

## Circuitos Elétricos II - 1o. semestre de 2011 - Trabalho:

Prof. Antônio Carlos Moreirão de Queiroz

### Análise no estado permanente senoidal usando análise nodal modificada e modelos baseados em amplificadores operacionais.

Escrever um programa que calcule a resposta em frequência de um circuito linear invariante no tempo.

O programa deve receber como entrada um “netlist” no formato de um arquivo de texto:

1a. linha: Número de nós

Linhas seguintes: Descrição do circuito, com um elemento por linha:

Resistor: R<nome> <nó1> <nó2> <resistência>

Indutor: L<nome> <nó1> <nó2> <indutância>

Capacitor: C<nome> <nó1> <nó2> <capacitância>

Transformador com indutâncias L1, L2, e coeficiente de acoplamento k: K<nome> <nó1+> <nó1-> <nó2+> <nó2-> <L1> <L2> <k>

Fonte de tensão controlada a tensão: E<nome> <nóV+> <nóV-> <nóv+> <nóv-> <Av>

Fonte de corrente controlada a corrente: F<nome> <nóI+> <nóI-> <nói+> <nói-> <Ai>

Fonte de corrente controlada a tensão: G<nome> <nóI+> <nóI-> <nóv+> <nóv-> <Gm>

Fonte de tensão controlada a corrente: H<nome> <nóV+> <nóV-> <nói+> <nói-> <Rm>

Amplificador operacional ideal: O<nome> <nó de saída> <nó de saída> <nó de entrada> <nó de entrada>

Fonte de corrente: I<nome> <nó+> <nó-> <Ireal> <Imaginária>

Fonte de tensão: V<nome> <nó+> <nó-> <Vreal> <Vimaginária>

Os nós podem ser apenas números, de 0 em diante, sem faltar nenhum. O nó de terra é o “0”.

O programa deve operar com análise nodal, com amplificadores operacionais reduzindo o tamanho do sistema. Modelos baseados em amplificadores operacionais também devem ser usados para os elementos com controle por corrente (V, E, F, H).

O programa deve gerar uma tabela com as curvas de módulo e fase para todas as variáveis calculadas, com o módulo em decibéis e a fase em graus ( $\pm 180$  graus) ao longo da frequência (em Hz). Coloque na primeira linha da tabela o que tem nas colunas:

Frequência m1 f1 m2 f2 m3 f3 ...

Onde os valores  $m_i$   $f_i$  são módulo e fase correspondentes à variável  $i$ .

Os parâmetros da análise devem estar em uma linha no “netlist” no formato:

.ac <modo> <pontos> <frequência inicial> <frequência final> <unidade>

<modo> pode ser “lin”, para varredura linear ou “log” para varredura logarítmica.

<pontos> é o número de análises a fazer, em pontos igualmente espaçados ( $\text{freq}_{n+1} = \text{freq}_n + \text{variação}$ ) para varredura linear ou pontos espaçados geometricamente ( $\text{freq}_{n+1} = \text{freq}_n \times \text{fator}$ ) para varredura logarítmica.

<unidade> pode ser “Hz” ou “rad/s”.

Para verificar o programa, compare com outro simulador de circuitos. Pode usar os programas SENS1 ou IFFT ([www.coe.ufrj.br/~acmq/programs](http://www.coe.ufrj.br/~acmq/programs)), que leem o mesmo netlist e calculam respostas em frequência. Eles requerem na primeira linha o número de nós.

Os “netlists” que o programa lê podem ser gerados com o programa capturador de esquemático Edfil, que pode ser obtido no mesmo site acima, e vem junto com a instalação dos outros programas.

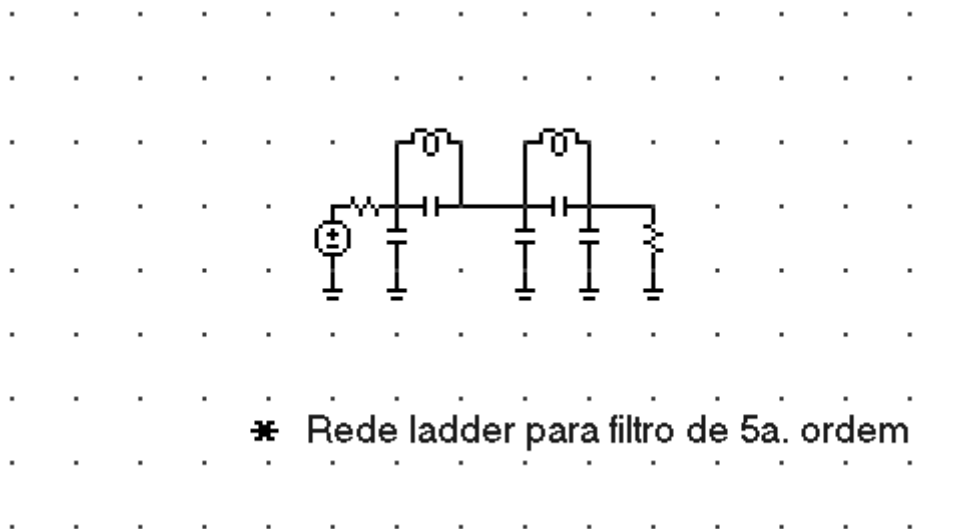
O trabalho deve ser escrito em uma linguagem compilada, como C ou Pascal, e rodar em ambiente Windows, sem requerer complicadas instalações. O programa MNA1 ([www.coe.ufrj.br/~acmq/cursos](http://www.coe.ufrj.br/~acmq/cursos)), escrito em C, pode ser usado como base. Note que ele analisa apenas circuitos resistivos e usa análise nodal modificada convencional.

Gráficos de resposta em frequência podem ser plotados a partir da tabela gerada por programas como o GnuPlot. Programas de trabalhos anteriores, que podem ser achados no último link, como o mnad, também possuem plotadores genéricos que podem ser usados.

O trabalho é para ser feito em grupos de 3 alunos, no máximo. O prazo de entrega é duas semanas antes da última prova, que deverá ser no último dia de aula. Deverá ser feita uma apresentação do trabalho, com exemplos originais, e deverão ser entregues código e um relatório com exemplos rodados e verificados.

Um exemplo:

Carregue no programa Edfil o arquivo el5.cir. Deve aparecer o diagrama esquemático de um filtro LC duplamente terminado:



Note que alguns dos valores dos componentes estão como fórmulas. Carregue o arquivo el5.val, que contém os valores a usar nas fórmulas (Ctrl-U). Gere o netlist (Ctrl-Q) e salve o arquivo el5.net. Este é o netlist correspondente ao circuito:

```
4
R0100 1 0 1
R0203 2 3 1
L0402 4 2 5.86082142618579E-1
L0104 1 4 8.81627694905546E-1
C0200 2 0 1.41517470742474
C0400 4 0 2.13067465696804
C0100 1 0 1.84421824323726
C0402 4 2 1.08537480611994
C0104 1 4 3.64397675632063E-1
V0300 3 0 1
```

O programa Edfil identifica e numera os nós. Para ver os nós aperte Ctrl-P.

Carregue o arquivo el5.net no programa SENSI. Com nó de saída 1 aparece a resposta em frequência, com as curvas de módulo e fase (e também margens de erro que o programa também calcula):

