Sexto Relatório de Lab de Circuitos

Henrique da Silva
hpsilva@proton.me

15 de novembro de 2022

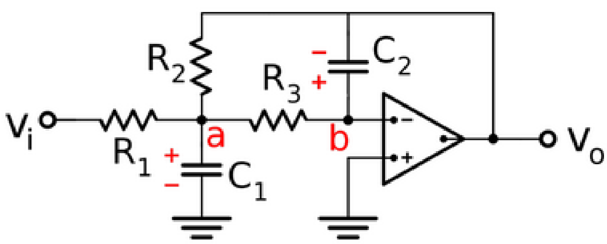
Sumário

1 Introdução

Neste relatório vamos discutir um circuito com um AmpOp e dois capacitores que se comportara como um circuito RLC.

Todos arquivos utilizados para criar este relatório, é o relatorio em si estão em: `https://github.com/Shapis/ufpe_ee/tree/main/4thsemester/labcircuitos`

2 Analise do circuito



$$\begin{aligned} &\frac{V_a - V_i}{R_1} + \frac{V_a - V_0}{R_2} + \frac{V_a}{R_3} + C_1\frac{\mathrm{d}V_a}{\mathrm{d}t} = 0 \\ &\frac{-V_a}{R_3} - C_2\frac{\mathrm{d}V_0}{\mathrm{d}t} = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

Dai segue que:

$$\begin{aligned} &V_a = -R_3C_2\frac{\mathrm{d}V_0}{\mathrm{d}t} \\ &V_a\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) + C_1\frac{\mathrm{d}V_a}{\mathrm{d}t} - \frac{V_0}{R_2} = \frac{V_i}{R_1} \\ &K = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \\ &KV_a + C_1\frac{\mathrm{d}V_a}{\mathrm{d}t} - \frac{V_0}{R_2} = \frac{V_i}{R_1} \end{aligned} \tag{2}$$

Substituindo V_a temos:

$$\begin{aligned} C_1C_2R_3\frac{d^2V_0}{dt} + R_3C_2K\frac{\mathrm{d}V_0}{\mathrm{d}t} + \frac{V_0}{R_2} &= -\frac{V_i}{R_1} \\ \frac{d^2V_0}{dt} + \frac{K}{C1}\frac{V_0}{dt} + \frac{V_0}{R_2C_1C_2R_3} &= -\frac{V_i}{R_1C_1C_2R_3} \\ \frac{d^2V_0}{dt} + 662.86\frac{V_0}{dt} + 4456327.98V_0 &= -3128911.14V_i \end{aligned} \tag{3}$$

E tiramos as seguintes condições iniciais do circuito:

$$\begin{aligned} V_0(0) &= -V_{C20} \\ \frac{V_0}{dt}(0) &= -\frac{V_{C10}}{R_3C_2} \end{aligned} \tag{4}$$

3 Analisando um exemplo

Para analisar um exemplo vamos usar os seguintes valores:

R_1	$\rightarrow$	$47K\Omega$
R_2	$\rightarrow$	$33K\Omega$
R_3	$\rightarrow$	$68K\Omega$
C_1	$\rightarrow$	$100nF$
C_2	$\rightarrow$	$1nF$

Sabendo que a solucao eh da forma:

$$s^2 + 2\alpha s + {w_0}^2 = 0$$

Podemos utilizar a equação (3) e chegar às seguintes conclusoes:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{R_3C_2K}{2C_1C_2R_3} = 331.43 \\ w_0 &= \sqrt{\frac{1}{R_2C_1C_2R_3}} = 2111.00 \end{aligned} \tag{5}$$

Que nos indica que estamos num sistema subamortecido já que $w_0 > \alpha$, e que tem como solução a seguinte equacao:

$$\begin{aligned} V_0(t) &= K_1e^{-\alpha}\cos w_dt + K_2e^{-\alpha}\sin w_dt \\ w_d &= \sqrt{w_0^2 - \alpha^2} = 2087.90 \end{aligned} \tag{6}$$

E podemos resolver para a condição inicial e conseguir o seguinte sistema de equações:

$$\begin{aligned} V_0(0) &= -V_{C20} = K_1e^{-\alpha} \\ V_0'(0) &= -V_{C10} = K_2e^{-\alpha}w_dR_3C_2 \end{aligned} \tag{7}$$

Resolvendo numericamente na calculadora obtive a seguinte solução:

$((0.702V_i - V_{C20}) * \cos(2084.82t) + 3.18 * e^{-58} * (2.01 * e^{58} * V_i - 1.27 * 10^{60} * V_{C10} - 2.867 * 10^{58} * V_{C20}) * sin(2084.82t)) * e^{(-331.43t)} - 0.7021 * V_i$

Simplificando com Wolfram Alpha na seguinte url `shorturl.at/adnEU` obtenho a seguinte equacao:

$$V(t) = e^{-331.43t} - 0.7021 * V_i \tag{8}$$

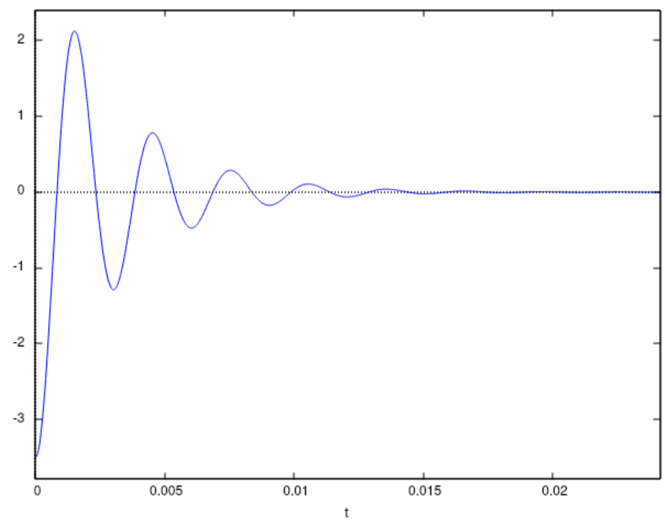
Estou na duvida se isso deveria ter sinal invertido, as equações ficam grandes e difícil de passar de um meio (calculadora) para outro (computador no Wolfram) para simplificar, eu chequei bastante e não achei erro, mas intuitivamente eu imaginaria que o sinal de V_i deveria ser positivo.

4 Resultados que deveria ter levado para o Lab

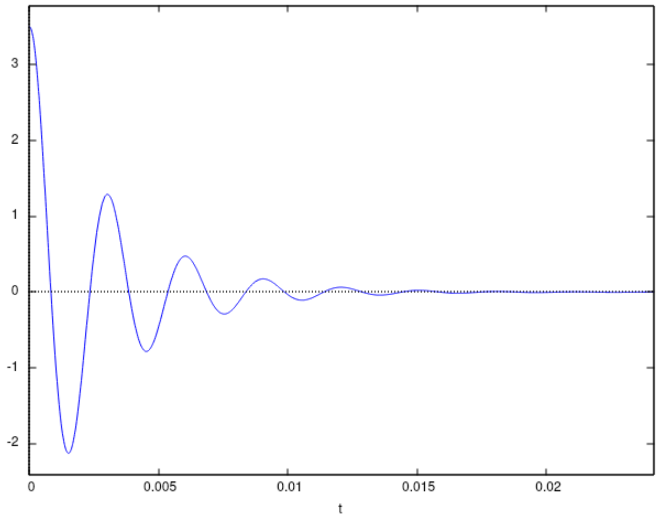
4.1 Porcentagem de V_i para $t \rightarrow \infty$

Como vimos na equação (8), para t tendendo a infinito teremos $V(t) = -0.7021Vi$, ou seja, a tensão em módulo será de 70.21% da tensão de entrada.

4.2 Curva de resposta natural para 8 vezes inverso de alpha



4.3 Curva de resposta forçada para 8 vezes inverso de alpha



4.4 Tempos de subida da resposta forcada:

$$T_{s10} = 0.00022s$$
$$T_{s90} = 0.00077s$$

4.5 Tempo de descida da resposta natural:

$$T_{d10} = 0.00022s$$
$$T_{d90} = s0.00077$$

4.6 Overshoot natural

$$T = 0.0015s$$
$$V = 2.124V$$

4.7 Overshoot Forcado

$$T = 0.0015s$$
$$V = -2.124V$$

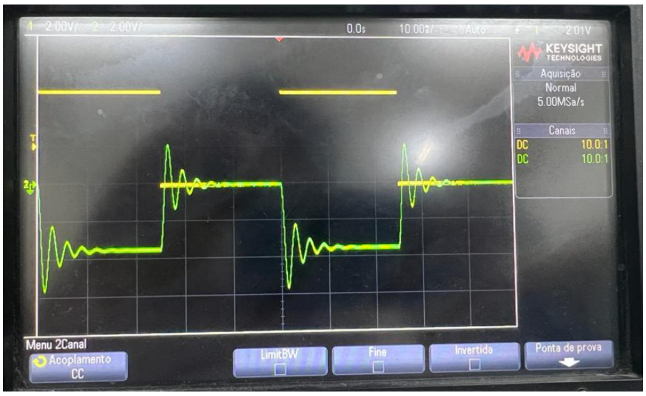
5 Medições no laboratório

5.1 Valores reais das partes.

Abaixo estão os valores medidos das partes utilizadas no experimento:

R_1	$\rightarrow$	$46.34K\Omega$
R_2	$\rightarrow$	$32.21K\Omega$
R_3	$\rightarrow$	$67.1K\Omega$
C_1	$\rightarrow$	$1.05nF$
C_2	$\rightarrow$	$101.56nF$

5.2 Imagem da onda



5.3 Medições para o regime permanente

Inicialmente medimos as tensões nos capacitores para tempos longos, ou seja. Quando estão em regime permanente, e obtivemos o seguinte:

$$V_{C10} = -3.5V$$
$$V_{C20} = 0V$$

5.4 Resposta natural

Obtivemos que em resposta natural, o capacitor C_1 em t_0 tem uma tensão de $-3.5V$, ele oscila de maneira subamortecida até tender a $0V$ em $t = \infty$.

Já o mesmo capacitor C_1 em resposta forçada, inicia em $0V$ e oscila de maneira subamortecida até tender a $-3.5V$ em $t = \infty$.

5.5 Tempo de subida e descida

Utilizarei a frequência $f = \frac{1}{8}\alpha = 41.4$ para todos experimentos a seguir. Isto nos dará tempo suficiente para a tensão estabilizar.

$\%V$	t_{subida}	$t_{descida}$
$t_{10\%}$	$200\mu s$	$720\mu s$
$t_{90\%}$	$200\mu s$	$900\mu s$

5.6 Overshoot

	Tempo e *Tensão*	
$T_{overshootN}$	$1.45ms$	$2.15V$
$T_{overshootF}$	$1.4ms$	$-2.0625V$

6 Conclusoes

Os resultados obtidos em laboratório foram coerentes com os resultados teóricos. Algo que não bateu exatamente como eu esperava foi a medição da proporção entre a tensão no tempo infinito e a tensão de entrada. O módulo deste valor estava coerente, mas eu sinto que o sinal ficou invertido do que deveria ser.