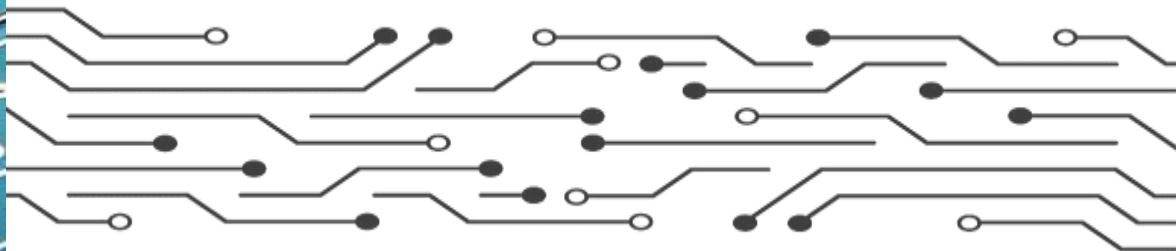


Circuitos LC

Osciladores e Filtros
Para Leigos



#NetBR Ed.283

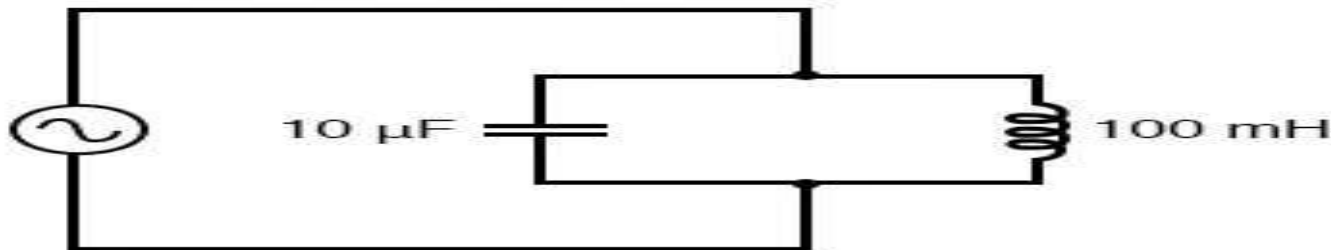
DV BRAZIL

Nesta Apresentação

Nesta apresentação veremos conceitos básicos de capacitores e indutores, nas aplicações em radioeletricidade, e como eles formam osciladores e filtros na composição dos “circuitos” em rádios.

O conteúdo é direcionado a leigos e iniciantes em eletrônica e radioeletricidade, não abordaremos aqui fórmulas matemáticas, números absolutos, nem os conceitos de, corrente, resistência, e dissipação. A audiência mais experiente poderá tecer seus comentários e contribuições ao final da apresentação, ou na página desta edição ao website dvbrazil.com.br

Este conteúdo pode ser útil para o entendimento de conceitos que são solicitados nas provas de radioeletricidade da Anatel (Classes B e A).



Os componentes



CAPACITORES

Capacitores armazenam energia sob a forma eletrônica, através de duas placas separadas por um dielétrico (isolante elétrico), uma acumulando cargas positivas, outra acumulando cargas negativas. Como estas cargas opostas se atraem, permanecem acumuladas nas placas. Uma vez “carregados” podem fornecer corrente a um circuito, na mesma polaridade em que foi carregado. A capacidade de armazenamento de capacitores é medida na unidade “Farad”.

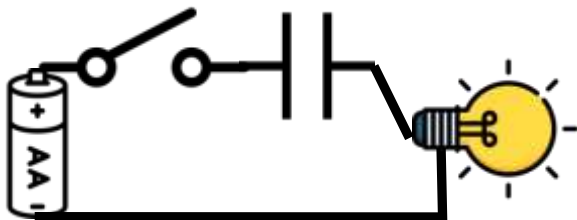


INDUTORES

Indutores armazenam energia sob a forma magnética, através de uma bobina de material condutor, que pode ou não ter um núcleo metálico. Ao serem energizados, criam um campo magnético em seu núcleo. Ao encerrar ou inverter a alimentação de corrente, este campo magnético colapsa e é convertido em eletricidade, entregue na polaridade inversa a que foi carregado. A capacidade de armazenamento de indutores é medida na unidade “Henry”.

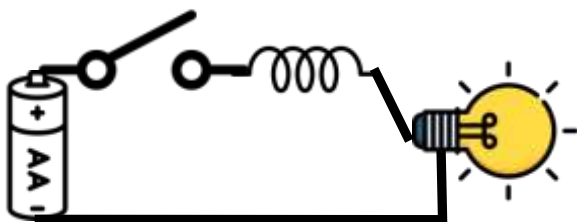


Princípio eletrônico



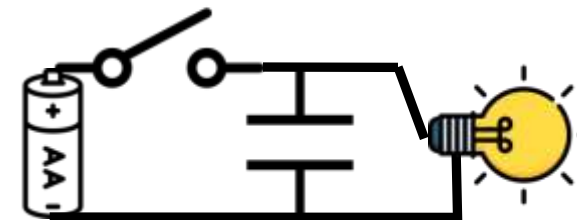
CAPACITOR EM SÉRIE (A lâmpada acende depois apaga)

Ao fechar o circuito (criar a diferença de potencial elétrico, então os elétrons passam a circular), o capacitor em série é energizado começa a ser carregado. Ao estar completamente carregado, a corrente no circuito cessa pois não mais existe a diferença de potencial provida pelo capacitor.



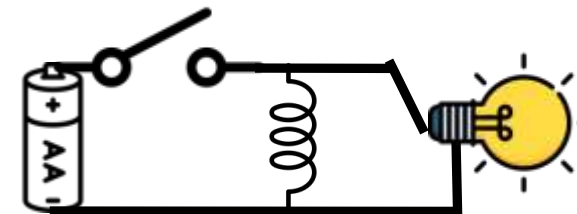
INDUTOR EM SÉRIE (A lâmpada acende devagar, depois fica acesa)

Ao fechar o circuito, o indutor em série é energizado começa a começa criar um campo magnético, que inicialmente cria uma repesamento dos elétrons em seu condutor. Ao estar completamente carregado, ou seja, com o campo magnético formado, a corrente passa a fluir normalmente.



CAPACITOR EM PARALELO (A lâmpada fica acesa e vai desligando devagar)

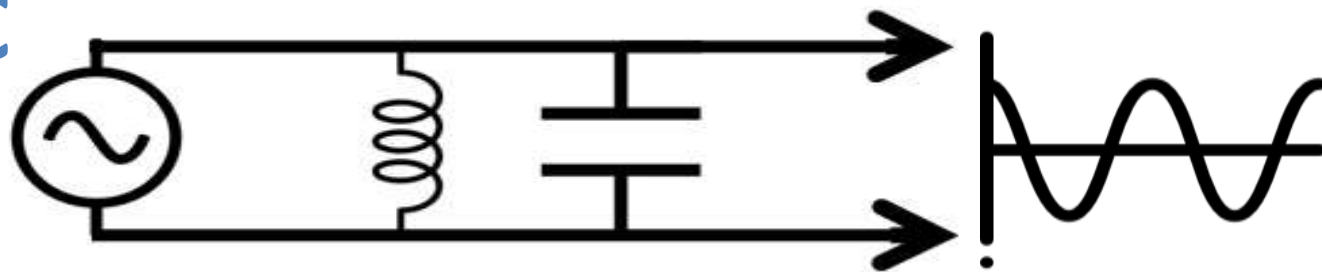
Ao pulsar o circuto (fechar e abrir o circuito), o capacitor em paralelo é carregado. Ao cessar a corrente que o carrega, o capacitor descarrega sua energia no circuito fechado, na mesma polaridade em que foi carregado.



INDUTOR EM PARALELO (A lâmpada pisca: acende e desliga rapidamente)

Ao fechar o circuito, o indutor em série é energizado começa a começa criar um campo magnético, que o carrega. Ao cessar a corrente que o carrega, o campo magnético colapsa e é convertido em eletricidade, que é entregue ao circuito fechado, na polaridade inversa em que foi carregado.

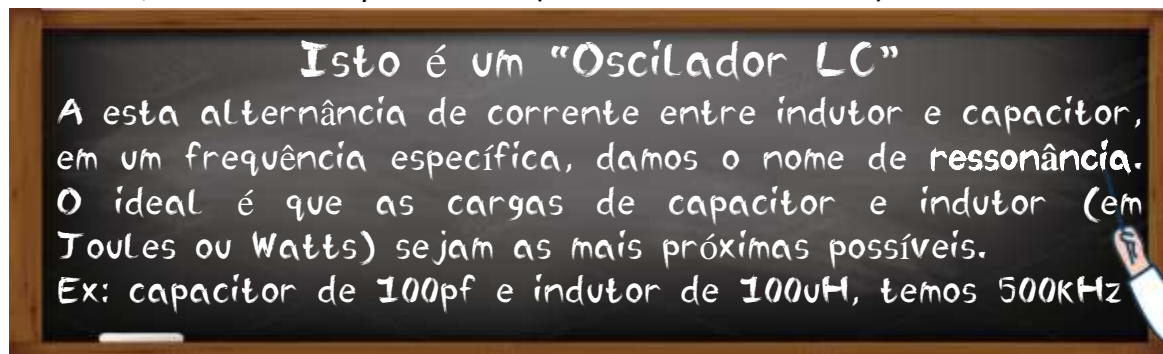
Oscilador LC



Imaginemos então um circuito onde estão ligados em paralelo, um indutor (L) e um capacitor (C). Ao receber um pulso, indutor e capacitor são carregados. Ao cessar a corrente do pulso, começamos um processo que se repete:

- 1 - O capacitor imediatamente começa a “descarregar”, ou seja, a entregar sua corrente armazenada, para o circuito e **para o indutor**, até ficar sem energia armazenada;
- 2 - Cessando a corrente provida pelo capacitor, o campo magnético do indutor colapsa e transforma esta energia em eletricidade, entregue de volta ao capacitor, na polaridade inversa, até ficar sem energia;
- 3 - O capacitor volta a entregar sua corrente para o indutor, até ficar sem energia;
- 4 - O indutor volta a entregar sua corrente (polaridade inversa) para o capacitor;

Criamos um “loop”, entre capacitor e indutor alimentando-se mutuamente, um de cada vez, invertendo a polaridade (alternando a corrente) a cada ciclo.



Isto é um “Oscilador LC”

A esta alternância de corrente entre indutor e capacitor, em um frequência específica, damos o nome de **ressonância**.

O ideal é que as cargas de capacitor e indutor (em Joules ou Watts) sejam as mais próximas possíveis.

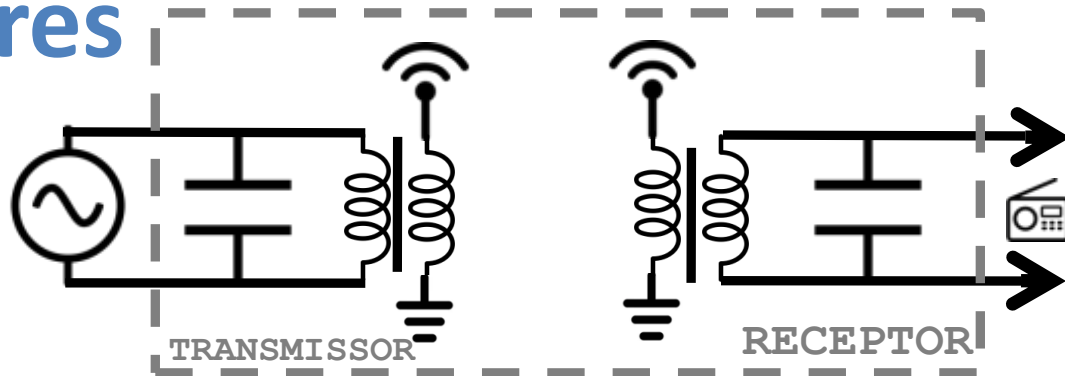
Ex: capacitor de 100pf e indutor de 100uH, temos 500KHz

Tanque e Osciladores

CIRCUITO TANQUE

Um circuito tanque em um rádio é basicamente um oscilador LC. O seu centro de ressonância normalmente é ajustado para o centro de frequência de operação (banda) do equipamento.

Quando em transmissão, o circuito tanque estabiliza e limpa a frequência de saída, dispersando frequências indesejadas (harmônicas, espúrias). **Em recepção**, o circuito tanque filtra a entrada das frequências indesejadas (fora da frequência de operação) e amplifica o sinal captado pela antena.



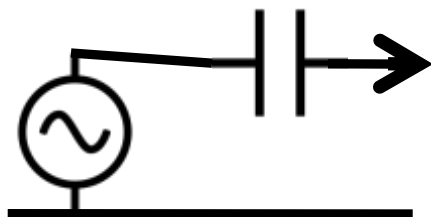
OSCILADORES

Rádios (TX e RX) usam osciladores internos, para modular um sinal de saída na portadora, ou para obter o sinal da portadora através de comparação de frequências (heterodinagem). Equipamentos modernos usam osciladores eletrônicos PLL, anteriormente usavam osciladores de cristal de quartzo e transistores (TXCO). Em rádios mais antigos o oscilador interno era um oscilador LC, onde a frequência era definida através de um capacitor variável (*Dial*), e o ajuste fino através do ajuste do núcleo do indutor.

“**PALITAR A BOBINA**” é o termo usado para o ajuste fino do núcleo de um indutor. Deve-se usar um palito de madeira ou plástico, pois um objeto metálico pode interferir no funcionamento do indutor.

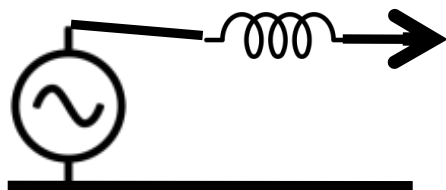


Filtros Passa-Banda



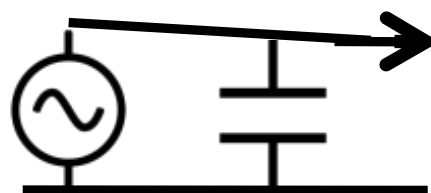
CAPACITOR EM SÉRIE (PASSA ALTA)

O capacitor libera a passagem de corrente enquanto é carregado, por um tempo muito curto (a depender da capacidade em Farads), favorecendo a passagem de frequências mais altas e retendo frequências baixas.



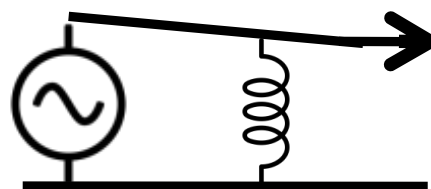
INDUTOR EM SÉRIE (PASSA BAIXA)

O indutor tende a reter a corrente de entrada enquanto cria um campo magnético, por um tempo mais longo (a depender da capacidade em Henries), dificultando a passagem de frequências altas.



CAPACITOR EM PARALELO (PASSA BAIXA)

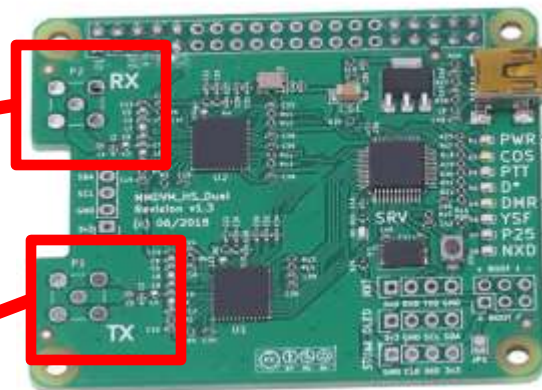
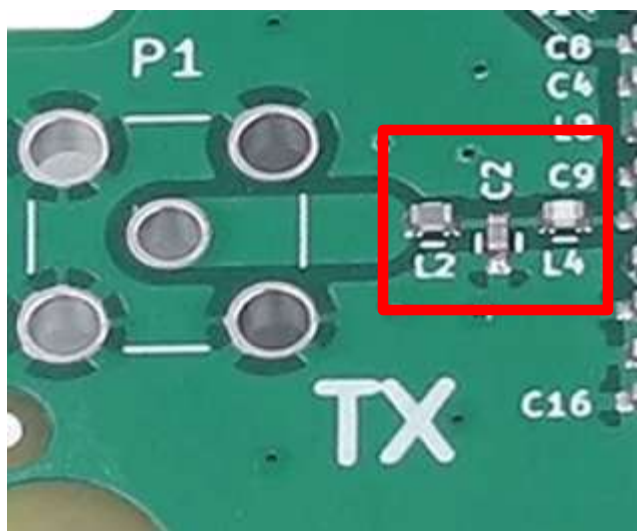
O capacitor vai descarregar corrente por mais tempo que o próprio pulso (a depender da capacidade em Farads), alongando o pulso, e portanto dificultando a passagem de frequências altas.



INDUTOR EM PARALELO (PASSA ALTA)

O indutor precisa de um certo tempo para converter eletricidade em campo magnético, e vice-versa (a depender da capacidade em Henries). Em frequências baixas o indutor será capaz de reter a corrente do pulso, dificultando a passagem de frequências baixas - e facilitando a passagem de frequências altas.

Circuito Tanque em um MMDVM

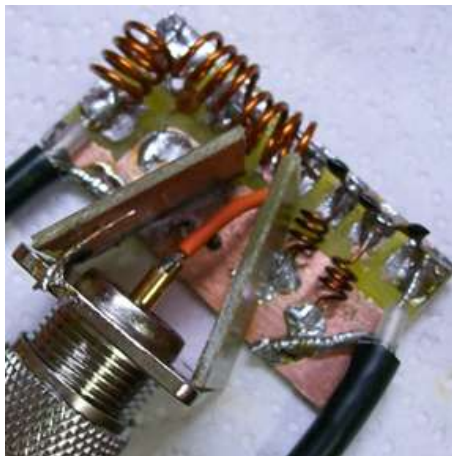


No RX, C6 e L3 são o circuito tanque (140mHz ~450mHz), C1 e L1 são o filtro de banda.

No TX, C9 e L4 são o circuito tanque (140mHz ~450mHz), C2 e L2 são o filtro de banda.

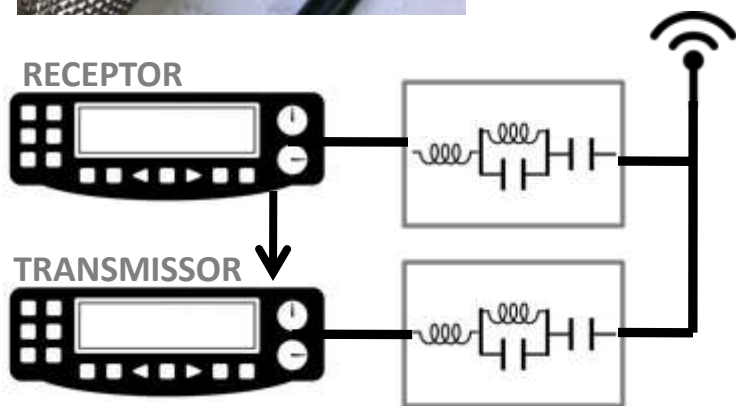
Demais capacitores (C) e indutores (L) ao lado direito do tanque, são os filtros de VHF e/ou UHF.

Duplexadores



Repetidoras duplex geralmente são constituídas de um receptor em uma frequência, e um transmissor retransmitindo o sinal em frequência diferente. Normalmente receptor e transmissor possuem uma antena cada, separadas verticalmente por alguns metros.

Em alguns casos, faz-se necessário que transmissão e recepção utilizem uma única antena. Entra em ação o **duplexador**, constituído de dois “filtros”, um para recepção e deixando passar somente a frequência de recepção, e outro para transmissão, deixando passar somente a frequência de transmissão.



Cada um dos filtros de um duplexador é basicamente um oscilador LC, e adicionalmente alguns filtros de frequência, também constituídos por capacitores e indutores. Imaginando a frequência de 146.125MHz e banda de 12kHz para **um** destes filtros... Ele terá ao menos um oscilador LC com ressonância estrita em 146.125MHz, e possivelmente um passa-alta em 146.119MHz (removendo abaixo disto) e um passa-baixa em 146.131 (removendo acima disto).

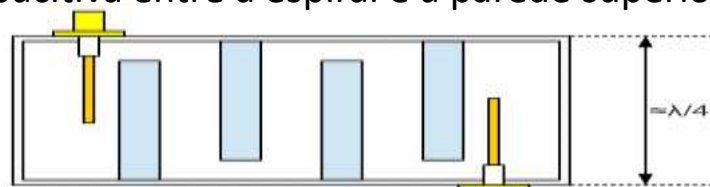
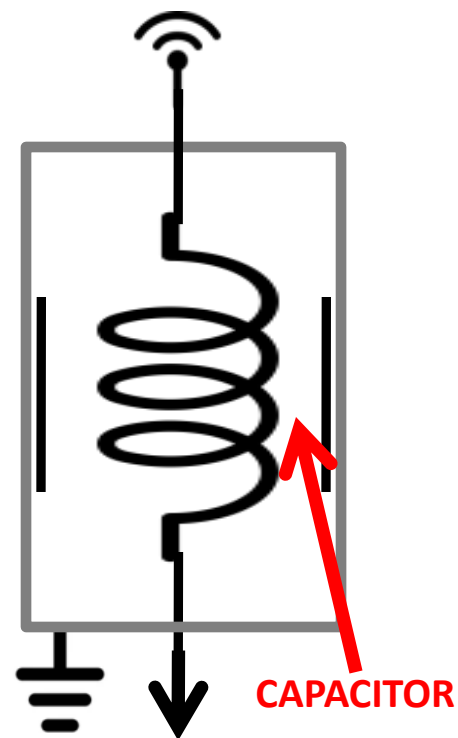
Os duplexadores, dependendo das frequências de operação e potências, podem ser pequenos como uma caixa de fósforos, ou maiores que uma geladeira doméstica. Podem ser eletrônicos em placa de circuito contendo capacitores e indutores - fixos ou variáveis, podem ser filtros de cavidade (veremos adiante), ou mistos. **Importante: todo duplexador necessita de complexo e preciso ajuste fino antes de operar.**

Filtros de cavidade

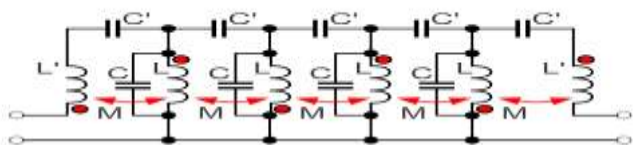
Filtros de cavidade são osciladores LC que ressonam em uma frequência específica a qual deseja-se “filtrar e passar” ignorando as demais. Seu uso mais comum ocorre em situações onde a potência em Watts supera os limites de operação de componentes eletrônicos pequenos.

O desenho interno de sua construção é uma verdadeira obra de arte de engenharia. A proximidade entre os elementos internos definem a reatância capacitiva; o tamanho e espessura definem sua reatância indutiva, ou seja... Formam capacitores e indutores.

Por exemplo... em um filtro de cavidade do tipo tubo com espiral helicoidal interna, a espiral atua como indutor, e a distância entre a espiral e a parede do tubo cria uma reatância capacitiva atuando como capacitor. O ajuste fino é feito subindo ou descendo a espiral dentro do tubo, alterando a reatância capacitiva entre a espiral e a parede superior.

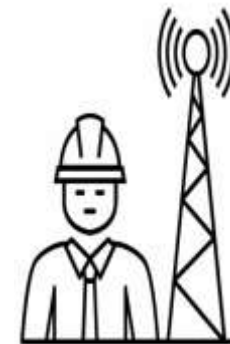


INTERDIGITAL FILTER

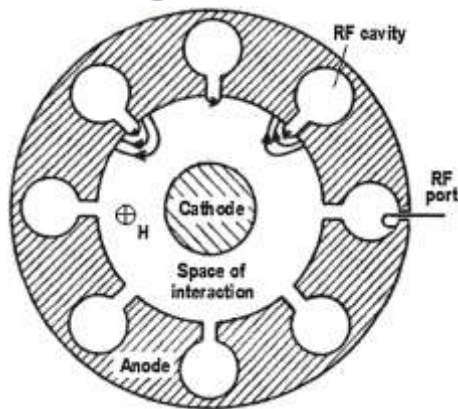


Existem muitos desenhos diferentes e possíveis de filtros de cavidade, com itens internos em diferentes formatos e disposições, e diferentes formas de ajuste.

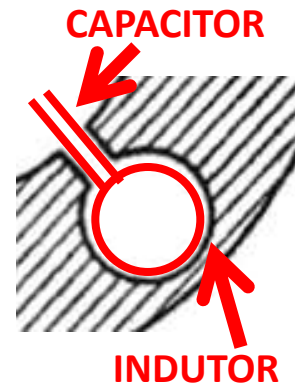
Engenheiros de telecomunicações possuem a formação necessária para projetar este tipo de equipamento.



Magnetron



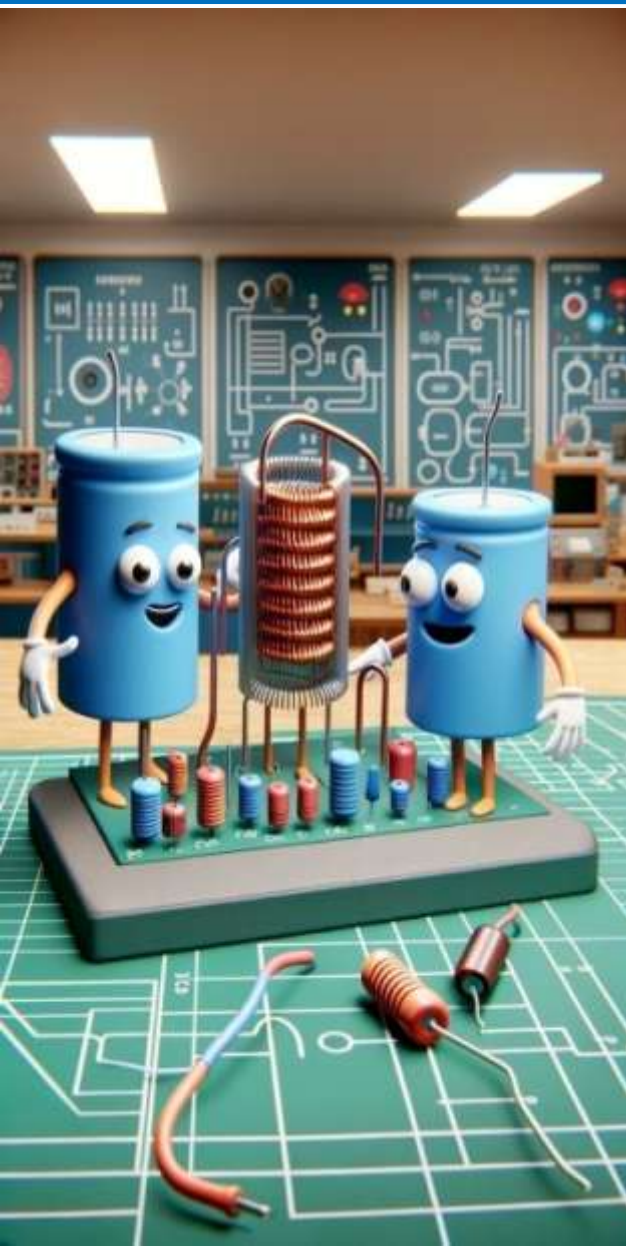
Um magnetron é um oscilador LC, que sozinho faz a emissão de ondas de rádio em alta-frequência (GHz). Trata-se de um tubo metálico com paredes grossas, nessa parede existem cavidades circulares (furos) com abertura para a câmara interna. Na base, um catodo aquecido (filamento), e no topo um ímã e um coletor de RF em uma das cavidades. Os elétrons são emitidos pelo catodo em alta voltagem (>2kV), e começam a girar, até entrarem aleatoriamente em uma das cavidades.



Ao adentrar uma cavidade, não há mais o componente magnético do ímã ao topo, mas os eletrons continuam girando e circulando nas paredes da cavidade, criando então um campo magnético próprio, transformando a cavidade em um indutor. A entrada da cavidade por sua vez possui uma distância específica que cria uma reatância capacitiva, atuando como capacitor. Temos portanto, **cada cavidade atuando como um oscilador LC**, ressonando em uma frequência específica.

Os elétrons que escapam de uma cavidade, voltam a girar dentro da câmara sob efeito do campo magnético do ímã ao topo, e são atraídos por outra cavidade. Este processo vai repetindo-se com a tendência dos elétrons irem subindo em direção ao topo - onde está o ímã. Ao chegarem no topo, são capturados por um anodo dentro de uma das cavidades, e entregues ao irradiador (linha ou antena).

Apesar do uso mais conhecido ser em “fornos micro-ondas” para aquecer moléculas de água presente nos alimentos, magnetrons são usados em radares aeronáuticos e meteorológicos, sonares, sondas de inspeção por imagem, sensores de densidade em engenharia, dentre muitas outras aplicações.



Considerações Finais

Nesta apresentação vimos os princípios básicos de eletrônica de capacitores e indutores, como comportam-se eletronicamente em série, em paralelo, e em conjunto, e como transformam as correntes e sinais que por eles passam.

Não entramos em formulas matemáticas e valores, o que nos permitira calcular ressonâncias e frequências. Mas isto adicionaria uma complexidade desnecessária a um conteúdo destinado para leigos e iniciantes.

Também não abordamos os conceitos de resistência e dissipação, que são de suma importância nos cálculos dos valores de capacitores e indutores em seus circuitos.

Todavia vale lembrar que os circuitos tanque e seus filtros são sensíveis (e podem danificar) com variações elétricas, quando operam fora de suas especificações. Portanto não é recomendado alterar circuitos e *firmwares* de transceptores para que operem fora da faixa de frequência definida pelo fabricante, bem como altos valores de ROE/SWR em linhas (cabos) e irradiantes (antenas) podem danificar o tanque e filtros.



AGRADECEMOS PELA ATENÇÃO

#NetBR Ed.283

•O Autor deste artigo (PY2UTU) e seus divulgadores (DVBrazil) não assumem responsabilidade sobre atos ou omissões de terceiros que venham mencionar o conteúdo deste artigo em outros conteúdos e materiais e meios. Algumas imagens presentes são de domínio público, as demais imagens presentes neste conteúdo foram geradas por AI e cedidas a DVBrazil. Reprodução ou divulgação, ainda que parcial, requer prévia autorização da DVBrazil.