

Sprawozdanie

Ćwiczenie 1

Jan Kwinta

Prowadzący ćwiczenia: prof. Jerzy Smyrski

Data wykonania: 15 marca 2023

Wstęp teoretyczny

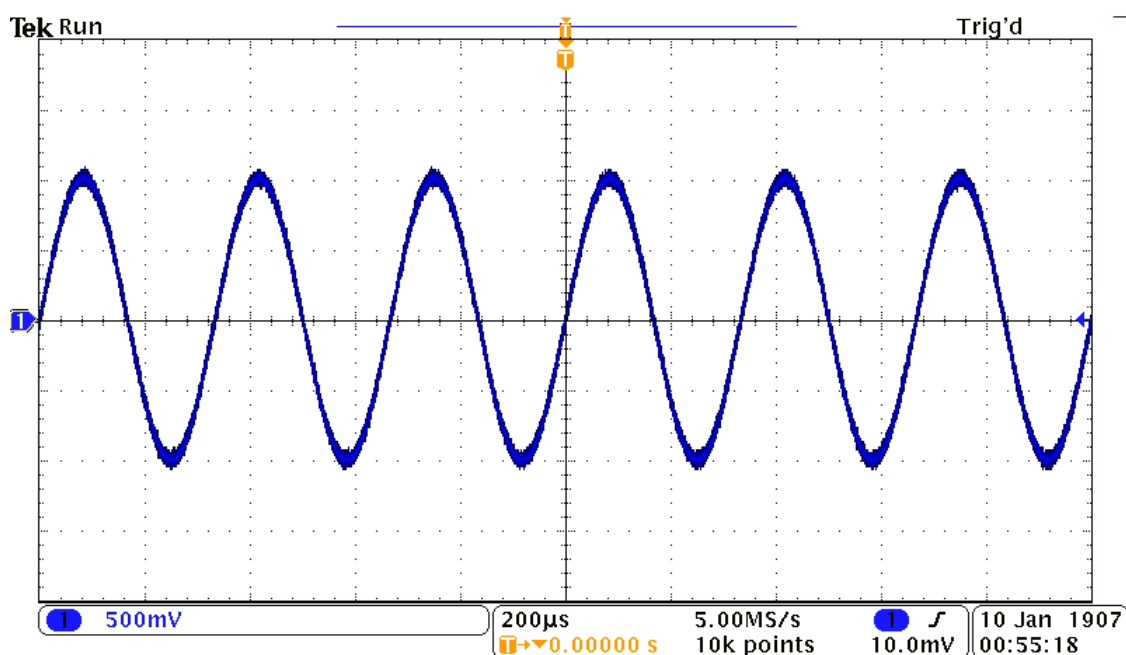
Podczas pierwszych labolatoriów z elektroniki cyfrowej zapoznawaliśmy się z narzędziami dostępnymi w pracowni elektronicznej: oscyloskopem Tektronix MSO3000 oraz generatorem przebiegów elektrycznych Tektronix AFG3000. W celu nauki podstaw obsługi tych urządzeń wykonaliśmy trzy zadania dotyczące:

- Obserwacji i pomiaru kształtu funkcji, amplitudy, częstotliwości i przesunięcia fazowego sygnałów.
- Generowania i obserwacji dwóch funkcji harmonicznnych tworzących krzywe Lissajous.
- Obserwacji zjawiska dudnienia, które powstaje przy sumowaniu dwóch sygnałów o zbliżonych częstotliwościach; pomiaru okresów wygenerowanych dudnień.

Ćwiczenie 1.1

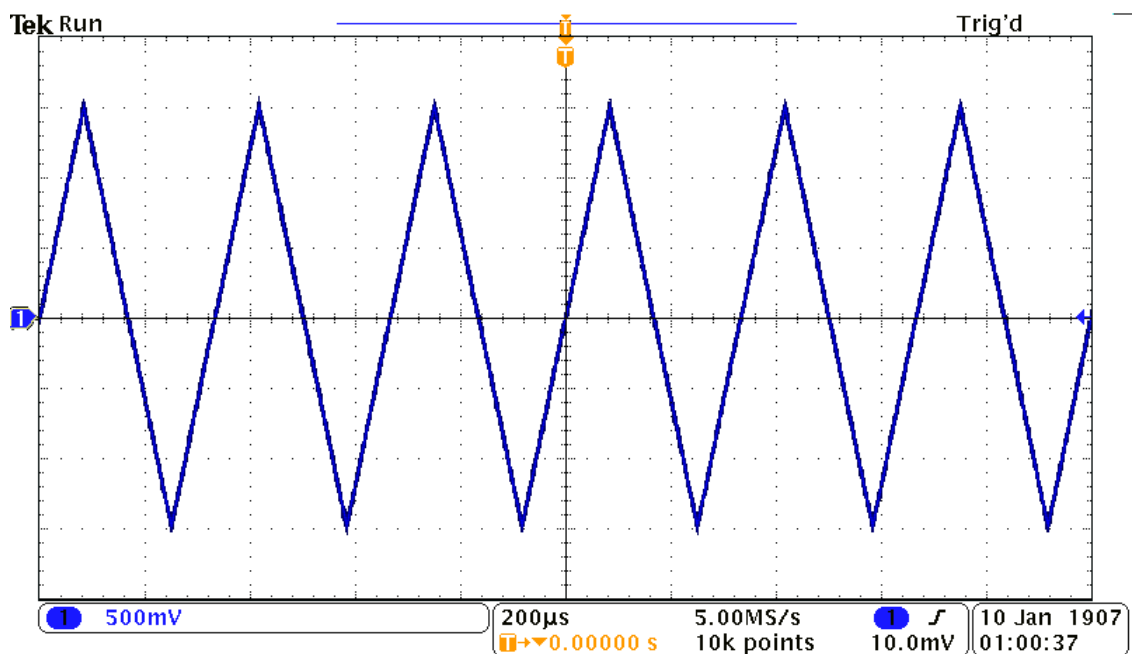
Obserwacja sygnałów z generatora. Pierwszym zadaniem było podanie sygnału z generatora na oscyloskop, obserwacja kształtu sygnału i zapisanie obrazu wyświetlanego na ekranie oscyloskopu. Poniżej zapisałem 3 obrazy:

1. Sygnał sinusoidalny o częstotliwości 3 kHz i amplitudzie 2 Vpp .
2. Sygnał trójkątny o częstotliwości 3 kHz i amplitudzie 3 Vpp .
3. Sygnał prostokątny o częstotliwości 2 kHz i amplitudzie 2 Vpp .



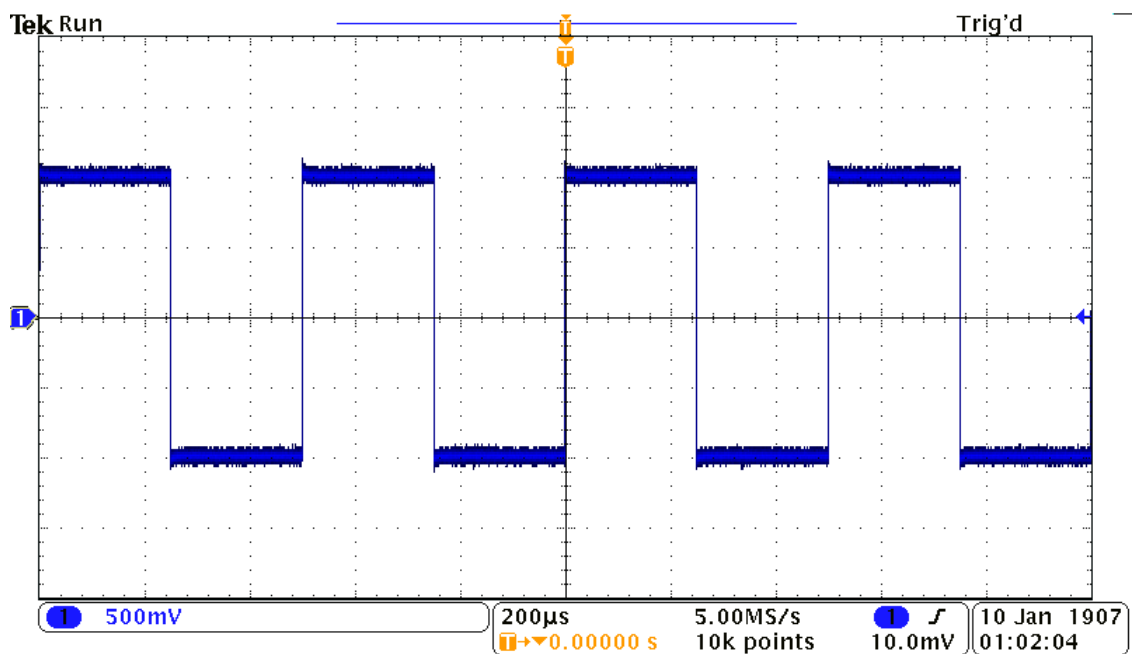
MSO3012 - 10:23:33 15.03.2023

1: Sygnał sinusoidalny.



MSO3012 - 10:28:51 15.03.2023

2: Sygnał trójkątny.

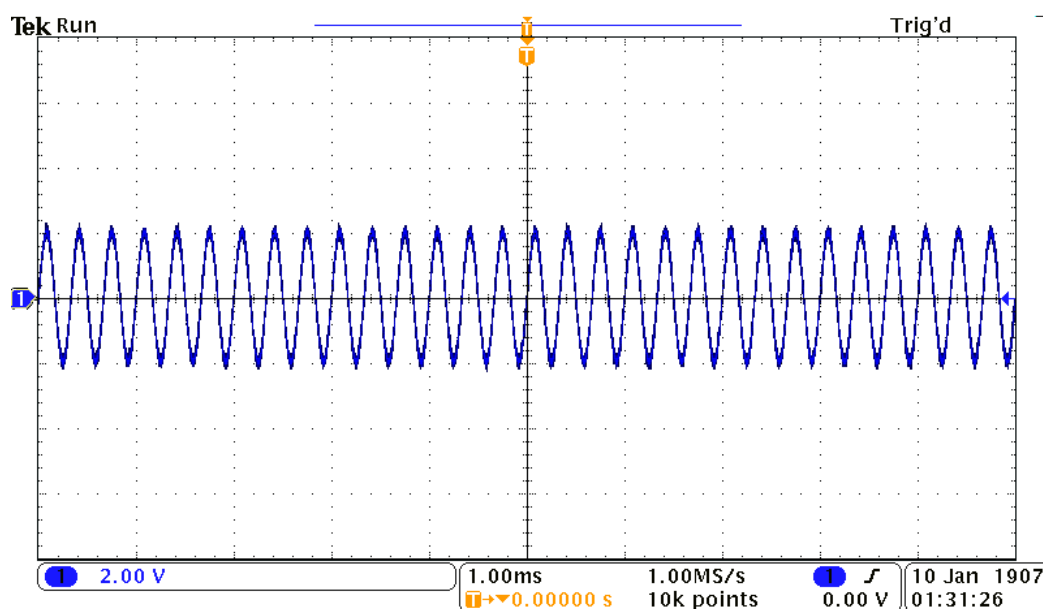


MSO3012 - 10:30:18 15.03.2023

3: Sygnał prostokątny.

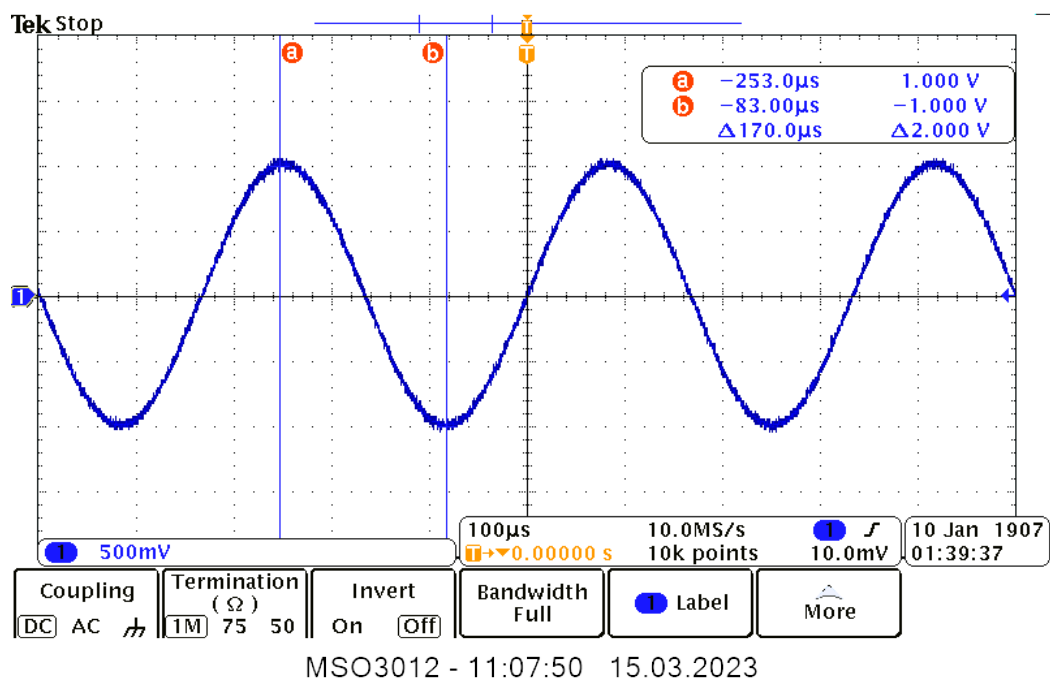
Pomiar amplitudy i częstotliwości sygnałów. Oscyloskopem można wykonywać pomiary na kilka sposobów:

1. W oparciu o poziome i pionowe działki wyświetlane na ekranie oscyloskopu. Działki poziome odpowiadają ustawionej wartości wzmacnienia sygnału, a działki pionowe podstawy czasu. Obydwie te wartości są widoczne u dołu ekranu.
2. Za pomocą kursorów. Kursory to wbudowane w oscyloskop narzędzie służące do precyzyjnego mierzenia wartości takich jak: napięcie w danej chwili czasu, odstęp pomiędzy dwoma kursorami, itp.
3. Za pomocą funkcji "Measure", która automatycznie analizuje sygnał i wyświetla na ekranie informacje o nim.

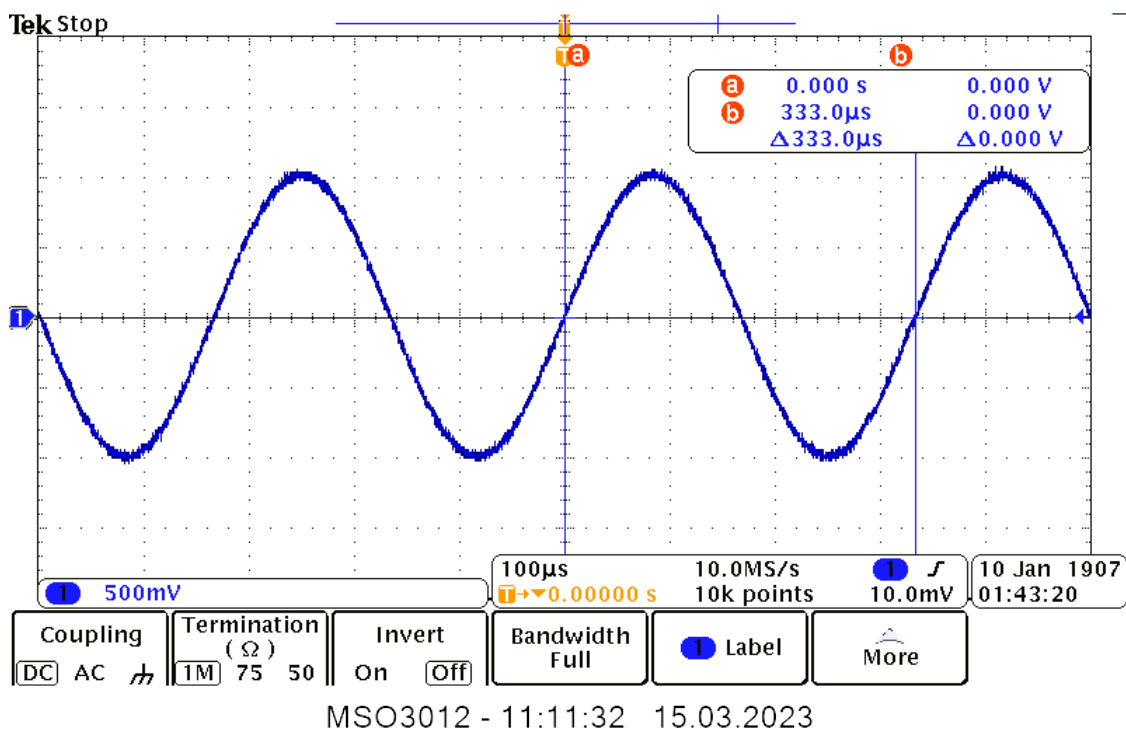


MSO3012 - 10:59:38 15.03.2023

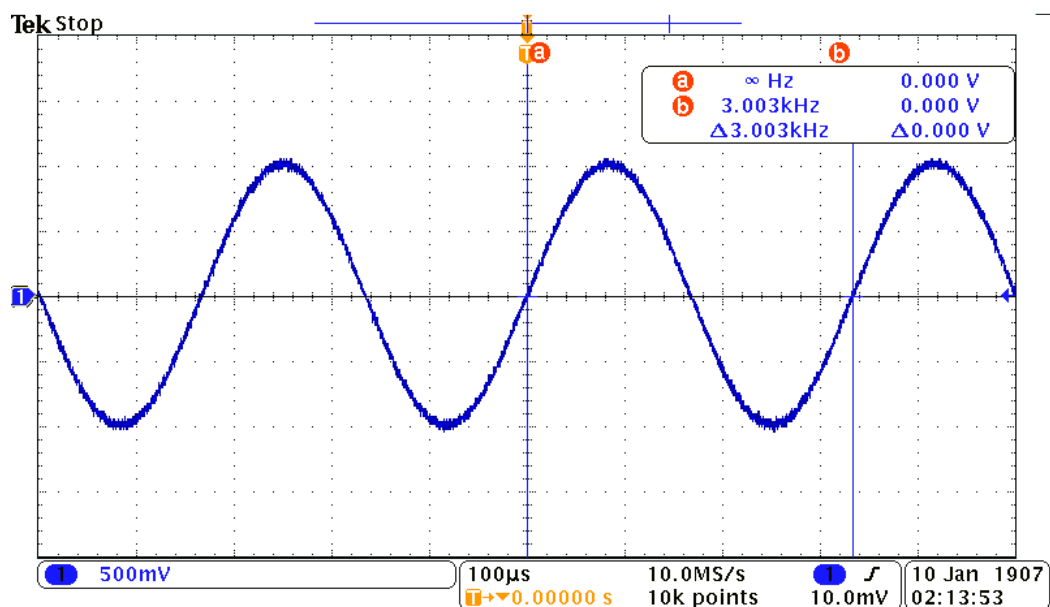
Działki oscyloskopu: jednej działce na osi X odpowiada 1 ms . W jednej działce czasu obserwujemy trzy przebiegi sygnału. Jednej działce na osi Y odpowiadają 2 V . Możemy więc wnioskować, że sygnał ma częstotliwość 3 kHz i amplitudę 4 V_{pp} .



Kursory: kursor A zmierzył wartość szczytową amplitudy 1 V, zaś kursor B, wartość minimalną -1 V . Zatem amplituda *peak-to-peak* tego sygnału wynosi 2 V.

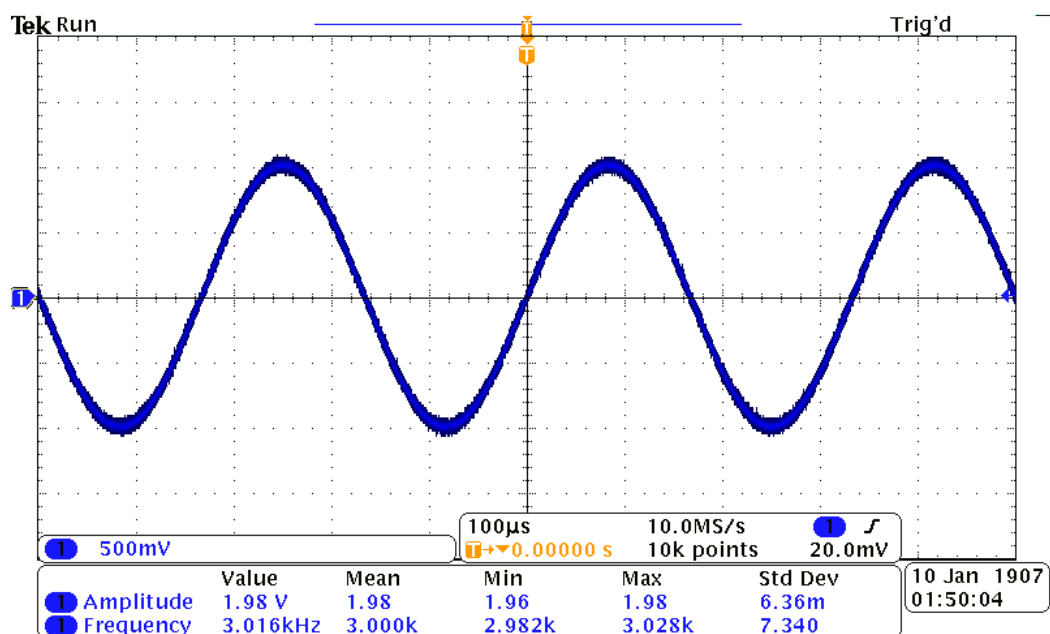


Kursory: Siła sygnału w miejscu obydwu kursorów wynosi 0 V. Odległość czasowa między kursorami to $333\text{ }\mu\text{s}$. Częstotliwość sygnału jest odwrotnością jego okresu, wynosi więc $\frac{1}{333 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{333} \cdot 10^6 \approx 3\text{ kHz}$.



MSO3012 - 11:42:03 15.03.2023

Kursory: Powyższą metodę można też zastosować używając innej funkcji kursorów. Tu zamiast okresu sygnału oscyloskop od razu podaje częstotliwość.



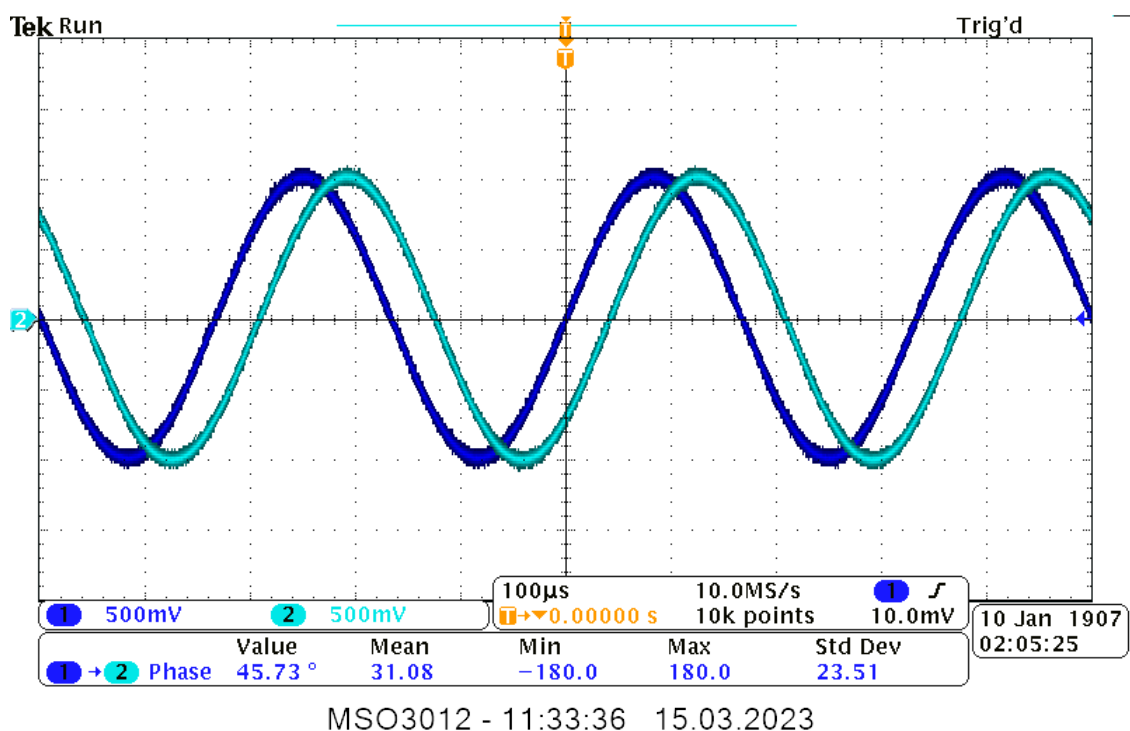
MSO3012 - 11:18:16 15.03.2023

Funkcja "Measure": Oscyloskop automatycznie podaje amplitudę (1.98 V) oraz częstotliwość (3.016 kHz) sygnału. Wyniki automatycznego pomiaru dosyć dokładnie odpowiadają wartościom ustawionym na generatorze: 2 V oraz 3 kHz.

Pomiar przesunięcia fazy. Na kanały 1 i 2 oscyloskopu podane zostały dwa sygnały z wyjść 1 i 2 generatora. Obydwa sygnały sinusoidalne miały taką samą częstotliwość 3 kHz i taką samą amplitudę 2 V_{pp} . Wartość fazy sygnału została ustawiona na 0° dla kanału 1 i 45° dla kanału 2.

Tak ustawione przesunięcie fazowe można zmierzyć na dwa sposoby:

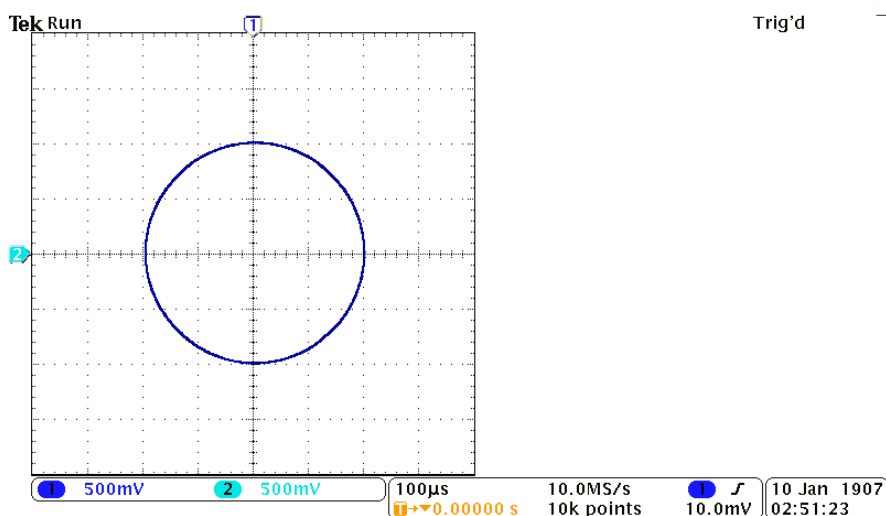
1. Kursorami: ustawiając w menu kursorów jeden okres sygnału na kanale 1 jako 360° i mierząc drugim kursorem przesunięcie przecięcia sygnału na kanale 2 z osią poziomą. Niestety nie zapisałem grafiki wykonania tego pomiaru.
2. Za pomocą wbudowanej funkcji "Measure": ustawiając który sygnał chcemy mierzyć w stosunku do drugiego kanału.



Pomiar przesunięcia fazy dwóch sygnałów funkcją "Measure".

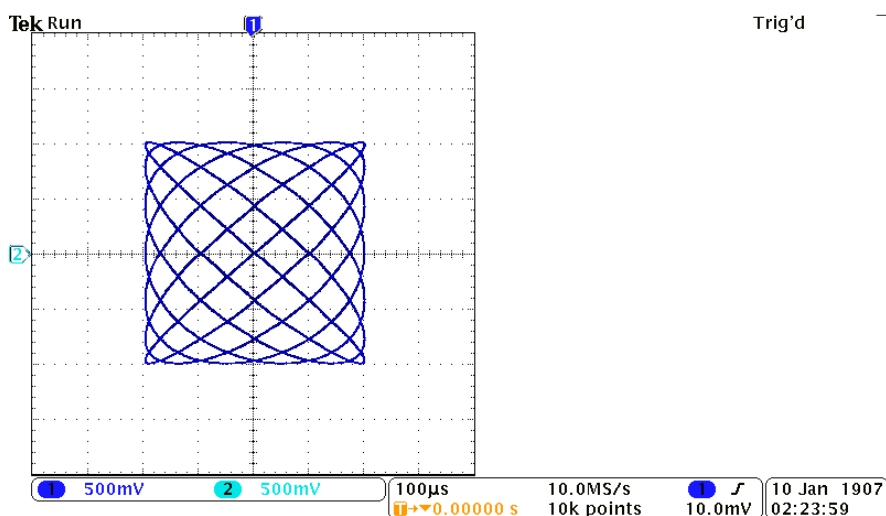
Ćwiczenie 1.2

Krzywe Lissajous. Wykorzystując tryb X-Y oscyloskopu możemy zaobserwować efekt złożenia dwóch drgań harmoniczných, które tworzą krzywe parametryzowane, zwane krzywymi Lissajous. Kształt krzywych zależy od stosunku częstotliwości dwóch sygnałów i ich przesunięcia fazy. W poniższych przykładach wybierałem na generatorze tę samą amplitudę dla obydwu kanałów (2 V) i różne częstotliwości oraz przesunięcia fazy. Kształty krzywych Lissajous mogą być bardzo różne, od mało skomplikowanych takich jak odcinek albo okrąg aż do złożonych zamkniętych krzywych przecinających się wiele razy.



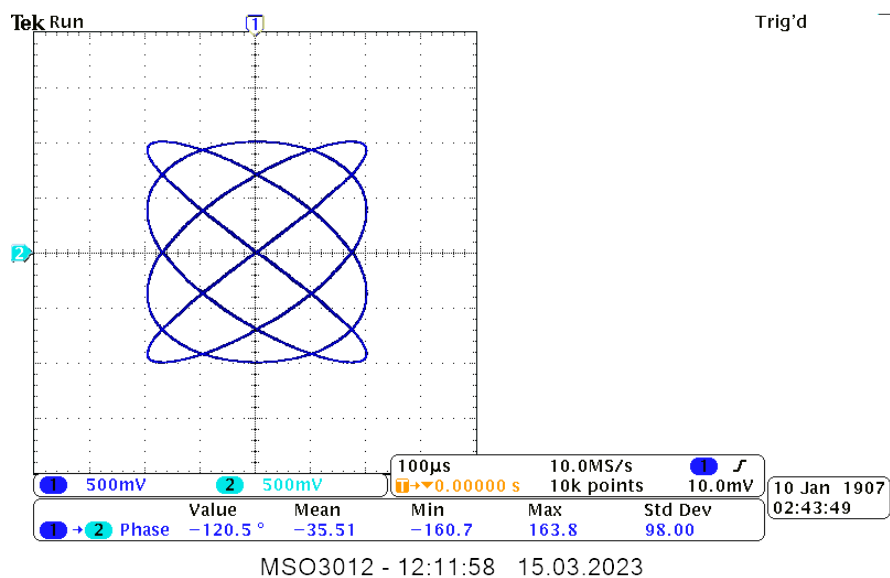
MSO3012 - 12:19:31 15.03.2023

Krzywa 1: kanał 1: 1 kHz, kanał 2: 1 kHz, faza: 90°

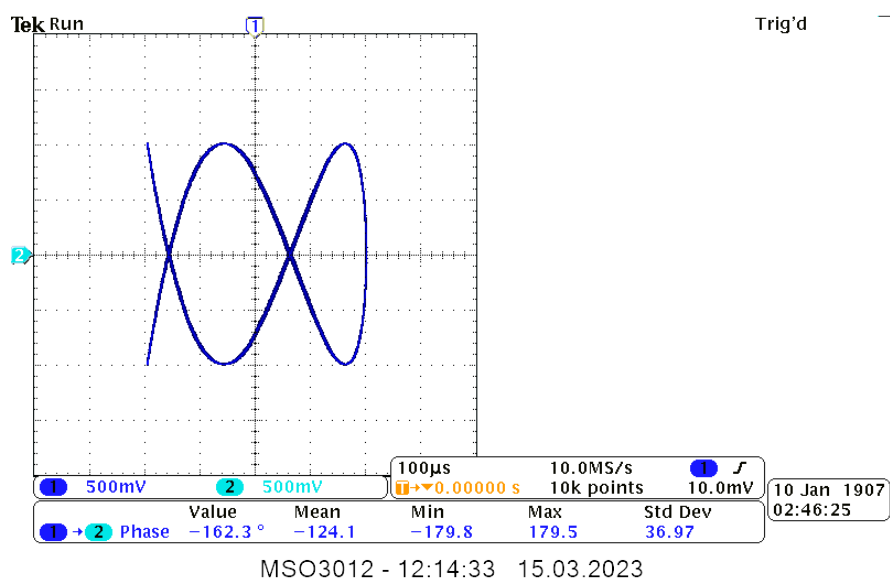


MSO3012 - 11:52:09 15.03.2023

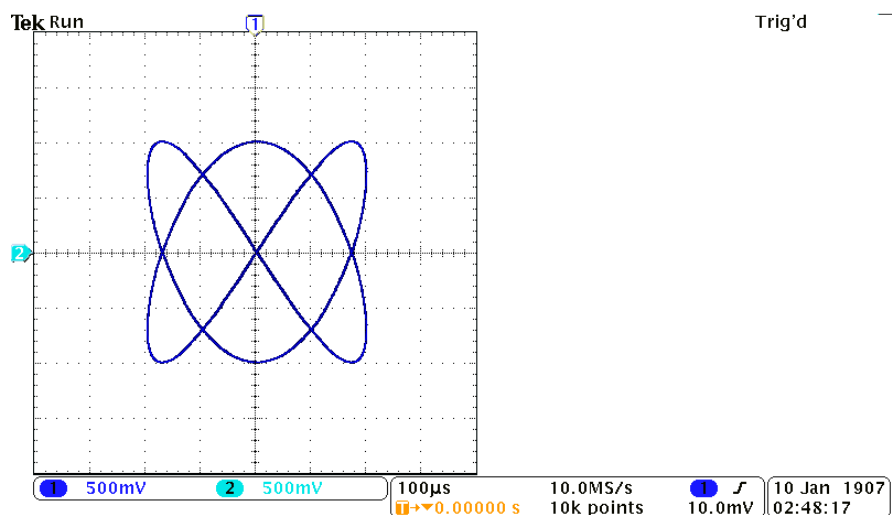
Krzywa 2: kanał 1: 5 kHz, kanał 2: 6 kHz, faza: 0°



Krzywa 3: kanał 1: 4 kHz , kanał 2: 3 kHz , faza: 180°

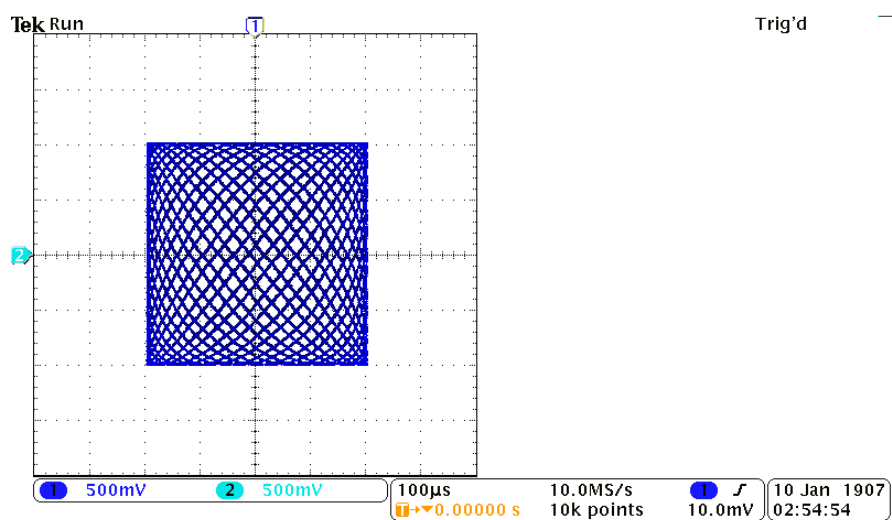


Krzywa 4: kanał 1: 2 kHz , kanał 2: 5 kHz , faza: 90°



MSO3012 - 12:16:25 15.03.2023

Krzywa 5: kanał 1: 2 kHz , kanał 2: 3 kHz , faza: 120°

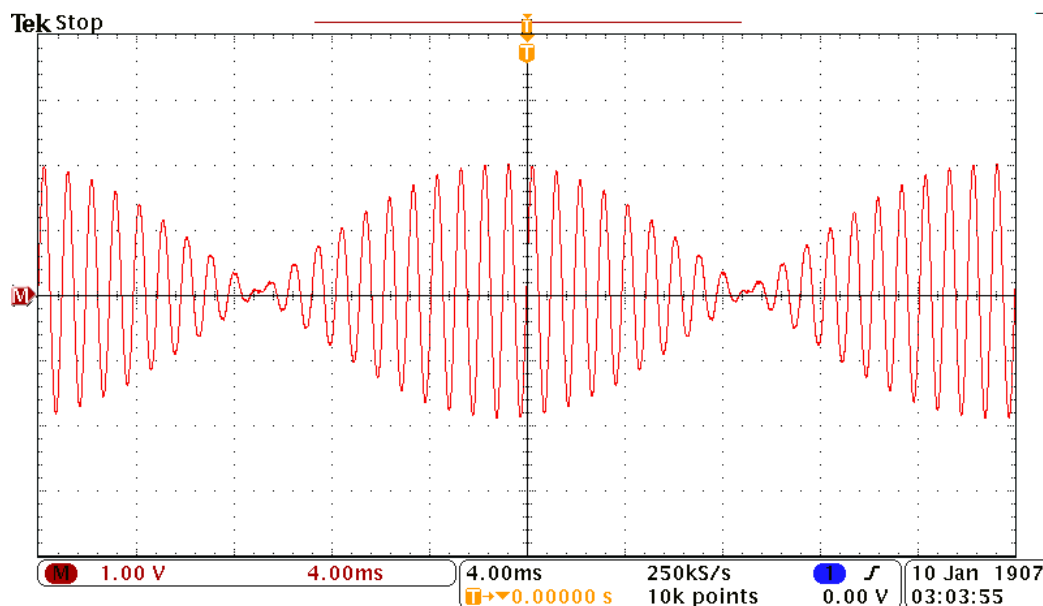


MSO3012 - 12:23:02 15.03.2023

Krzywa 6: kanał 1: 17 kHz , kanał 2: 21 kHz , faza: 6°

Ćwiczenie 1.3

Dudnienia. Jeżeli wykonamy sumowanie dwóch sygnałów sinusoidalnych o jednakowych amplitudach i zbliżonych (ale różnych) częstotliwościach możemy zaobserwować zjawisko dudnień.



MSO3012 - 12:32:02 15.03.2023

Na kanale 1 sygnał o częstotliwości 1 kHz , na kanale 2 1.05 kHz . Obydwa sygnały mają amplitudę 2 V_{pp} .

Badając to zjawisko mierzymy dwie wartości: częstotliwość wypadkową v_w oraz częstotliwość dudnień v_d . Okres wypadkowy $T_w = \frac{1}{v_w}$ to okres pomiędzy szczytami dwóch bliskich skoków. Okres dudnień $T_d = \frac{1}{v_d}$ wyznaczamy pomiędzy maksymalnymi skokami dudnień.

Jeżeli v_1 i v_2 to znane częstotliwości dodawanych sygnałów to możemy wyznaczyć częstotliwości analitycznie:

$$v_w = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

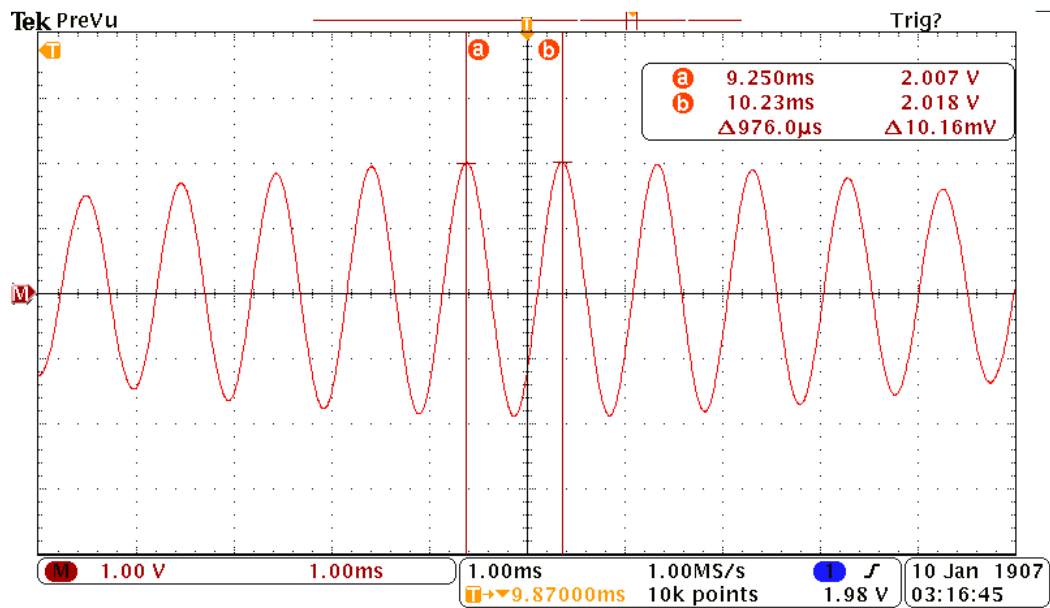
$$v_d = |v_1 - v_2|$$

W przypadku mierzonych przeze mnie dudnień sygnałów jest to:

$$v_w = \frac{1 + 1.05}{2} = \frac{2.05}{2} = 1.025\text{ [kHz]}$$

$$v_d = |1 - 1.05| = 0.05\text{ [kHz]} = 50\text{ [Hz]}$$

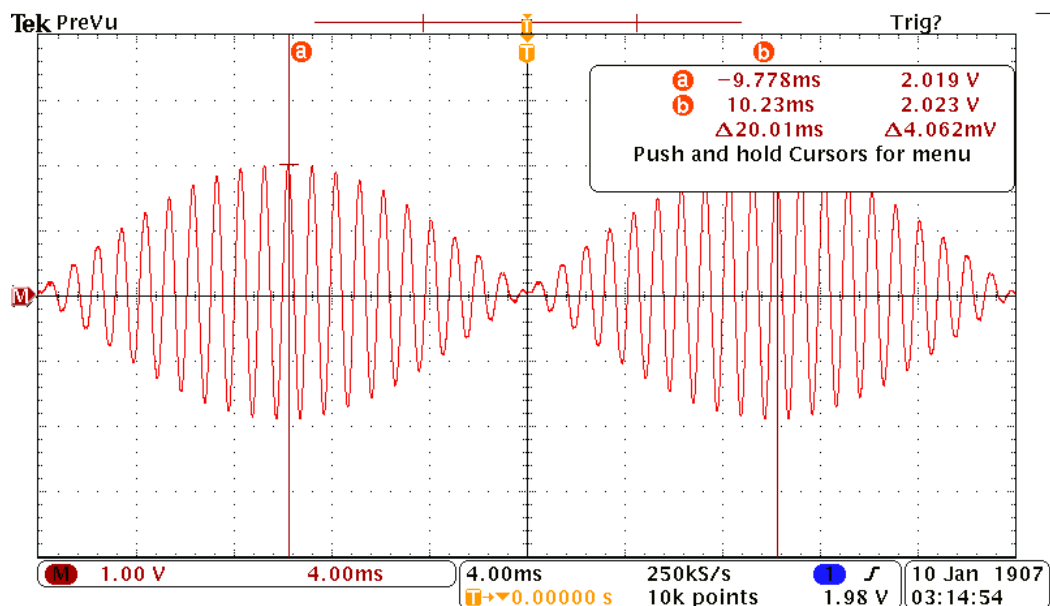
Pomiary.



MSO3012 - 12:44:52 15.03.2023

Okres wypadkowy $T_w = 976 \text{ } [\mu s]$.

Zatem $v_w = \frac{1}{976 \cdot 10^{-6}} \text{ } [Hz] \approx 1024.59016 \text{ } [Hz] = 1.024590 \text{ } [kHz]$.



MSO3012 - 12:43:00 15.03.2023

Okres dudnień $T_d = 20.01 \text{ } [ms]$.

Zatem $v_d = \frac{1}{20.01 \cdot 10^{-3}} \text{ } [Hz] \approx 49.975012 \text{ } [Hz]$.

Omówienie wyników

Podczas pomiarów amplitudy i częstotliwości sygnałów (Ćwiczenie 1.1) za pomocą kursorów oscyloskop wskazywał wartości z błędem względnym rzędu 0.1% w porównaniu do parametrów ustawionych na generatorze przebiegów.

$$\text{Dla częstotliwości: } \left| \frac{3000 - 3003}{3000} \right| = 0.1\%$$

Funkcja "Measure" oscyloskopu przy mierzeniu amplitudy, częstotliwości i przesunięcia fazy wykazała nieco większy błąd.

$$\text{Dla częstotliwości: } \left| \frac{3000 - 3016}{3000} \right| = 0.53\%$$

$$\text{Dla amplitudy: } \left| \frac{2 - 1.98}{2} \right| = 0.1\%$$

$$\text{Dla przesunięcia fazy: } \left| \frac{45 - 45.73}{45} \right| = 0.162\%$$

Warto również zaznaczyć, że oscyloskop posiada więcej narzędzi, do mierzenia nawet najmniejszych zmian sygnału, np automatyczne obliczanie średniej i odchylenia standardowego mierzonej wartości w danym zakresie czasu.

Przy obliczaniu częstotliwości dudnień błąd wyników moich pomiarów w stosunku do obliczonych analitycznie "idealnych" częstotliwości był mniejszy niż 0.05%.

$$\left| \frac{1.025 - 1.02459}{1.025} \right| = 0.04\%$$

$$\left| \frac{50 - 49.975012}{50} \right| = 0.049976\%$$

Notatki z zeszytu laboratoryjnego

Poniżej załączone są notatki z zeszytu laboratoryjnego, które prowadziłem podczas zajęć wykonując pomiary.

ĆWICZENIE 1.
15 MAR

\sim	}	3 kHz	2 Vpp
\sim			
\sim			
\sim 2		3 kHz	3 Vpp
\sim 2		2 kHz	2 Vpp

POMIARY

pom 1 — działkami

skala

$$V = 2 V$$

$$t = 1 ms$$

w jednej dziurce czasu
trzy przebiegi

pom 2a — kursory

$$\text{cursor a} \approx 1 V$$

$$\text{cursor b} \approx -1 V$$

$$\text{amp } 2 V_{pp}$$

pom 2b — obydwa kursory na 0V

$$a \quad 0.000 s$$

$$b \quad 333 \mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{333 \cdot 10^{-6}} \approx 3 kHz$$

pom 3 — funkcja measure

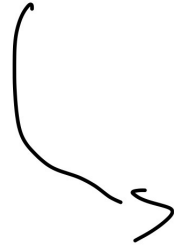
Amp 1.98 V
Freq 3.01 kHz

PRZESUNIĘCIE
FAZOWE

Wszystko na \sim 3 kHz
2 Vp

45° na gen.
na CH1

kursory i measure



ustawienie 1 kanału 1 okna 360°
mierzenie na kanale 2

LISSAJOUS

Krywa 1

5 kHz , 6 kHz

roznica faz 0°

Krywa 2

4 kHz , 3 kHz

roznica faz 180°

Krywa 3

2 kHz , 5 kHz

roznica faz 90°

Krywa 4

2 kHz , 3 kHz

120°

Krywa 5

1 kHz , 1 kHz

90°

Krywa 6

17 kHz , 21 kHz

6°

PODNIENIA

1 kHz , 1.05 kHz

2 Vpp , 2 Vpp

Suma sygnałów



$$T_d = \frac{1}{f_d} = 20 \text{ ms}$$

$$T_w = \frac{1}{f_w} = 976 \text{ } \mu\text{s}$$

$$f_d = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$f_w = \frac{f_1 - f_2}{2}$$