



Universidade Federal de Uberlândia

Prática 2: filtros passivos para RF

*Prof. Alan Petrônio Pinheiro*Faculdade de Engenharia Elétrica
Curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações

1 - Objetivos da prática


O objetivo desta prática é trabalhar, por simulação e montagem, com filtros passa-baixa, passa-alta e passa-bandas usando componentes RLC (passivos).

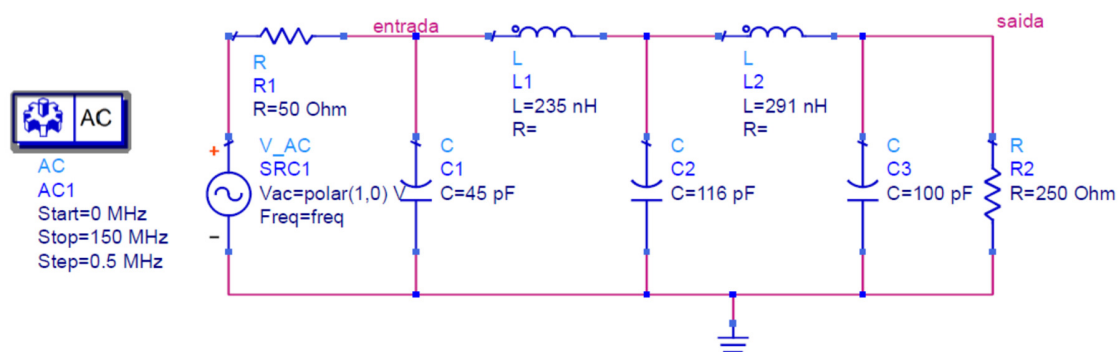
2 - Procedimentos

2.1 – Análise de filtros

Procedimentos:

- 1) Monte o circuito da Figura 1a.
- 2) Gere os gráficos de:
 - a. resposta em frequência deste circuito (espectro de magnitude).
 - b. Resposta de fase do circuito (espectro de fase)
- 3) Com base no que se vê, que tipo de filtro é este? Qual seu *ripple* (se existente) e qual sua frequência de corte?
- 4) Usando o recurso de *tunning*, comece a variar (um componente de cada vez, de preferência) os elementos reativos do circuito. Tende descobrir os efeitos. Sugestões:
 - a. Comece variando os pares capacitor e o indutor logo adiante.
 - b. Volte o circuito para a configuração de valores originais e agora varie cada um dos elementos reativos por vez para ver seu efeito na resposta em frequência.
 - c. Volte o circuito para a configuração de valores originais e agora varie cada uma das resistências (de carga e de fonte) por vez. Veja seu efeito (especialmente no ganho/atenuação).
- 5) Faça outro gráfico de espectro em magnitude só que agora usando escala dB. Analise os dois gráficos (em escala linear e em escala logarítmica).
- 6) Plote os 4 parâmetros S do seu circuito em um gráfico de Smith. Para isto, lembre-se de alguns procedimentos:
 - a. desconecte a fonte de frequência e a resistência de carga. No lugar, vá na paleta “Simulation-S_Param” e insira o componente “TermG”. Observe que o TermG deve ter seu valor Z de impedância mudado para os valores de cargas originais (50 e 250 ohms).

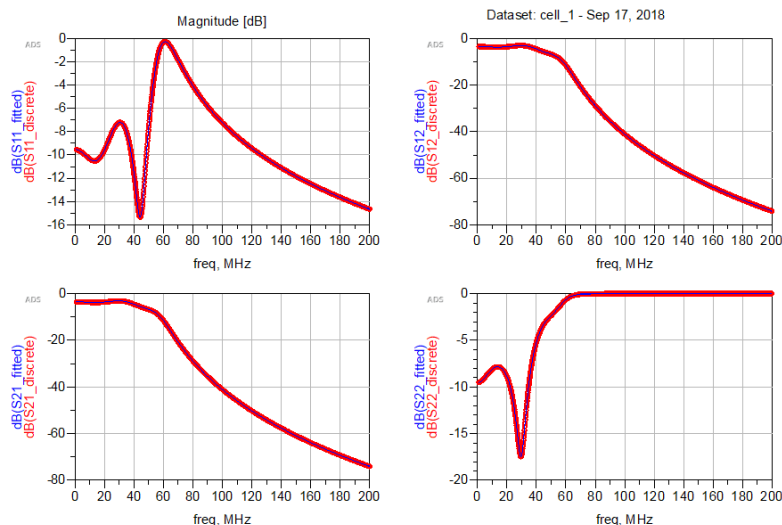
- Ainda na paleta Simulation-S_Param, insira o componente “S_Param”. Configure-o com o range de frequência estipulado anteriormente para AC.
- Execute a simulação do circuito. Na janela de gráficos que se abrirá, selecione a opção de gráficos de Smith ()
- Na janela “Plot Traces & Attributes”, selecione a opção S(2,2) e dê ok. Repita o procedimento do passo anterior selecionando desta vez a opção S(1,1) e demais S.
- Indique qual são os valores de S para a frequência de corte.



(a)

Discrete Frequencies vs. Fitted (AFS or Linear)

Linearly Fitted Points Discrete Frequency Points



(b)

Figura 1 – (a)Filtro a ser montado. (b) Parâmetros S do filtro usando o *template* de exibição do ADS.

Dica: Ao invés de inserir manualmente cada um dos 4 gráficos de parâmetros S, você pode usar um template de exibição gráfica. Para isto, faça ainda na janela de gráficos:

- Menu Insert>>template. Na janela que se abre,
 - No campo “DDS Template libraries”, selecione “Em_Product”
 - Em seguida, na coluna “Name”, selecione a opção “S_2port_P” e dê ok. O resultado será mostrado automaticamente no gráfico da Figura 1b.

2.2 – Projetos de filtros pelo método convencional

Para te dar suporte a esta parte do experimento, recomenda-se estudar antes o Capítulo X do livro visto em [1]. Neste mostra-se como se projetar “manualmente” filtros passivos para RF.

2.2.1 - Passa-baixas

Procedimento:

- 1) Para este exemplo, projete um filtro Butterworth passa-baixas com $f_c=35\text{MHz}$, atenuação de pelo menos 60dB a partir de 105MHz em um circuito onde $R_s=50\Omega$ e $R_L=500\Omega$.
- 2) O resultado de seu projeto deve ser similar ao circuito que se vê na Figura 2. Faça a análise do espectro de magnitude e fase do seu circuito para confirmar se há obediência os requerimentos desejados.

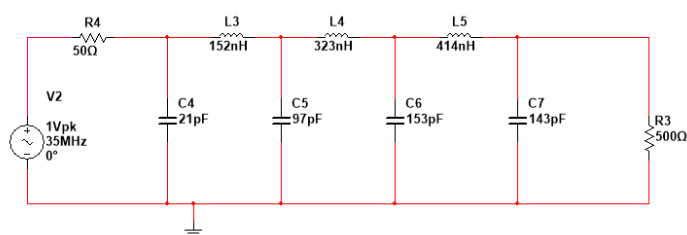


Figura 2 – Filtro passa-baixa

2.2.2 - Passa-altas

Procedimento:

- 1) Projete um filtro Chebyshev passa-altas com $f_c=60\text{MHz}$, atenuação de pelo menos 40dB a partir de 30MHz em um circuito onde $R_s=300\Omega$ e $R_L=300\Omega$. Considere um ripple de -0,5dB.
- 2) O resultado de seu projeto deve ser similar ao circuito que se vê na Figura 3. Faça a análise do espectro de magnitude e fase do seu circuito para confirmar se há obediência os requerimentos desejados.

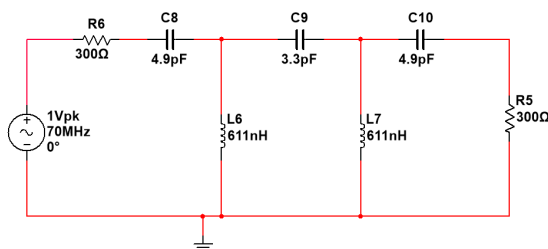


Figura 3 – Filtro passa-altas

2.2.3 - Passa-banda

Procedimento:

- 1) Projete um filtro passa-bandas com central em 75MHz e largura de banda passante de 7MHz. Esta banda passante pode ter um ripple de até 1dB. Considere ainda que a atenuação nas

frequências abaixo de 58MHz e acima de 92MHz tem que ser superiores a 45dB. Ainda, $R_s=50$ ohms e $R_L=100$ ohms.

- 2) O resultado de seu projeto deve ser similar ao circuito que se vê na Figura 4. Faça a análise do espectro de magnitude e fase do seu circuito para confirmar se há obediência os requerimentos desejados.

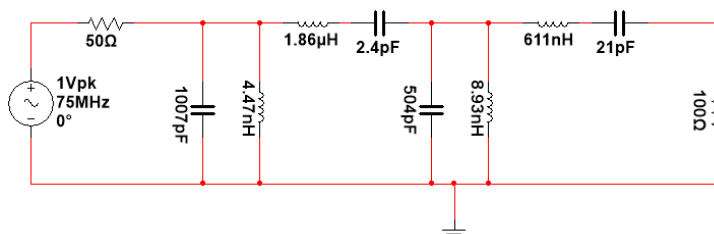


Figura 4 – Filtro passa-bandas

2.3 – Projetos de filtros pelo ADS

De forma muito resumida, o ADS tem duas ferramentas para projetos de filtro. Ambas são tratadas na sequência.

2.3.1 – Usando o Design Guide

Neste modelo é possível usar um assistente onde se insere os valores gerados e a partir deles o ADS tenta identificar os valores de indutores e capacitores necessários para se produzir a configuração desejada. Por se tratar de uma ferramenta de RF, pode-se inclusive modelar uma *microstrip* para servir como L ou C no circuito. Para entender como funciona este recurso, façamos o procedimento de exemplo:

- 1) Na paleta “Filter DG – All”, selecione o tipo de filtro que deseja (passa-baixas ou passa-altas, etc). Para este exemplo escolhemos um passa-banda. Insira o bloco do componente na área de trabalho de esquemático.
- 2) Selecione o bloco inserido, vá no menu “Design Guide >> Filter” e na janela que será aberta selecione a opção “Filter control WIndow”
- 3) Na nova janela que se abre, selecione a aba “Filter assistant”. Nela você escolhe o tipo de filtro e todos os seus parâmetros de projeto em campos específicos.
- 4) Em seguida, clique na aba “Simulation Assistant” e lá clique no botão “Automatically set frequencies”. Também clique no botão “Simulate”. Logo em seguida será feita a simulação do circuito e a visualização dos parâmetros do circuito que deve ser conseguido para que se chegue ao resultado de resposta em frequência desejada. A Figura 6 ilustra estes resultados.

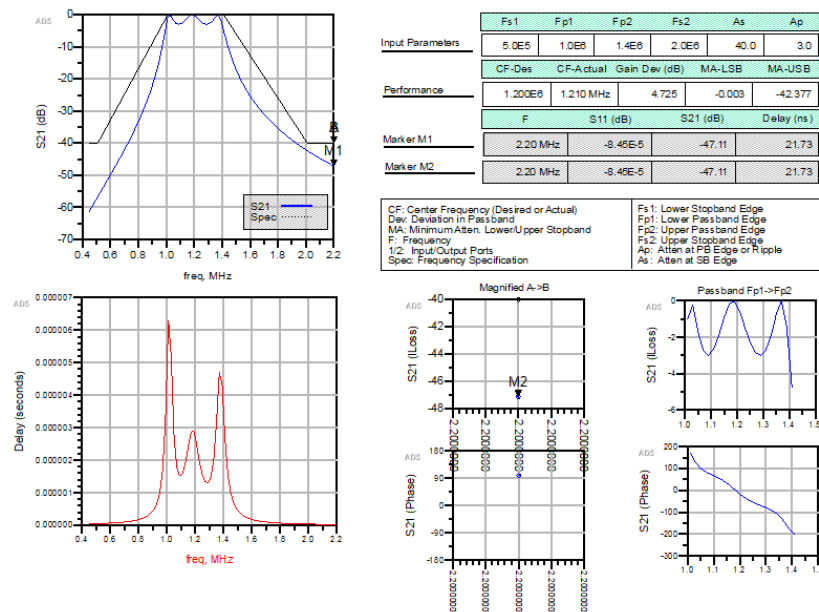




Figura 6 – Ilustração do projeto de filtro feito automaticamente pelo recurso de “Design Guide” do ADS.

- Para ver o circuito gerado, volte ao esquemático. Lá você verá o bloquinho que corresponde a função de filtro passa-banda que desejamos. Selecione ele e em seguida clique no botão () da barra de ferramentas do ADS. Observe que será aberto o circuito com valores de L e C necessários para se chegara resposta desejada. Para voltar a tela anterior, basta clicar em ().

Observe que além desta opção, você também tem várias paletas exclusivas ao projeto de filtros. Por exemplo, veja a paleta “Filters-Lowpass”. Observe que nesta paleta você poderá escolher entre vários modelos de filtros como, por exemplo, Buterworth, Chebyshev, Bessel, etc. Neste caso o que é feito não é um circuito e sim apenas um bloquinho que apenas simula o efeito do filtro configurado em questão.

2.3.2 – Usando blocos específicos de paletas

Outra forma seriam usando filtros específicos já prontos disponíveis nas paletas do ADS. Neste caso estes filtros não são convertidos em circuitos elétricos e são apenas blocos meramente representativos que tentam reproduzir o espectro desejado que fora indicado em seus parâmetros. Para entender seu funcionamento, faça:

- Vá na paleta Filters-Lowpass e lá escolha um dos modelos de filtro passa baixas que você deseja. Neste exemplo vamos escolher um de Botterworth indicado pelo ícone onde se encontra escrito “Btrwth”
- Dê um duplo clique no ícone que foi inserido na área de trabalho e configura seus parâmetros de frequência de corte (Fpass), ganho da banda de passagem (Apass), frequência de rejeição

(Fstop), rejeição (Astop) dentre outros. Observe que você pode até simular a impedância de entrada e de saída deste bloco através dos parâmetros $Z1$ e $Z2$.

- 3) Feito isto, insira uma carga de 250 ohms e uma resistência de fonte de 50 ohms.
- 4) Plote a resposta em frequência do seu circuito para ver se ele faz o que se deseja. Depois, altere a impedância de saída $Z2$ de seu filtro para o mesmo valor de carga. Veja se houve diferenças.

3 - Reflexões a serem feitas sobre o experimento

- a) Observe que os valores de capacitores e indutores encontrados nos projetos geralmente não obedecem a valores comerciais. Como resolver este problema? Tente, usando um simulador, projetar um circuito para ter determinada frequência de corte (você escolhe) usando somente componentes disponíveis comercialmente.
- b) É possível conseguir um filtro passa-banda através da associação de um filtro passa-baixa e outro passa-alta (a ordem não interessa) em série. Como fazer isto?
- c) Era esperado que nos filtros estudados, a banda de passagem não fosse atenuada (ou no máximo, atenuada até 3dB). Porém, a prática algumas vezes mostra que as frequências de passagem sofrem alguma atenuação mesmo pertencendo à banda de passagem. Por que acontece esta atenuação e de quanto ela é em média? No que isto prejudica a filtragem?
- d) E a questão do casamento de impedância? Usando os valores de parâmetro S do circuito da Figura 1, tente alterar o valor de carga para tentar melhorar a transferência de energia do circuito para a carga.