

LAB 09 PPOM

1. Opisz, w jaki sposób można zmierzyć częstotliwość sygnału za pomocą oscyloskopu cyfrowego.

Można to zrobić doprowadzając do oscyloskopu badany sygnał i ustawiając tryb linowej podstawy czasu – zmierzyć długość odcinka l_x odpowiadającego okresowi sygnału, a następnie pomnożyć przez stałą C_x :

2. Przy ustawionej podstawie czasu 1 ms/dz na ekranie oscyloskopu zaobserwowano sygnał jak na rysunku:



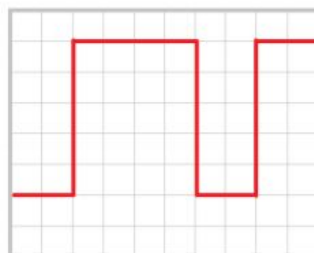
Wyznacz częstotliwość sygnału oraz błąd graniczny (względny i bezwzględny) pomiaru, wiedząc że względny błąd graniczny wyraża się następującą zależnością: $\delta_g f_x = 3\% + 0,1 \text{ dz} / l_x \cdot 100\%$ gdzie l_x – długość mierzonego odcinka.

$$C_x = 1 \text{ ms/dz} \quad L_x = 4 \text{ dz} \quad T = 1 \text{ ms/dz} \cdot 4 \text{ dz} = 4 \text{ ms} \quad f = 250 \text{ Hz}$$

$$\delta_g f_x = 3\% + (0,1 \text{ dz} / l_x) \cdot 100\% = 3\% + 2,5\% = 5,5\% = 6\%$$

$$\Delta_g f_x = 5,5\% \cdot 250 \text{ Hz} = 13,75 \text{ Hz}$$

3. Przy ustawionej podstawie czasu 1 ms/dz na ekranie oscyloskopu obserwowany jest sygnał jak na rysunku:



Wyznacz współczynnik wypełnienia przedstawionego sygnału oraz względny błąd graniczny pomiaru tego parametru przy założeniu, że błąd graniczny pomiaru odcinka czasu jest określony zależnością

$$\delta_g t_x = \left(50 \text{ ppm} + \frac{0,1 \text{ dz}}{l_x} \right) \cdot 100\%$$

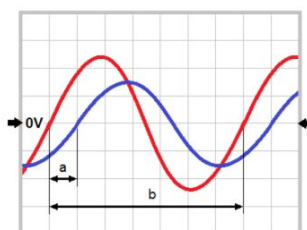
Przyjmij, że podczas pomiaru nie jest zmieniana podstawa czasu oscyloskopu.

$$C_x = 1 \text{ ms/dz} \quad \varepsilon = \tau / T = (4 \text{ dz} \cdot 1 \text{ ms/dz}) / (6 \text{ dz} \cdot 1 \text{ ms/dz}) = 2/3$$

$$\delta_{gt_x} = (50 \text{ ppm} + (0,1 \text{ dz} / 4) \cdot 100\%) + (50 \text{ ppm} + (0,1 \text{ dz} / 6) \cdot 100\%) = 2,505\% + 1,7\% = 4,2\% = 5\%$$

4. Opisz, w jaki sposób można zmierzyć przesunięcie fazowe pomiędzy dwoma sygnałami za pomocą oscyloskopu dwukanałowego.

Do dwóch kanałów należy doprowadzić sygnały i na uzyskanym obrazie zmierzyć odcinki a i b tak jak na rysunku. Przy wyznaczaniu przesunięcia fazowego metodą pomiaru długości odcinków poziomy zera (poziomy odniesienia) dla obu kanałów oscyloskopu powinny być zgodne. Odcinek a odpowiada różnicy położenia punktów przejścia przez zero zboczy narastających (lub opadających). Odcinek b odpowiada okresowi obu sygnałów.



$$\phi = (a / b) \cdot 360^\circ$$

5. Na wyjściach dwóch niezależnych (niezsynchronizowanych) źródeł uzyskano sygnały o tym samym kształcie oraz nominalnie tej samej częstotliwości i amplitudzie. Czy jest możliwy pomiar przesunięcia fazowego pomiędzy tymi sygnałami za pomocą oscyloskopu dwukanałowego? Odpowiedź uzasadnij.

Pomiar przesunięcia fazowego jest możliwy, ponieważ mają taką samą częstotliwość.

6. Przy jakiej wartości podstawy czasu oscyloskopu (1 $\mu\text{s}/\text{dz}$ czy 2 $\mu\text{s}/\text{dz}$) okres sygnału o częstotliwości $f = 1/6 \text{ MHz}$ można zmierzyć z mniejszym względnym błędem granicznym metodą pomiaru długości odcinka? Ekran oscyloskopu w poziomie podzielony jest na 10 działek. Przyjmij następującą zależność na błąd graniczny pomiaru okresu oscyloskopem:

$$\delta_g T_x = 3\% + \frac{0,1 \text{ dz}}{l_x} \cdot 100\%$$

$$f = 1/6 \text{ MHz} \quad T = 6 \cdot 10^{-6} \mu\text{s}$$

$$1) C_x = 1 \mu\text{s}/\text{dz} \quad L_x = 6 \text{ dz} \\ \delta_g T_x = 3\% + 1,66\% = 4,66\% = 5\%$$

$$2) C_x = 2 \mu\text{s}/\text{dz} \quad L_x = 3 \text{ dz} \\ \delta_g T_x = 3\% + 3,33\% = 6,33\% = 7\%$$

Zatem mniejszy błąd otrzymamy dla podstawy czasu 1 $\mu\text{s}/\text{dz}$

7. Wyprowadź wzór na błąd graniczny pomiaru oscyloskopem (metodą pomiaru długości odcinków) współczynnika wypełnienia ε sygnału prostokątnego zdefiniowanego następującymi

zależnościami:

a) $\varepsilon = \tau / T$

b) $\varepsilon = \tau / (t + \tau)$

Przyjmij, że podczas pomiarów nie jest zmieniana podstawa czasu oscyloskopu.

8. Wyprowadź wzór na błąd graniczny względny pomiaru oscyloskopem (metodą pomiaru długości odcinków) przesunięcia fazowego dwóch sygnałów sinusoidalnych przesuniętych w fazie. Przyjmij, że podczas pomiarów nie jest zmieniana podstawa czasu oscyloskopu.

9. Jaka jest rola wewnętrznego wzorca częstotliwości w częstotliwościomierzu cyfrowym?

Rolą wewnętrznego wzorca częstotliwości w częstotliwościomierzu cyfrowym jest umożliwienie pomiaru badanej częstotliwości poprzez sterowanie otwarciem bramki, czyli odpowiednim zliczaniem impulsów sygnału badanego. Na podstawie zliczonych impulsów wyznaczana jest częstotliwość zgodnie z zależnością: $f_x = n/T_b$

10. Opisz ideę metody bezpośredniej pomiaru częstotliwości częstotliwościomierzem cyfrowym oraz przedstaw wyrażenie na błąd graniczny.

Metoda bezpośrednia polega na zliczaniu liczby n okresów przebiegu w czasie wzorcowego przedziału czasu T_b i określeniu częstotliwości bezpośrednio z zależności: $f = n/T_b$

Badany przebieg o nieznanej częstotliwości w wejściowych układach formujących kształtowany jest w ciąg impulsów prostokątnych o takiej samej częstotliwości. Generator wzorcowy wytwarza impuls prostokątny otwierający bramkę na czas T_b pomiaru. W czasie jej otwarcia licznik zlicza n impulsów mierzonego przebiegu o częstotliwości f .

Błąd pomiaru przedstawia się zależnością:

$$\delta_g f_x = \delta_g n + \delta_g f_w = \frac{1}{n} \cdot 100\% + \delta_g f_w = \frac{1}{f_x \cdot T_B} \cdot 100\% + \delta_g f_w$$

<http://circ.am.szczecin.pl/download/A8%20Metrologia%20-%20pomiar%20czasu%20i%20czestotliwosci.pdf>

11. Opisz ideę metody pośredniej pomiaru częstotliwości częstotliwościomierzem cyfrowym oraz przedstaw wyrażenie na błąd graniczny. Wyjaśnij różnicę pomiarem okresu oraz pomiarem okresu średniego.

W metodzie pośredniej pomiaru częstotliwości – w przeciwieństwie do metody bezpośredniej – bramka jest sterowana sygnałem prostokątnym ukształtowanym przez układ formujący UF, pobudzany sygnałem badanym (z wejścia WE). Sygnał z wyjścia układu formującego jest doprowadzany do zwartych wejść START i STOP układu sterującego US bramką B, co powoduje jej otwarcie na czas równy jednemu okresowi T_x sygnału badanego. W celu zwiększenia czasu otwarcia bramki (w zależności od wartości parametrów sygnału) częstotliwość sygnału badanego może być podzielona przez liczbę k , przy czym zwykle $k = 1, 10, 100, \dots$. W takim przypadku bramka jest otwierana na czas równy wielokrotności okresu $k \cdot T_x$. W czasie otwarcia bramki zliczane są impulsy sygnału o częstotliwości f_w pochodzącego z generatora wzorcowego. Liczba n impulsów zliczonych przez licznik L, jest określona zależnością:

$$n = k \cdot T_x \cdot f_w$$

Na podstawie liczby zliczonych impulsów oraz częstotliwości generatora wzorcowego wyznaczana jest wartość mierzonego okresu (gdy $k = 1$) lub okresu średniego (gdy $k = 10, 100, \dots$), a następnie – wartość częstotliwość sygnału.

Błąd graniczny pomiaru okresu można przestawić zależnością:

$$\delta_g T_x = \delta_g n + \delta_g f_w = \frac{1}{n} \cdot 100\% + \delta_g f_w = \frac{1}{k \cdot T_x \cdot f_w} \cdot 100\% + \delta_g f_w$$

Pomiar okresu średniego polega na pomiarze większej liczby okresów i podzielenie czasu ich trwania przez ilość mierzonych okresów. Ma to na celu zminimalizowanie błędu pomiaru.

12. Przyjmując, że częstotliwość wzorca jest równa f_w i pomijając jej niestabilność, wyznacz wartość częstotliwości mierzonej f_x , dla której graniczny błąd pomiaru częstotliwości metodą bezpośrednią przy czasie otwarcia bramki $T_B = m \cdot T_w$, gdzie $T_w = 1 / f_w$, jest mniejszy od błędu pomiaru metodą pośrednią (poprzez pomiar okresu średniego ze współczynnikiem k).

$$\begin{aligned} \delta_g f_x &= \delta_g T_x \\ (1/n) \cdot 100\% &= (1/n) \cdot 100\% \\ f_x T_w &= k T_x f_w \\ f_x / T_x &= k f_w / T_w \quad (?) \\ f_x &= \sqrt{k \cdot (f_w)^2} \leftarrow \text{dla częstotliwości większych od tej błąd pomiaru metodą bezpośrednią jest większy} \end{aligned}$$

13. W jakich przypadkach (dla jakich wartości częstotliwości) powinno się stosować pomiar częstotliwości metodą bezpośrednią, a dla jakich metodą pośrednią?

Metodę bezpośrednią powinno się stosować dla dużych częstotliwości, ponieważ wtedy błąd pomiaru jest mniejszy, dla małych częstotliwości błąd ten wzrasta, zgodnie ze wzorem:

$$\delta_g f_x = \delta_g n + \delta_g f_w = \frac{1}{n} \cdot 100\% + \delta_g f_w = \frac{1}{f_x \cdot T_B} \cdot 100\% + \delta_g f_w \quad \leftarrow \text{im mniejsze 'n' tym większy błąd pomiaru}$$

Natomiast metodę pośrednią powinno się stosować przeciwnie – dla małych częstotliwości, zgodnie ze

wzorem $\delta_g T_x = \delta_g n + \delta_g f_w = \frac{1}{n} \cdot 100\% + \delta_g f_w = \frac{1}{k \cdot T_x \cdot f_w} \cdot 100\% + \delta_g f_w$, ponieważ wielkość T_x jest odwrotnością częstotliwości, więc im częstotliwość mniejsza tym T_x większe, więc błąd maleje.

14. Częstościomierz cyfrowy w trybie zliczania impulsów sygnału we wzorcowym przedziale czasu dokonał zliczenia 2500 impulsów dla czasu otwarcia bramki równego 2 s. Oblicz okres badanego przebiegu oraz błąd graniczny pomiaru okresu przy założeniu, że składnik błędu związany ze stabilnością wewnętrznego generatora wzorcowego jest pomijalnie mały.

$$n = 2500 \quad T_w = 2s \quad T_x = ?$$

$$f_x = n/T_w = 2500/2s = 1250 \text{ Hz}$$

$$T_x = 1/1250 \text{ Hz} = 0,0008s = 8 \text{ ms}$$

$$\delta_{g_x} = \delta_{g_{T_x}} = (1/n) \cdot 100\% = 0,04\%$$

15. Częstościomierzem cyfrowym w trybie zliczania impulsów sygnału we wzorcowym przedziale czasu dokonano dwukrotnego pomiaru częstotliwości sygnału badanego. W pierwszym pomiarze uzyskano 5000 impulsów w czasie 1 s, w drugim uzyskano 50002 impulsów w czasie 10 s. Który z pomiarów jest dokładniejszy? Odpowiedź uzasadnij.

$$n_1 = 5000 \quad t_1 = 1s \quad n_2 = 50\,002 \quad t_2 = 10s$$

$$\delta_{g_{x1}} = 1/n \cdot 100\% = 0,02\% \quad (\text{plus błąd generatora})$$

$$\delta_{g_{x2}} = 1/n \cdot 100\% = 0,002\% \quad (\text{plus błąd generatora})$$

Zatem drugi pomiar jest bardziej dokładny.

16. Dla jakiej wartości współczynnika podziału częstotliwości k pomiar sygnału okresowego o częstotliwości 10 kHz metodą pomiaru okresu średniego obarczony jest błędem granicznym nie większym niż 10^{-4} ? Częstotliwość sygnału wzorcowego wynosi 10 MHz natomiast niestałość tej częstotliwości wyrażona jest względnym błędem granicznym o wartości 10^{-7} .

$$f_x = 10 \text{ kHz} \quad f_w = 10 \text{ MHz}$$

$$\delta_{g_{T_x}} = \delta_{g_n} + \delta_{g_{f_w}} = \frac{1}{n} \cdot 100\% + \delta_{g_{f_w}} = \frac{1}{k \cdot T_x \cdot f_w} \cdot 100\% + \delta_{g_{f_w}}$$

$$10^{-4} = [1/(k \cdot 10^{-4}s \cdot 10^7)] + 10^{-7}$$

$$10^{-4} = 1/(k \cdot 10^3) + 10^{-7}$$

$$0,1 = 1/k + 10^{-4}$$

$$0,1 - 0,0001 = 1/k$$

$$1/k = 0,0999$$

$$k = 10000/999 = 11 \leftarrow \text{dla większych } k \text{ błąd ten jest nie większy niż } 10^{-4}$$

17. Jak długo musiałby trwać pomiar sygnału o częstotliwości 10 kHz metodą bezpośrednią za pomocą częstościomierza cyfrowego, aby składnik związany z względną niestałością częstotliwości generatora wzorcowego równy 10^{-7} stanowił połowę całkowitego błędu granicznego pomiaru?