

Laboratório de Circuitos Elétricos - 02/2024 - Turma 05

Experimento 4

28/11/2024

Grupo 5:

Yuri Shumyatsky - 231012826

Vinicius de Melo Moraes - 231036274

Victor Rizzi Wagner - 231012817

1 Introdução

Serão analisados circuitos elétricos de primeira e segunda ordem em experimentos realizados com alimentação por uma fonte de corrente alternada (AC), para que seja possível observar o efeito da mudança de tensão continuamente, em vez de em apenas um instante. Circuitos de primeira ordem, compostos por resistores e capacitores (RC) ou resistores e indutores (RL), apresentam respostas dinâmicas caracterizadas por uma única constante de tempo, enquanto circuitos de segunda ordem, como os RLC, possuem respostas mais complexas, que podem ser oscilatórias ou amortecidas, dependendo de seus parâmetros.

O objetivo do experimento foi investigar o comportamento desses circuitos quando submetidos a uma mudança brusca de tensão, analisando aspectos como amplitude, fase e frequência das grandezas elétricas envolvidas. Através da montagem prática dos circuitos e da medição das tensões e correntes em diferentes componentes, buscou-se validar os modelos teóricos e compreender os fenômenos de ressonância, amortecimento e mudanças de fase.

2 Materiais

- National Instruments Elvis II
- 1 capacitor de 47nF
- 1 indutor de 1mH
- 1 resistor de $1\text{k}\Omega$
- 1 resistor de 47Ω

3 Procedimento

O National Instruments Elvis é usado como fonte, protoboard, e multímetro. Usa-se a função de multímetro para checar as resistências, capacitância e indutância dos componentes, que são marcadas na Tabela 1.

Grandeza	Valor nominal	Valor medido	Erro (%)
C	47nF	46,58nF	
L	1mH	0,8694mH	
R_1	1k Ω	0,986k Ω	
R_2	47 Ω	46,424 Ω	

Tabela 1: Componentes

Em seguida, é montado o circuito da Figura 1, usando $R_1 = 1k\Omega$.

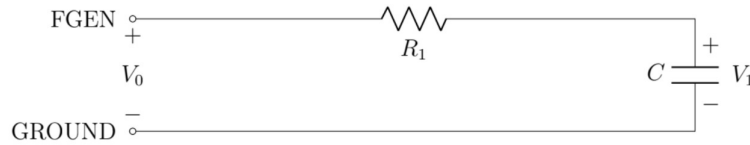


Figura 1: Circuito de primeira ordem

τ é calculado usando a fórmula $\tau = R \cdot C$, o que resulta no valor $4,935 \cdot 10^{-5}s$.

Com isso, podem ser usados os cursores do software do Elvis para fazer a medição em momentos específicos como $t = \tau, t = 2\tau, t = 3\tau$ e $t = 10\tau$ e preencher essas informações na Tabela 2, enquanto a forma da resposta da tensão V_1 pode ser vista no Gráfico 1 (A onda quadrada em preto mais escuro é a tensão V_0 e a que está em um cinza mais claro é V_1).

Sabendo a fórmula da resposta total para a tensão de um capacitor conectado em um circuito com uma fonte, é possível calcular os valores de V_1 para cada instante de tempo que seja necessário. Deste modo:

$$V_1(t) = V_s(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) + v(0)e^{-\frac{t}{\tau}} = (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) - e^{-\frac{t}{\tau}} = 1 - 2e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

$$\implies V_1(0) = -1V;$$

$$\implies V_1(\tau) = 1 - 2e^{-\frac{\tau}{\tau}} = 0,264V;$$

$$\implies V_1(2\tau) = 1 - 2e^{-\frac{2\tau}{\tau}} = 0,729V;$$

$$\implies V_1(3\tau) = 1 - 2e^{-\frac{3\tau}{\tau}} = 0,900V;$$

$$\implies V_1(10\tau) = 1 - 2e^{-\frac{10\tau}{\tau}} = 0,999V.$$

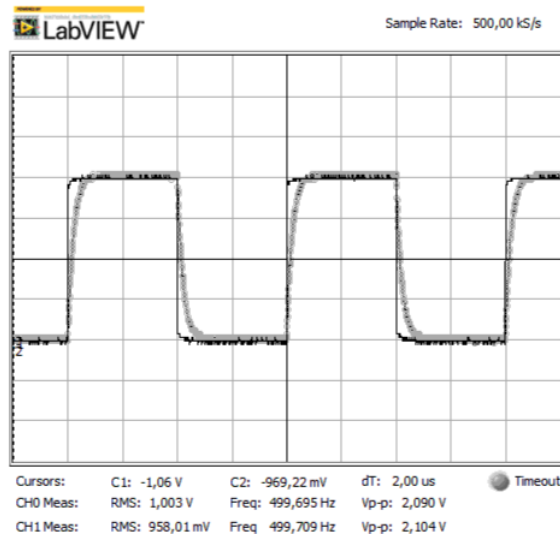


Gráfico 1: Resposta do circuito RC

Tensão	Valor nominal (V)	Valor medido (V)	Erro (%)
$V_1(0)$	-1V	-976,53mV	
$V_1(\tau)$	0,264 V	281,17mV	
$V_1(2\tau)$	0,729 V	700,40mV	
$V_1(3\tau)$	0,900 V	910,00mV	
$V_1(10\tau)$	0,999V	1,04V	

Tabela 2: Tensões para circuito RC

Em seguida, remonta-se o circuito na forma da Figura 2, tornando-se um circuito RLC.



Figura 2: Circuito de segunda ordem

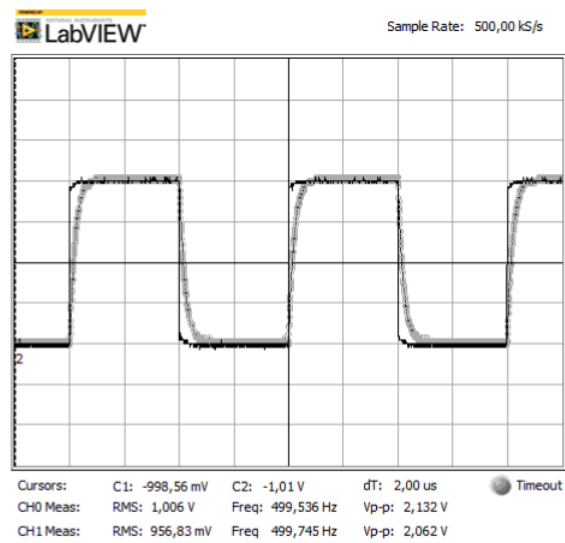
Com esses valores e usando o osciloscópio do Elvis, produz-se o Gráfico 2, de onde podem ser medidos os valores que serão preenchidos na Tabela 3.

Gráfico 2: Resposta do circuito RLC

Para o circuito de segunda ordem RLC com a resistência R_1 , a fim de calcular a frequência natural ω_n e o fator de amortecimento ζ do circuito, usamos as fórmulas:

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\zeta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$



Isso nos dá os resultados:

$$\omega_n = 145864,9915 Hz; \quad \zeta = 3,599 Np/s$$

Com isso são calculados os dois valores de τ ,

$$\tau = \frac{\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}}{\omega_n}$$

$$\Rightarrow \tau_1 = 4,84 \cdot 10^{-5}, \tau_2 = 9,72 \cdot 10^{-7}$$

Tensão	Valor nominal (V)	Valor medido (V)	Erro (%)
$V_1(0)$		-976,53mV	
$V_1(\tau_1)$		197,32mV	
$V_1(2\tau_1)$		700,40mV	
$V_1(3\tau_1)$		910,02mV	
$V_1(10\tau_1)$		1,04V	

Tabela 3: Tensões para circuito RLC

Após isso, o resistor R_1 é trocado por $R_2 = 47\Omega$ e todo o procedimento é análogo ao anterior, obtendo os resultados expostos no Gráfico 3 e na Tabela 4.

Porém, é notável uma diferença na resposta, que pode ser vista melhor no Gráfico 4, cuja escala de tempo é ampliada para que a visualização seja mais fácil.

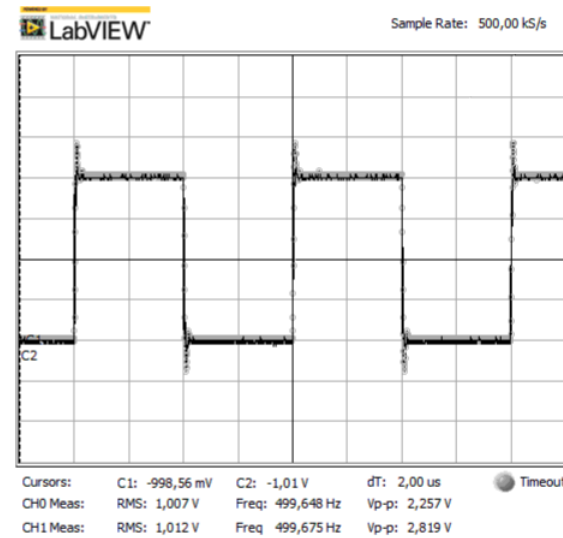


Gráfico 3: Resposta do circuito RLC com resistência menor

Grandeza	Valor nominal	Valor medido	Erro (%)
Tempo para V_1 atingir seu valor máximo a partir de uma borda de subida da onda quadrada		$23,20\mu s$	
Valor máximo de V_1		1,41V	

Tabela 4: Circuito RLC com resistência menor

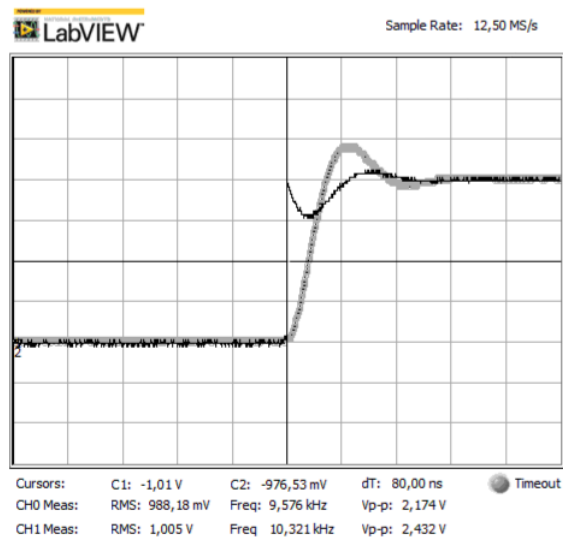


Gráfico 4: Resposta do circuito RLC com R_2 (ampliado)

A escala de tempo ampliada permite observar com maior clareza os efeitos do amortecimento reduzido sobre a forma da onda. Nota-se um aumento significativo na amplitude das oscilações, indicando uma aproximação ao comportamento subamortecido, devido aos polos serem imaginários.

O tempo necessário para atingir o pico de tensão é menor, enquanto o valor de tensão máxima (1,41 V) foi superior ao do circuito RLC com resistência maior. Esse comportamento é esperado, pois a menor resistência resulta em maior energia disponível para oscilações antes de sua dissipação.

4 Conclusão

Os experimentos realizados demonstraram com clareza o comportamento dinâmico de circuitos de primeira e segunda ordem quando submetidos a sinais alternados. No caso do circuito RC, a constante de tempo calculada foi consistente com os dados experimentais, validando a teoria de resposta exponencial para cargas e descargas de capacitores. Para o circuito RLC, foi possível observar fenômenos como ressonância e amortecimento, destacando a influência dos valores de resistência sobre a estabilidade e a frequência da resposta.

A redução da resistência no circuito RLC resultou em uma resposta mais acentuada, evidenciando a diminuição do amortecimento e reforçando a relação entre os parâmetros circuitais e o comportamento oscilatório.

5 Bibliografia

- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 10. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.