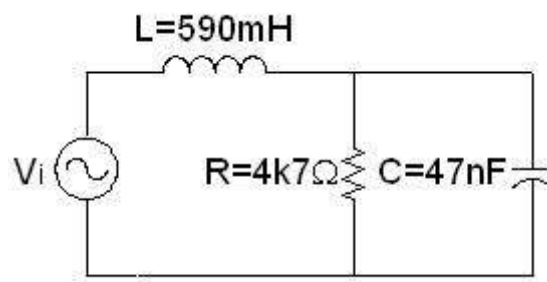


## Modelamento e análise da resposta em frequência de circuitos RLCs

Por diversas vezes, durante a elaboração de seus projetos, você se deparará com a necessidade de analisar como o seu circuito, ou parte dele, se comporta quando nele é aplicado um sinal com uma determinada frequência. Nesse tutorial vou tentar mostrar, de uma maneira bastante simples e resumida, como é possível realizarmos essa análise utilizando o software MatLab.

Para começar, vou tomar como base esse circuitinho bem simples mostrado abaixo:



O primeiro passo é encontrarmos a função de transferência deste circuito. Para quem não sabe ou já esqueceu o que é uma função de transferência, ela nada mais é do que a razão entre o sinal de saída  $V_o$  e o sinal de entrada  $V_i$ , ou seja, ela acaba expressando o ganho do circuito. No nosso caso,  $V_o$  é a tensão que está sobre o capacitor.

Todo o nosso modelamento será feito analiticamente no domínio da frequência onde, as impedâncias  $sL$  e  $1/sC$  substituirão respectivamente a indutância  $L$  e a capacitância  $C$ .

Como o capacitor está em paralelo com o resistor, começaremos o equacionamento encontrando a impedância equivalente entre eles dois:

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$R // C = \frac{R \cdot \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}}$$

$$R // C = \frac{\frac{R}{sC}}{\frac{RsC + 1}{sC}}$$

$$R // C = \frac{R}{sRC + 1}$$

Agora que temos a impedância equivalente podemos utilizar o conceito de divisor de tensão para calcularmos a razão  $V_o/V_i$  assumindo que  $Z_1 = R // C$  e que  $Z_2$  é a impedância do indutor:

$$V_o = V_i \cdot \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$V_o = V_i \cdot \frac{\frac{R}{sRC + 1}}{sL + \frac{R}{sRC + 1}}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R}{sRC + 1}}{\frac{sL \cdot (sRC + 1) + R}{sRC + 1}}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R}{s^2 LRC + sL + R}$$

Substituindo os valores de R, L e C, teremos a seguinte função de transferência para o nosso circuito:

$$FT(s) = \frac{R}{LRC.s^2 + L.s + R}$$

$$FT(s) = \frac{4700}{590.10^{-3}.4700.47.10^{-9}.s^2 + 590.10^{-3}.s + 4700}$$

$$FT(s) = \frac{4700}{130,3.10^{-6}.s^2 + 590.10^{-3}.s + 4700}$$

Para analisarmos a resposta em frequência desse circuito, utilizando o MatLab, devemos inicializar o MatLab e, em seu “prompt”, inserir o numerador e o denominador na nossa função de transferência e em seguida mandar que ele plote o Diagrama de Bode, que é uma das técnicas disponíveis para esse tipo de análise. Isso pode ser feito digitando-se a seguinte sequência, onde N expressa o numerador e D expressa o denominador:

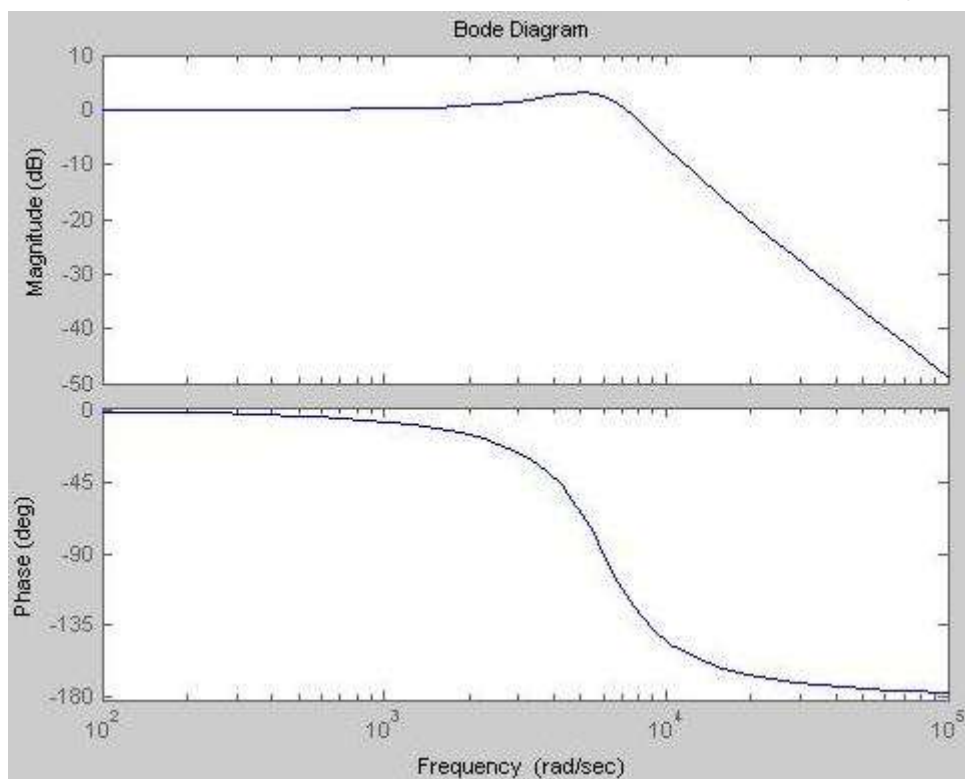
```
N=[4700];
```

```
D=[130.3e-6 590e-3 4700];
```

```
bode(N,D)
```

Observe que o denominador e o numerador devem ser digitados de forma matricial utilizando-se apenas os coeficientes de s. Por exemplo se o numerador da nossa função de transferência fosse 4700.s ao invés de ser apenas 4700, a matriz do numerador seria N=[4700 0]. Outras observações importantes são que para o MatLab, nos números do tipo ponto flutuante, não utiliza virgula e sim ponto. Desta forma o número 130,3 deve ser digitado 130.3. E que as bases 10 são substituídas pela letra “e” como podemos observar acima. Acredito que quem está acostumado a resolver sistemas de equação, polinômios e contas com base 10 na HP não terão problemas para entender essas notações. Quem não entender, estarei a disposição para explicar... é só entrar em contato.

Como resultado dessa “programação” no MatLab, teremos o seguinte gráfico que nos mostra como a amplitude (gráfico de cima) e a fase (gráfico de baixo) de saída desse circuito se comporta com a variação da frequência de entrada.



Olha que interessante: por esse diagrama podemos ver que essa configuração de circuito, onde o indutor está em série com a entrada, se comporta como um filtro passa-baixa.

Espero que tenha sido interessante esse tutorial.

Um grande abraço e até a próxima... =o)

2009

02/25

**CATEGORY**

Circuitos Elétricos

Programação

**TAGS**

Circuitos Elétricos

Matemática

**Write comment**

Write comment   Comments RSS

Trackback ( 0 ) Comentários ( 10 )

1.
  - o mauromartins
  - o 26 de fevereiro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Isto porque você não viu os diagramas de RINOCERONTE que minha hp faz !

Em que semestre eu terei isto ?

- o
  - o camilasoares
  - o 26 de fevereiro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Ah, Mauro... preciso que me apresente esses diagramas que sua HP faz... 😊

Na verdade a partir deste semestre esse tipo de análise, que eu descrevi aqui beeeem resumidamente, vai te acompanhar até o final da graduação e, dependendo da carreira que pretende seguir, te acompanhará também na pós-graduação.

Você aprenderá esse assunto com mais detalhes principalmente nas disciplinas de Eletrônica Geral II e Controle e Servomecanismo. No entanto, até o final desse semestre faremos algumas análises mais simples ainda do que essa que eu apresentei, trabalhando no domínio do tempo, em nossos laboratórios de Circuitos Elétricos.

Esse assunto é muito interessante. Espero que nossas aulas práticas sejam bastante produtivas!!!

2.
  - o mauromartins
  - o 26 de fevereiro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

O mesmo diagrama de Bode plotado pelo programa gratuito Scilab.

Os comandos usados=  $s = \text{poly}(0, 's')$  (uma matriz do  $s$ , onde o mesmo varia de 0 a  $s$ ),  $h = \text{syslin}('c', (4700)/(130.3e-6*s^2+590e-3*s+4700))$  (a função),  $\text{bode}(h, 10, 10000)$  (plota  $h$ , desde  $10^1$  a  $10^5$ ). Não é tão fácil como no matlab, mas é gratuito, e eu gosto de usar programas assim 😊

- o
  - o camilasoares
  - o 2 de março de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Muito bem colocado Mauro... é muuuito importante buscarmos alternativas gratuitas.

Nesse caso, como você mesmo comentou, o Scilab ficou um pouquinho mais complicado do que o MatLab. Mas, de uma forma geral, os dois são bem parecidos no que diz respeito a complexidade dos comandos. Sendo assim, não teria por que não passarmos a utilizar o Scilab no lugar do MatLab.

Em próximos posts vou buscar explorar mais as possibilidades desse software.

3.
  - o Julio
  - o 8 de novembro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Camila.... estava com duvida sobre funcao transferencia, e procurando no google caiu no sei site..... rs

Entao a duvida e a seguinte.... depois que encontro a F.T. como eu acho o valor de  $S$ .

$$S = 2\pi f$$

onde  $f$  e a frequencia de entrada.....

colocando o valor de  $f$  encontro  $s$  e depois encontro o ganho deste circuito nesta frequencia....

valeu...

- o
  - o camilasoares

- o 8 de novembro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Oi Julio.

Não sei se entendi direito a sua pergunta.

Bom, mas vamos lá.

A função de transferência, nada mais é, do que a equação que descreve o ganho de um sistema. Sendo assim, se vc tiver os valores das variáveis da F.T. é só substituir e pronto: encontrou o ganho.

Agora o que vc tem que tomar cuidado é com esse “s”? Esse “s” é de laplace? Se for, vc tem que tomar cuidado pq ele está no domínio da frequência. Não se esqueça disso.

Espero ter podido ajudar.

Abraço.

4. o Samid

- o 11 de novembro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

todo mundo sabe que sou fã desta professora mais que atenciosa, tava estudando a matéria da Sra Cuenca e caí aqui, obrigado pela dica professora, vou te procurar uma hora destas pra me explicar melhor na HP, valeu camila.

sam

- o camilasoares
- o 20 de novembro de 2009

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Oi Samid!!!

Que saudade de dar aulas pra vc!!!

Ah... pode me procurar sim... quando quiser... sabe que estou sempre à disposição.

Beijos.

- o [Dean Manhique](#)
- o 11 de agosto de 2011

[QUOTE](#)

Bom dia Camila, eu ando cabeçudo com a minha calculadora hp50g, instalei o programa BODE na calculadora, mas n sei por onde começar para começar a usar, será que podia me ajudar a começar a usar?

5. o Camila

- o 22 de junho de 2014

[REPLY](#) [QUOTE](#)

Oi Camila, Não estou achando o programa para fazer Diagrama de Bode na calculadora Hp. Será que vc poderia me ajudar? Obrigada.