Experimento de Circuitos RLC - Parte 2

Neste experimento será explorado o comportamento (amplitude e fase) de dois filtros RLC com a frequência e quão bem estes são descritos pela teoria. Também será explorada a resposta temporal do circuito RLC quando uma tensão constante é aplicada no circuito e como esta resposta muda com a resistência. Ao final, será explorado o comportamento da carga acumulada no capacitor, da corrente que flui pelos elementos e de sua derivada quando ocorre um transiente abrupto na tensão (função degrau). Será investigado em especial o comportamento em torno do transiente abrupto e para tempos longos.

1 Objetivos de Aprendizagem

- Observar a resposta em frequência da amplitude e fase dos circuitos RLC e compará-lo com o modelo teórico.
- Descrever o efeito destes filtros através de gráficos de transmitância e fase (diagramas de Bode).
- Estimar a frequência de ressonância e a taxa de dissipação do circuito RLC a partir da resposta temporal deste circuito à uma mudança brusca na tensão de entrada
- Investigar a influência do resistor na frequência oscilação e na taxa de relaxação do circuito.
- Investigar o que ocorre com a carga acumulada no capacitor, com a corrente que flui pelo circuito e com a sua derivada temporal na região da perturbação e para tempos longos.

2 Transmissão e Fase em Função da Frequência

Nesta etapa vamos usar ambos os circuitos RLC mostrados na Figura 1. Entre com um sinal senoidal em $V_1(t)$ e investigue como as propriedades (amplitude e fase) da tensão $V_2(t)$ mudam

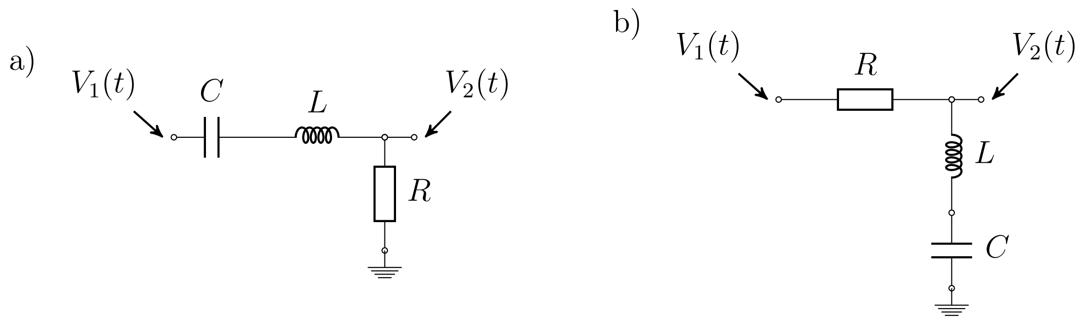

Figura 1: a) Filtro RLC passa banda. b) Filtro RLC rejeita banda. Em ambos circuitos, o ponto de entrada é marcado pela tensão $V_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \phi_1)$ e o de saída por $V_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \phi_2)$.

com a frequência de oscilação de $V_1(t)$. Em seguida responda **experimentalmente** às seguintes perguntas.

1. A expressão da fração da potência transmitida em função da frequência são dadas por[1]:

$$T_{dB}(\omega) = -10 \log_{10} \left[1 + f(\omega)^2\right], \text{ para o filtro passa banda} \tag{1}$$

$$T_{dB}(\omega) = 10 \log_{10} \left[\frac{f(\omega)^2}{1 + f(\omega)^2}\right], \text{ para o filtro rejeita banda,} \tag{2}$$

   onde $\omega = 2\pi f$ e f é a **frequência de oscilação** do sinal senoidal e $f(\omega) = \frac{1}{\omega RC} - \frac{\omega L}{R}$. Este modelo descreve quantitativamente o funcionamento do circuito?

2. A defasagem entre o sinal de entrada e de saída é dada por:

$$\Delta\phi(\omega) = \arctan\left[f(\omega)\right], \text{ para o filtro passa banda} \tag{3}$$

$$\Delta\phi(\omega) = \arctan\left[-\frac{1}{f(\omega)}\right], \text{ para o filtro rejeita banda,} \tag{4}$$

   Este modelo descreve quantitativamente o funcionamento do circuito?

* A comparação explícita com o modelo teórico não precisa ser feita durante a aula, mas deve ser demonstrada no relatório.

[1] As expressões para transmissão e fase são derivadas da abordagem da impedância complexa. É recomendado que os estudantes entendam como elas são derivadas.

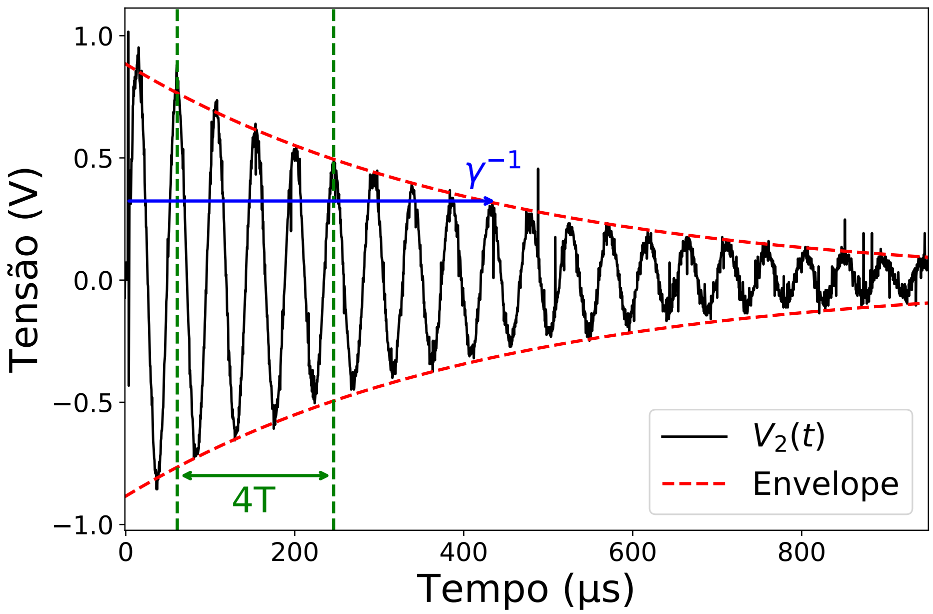

Figura 2: *Tensão medida ne saída do circuito RLC como o da Figura 1a). No gráfico está indicado como medir o período de oscilação T e a taxa de dissipação γ diretamente da resposta temporal.*

3 Medida do Período de Oscilação e Taxa de Dissipação

Para um circuito RLC como o mostrado na Figura 1a), a tensão de saída $V_2(t)$ irá naturalmente responder a uma mudança brusca na tensão de entrada $V_1(t)$. Devido à natureza dissipativa da resistência esta tensão chegará a um valor estacionário[2] e um exemplo disto pode ser visto na Figura 2. Para determinados valores de R, L e C, a tensão de saída se move em direção ao valor estacionário oscilando em torno deste valor e o que determina este comportamento é a relação entre a **frequência de ressonância** (f_0) e a **taxa de dissipação** (γ). A frequência de ressonância mede quantas oscilações a tensão de saída haverá na tensão de saída **na ausência** de dissipação Para termos oscilação, é necessário que $2\pi f_0 > \gamma$ e neste caso a taxa de dissipação mede a queda relativa na tensão por unidade de tempo. Ambas estão relacionadas a R, L e C por

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}} \qquad \text{e} \qquad \gamma = \frac{R}{2L} \tag{5}$$

[2]Que não muda com o tempo

A frequência de oscilação (f) medida no experimento está relacionada com a frequência de ressonância e com a taxa de dissipação por

$$f = \sqrt{f_0^2 - \left(\frac{\gamma}{2\pi}\right)^2} \tag{6}$$

de modo que $f \approx f_0$ quando $\gamma/2\pi << f_0$. Na Figura 2 é mostrado como medir o período da oscilação ($T = f^{-1}$) e o tempo característico de dissipação (γ^{-1}). Use este tipo de medida para responder a seguinte pergunta **experimentalmente**[3]:

1. Como a frequência de oscilação, ressonância e a taxa de decaimento mudam com a resistência (R)?
2. O modelo mostrado na Equação 6 descreve quantitativamente o circuito?

** Escolha valores de L e C de que permita uma varredura de pelo menos um fator 10x na resistência.

4 Comportamento da Carga Acumulada, Corrente e Derivada da Corrente

Em um circuito RLC como os mostrados na Figura 1, a corrente que flui pelos 3 elementos é a mesma, mas apenas o capacitor acumula carga. Quando perturbamos o circuito ao ligar uma **onda quadrada** na entrada do circuito, a corrente que flui pelos componentes irá mudar e, consequentemente, a carga acumulada no capacitor.

Monte um circuito RLC que permita medir diretamente estas três quantidades:

1. A carga acumulada no capacitor;
2. A corrente que flui pelo circuito;
3. A derivada da corrente.

e responda **experimentalmente** como as mesmas se comportam:

a) Na região da perturbação;

b) Para tempos longos.

[3]Em outras palavras, responda a partir de medidas, dados, análise e gráficos.