. Consideremos uma transmissão de áudio.

Um receptor de conversão direta não deixa de ser um superheterodino, mas com a FI em 0 Hz, isto é, a banda da FI é o próprio áudio e, portanto, a imagem de um LSB é o USB e vice-versa, pois a frequência imagem é a frequência desejada somada ou subtraída do dobro da frequência da FI.

No diagrama da Figura 1, vê-se o sistema mais simples de tal receptor e vamos apresentar suas vantagens e desvantagens. Adiante, acrescentamos outros elementos para melhorar a performance do receptor, ainda apresentando o novo diagrama e os comentários a ele pertinentes.

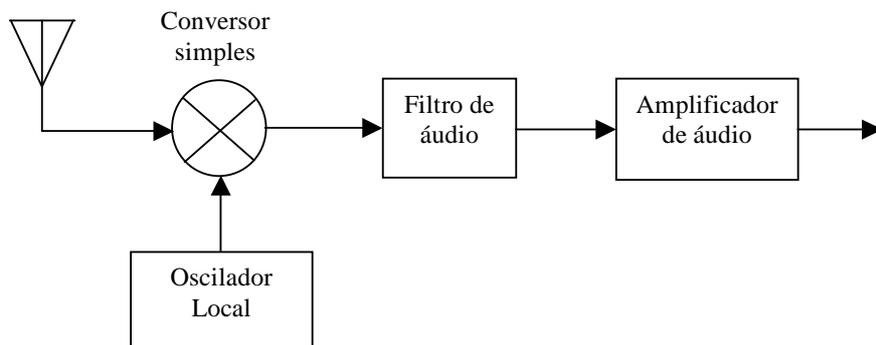


Figura 1

Nesse modelo simples, o sinal da antena em banda larga, isto é, sem nenhuma filtragem, excita o conversor que recebe como sinal de oscilador local, a própria frequência  $F$  que se deseja receber. Na saída do conversor que é simples, não balanceado, obtém-se o sinal do oscilador local, o sinal de RF de banda larga da entrada, seus harmônicos e o áudio, fora outros sinais sem importância aqui. Todos esses sinais são filtrados pelo filtro de áudio a seguir que só deixa passar, digamos, de 300 a 3.000 Hz. O áudio é amplificado e vai para a saída.

Podemos verificar o seguinte:

A – O ganho total do receptor (em dB) é dado pelo ganho do amplificador de áudio mais o ganho de conversão menos as perdas eventuais no filtro de áudio. Como o ganho do amplificador de áudio tem de ser

muito grande, oscilações indesejáveis de difícil remoção podem ocorrer. Esse amplificador tem de ser de baixo ruído também devido aos pequenos sinais à sua entrada.

É importante lembrar que os conversores a diodo, apesar de excelente IP3, possuem ganho de conversão negativo, exigindo ainda mais ganho do amplificador de áudio.

B – Num sinal de AM comum com portadora, corretamente sintonizado, o batimento desta com o oscilador local, além da soma, produz a diferença de frequência que é zero, ou seja, uma tensão DC. Se o conversor for a diodo(s) e acoplado diretamente, por exemplo, essa DC irá modificar a polarização do(s) diodo(s), alterando o ganho e a resposta do conversor (isto vale para qualquer conversor sensível à DC).

C – Um sinal limpo de SSB será demodulado, mas não haverá nenhuma rejeição de banda indesejada. Na verdade, a banda indesejada é a imagem da banda desejada e, como esse tipo de receptor não tem nenhum dispositivo de rejeição de imagem, a banda indesejada é também recebida.

D – Como a entrada está em banda larga, todos os sinais dessa banda contribuem para os produtos de intermodulação, degenerando, na prática, a qualidade do receptor.

E – Normalmente, para boa eficiência de conversão, o sinal do oscilador local é de grande amplitude, ou quadrado ou se satura no próprio conversor e, por isso, rico em harmônicos ímpares.

Estes harmônicos também detectam sinais como faz a fundamental, produzindo no áudio uma mistura dos sinais nas frequências  $F$ ,  $3F$ ,  $5F$ , etc. Numa onda quadrada, a amplitude do harmônico (esta forma de onda somente possui harmônicos ímpares) de ordem  $2n-1$  (com  $n = 1, 2, 3...$ ), é inversamente proporcional a  $2n-1$ , de forma que a contribuição no áudio de um sinal detectado pelo harmônico  $2n-1$  é proporcional à amplitude do sinal de RF, mas também é atenuado por um fator igual a  $20 \log (2n-1)$  em dB. Dessa forma, por exemplo, um sinal relativo ao terceiro harmônico ( $n = 2$ ) é atenuado de 9,5 dB. Mesmo assim, prejudica muito a recepção, em especial se o sinal de RF na frequência harmônica for forte.

F – Devido à banda larga, não linearidades correspondentes à entrada de RF podem misturar sinais muito fortes de frequências muito próximas, gerando áudio que não tem como ser separado do desejado.

**Por Luiz Amaral  
PY1LL/PY1LL**

G – O ruído desse esquema de receptor é dado principalmente pelo conversor e pelo oscilador local, como qualquer receptor sem amplificador de RF, apesar da contribuição notável do amplificador de áudio.

H – A não-linearidade do conversor, sob sinais fortes, detecta como um detector a diodo e, portanto, gera áudio na saída do conversor, *mesmo sem a presença do sinal do oscilador local*. Se for um AM comum, com portadora, o áudio será inteligível. É o que acontece com as broadcastings noturnas em 40 m que perturbam muito, pois aparecem sempre mesmo quando se está sintonizando outra frequência. Este efeito é chamado lá fora de ‘efeito Rádio Moscou’.

I – A recepção de DSB, por exemplo, não pode ser efetuada da maneira correta, isto é, de forma síncrona.

- O efeito do item A pode ser abrandado pela utilização de amplificador de RF na entrada, maior ganho de conversão e até filtro de áudio com ganho, diminuindo a necessidade de muito alto ganho no amplificador de áudio (nos casos de conversão com FI normal, o amplificador de FI contribui muito com o ganho da cadeia).

- O problema do item B pode ser resolvido com o uso de conversor insensível à DC e um pouco pelo balanceamento do conversor em relação à entrada do oscilador local.

- O problema indicado em C pode ser muito atenuado, senão resolvido, pelo uso de circuitos eliminadores de imagem. Se estes forem de alta qualidade, já à entrada do filtro de áudio obtém-se a detecção de SSB com rejeição da banda indesejada. Pode-se usar tais circuitos em rádios de FI normal, melhorando-se em muito a atenuação de imagens, mesmo para frequências baixas de FI, podendo eliminar a necessidade de eventual segunda conversão.

- O indicado em D ocorre em qualquer receptor de banda larga, de conversão direta ou não. Resolve-se isto com o uso de filtro passa-banda estreito na entrada do receptor, transformando-a em entrada de banda estreita. A dificuldade prática é que esse filtro tem de ser sintonizado para cada frequência desejada e o projeto desta sintonia é problemático se quisermos fazê-la automática, isto é, sem a intervenção do operador.

O receptor ideal é aquele que tem, já na sua entrada (e com elementos passivos não saturáveis), toda a sua seletividade. Isto é muito difícil de se implementar especialmente para receptores de grande cobertura de frequência, como os de 1 a 30 MHz.

**Por Luiz Amaral  
PY1LL/PY1LL**

- O problema mostrado em E se resolve também com o filtro passa-banda acima referido, apesar de poder ser resolvido com um simples filtro passa-baixas na entrada, com corte pouco acima da frequência que se deseja receber, eliminando-se os harmônicos superiores.
- O problema do item F resolve-se com o uso de conversor de maior IP3 (ou amplificador de RF, se este for utilizado).
- O problema do item G é resolvido obviamente pelo uso de conversor de baixo ruído e oscilador local de alta qualidade, isto é, de ruído de fase baixo. Um bom amplificador de RF pode melhorar a recepção se o ruído do conversor for alto.
- O problema do item H é resolvido pelo uso de conversor balanceado em relação à entrada de RF, fazendo com que os sinais diretos não gerem áudio.
- O problema do item I resolve-se com o uso de dois conversores, como os usados no sistema de rejeição de imagem.

O diagrama do receptor melhorado fica como na Figura 2.

O sistema utiliza dois conversores, dois sinais de oscilador local defasados de  $90^\circ$  entre si e dois defasadores de áudio de  $+45^\circ$  e de  $-45^\circ$ , eliminando as frequências menores ou maiores que a do oscilador local, ou seja, a imagem, nesse caso a banda indesejada. A precisão desses elementos é que define a qualidade dessa rejeição. Se forem trocados, por exemplo, os defasadores de áudio entre si, troca-se também a banda rejeitada (passa-se de recepção de LSB para USB e vice-versa).

Para os receptores de entrada de banda larga, os harmônicos (ímpares de ordem  $2n-1$ ) do oscilador local também, e de maneira alternada, eliminam uma das bandas. Os harmônicos ímpares de ordem  $4n-3$  (ordem = 1, 5, 9, 13, etc) eliminam uma das bandas e os de ordem  $4n-1$  (ordem = 3, 7, 11, 15, etc) eliminam a outra banda. Se por exemplo, se sintoniza 1 MHz em LSB, os sinais detectados pelos harmônicos 5, 9, 13, ... MHz também estarão sendo detectados em LSB e os sinais de 3, 7, 11... MHz estarão sendo detectados em USB.

Por isso é fundamental que, pelo menos, exista um filtro passa-baixas na entrada do receptor para eliminar todas as referidas detecções harmônicas.

A banda do receptor é definida pelo filtro passa-banda de áudio, pois o filtro passa-banda de RF é de pior qualidade que o de áudio no que se refere à atenuação fora da banda.

**Por Luiz Amaral  
PY1LL/PY1LL**

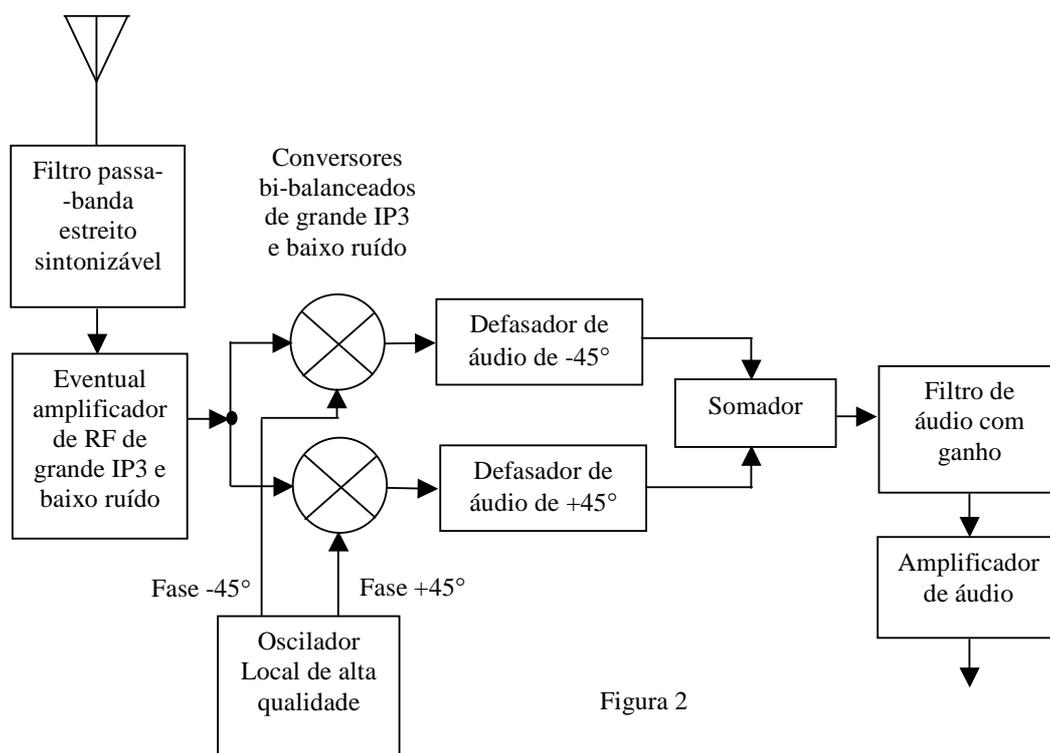


Figura 2

Todas essas dificuldades fazem com que poucas empresas comerciais produzam sistemas de conversão direta. Mas realmente, com bastante cuidado construcional, é possível se projetar e montar um receptor de conversão direta bastante interessante.

Por exemplo, um desses cuidados importantes se refere aos defasadores de áudio. São circuitos exigentes quanto à precisão dos componentes que são bastante numerosos. Capacitores são difíceis de se obter com muita precisão, mas pode-se associar alguns para se conseguir o valor desejado.

Resistores são mais fáceis de se obter caseiramente: escolhe-se um resistor (de carbono) que esteja com valor próximo ao que se deseja, mas menor que este. Enquanto se mede o valor do resistor com medidor de precisão, raspa-se o material do resistor com uma lâmina de barbear cuidadosa e lentamente até se obter o valor procurado. Após, cobre-se o resistor com leve camada de uma cola tipo Araldite® de cura lenta, para proteger o componente e estabilizar seu valor. Marcar o componente após pronto é uma boa medida.

Os defasadores de áudio podem ser passivos ou ativos.

Outro fator muito importante para a eliminação correta da banda indesejada é a igualdade de amplitudes dos dois sinais à entrada do somador.

Um potenciômetro (de pequeno valor comparado com os resistores do somador) pode produzir esse equilíbrio de amplitudes tão necessário à anulação dos sinais indesejados.

Essas diferenças de amplitude existem devido à diferença de ganho de conversão dos dois conversores e das diferentes atenuações dos próprios defasadores de áudio. As fases e amplitudes devem ser as mais próximas do teórico possível. Pequenas diferenças produzem grande perda de atenuação da banda indesejada. Na literatura há dezenas de artigos mostrando essa necessidade.

**Por Luiz Amaral  
PY1LL/PY1LL**