|  |  |
| --- | --- |
|  | **ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  **Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos - PSI – EPUSP**  **PSI 3212- LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS** |

**Guia Experimental e Roteiro para Relatório**

**Versão para simulação – Turma 1 (sexta-manhã) 2020**

**Resposta em Frequência de Circuitos RC e RLC**

*Elaboração: Profs. Walter Jaimes Salcedo e Marcio Lobo,*

*Revisão: Elisabete Galeazzo e Leopoldo Yoshioka*

*Edição 2020*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No. USP** | **Nome** | | | **Nota** | **Bancada** |
|  |  | | |  |  |
|  |  | | |  |
|  |  | | |  |
| **Data:** | | **Turmas:** | **Profs:** | | |

**GUIA EXPERIMENTAL E RELATÓRIO**

**Objetivos:** Saber analisar a resposta em frequência de quadrupolos constituídos por circuitos passivos RC e RLC, utilizando métodos de simulação computacional.

**Lista de materiais**

* Osciloscópio digital (modelo DSO-X 2002A, Agilent)
* Gerador de funções
* Multímetro digital portátil Tektronix TX3
* Medidor RLC
* Resistores: 1 kΩ e 10 kΩ
* Capacitor: 100 nF
* Indutor: ~3,0 mH
* Planilha Eletrônica
* Software de cálculo

Obs: Esta experiência será feita através da simulação

dos circuitos elétricos propostos

Onde diz “meça” uma variável (com voltímetro, osciloscópio, etc.) entenda que

você deve obter o valor dessa variável a partir das simulações e dos recursos que

o programa de simulação fornecer !

Onde diz “dados experimentais” entenda que deve obter esses dados das simulações

# Resposta em frequência de um circuito RC:

## Identificação e medição dos componentes passivos

Meça as resistências (R) e a capacitância (C) dos componentes da lista de materiais utilizando o multímetro portátil. Meça a indutância (Ls) e a resistência série do indutor (Rs) utilizando o medidor RLC na frequência de 1 kHz. Você pode também medir a capacitância (Cp) e resistência paralela parasitária (Rp) do capacitor com o medidor RLC na frequência de 1 kHz. (não é para fazer)

**Tabela 1 –** Valores dos componentes R, L e C

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Resistor 1 | Resistor 2 | Capacitor | Indutor (medido em 1kHz) | |
| Valor | R (kΩ) | R (kΩ) | Cp (nF) | Ls (mH) | Rs (Ω) |
| Nominal | 1 | 10 | 100 | 3,0 | 8,0 |
| Medido | -- | -- | -- | -- | -- |

## Determinação da resposta em frequência do circuito RC

Monte o circuito mostrado na Figura 1, com os valores nominais dos componentes iguais a **R = 1 kΩ** e **C = 100 nF**, respectivamente. Programe o gerador de funções para fornecer uma **onda senoidal** de amplitude de **10 Vpp**. Simule os valores eficazes de entrada (VE)e saída (tensão no capacitor VS) com o osciloscópio.

R

C

VE

VS

**Figura 1**- Circuito RC.

a) Apresente as fórmulas para calcular o módulo do ganho linear |G(jω)| e a fase ϕ(jω) a partir dos parâmetros do circuito.

b) Apresente a fórmula para se obter |G(jω)| (módulo do ganho linear) a partir das tensões simuladas.

c) Meça com o osciloscópio e anote na Tabela 2 os valores eficazes de **VE** e de **VS**, como tambéma defasagem entre esses sinais **(ϕVS 🡪 ϕVE**), para os valores de frequência **f** escolhidas.

d) Calcule o módulo do ganho **|G(f)|** a partir das tensões simuladas.

e) Indique o módulo do ganho **|G(f)|** e a defasagem **ϕ** utilizando-se os valores nominais dos componentes**.**

*🟋Utilize a planilha eletrônica disponibilizada no Moodle para essa experiência para efetuar os cálculos, caso não tenha efetuado a preparação.*

**Tabela 2** - Resposta em frequência de um circuito RC.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | |  | Dados do item 1, *Preparação* | |
| Valores simulados | | | | Cálculos a partir das tensões simuladas | Resultado dos cálculos teóricos a partir dos parâmetros do circuito | |
| f  (Hz) | VE  (**CA VRMS**) | VS  (**CA VRMS**) | Fase θ S →E  ϕVS,VE (o) | Ganho |G(f)| | |G(f)| | Fase ϕ |
| 10 |  |  |  |  |  |  |
| 100 |  |  |  |  |  |  |
| 1 k |  |  |  |  |  |  |
| 1,5 k |  |  |  |  |  |  |
| 1,6 k |  |  |  |  |  |  |
| 10 k |  |  |  |  |  |  |

Evidentemente, os dois ganhos (a partir da tensão e a partir dos parâmetros do circuito) devem dar exatamente iguais.

f) Anexe os gráficos de:

1. Módulo do ganho |G(f)| (valores simulados);
2. Defasagem (ϕVS,VE) em função da frequência **f** (valores simulados).

h) Determine a faixa de passagem**[[1]](#footnote-1)** e a frequência de corte (fc) a partir das curvas simuladas. Indique-as nos dois gráficos acima.

i) Calcule a frequência de corte teórica (fc) do circuito, utilizando os valores nominais dos componentes (Tabela 1). (Apresente seu cálculo).

k) Quais seriam as possíveis aplicações para o circuito RC analisado neste experimento? Explique.

# Resposta em Frequência de um Circuito RLC paralelo:

Monte o circuito da Figura 2, com R = 10 kΩ e os componentes L e C fornecidos. Note que Rs e Ls estão representando o modelo do indutor real utilizado na montagem. Programe o gerador de funções para fornecer uma **onda senoidal** com amplitude de **10 Vpp**.

R

C

VE

VS

RS

LS

L

**Figura 2**- Circuito RLC.

## Determinação de resposta em frequência do circuito RLC

a) Indique o número das expressões da *Introdução Teórica* devem ser usadas para calcular |G(jω)| e ϕ a partir dos parâmetros do circuito da Figura 2.

b) Meça com o osciloscópio os valores eficazes das tensões de entrada e saída do circuito (VE e VS), bem como a defasagem entre esses dois sinais (ϕVS,VE) para as diferentes frequências, preenchendo a Tabela 3.

c) Calcule o módulo do ganho **|G(f)|** a partir das tensões simuladas.

d) Indique o módulo do ganho **|G(f)|** e a defasagem **ϕ,** calculados previamente através dasfórmulas teóricas indicadas no item 2.1.a (efetuados na preparação do experimentoou utilize a planilha disponibilizada) utilizando-se os valores nominais dos componentes.

**Tabela 3 –** Resposta em frequência da de circuito RLC

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | |  | Dados do item 2, *Preparação* | |
| Valores simulados | | | | Cálculos a partir das tensões medidas | Cálculos teóricos a partir dos parâmetros do circuito | |
| f  (Hz) | VE (CH1)  (CA VRMS) | Vs (CH2)  (CA VRMS) | Fase θ 2 →1  ϕVS,VE(o) | Ganho |G(f)| | |G(f)| | Fase ϕ |
| 1,0 k |  |  |  |  |  |  |
| 3 k |  |  |  |  |  |  |
| 5 k |  |  |  |  |  |  |
| 8,9 k |  |  |  |  |  |  |
| 9,0 k |  |  |  |  |  |  |
| 9,1 k |  |  |  |  |  |  |
| 9,2 k |  |  |  |  |  |  |
| 9,3 k |  |  |  |  |  |  |
| 9,5 k |  |  |  |  |  |  |
| 10 k |  |  |  |  |  |  |
| 20 k |  |  |  |  |  |  |

Evidentemente, os dois ganhos (a partir da tensão e a partir dos parâmetros do circuito) devem dar exatamente iguais.

e) Utilizando a planilha eletrônica, anexe os seguintes gráficos a partir dos dados simulados:

1. O gráfico de |G(f)|;
2. O gráfico da fase (ϕVS,VE) em função da frequência, f.

f) Determine as frequências de corte inferior (fc1) e superior (fc2), a frequência de ressonância (fR), a faixa de passagem e o índice de mérito (Q) do circuito a partir da curva simulada de |G(f)| (indique-os também no gráfico).

g) Calcule a frequência de ressonância a partir dos parâmetros do circuito e compare com o valor obtido graficamente. Apresente seus cálculos (da frequência e do erro relativo).

h) Analise o comportamento da defasagem entre o sinal de saída e o da entrada na faixa de passagem e na frequência de ressonância.

i) Analisando o comportamento da defasagem do circuito (principalmente em baixa frequência), descreva como seria a curva da defasagem, caso a resistência parasitária do indutor, Rs, fosse zero?

1. *Faixa de passagem é a faixa de frequências onde o ganho está dentro do intervalo de 3 dB em relação ao valor máximo (patamar).* [↑](#footnote-ref-1)