

ELE 1090 – PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES EXPERIÊNCIA 3 - TRABALHO PREPARATÓRIO

CIRCUITOS DO RECEPTOR SUPER-HETERÓDINO DE AM (PARTE I)

OBJETIVOS: Estudar o funcionamento e características dos circuitos do receptor super-heteródino de AM: Oscilador local, Amplificador de RF e Misturador.

1 INTRODUÇÃO TEÓRICA

Receptores são circuitos eletrônicos dispostos de modo a selecionar, amplificar e demodular sinais de radio-frequência captados por uma antena. O receptor comercial de AM mais empregado é do tipo super-heteródino (Armstrong, 1918), cuja representação esquemática é apresentada na Fig. 1.

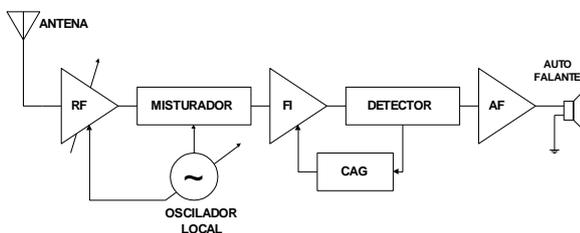


Figura 1 – Receptor super-heteródino

Na entrada do receptor, uma antena recebe as ondas eletromagnéticas contendo as informações moduladas em AM, e ocorre uma conversão para a forma de corrente elétrica. Dado que a antena recebe um grande número de rádio-frequências (emissoras) torna-se necessário selecionar a banda de frequência desejada (o prefixo).

Os sinais recebidos pela antena receptora normalmente são fracos e devem ser amplificados a fim de permitir a extração da informação contida na onda modulada pelos circuitos eletrônicos. Esta é a função do amplificador de RF.

Num receptor super-heteródino o sinal de entrada é trasladado em frequência para uma faixa em torno de uma frequência intermediária (FI). Dessa forma, um amplificador com características de filtragem estabelecidas criteriosamente pode ser utilizado para prover a maior parte do ganho e da seletividade necessários à operação do receptor (amplificador de FI). Esta translação é realizada pelo circuito misturador, juntamente com um oscilador local.

O oscilador local deve operar de modo que sua frequência varie de acordo com a frequência do canal de comunicação escolhido mantendo, em relação a essa frequência, uma diferença constante e igual à frequência de operação do amplificador de FI.

O detector de sinais de AM é constituído, em geral, por um retificador de pico seguido de um filtro

passa-baixa. O sinal de áudio fornecido pelo demodulador é aplicado a um amplificador de AF (áudio frequência) convencional.

Constituem objetivos desta experiência dar início ao estudo do circuito completo do receptor super-heteródino. Nesta primeira parte, serão investigados os circuitos oscilador local, amplificador de RF e misturador. Os circuitos amplificador de FI, controle automático de ganho (CAG) e circuito de áudio serão estudados nos próximos experimentos. O circuito detector de envoltória já foi analisado na experiência anterior (Lab 2).

2 ELEMENTOS DO CIRCUITO RECEPTOR

2.1 ANTENA

As antenas de AM costumam possuir dimensões físicas elevadas (vários metros). Entretanto, não seria prático em receptores comerciais (rádios portáteis) empregar um tal tipo de antena, e assim, são utilizadas antenas com núcleo de ferrite. A função da ferrite é ampliar a fraca corrente induzida pela onda eletromagnética na bobina da antena, de forma a poder se trabalhar com dimensões mais reduzidas. Normalmente é enrolada uma outra bobina sobre o núcleo de ferrite, a qual alimenta o amplificador de RF. Assim, a antena de ferrite serve simultaneamente como antena e transformador de entrada.

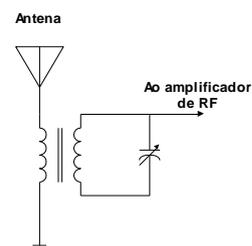


Figura 2- Circuito de sintonia da antena.

Se for desejado que a antena receba apenas uma faixa de frequência, deve-se sintonizá-la com o auxílio de um capacitor variável, conforme ilustra a Fig.2. Neste caso, o estágio amplificador de RF que viria a seguir seria um amplificador linear comum.

Por outro lado, o circuito de sintonia pode vir inserido no próprio amplificador de RF, conforme será o caso deste experimento.

2.2 AMPLIFICADOR DE RF SINTONIZADO

Um dos amplificadores de RF sintonizados mais simples, consiste de uma etapa constituída por um único transistor, e, com um circuito ressonante na sua saída, conforme ilustra a Fig. 3.

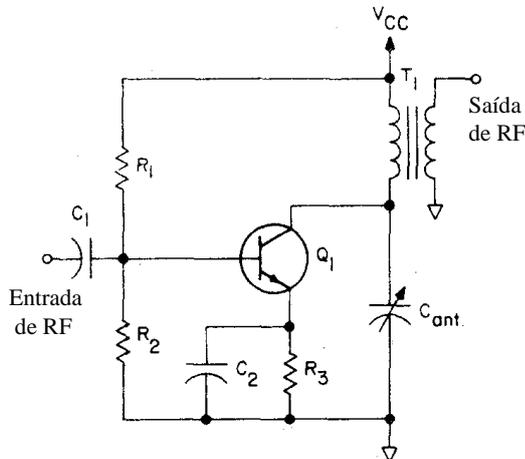


Figura 3 – Amplificador de RF sintonizado

O circuito é basicamente uma etapa de emissor comum com uma carga ressonante composta pelo primário de um transformador, T_1 , e um capacitor variável, C_{ant} . A faixa **relativa** de frequência de operação (relação entre a frequência máxima e mínima na qual o amplificador pode ser sintonizado) é estabelecida pela faixa de variação do capacitor variável. Os valores **absolutos** das frequências máxima e mínima podem ser determinados sintonizando-se o transformador T_1 .

2.3 MISTURADORES (MIXERS)

O misturador converte o sinal de RF para uma frequência intermediária (FI), multiplicando-o por uma frequência de referência gerada pelo oscilador local (OL). Sua operação é baseada no princípio de que a multiplicação de duas formas de ondas senoidais produzem novas componentes nas frequências soma e diferença::

Sinal de informação:

$$e_m(t) = A_m \cos \omega_m t$$

Sinal de AM recebido:

$$e_{AM}(t) = [A_p + e_m(t)] \cos \omega_p t \\ = [A_p + A_m \cos \omega_m t] \cos \omega_p t$$

Oscilador local:

$$e_{OL}(t) = A_{OL} \cos \omega_{OL} t$$

Saída do misturador:

$$e_{MIX}(t) = e_{AM}(t) \cdot e_{OL}(t) \\ = [A_p + e_m(t)] \cos \omega_p t \cdot A_{OL} \cos \omega_{OL} t$$

$$e_{MIX}(t) = \frac{A_{OL}[A_p + e_m(t)]}{2} \cos(\omega_{OL} - \omega_p)t + \\ + \frac{A_{OL}[A_p + e_m(t)]}{2} \cos(\omega_{OL} + \omega_p)t$$

Uma representação espectral desses sinais está apresentada na Fig. 4

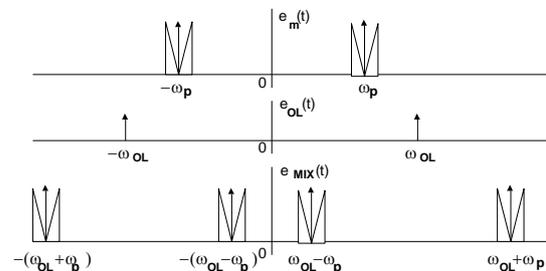


Figura 4 – Espectros dos sinais

O circuito misturador utiliza apenas a frequência diferença, rejeitando as demais. Esta frequência diferença será então a frequência intermediária (FI). Em sistemas AM de radiofonia, a frequência de FI é igual a 455 kHz.

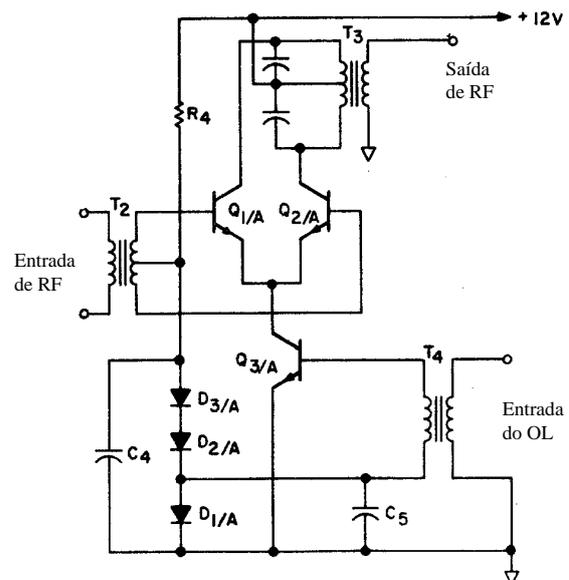


Figura 5- Circuito misturador.

O circuito misturador da unidade COM-1 é baseado no CI 371, conforme ilustra a Fig. 5. A saída está isolada da entrada devido à operação balanceada do circuito. Os capacitores C_4 e C_5 são capacitores de passagem, enquanto os demais sintonizam o transformador T_3 na frequência intermediária. A saída da etapa diferencial é o produto dos sinais de RF e do oscilador local. O transformador de saída T_3 atenua a componente de frequência soma, permitindo somente a passagem da componente de FI.

2.4 OSCILADOR LOCAL

O oscilador local é um oscilador senoidal cuja frequência pode ser variada ao longo de uma determinada faixa. Uma vez que a diferença entre as frequências do oscilador local e de RF deve ser constante, o mesmo controle (capacitor variável) que modifica a frequência do amplificador de RF deve modificar a do oscilador local. Na Fig. 6 ilustra-se o oscilador local da unidade COM-1.

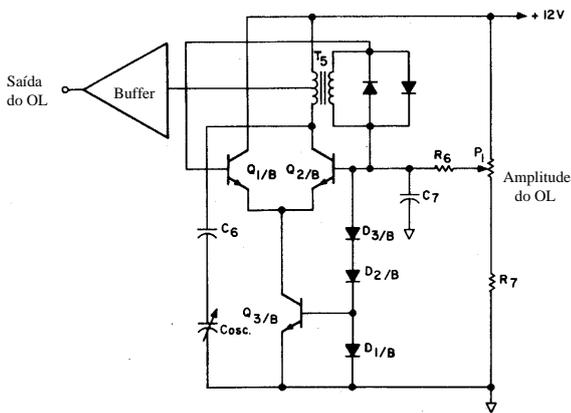


Figura 6- Circuito oscilador local.

Na Fig. 6 o potenciômetro P_1 controla a corrente que passa pelos transistores e, por conseguinte, as amplitudes das oscilações. A saída do oscilador é obtida através de um amplificador de isolamento (*buffer*), cujo circuito está representado na Fig. 7.

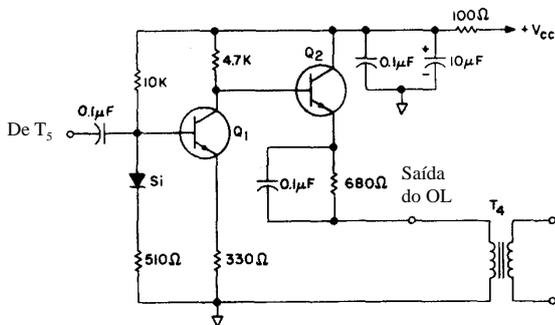


Figura 7 – Amplificador de isolação.

3 RESPONDER ÀS SEGUINTEs QUESTÕES

a) Explicar o princípio de funcionamento do receptor super-heteródino completo da Fig. 1.

b) Na sua opinião, em vez do receptor super-heteródino, não seria mais simples construir um rádio AM simplesmente através de um filtro sintonizável (filtro variável ou com janela móvel), seguido dos estágios de amplificador de RF, detector de envoltória e amplificador de áudio? Isto corresponderia a um receptor regenerativo.

c) Sabe-se que a faixa de frequências de AM está entre 535 kHz e 1650 kHz. Dado que a frequência de FI é 455 kHz, é conveniente que a frequência dos oscilador local seja maior ou menor que a frequência de RF? Explique.

d) Explicar o princípio de operação do circuito amplificador de RF da Fig.3, à luz do que se aprendeu nos cursos de Eletrônica 1 e 2.

e) Explicar o princípio de operação do circuito misturador da Fig. 5, à luz do que se aprendeu nos cursos de Eletrônica 2 (par/ amplificador diferencial).

Sugestão - consultar os livros:

- GOMES, A.T., Telecomunicações, Ed. Érica, 1987.
- Apostila da DEGEM SYSTEMS (Experimentos em Comunicaciones Modernas): Curso COM1 – Circuitos de Comunicación em AM .