

## Objectivo e introdução

O objectivo deste trabalho é exercitar o fluxo de projecto típico de filtros passivos e da classe de filtros activos, derivada daqueles, que se denomina de “filtros activos com simulação de bobines”. Partindo das especificações, determina-se a ordem do filtro e procede-se ao seu projecto partindo do circuito-protótipo passa-baixo normalizado que pode ser encontrado nos manuais de projecto de filtros.

Essencialmente o projecto dos filtros passivos consiste da aplicação das transformações de frequência (LP-LP, LP-HP, LP-BP e LP-notch) directamente às impedâncias do protótipo normalizado, seguindo-se o eventual escalamento em impedância para dar valores práticos às resistências, condensadores e bobines, consoante os casos.

O projecto realizado “no papel” deverá ser simulado para confirmar a sua rectidão.

Finalmente, constrói-se e testa-se o circuito no laboratório.

Os alunos poderão efectuar os cálculos associados ao filtro – i.e., definir os valores dos componentes, – previamente à aula presencial no laboratório. Use componentes com valores standard e simule o seu projecto quer com os valores numéricos que calculou, quer com os valores standard dos componentes disponíveis, tentando observar as diferenças nos diagramas de Bode resultantes de ambas as configurações (exacta e aproximada).

## Requisitos de projecto e implementação

Neste trabalho a ordem do filtro está definida:  $n = 2$ . O filtro passivo é do tipo “lossless ladder” (filtro em escada e sem perdas) conforme se mostra na figura abaixo.

As tabelas de valores de componentes e os circuitos normalizados aqui utilizados podem ser obtidos online aqui ou na subpasta EAD/recursos da dropbox.

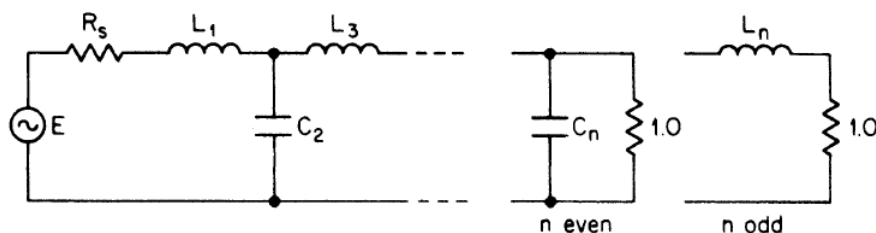


Fig. 1: Arquitectura do filtro protótipo LP genérico "lossless ladder".

Pretende-se realizar filtros do tipo Chebyshev com ondulação de 0.5 dB.

No protótipo normalizado (LP, com  $\Omega_C = 1$  rad/s) correspondente a esse tipo de filtro, os componentes valem:  $R_s=0.5040$ ,  $L_1=0.9827$  e  $C_2=1.9497$ .

Para diferenciar os projectos entre os vários grupos usa-se a variável  $M = (\sum_i u_i) \% 5$ , onde os  $u_i$  são os últimos dígitos dos números dos alunos pertencentes ao grupo. O símbolo '%' representa o resto da divisão inteira ou modular.

Os projectos consistem no dimensionamento de dois filtros:

1. um filtro passa-alto, com  $f_C = 3000 + 500 \times M$  Hz. Este filtro deverá ser integralmente dimensionado e a bobine L deverá ser simulada por um GIC de Riordan, cujo circuito se encontra na figura abaixo. A impedância de entrada daquele GIC é equivalente a uma bobine,  $L_{eq}$ , dada por

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = sL_{eq} = s \frac{R_1 R_3 R_4 C}{R_2}$$

e por escolha judiciosa dos componentes pode-se conseguir o valor de  $L_{eq}$  pretendido. Este filtro *deverá ser implementado e medido em laboratório*.

2. um filtro passa-baixo, com  $f_c = 20 + M$  MHz, carga normalizada a  $50 \Omega$ , que *deverá ser apenas simulado* para verificar que satisfaz as características pretendidas.

## Resultados

Deverá *implementar em laboratório o filtro passa-alto*, e efectuar algumas medidas da respectiva  $|H(j\omega)|$  de forma a esboçar experimentalmente o diagrama de Bode de amplitude.

Comente as discrepâncias que observar relativamente ao projecto “teórico” (e.g. desvios na frequência de corte pretendida). Explique a razão que faz com que, a frequências muito elevadas, o ganho do filtro diminua, apesar do filtro ser do tipo passa-alto (observe este fenómeno e registe a ordem de grandeza da frequência em que o observa).

Deverá também verificar a correcção do projecto do passa-baixo e do passa-alto com um simulador (recomenda-se o 5spice ou o Topspice, mas há mais simuladores grátis que poderão ser utilizados).

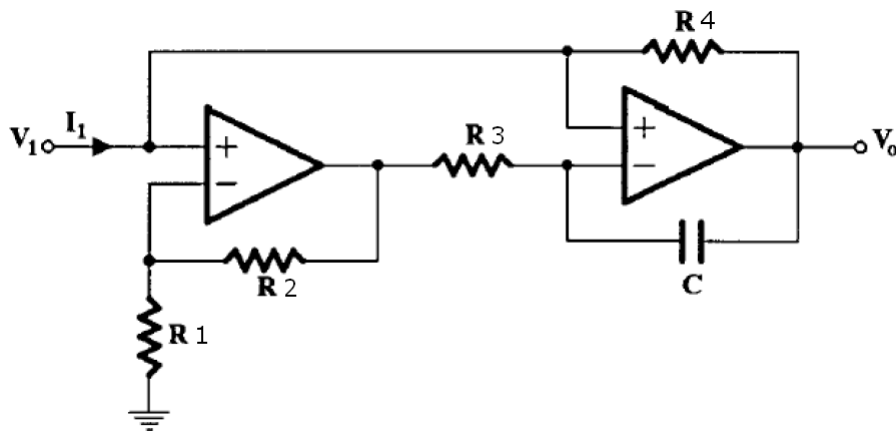


Fig. 2: Simulador de L de Riordan. A sua impedância de entrada é  $Z_{in} = s \frac{R_1 R_3 R_4 C}{R_2}$ .