

Sprawozdanie 2

Autor: Piotr Droś, grupa 7
Prowadzący: dr. Magdalena Skurzok
Termin zajęć: 28.03.2023

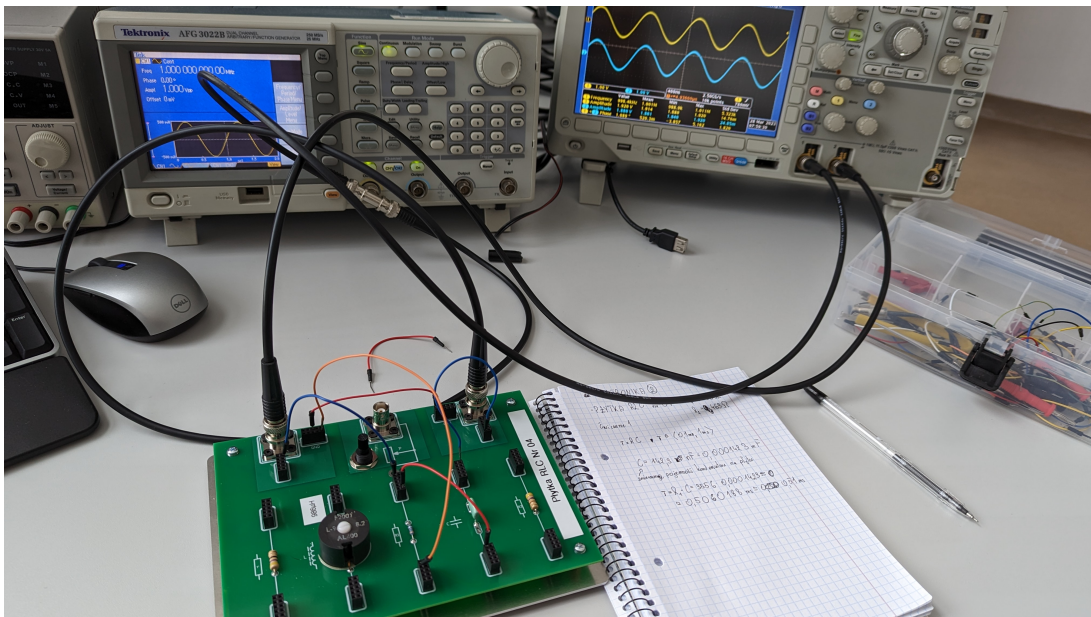
Streszczenie

Podczas drugich zajęć elektroniki cyfrowej skupiliśmy się na tworzeniu czwórników biernych takich, jak układ CR, czy RC, oraz analizowaliśmy ich wpływ na sygnały wejściowe.

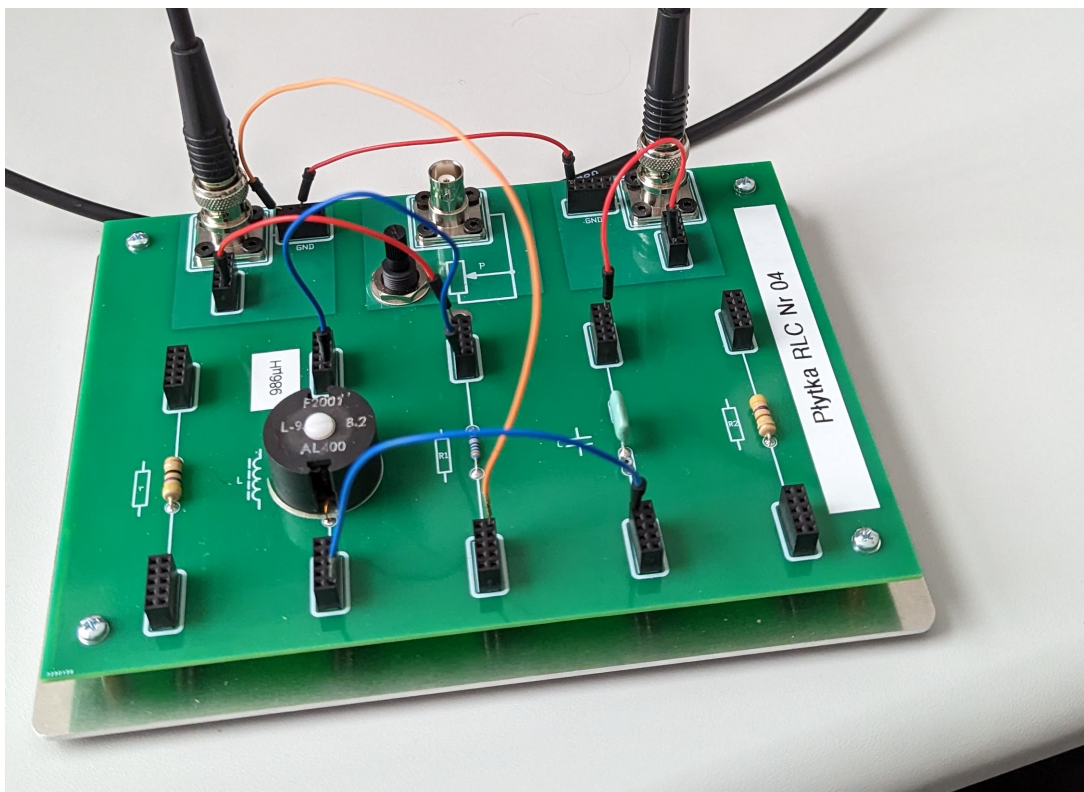
1 Dane i zdjęcia płytki

Parametry układu (Płytką RLC nr. 04):

$$\begin{aligned} R_1 &= 3556\Omega, & \text{Opór opornika 1} \\ R_2 &= 463\Omega, & \text{Opór opornika 2} \\ C &= 142,3nF, & \text{Pojemność kondensatora} \\ L &= 986\mu, & \text{Indukcyjność cewki} \end{aligned}$$



Rysunek 1: Układ CR - zadanie 1, 2



Rysunek 2: Układ RLC - zadanie 4

2 Zadanie 1

2.1 Treść zadania

Zmontować układ różniczkujący o stałej czasowej $\tau = RC$ z przedziału 0.1 - 1 ms. Podając na wejście tego układu napięcie sinusoidalne zmierzyć stosunek amplitudy sygnału wyjściowego do amplitudy sygnału wejściowego oraz przesunięcie fazy pomiędzy tymi sygnałami w szerokim przedziale częstotliwości (charakterystyki częstotliwościowe amplitudy i fazy). Sporządzić wykresy stosunku amplitud $\frac{U_{wy}}{U_{we}}$ oraz kąta przesunięcia fazowego w funkcji częstotliwości f . Na ich podstawie wyznaczyć dolną częstotliwość graniczną i porównać ją z wartością teoretyczną.

2.2 Część teoretyczna

- **Stała czasowa RC** - zwana także tau, stała czasowa [s] obwodu RC, jest równa iloczynowi rezystancji obwodu [Ω] i pojemności obwodu [F - farady]

$$\tau = RC[s]$$

- **Układ CR** - filtr górnoprzepustowy, układ różniczkujący. Układ składający się z kondensatora podłączonego szeregowo do wejścia oraz opornika podłączonego równolegle do wyjścia. Działanie tego układu związane jest z różniczkowaniem. W pewnych warunkach, a mianowicie przy odpowiednio dobranej, niewielkiej wartości stałej czasowej τ oraz dla tych przedziałów czasu, w których szybkość zmian napięcia U_{wy} jest niewielka, napięcie wejściowe jest w przybliżeniu proporcjonalne do pochodnej napięcia wejściowego.

Charakterystyki częstotliwościowe fazy i amplitudy takiego układu:

Amplituda:

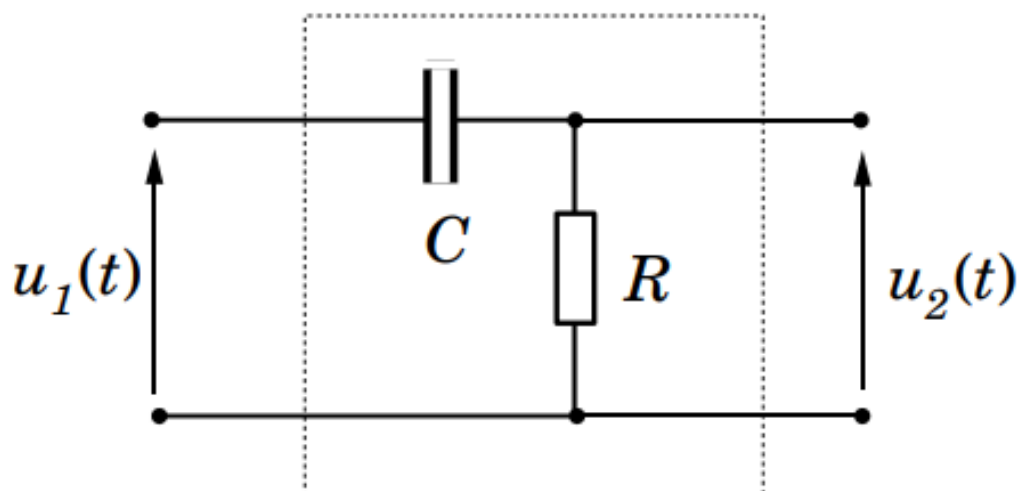
$$|T(\omega)| = \sqrt{\frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

Faza:

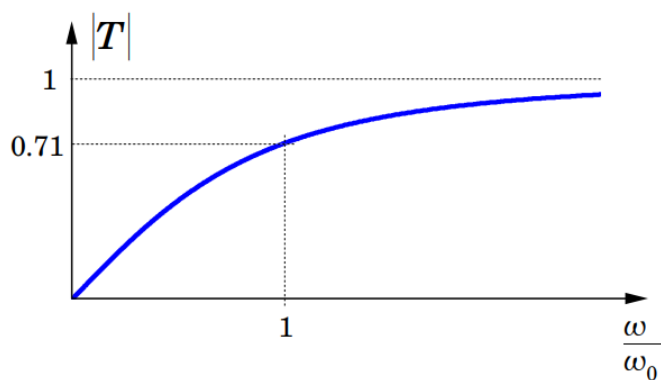
$$\phi = \arctg\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)$$

Częstotliwość graniczna:

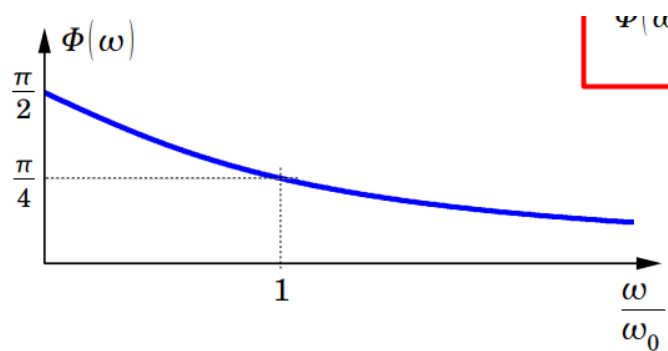
$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau}$$



Rysunek 3: Układ różniczkujący CR



(a) Charakterystyka amplitudowa



(b) Charakterystyka fazowa

2.3 Część praktyczna

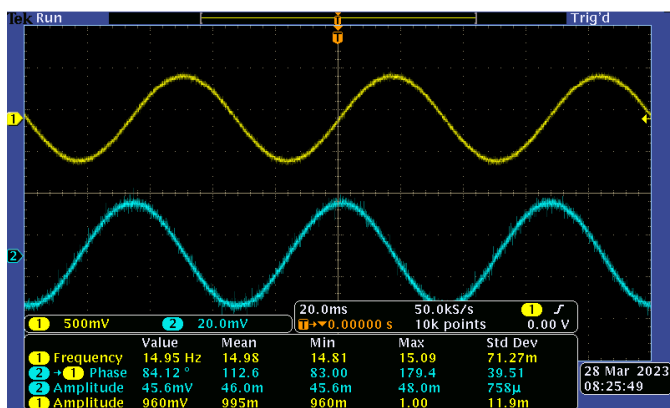
Z otrzymanych danych obliczyłem stałą czasową:

$$\tau = RC = 0,0001423mF * 3556\Omega = 0,51ms$$

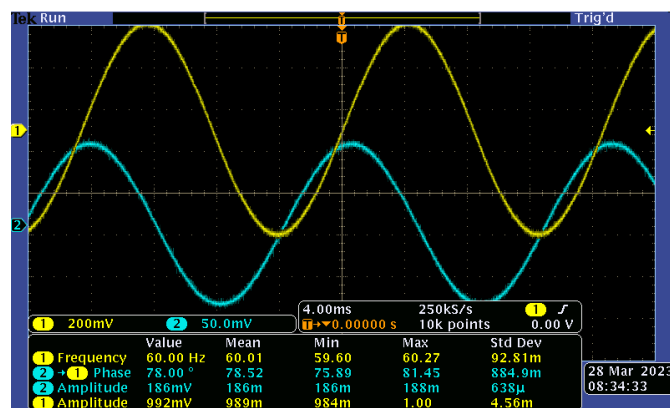
Oraz teoretyczna dolna częstotliwość graniczna:

$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau} \approx 312,23Hz$$

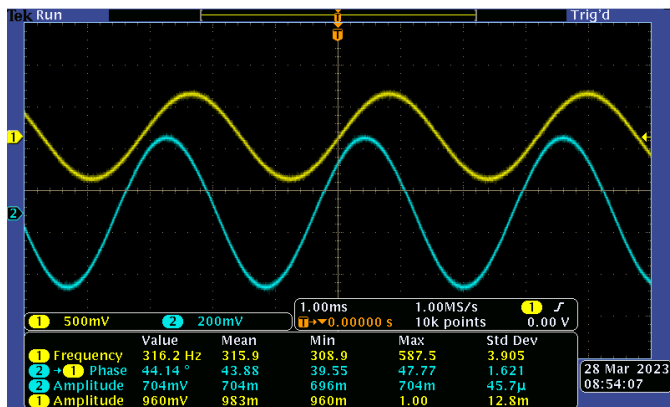
Przykładowe zdjęcia pomiarów:



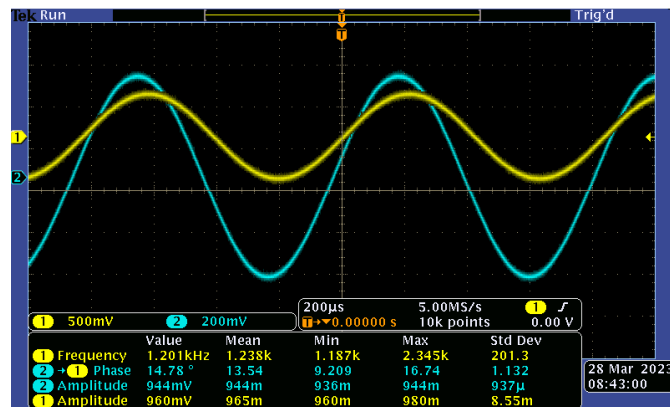
Pomiar 1



Pomiar 3



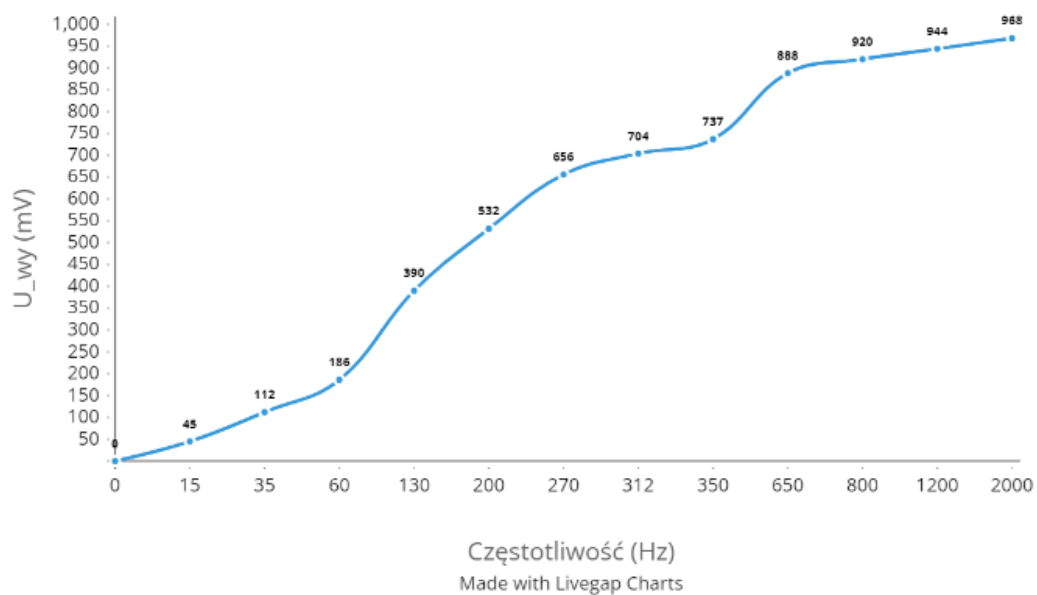
Pomiar 7



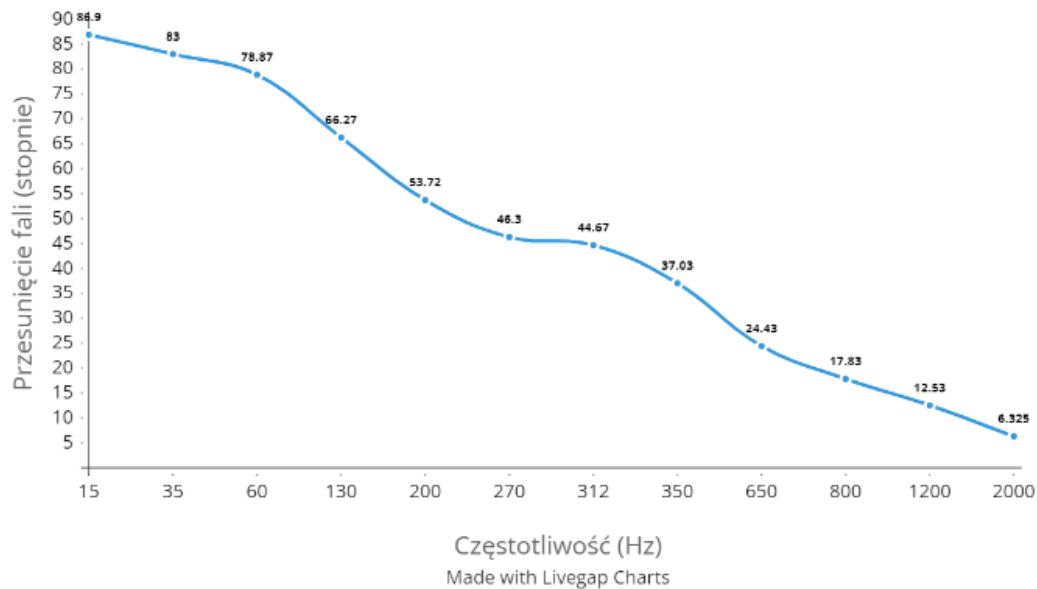
Pomiar 10

Wyniki pomiarów:

	U_{we}	f	$U_{wy} \& \varphi$	
1	1V	15Hz	45,6mV	86, 90°
2	1V	35Hz	112mV	83°
3	1V	60Hz	186mV	78, 87°
4	1V	130Hz	390mV	66, 27°
5	1V	200Hz	532mV	53, 72°
6	1V	270Hz	656mV	46, 30°
7	1V	312Hz	704mV	44, 67°
8	1V	350Hz	736mV	37, 03°
9	1V	650Hz	888mV	24, 43°
10	1V	800Hz	920mV	17, 83°
11	1V	1.2kHz	944mV	12, 53°
12	1V	2kHz	968mV	6, 33°



Rysunek 7: Charakterystyka amplitudowa



Rysunek 8: Charakterystyka fazowa

2.4 Podsumowanie

Otrzymana częstotliwość dolna graniczna (7 wiersz tabelki) zgadza się z wartością otrzymaną obliczeniami teoretycznymi. Otrzymane wykresy również przypominają te teoretyczne.

3 Zadanie 2

3.1 Treść zadania

Sprawdzić odpowiedź układu różniczkującego na podawaną na wejście falę prostokątną o okresie T mniejszym, porównywalnym i większym od stałej czasowej τ . Zaobserwować odpowiedź układu na impuls trójkątny.

3.2 Część teoretyczna

Dla impulsów prostokątnych wiemy, że zachodzi:

$$u_1(t) = 0, \text{ dla } t < 0 \wedge t > t_p$$

$$u_1(t) = U, \text{ dla } t > 0 \wedge t < t_p$$

Poza punktami $t = 0$ oraz $t = t_p$:

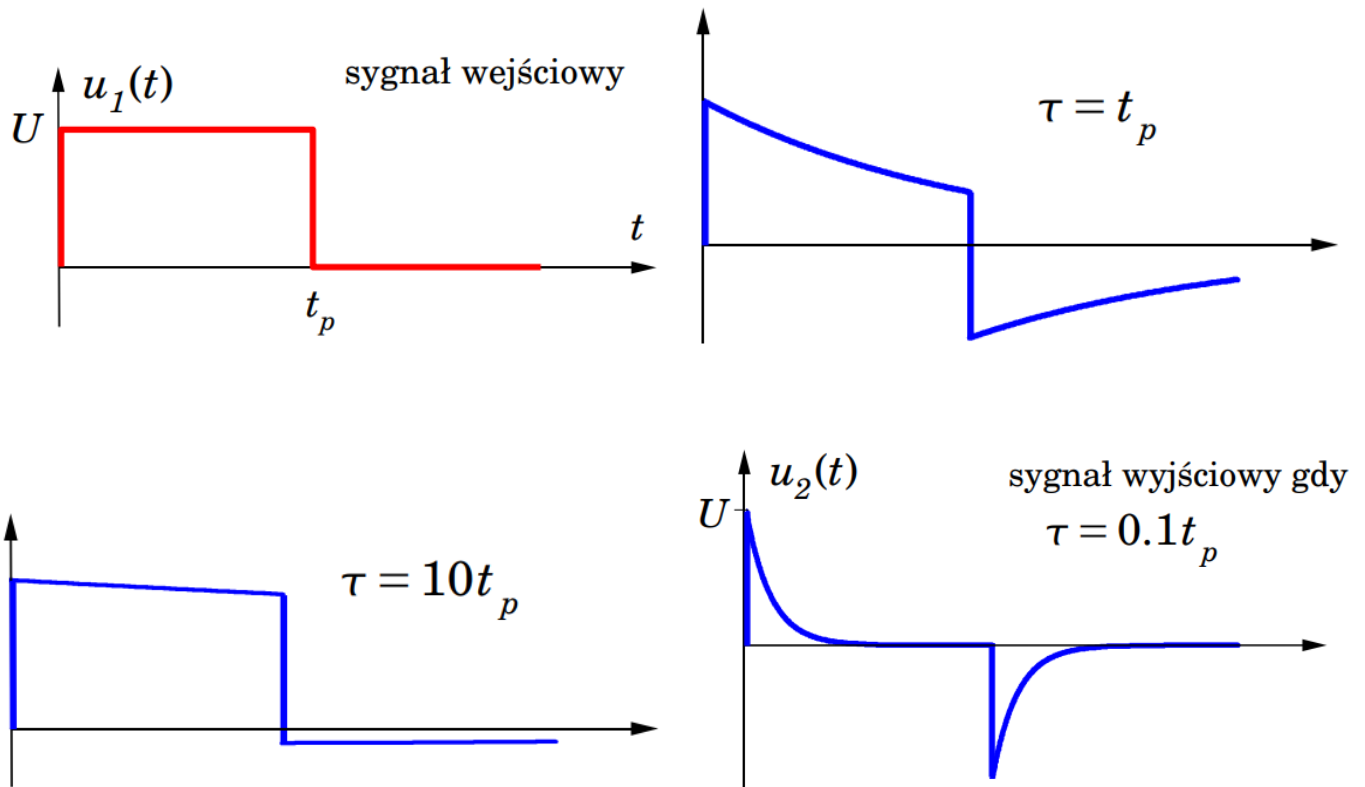
$$\frac{du_1(t)}{dt} = 0 \implies 0 = \frac{u_2(t)}{\tau} + \frac{du_2(t)}{dt} \implies u_2(t) = -\tau \frac{du_2(t)}{dt}, \text{ gdzie } \tau = RC$$

Rozwiązując to równanie otrzymujemy:

$$u_2(t) = Ue^{\frac{-t}{\tau}}, \text{ dla } 0 < t < t_p$$

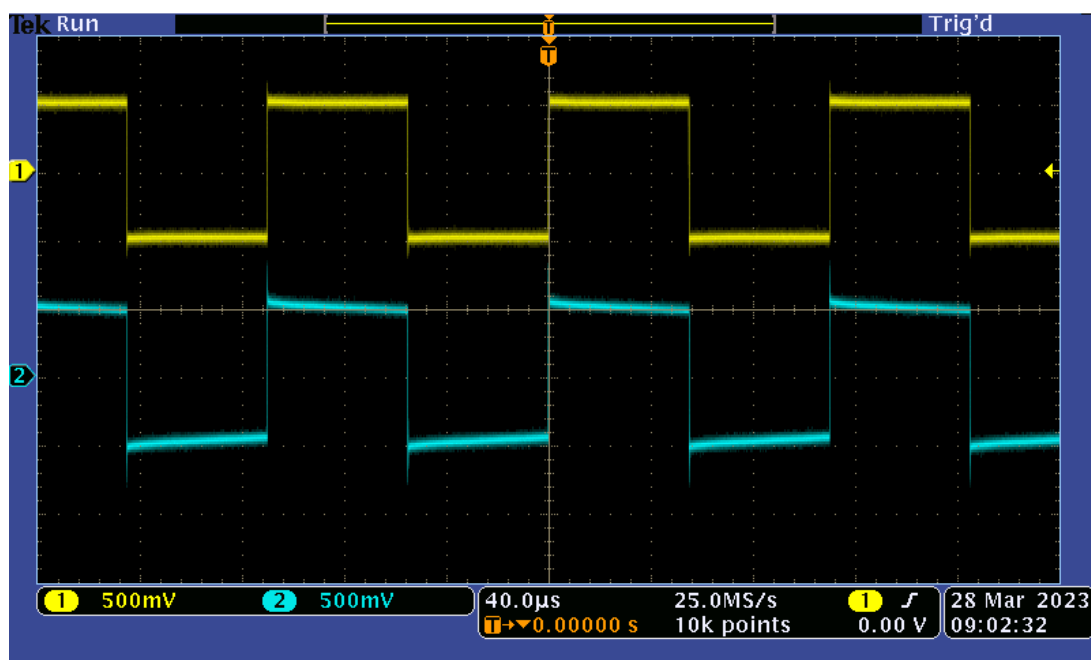
$$u_2(t) = U(1 - e^{\frac{t_p}{\tau}})e^{\frac{-t}{\tau}}$$

Teoretyczne odpowiedzi na fale prostokątną:



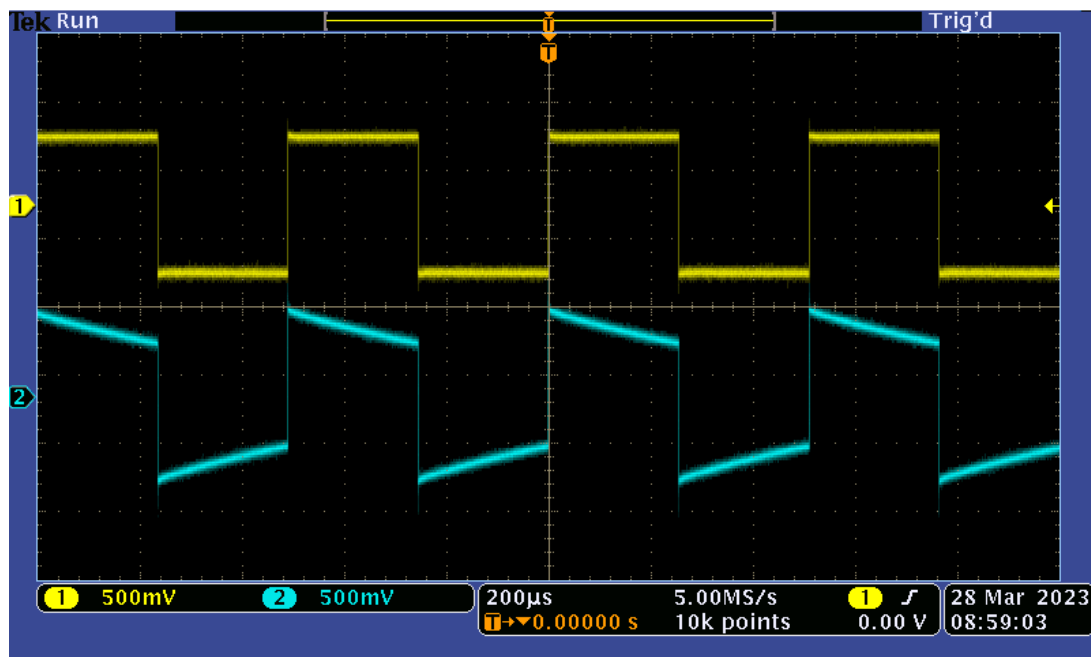
3.3 Część praktyczna

Otrzymane przykładowe wyniki:



MSO3012 - 10:02:44 28.03.2023

Rysunek 11: $\tau = 0.2T$

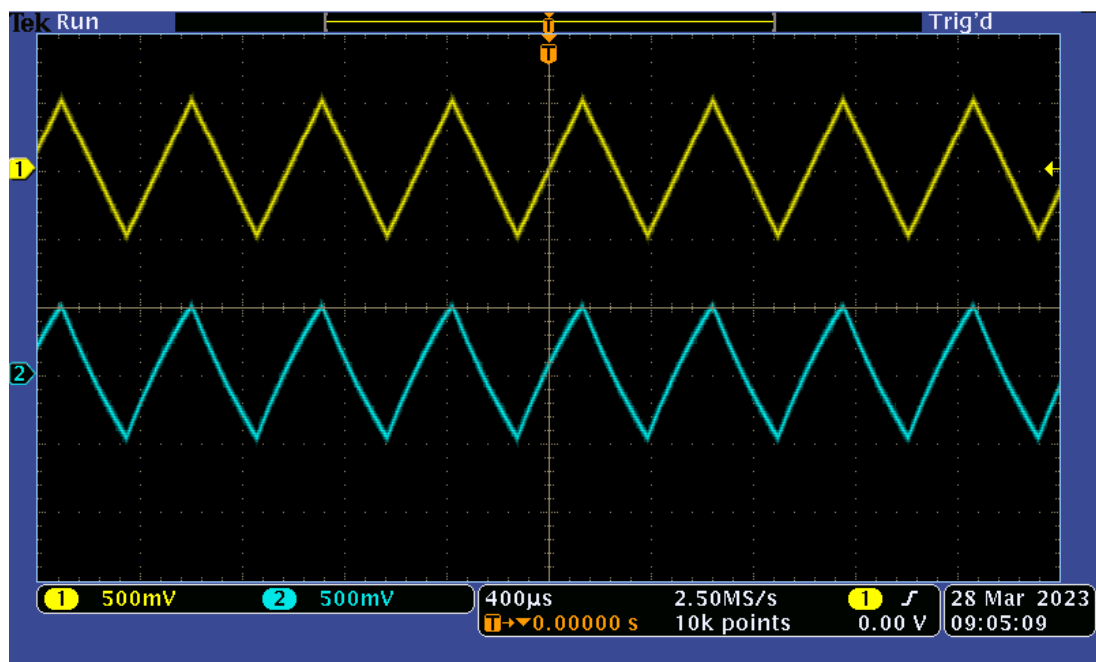


MSO3012 - 09:59:14 28.03.2023

Rysunek 12: $\tau = T$

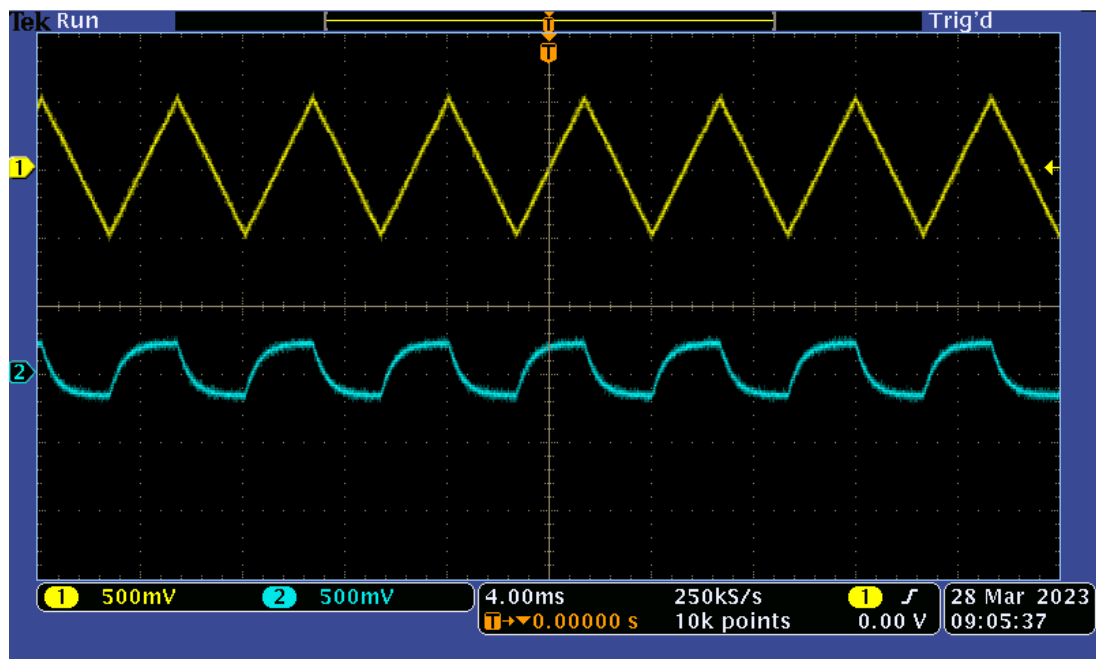
!!Nie załadowało mi się trzecie zdjęcie. Najprawdopodobniej jakiś problem z zapisanym plikiem!!

Odpowiedzi układu na impuls trójkątny:



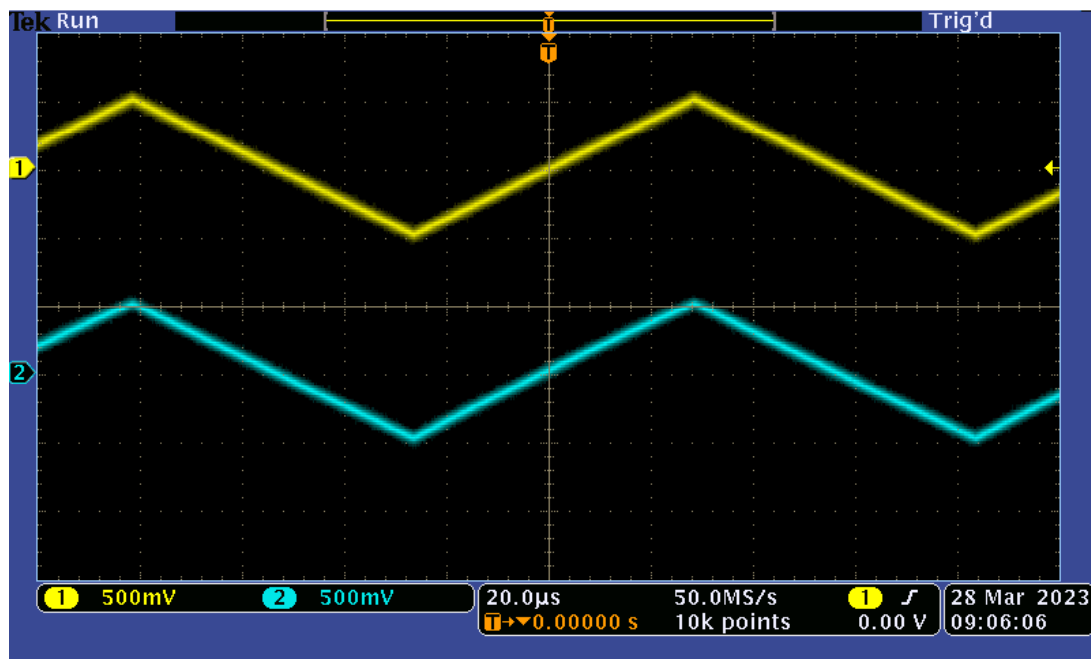
MSO3012 - 10:05:20 28.03.2023

Rysunek 13: $\tau = T$



MSO3012 - 10:05:48 28.03.2023

Rysunek 14: $\tau = 0.2T$



MSO3012 - 10:06:18 28.03.2023

Rysunek 15: $\tau = 10T$

3.4 Podsumowanie

Otrzymane sygnały są zgodne z teoretycznymi. Na zdjęciach można łatwo zaobserwować wpływ filtra na sygnał prostokątny, jak i trójkątny. Na sygnał trójkątnym świetnie widać efekt, jeżeli $\tau \approx 0.2T$

4 Zadanie 3 - impulsy sinusoidalne

4.1 Treść zadania

Przekonstruować badany układ różniczkujący na układ całkujący. Zmierzyć charakterystykę amplitudową i fazową. Wyznaczyć z nich górną częstotliwość graniczną i porównać z wartością teoretyczną.

4.2 Część teoretyczna

- **Stała czasowa RC** - zwana także tau, stała czasowa [s] obwodu RC, jest równa iloczynowi rezystancji obwodu [Ω] i pojemności obwodu

[F - farady]

$$\tau = RC[s]$$

- **Układ CR** - filtr dolnoprzepustowy, układ całkujący. Układ składający się z opornika podłączonego szeregowo do wejścia oraz kondensatora podłączonego równolegle do wyjścia. W układzie tym napięcie wyjściowe śledzi scałkowany sygnał napięcia wejściowego, stąd nazwa układu całkującego

Charakterystyki częstotliwościowe fazy i amplitudy takiego układu:

Amplituda:

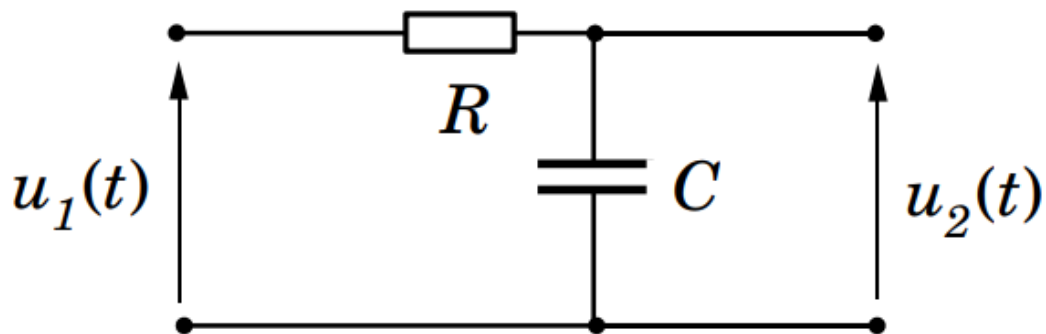
$$|T(\omega)| = \sqrt{\frac{1}{1 + (\frac{\omega}{\omega_0})^2}}$$

Faza:

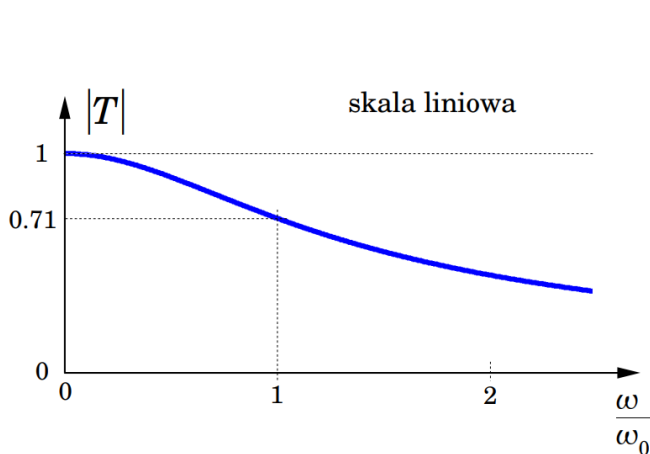
$$\phi = -\arctg(\frac{\omega}{\omega_0})$$

Częstotliwość graniczna:

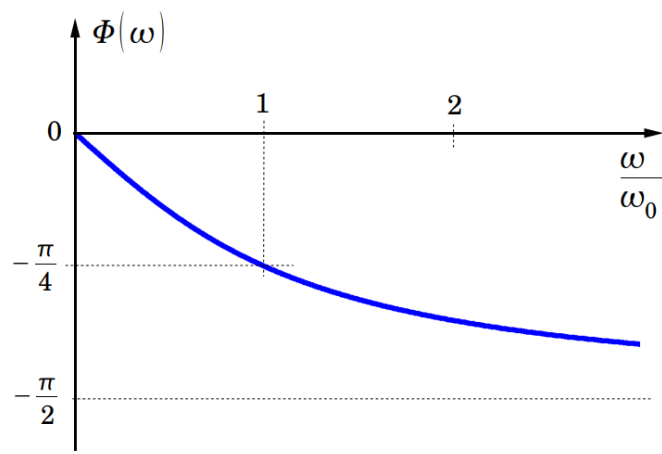
$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau}$$



Rysunek 16: Układ całkujący RC



(a) Charakterystyka amplitudowa



(b) Charakterystyka fazowa

4.3 Część praktyczna

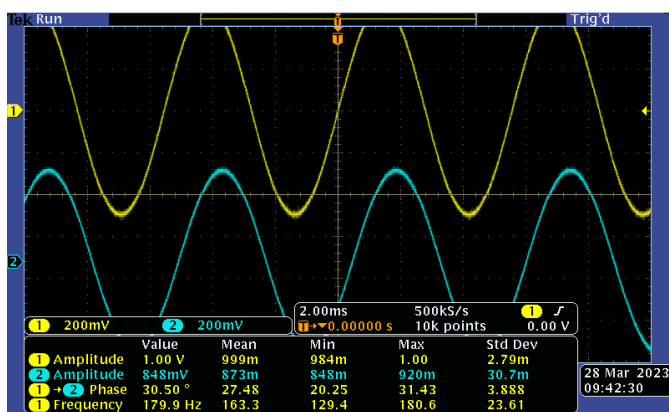
Taka sama co w zadaniu 1 stała czasowa:

$$\tau = RC = 0,0001423mF * 3556\Omega = 0,51ms$$

Oraz teoretyczna dolna częstotliwość graniczna:

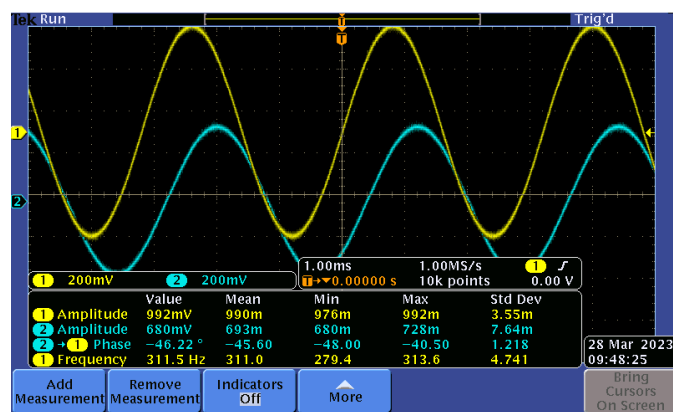
$$f_g = \frac{1}{2\pi\tau} \approx 312,23Hz$$

Przykładowe zdjęcia pomiarów:



MSO3012 - 10:42:42 28.03.2023

Pomiar 1

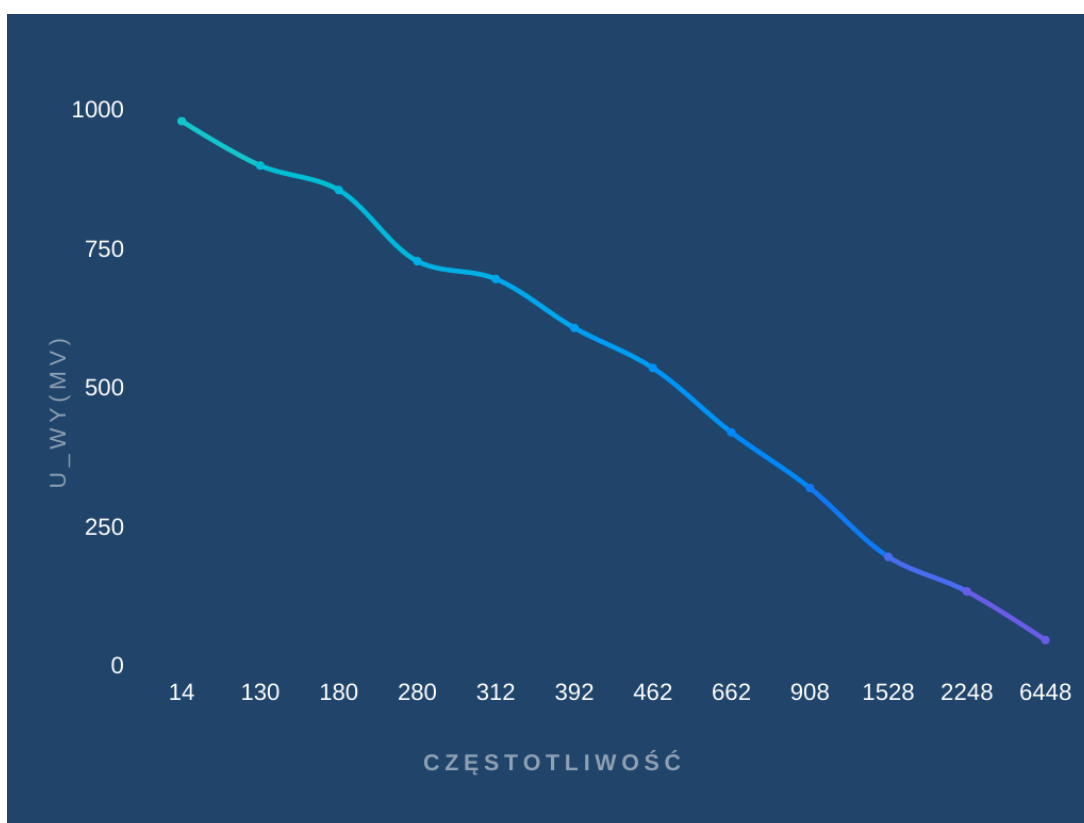


MSO3012 - 10:48:38 28.03.2023

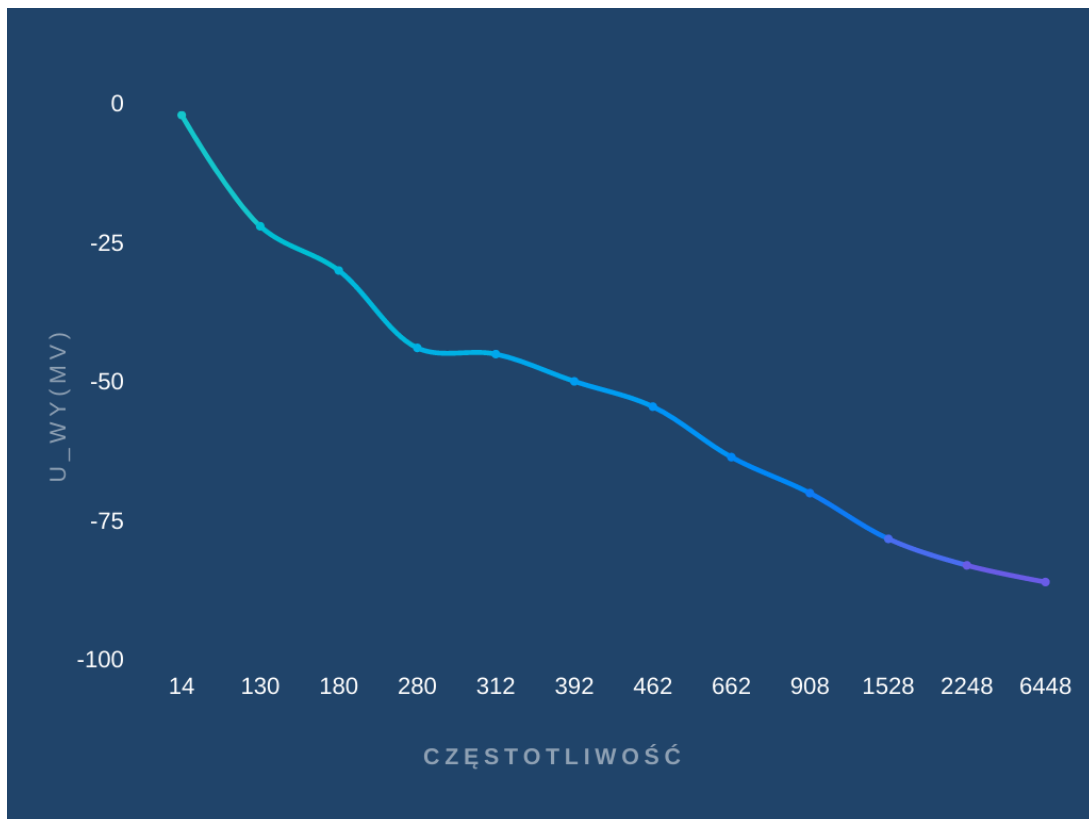
Pomiar 5

Wyniki pomiarów:

	U_{we}	f	U_{wy}	φ
1	1V	14Hz	980mV	-2°
2	1V	130Hz	900mV	-22°
3	1V	180Hz	856mV	-29.95°
4	1V	280Hz	728mV	-43.88°
5	1V	312Hz	696mV	-45°
6	1V	392Hz	608mV	-49.90°
7	1V	462Hz	536mV	-54.45°
8	1V	662Hz	420mV	-63.53°
9	1V	908Hz	320mV	-70°
10	1V	1.53kHz	196mV	-78.24°
11	1V	2.25kHz	134mV	-83°
12	1V	6.45kHz	46.4mV	-86°



Rysunek 19: Charakterystyka amplitudowa



Rysunek 20: Charakterystyka fazowa

4.4 Podsumowanie

Otrzymana częstotliwość górna graniczna (5 wiersz tabelki) zgadza się z wartością otrzymaną obliczeniami teoretycznymi. Otrzymane wykresy również przypominają te teoretyczne.

5 Zadanie 3 - impulsy prostokątne

5.1 Treść zadania

Podając na wejście falę prostokątną o okresach z zakresu $0.5 - 10\tau$ zaobserwować przebiegi impulsów wyjściowych.

5.2 Część teoretyczna

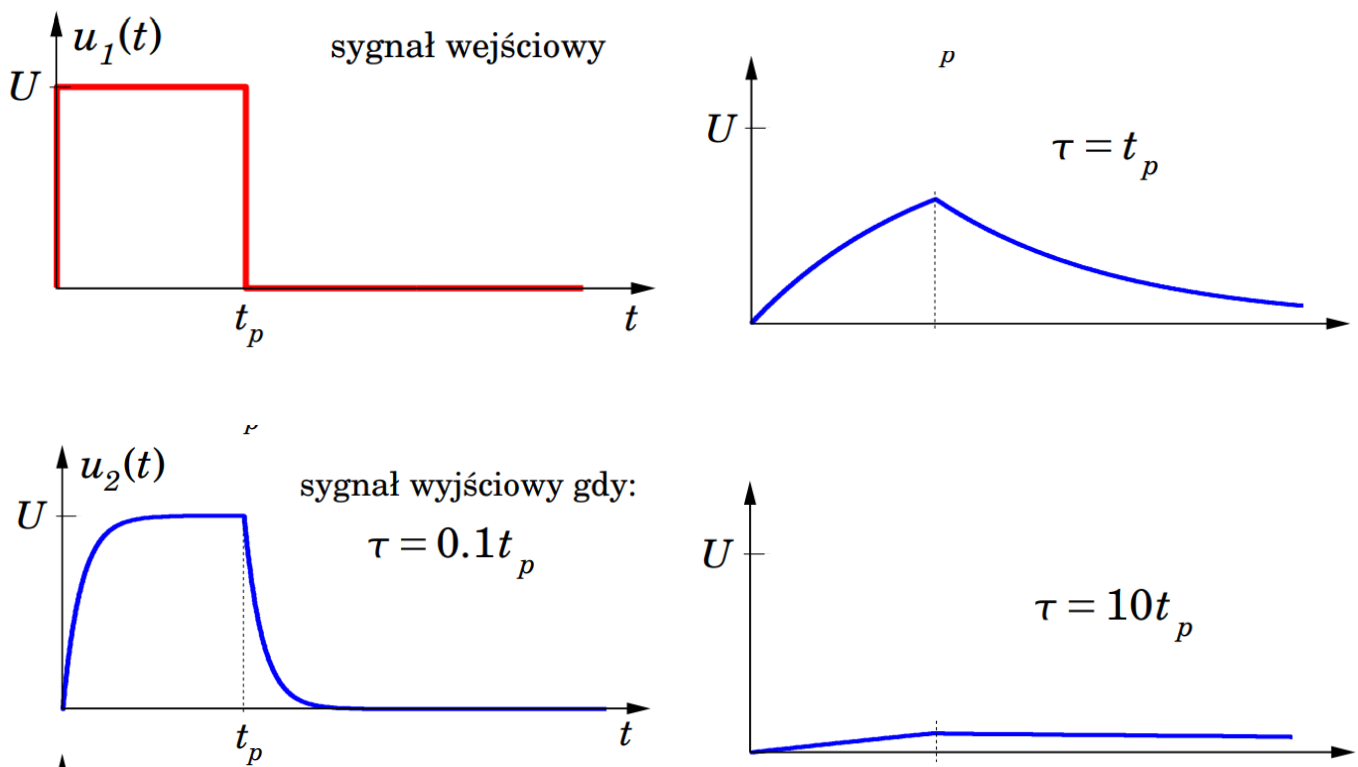
Dla impulsów prostokątnych wiemy, że zachodzi:

$$\begin{aligned} u_1(t) &= 0, \text{ dla } t < 0 \wedge t > t_p \\ u_1(t) &= U, \text{ dla } t > 0 \wedge t < t_p \\ u_1(t) &= \tau \frac{du_2(t)}{dt} + u_2(t), \quad \tau = RC \end{aligned}$$

Rozwiązując to równanie otrzymujemy:

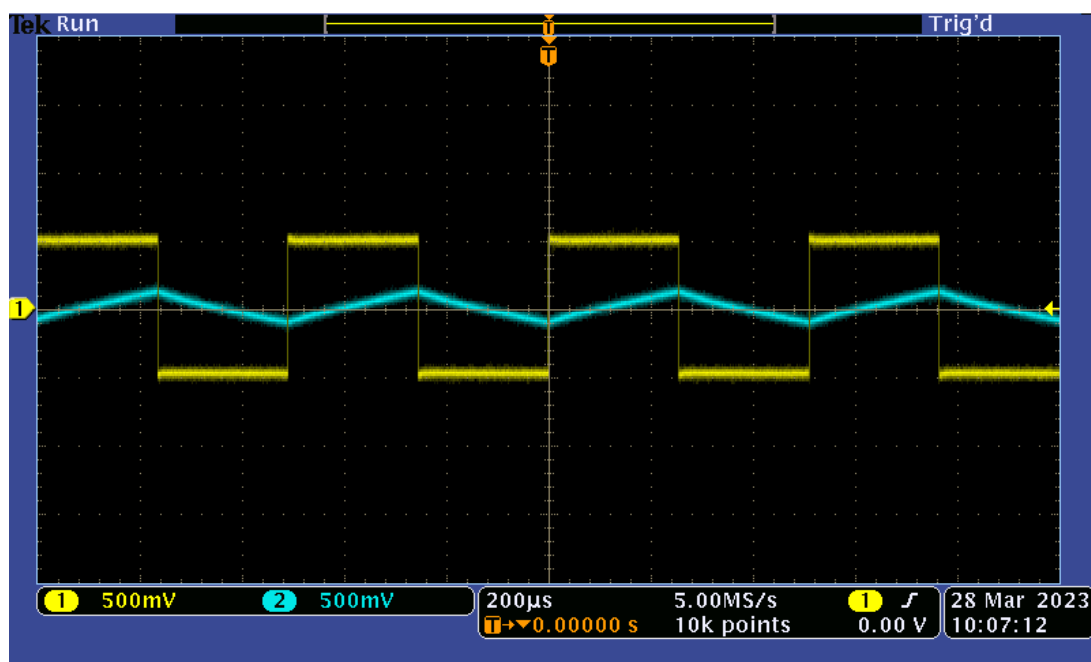
$$\begin{aligned} u_2(t) &= U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad \text{dla } 0 < t < t_p \\ u_2(t) &= U(e^{\frac{t_p}{\tau}} - 1)e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \text{dla } t > t_p \end{aligned}$$

Teoretyczne odpowiedzi na fale prostokątną:



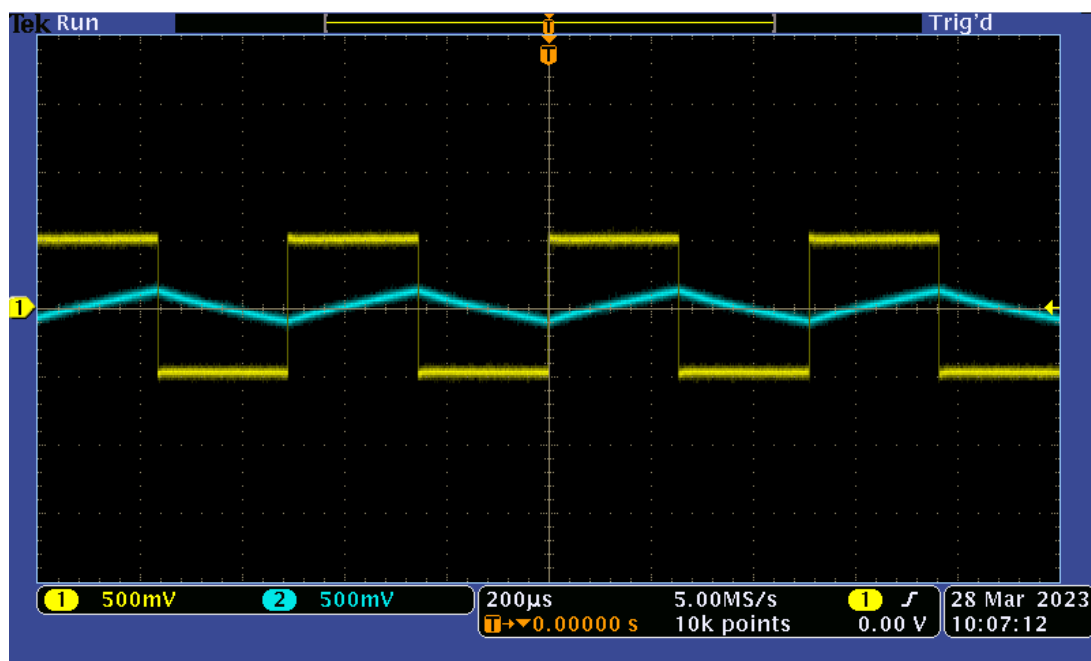
5.3 Część praktyczna

Otrzymane przykładowe wyniki:



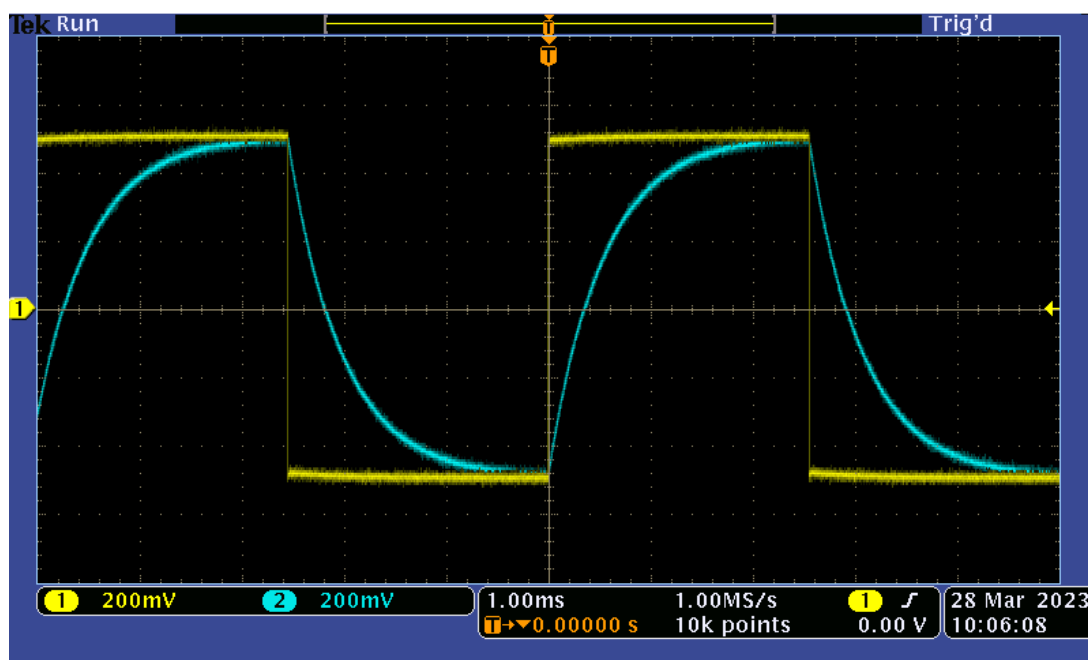
MSO3012 - 11:07:23 28.03.2023

Rysunek 23: $\tau = 10T$



MSO3012 - 11:07:23 28.03.2023

Rysunek 24: $\tau = T$



MSO3012 - 11:06:19 28.03.2023

Rysunek 25: $\tau = 0.1$ T

5.4 Podsumowanie

Otrzymane sygnały są zgodne z teoretycznymi. Na zdjęciach można łatwo zaobserwować wpływ filtra na sygnał prostokątny.

6 Zadanie 4

6.1 Treść zadania

Zbudować czwórnik pokazany na poniższym schemacie. Zmierzyć jego charakterystykę amplitudową i fazową dla sygnałów sinusoidalnych. Wyznaczyć wartość częstotliwości rezonansowej (rezonans napięć) i porównać z wartością teoretyczną.

6.2 Część teoretyczna

- **Zjawisko rezonansu napięć** - występuje w gałęzi szeregowej RLC i polega na tym, że przy określonej częstotliwości sygnałów w obwodzie f_0 , zwanej częstotliwością rezonansową, napięcie $u_t(t)$ na cewce oraz

$U_c(t)$ na kondensatorze są równe co do modułu, a przeciwne co do znaku, wobec czego ich suma jest równa zero.

Jeśli szeregowy obwód RLC zasilany jest ze źródła napięciowego sinusoidalnego:

$$u_t(t) = |u_m \sin(\omega t + \varphi)|$$

- **Czwórnik RLC** - składa się z kondensatora połączanego szeregowo do wejścia układu, cewki połączonej szeregowo z kondensatorem oraz opornika połączonego równolegle do wyjścia.

Charakterystyki częstotliwościowe fazy i amplitudy takiego układu:
Amplituda:

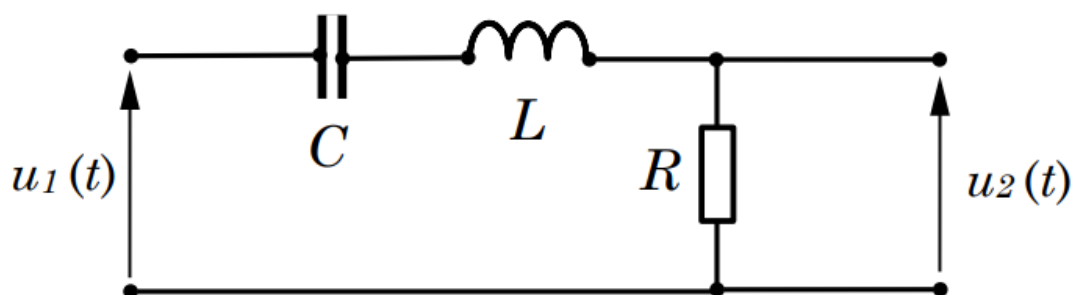
$$|T(\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - (\frac{1}{\omega C})^2)}}$$

Faza:

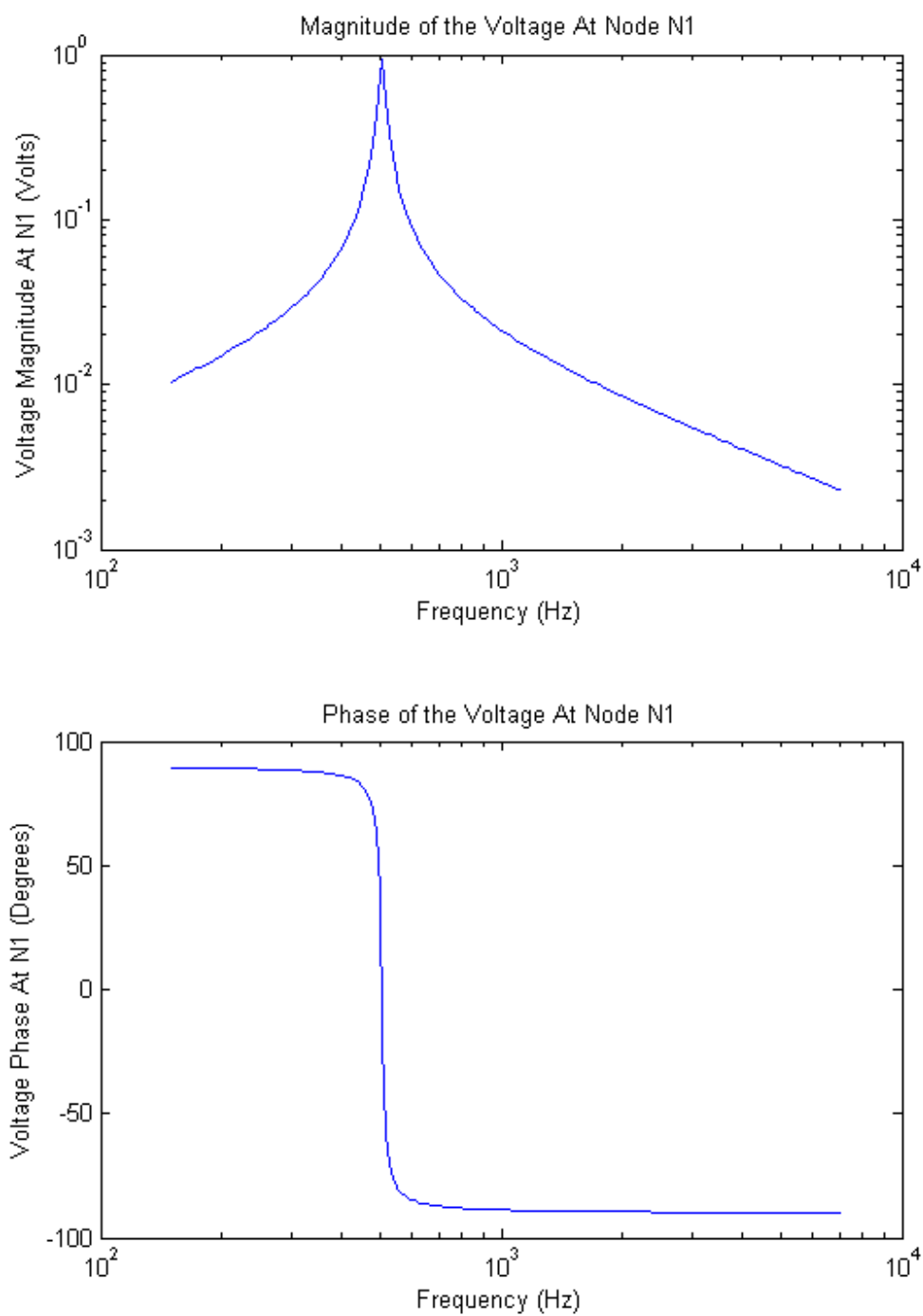
$$T(j\omega) = \frac{U_{wy}}{U_{we}} = \frac{R}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C} + R}$$

Częstotliwość rezonansowa:

$$f_g = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Rysunek 26: Układ różniczkujący CR



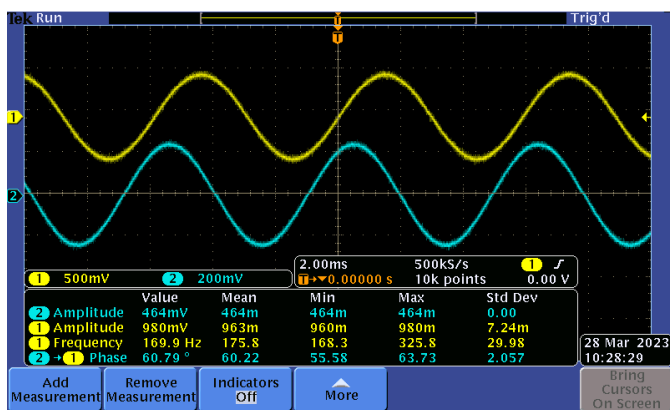
Rysunek 27: Charakterystyka amplitudowa (wyżej) i fazowa (niżej)

6.3 Część praktyczna

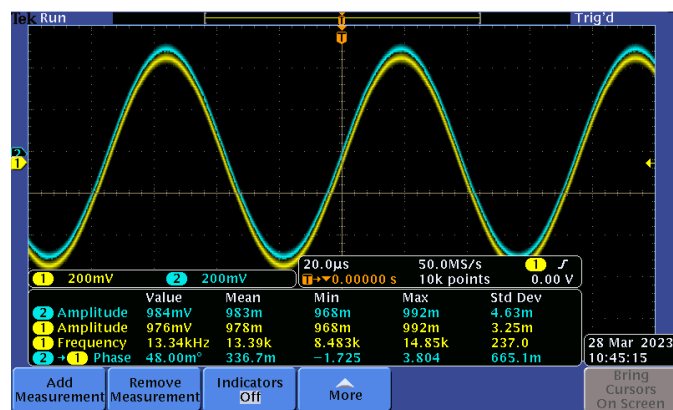
Wyzaczyłem teoretyczną częstotliwość rezonansową układu:

$$f_t = 13443,10 Hz$$

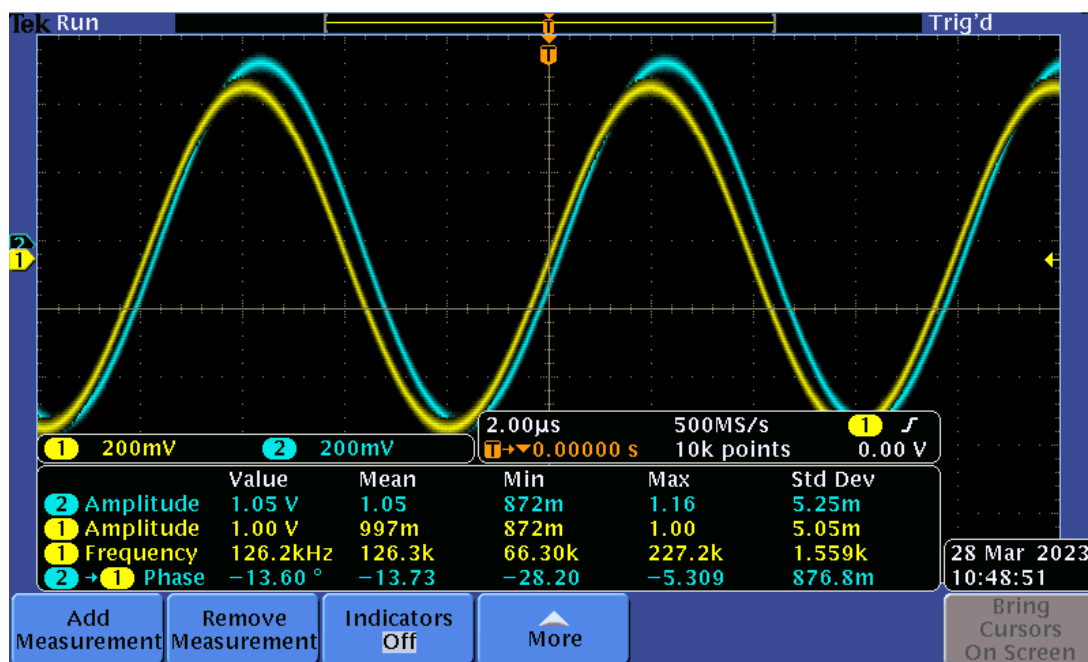
Przykładowe zdjęcia pomiarów:



Pomiar 1



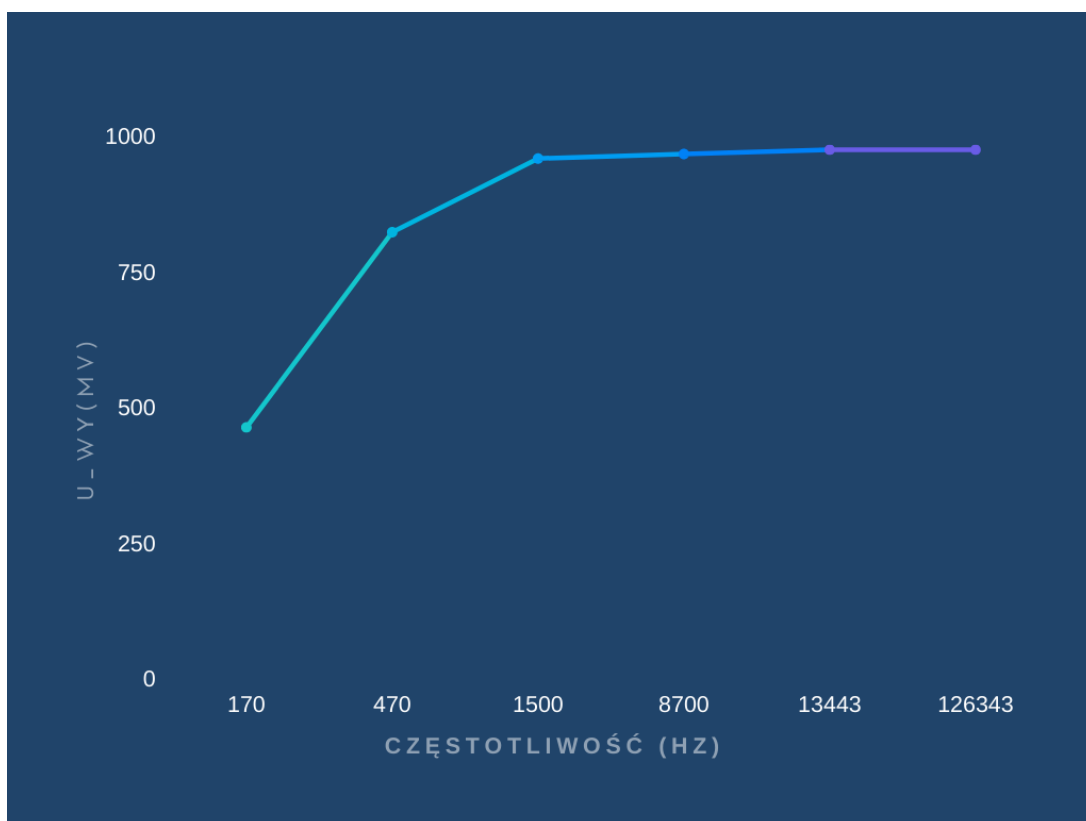
Pomiar 3



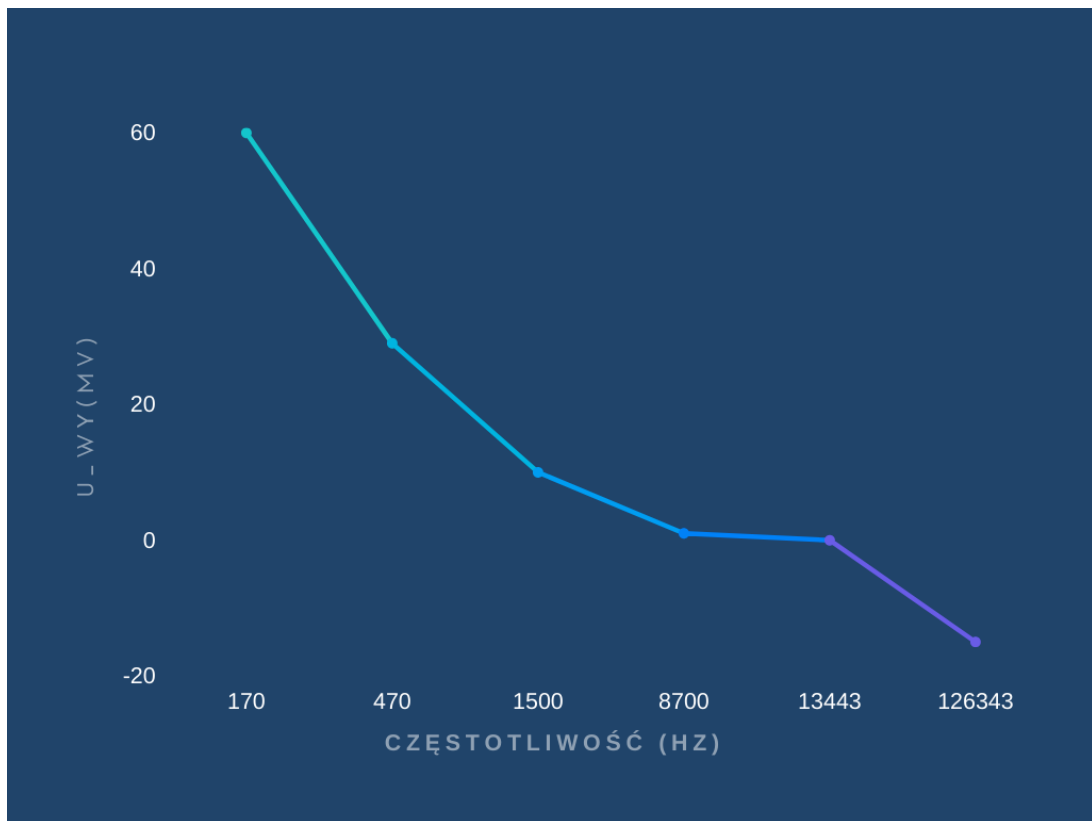
Rysunek 29: Pomiar 6

Wyniki pomiarów:

	U_{we}	f	U_{wy}	φ
1	1V	170Hz	464mV	60°
2	1V	470Hz	824mV	29°
3	960mV	1.5kHz	960mV	10°
4	976mV	8.7kHz	968mV	1°
5	976mV	13.44kHz	976mV	0°
6	976mV	126.3kHz	608mV	-15°



Rysunek 30: Charakterystyka amplitudowa



Rysunek 31: Charakterystyka fazowa

6.4 Podsumowanie

Z powodu zbyt małej liczby pomiarów nie udało się odtworzyć charakterystyki teoretycznej. Wykres został przedstawiony w skali liniowej, nie logarytmicznej, co również mogło się przyczynić do takiego wyniku. Jednakże, mimo małej liczby pomiarów, jesteśmy w stanie zauważyć poprawny przebieg pomiarów, zgodny z pokazanymi na wykresie. 5 pomiar wykazał, że wartość teoretyczna częstotliwości rezonansowej się zgadza.