

F 429: Experimento II

Sumário

1	Introdução	2
2	Instrumentos e Componentes	2
2.1	Medidas	2
2.1.1	Impedância interna do gerador	2
2.1.2	Indutor	3
2.1.3	Resistência em série do indutor (R_L)	3
2.1.4	Capacitor	3
2.1.5	Resistor de 47Ω	3
2.1.6	Resistor de 150Ω	3
3	Circuito RC	3
3.0.7	Integrador	3
3.0.8	Diferenciador	5

Lista de Figuras

1	Circuito representativo para medida da resistência interna do gerador	2
2	Circuito integrador ou Filtro passa-baixa	3
3	Circuito integrador $f_c \approx 120,51Hz$	4
4	Circuito integrador f_c	4
5	Circuito integrador $f_c \approx 192,80kHz$	5
6	Circuito diferenciador ou Filtro passa-alta	5
7	Circuito diferenciador $f_c \approx 120,51Hz$	6
8	Circuito diferenciador f_c	6
9	Circuito diferenciador $f_c \approx 192,80kHz$	6

Lista de Tabelas

1 Introdução

Este experimento propõe-se a estudar as experimentalmente e analisar as formas de onda dos circuitos integrador e diferenciador. Neste caso, são do tipo RC e compostos por uma fonte, um resistor e um capacitor ligados em série.

Analizamos também transientes em circuito ressonante série RLC. Os transientes podem ser estudados no laboratório excitando o circuito com uma onda quadrada de período muito maior que a constante de tempo do circuito.

2 Instrumentos e Componentes

Os instrumentos e componentes utilizados estão listados abaixo com seus respectivos valores nominais.

- Gerador de Funções Tektronix CFG 253.
- Osciloscópio digital Tektronix TDS1000.
- Resistências nominais de 47Ω e 150Ω .
- Resistência de décadas (10Ω a $10K\Omega$).
- Capacitor de $0.22\mu F$.
- Indutor de $50mH$.

2.1 Medidas

2.1.1 Impedância interna do gerador

Para determinar a impedância interna do gerador de funções, começamos com a aproximação de que esta é puramente resistiva e independe da frequência, modo de onda ou corrente que fornece. Feita essa hipótese, podemos encontrar a resistência interna R_G do gerador montando o circuito como na figura abaixo. Primeiro medimos a tensão de saída do gerador de

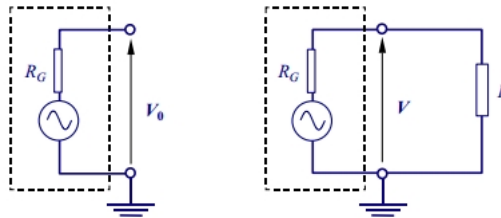


Figura 1: Circuito representativo para medida da resistência interna do gerador

funções conectando-o diretamente ao osciloscópio. Após medir o pico V_0 , colocamos um resistor em paralelo ao circuito, e obtemos um valor para V . Com essas medidas podemos encontrar um valor para R_G , sabendo que temos um divisor de tensão e juntando a Lei de Ohm¹. Logo,

$$R_G = R \cdot \left(\frac{V_0}{V} - 1\right) \text{ e } \Delta R_G = R_G \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta(V_0/V)}{V_0/V - 1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2}, \text{ onde } \Delta \frac{V_0}{V} = \frac{V_0}{V} \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta V_0}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2}.$$

¹ $V = R \cdot I$

Portanto, para $V_0 = 24,8V$ ^{II}, $V = 12,2V$ ^{III} e $R_{47} = 47,8\Omega, \Delta R_{47} = 0,6\Omega$ ^{IV}, temos: $\Delta V_0 = 0,9940V, \Delta V =$
 resultando em $\frac{V_0}{V} = 2,0328 \frac{V}{V}, \Delta \frac{V_0}{V} = 0,1125 \frac{V}{V}$ e $R_G = 49,3672\Omega \pm 5,4154\Omega$.

2.1.2 Indutor

No experimento I, calculamos o valor do indutor utilizado nos experimentos. O resultado foi, $L = 47,0311mH \pm 4,0174mH$.

2.1.3 Resistência em série do indutor (R_L)

O cálculo de R_L foi apresentado no relatório I, resultando em $R_L = 46,3\Omega \pm 0,6\Omega$.

2.1.4 Capacitor

No experimento anterior obtivemos $C = 0,2236\mu F \pm 0,0191\mu F$.

2.1.5 Resistor de 47Ω

$$R_{47} = 47,8\Omega \pm 0,6\Omega.$$

2.1.6 Resistor de 150Ω

$$R_{150} = 148\Omega \pm 2,5\Omega.$$

3 Circuito RC

3.0.7 Integrador

Um circuito integrador é um componente eletrônico contendo elementos, como fonte de tensão[2.1.1], resistor[2.1.6] e capacitor[2.1.4].

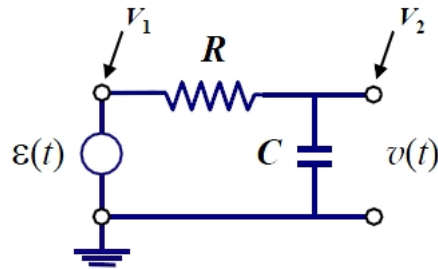


Figura 2: Circuito integrador ou Filtro passa-baixa

I **Lei de Kirchhoff:** Aplicando a lei de Kirchhoff para malhas teremos: $\varepsilon(t) = R \cdot i(t) + v_c(t)$ ^V

II **Integrador:** No cálculo acima obtemos: $v(t) \approx v_0(t) + \frac{1}{RC} \int_{t_0}^t \varepsilon(t)dt$.

^{II}Escala: 5V

^{III}Escala: 2V

^{IV}Dado obtido no experimento I

^VLembrando que $I_c(t) = C \cdot \frac{dV(t)}{dt}$

III **Passa-baixa:** A função de transferência de um passa-baixa^{VI} é dada por $T(s) = \frac{K}{1 + \frac{s}{w_0}}$.

Sabe-se que $s = j \cdot w$, onde $w = 2\pi \cdot f$ e $\tau = \frac{1}{w_0}$ ^{VII}.

Portanto, para um passa-baixa temos: $T(jw) = \frac{K}{1 + j(\frac{w}{w_0})}$ e a frequência de corte $f_c = \frac{1}{\tau \cdot 2\pi}$.

Transmissão DC: Em uma transmissão DC, ou seja, $f = 0Hz (w = 0)$, temos $T(jw) = K$.

IV **Metodologia:** Montamos o circuito conforme a figura acima, monitorando a V_1 e V_2 no osciloscópio, variando as formas de onda^{VIII} e a frequência ($\frac{f_c}{40}$, f_c , $40f_c$). Modificamos, também, o nível DC entre -1V e +1V e observamos o efeito provocado.

V **Resultados:** Dado em III, combinando com 2.1.4 e 2.1.6, temos $f_c \approx 4,8881Hz$. Para

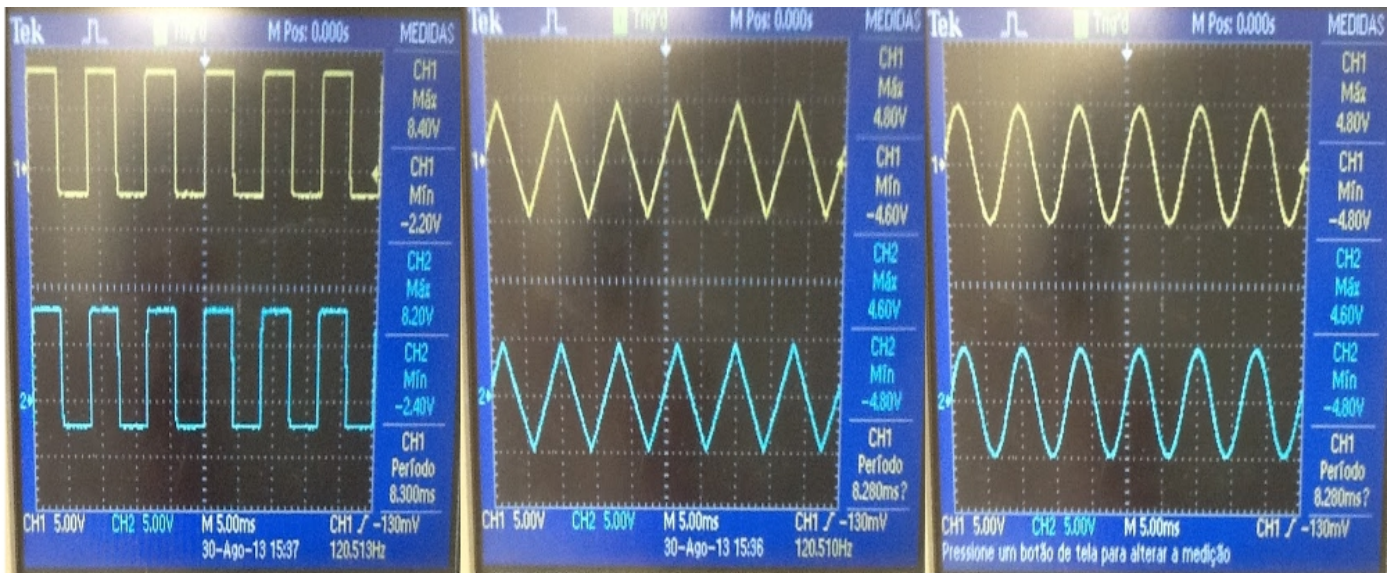


Figura 3: Circuito integrador $f_c \approx 120,51Hz$

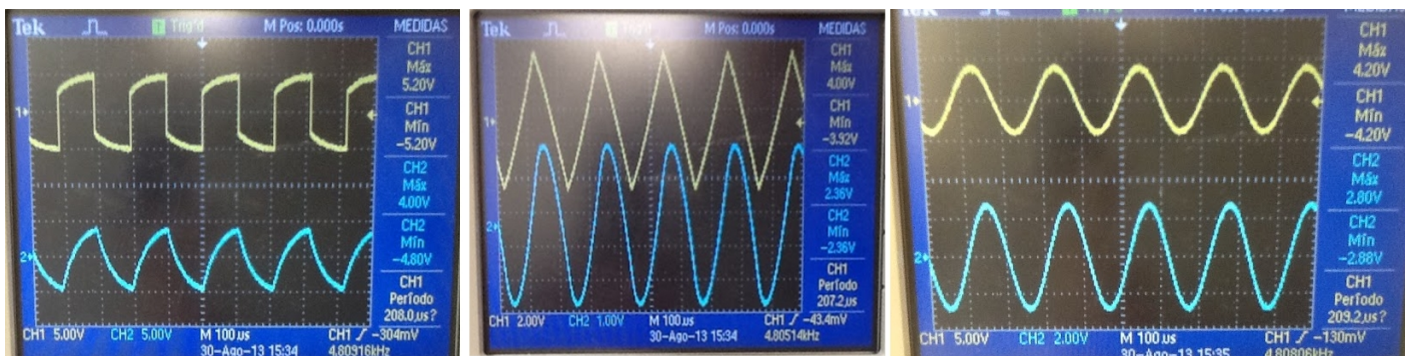


Figura 4: Circuito integrador f_c

V, ou seja, frequências aquém de f_c , temos que $V_1 \approx V_2$ visto que o circuito é um passa-baixa[III]^{IX}. Entretanto, para frequências próximas de f_c observamos pequenas distorções

^{VI}Sedra Smith, microelectronics circuits 5th edition, tabela 1.2: Resposta em frequência de redes STC

^{VII}frequência 3-dB

^{VIII}quadrada, triangular e senoide

^{IX}Nota-se no diagrama de Bode do experimento I para um circuito RC

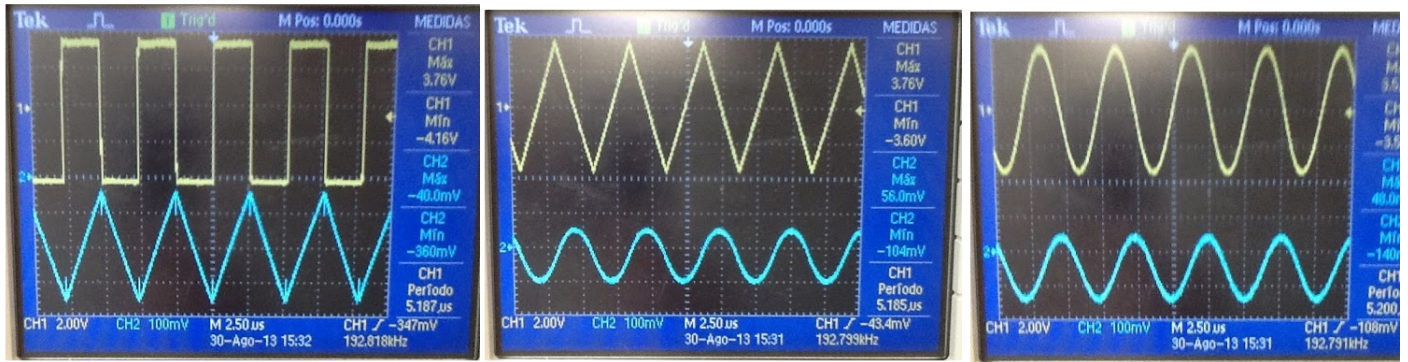


Figura 5: Circuito integrador $f_c \approx 192,80kHz$

em V_2 e para frequência muito além ($40f_c$) temos um integrador, visto que, a integral de uma constante é uma reta.

A variação do sinal DC resultou em uma descida/subida mais abrupta, já que teremos $T(jw) = K = 1, para f = 0$.

3.0.8 Diferenciador

O circuito RC diferenciador assemelha-se ao integrador, apenas alteramos a configuração entre o resistor 2.1.6 e o capacitor 2.1.4.

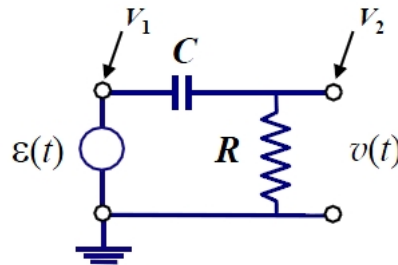


Figura 6: Circuito diferenciador ou Filtro passa-alta

I **Lei de Kirchoff:** Aplicando a lei de Kirchoff para malhas teremos: $\varepsilon(t) = \frac{t}{C} + v(t)$.

II **Diferenciador:** No cálculo acima obtemos: $v(t) \approx \frac{1}{RC} \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$

III **Passa-alta:** A função de transferência de um passa-alta^X é dada por $T(s) = \frac{Ks}{s+w_0}$.

Sabe-se que $s = j \cdot w$, onde $w = 2\pi \cdot f$ e $\tau = \frac{1}{w_0}$ ^{XI}.

Portanto, para um passa-alta temos: $T(jw) = \frac{K}{1-j(\frac{w_0}{w})}$ e a frequência de corte $f_c = \frac{1}{\tau \cdot 2\pi}$.

Transmissão DC: Em uma transmissão DC, ou seja, $f = 0Hz (w = 0)$, temos $T(jw) = 0$.

IV **Metodologia:** Montamos o circuito conforme a figura acima, monitorando a V_1 e V_2 no osciloscópio, variando as formas de onda^{XII} e a frequência ($\frac{f_c}{40}, f_c, 40f_c$). Modificamos, também, o nível DC entre -1V e +1V e observamos o efeito provocado.

^XSedra Smith, microeletronics circuits 5th edition , tabela 1.2: Resposta em frequência de redes STC

^{XI}frequência 3-dB

^{XII}quadrada, triangular e senoíde

V **Resultados:** Dado para um filtro passa-alta III, combinando com o capacitor 2.1.4 e resistor 2.1.6, temos: Para V, ou seja, frequências aquém de f_c , temos um circuito integrador,

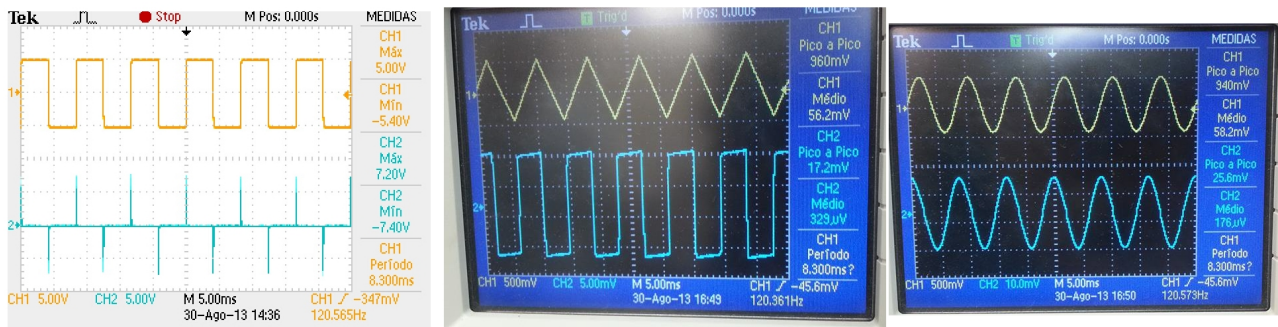


Figura 7: Circuito diferenciador $f_c \approx 120,51Hz$

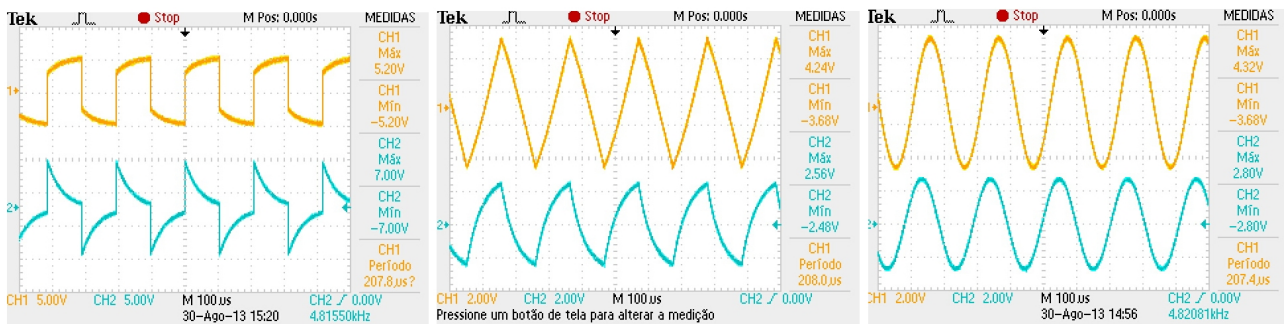


Figura 8: Circuito diferenciador f_c

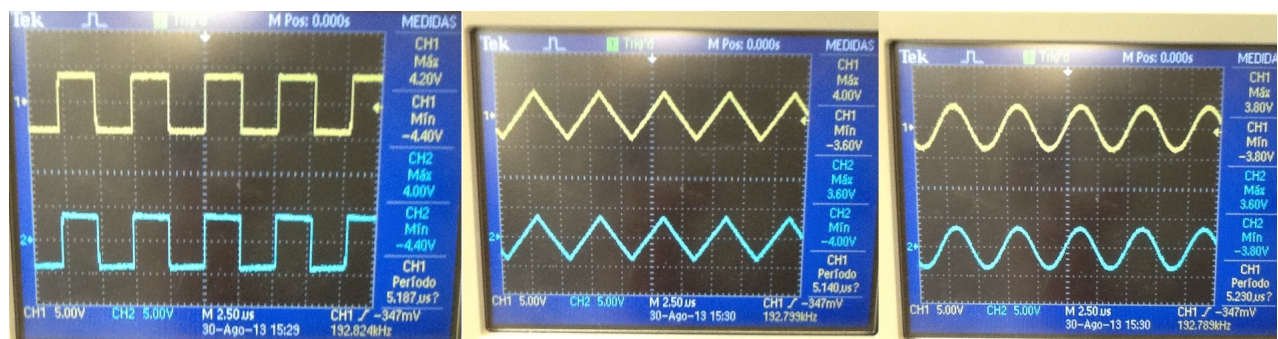


Figura 9: Circuito diferenciador $f_c \approx 192,80kHz$

conforme observado na figura V, na qual para a onda triangular, fica claro que, a derivada de uma reta é uma constante. Já para frequência bem próxima a f_c temos uma distorção na saída, e para $f \gg f_c$, ou seja, $f \approx 40f_c$ temos $V_1 \approx V_2$, visto que temos um filtro passa-alta. A variação do sinal DC não modificou a saída V_2 , uma vez que, o capacitor carrega-se rapidamente em tensão/corrente DC e, diferentemente de uma onda variável no tempo, o capacitor não se descarregará.