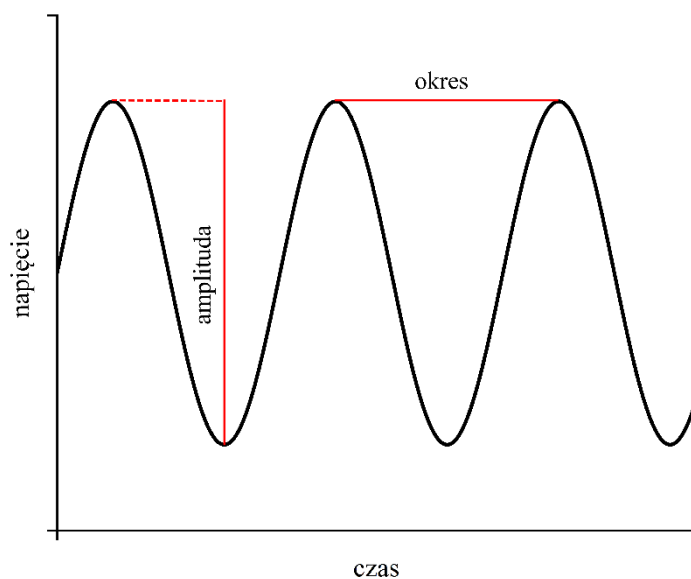


imię i nazwisko	data wykonania	prowadzący ćwiczenia
Krzysztof Czarnowus	6.03.2024 r.	dr Szymon Niedźwiecki
1. Obsługa oscyloskopu. Dzielnik napięcia. Badanie układów biernych.		

1. Wstęp teoretyczny

Oscyloskop jest ważnym i mającym zastosowanie w wielu dziedzinach badawczych urządzeniem pomiarowym, którego podstawową funkcją jest wizualizacja sygnału elektrycznego jako zależności napięcia układu od czasu. Pozwala on m.in. na jednoczesną obserwację dwóch niezależnych sygnałów oraz na wykonywanie operacji matematycznych na nich¹.

Podstawowe parametry sygnału elektrycznego, które można odczytać z przebiegu krzywej na oscyloskopie, to napięcie układu oraz częstotliwość. Na rysunku 1. przedstawiono sposób odczytu tych wartości.



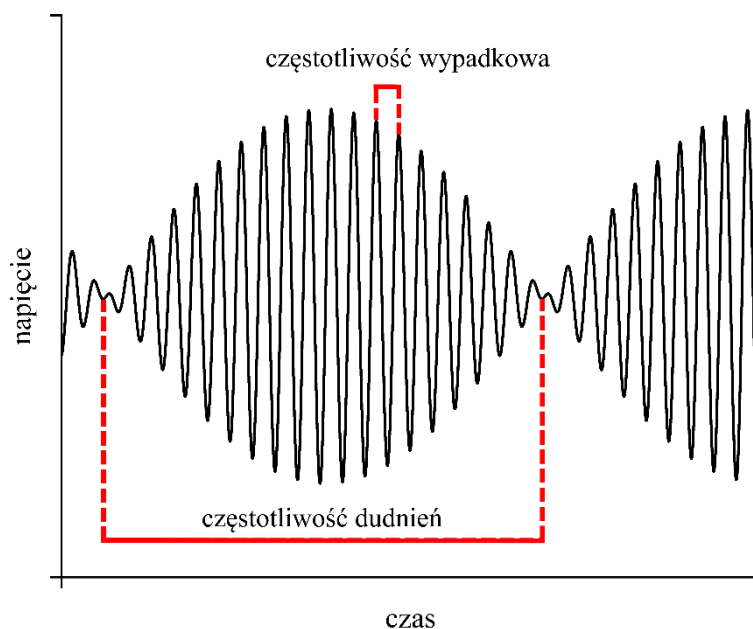
Rysunek 1. Przykładowy sinusoidalny sygnał elektryczny możliwy do odczytania na oscyloskopie wraz z zaznaczonymi jego podstawowymi parametrami.

Okres drgań łatwo jest przekształcić w częstotliwość sygnału za pomocą wzoru:

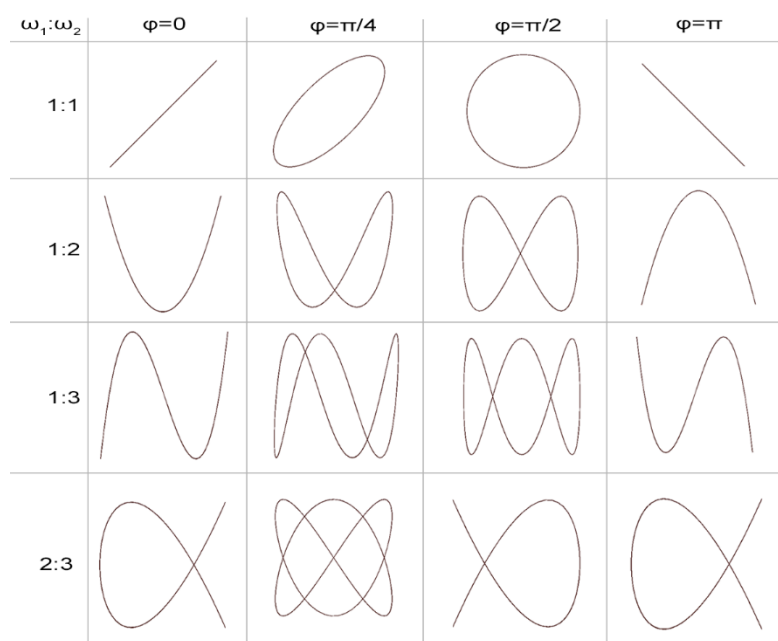
$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

gdzie T jest okresem drgań [s], a f częstotliwością².

Sumując dwa sygnały sinusoidalne o zbliżonych częstotliwościach możliwe jest zaobserwowanie tzw. dudnień, opisywanych przez częstotliwość dudnień, równą różnicy częstotliwości nakładanych na siebie drgań, a także przez częstotliwość wypadkową, będącą średnią z częstotliwości obu sygnałów³. Sposób odczytania obu parametrów przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Wizualizacja nałożenia na siebie dwóch sygnałów sinusoidalnych o zbliżonych częstotliwościach wraz z zaznaczonymi podstawowymi parametrami.



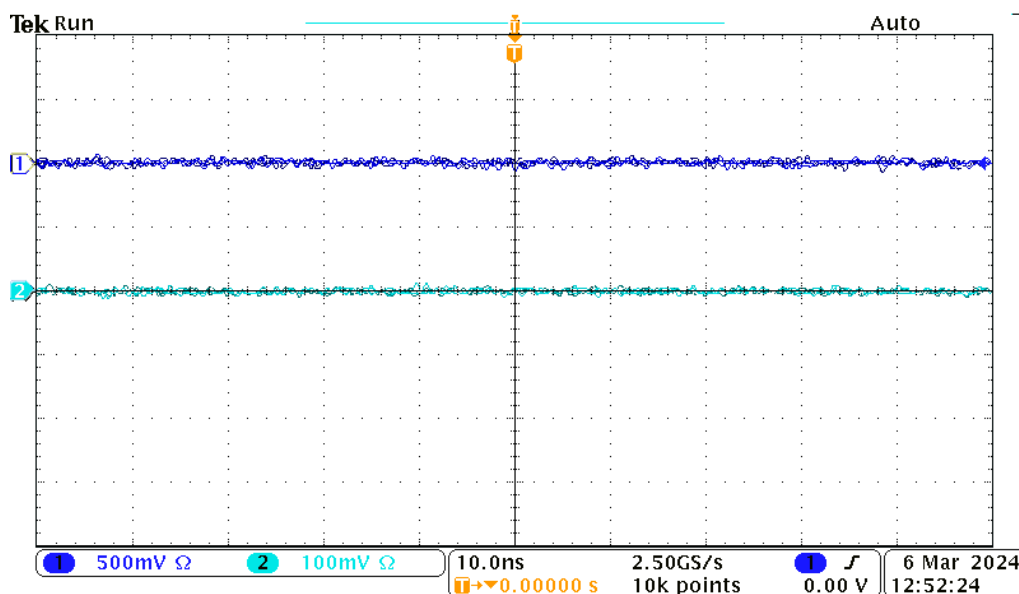
Rysunek 3. Przykładowe kształty krzywych Lissajous dla różnych stosunków częstotliwości sygnałów oraz wartości ich przesunięć fazowych⁴.

Innym przydatnym trybem pracy oscyloskopu jest tryb X-Y, w którym każdy z dwóch doprowadzanych sygnałów przedstawiany jest na osobnej osi w funkcji drugiego z nich. Za jego pomocą możliwe jest tworzenie krzywych Lissajous, których przykładowe kształty otrzymane dla różnych stosunków częstotliwości oraz przesunięć fazowych przedstawiono na rysunku 3.

Jednym z podstawowych urządzeń służących do generowania sygnału elektrycznego o pożądanych parametrach jest generator funkcyjny. Pozwala on na jednoczesne wytworzenie dwóch niezależnych sygnałów, które mogą być dodatkowo przesunięte w fazie.

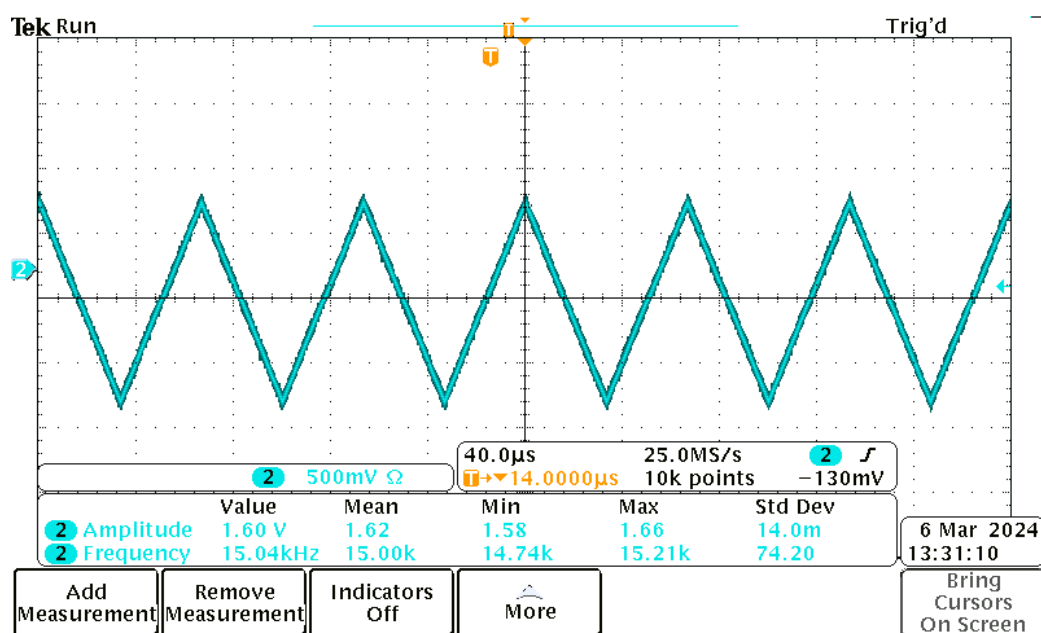
2. Opis ćwiczeń oraz omówienie wyników

Po włączeniu oscyloskopu wykonano pierwsze zadanie praktyczne, które polegało na włączeniu obu kanałów, ustawieniu skali poziomej na 10 ns, skali pionowej kanału pierwszego na 500 mV, drugiego na 100 mV oraz przesunięciu sygnału z pierwszego kanału na 2/8 wysokości ekranu. Ustawiono ponadto terminację 50 Ω oraz sprzężenie DC na obu kanałach. Po jego wykonaniu zarejestrowano obraz przedstawiony na rysunku 4; zgodnie z oczekiwaniami, sygnał jest płaski, ponieważ do oscyloskopu nie zostało doprowadzone żadne źródło prądu.



Rysunek 4. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany podczas wykonywania pierwszego ćwiczenia praktycznego.

Kolejnym wykonanym zadaniem było podłączenie generatora funkcyjnego oraz podanie na wejście oscyloskopu sygnału trójkątnego o amplitudzie 1.55 V i częstotliwości 15 kHz, po czym zmierzenie jego parametrów za pomocą trzech metod: ręcznego odczytania ze skali, pomiaru za pomocą kursorów oraz pomiaru wbudowanymi funkcjami oscyloskopu. Sygnał wraz z przykładowym zastosowaniem ostatniej z wymienionych metod przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany podczas wykonywania drugiego ćwiczenia praktycznego wraz z odczytywaniem podstawowych parametrów sygnału za pomocą wbudowanych funkcji oscyloskopu.

Porównanie wartości odczytanych za pomocą trzech różnych metod dla sygnału z rysunku 5. przedstawiono w tabeli 1. Można zaobserwować, że każdy sposób odczytu prowadzi do otrzymania podobnych wartości, praktycznie identycznych z oczekiwanymi, determinowanymi przez zadane ustawienia generatora.

Tabela 1. Zestawienie wartości odczytanych dla sygnału z rysunku 5. za pomocą trzech metod.

metoda	„na oko”	kursorowa	wbudowane funkcje	wartość zadana na generatorze
amplituda [V]	1,56	1,56	1,62	1,55
częstotliwość [kHz]	15,15	14,97	15,00	15,00

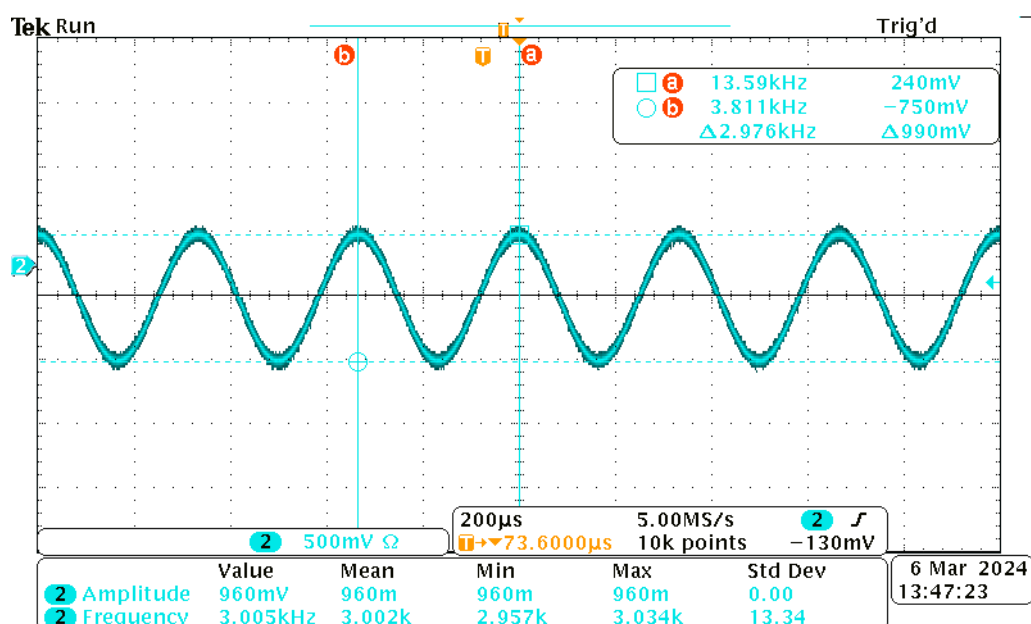
Analogiczne pomiary przeprowadzono dla trzech różnych sygnałów:

A) fali sinusoidalnej o amplitudzie 1 V oraz częstotliwości 3 kHz

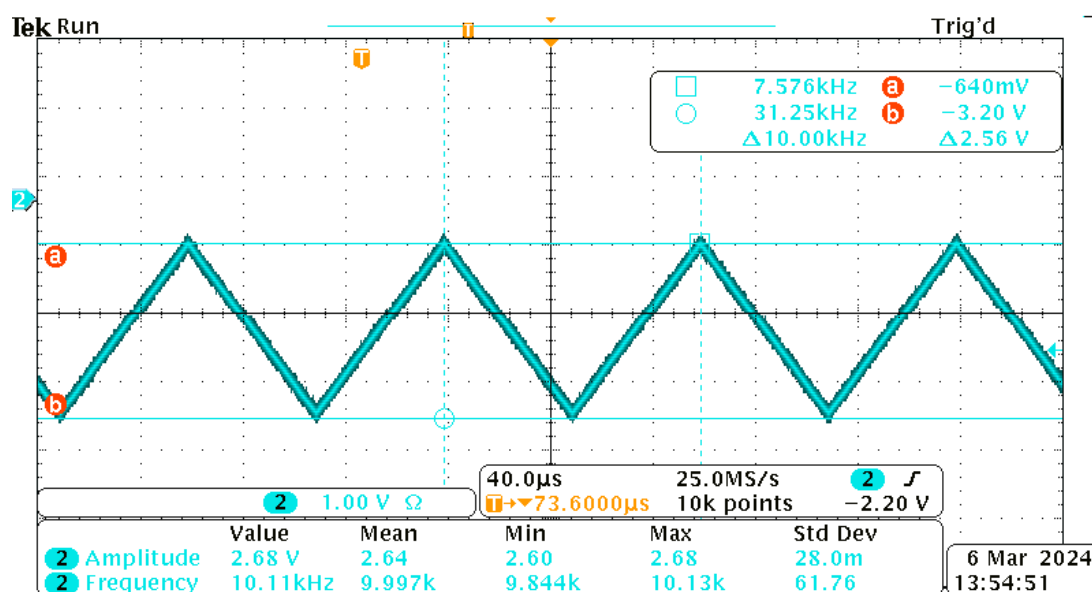
B) fali trójkątnej o amplitudzie 2,5 V, częstotliwości 10 kHz oraz przesunięciu fazowym 10°

C) fali prostokątnej o amplitudzie 0,5 V, częstotliwości 50 kHz oraz przesunięciu fazowym 180°

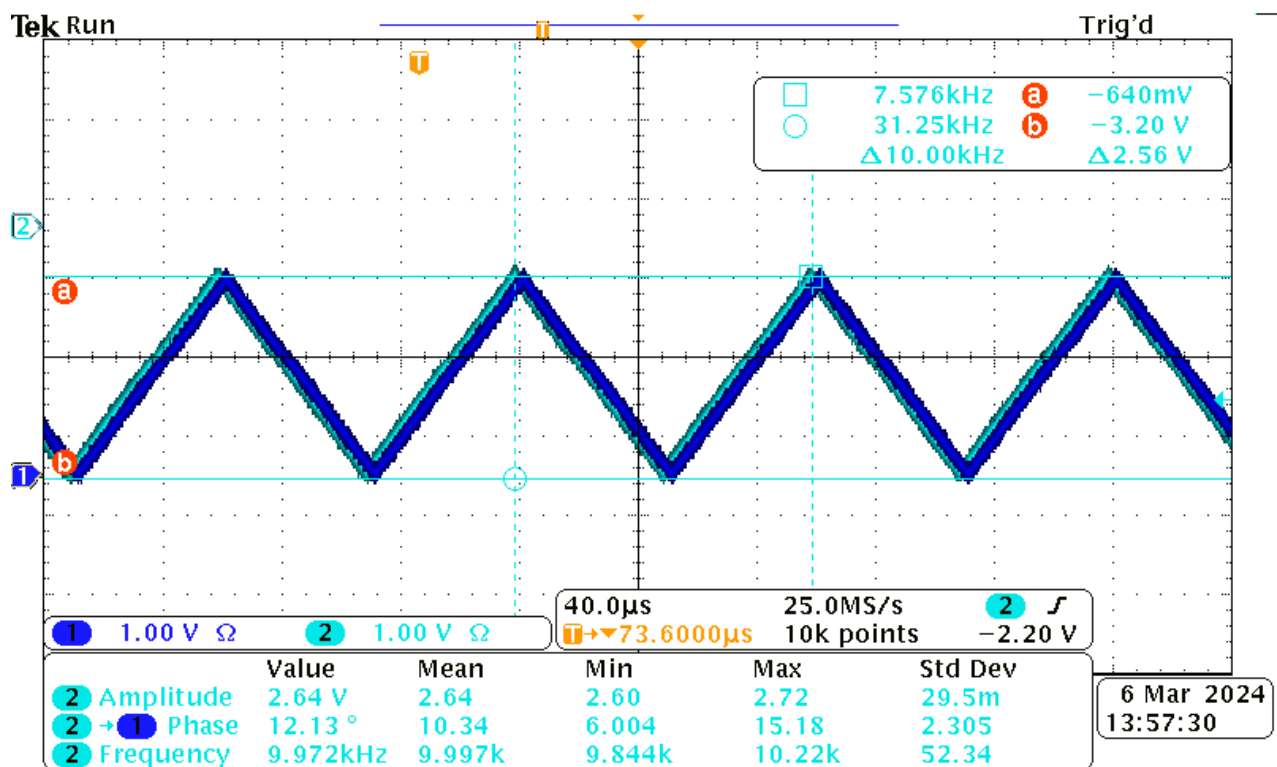
Przedstawiono je odpowiednio na rysunkach 6., 7. oraz 9. Na rysunkach 8. oraz 10. zobrazowano przesunięcie fazowe zadanych sygnałów, przedstawiając również drugi kanał o analogicznych parametrach, różniących się jedynie zerową fazą.



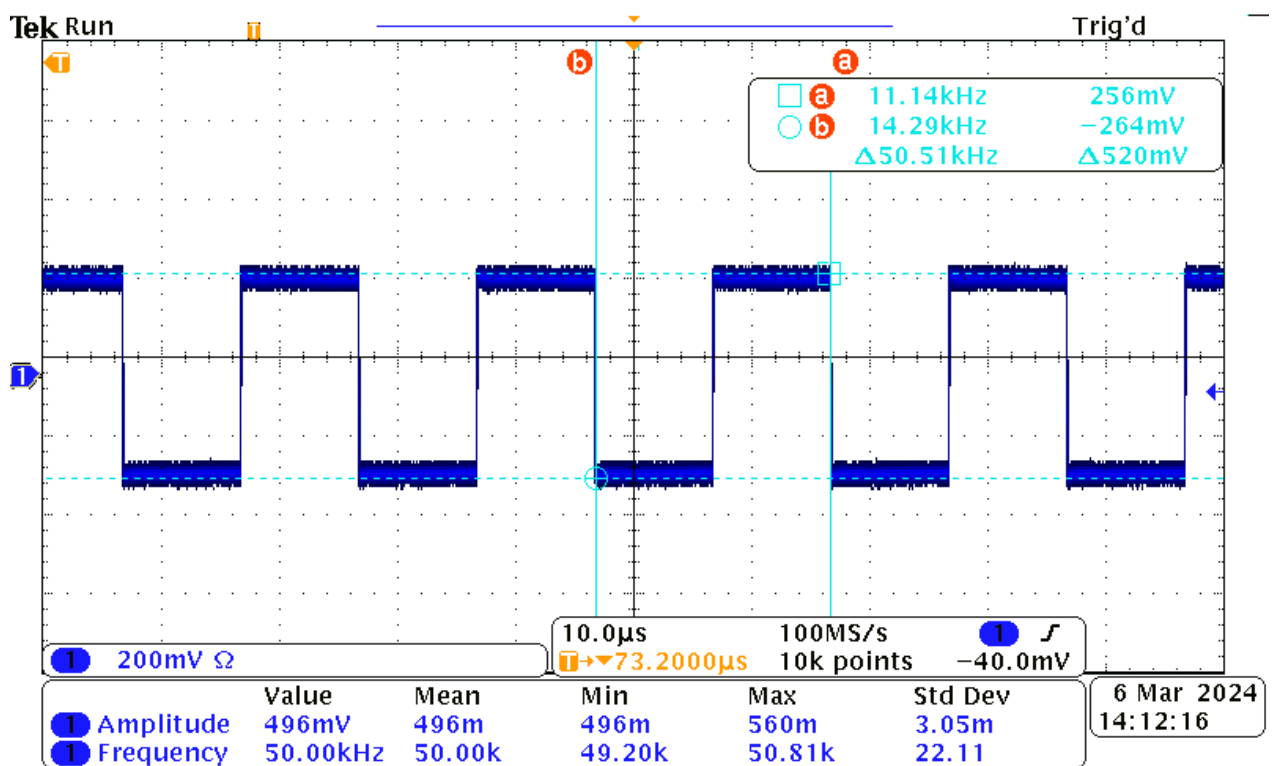
Rysunek 6. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany dla sygnału A wraz z odczytami z kursorów oraz wbudowanych funkcji pomiarowych.



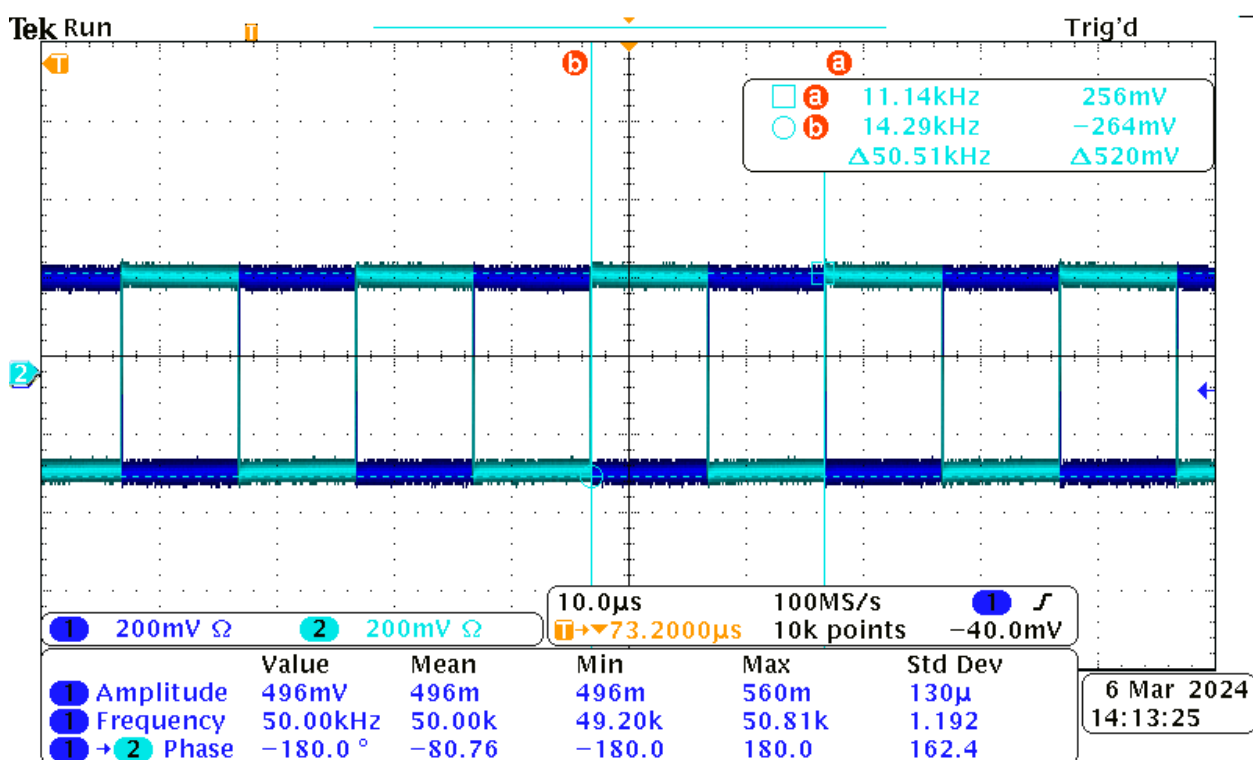
Rysunek 7. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany dla sygnału B wraz z odczytami z kursorów oraz wbudowanych funkcji pomiarowych.



Rysunek 8. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany dla sygnału B zestawiony z drugim sygnałem o analogicznych parametrach, ale zerowym przesunięciu fazowym.



Rysunek 9. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany dla sygnału C wraz z odczytami z kursorów oraz wbudowanych funkcji pomiarowych.



Rysunek 10. Obraz z oscyloskopu zarejestrowany dla sygnału C zestawiony z drugim sygnałem o analogicznych parametrach, ale zerowym przesunięciu fazowym.

Parametry sygnału odczytane za pomocą każdej z trzech metod zestawiono w tabeli 2. Można zaobserwować, że praktycznie zgadzają się one z wartościami oczekiwanymi, zadanymi za pomocą generatora funkcji.

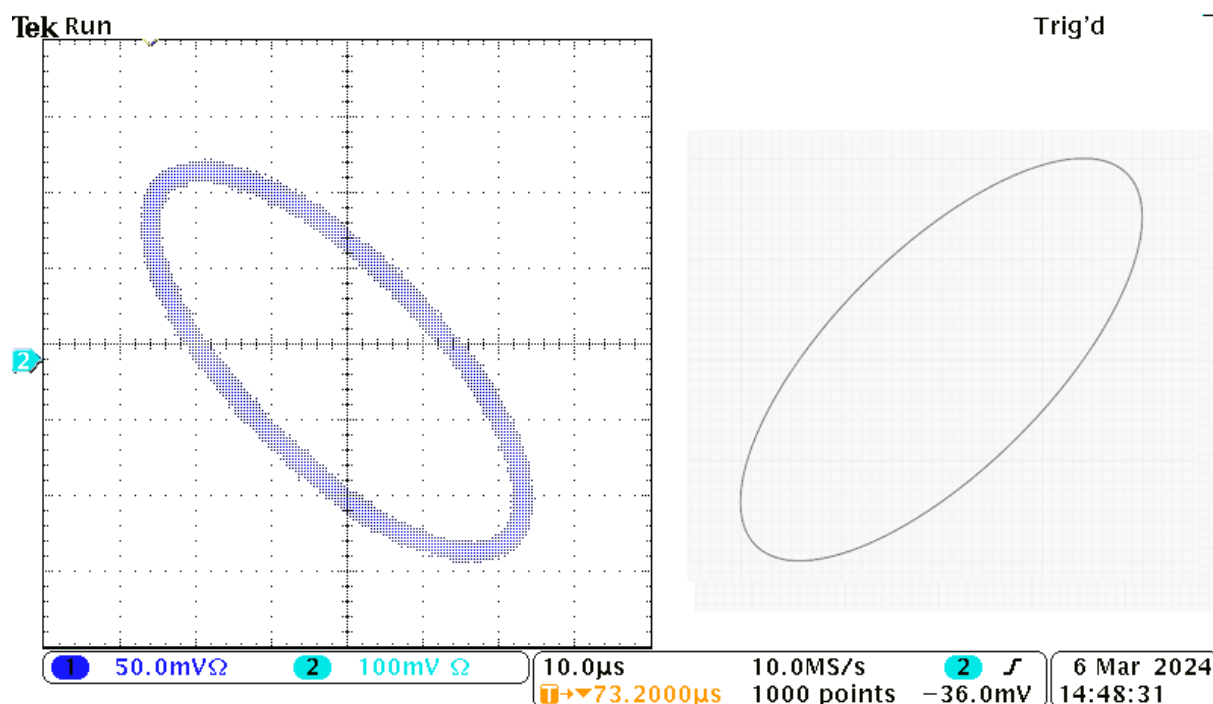
Tabela 1. Zestawienie wartości odczytanych dla sygnału z rysunku 5. za pomocą trzech metod.

metoda		„na oko”	kursorowa	wbudowane funkcje	wartość zadana na generatorze
sygnał A	amplituda [V]	1,00	0,99	0,96	1,00
	częstotliwość [kHz]	3,03	2,98	3,00	3,00
sygnał B	amplituda [V]	2,50	2,56	2,64	2,50
	częstotliwość [kHz]	10,4	10,0	10,0	10,0
	faza [°]	-	-	10,3	10,0
sygnał C	amplituda [V]	0,51	0,52	0,50	0,50
	częstotliwość [kHz]	50,0	50,5	50,0	50,0
	faza [°]	-	-	180,0	180,0

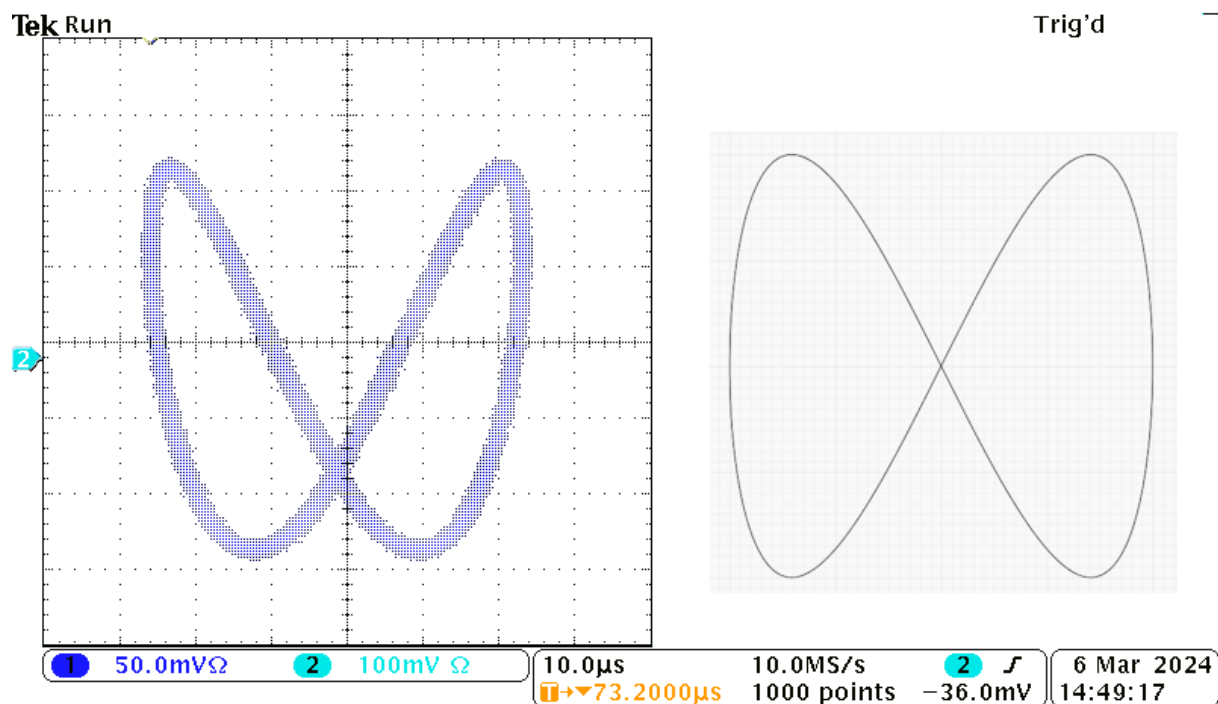
Zmieniono tryb pracy oscyloskopu na X-Y oraz wygenerowano pięć krzywych Lissajous dla różnych stosunków częstotliwości fali na obu kanałach oraz tej samej amplitudy równej 1 V. Parametry każdej otrzymanej krzywej zestawiono w tabeli 3, natomiast same krzywe przedstawiono wraz z ich teoretycznymi kształtami wygenerowanymi komputerowo⁵ na rysunkach 11 – 15.

Tabela 3. Parametry krzywych Lissajous wygenerowanych w trybie X-Y.

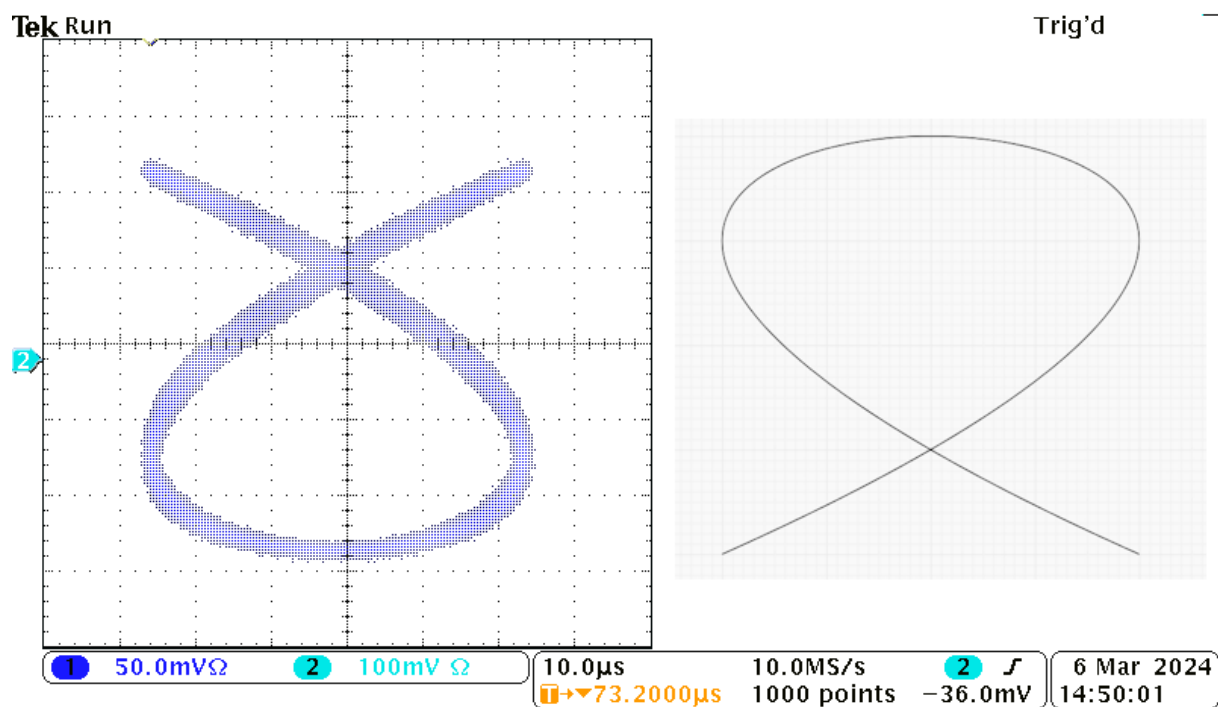
oznaczenie krzywej	częstotliwość na kanale 1. [kHz]	częstotliwość na kanale 2. [kHz]	przesunięcie fazowe
A	50	50	90°
B	50	100	180°
C	60	40	90°
D	90	30	90°
E	150	60	90°



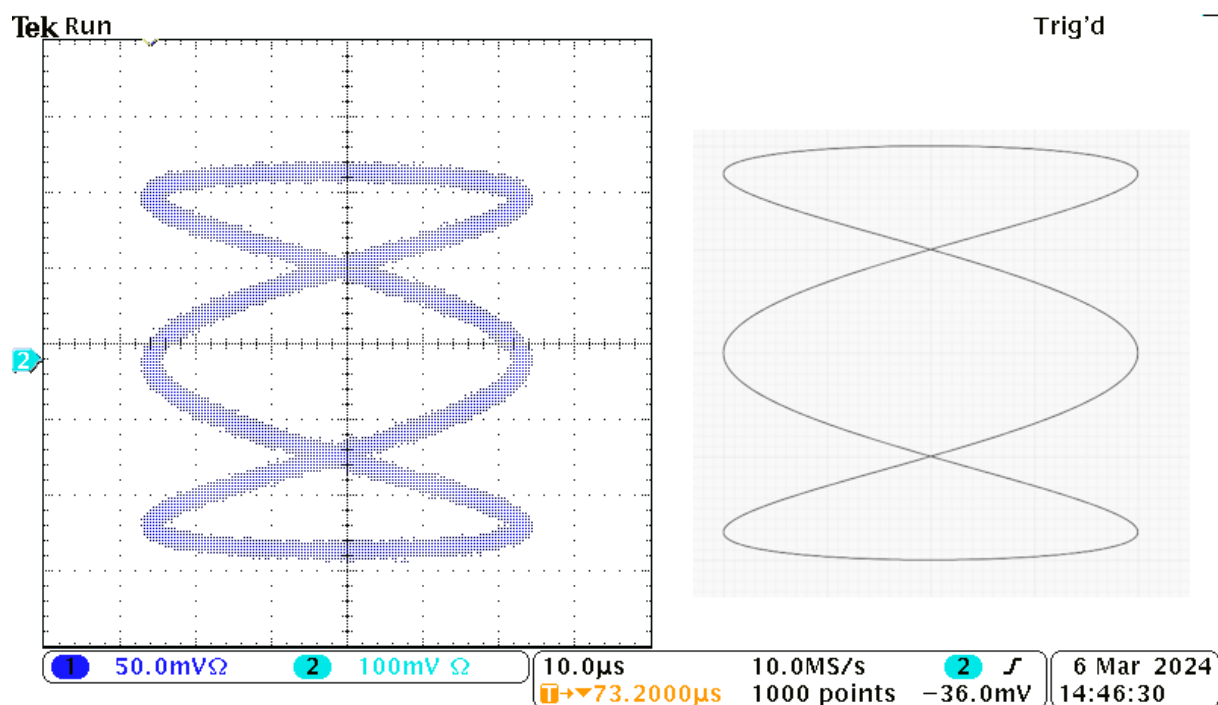
Rysunek 11. Krzywa Lissajous o parametrach A otrzymana w trakcie doświadczenia (po lewej) wraz z wygenerowaną komputerowo (po prawej).



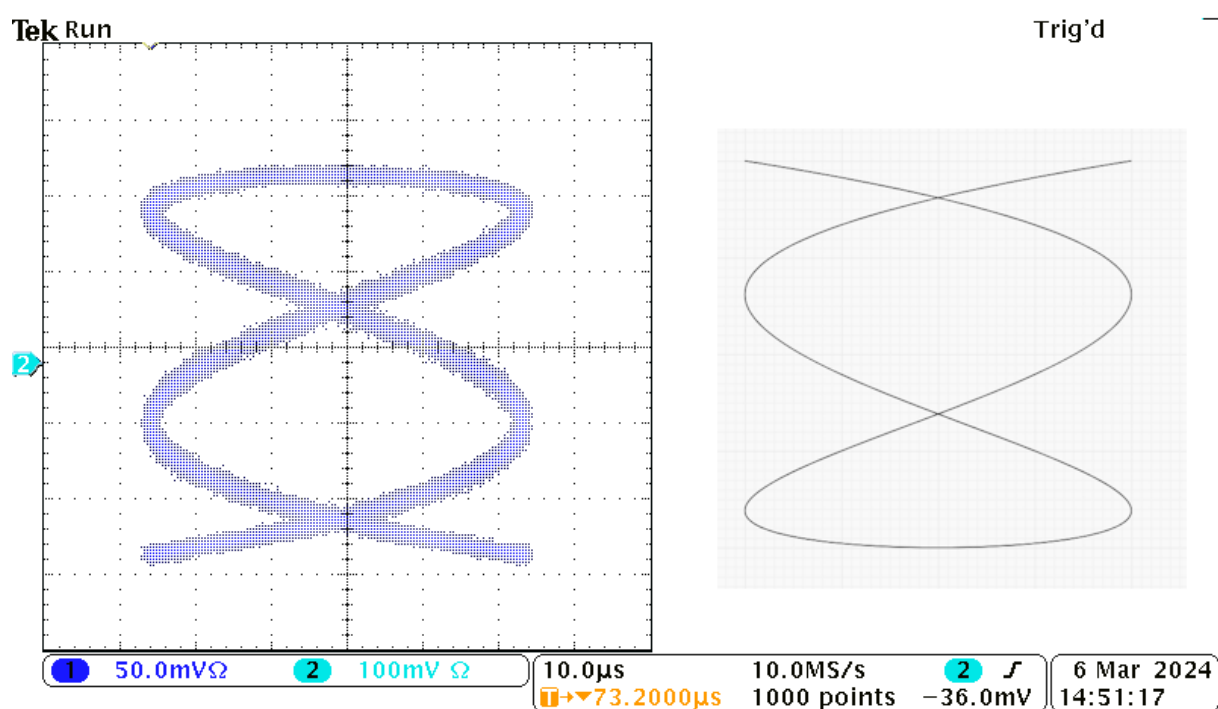
Rysunek 12. Krzywa Lissajous o parametrach B otrzymana w trakcie doświadczenia (po lewej) wraz z wygenerowaną komputerowo (po prawej).



Rysunek 13. Krzywa Lissajous o parametrach C otrzymana w trakcie doświadczenia (po lewej) wraz z wygenerowaną komputerowo (po prawej).



Rysunek 14. Krzywa Lissajous o parametrach D otrzymana w trakcie doświadczenia (po lewej) wraz z wygenerowaną komputerowo (po prawej).

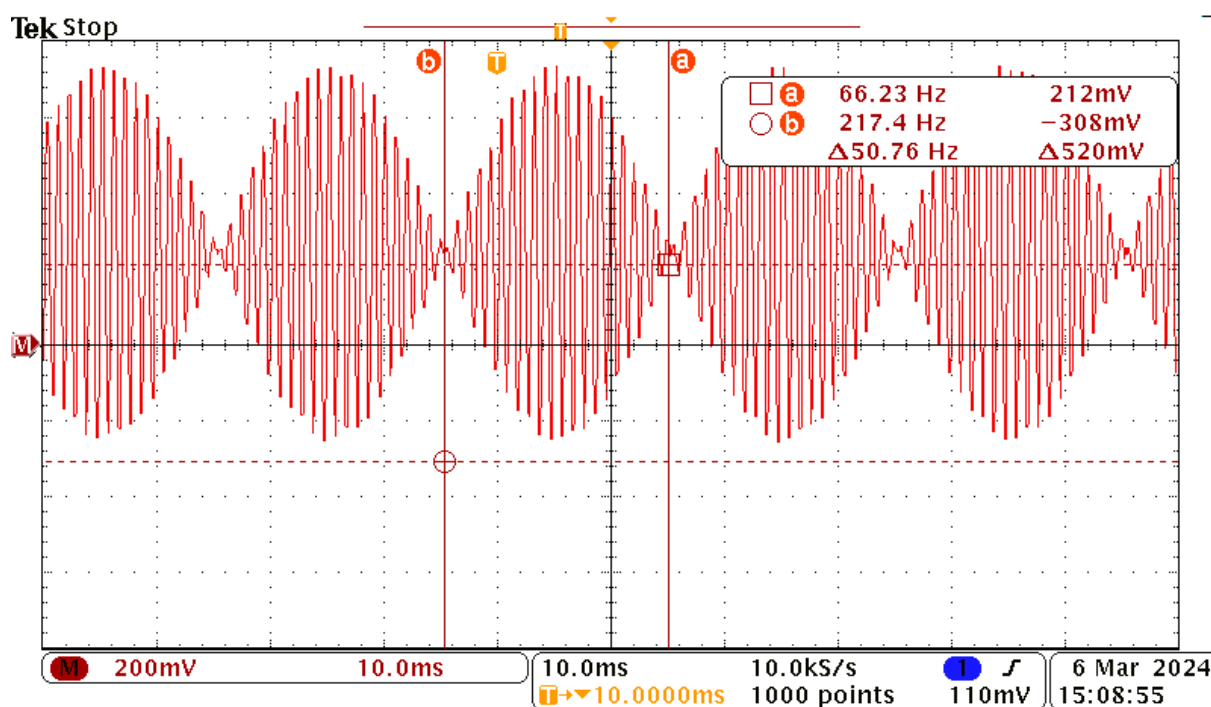


Rysunek 15. Krzywa Lissajous o parametrach E otrzymana w trakcie doświadczenia (po lewej) wraz z wygenerowaną komputerowo (po prawej).

Można zaobserwować, że każda z zarejestrowanych krzywych w porównaniu do oczekiwanych teoretycznych kształtów odwrócona jest względem osi poziomej. Wynika to najprawdopodobniej z tego, że przesunięcie fazowe ustawiane było na kanale drugim; w związku z tym względne przesunięcie w fazie dla każdej krzywej równe jest nie wartościom z tabeli 3, a takim, które się otrzyma po odjęciu ich od 360° - przy uwzględnieniu tego założenia większość otrzymanych krzywych pokrywa się z ich teoretycznym kształtem.

Wyjątkiem jest krzywa B, która nieznacznie się różni od krzywej zarejestrowanej komputerowo; prawdopodobnie wynika to z tego, że nie użyto przycisku „assert phase” na oscyloskopie po ustawieniu nowej wartości przesunięcia, w efekcie czego widoczna krzywa zarejestrowana jest dla bliżej nieokreślonej fazy z przedziału $90-180^\circ$.

Wykonano również sumowanie dwóch sygnałów sinusoidalnych o identycznej amplitudzie oraz częstotliwościach 1000 Hz i 1050 Hz. Zarejestrowano krzywą przedstawioną na rysunku 16 oraz metodą kursorową odczytano częstotliwości wypadkową oraz dudnień.



Rysunek 16. Sygnał otrzymany w wyniku zsumowania dwóch sygnałów o zbliżonych częstotliwościach (1000 Hz i 1050 Hz).

Odczytana częstotliwość dudnień wyniosła 50 Hz, podczas gdy częstotliwość wypadkowa 1020 Hz. Są to wartości zgodne z oczekiwaniami, jako że pierwsza z nich powinna być równa różnicy sygnałów wyjściowych, a druga ich średniej.

3. Podsumowanie

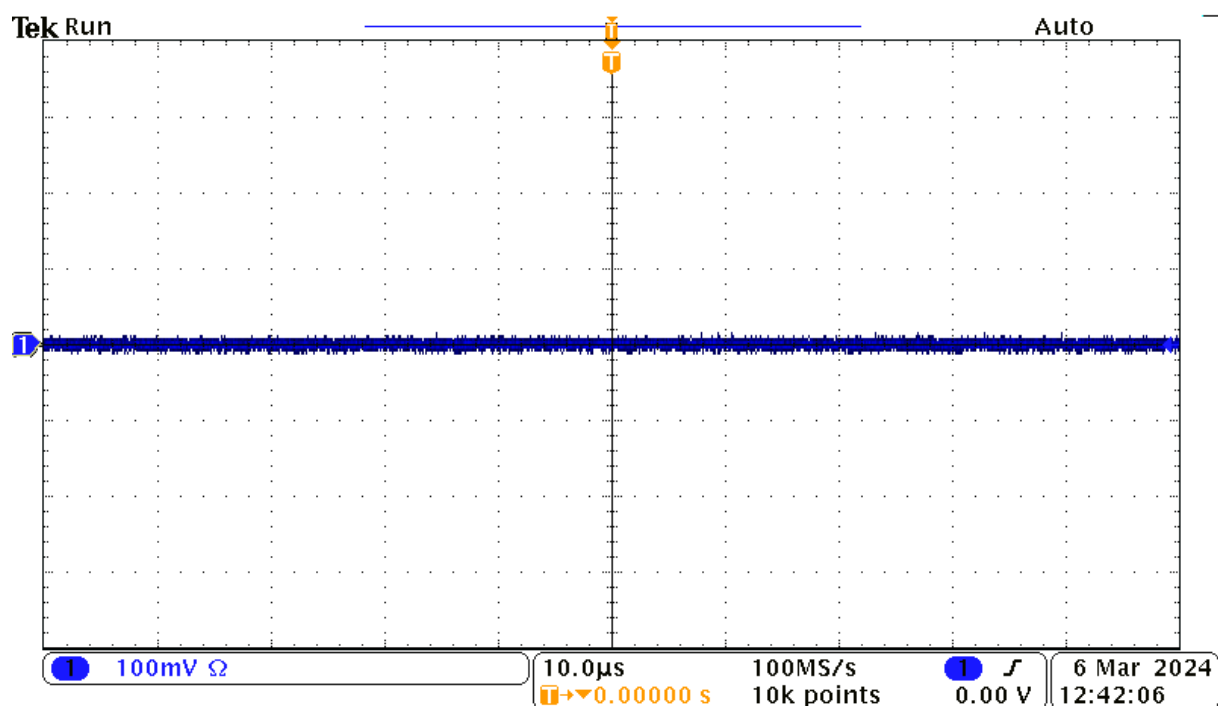
Wszystkie wykonane doświadczenia skutkowały otrzymaniem wyników zgodnych z oczekiwaniami w granicach błędów pomiarowych. Przy odczytywaniu amplitudy oraz częstotliwości trzema różnymi technikami błędy te wynikały z różnych powodów: własnoręczne odczytanie wartości ograniczone jest dokładnością skali, używanie kursorów ich rozdzielczością, podczas gdy używanie wbudowanych funkcji trudnością z komputerową interpretacją szumów pomiarowych. Można jednak zauważyć, że ostatnia z wymienionych metod za każdym razem wskazywała wartości zadane w generatorze funkcji z dokładnością do podanego odchylenia standardowego.

Zarejestrowanie krzywych Lissajous oraz wywołanie zjawiska dudnień pokazało część z wielu możliwych zastosowań oscyloskopu, tj. wyświetlanie w trybie X-Y oraz wykonywanie prostych operacji matematycznych na sygnałach pochodzących z dwóch niezależnych kanałów.

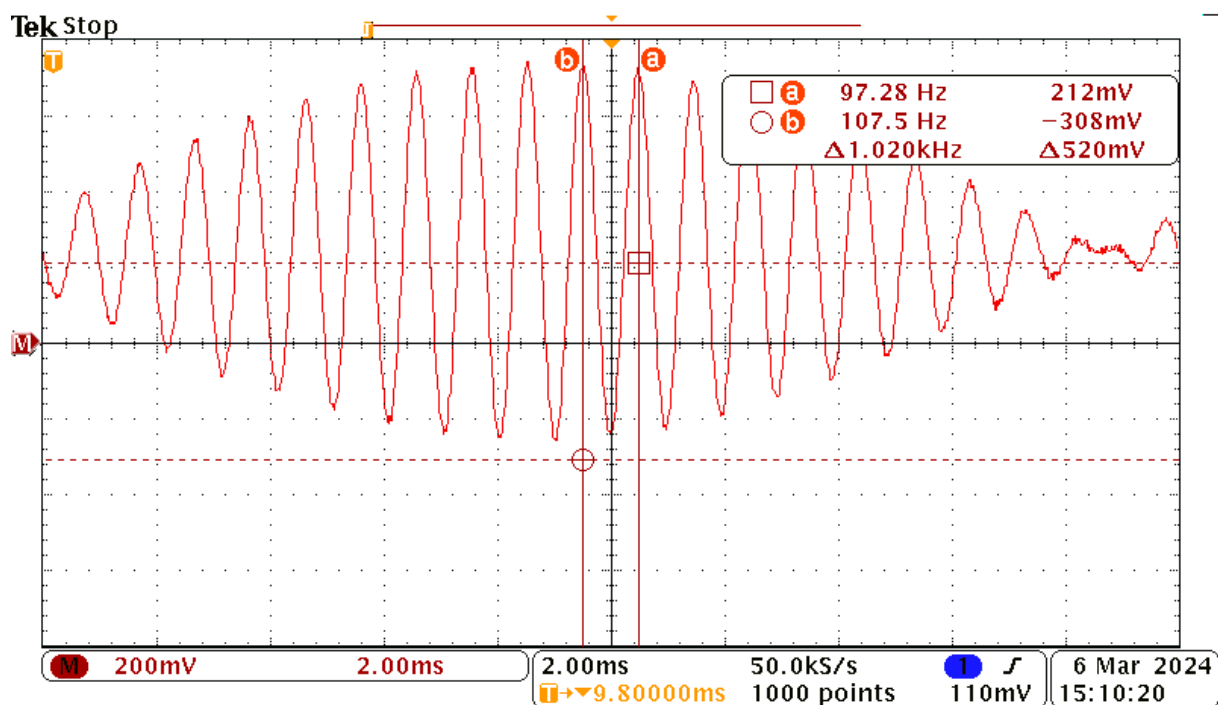
4. Źródła

- [1] https://1pf.if.uj.edu.pl/documents/5046939/0/Oscyloskop_20120410_fnx.pdf/31e4b225-a37e-4849-812b-5d15e46537c1 (data dostępu: 6.03.2024 r.)
- [2] http://zefir24.if.uj.edu.pl/pracownia_el/jb_w1.pdf (data dostępu: 6.03.2024 r.)
- [3] <https://eszkola.pl/fizyka/dudnienie-3769.html> (data dostępu: 6.03.2024 r.)
- [4] <https://www.medianauka.pl/krzywe-lissajous> (data dostępu: 6.03.2024 r.)
- [5] <https://academo.org/demos/lissajous-curves/> (data dostępu: 8.03.2024 r.)

4. Skan notatek oraz niewykorzystane obrazy



Rysunek S1. Zarejestrowany na początku zajęć obraz z oscyloskopu, do którego nie podłączono źródła sygnału.



Rysunek S2. Zarejestrowany pod koniec zajęć obraz pokazujący odczytaną za pomocą kursorów częstotliwość wypadkową sygnału wynikającego z sumowania wejść z obu kanałów.

CWICZENIE 1

1.1 na oko - amplituda: $7.8 \text{ kratki} \times 200 \text{ mV} = 1,56 \text{ V}$
 okres: $1,65 \text{ kratki} \times 40 \mu\text{s} = 66 \mu\text{s} = 6,6 \cdot 10^{-5} \text{ s}$
 częstotliwość: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6,6 \cdot 10^{-5}} = 1,5151 \cdot 10^4 \text{ Hz}$

kursory: amplituda = 1,56 V
 $T = 66,8 \mu\text{s}$
 $f = 14,97 \text{ kHz}$

funkcje: amplituda = 1,62 V
 $f = 1501 \text{ kHz}$

1.1.1

	oko	kursory	funkcje
A V	1 V	990 mV	1,000 V 960 mV
f	3,03 kHz	2,976 kHz	3,02 kHz
B V			
f			
C V			
f			

nie
 1.0 - podłączony
 oscyloskop

1.0.2 - po wykonaniu
 "zadania praktycznego"

1.1.1 - slajd 22

1.1.2 - slajd 25

2,5 kratki = 1 V
 1,65 kratki = 200 μs

1.2

	CH2	CH1	na CH1
no	ω_1	ω_2	faza
a	50 kHz	50 kHz	90°
b	100 kHz	50 kHz	180°
c	40 kHz	60 kHz	90°
d	30 kHz	90 kHz	90°
e	60 kHz	150 kHz	90°

STACJA 3

1.3.4

$$R_2 = 2,021 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 3,565 \text{ k}\Omega$$

phythe RLC nr 16

Spis treści:

- WSZYSTKIE PARAMETRY
- opisać, co robimy, i dać screenshoty
- omówienie wyników - porównanie z oczekiwaniami

pdf na maila

Rysunek S3. Notatki wykonane w trakcie zajęć.