

**Laboratório 10 - Espaço de Estados (II) e Circuitos sob Excitação Senoidal (I) <sup>1</sup>.**

**Objetivo:** Verificação da resposta temporal de circuitos a um degrau unitário por meio da descrição no espaço de estados e análise do comportamento de circuitos RC e RL no domínio frequência.

**1) Descrição no Espaço de Estados.**

**1.1)** Obtenha uma descrição no espaço de estados para o circuito visto na Fig. 1. Considere as variáveis de saída a tensão no ponto *A* e a tensão no capacitor  $C_3$ .

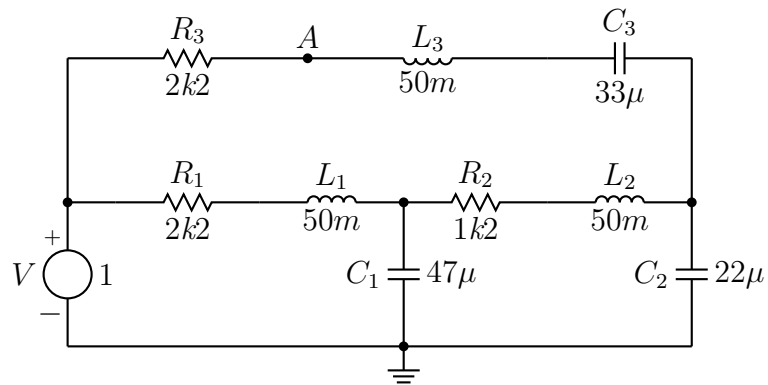


Figura 1: Circuito RLC para o item 1).

**1.2)** Calcule as expressões de  $V_{C_3}(t)$  e  $V_A(t)$  para  $t \geq 0$  por espaço de estados. Obtenha os autovetores e autovalores através do comando `eig` do Matlab. Considere a fonte de tensão  $V$  um degrau unitário.

**1.3)** Escreva uma rotina no Matlab para simular a resposta deste circuito à um degrau unitário utilizando os comandos `ss` e `step`.

**2) Resposta de Circuitos RC Série no Domínio Frequência.**

**2.1)** Monte no *protoboard* o circuito RC série visto na Fig. 2.

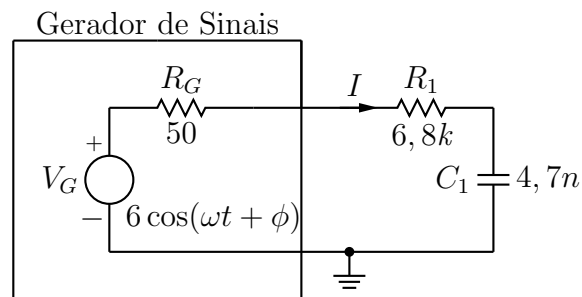


Figura 2: Circuito RC para o item 2).

**2.2)** Meça o valor real do resistor  $R_1$  através do multímetro.

**2.3)** Calcule o valor rms da fonte de tensão  $V_G$ .

**2.4)** Ligue o gerador de sinais, selecione onda senoidal e conecte ao circuito. Ajuste a tensão de saída  $V_G$  para  $6V_p$  e frequência igual aos valores expressos na tabela abaixo. Meça as grandezas solicitadas (valores de pico,  $V_P = |V|$ ) utilizando o osciloscópio.

$f$ (kHz)	$V_{C_1}$ [V]	$V_{R_1}$ [V]	$I$ [mA] $I = \frac{V_{R_1}}{R_1}$	$\phi$ [°] Entre $V_G$ e $V_{R_1}$	$Z_{C_1}$ $Z_{C_1} = \frac{V_{C_1}}{I}$	$C_1$ $C_1 = \frac{I}{\omega V_{C_1}}$
1						
2						
5						
10						
20						
40						

Verifique o defasamento entre as tensões  $V_G$  e  $V_{R_1}$  medindo em graus elétricos a diferença de tempo lida na tela do osciloscópio. Veja que se a frequência é 1kHz o período corresponde a 1ms. Então uma diferença de 1ms corresponde a  $360^\circ$  elétricos.

**2.5)** Prove que o defasamento  $\phi$  poderia ser calculado pela seguinte expressão:

$$\phi = \arctan \frac{-X_{C_1}}{R_G + R_1} \quad (1)$$

**2.6)** Utilizando o método gráfico, desenhe a posição relativa dos fasores de tensão e corrente do circuito da Fig. 2 e, através do método analítico, obtenha esses fasores, considerando  $f = 5kHz$ <sup>2</sup>.

### 3) Resposta de Circuitos RL Série no Domínio Frequência.

**3.1)** Monte no *protoboard* o circuito RL série visto na Fig. 3.

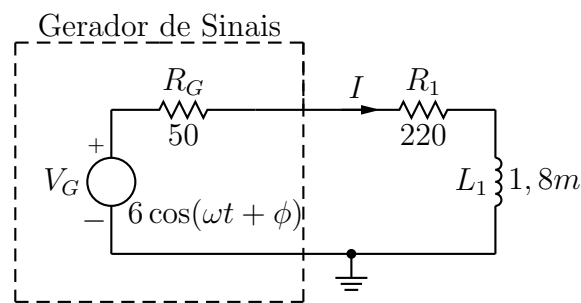


Figura 3: Circuito RL para o item 3).

**3.2)** Meça o valor real do resistor  $R_1$  através do multímetro.

**3.3)** Ligue o gerador de sinais, selecione onda senoidal e conecte ao circuito. Ajuste a tensão de saída  $V_G$  para  $6V_p$  e frequência igual aos valores expressos na tabela a seguir. Meça as grandezas solicitadas (valores de pico) utilizando o osciloscópio.

Verifique o defasamento entre as tensões  $V_G$  e  $V_{R_1}$  medindo em graus elétricos a diferença de tempo lida na tela do osciloscópio, de modo semelhante ao feito no item **2.3**).

<sup>2</sup>Adote a corrente  $I$  como referência.

$f$ (kHz)	$V_{L_1}$ [V]	$V_{R_1}$ [V]	$I$ [mA] $I = \frac{V_{R_1}}{R_1}$	$\phi$ [°] Entre $V_G$ e $V_{R_1}$	$Z_{L_1}$ $Z_{L_1} = \frac{V_{L_1}}{I}$	$L_1$ $L_1 = \frac{V_{L_1}}{\omega I}$
1						
2						
5						
10						
20						
40						

3.4) Prove que o defasamento  $\phi$  poderia ser calculado pela seguinte expressão:

$$\phi = \arctan \frac{X_{L_1}}{R_G + R_1} \quad (2)$$

3.5) Utilizando o método gráfico, desenhe a posição relativa dos fasores de tensão e corrente do circuito da Fig. 3 e, através do método analítico, obtenha esses fasores, considerando  $f = 40kHz$ <sup>3</sup>.

#### 4) Relatório.

4.1) Elabore um relatório a partir dos dados obtidos neste laboratório. Escreva a análise teórica realizada para cada item. Resolva o circuitos analiticamente, obtendo as expressões de tensão e corrente por meio da análise de espaço de estados e análise fasorial. Anexe as rotinas e os resultados obtidos no Matlab. Responda as questões e escreva as suas conclusões.

---

<sup>3</sup>Adote a corrente  $I$  como referência.