

Relatório 04: Medidas com Osciloscópio

Daniel de Sousa Cipriano - RA 233228

Thyago Martins Paula Santos - RA 237752

Otávio Araujo Valderrama - RA 254099

1. TEXTO PRINCIPAL

Nesse experimento nosso objetivo foi estudar as medições feitas através de um osciloscópio para diferentes tipos de circuitos. O osciloscópio é um equipamento capaz de medir e exibir sinais de ondas para corrente alternada, medindo a tensão elétrica em função do tempo, fornecendo mais detalhes de medição. Junto ao osciloscópio, utiliza-se um equipamento capaz de produzir tensões alternadas, chamado gerador de funções. O gerador de funções gera sinais dos mais variados tipos (senoidal, triangular e quadradas), além de ser altamente configurável, consegue ajustar informações como frequência, fase, entre outros.

Esses aparelhos operam em sistemas de corrente alternada. Circuitos de corrente alternada são aqueles em que a corrente e a tensão (V_{CA}) mudam de polaridade com o tempo. Quando pensamos na tensão alternada, podemos descrevê-la como periódica, assim sendo possível relacioná-la ao tempo através da Equação 1 (Caso de tensão alternada senoidal).

$$V = V_{pp} * \text{sen}(\omega t + \phi) \quad (1) \quad V_{pp}: \text{máxima amplitude da tensão} \quad \omega = 2\pi f \text{ (frequência angular)} \quad \phi = \text{fase}$$

A “tensão pico-a-pico” V_{pp} é descrita na Equação 2, sendo a amplitude de tensão senoidal que varia de “pico”, V_p , em “pico”, dada por $V_{pp} = 2 * V_p$ (2). Tendo em mente essas relações podemos encontrar a tensão alternada, a qual é geralmente especificada pela sua tensão eficaz, ou valor quadrático médio (V_{rms}). A tensão eficaz pode ser interpretada como o valor de tensão contínua capaz de dissipar a mesma energia da tensão alternada, representada pela Equação 3.

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Os materiais utilizados no experimento foram: osciloscópio, gerador de função, multímetro, resistores de 100 Ω , 1 k Ω e 4,7 k Ω , diodo de Si, LED, capacitor de 4,7 nF. Foram montados 4 circuitos com diferentes configurações e funções, são eles: divisor de tensão resistivo, retificador de meia onda com o diodo de Si, filtro RC com onda senoidal e quadrática e circuito utilizando um diodo emissor de luz (LED). Foram feitas simulações no software Tinker Cad das três primeiras configurações citadas, expressas nas figuras, Figura 1, Figura 2 e Figura 3. Note que como o osciloscópio e gerador de funções presentes no Tinker Cad são simples e possuem apenas um canal para análise, é necessário realizar a troca de posição do fio verde(osciloscópio), para alternar entre visualização de onda para tensão de entrada e saída. Foram medidas variáveis características dessas duas ondas, sendo, tensão máxima e mínima, período, amplitude, frequência, tensão eficaz e a diferença de fase.

Para o circuito divisor de tensão, ajustamos a frequência em 100 Hz e amplitude em 2 V, observando o efeito de divisor de tensão comparando as duas tensões de entrada e saída, para resistências de 1 k Ω , sendo gerado o gráfico expresso na Figura 4. Com os resultados coletados, observamos que o valor de tensão eficaz obtido com multímetro $V_m = (0,681 \pm 0,02)$ V, se assemelha ao valor obtido com osciloscópio $V_{rms} = (0,693 \pm 0,05)$. Analisando também a função de um divisor de tensão, temos que há pouca alteração na fase e frequência das ondas, porém, há alteração na tensão máxima e mínima, já que, esse circuito opera dividindo a tensão total de forma ponderada aos valores de resistência. Sabendo se que a relação para tensão de entrada(V_{in}) e saída(V_{out}) do divisor de tensão é dada pela Equação 4: $V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ (4). Temos para os resistores utilizados, $V_{out} = \frac{V_{in}}{2}$. A curva obtida para esse circuito confirma essa relação.

No caso do circuito retificador de meia onda, um diodo de Si é usado para que a corrente possa passar somente com o diodo em polarização direta, esse sistema opera com uma amplitude de 5V e frequência de 100 Hz. Podemos observar que para tensões de entrada abaixo de aproximadamente 2 V, a tensão de saída se torna nula, isso

ocorre pois para tensões abaixo desse valor, o diodo passa a operar como um curto-circuito, bloqueando a corrente. Notamos também que para o diodo em condução de corrente, a tensão de saída correspondente é menor que a tensão de entrada e pode ser expressa pela Equação 5: $V_{out} = V_{in} - V_{ref}$ (5), na qual V_{ref} representa a tensão de referência em que o diodo alterna de curto-circuito para condução, no caso de aproximadamente 2 V, a divisão de corrente entre os dois canais diminui as tensões medidas. Temos também que a frequência é coincidente entre os dois canais, como podemos ver na diferença de fase que é mínima.

Para o circuito utilizando filtro RC, foram obtidos dados de tensão de entrada e saída, para três variações de frequência, são elas 30 Hz, 3 kHz e 300 kHz. Temos que um capacitor gera uma reatância capacitiva medida em ohms, que em corrente alternada, gera o bloqueio da passagem de corrente. O valor da reatância capacitiva depende do tempo de carga e descarga do capacitor, quanto mais tempo recebendo carga, maior será a reatância que bloqueará o fluxo de corrente e vice-versa. O valor de reatância capacitiva (X_c) de um capacitor pode ser estimado pela Equação 6: $X_c = \frac{1}{2\pi fC}$ (6), na qual f representa a frequência e C a capacitância.

No experimento, podemos observar essa relação através das curvas de tensão alternada do circuito com filtro RC para diferentes frequências. Dado que o valor da capacitância $C = 4,7$ nF, para a situação de frequência igual a 30 Hz (Figura 6), podemos observar que a tensão de saída se torna quase nula, devido ao baixo valor de frequência que implica na alta reatância do capacitor, bloqueando a passagem de corrente. Para a configuração de frequência igual a 3 kHz (Figura 7), observamos que a tensão de saída já não é mais nula, porém atinge valores mais baixos, a reatância capacitiva ainda bloqueia parte da corrente. Já na situação de frequência igual a 300 kHz (Figura 8), visualizamos uma variação de tensão de saída que quase se iguala a tensão de entrada, confirmando a situação de baixa reatância para frequências muito altas, com pouco bloqueio de corrente.

Essa relação também pode ser observada analisando a curva de tensão de saída para o circuito com filtro RC com tensão de entrada variando em ondas quadradas (Figura 9). Nota-se que na borda de subida da tensão de entrada, na qual o valor de tensão atinge um pico alto, a tensão de saída decai exponencialmente. Enquanto que, na borda de descida da tensão de entrada, a qual atinge valores baixos, a tensão de saída cresce exponencialmente. Nos valores intermediários nos quais a tensão permanece aproximadamente constante, a tensão de saída possui o mesmo comportamento e permanece sem grandes variações. Esse comportamento confirma a hipótese citada anteriormente e proporciona uma melhor forma de se visualizar graficamente os processos de carga e descarga do capacitor.

Pensando no circuito com o diodo emissor de luz, com o aumento da frequência o LED “pisca” de forma mais intensa, até por volta dos 38 Hz para ondas quadradas, 37 Hz para ondas senoidais e 39 Hz para as triangulares, O LED “pisca” de forma tão rápida que não é possível a percepção a olho nu. Sendo notável que o formato da onda altera a “intensidade” da luz produzida pelo LED. Ondas quadradas produzem uma maior intensidade e ondas senoidais uma intensidade menor, quando comparada com as quadradas, sendo que para “dente-de-serra”, o LED tem menor intensidade que as duas anteriores. Isso acontece porque a onda quadrada ideal alterna regularmente e instantaneamente entre os dois níveis, que podem ou não incluir o zero.

[1] Halliday D; Resnick R; Merrill J. Fundamentos de Física vol.3, Eletromagnetismo, 3ª Edição, LTC, RJ, 1995. Cap. 24 e 26

2. FIGURAS E TABELAS

Fig. 1: Simulação no software Tinker Cad da configuração utilizada para obtenção de curvas do divisor de tensão

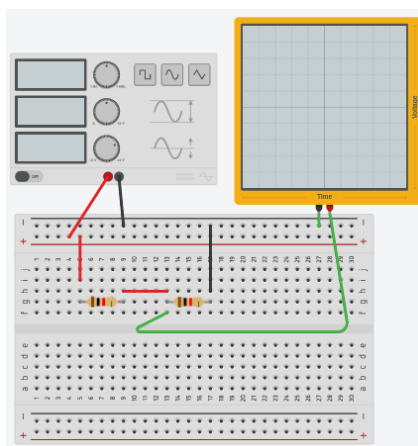


Fig. 2: Simulação no software Tinker Cad da configuração utilizada para obtenção de curvas do retificador de meia onda

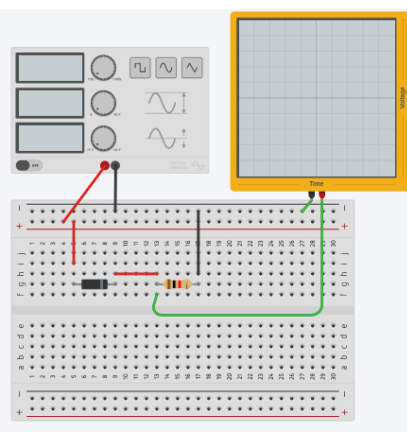


Fig. 3: Simulação no software Tinker Cad da configuração utilizada para obtenção de curvas do filtro RC

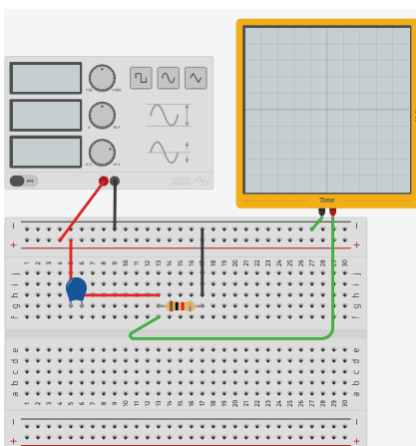


Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada para o divisor de tensão

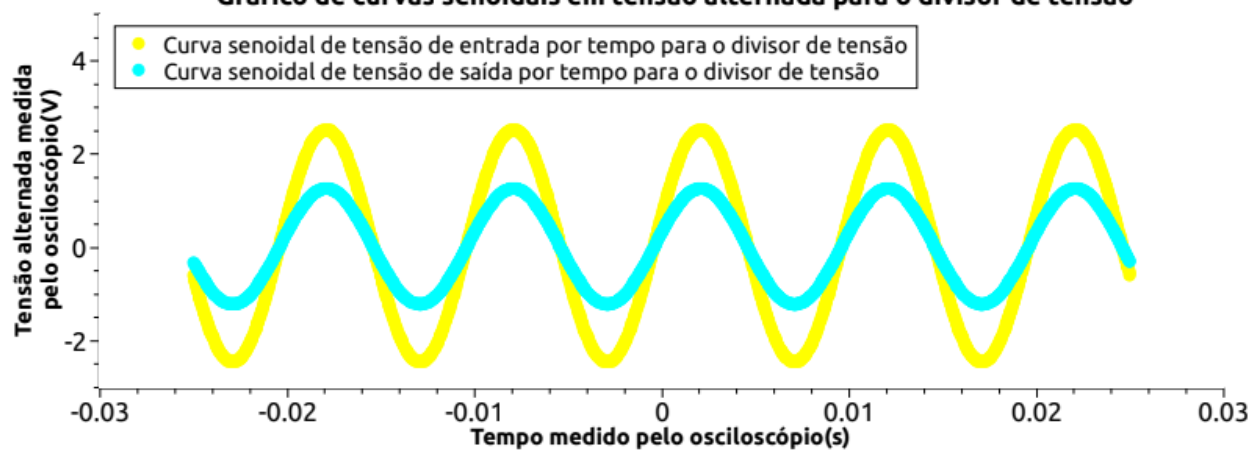


Fig. 4: Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada por tempo, para o divisor de tensão

Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada para o retificador de meia onda

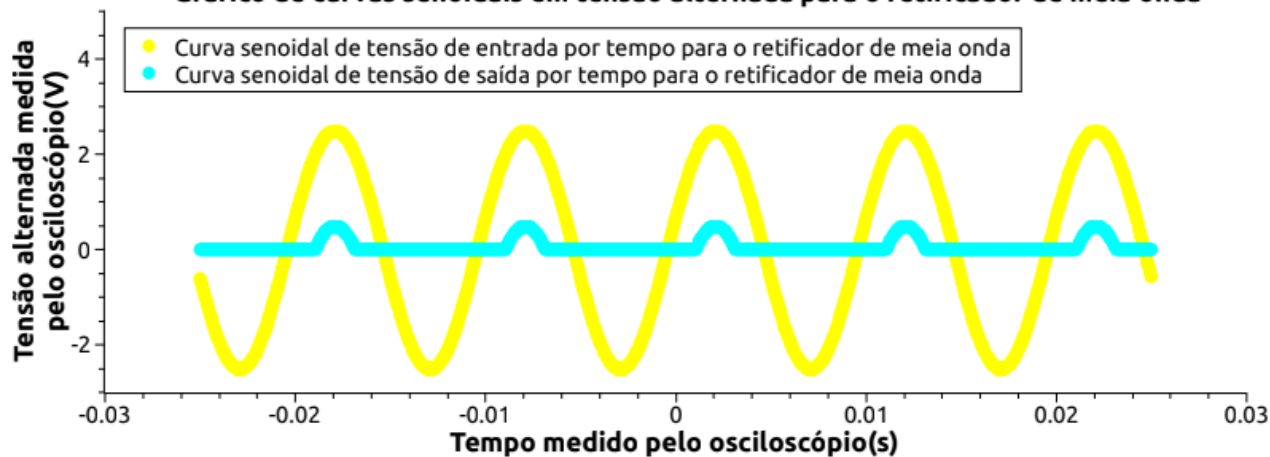


Fig. 5: Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada por tempo, para o retificador de meia onda

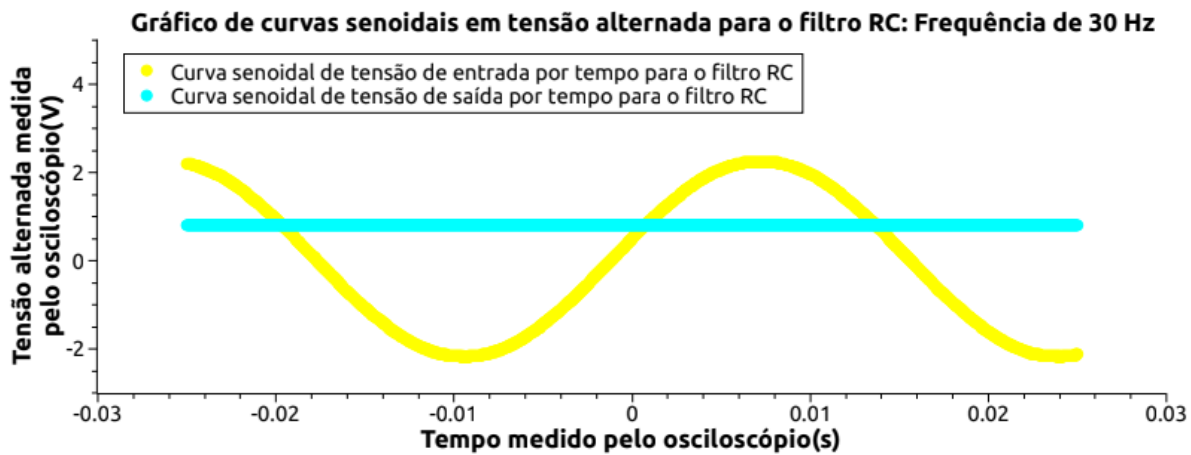


Fig. 6: Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada por tempo, para o filtro RC, frequência de entrada igual a 30 Hz

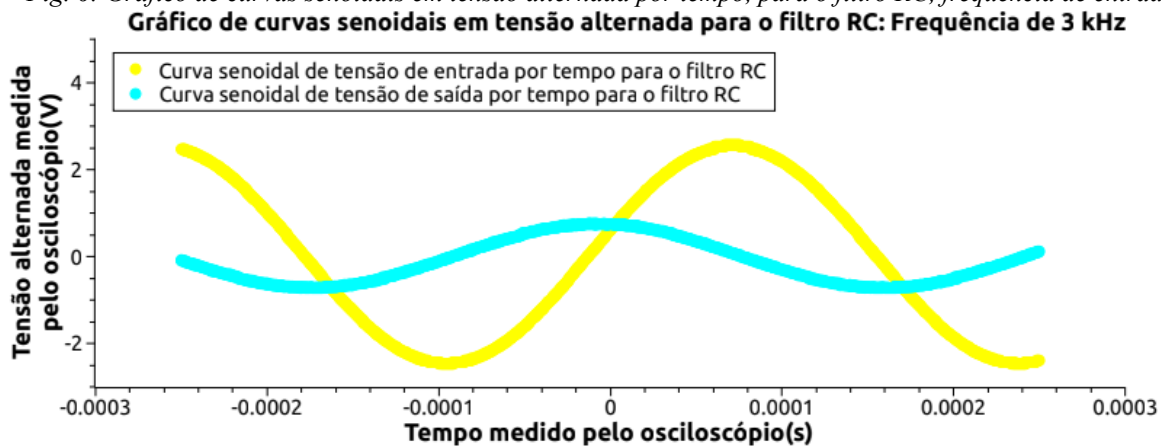


Fig. 7: Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada por tempo, para o filtro RC, frequência de entrada igual a 3 kHz

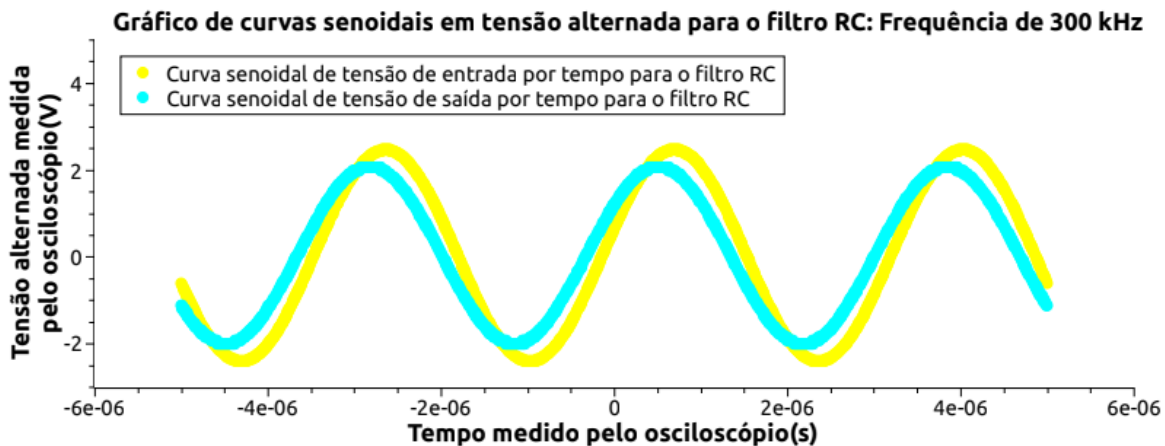


Fig. 8: Gráfico de curvas senoidais em tensão alternada por tempo, para o filtro RC, frequência de entrada igual a 300 kHz

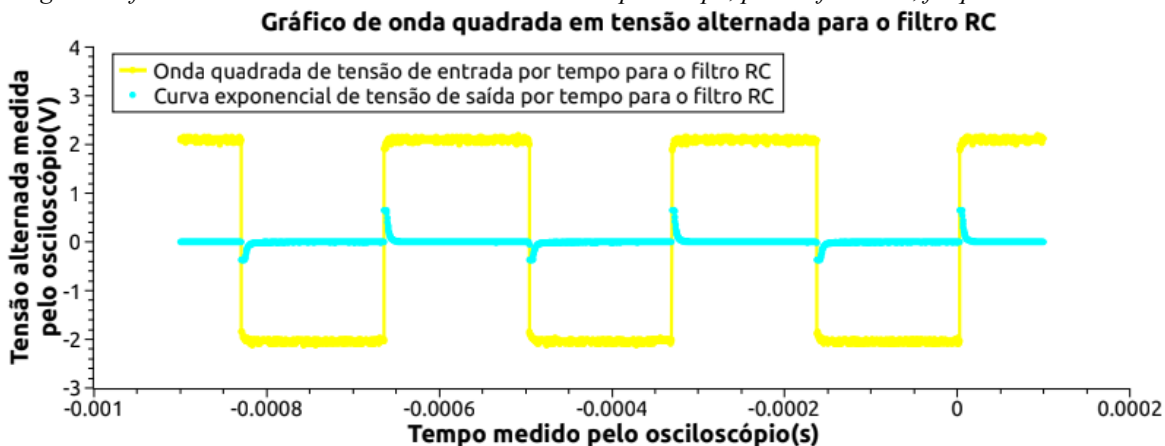


Fig. 9: Gráfico de onda quadrada de tensão alternada por tempo e curva exponencial de tensão de saída, para o filtro RC

Fig. 10: Tabela de resultados para o circuito divisor de tensão

	Vpp(V)	ΔVpp	Vmax(V)	ΔVmax	Vmin(V)	ΔVmin	Frequencia(Hz)	ΔFrequencia	Periodo(s)	ΔPeriodo	Vrms (V)	ΔVrms	Fase(graus)	ΔFase	Vrms multímetro(V)	ΔVrms multímetro
PONTO A(ch1)	1,96	0,01	0,98	0,01	-0,98	0,01	99,9	0,1	0,01	0,01	0,693	0,005	[-2,2;-1,4]	0,9	0,681	0,002
PONTO B(ch2)	0,98	0,01	0,49	0,08	-0,49	0,08	99,9	0,2	0,01	0,02	0,346	0,004	[-1,4; 1,4]	0,9	0,343	0,002

Fig. 11: Tabela de resultados para o circuito retificador de meia onda

	Vpp(V)	ΔVpp	Vmax(V)	ΔVmax	vmin(V)	ΔVmin	Frequencia(Hz)	ΔFrequencia	Periodo(s)	ΔPeriodo	Fase(graus)	ΔFase
PONTO C(ch1)	4,96	0,01	2,48	0,08	-2,48	0,08	100	0,1	0,01	0,01	[12,2; 15,1]	3
PONTO D(ch2)	0,48	0,01	0,2	0,3	-0,2	0,3	100	0,2	0,01	0,02	[-12,2; -15,1]	3

Fig. 12: Tabela de resultados para o circuito filtro RC

	Vpp(V)	ΔVpp	Vmax(V)	ΔVmax	Vmin(V)	ΔVmin	Fase(graus)	ΔFase	Frequência
PONTO E(ch1)	4,88	0,01	2,44	0,08	-2,44	0,08	-21,2	0,2	
PONTO F(ch2)	4,02	0,01	2,01	0,07	-2,01	0,07	21,2	0,2	300 kHz
PONTO E(ch1)	5,04	0,11	2,52	0,08	-2,52	0,08	-86,4		
PONTO F(ch2)	1,48	0,03	0,74	0,02	-0,74	0,02	86,4	1,9	3 kHz
PONTO E(ch1)	5	0,11	2,5	0,1	-2,5	0,1	-107		
PONTO F(ch2)	0,8	0,01	0,4	0,1	-0,4	0,1	107	2	30 Hz

3. INCERTEZAS

Tensão medida por multímetro:

$$\text{leitura: } \sigma_l = \frac{0,001}{2\sqrt{3}} = 3 * 10^{-4} V; \text{ calibragem: } \sigma_c = \frac{(3\% * V_m + 2 * 0,001) * 2}{2\sqrt{3}} = 0,0017 * V_m + 0,0011 V$$

$$\text{combinada: } \sigma_t = \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_c^2} V$$

Tensão medida pelo osciloscópio:

$$\text{leitura: } \sigma_l = \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 3 * 10^{-3} V$$

$$\text{calibragem: } \sigma_c = (V_m * 0,03 + 0,1 * \text{fator de escala} + 0,001) \frac{2}{2\sqrt{3}}; \text{ combinada: } \sigma_t = \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_c^2}$$

Tempo medido pelo osciloscópio:

$$\text{leitura: } \sigma_l = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = 0,03 ms$$

$$\text{calibragem: } \sigma_c = (T_m * 0,1 + 0,004 * \text{fator de escala} + 0,4) * \frac{2}{2\sqrt{3}} ms; \text{ combinada: } \sigma_t = \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_c^2} ms$$

Incertezas associadas a frequência:

$$f = \frac{1}{T} \quad \sigma_f = \sqrt{\sigma_T^2 * \left(-\frac{1}{T^2}\right)^2}$$

Incerteza associada à tensão pico a pico:

$$V_{pp} = |V_{max}| + |V_{min}| \quad \sigma_{pp} = \sqrt{\sigma_{V_{max}}^2 + \sigma_{V_{min}}^2}$$

Incertezas associadas à tensão de pico:

$$V_p = \frac{V_{pp}}{2} \quad \sigma_p = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 * \sigma_{V_{pp}}^2}$$

Incerteza associada à tensão eficaz:

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad \sigma_{rms} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 * \sigma_{V_p}^2}$$

Incerteza associada à diferença de fase:

$$\phi = \arcsen\left(\frac{V}{V_p}\right) - \omega t \quad \sigma_\phi = \sqrt{\left(\frac{\Delta\phi}{\Delta v} * \sigma_v^2\right)^2 + \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta v_{pp}} * \sigma_{v_{pp}}^2\right)^2 + \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta w} * \sigma_w^2\right)^2 + \left(\frac{\Delta\phi}{\Delta t} * \sigma_t^2\right)^2}$$