

TRABALHO 1 - ESTUDO DE CIRCUITOS RC e RLC

Objectivo - Verificar o comportamento em frequência de circuitos RC e RLC. A função de transferência e o seu significado na análise de sistemas Lineares e Invariantes no Tempo. Traçado experimental e assintótico de diagramas de Bode.

Material a Utilizar - Resistências - 390; 1K; 2x1,5K; 9,1K (Ohms)
Condensadores- 2x3,3nF; 2x100nF
Bobine - 3,3mH
Amplificador Operacional LM741-A

Calendarização - O tempo previsto para a execução deste trabalho é de quatro aulas. A dedução das funções de transferência deve ser efectuada fora do laboratório de modo a rentabilizar o tempo dentro do laboratório. Tenha presente que a preparação do trabalho é um factor muito importante para a sua avaliação em Laboratórios Integrados II. A bibliografia recomendada é a das disciplinas de Processamento de Sinal e Sistemas de Microcomputadores e Electrónica e Instrumentação.

Nota: No final do trabalho deve constituir um pequeno dossier organizado com todos os dados relativos ao trabalho (traçados, cálculos e comentários) para que os docentes possam avaliar o trabalho correctamente. Este dossier deve ser entregue no prazo máximo de uma semana após a última aula relativa ao trabalho.

Procedimento

Para cada um dos circuitos da figura 1:

1) Determine a função de transferência $G(j\omega)$ e faça o seu traçado de Bode (amplitude e fase). Com a ajuda do simulador analógico Microcap II verifique o traçado.

Este software está instalado de modo a poder ser executado a partir da directoria de cada grupo. Nenhum grupo deve criar ficheiros fora da referida directoria. Para mais informações ler as “NORMAS DE UTILIZAÇÃO DOS LABORATÓRIOS”.

2)a) Realize as montagens da figura 1, aplique uma sinusóide de 1Vpp à entrada do circuito e registe, na forma de tabelas, a amplitude e fase da saída fazendo variar a frequência entre 50Hz e 500KHz. Use intervalos de frequência à sua escolha apertando-os mais nas zonas de pólos ou zeros (frequências de corte).

Trace a resposta linear do filtro e a resposta em frequência (traçado de Bode). Esta última, trace-a no mesmo gráfico onde traçou $G(j\omega)$ e represente (a cor diferente) os pontos obtidos experimentalmente. Comente os resultados que obteve.

2)b) Realize os procedimentos necessários para verificar se a resposta dos filtros é ou não invariante à variação da amplitude. Explique que procedimentos usou.

3) Usando procedimentos que achar convenientes, caracterize a “caixa preta” que lhe é fornecida, indicando de que tipo de filtro se trata e determinando a sua função de transferência aproximada, assim como o possível circuito passivo que a implemente.

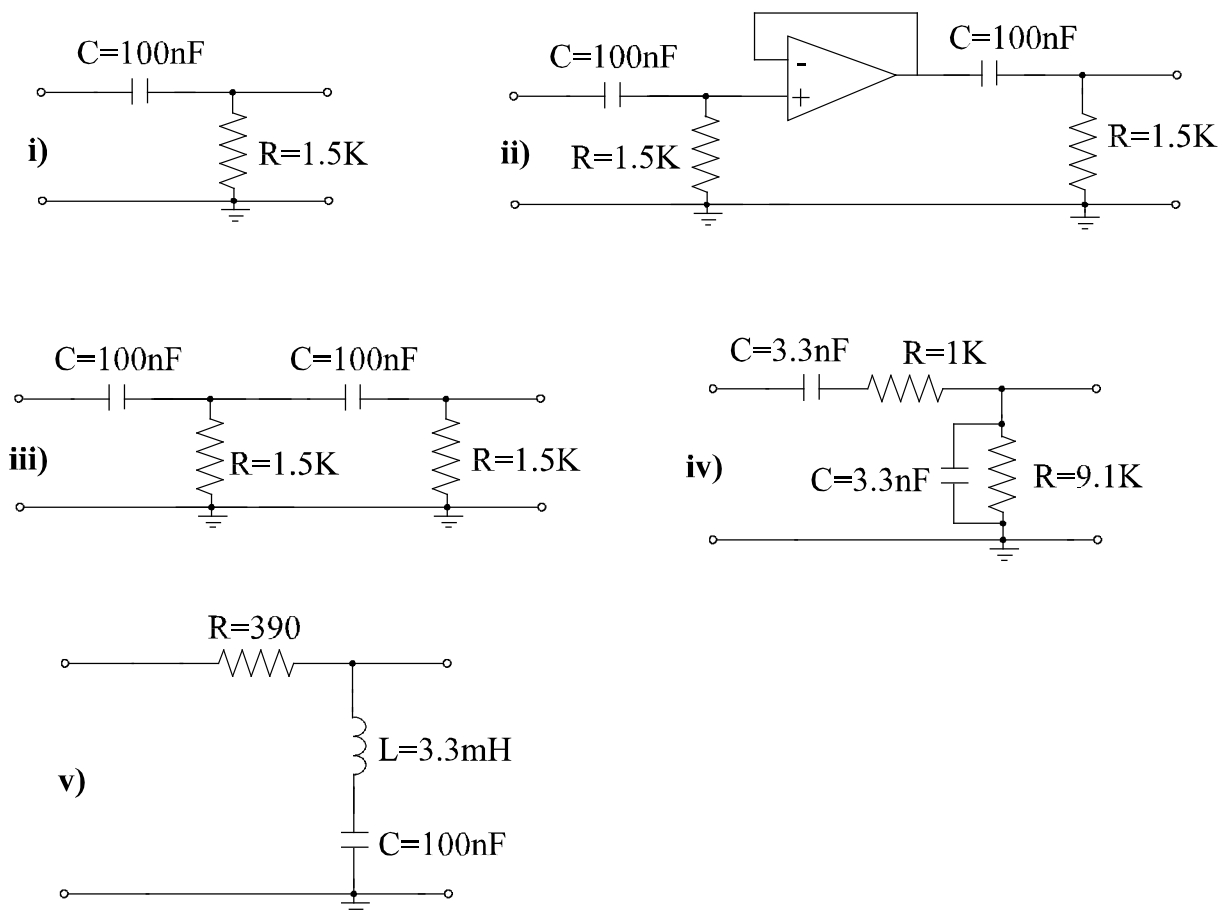
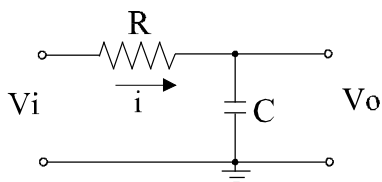


Figura 1

EXEMPLO

$$H = \frac{V_o}{V_i} = \frac{X_c}{R + X_c} \quad \text{como } X_c = \frac{1}{sC} :$$

$$H(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} \quad \text{como } s=j\omega \text{ fica:}$$

$$H(j\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{j\omega RC + 1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\left(\frac{1}{RC}\right)}} \Rightarrow \text{Filtro Passa-Baixo}$$

Esta função de transferência tem um polo em $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.

MÓDULO

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + \left(\frac{\omega}{\left(\frac{1}{RC}\right)}\right)^2}}$$

$$\text{Em dB : } |H(j\omega)|_{\text{dB}} = 20 \log 1 - 20 \log \sqrt{1^2 + \left(\frac{\omega}{1/RC}\right)^2} = 0 - 20 \log \sqrt{1^2 + \left(\frac{\omega}{1/RC}\right)^2}$$

FASE

$$H(j\omega) = \arctg \frac{0}{1} - \arctg \frac{\omega}{1/RC} = 0 - \arctg \frac{\omega}{1/RC}$$

Traçado do DIAGRAMA DE BODE

Considerando $1/RC = \omega_0$ (polo)

- Para $\omega \ll \omega_0$ (geralmente $\omega < \omega_0/10$):

$$|H|_{dB} = -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \approx 0 \text{ dB}$$

$$H = -\arctg \frac{\omega}{\omega_0} \approx 0^\circ$$

- Para $\omega = \omega_0$

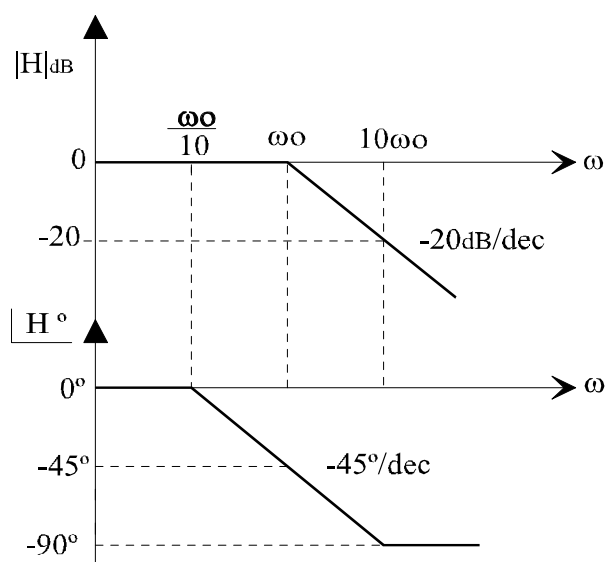
$$|H|_{dB} = -20 \log \sqrt{1+1} = -3 \text{ dB}$$

$$H = -\arctg 1 = -45^\circ$$

- Para $\omega \gg \omega_0$ (geralmente $\omega > 10\omega_0$):

$$|H|_{dB} = -20 \log \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = -20 \log \frac{\omega}{\omega_0} \Rightarrow \text{decai a } 20 \text{ dB/dec}$$

$$H = -\arctg \frac{\omega}{\omega_0} \approx -90^\circ$$



Nota: O simulador Microcap apresenta os diagramas de Bode em ordem a f . Para os cálculos, é indiferente ser em ordem a ω ou a f , pois $\omega = 2\pi f$.

APÊNDICE A

SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

MICRO - CAP - II Student Edition

Introdução

MICRO - CAP - II é um simulador de circuitos eléctricos analógicos, com um interface gráfico com o utilizador, de muito fácil uso. No mundo tecnológico em que vivemos, é fundamental o uso do computador como ferramenta de trabalho, CAD (Computer - Aided Design) faz parte integrante da engenharia de electrónica. Como tal, o desenvolvimento de circuitos é realizado recorrendo à simulação, pois todos os parâmetros podem ser alterados facilmente e rapidamente observar os resultados, e após sucessivas refinações obter o circuito desejado.

Este simulador recorre às leis de análise e simulação de circuitos de SPICE.

Porém o utilizador deve ter uma atitude crítica relativamente aos resultados observados, deve pois avaliar numa forma qualitativa esses resultados comparando-os com o esperado.

O objectivo principal deste pacote é fornecer uma ferramenta poderosa capaz de evitar muitos e repetidos cálculos, libertando o engenheiro para trabalhos mais criativos e nos quais o computador não possa desempenhar um papel preponderante.

O simulador contém uma biblioteca de componentes activos e passivos, incluindo modelos populares de BJTs, FETs, OPAMPS e díodos. Há ainda a capacidade de criar e adicionar componentes à biblioteca para posterior uso.

São permitidas cinco tipos de análises:

- Análise Transitória,
- Análise AC,
- Análise DC,
- Análise Fourier,
- Análise Iterativa.

A selecção de opções dos vários menus são realizadas de duas formas não simultaneamente:

- Pela inicial da opção pretendida,
- Pelo número correspondente à opção pretendida.

O posicionamento do cursor é efectuado recorrendo às teclas direccionais.

Parte I Construção de um circuito

Como introdução será exemplificada a construção de um circuito muito simples RLC (figura 1) tendo como entrada um pulso, bem como a sua análise.

Coloque o cursor no centro do ecrã;

Tecla E (selecção da opção Enter para entrada de componentes);

- Escreva "V(T)" e de seguida Return
selecção de uma fonte de tensão);

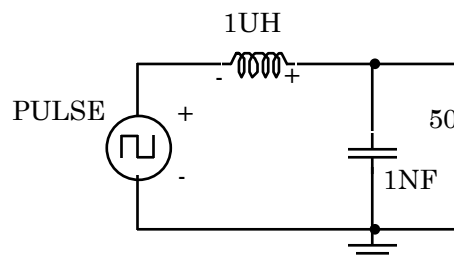


figura 1

- Tecla U (direcção de posicionamento do componente relativamente à posição do cursor);
- Tecla N;
- Escreva "PULSE" e de seguida Return (selecção de um gerador de pulsos);

Como deve ter reparado esta sequência de comandos levou à colocação de um gerador de pulsos. Os parâmetros do pulso (por exemplo: tensão máxima), são especificados na altura de definição da fonte.

- Tecla E (selecção da opção **Enter** para entrada de componentes);
- Escreva "IND" e de seguida Return (selecção de uma indutância);
- Tecla R (direcção de posicionamento do componente relativamente à posição do cursor);
- Tecla N;
- Escreva "1UH" e de seguida Return (selecção de uma indutância de valor 1 micro Henry);
- Tecla E (selecção da opção **Enter** para entrada de componentes);
- Escreva "CAP" e de seguida Return (selecção de um condensador);
- Tecla D (direcção de posicionamento do componente relativamente à posição do cursor);
- Tecla N;
- Escreva "1NF" e de seguida Return (selecção de um condensador de valor 1 nano Farad);
- Tecla E (selecção da opção **Enter** para entrada de componentes);

Escreva "GND" e de seguida Return (selecção de uma massa para o circuito eléctrico);

Tecla **D** (direcção de posicionamento do componente relativamente à posição do cursor);

Neste momento deve ter um circuito semelhante ao da figura 2.

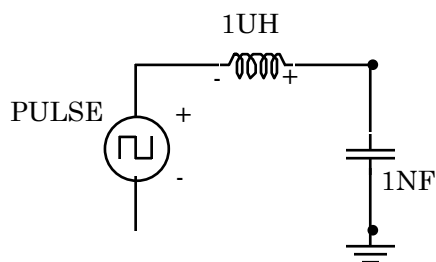


figura 2

- Tecla **S** (colocação de uma ligação entre um terminal do condensador e um terminal da fonte de pulsos);
- Tecla **L** (direcção de colocação da ligação relativamente à posição do cursor, esquerda neste caso);
- coloque o cursor no mesmo local em que estava no início do último passo.
- Tecla **S** (colocação de uma ligação entre um terminal do condensador e um terminal da fonte de pulsos);
- Tecla **R** (direcção de colocação da ligação relativamente à posição do cursor);
- Tecla **E** (selecção da opção **Enter** para entrada de componentes);
- Escreva "RES" e de seguida Return (selecção de uma resistência);
- Tecla **U** (direcção de posicionamento do componente relativamente à posição do cursor);
- Tecla **N**;
- Escreva "50" e de seguida Return (selecção de uma resistência de valor 50 Ohm);
- Tecla **S** (colocação de uma ligação entre um terminal do condensador e um terminal da fonte de pulsos);
- Tecla **L** (direcção de colocação da ligação relativamente à posição do cursor, esquerda neste caso);

Finalmente dispõe de um circuito idêntico ao da figura 1.

- Tecla **N** (selecção da opção **Nodes** para visualização da numeração dos nós);

Nó é um ponto comum a dois ou mais componentes. Através desta numeração são definidos os vários nós do circuito, e associa-se uma entrada ou saída a um número. Assim neste exemplo a entrada está disponível no nó número 1, a saída (tensão aos terminais do paralelo da resistência com o condensador) no nó número 2.

Parte II Análise de um circuito

Análise Transitória

- Tecla **A** (para selecção da opção **Analyse**);
- Tecla **1** (para selecção da análise transitória);

De seguida aparece um menu onde são seleccionados os parâmetros a serem mostrados assim como as gamas dos mesmos. Os valores mostrados já foram previamente colocados de forma adequada ao circuito exemplo.

Observe e interprete com atenção os vários parâmetros do menu.

A simulação será feita desde $t = 0$ até $t = 1 \mu\text{S}$, mostrando as formas de onda da tensão no nó 1 e 2.

- Tecla **Y** (confirmação de que os valores mostrados estão correctos);

São entretanto desenhadas duas formas de onda, sendo a de cima a entrada (nó 1) e a de baixo a saída (nó 2).

- Tecla **3** (opção **Quit**) para terminar e voltar a visualizar o desenho esquemático do circuito.

Análise AC

Este tipo de análise processa-se de forma idêntica à análise transitória.

- Tecla **A** (para selecção da opção **Analyse**);
- Tecla **2** (para selecção da análise AC);

Neste tipo de análise, o simulador substitui todas as fontes por resistências de $0,001 \text{ Ohm}$, são assumidas entradas sinusoidais e funcionamento dos circuitos em regime permanente.

De seguida aparece um menu onde são seleccionados os parâmetros a serem mostrados assim, como as gamas dos mesmos. Os valores mostrados já foram previamente colocados de forma adequada ao circuito exemplo.

Observe e interprete com atenção os vários parâmetros do menu.

A simulação será feita desde $f = 1 \text{ MHz}$ até $f = 100 \text{ MHz}$.

- Tecla **Y** (confirmação de que os valores mostrados estão correctos);

São entretanto desenhadas três formas de onda (**resposta em frequência**), sendo uma o traçado de amplitude, outra o traçado de fase e outra o traçado de atraso no tempo.

- Tecla **3** (opção **Quit**) para terminar e voltar a visualizar o desenho esquemático do circuito.

Análise DC

- Tecla **A** (para selecção da opção **Analyse**);
- Tecla **3** (para selecção da análise DC);

De seguida aparece um menu onde são seleccionados os parâmetros a serem mostrados assim, como as gamas dos mesmos. Os valores mostrados já foram previamente colocados de forma adequada ao circuito exemplo.

Observe e interprete com atenção os vários parâmetros do menu.

A simulação será feita com V_{in} a variar de 0 a 10 Volt assim como a saída.

- Tecla **Y** (confirmação de que os valores mostrados estão correctos);

É traçada uma recta com declive unitário. Será que este resultado está correcto? Porquê?

- Tecla **3** (opção **Quit**) para terminar e voltar a visualizar o desenho esquemático do circuito.

Como já se deve ter apercebido MICRO -CAP -II é uma ferramenta muito poderosa.

Será facultada a consulta do manual existente no laboratório de ensino da disciplina de Laboratórios Intergrados II, para esclarecimento de eventuais dúvidas quanto à função de cada uma das opções disponíveis nos vários menus do simulador.