



F429 2ºsem 2019

Experimento 1 - 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.Introdução

Partindo dos princípios de eletromagnetismo abordados em Física 3 e seus princípios relacionados a um capacitor em um circuito elétrico alimentado por uma fonte, o experimento 1 pretende analisar comportamento da tensão elétrica de saída de um circuito RC utilizando diferentes capacitores e diferentes resistores, assim, por análises temporais e espectrais do comportamento da fase e a forma de onda para poder estudar a impedância do circuito.

A partir desses pôde-se realizar diferentes comparações sob diferentes formas de onda, componentes e frequências. Sendo assim, feitas análises sob o espectro de um osciloscópio e com o auxílio do software pylab.

2.Materiais e Métodos

2.1 Métodos

O experimento, a princípio, utiliza do método científico e se aplica a um objeto de pesquisa exploratória, ou seja, visa proporcionar maior familiaridade com o assunto, para uma melhor compreensão acerca das propriedades relacionadas ao comportamento de um circuito RC.

Sendo assim, o experimento se fundamentou em sua divisão em 4 partes principais:

1. Análise de onda quadrada qualitativa e montagem: Nesse momento, montam-se os circuitos RR e RC (Figura 1) e insere uma onda quadrada de 8 Vpp na entrada (V1) em diferentes frequências e captura-se (Pylab) consecutivas medidas no osciloscópio (V2). A partir disso, faz-se a análise das formas de onda e da formação de possíveis distorções. Além disso, verifica-se para RC a existência de distorções em outros formatos de onda (triangular/senoidal).
2. Resposta espectral sob regime senoidal: Nesse momento, utilizando a ferramenta de varredura(pylab), busca-se especular (qualitativamente), verificar e analisar a resposta (V2) de um circuito RC quando a entrada existir uma corrente senoidal com diferentes frequências. Isso deve ser feito para diferentes capacitâncias a fim de ratificar a hipótese apresentada pela análise da forma.
3. Resposta Temporal em onda quadrada: Faz-se o mesmo procedimento de varredura na parte 2, contudo deve-se atentar-se a observar o comportamento adquirido pela onda na saída, bem como para diferentes capacitâncias.
4. Resposta espectral e Frequência de corte: A partir do conceito de frequência de corte apresentado na bibliografia vigente tal que $V_2 = \frac{R}{R+\chi_c} V_1$ implica que o circuito está na frequência de corte. Deve-se então encontrar a frequência de corte a partir da observação do osciloscópio e utilizando uma resistência de década.

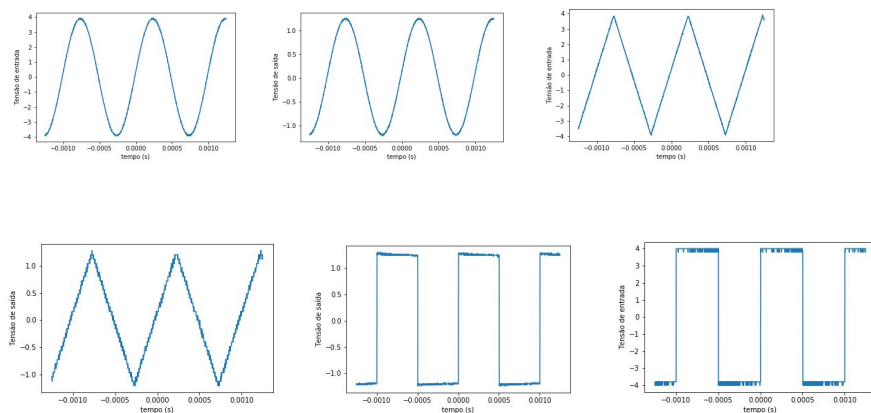
2.2 Materiais

-Osciloscópio (+cabos de conexão); Gerador de função(+cabos de conexão); Protoboard(+cabos de conexão); Capacitores: 0,22uF/2,2uF/1nF/1uF/0,1uF; Resistores: 2K2Ω/1KΩ; Resistência de década (1-10K)Ω e Notebook com software Pylab (+cabos de conexão).

3.Análise e Discussão

No circuito com os dois resistores, montado como na figura a dos anexos. Foi observado experimentalmente no osciloscópio, que a forma de onda permanece a mesma (quadrada) independente da alteração dos períodos, contudo apresentará amplitudes diferentes. Isso se deve ao fato de que a impedância relativa do circuito possui apenas parte real quando submetida a frequências médias(entre 10Hz-1MHz).(Nota:Quando feita essa análise deve-se colocar o tipo de acoplamento CC para não existir uma saída de característica capacitiva).

Ademais, pode-se observar (nos pares de figuras, 2-3, 4-5 e 6-7) que não houve distorção no formato da onda nas faixa de frequências escolhidas. Por exemplo, quando modificamos o formato de onda de entrada para a onda senoidal ou triangular a saída continuava sendo senoidal ou triangular, ou seja, não havia distorção.



Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 formas de onda para tensões de entrada e saída para a frequência de 1 kHz e resistor de 1kΩ

Na situação da montagem com capacitor Figura 2, existirá alteração na forma da onda tal que a mesma apresenta uma curvatura (Figuras 8 e 9) ao invés da quadrada como era esperado, isso se deve a condição de carregamento apresentada pelo capacitor. Além disso, pode-se observar que para diferentes frequências aplicadas sua forma se altera em que a tensão poderá (ou não) atingir seu máximo (tensão de entrada) em função do tempo de carregamento associado ao capacitor.

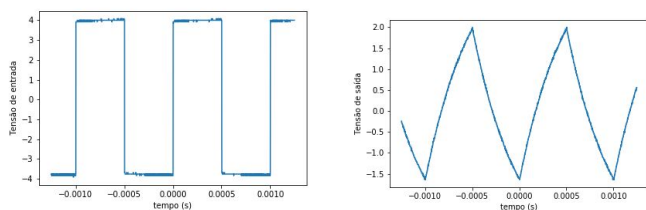


Figura 8 e 9 entrada e saída onda quadrada para frequência de 1kHz

Pode-se observar que no circuito capacitivo-resistivo houve distorção no formato de onda triangular para o formato de uma senóide na saída, devido ao circuito integrante. Já no caso da onda senoidal, não houve distorção no formato de onda.

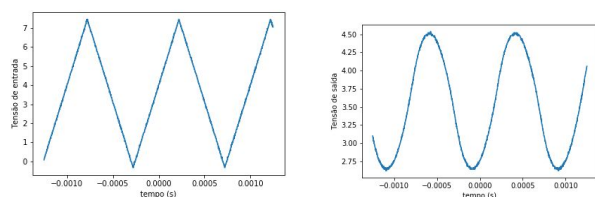


Figura 10 e 11 onda de 1kHz e formato triangular, entrada e saída

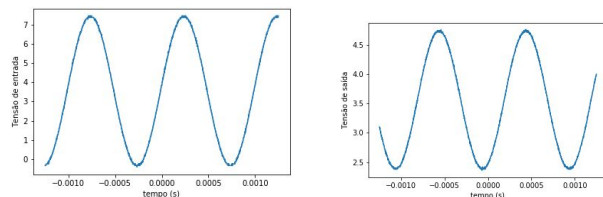


Figura 12 e 13 onda de 1kHz e formato senoidal, entrada e saída

Ao conectarmos uma onda senoidal na entrada do circuito RC montado, observamos as tensões de entrada e saída no osciloscópio e pode-se notar nas figuras 14 e 15 que quando há a variação das frequências visualmente pode-se observar uma diminuição nas amplitudes em V2 junto a diminuição da frequência associada, além disso, é possível observar diferentes fases para o valor de entrada e o valor de saída, tal que a mesma, segundo o osciloscópio ficou atrasada.

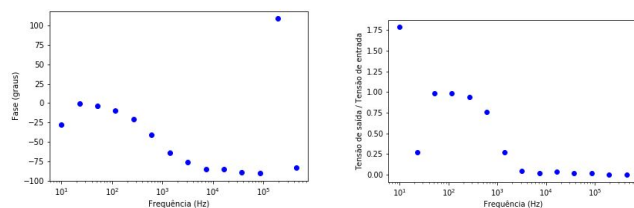


Figura 14 - Variação de fase com aumento da frequência em escala logarítmica, capacitância = $0,22\mu F$.

Figura 15 - Variação da razão entre saída e entrada com o aumento da frequência em escala logarítmica, capacitância = $0,22\mu F$.

No caso da alteração da resistência R_2 só existirá a mudança da amplitude característica (maior a resistências, menor a amplitude). Já para a alteração do capacitor existirá tanto a mudança de fase, quanto a diminuição das amplitude, esses comportamentos podem ser observados visualmente nas figuras 16 e 17 quando há a mudança do capacitor utilizado. Isso se deve à, fundamentalmente, ao fato do capacitor e o resistor aplicarem uma impedância ao sistema.

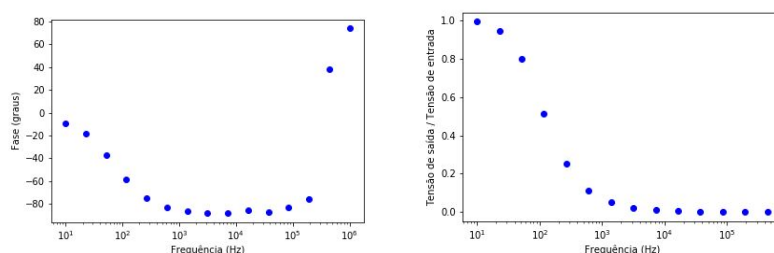
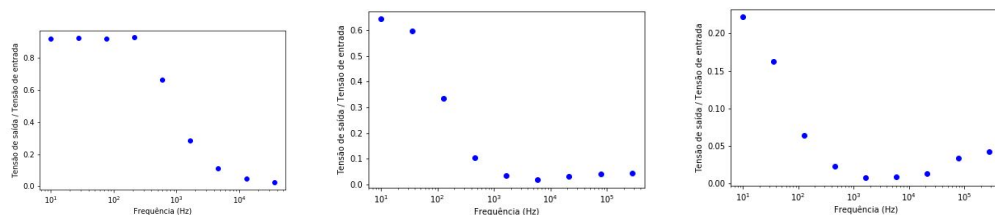


Figura 16 - Variação de fase com aumento da frequência em escala logarítmica, capacitância = $2,2\mu F$.

Figura 17 - Variação da razão entre saída e entrada com o aumento da frequência em escala logarítmica, capacitância = $2,2\mu F$.

Ao conectar uma onda quadrada, novamente, na entrada do circuito RC montado, observamos que houve uma curvatura próximo ao degrau, qualitativamente, o capacitor assumirá um formato de “barbatana” e, com a diminuição do período há a diminuição de tempo para recarga do capacitor, isso fará com que a forma de “barbatana” fique mais com uma amplitude menor. Além disso, para diferentes capacitores em mesmas frequências a forma será semelhante essa, contudo os capacitores de maior capacitância irão ter mais dificuldade de recarga, portanto, suas amplitudes tendem serem menores e suas ondas tendem a ser mais largas (na mesma escala).

É possível perceber que, conforme a capacitância foi aumentando a curva de tensão de saída por tensão de entrada apresenta sua queda e chega em valores mínimos para valores menores de frequência, ou seja, quanto maior a capacitância, menores eram as frequências necessárias para observar a queda da tensão de saída em relação a entrada. (Gráficos nas figuras 17, 18 e 19)



Figuras 17, 18 e 19 - Razão entre tensão de saída pela de entrada para capacitâncias de $0,22$, $2,2$ e $22\mu F$

Refazendo esta observação com outros dois valores de capacitância, conseguimos relacionar a mudança ao valor da capacitância, pois a impedância equivalente do circuito é dada pela soma real-imaginária: $R_2 - (j/wC)$. Tal que w será a frequência e o C será a capacitância do capacitor em análise.

Essa relação faz com que ao mudar os valores de capacitância e a frequência tenham

influência na saída pois serão elas que definirão a parte imaginária dessa soma. Nesse sentido, como a interpretação real-imaginária é feita por uma relação vetorial, justifica-se a possível defasagem quando feitas as operações sobre a tensão de entrada. Portanto, pode-se concluir que o essas mudanças de capacitores caracterizam a mudança de impedâncias que alteraram a fase e amplitude do circuito estudado.

Conectando novamente uma onda senoidal na entrada do circuito RC montado, observamos as tensões de entrada e saída no osciloscópio. A frequência de corte para o circuito com o capacitor de $0,22\ \mu F$ e um resistor de $2,2k\ \Omega$ vale $328,8\ Hz$.

Substituímos então o resistor R2 por uma resistência de década. A frequência de corte variou de maneira inversamente proporcional à resistência, ou seja, quanto maior foi a resistência testada menor era a frequência na qual podia-se perceber a atenuação do sinal de saída em relação com o de entrada. Visualmente, isso pode ser visto nas figuras 20 e 21, que é a curva $(\frac{V_2}{V_1} \times f)$ do circuito RC; deste gráfico, extraímos a frequência de corte, encontrada pela intersecção das retas no gráfico. É possível perceber que quanto maior foi a resistência o ponto de intersecção entre as retas citadas encontra-se mais à direita do eixo das abscissas.

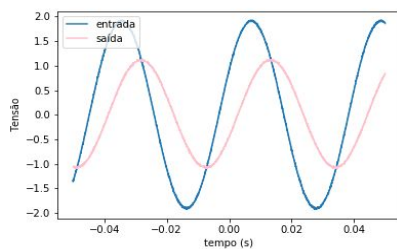


Figura 20 - Curvas de entrada e saída, $R = 30k\Omega$

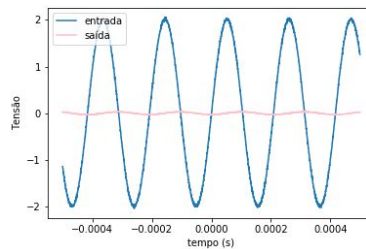


Figura 21- Curvas de entrada e saída, $R = 150\Omega$

4. Conclusão

Dessa forma baseando-se nos resultados obtidos e tendo em vista o que foi apresentado na análise e nos anexos, concluído que embora haja incertezas referentes ao osciloscópio, capacitância parasitas, frequência de corte (Referente ao resistor e ao capacitor) e resistência interna do gerador de funções os dados obtidos referentes ao circuito RC, frequência de corte para o circuito com o capacitor de $0,22\ \mu F$ e um resistor de $2,2k\ \Omega$ $f_c = 328,8\ Hz$, são condizentes com os valores teóricos à medida que houve compatibilidade entre as respostas experimentais e as esperadas.

5. Referências

1. HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física 3. Vol. 3, 9ª edição

ANEXOS

Frequência de corte:

$$V_2 = \frac{R}{R + \chi_c} V_1$$

$$|V_2| = \sqrt{\frac{R}{R + \chi_c} * \frac{R}{R + \chi_c}} |V_1| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \chi_c^2}} |V_1|$$

Se $R = \chi_c$:

$$|V_2| = \frac{\chi_c}{\sqrt{2\chi_c^2}} |V_1| \rightarrow |V_2| = \frac{|V_1|}{\sqrt{2}}$$

Então:

$$R = \chi_c \rightarrow R = \frac{1}{\omega C} \rightarrow R = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Montagens experimentais:

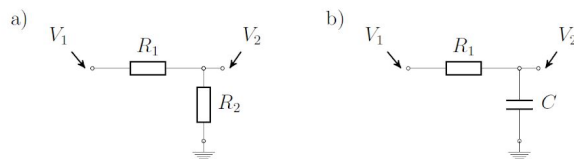


Figura 1. circuitos

- Incertezas:

- Incerteza do osciloscópio:

$$\mu_{f_c}^2 = \left(\frac{\partial f_c}{\partial R} \mu_R\right)^2 + \left(\frac{\partial f_c}{\partial C} \mu_C\right)^2 \quad \mu_{f_c} = \sqrt{\left(\frac{-1}{2\pi R^2 C} \mu_R\right)^2 + \left(\frac{-1}{2\pi C^2 R} \mu_C\right)^2}$$

- Incerteza do osciloscópio:

O osciloscópio possui incertezas nos valores de tempo e tensão fornecida que são descritos conforme a seguir:

a) Tensão (Posição vertical em zero)

Incerteza = 3% do módulo da leitura + 10% da tensão de uma divisão + 1 mV

b) Intervalo de tempo

Incerteza = 0,01% da leitura + 0,4% do tempo de uma divisão + 0,4 ns

Tensão (Posição vertical = 0)

[Exatidão da Tensão] = 3% do módulo da leitura + 10% da tensão de uma divisão + 1 mV

Precisão da medição de tensão CC, Modo de aquisição Média

A precisão das medições da tensão CC adquiridas usando Média de ≥ 16 formas de onda.

Posição vertical = 0 $\pm(3\% \text{ de } |leitura| + 0,1 \text{ div} + 1 \text{ mV})$.

Posição vertical $\neq 0$ e Escala vertical 2 mV/div até 200 mV/div: $\pm[3\% \text{ de } (|leitura + posição vertical|) + 1\% \text{ de } |posição vertical| + 0,2 \text{ div} + 7 \text{ mV}]$

Posição vertical $\neq 0$ e Escala vertical $>200 \text{ mV/div}$: $\pm[3\% \text{ de } (|leitura + posição vertical|) + 1\% \text{ de } |posição vertical| + 0,2 \text{ div} + 175 \text{ mV}]$

Tabelas e dados usados

Resistor de 1k Ohms Capacitor 0,22 mF

frequência (Hz)	Vpp1 (V)	Vpp2 (V)	fase (Ch2-Ch1) (graus)	T	T_dB
10	3.668.258.429	6.537.843.704	-2.736.000.252	3.176.502.634	5.019.492.198

2.275.845.926	6.811.664.105	1.870.828.986	-98.450.315	7.543.306.118	-1.122.438.268
5.179.474.679	7.846.016.407	7.736.595.154	-373.056.984	9.723.023.129	-1.219.868.117
1.178.768.635	7.869.564.533	7.712.787.628	-9.764.151.573	9.605.530.255	-1.747.865.575
2.682.695.795	7.845.349.789	7.356.815.338	-2.083.601.379	8.793.364.726	-5.584.491.308
6.105.402.297	7.724.651.337	5.849.123.478	-4.087.911.987	573.355.268	-2.415.761.928
1.389.495.494	7.035.375.595	1.888.712.287	-6.358.831.406	7.207.041.708	-1.142.242.965
316.227.766	3.358.258.486	1.732.857.674	-7.648.854.828	2.662.548.615	-2.574.702.454
719.685.673	4.830.579.758	778.451.189	-85.072.052	2.596.954.008	-3.585.535.742
1.637.893.707	271.778.059	1.092.820.019	-8.531.067.657	1.616.845.413	-2.791.331.501
372.759.372	2.787.174.225	563.426.428	-8.919.403.076	4.086.450.043	-3.388.653.806
8.483.428.982	1.430.289.626	295.309.201	-9.019.043.732	4.262.908.193	-337.029.402
1.930.697.729	5.148.750.305	180.648.006	1.085.314.713	1.23E-05	-4.909.737.317
4.393.970.561	4.195.160.389	48.800.004	-8.271.127.319	1.35E-06	-5.868.657.424

Resistor de 1k Ohms Capacitor 2,2mF

frequência (Hz)	Vpp1 (V)	Vpp2 (V)	fase (Ch2-Ch1) (graus)	T	T_dB
10	6.499.447.823	6.460.061.073	-9.369.368.553	9.879.166.944	-5.279.675.545
2.275.845.926	7.485.573.292	707.625.103	-1.836.065.674	8.936.270.953	-4.884.367.164
5.179.474.679	7.553.817.749	605.291.605	-3.693.264.389	6.420.905.768	-1.924.037.036
1.178.768.635	7.577.059.269	3.873.867.035	-5.887.059.021	2.613.894.479	-5.827.119.486
2.682.695.795	750.711.441	1.895.362.854	-7.493.562.317	6.374.390.431	-119.556.134
6.105.402.297	7.484.017.849	8.476.166.725	-8.361.858.368	1.282.712.574	-1.891.870.648
1.389.495.494	7.506.476.879	3.768.301.904	-86.5	2.520.107.559	-2.598.580.923
316.227.766	7.574.617.863	1.663.569.659	-8.783.818.817	4.823.480.492	-3.316.639.474
719.685.673	7.550.439.358	746.678.412	-8.824.803.925	9.78E-05	-4.009.677.257
1.637.893.707	7.527.205.944	331.128.016	-8.605.107.117	1.94E-05	-4.713.275.743
372.759.372	7.504.043.579	147.722.401	-874.515.686	3.88E-06	-5.411.697.979
8.483.428.982	7.528.006.554	68.000.001	-8.288.869.476	8.16E-07	-6.088.342.139
1.930.697.729	7.503.973.484	29.600.002	-7.594.290.161	1.56E-07	-6.807.999.101
4.393.970.561	7.574.399.948	11.999.999	3.852.631.378	2.51E-08	-7.600.334.047

Resistor de 2,2k Ohms Capacitor 2,2mF

frequência (Hz)	Vpp1 (V)	Vpp2 (V)	fase (Ch2-Ch1) (graus)	T	T_dB
10	6.540.061.951	2.791.384.459	-2.525.050.163	1.821.694.671	-7.395.244.121
2.275.845.926	4.716.004.372	1.845.380.783	-4.273.972.511	1.531.170.628	-8.149.764.105
5.179.474.679	7.899.958.134	7.726.752.758	-9.689.440.727	9.566.310.043	-1.925.554.778
1.178.768.635	7.875.051.022	7.371.893.883	-2.035.335.541	8.762.971.466	-5.734.860.245
2.682.695.795	7.850.818.157	5.979.795.933	-4.017.167.664	580.153.465	-2.364.571.095
6.105.402.297	7.778.347.969	3.634.444.714	-6.161.369.324	2.183.239.591	-6.608.986.016

1.389.495.494	780.258.131	1.755.434.632	-7.589.459.229	5.061.657.069	-1.295.707.282
316.227.766	3.198.093.653	261.680.007	-83.710.289	6.695.125.628	-2.174.241.269
719.685.673	4.484.749.794	105.187.282	-1.666.257.782	5.501.106.202	-3.259.549.971
1.637.893.707	3.984.976.769	77.000.156	7.527.166.748	3.733.632.964	-3.427.868.378
372.759.372	4.119.853.973	235.293.601	-8.659.242.249	3.26E-05	-4.486.543.413
8.483.428.982	1.858.008.504	95.814.001		2.66E-05	-4.575.237.443
1.930.697.729	7.311.677.933	29.255.201	8.346.213.531	1.60E-05	-4.795.627.934
4.393.970.561	7.969.807.148	32.000.002	-6.194.566.345	1.61E-07	-6.792.595.614
1000000	632.679.987	21.599.999	-4.752.000.809	1.17E-07	-6.933.460.732

Resistor de 2,2k Ohms Capacitor 0,22 mF

frequência (Hz)	Vpp1 (V)	Vpp2 (V)	fase (Ch2-Ch1) (graus)	T	T_dB
10	6.540.061.951	2.791.384.459	-2.525.050.163	1.821.694.671	-7.395.244.121
2.275.845.926	4.716.004.372	1.845.380.783	-4.273.972.511	1.531.170.628	-8.149.764.105
5.179.474.679	7.899.958.134	7.726.752.758	-9.689.440.727	9.566.310.043	-1.925.554.778
1.178.768.635	7.875.051.022	7.371.893.883	-2.035.335.541	8.762.971.466	-5.734.860.245
2.682.695.795	7.850.818.157	5.979.795.933	-4.017.167.664	580.153.465	-2.364.571.095
6.105.402.297	7.778.347.969	3.634.444.714	-6.161.369.324	2.183.239.591	-6.608.986.016
1.389.495.494	780.258.131	1.755.434.632	-7.589.459.229	5.061.657.069	-1.295.707.282
316.227.766	3.198.093.653	261.680.007	-83.710.289	6.695.125.628	-2.174.241.269
719.685.673	4.484.749.794	105.187.282	-1.666.257.782	5.501.106.202	-3.259.549.971
1.637.893.707	3.984.976.769	77.000.156	7.527.166.748	3.733.632.964	-3.427.868.378
372.759.372	4.119.853.973	235.293.601	-8.659.242.249	3.26E-05	-4.486.543.413
8.483.428.982	1.858.008.504	95.814.001		2.66E-05	-4.575.237.443
1.930.697.729	7.311.677.933	29.255.201	8.346.213.531	1.60E-05	-4.795.627.934

Resistor de 2,2k Ohms Capacitor 2,2mF

frequência (Hz)	Vpp1 (V)	Vpp2 (V)	fase (Ch2-Ch1) (graus)	T	T_dB
10	6.517.665.863	6.216.859.341	-1.836.000.061	9.098.250.683	-4.104.210.127
2.275.845.926	7.534.037.113	6.084.357.739	-3.475.409.698	652.189.754	-1.856.260.283
5.179.474.679	7.694.879.055	4.018.643.379	-5.782.383.347	2.727.440.842	-5.642.446.605
1.178.768.635	7.718.552.589	2.015.501.738	-750.530.014	6.818.590.652	-1.166.305.381
2.682.695.795	7.742.595.673	9.074.066.281	-8.313.641.357	1.373.506.546	-1.862.169.267
6.105.402.297	7.766.416.073	4.014.567.435	-8.659.340.668	2.671.998.487	-2.573.163.792
1.389.495.494	7.742.226.124	1.778.792.441	-89	5.278.601.145	-3.277.481.152
316.227.766	7.810.735.703	799.562.335	-8.874.842.834	1.047.902.244	-397.967.923
719.685.673	7.884.045.124	35.883.639	-8.923.651.123	2.07E-05	-4.683.705.245
1.637.893.707	7.858.873.844	159.692.019	-8.823.068.237	4.13E-06	-5.384.154.211
372.759.372	7.786.333.561	752	-8.235.469.818	9.33E-07	-6.030.230.328

8.483.428.982	7.761.779.785	376	-7.444.068.146	2.35E-07	-6.629.546.944
1.930.697.729	7.833.426.952	18.399.999	-2.914.417.076	5.52E-08	-7.258.267.997
4.393.970.561	785.752.964	12.000.001		2.33E-08	-7.632.209.491
1.000.000	7.833.350.658	21.599.999	8.362.911.224	7.60E-08	-7.118.987.674