

Introdução ao estudo dos osciladores

Os receptores de rádio modernos, que você usa em seu lar ou automóvel, contém osciladores. Todo transmissor usa um oscilador para produzir os sinais que transmite,. Isto é verdade não só com referência às emissoras comerciais como também aos transmissores de qualquer navio ou avião, aos computadores ou qualquer equipamento que necessite de uma referência de tempo ou de frequência. As radiocomunicações seriam grandemente limitadas se não fossem empregados os circuitos osciladores.

Os osciladores não são usados exclusivamente nos equipamentos de comunicações. O equipamento de teste que você utiliza - geradores de sinais , osciloscópios, freqüencímetros - contém circuitos osciladores. Você encontrará osciladores nos equipamentos de radar e de sonar e também em mísseis e torpedos.

Função dos osciladores

Um oscilador nada faz além de proporcionar uma tensão alternada de determinada frequência. O gerador de sinais de áudio, usado no trabalho com amplificadores de áudio, é um oscilador de áudio. O oscilador de áudio proporciona uma tensão alternada de qualquer frequência dentro da faixa de 0 a 15 kHz. O gerador de sinais em RF é um oscilador de rádio frequência, podendo por exemplo, fornecer tensão alternada de qualquer frequência na faixa de 0,1 Hz a 10 MHz. Estes dois osciladores proporcionam sinais de prova que possibilitam a localização de defeitos e o ensaio de circuitos eletrônicos.

Um transmissor de rádio toma uma tensão alternada de alta frequência, amplifica esta tensão e a irradia para pontos distantes por meio de uma antena transmissora. De onde provém esta tensão alternada de alta frequência? ... De um circuito oscilador. Um rádio transmissor nada mais é do que um oscilador associado a amplificadores de RF, de alta potência, que modulam e amplificam o sinal do oscilador, possibilitando a sua irradiação a distâncias consideráveis pela antena.

O tipo de receptor de rádio mais utilizado, o receptor super heterodino, também contém circuitos osciladores.

Oscilações

Se qualquer objeto balança uniformemente para a frente e para trás, diz-se que está **oscilando**. Uma corda de violino **oscila** quando é friccionada pelo arco. Um balanço em movimento **oscila**. O pêndulo de um relógio também **oscila**.

Consideremos o pêndulo. Quando ele atinge o extremo esquerdo do seu movimento, pára momentaneamente, toda sua energia está acumulada como *energia potencial*. Na metade do seu deslocamento, sua velocidade é máxima, e toda sua energia foi convertida em *energia cinética* ou *energia de movimento*. Quando completa sua trajetória, chegando ao extremo direito, novamente pára momentaneamente, e sua energia é outra vez *energia potencial*. Este movimento pode ser representado pela metade de uma senóide, considerando a velocidade em função do tempo. A velocidade para a direita é considerada positiva.

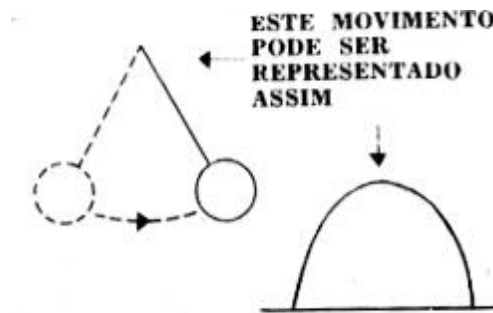


Figura 01 - Movimento de um pêndulo.

Como o deslocamento da direita para a esquerda - retorno - é uma mudança de sentido, a segunda metade da senóide é representada abaixo da linha. Assim, um ciclo completo de oscilação do pêndulo pode ser representado por um ciclo completo da senóide.

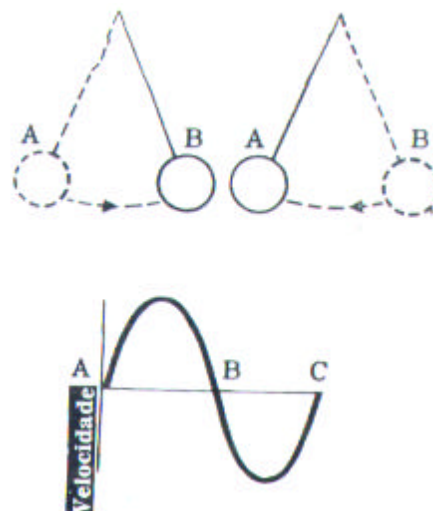


Figura 02 - Ciclo completo de oscilação de um pêndulo

Você já notou que todas as oscilações se completam no mesmo tempo? Você pode representar graficamente três ciclos do movimento do pêndulo do seguinte modo: o tempo de t1 a t3 é igual

ao tempo de t_3 a t_5 ou ao tempo de t_5 a t_7 , como mostra a Fig. 03. Da mesma forma, o tempo requerido pelos diversos semiciclos (t_1 a t_2 , t_2 a t_3 , etc.) é sempre o mesmo.

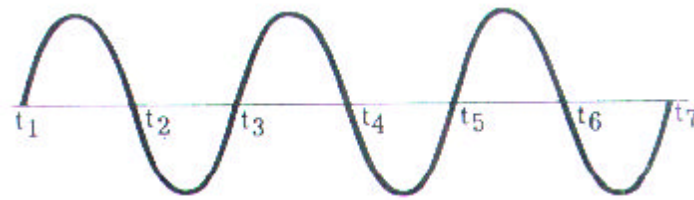


Figura 03 - Representação gráfica do movimento do pêndulo

Os relógios assinalam a hora com precisão porque o tempo gasto por qualquer oscilação do pêndulo ou do volante é sempre o mesmo. Isto é válido tanto para a primeira como para a sétima oscilação. Agora, você compreende o que queríamos dizer com o movimento uniforme para a frente e para trás. Quando um objeto oscila, existem duas condições:

1. movimento de vaivém - vibração e
2. a duração de cada movimento de vaivém é sempre a mesma - uniforme.

Você sabe que o movimento do balanço cessa depois de algum tempo. Você também sabe que a perda de energia é provocada pelo atrito, e, para compensar esta perda, o balanço deve receber energia de uma fonte externa e de maneira uniforme. A Fig. 04 mostra o que ocorre quando não há suprimento externo de energia.

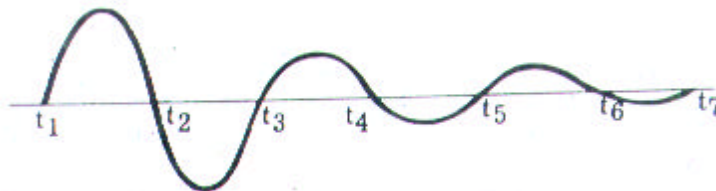


Figura 04 - Onda amortecida.

Esta curva é chamada de **onda amortecida**. É semelhante a uma senoide, mas a altura - amplitude - dos ciclos sucessivos diminui gradativamente com o tempo. O intervalo de tempo de cada oscilação permanece constante.

Como você forneceria a energia necessária para evitar o amortecimento? Se você estivesse empurrando uma criança em um balanço, não daria o empurrão seguinte antes que o balanço completasse o seu arco e estivesse a ponto de inverter o sentido de seu movimento. Esta aplicação de energia, no ponto adequado e no instante preciso, estaria **em fase** com o movimento original. Para proporcionar a

energia necessária a um oscilador para manter o seu período natural de oscilação, a fonte de energia externa deve estar em fase com o período natural do oscilador.

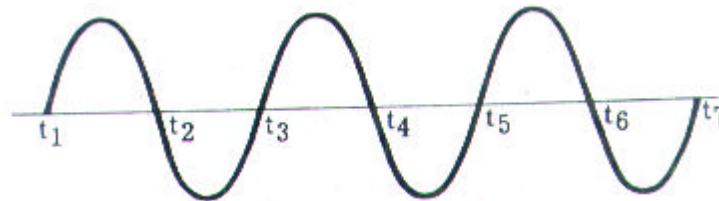


Figura 05 - Onda com um adicional de energia.

Agora você sabe que são necessárias duas condições para manter a estabilidade de um oscilador:

1. Deve haver fornecimento de energia para compensar a perda de energia no oscilador;
2. A fonte de energia externa deve estar em fase com o período natural do oscilador.

O oscilador eletrônico

Um oscilador eletrônico é um circuito simples, constituído por um capacitor e um indutor - bobina - ligados em paralelo. Para compreender como este circuito pode oscilar, lembre-se do que acontece durante a carga e a descarga de um capacitor.

Um capacitor descarregado apresenta, em cada placa um número igual de cargas positivas e negativas. Quando ele é ligado aos terminais de uma fonte de corrente contínua, uma placa se carrega negativamente e a outra positivamente. Agora, a placa negativa tem mais elétrons do que antes da carga, e a placa positiva tem menos elétrons do que originalmente. Além disso, o excesso de elétrons na placa negativa é exatamente igual à perda de elétrons na placa positiva.

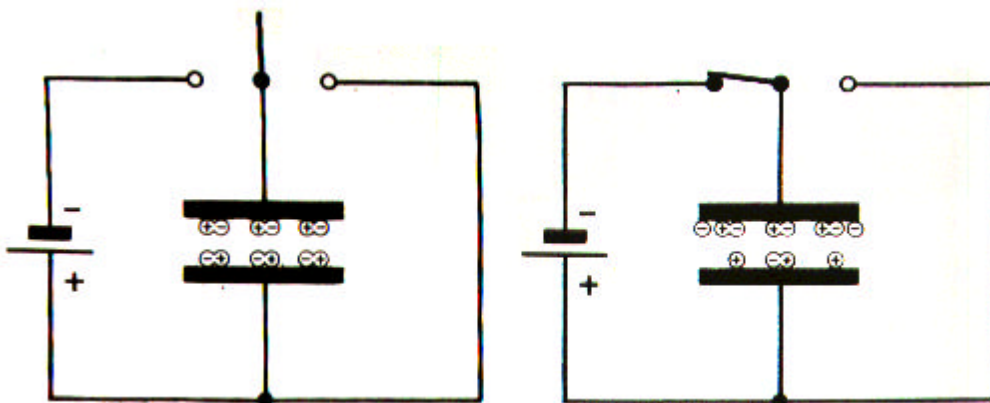


Figura 06 - Carga de um capacitor

Quando o capacitor carregado é posto em curto-circuito, os elétrons em excesso são atraídos pela placa positiva e se deslocam através do condutor. Novamente as placas apresentam quantidades iguais de cargas positivas e negativas e o capacitor está descarregado.

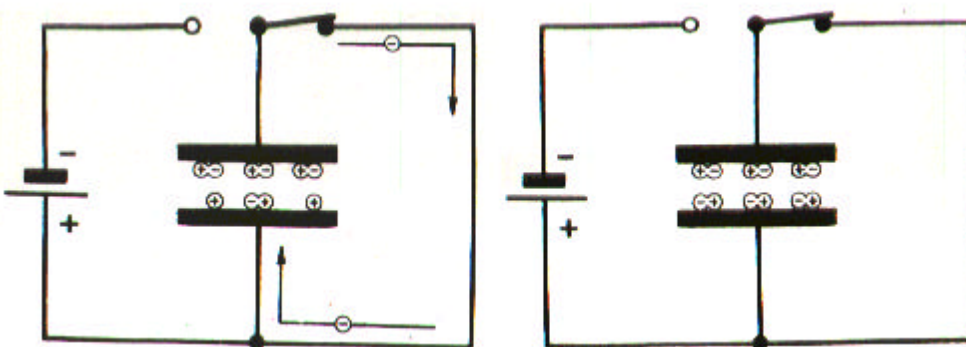


Figura 07 - Descarga de um capacitor

Você viu o que ocorre quando um capacitor carregado é posto em curto-circuito. Quando um indutor - bobina - é ligado às placas do capacitor carregado os resultados são bem diferentes.

Você se lembra que um indutor apresenta uma característica elétrica peculiar de se opor a qualquer variação da corrente elétrica através dele. Você sabe que, quando há uma corrente através de uma bobina, estabelece um campo magnético em torno da mesma. Qualquer variação na corrente faz com que o campo magnético se expanda e se contraia. Devido a esta expansão ou contração do campo magnético, as linhas magnéticas cortam as espiras do bobina, gerando uma tensão que se opõe à variação da corrente.

Quando o capacitor carregado é aplicado à bobina (1) na Fig. 08 os elétrons acumulados na placa negativa não podem se deslocar precipitadamente através da bobina para a placa positiva, e a tensão no circuito é máxima. Logo que um pequeno número de elétrons flui na bobina, um campo magnético começa a crescer. Este crescimento do campo magnético induz uma tensão na bobina, e esta tensão se opõe ao fluxo de elétrons da placa negativa. O capacitor e a bobina atuam como duas pilhas em oposição - positivo ligado a positivo e negativo a negativo. Em conseqüência, o capacitor carregado não pode se descarregar imediatamente através da bobina. Quanto maior a indutância da bobina, maior o tempo necessário para a descarga do capacitor. A medida que o capacitor se descarrega, o campo magnético na bobina se torna cada vez mais intenso, e a tensão continua a diminuir (2) na Fig. 08.

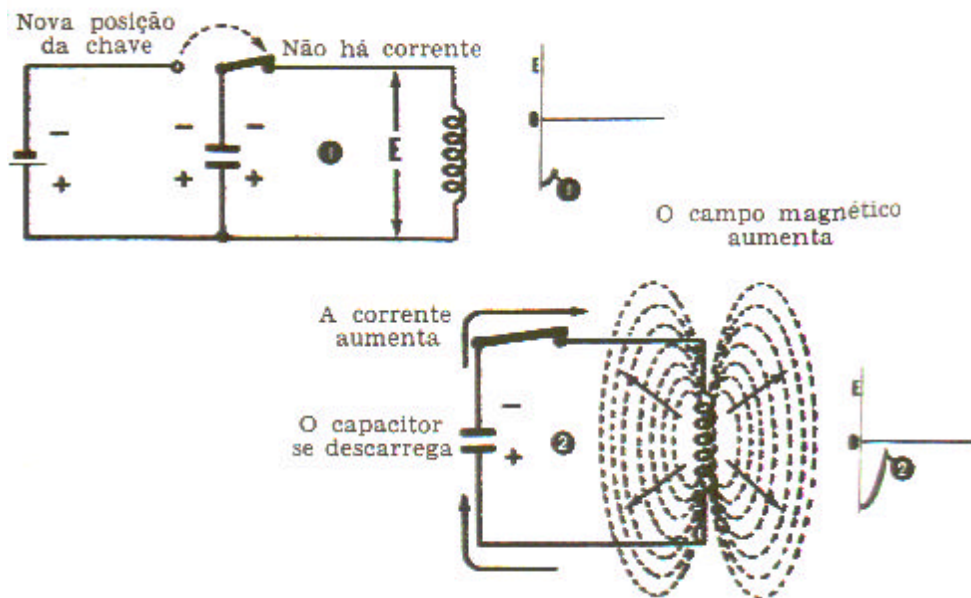


Figura 08 - Funcionamento do circuito LC

Quando o capacitor se descarrega completamente, toda a sua energia elétrica foi transformada na energia magnética do campo em torno da bobina. Logo que a corrente através da bobina começa a diminuir, o campo magnético em torno da bobina começa a se contrair, (3) na Fig. 09. O campo em colapso corta as espiras da bobina e induz uma corrente na mesma. Esta tensão induzida se opõe à redução da corrente através da bobina e tem polaridade oposta à da tensão original do capacitor. Agora, o capacitor e a bobina atuam como duas pilhas ligadas em série - negativo a ligado a positivo. Por causa dessa tensão induzida, os elétrons são forçados a fluir através da bobina no mesmo sentido. Os elétrons são deslocados da placa superior do capacitor e forçados a se dirigirem para a placa inferior, através da bobina.

Toda a energia do campo magnético em colapso é gasta para dar uma carga negativa à placa inferior do capacitor. Quando o campo magnético se extingue totalmente, toda a energia magnética foi devolvida ao capacitor sob a forma de uma carga elétrica, e a tensão entre as placas do capacitor tem polaridade exatamente oposta à que era determinada pela carga inicial, (4) na Fig. 09.

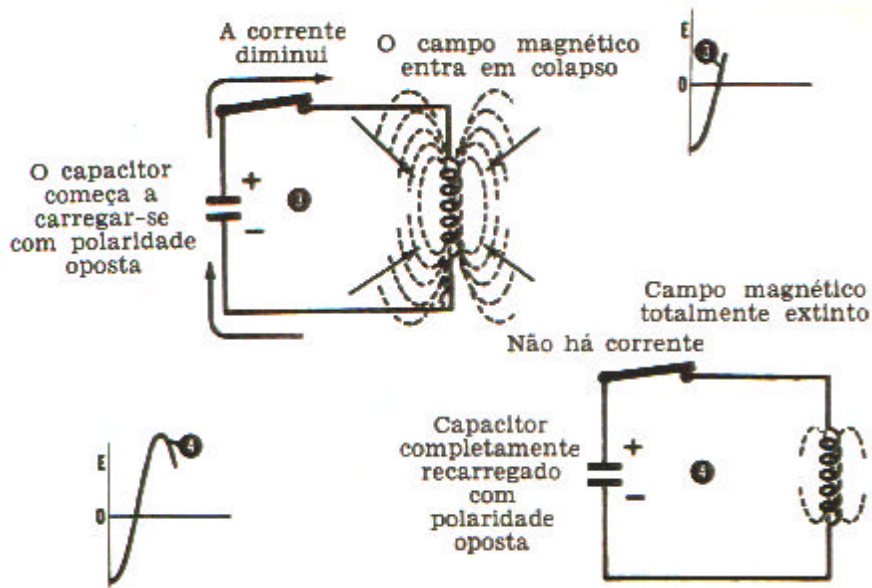


Figura 09 - Funcionamento do circuito LC

Agora que os elétrons estão acumulados na placa inferior do capacitor, a carga é exatamente oposta à original. Agora, os elétrons são atraídos pela placa positiva superior, através da bobina. A medida que o capacitor se descarrega, estabelece-se um campo magnético em torno da bobina (5) Fig. 10. O colapso deste campo magnético faz com que outros elétrons deixem a placa inferior e se dirijam para a placa superior. Quando o campo magnético se extingue totalmente (6) Fig. 10, todos os elétrons estão de volta à placa superior, e a situação é exatamente igual à da carga inicial do capacitor. O ciclo completo se repete indefinidamente. A energia é armazenada alternadamente como carga do capacitor e como campo magnético em torno da bobina. Isto é o que se entende por oscilação eletrônica.

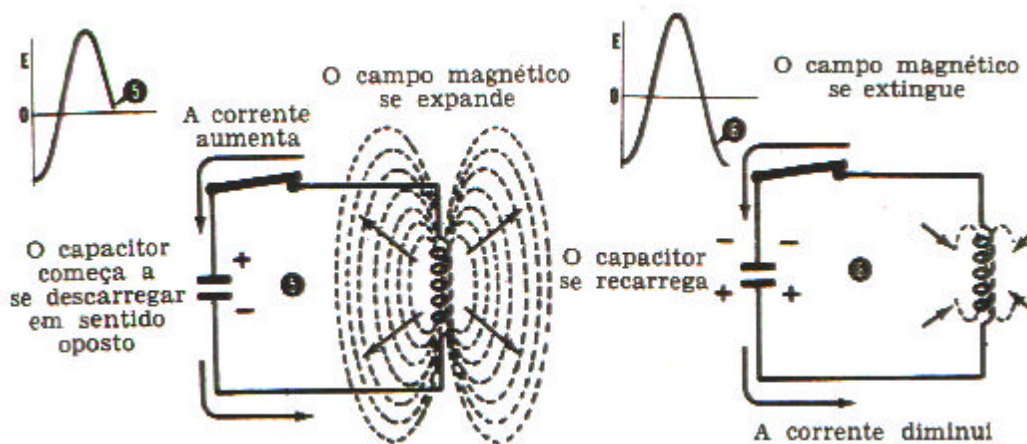


Figura 10 - Funcionamento do circuito LC

Se um osciloscópio fosse ligado em paralelo com a bobina e o capacitor, o crescimento e a queda da tensão apareceriam como uma senóide, se não houvesse resistência em qualquer parte do circuito. Se não houvesse resistência no circuito, as oscilações continuariam indefinidamente. Entretanto, não se pode eliminar totalmente a resistência, e parte da energia elétrica da oscilação é dissipada pela resistência sob a forma de calor. Devido a esta perda de energia elétrica, a tensão diminui em cada oscilação e eventualmente desaparece.

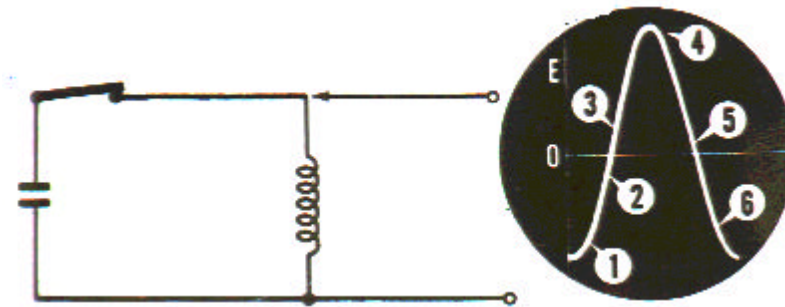


Figura 11 - Oscilação indicada pela senóide

Para que as oscilações possam continuar indefinidamente, suficiente energia elétrica deve ser aplicada ao circuito LC - chamado de circuito tanque ou circuito sintonizado - para compensar as perdas causadas pela resistência. Além disso, esta energia elétrica deve ser fornecida ao circuito no momento certo, de modo a lhe dar um pequeno “empurrão” no instante adequado. Este “empurrão” corresponde ao empurrão dado no balanço, no fim de cada oscilação.

Uma maneira de dar este “empurrão” elétrico no circuito LC é a aplicação de uma fonte de tensão aos terminais do capacitor, no momento em que esta está atingindo sua carga total. Desta maneira, as oscilações podem continuar indefinidamente.

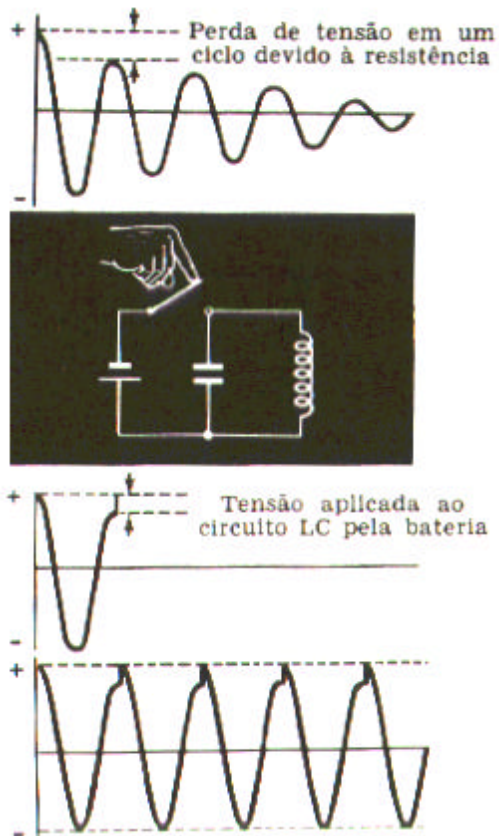


Figura 12 - Tensão adicional aplicada ao circuito LC

Observe que o impulso recebido pelo circuito oscilador é a pequena fração de tensão necessária para compensar a queda de tensão causada pela resistência no circuito. O circuito LC é capaz de gerar uma tensão senoidal, mesmo quando o “empurrão” recebido não se assemelha a uma senóide e tem duração igual a uma parte muito pequena do ciclo. O volante de um motor de um cilindro é capaz de completar uma volta quando recebe apenas um ligeiro impulso do pistão em cada rotação. Esta semelhança entre a ação de um circuito LC e o volante de um motor de um cilindro permite que se use a expressão **efeito volante do circuito tanque** para descrever as oscilações de um circuito LC.

Circuito de realimentação

O método para fornecer energia adicional ao circuito LC, descrito anteriormente, trabalharia muito bem se existisse algum dispositivo de comutação que pudesse trabalhar nas frequências requeridas. Alguns osciladores devem ser capazes de operar em frequências bem superiores a 100 MHz.

Ligando o circuito LC à base de um transistor, a tensão oscilante pode ser amplificada. Se uma pequena parte da tensão amplificada puder ser reaplicada ao circuito LC na fase adequada, suficiente energia elétrica será devolvida ao circuito LC para compensar as perdas por resistência no circuito. O transistor usado em um oscilador não produz qualquer oscilação - o circuito LC é que oscila, e o transistor dá o “empurrão”.

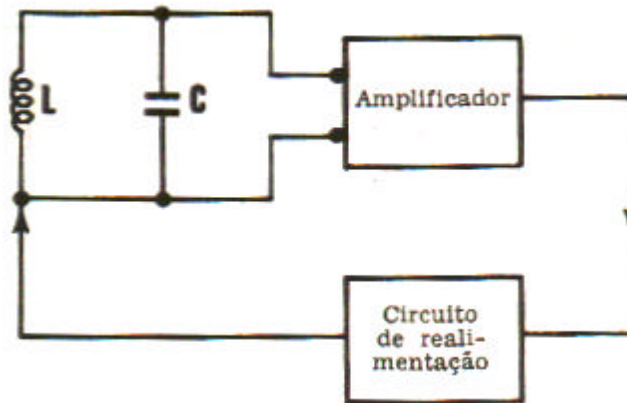


Figura 13 - Circuito com realimentação

Todos os osciladores trabalham com o princípio ilustrado na Fig. 13. A principal diferença entre os diversos tipos de osciladores está no método usado para reaplicar a tensão ao circuito LC, em fase adequada. Este circuito osciladores são: o Armstrong, o Colpitts, o Hartley, o Coletor base sintonizados, o Controlado a cristal e o de Acoplamento eletrônico. Veremos como funcionam alguns destes circuitos osciladores, suas vantagens e desvantagens.

Estabilidade de frequência dos osciladores

Uma das características importantes dos osciladores que você irá estudar é a estabilidade de frequência. Embora você não tenha trabalhado com os osciladores é evidente que um oscilador deve manter a frequência para a qual foi ajustado. Infelizmente, todos os osciladores tendem a apresentar desvios - deslocamentos - na frequência, a não ser que sejam adotadas certas precauções para evitá-lo. Alguns circuitos apresentam menor deslocamento de frequência do que outros.

Imagine o que aconteceria se não fosse considerado o deslocamento de frequência. Se um navio estivesse tentando comunicar-se com outro, e o oscilador do transmissor apresentasse desvio de frequência, a mensagem nunca seria recebida. Se o oscilador de um receptor de bordo tivesse deslocamento de frequência, o navio também nunca receberia mensagens. Se isto ocorresse com os oscilador de um sonar de bordo, o navio não poderia detectar submarinos, e seria torpedeado pelo primeiro submarino inimigo que aparecesse. Numerosos equipamentos eletrônicos contêm osciladores. Se se permitisse o deslocamento de frequência desses osciladores, todos esses equipamentos seriam inúteis, até que seus osciladores fossem reajustados para a frequência correta.

Portanto, você pode ver que é necessário entender a estabilidade de frequência e o deslocamento de frequência. Este é causado por diversos fatores. Vibração, cargas variáveis e tensões de alimentação variáveis provocam desvio de frequência em um oscilador; as variações de temperatura

também causam este fenômeno. Como muitos equipamentos eletrônicos estão sujeitos a todos esses fatores, normalmente inclui-se em todos os equipamentos algum sistema de compensação.

O Oscilador Hartley

Ele representa um aperfeiçoamento do oscilador Armstrong, embora também esteja sujeito à instabilidade de frequência, apresenta muitas características favoráveis, adaptando-se a uma ampla faixa de frequência e facilitando a sintonia. Como o oscilador Hartley é um circuito muito usado, você deve certificar-se de entendê-lo perfeitamente.

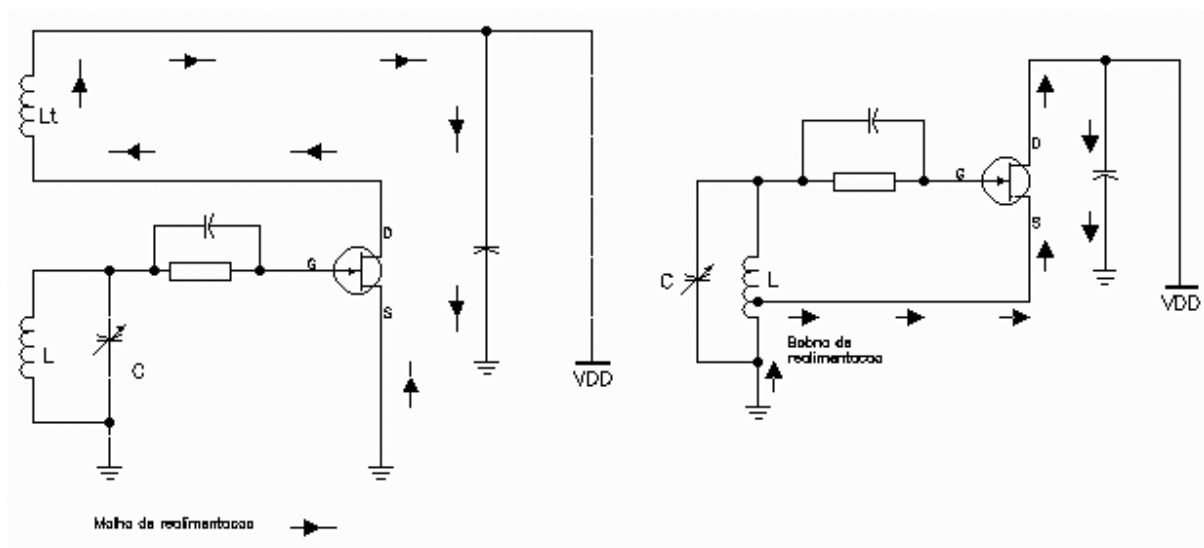


Figura 14 - Circuitos osciladores Armstrong e Hartley

Há muita pouca diferença entre os osciladores Armstrong e o Hartley. No tipo Armstrong as oscilações são sustentadas por um pulso de tensão induzido no circuito LC por um pulso de corrente de dreno através da bobina de realimentação. No tipo Hartley, o pulso de tensão também é induzido no circuito LC por um pulso da corrente de fonte através da bobina de realimentação. A diferença no circuito Hartley é que a bobina de realimentação é parte da bobina do circuito LC. Esta bobina tem um derivação de modo que a corrente de fonte flui através da parte inferior da bobina e induz um pulso de tensão na parte da bobina relativa à gate. O valor da tensão induzida de realimentação pode ser ajustado pelo deslocamento da derivação da fonte.

Como as oscilações são mantidas no oscilador Hartley

As oscilações se iniciam quando a fonte de alimentação é ligada, devido ao súbito crescimento da corrente de dreno. Eis o percurso da corrente contínua: fluxo de elétrons da fonte ao dreno e o +VDD, através da fonte de alimentação e à massa, através de L_1 e retorno à fonte. Inicialmente, não há polarização de gate para bloquear a corrente de dreno. Este surto inicial de corrente através de L_1 induz um pulso de tensão em L_2 e começam as oscilações. Enquanto isso, um pulso de corrente de gate fez com que o capacitor de gate ficasse com forte carga negativa, exatamente da mesma maneira que no oscilador Armstrong.

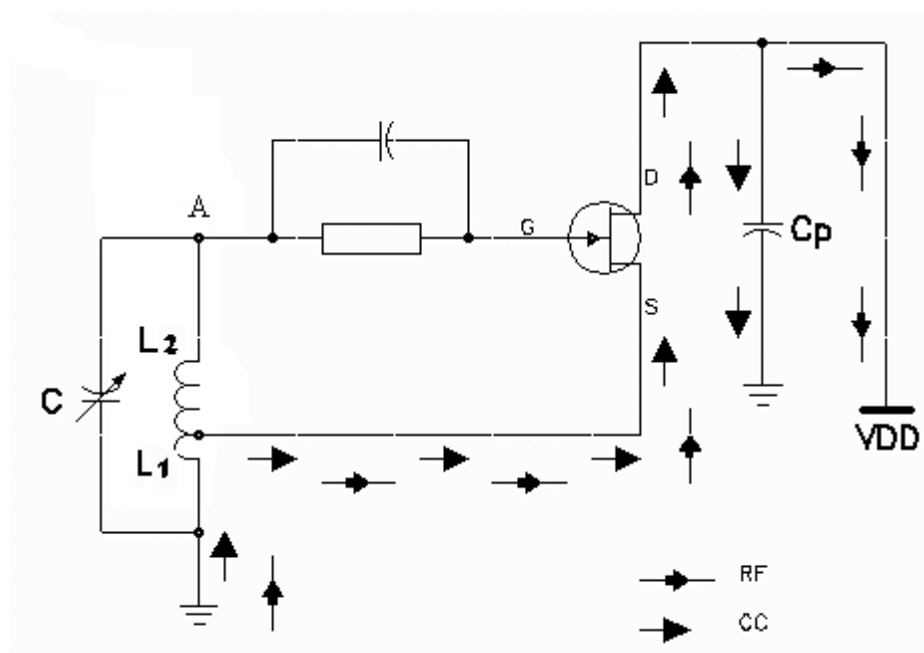


Figura 15 - Fluxo de corrente no oscilador Hartley

Uma vez iniciada as oscilações o FET é polarizado abaixo do corte, instantes após a placa superior do circuito LC - ponto A na Fig. 15 - atingir seu valor máximo positivo e até pouco antes de alcançar novamente seu valor mínimo positivo. Durante todo este tempo, o FET não efetua qualquer trabalho, e o surto de elétrons através do circuito tanque só tem lugar devido ao efeito volante do circuito LC.

Quando os elétrons no circuito tanque começam a se acumular na placa inferior do capacitor, a placa superior fica cada vez mais positiva. Durante o pequeno intervalo em que a placa superior do circuito LC está com potencial máximo positivo, este potencial é capaz de se opor à polarização negativa produzida pelo capacitor de gate. Durante o instante em que a gate permanece positiva, há um pulso de corrente na fonte que induz um pulso de tensão em L_2 . A corrente de gate torna a dar uma carga fortemente negativa ao capacitor de gate, reiniciando o ciclo.