F429 2ºsem 2019
Experimento 3 - Relatório

Declaração de Honestidade Acadêmica

Os autores deste relatório declaram conhecer o regulamento da UNICAMP (definido no Regimento Geral da UNICAMP, Título X, artigo 227, parágrafo VII) e da disciplina no que tange o recurso a meios fraudulentos com o propósito de lograr aprovação na disciplina. Em F429, a desonestidade acadêmica é considerada fraude. A desonestidade acadêmica inclui, dentre outros, a cola em provas e exame final, o plágio em relatórios, a falsificação e a fabricação de dados experimentais.

Nome: Daniel Mendes dos Santos RA:214752 Turma:H

Nome: Gabriel de Freitas Garcia RA:216179 Turma:H

Nome: Giovana Kerche Bonás RA:216832 Turma:H

Nome: Kaio Ken - ichi de Carvalho Takuma RA:219510 Turma:H

1.Filtros Passa-baixa e Passa-Alta

Neste experimento, investigamos como circuitos RC modificam sinais oscilantes e podem representar filtros passa baixa ou passa alta, dependendo de como estão dispostos. Em um primeiro momento, investigamos como amplitude e a fase de ondas senoidais são modificadas e comparamos com o modelo teórico de maneira quantitativa. Em um segundo momento, investigamos a capacidade destes circuitos operarem como circuitos integradores e diferenciadores. Para atingir nossos objetivos, utilizamos as montagens experimentais:

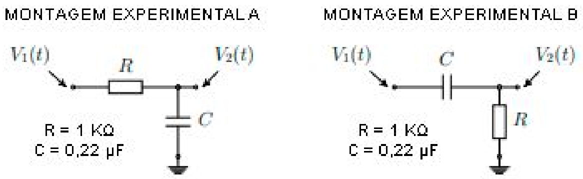


Figura 1. Montagem Experimental

Na primeira parte, por meio do osciloscópio e do gerador de função, cuja tensão de entrada se encontrava na forma senoidal,começamos realizando a montagem A, por meio do resistor e capacitor, em questão de $(1,00\ \pm 0,02)\ k\Omega$ e $(0,22\ \pm 0,01)\ \mu F$ respectivamente.

Medimos então a tensão de saída em cima do resistor,e fizemos a análise gráfica experimental para vários conjuntos de pontos decorrentes da varredura(5 pontos, 10 pontos, 15 pontos, 20 pontos e 25 pontos), com as frequências variando de 10Hz a 1KHz por meio do pylab presente no notebook do laboratório, obtendo gráficos de Transmitância X frequência e Fase do sinal x frequência. Os gráficos são mostrados logo abaixo:

Figura 2. Gráfico de varreduras

Para uma melhor análise sobre o modelo começamos calculando a frequência de corte de nossas montagens, para isso, analisamos as incertezas experimentais e os valores de componentes que utilizamos. Incertezas: Incerteza do osciloscópio é dada pela expressão: **3% do módulo da leitura + 10% da tensão de uma divisão + 1 mV** .(Dados referente ao manual do Osciloscópio); Incerteza da frequência de Corte: $u_f^2 = (\frac{1}{2.\pi.R^2.C}.\, u_R)^2 + (\frac{1}{2.\pi.R.C^2}\, u_C)^2$; Incerteza da resistência: medida com multimetro e Incerteza do capacitor: Tolerância do capacitor.

Resistência	Capacitância	Frequência de Corte
(1,000 ± 0,002) kΩ	(0,22 ± 0,01) μF	(723 ± 20)HZ

Tabela 1: Valores dos componentes com respectivas incertezas

Podemos observar, que para varreduras cuja quantidade de pontos são reduzidas ou inferior a 20 pontos notamos uma menor precisão na coleta de informação, o que aumenta a incerteza referente a coleta de dados experimentais, dessa forma para melhor a precisão na coleta de dados vamos considerar para análise somente os dados de varredura com 25 pontos.

Analisando a varredura de 25 pontos , podemos observar que para frequências superiores em módulo à frequência de corte fc = 723 ± 20 Hz (Cuja qual suas propriedades já foram abordadas no experimento passado), notamos uma atenuação gradativa referente a fase, o que ocorre de forma semelhante em referência à amplitude. Ambas as análises em relação a amplitude e fase em função da tensão de entrada e da frequência são características dos circuitos conhecidos como passa-baixo, o que nos permite sugerir uma coerência experimental e teórica com o circuito montado. Para a confirmação quantitativa do modelo teórico, plotamos o diagrama de Bode dos resultados experimentais e da curva teórica dada através das fórmulas:

$$TdB(\omega)\ =\ -10\ log_{10}(1\ +\ \omega^2R^2C^2)\ \Rightarrow\ \textit{fração da potência transmitida em função da frequência}$$

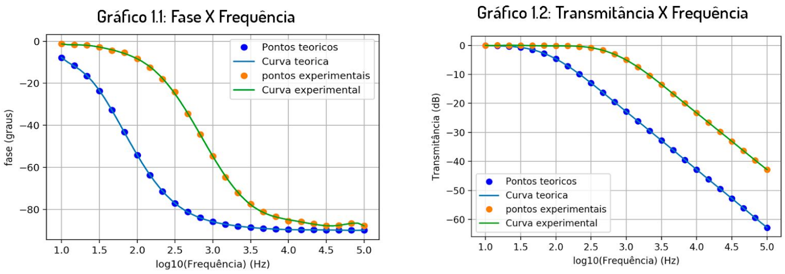
$$\mu_T = \sqrt{(\frac{\delta T}{\delta\omega})^2\mu_\omega{}^2 + (\frac{\delta T}{\delta R})^2\mu_R{}^2 + (\frac{\delta T}{\delta C})^2\mu_C{}^2} = \sqrt{\frac{400\omega^2R^4C^4\mu_\omega{}^2}{ln(10)^2(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{400\omega^4R^2C^4\mu_R{}^2}{ln(10)^2(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{400\omega^4R^4C^2\mu_C{}^2}{ln(10)^2(1+\omega^2R^2C^2)^2}}$$

⇒ *Incerteza da Transmitância*

$\Delta\varphi(\omega) \;=\; arctan\,(-\omega RC) \;\Rightarrow\;$ *defasagem entre o sinal de entrada e de saída* , onde $\omega = (2\pi f)$ e f é a frequência de oscilação do sinal senoidal.

$$\mu_{\varphi} = \sqrt{(\frac{\delta\varphi}{\delta\omega})^2\mu_{\omega}^{\,2} + (\frac{\delta\varphi}{\delta R})^2\mu_{R}^{\,2} + (\frac{\delta\varphi}{\delta C})^2\mu_{C}^{\,2}} \;=\; \sqrt{\frac{R^2C^2\mu_{\omega}^{\,2}}{(\omega^2R^2C^2+1)^2} + \frac{\omega^2C^2\mu_{R}^{\,2}}{(\omega^2R^2C^2+1)^2} + \frac{\omega^2R^2\mu_{C}^{\,2}}{(\omega^2R^2C^2+1)^2}} \;\Rightarrow\; \textit{Incerteza da defasagem}$$

1. Diagrama de Bode Passsa-Baixa



Gráficos 1. Varredura Passa-Baixa

Como podemos analisar pelos gráficos, dentro da incerteza experimental, as curvas foram muito semelhantes comprovando a coerência experimental com a teórica.

Repetimos o mesmo procedimento para a montagem B, trocando a posição do resistor e do capacitor, tendo em vista que agora medimos a tensão de saída em cima do capacitor, sendo dessa forma o circuito da montagem B um filtro RC passa Alto. Fizemos a varredura com 25 pontos para fazer uma análise quantitativa se o modelo teórico e o experimental estariam condizentes, dessa forma notamos por meio da análise gráfica do passa-alto um crescimento progressivo em relação à fase, e uma atenuação inicial em relação amplitude para frequências inferiores à frequência de corte fc = 723 ± 20 Hz, o que nos permite sugerir uma coerência experimental e teórica com o circuito montado. Nessa situação há de se inverter o comportamento da fase, tal que com o aumento da frequência a fase deve diminuir para quando há a diminuição da defasagem. Para a confirmação quantitativa do modelo teórico, plotamos o diagrama de Bode dos resultados experimentais e da curva teórica dada através das fórmulas:

$$TdB(\omega) \;=\; -10\; log_{10}(\frac{\omega^2R^2C^2}{1+\omega^2R^2C^2}) \;\Rightarrow\; \textit{fração da potência transmitida em função da frequência}$$

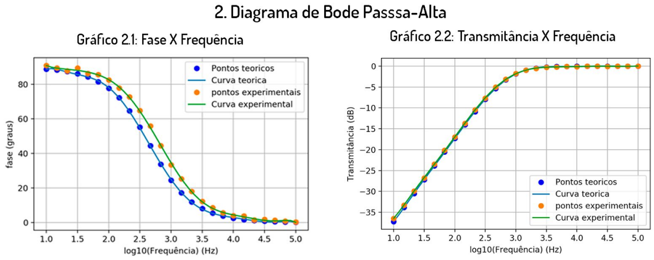
$$\mu_{T} = \sqrt{(\frac{\delta T}{\delta\omega})^2\mu_{\omega}^{\,2} + (\frac{\delta T}{\delta R})^2\mu_{R}^{\,2} + (\frac{\delta T}{\delta C})^2\mu_{C}^{\,2}} = \sqrt{\frac{4\mu_{\omega}^{\,2}}{ln(10)^2\omega^2(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{4\mu_{R}^{\,2}}{ln(10)^2R^2(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{4\mu_{C}^{\,2}}{ln(10)^2C^2(1+\omega^2R^2C^2)^2}}$$

⇒ *Incerteza da Transmitância e*

$\Delta\varphi(\omega) \;=\; arctan\,(-\frac{1}{\omega RC}) \;\Rightarrow\;$ *defasagem entre o sinal de entrada e de saída* , onde $\omega = (2\pi f)$ e f é a frequência de oscilação do sinal senoidal.

$$\mu_{\varphi} = \sqrt{(\frac{\delta\varphi}{\delta\omega})^2\mu_{\omega}^{\,2} + (\frac{\delta\varphi}{\delta R})^2\mu_{R}^{\,2} + (\frac{\delta\varphi}{\delta C})^2\mu_{C}^{\,2}} \;=\; \sqrt{\frac{R^2C^2\mu_{\omega}^{\,2}}{(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{\omega^2C^2\mu_{R}^{\,2}}{(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \frac{\omega^2R^2\mu_{C}^{\,2}}{(1+\omega^2R^2C^2)^2}} \;\Rightarrow\; \textit{Incerteza da defasagem}$$

2. Diagrama de Bode Passsa-Alta



Gráficos 2. Varredura Passa-Alta

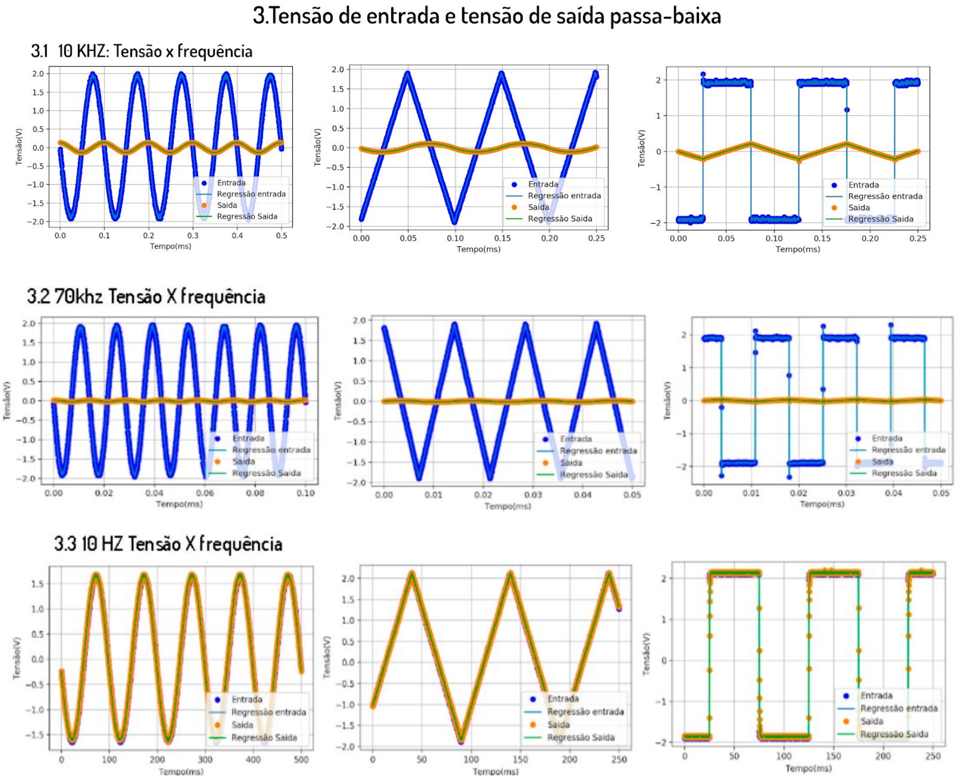
2. Derivador e Integrador

Para a segunda parte do experimento, repetimos a montagem A e vimos como o circuito se comportou, variando as formas de onda de entrada e observando a forma de onda de saída e também, analisamos se esse comportamento se repetia em outras frequências. No caso, percebemos que o circuito passa-baixa se aproximou de um comportamento de um circuito integrador em frequências superiores à frequência de corte e se comportou realmente como integrador em frequências ainda mais altas, aproximadamente em frequências superiores a $10 * f_c$. Notamos esse comportamento devido à tensão de saída, que se apresentou proporcional à taxa de variação no tempo do sinal de entrada. Para a tensão de entrada seno, por exemplo, na frequência de 70kHz, a defasagem de fase indicada no osciloscópio do canal 1 para o canal 2 era de aproximadamente 90º, o que indicou que a tensão de saída representou a função cosseno que é a derivada da entrada.

Já para o passa-alta, percebemos que se aproximou de um comportamento de um circuito derivador em frequências inferiores à frequência de corte e se comportou realmente como derivador em frequências ainda mais baixas, aproximadamente em frequências inferiores a 10 * f_c . Notamos esse comportamento devido a tensão de saída, que se apresentou como a área do sinal de entrada. Para a tensão de entrada seno, por exemplo, para a frequência de 7 kHz indicou que a tensão de saída representada a função -cosseno que é a integral da entrada.

Esse comportamento do passa baixa (integrador) e do passa alta (derivador) se mostraram presentes nas frequências que eles atenuavam, ficando mais claro quando variamos as formas de onda de entrada, na tabela 2 e 3 está de forma resumida as alterações percebidas experimentalmente e confirmadas por derivadas e integrais conhecidas.

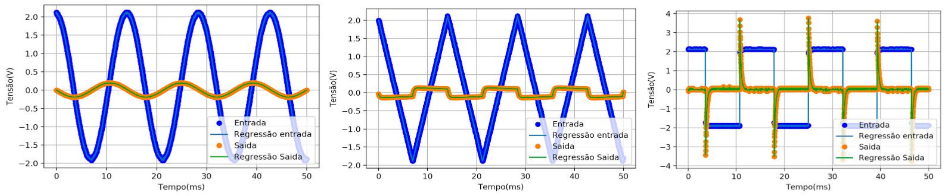
Em resumo, os resultados e os procedimentos experimentais foram de suma importância pois possibilitaram a observação de circuitos RLC como filtros e a familiarização com a plotagem de gráficos na linguagem python. Através do diagrama de Bode conseguimos perceber que havia uma coerência experimental com a prevista em teoria, através das fórmulas presentes no relatório. Também foi possível observar que o circuito passa baixa em altas frequência apresenta o comportamento de um circuito integrador e em baixas frequências a tensão de saída era semelhante a tensão de entrada, já no caso do circuito passa alta, foi apresentado um comportamento de um circuito derivador em baixas frequências, e em altas frequências a tensão de saída era semelhante a de entrada.



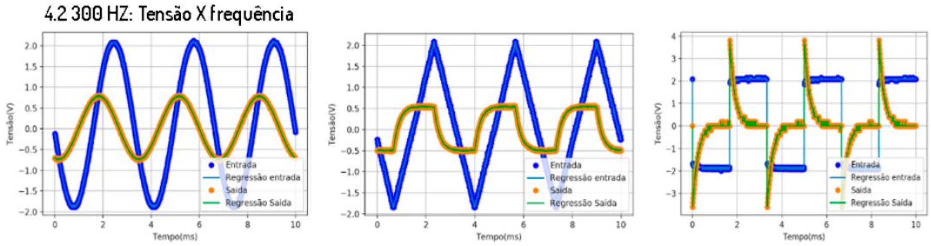
Gráficos 3.1, 3.2, 3.3. Integrador

4.Tensão de entrada e tensão de saída passa-alta

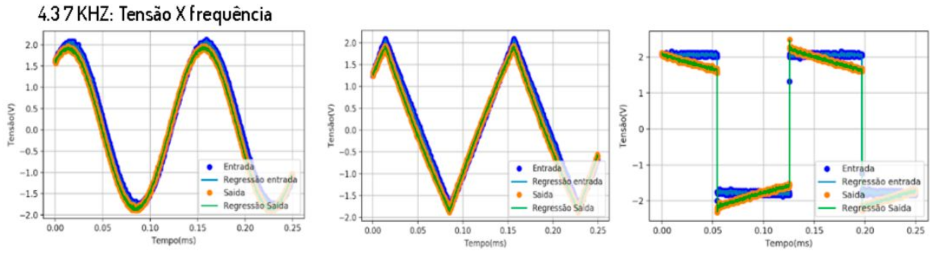
4.1 70 HZ: Tensão x frequência



4.2 300 HZ: Tensão X frequência



4.3 7 KHZ: Tensão X frequência



Gráficos 4.1, 4.2, 4.2, 4.3 Derivador

Tipo de Entrada	Frequência	Tipo de Saída
Seno	(10 ± 3) kHZ,(20 ± 6) kHZ,(35 ± 1) kHZ, (70 ± 2) kHZ	Cosseno
Square(Quadrada)	(10 ± 3) kHZ,(20 ± 6) kHZ,(35 ± 1) kHZ, (70 ± 2) kHZ	Ramp (triangular)
Ramp (triangular)**	(10 ± 3) kHZ,(20 ± 6) kHZ,(35 ± 1) kHZ, (70 ± 2) kHZ	Ramp (triangular)
Ramp (triangular)	(10 ± 3) kHZ,(20 ± 6) kHZ,(35 ± 1) kHZ, (70 ± 2) kHZ	Curva/Parábola

Tabela 2: RC passo - baixo (Derivador)

Tipo de Entrada	Frequência	Tipo de Saída
Seno	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Cosseno
Seno	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Seno
Square(Quadrada	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Ramp (triangular)
Square(Quadrada)**	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Retas
Square(Quadrada) *	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Retas com descontinuidade
Ramp (triangular)**	70 ± 2 Hz, 100 ± 3 Hz, 300 ± 9 Hz	Ramp (triangular)

Tabela 3: RC passo-Alto (Integrador)

**** ou * em alguns pontos**