

## Circuitos elétricos II – Segundo semestre de 2008 – Trabalho

Escrever um programa que analise circuitos lineares invariantes no tempo usando transformada de Laplace e análise nodal modificada, obtendo como saída as transformadas de Laplace das tensões nodais e correntes extra, como razões de polinômios de “s”.

O programa deverá ler o circuito de um arquivo de texto contendo o “netlist”, com o formato:  
Primeira linha: É um título (ou o número de nós, se o netlist for gerado pelo programa Edfil). Ignorar.  
Linhas seguintes: Um componente descrito por linha, em formato livre:

Resistor: **R**<nome> <nó1> <nó2> <Resistência>  
Indutor: **L**<nome> <nó1> <nó2> <Indutância> [**IC**=<corrente inicial>]  
Capacitor: **C**<nome> <nó1> <nó2> <Capacitância> [**IC**=<tensão inicial>]  
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>  
Fonte de corrente: **I**<nome> <nó+> <nó-> <Parâmetros>  
Fonte de tensão: **V**<nome> <nó+> <nó-> <Parâmetros>  
Acoplamento entre indutores: **K**<nome> <nome de indutor> <nome de indutor> <k>  
Amplificador operacional ideal: **O**<nome> <nó saída> <nó saída> <nó entrada> <nó entrada>  
Comentário: \*<comentário>

Os nós podem ser nomes. Veja o exemplo MNA1 para ver como atribuir números aos nomes. Se o programa Edfil for usado para gerar o netlist, os nós serão números, mas o programa pode continuar a tratar como se fossem nomes.

Os parâmetros para as fontes devem ser:  
<parâmetros> = <valor> <IMPULSO ou DEGRAU>

O programa deve montar um sistema nodal modificado onde os termos sejam polinômios (representados internamente por vetores de coeficientes numéricos), e resolver o sistema pelo método de Cramer (só usa multiplicações e somas), obtendo assim uma razão de polinômios como resposta para cada uma das incógnitas.

As saídas geradas devem ser salvas em arquivos, de forma a que possam ser processadas por algum outro programa que plote respostas em frequência ou inverta as transformadas para obter resposta no tempo.

É conveniente deixar os polinômios com coeficiente de grau mais alto 1, colocando constantes multiplicando os polinômios. A constante multiplicando o denominador deve ser ajustada para 1, com apenas os numeradores ficando com constantes diferentes de 1.

Podem ser usados os programas IFFT e ANATRAN para plotar respostas em frequência e no tempo. Eles requerem os arquivos de numerador e denominador salvos separadamente, como arquivos de texto contendo:

Primeira linha: Grau

Linhas seguintes, coeficientes, começando pelo de grau 0.

Última linha: Possível constante multiplicando o polinômio.

Pode existir mais uma linha com um fator de normalização em frequência (o IFFT gera assim).

Os nomes dos arquivos devem ser:

<nome>.d para denominador

<nome>.n<no> para numeradores. <no> um valor entre 0 e 99.

O programa IFFT pode ler os polinômios como referência, mas tem que ter feito uma análise para plotar a referência junto com o resultado. Como ele faz o mesmo tipo de análise, pode ser usado para comparação.

O IFFT, entretanto, considera as fontes sempre impulsoriais e não aceita condições iniciais, que devem ser colocadas como fontes. Também trata acoplamentos e amp. ops. de forma diferente.

Provavelmente programas como o MATLAB podem ser usados também.

Observações:

Implemente as fontes em degrau usando modelos. Uma fonte de corrente em degrau é uma fonte de corrente impulsional ligada a um capacitor unitário, com a tensão sobre o capacitor controlando um transconductor. Para uma fonte de tensão, use uma fonte de tensão controlada a tensão. Assim, somente existem fontes impulsionais, e todos os polinômios só tem potências positivas de  $s$ . O modelamento pode ser estendido para a geração de fontes senoidais também.

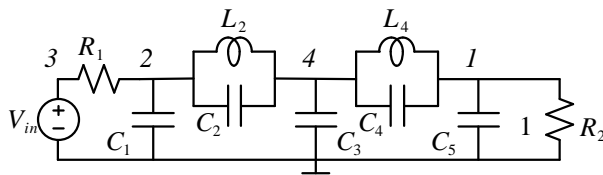
Outra possibilidade é diferenciar as entradas, tratando todas as fontes impulsionais como rampas ( $ks$ ) e as fontes em degrau como impulsos. Assim todos os polinômios do sistema são de primeira ordem e entradas em impulso e degrau são diretamente possíveis. Para obter a solução correta, basta deslocar os coeficientes do denominador obtido de 1 para maior grau, ou melhor, se possível, deslocar os coeficientes dos numeradores de 1 para menor grau, caso todos eles tenham o coeficiente constante nulo.

Na solução de determinantes pelo método de Cramer, coeficientes da matriz são multiplicados por determinantes de ordem menor. Quando os coeficientes forem nulos, não há necessidade de calcular o determinante de ordem menor. Isto economiza um número enorme de operações. Quando um determinante obtido for nulo, também não é necessário multiplicá-lo pelo coeficiente, o que também economiza muitas operações. Sem estes cortes, o número de multiplicações é igual ao fatorial do número de equações. Com os cortes, fica viável a análise de circuitos com até umas 20 equações. Note que uma análise com 21 equações demoraria 21 vezes mais tempo que uma de 20, sem os cortes.

Para testar o programa, coloque a princípio circuitos com solução conhecida, mas progressivamente mais complicados, como uma cadeia de resistores em série com uma fonte de corrente, um circuito com vários indutores em paralelo ou vários capacitores em série, etc. O circuito do exemplo abaixo pode ser tornado mais complexo com a substituição dos indutores por giradores ligados a capacitores, e os giradores podem ser montados com transdutores ou transresistores. Modelos com amplificador operacional podem ser usados também, por exemplo na fonte de tensão, e mesmo para os indutores.

Exemplo:

Seja o circuito, que é um filtro passa-baixas elíptico de 5ª. ordem:



Netlist como gerado no Edfil:

```
4
R2 1 0 1
R1 2 3 1
L2 4 2 5.86082142617873E-1
L4 1 4 8.81627694904598E-1
C1 2 0 1.41517470742647
C3 4 0 2.13067465696923
C5 1 0 1.84421824323888
C2 4 2 1.08537480612191
C4 1 4 3.64397675632798E-1
VIN 3 0 1 IMPULSO
```

Polinômios obtidos (grau, coeficientes e constante multiplicativa):

Denominador:

5

0.229849081204

0.788126922436

1.129227734851

1.847118770184

0.923399216741

1.000000000000

1.000000000000

Numerador para o nó 1:

4

4.893289967663

-0.000000000000

4.684747122751

-0.000000000000

1.000000000000

0.023486149679

Numerador para o nó 3 (igual ao denominador):

5

0.229849081204

0.788126922436

1.129227734851

1.847118770184

0.923399216741

1.000000000000

1.000000000000

O trabalho deve ser feito em grupos de até 3 alunos. O prazo de entrega, com código, relatório com exemplos e demonstração (não imprima código fonte), é até uma semana antes da segunda prova. Deve ser feito em linguagem compilada, como C ou Pascal, como um programa autônomo que rode, preferencialmente em Windows. O programa, relatório, exemplos, e tudo o mais necessário para executá-lo em qualquer PC, como bibliotecas (evite) não pode resultar em um arquivo .zip com mais de 1 MB.