

Eletricidade e Magnetismo II – 2º Semestre/ 2014

Experimento 4: Filtros de Frequência - Passa Baixa e Passa Alta

Nome: _____ N° USP: _____

Nome: _____ N° USP: _____

Informações Importantes:

Vocês devem realizar os procedimentos experimentais, fazer perguntas, tirar dúvidas, etc. e entregar um Roteiro, ou seja, cada grupo deve **entregar as tabelas preenchidas ao final da aula** e levar outros roteiros com os dados que serão utilizados para fazer o relatório do experimento. O relatório é **INDIVIDUAL** e deve ser entregue até o dia **13/10** e deverá conter:

- Uma **introdução** ao tema da aula experimental: introdução teórica, exemplos de aplicações em circuitos ou dispositivos eletrônicos, etc.;
- Uma **breve descrição dos materiais** utilizados no experimento;
- Apresentação dos **dados e resultados obtidos** seguida de uma **discussão** dos mesmos;
- As **tabelas com os dados** obtidos devem constar no relatório (não apenas nos gráficos);
- Descrição do método utilizado para obter o ajuste dos dados;
- **Conclusão** da atividade: o que você pode concluir a partir dos dados e discussões, sua opinião sobre a contribuição do experimento para sua aprendizagem, sugestões, críticas, etc.
- O seu relatório **não deve ultrapassar 10 páginas**, com espaçamento 1,5, fonte *times new roman* 12 e margens de 2,0 cm (tanto superiores quanto laterais).
- **Cópias** (tanto de outros colegas como da internet) **serão anuladas**, podendo também caber outras punições.

1. Objetivo

Estudar o efeito de um circuito RC com corrente alternada, verificando graficamente o comportamento da tensão em cada componente em função da frequência. Utilizaremos um gerador de ondas (senoidal), caixa de resistores e caixa de capacitores. Estudar o ganho do circuito e comparar com o comportamento previsto pela teoria.

2. Introdução

Um filtro de frequência, como o próprio nome sugere, é um circuito capaz de atenuar algumas frequências, diminuindo a amplitude do sinal elétrico de saída em relação ao sinal de entrada. Como visto em sala de aula, a **reatância do capacitor** (ou seja, sua “resistência” à passagem de corrente com uma tensão alternada) depende da frequência da fonte de tensão.

Qualitativamente, podemos dizer que quanto maior a frequência da onda, menor será a resistência que o capacitor oferecerá à passagem da corrente (para frequências altas não haverá tempo suficiente para o capacitor se carregar ou descarregar). Essa característica é utilizada para diminuir (ou mesmo eliminar) a amplitude do sinal elétrico para certos valores de frequência num circuito elétrico. Os filtros que eliminam as amplitudes de **frequências baixas** são denominados **filtros passa altas**, já aqueles que eliminam as amplitudes de **frequências altas** denominam-se **filtros passa baixas**. Combinando os dois tipos de filtros é

possível construir um filtro que deixa passar apenas frequências intermediárias (atenuando as amplitudes de frequências baixas e altas), sendo chamado de filtro passa faixa ou passa banda.

Exemplos de aplicação dos filtros de frequência são os equalizadores gráficos dos amplificadores de som (um sinal em um circuito eletrônico é composto por uma superposição de um número muito grande de funções senoidais, chamadas os harmônicos do sinal); e na eliminação de ruídos eletrônicos (sinais indesejáveis) que possuam frequências características, como alguma máquina operando próximo e gerando ruídos no sinal elétrico de interesse.

Aplicando as definições de reatância capacitiva (X_C) e impedância (Z), as amplitudes da voltagem no capacitor (V_0^C) e no resistor (V_0^R) são dadas por:

$$V_0^C = \frac{X_C}{Z} V_0 \quad (1) \qquad V_0^R = \frac{R}{Z} V_0 \quad (2)$$

Onde V_0 é a amplitude do sinal senoidal produzido pela fonte de tensão (gerador de ondas).

Note que o termo *resistência* agora é usado somente para o resistor. No caso do capacitor utilizaremos o termo *reatância capacitiva* e, para a resistência total do circuito, empregaremos o termo *impedância* (Z). Os dois tipos de filtros que estudaremos nesse experimento são obtidos de acordo com a posição relativa do capacitor e do resistor no circuito.

2.1 Filtro Passa Baixas

O filtro passa baixas é constituído por um circuito RC em série em que a tensão de saída é a do capacitor, como mostrado na figura 1.

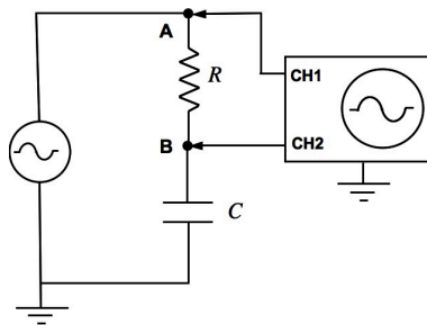


Figura 1: Circuito RC alimentado com corrente alternada, atuando como filtro passa baixas.

Nessa configuração, para ondas senoidais de frequências baixas a reatância capacitiva assume valores altos em comparação com o valor da resistência, dessa maneira a tensão de saída será praticamente igual à tensão de entrada. Já no caso de frequências altas, a reatância capacitiva assume valores baixos em comparação com o valor da resistência, diminuindo a tensão de saída para um valor praticamente nulo. Assim, esse circuito permite a passagem de sinais elétricos de frequências baixas, sendo por isso denominado filtro passa baixas.

Para o circuito da Figura 1, a amplitude da voltagem no capacitor (V_0^C) é dada por:

$$V_0^C = \frac{X_C}{Z} V_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} V_0 \quad (3)$$

Aqui vale lembrar da frequência de corte do circuito (que será melhor discutido a seguir), chamada de $\omega_c = 1/RC$.

Além disso, definimos a razão entre as amplitudes da tensão de saída (capacitor, V_0^C) e de entrada (V_0) como sendo o **Ganho** de tensão do filtro passa baixas (G_{PB}):

$$G_{PB} = \frac{V_0^C}{V_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_C}\right)^2}} \quad (4)$$

Através das equações (3) e (4) vemos que para frequências próximas de zero a voltagem no capacitor tem a mesma amplitude que a voltagem do gerador ($G_{PB}=1$), ou seja, o sinal não é diminuído. Por outro lado, conforme a frequência aumenta, a voltagem no capacitor diminui, o que significa que em relação ao sinal da fonte a amplitude da voltagem no capacitor foi atenuada. No limite de frequências tendendo ao infinito, o ganho de tensão G_{PB} tende a zero. Neste caso, a voltagem no capacitor é totalmente atenuada.

2.2 Filtro Passa Altas

O filtro passa altas é constituído pelo mesmo circuito RC em série em que a tensão de saída é a do resistor. Este circuito é visto na figura 2.

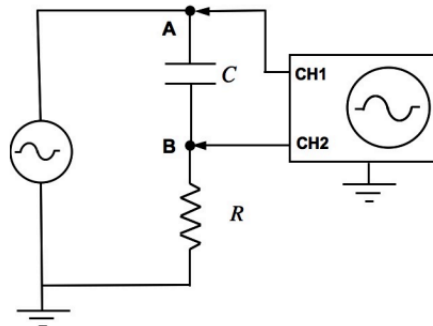


Figura 2: Circuito RC alimentado com corrente alternada, atuando como filtro passa altas.

Nessa configuração, para ondas senoidais de frequências altas, a reatância capacitiva assume valores baixos em comparação com o valor da resistência, desse modo a tensão de saída será praticamente igual à tensão de entrada. Já para frequências baixas, a reatância capacitiva assume valores altos em comparação com o valor de resistência, diminuindo a tensão de saída para um valor praticamente nulo. Dessa maneira, o filtro permite a passagem de sinais de frequências altas, sendo por isso denominado filtro passa altas.

Para o circuito da Figura 2, a amplitude da voltagem de saída (no resistor, V_0^R) é dada por:

$$V_0^R = \frac{R}{Z} V_0 = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} V_0 \quad (5)$$

Definimos agora a razão entre as amplitudes da tensão de saída (resistor, V_0^R) e de entrada (V_0) como sendo o ganho de tensão do filtro passa altas (G_{PA}):

$$G_{PA} = \frac{V_0^R}{V_0} = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_C}{\omega}\right)^2}} \quad (6)$$

As equações (5) e (6) do circuito passa altas mostram que ele apresenta um comportamento invertido com a frequência em relação ao filtro passa baixas. No caso de frequências próximas de zero, as amplitudes dos sinais são bastante atenuadas e, para frequências elevadas, as amplitudes não sofrem significativa atenuação.

2.3 Frequência de Corte

Vamos definir a chamada *frequência angular de corte* para os filtros passa baixas e passa altas, que determina a faixa de frequências a ser filtrada pelo circuito. Essa frequência angular de corte (ω_C) é definida como **sendo aquela que torna a resistência do circuito igual à reatância capacitiva**, isto é, o valor de ω (frequência angular) que faz com que $X_C = R$. Usando essa definição, teremos:

$$X_C = \frac{1}{\omega_C C} = R \Rightarrow \omega_C = \frac{1}{RC} \quad (7)$$

Da equação (7), lembrando que $\omega = 2\pi f$, teremos:

$$f_C = \frac{1}{2\pi RC} \quad (8)$$

Na frequência de corte, tanto o ganho do filtro passa baixas (G_{PB}), quanto o ganho do filtro passa altas (G_{PA}) possuem o mesmo valor, que é dado por:

$$G_{PB}(\omega_C) = G_{PA}(\omega_C) = \frac{\sqrt{2}}{2} \cong 0,707 \quad (9)$$

Experimento Parte 1: Filtro Passa Altas

1. Monte o circuito esquematizado na figura 3, utilizando um resistor de $1k\Omega$ e um capacitor de $0,1 \mu F$.

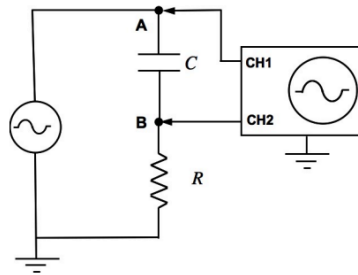


Figura 3: Filtro passa altas.

2. Após ligar os equipamentos, ajuste a fonte (CH1) para um sinal senoidal, com frequência de 50Hz, e amplitude em cerca de 10V. Lembre-se de determinar o valor da frequência utilizando o osciloscópio, e não o valor indicado no gerador, pois ele é menos preciso.
3. Meça a voltagem pico a pico no resistor (tensão de saída, V_0^R) e anote esse valor na tabela fornecida. Faça o mesmo com a voltagem pico a pico da fonte (V_0).
4. Mude a frequência da fonte de modo que a tensão pico a pico no **resistor** varie (mas não muito: **menos que 1 V**). Verifique se a amplitude da tensão na **fonte**, V_0 , foi alterada. Caso tenha se alterado, faça correções para que ela volte a ter o mesmo valor anterior (**10V**). Anote o valor de V^R na tabela 1 abaixo.
5. Repita esse procedimento para outros valores de frequências, tomando pontos próximos caso a tensão no resistor V^R varie bastante com a frequência, preenchendo a tabela 1.

