

<b>INSTYTUT SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH</b> <b>WYDZIAŁ ELEKTRONIKI WAT</b> <b>Zakład Systemów Informacyjno-Pomiarowych</b>	
<b>Metrologia i Systemy Pomiarowe</b>	
<b>PROTOKÓŁ POMIAROWY</b>	
<b>Ćwiczenie nr 2</b> <b>Temat: GENERATORY POMIAROWE I CZĘSTOŚCIOMIERZE</b>	
<b>Grupa:</b> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <b>Zespół w składzie:</b> 1. 2. 3.	<b>Data wykonania ćwiczenia:</b> ..... <hr/> <b>Prowadzący ćwiczenie:</b> .....

Tabela. 1. Wykaz przyrządów na stanowisku

Lp.	Nazwa przyrządu	Typ	Producent
1.	Generator analogowy		
2.	Generator cyfrowy		
3.	Częstościomierz		
4.	Częstościomierz		
5.	Częstościomierz		
6.	Oscyloskop		
7.	Multimetr		

Tab. 2. Wykaz parametrów wykorzystywanych częstościomierzy cyfrowych

Parametr	Protek U2000A	Hameg HM8123	Hewlett-Packard 53131A	Hewlett-Packard 53132A	Keysight 53220A
Zakres pomiaru częstotliwości	0,1 Hz ÷ 100 MHz	0,1 mHz ÷ 3 GHz	0,1 Hz ÷ 225 MHz	0,1 Hz ÷ 225 MHz	1 mHz ÷ 350 MHz
Zakres pomiaru okresu	0,5 μs ÷ 0,2 s	5 ns ÷ 10000 s	4,44 ns ÷ 10 s	4,44 ns ÷ 10 s	2,8 ns ÷ 1000 s
Niepewność wzorca częstotliwości $\delta_B$	$5 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Czas otwarcia bramki $t_B$	0,01/0,1/1/10 s	1 ms ÷ 65 s	1 ms ÷ 1000 s	1 ms ÷ 1000 s	0,1 ms ÷ 1000 s
Rozdzielczość pomiaru czasu $t_{res}$	-	12,5 ns	350 ps	100 ps	100 ps

# 1. Badanie analogowego generatora akustycznego

## 1.1. Charakterystyka ogólna badanego generatora

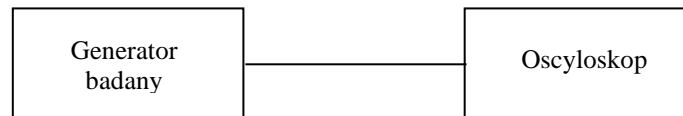
Na podstawie obserwacji płyty czołowej przyrządu, karty katalogowej i wskazówek prowadzącego sporządzić wykaz podstawowych parametrów badanego generatora funkcji.

Tabela. 3. Zestawienie podstawowych parametrów analogowego generatora akustycznego

Typ generatora	
Zakres częstotliwości	
Sposób regulacji częstotliwości	
Zakres napięcia wyjściowego	
Sposób regulacji napięcia wyjściowego	
$R_{wy}$	
Kształt generowanego napięcia	

## 1.2. Analiza jakościowa kształtów generowanych sygnałów

Połączyć układ pomiarowy jak na rys. 1. Za pomocą oscyloskopu dokonać obserwacji sygnałów z generatora o różnych kształtach i naszkicować ich oscylogramy w tab. 4.

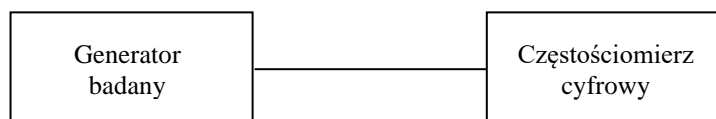


Rys. 1. Schemat układu do obserwacji generowanych sygnałów.

Tabela. 4. Oscylogramy przebiegów czasowych sygnału z generatora

Sygnał sinusoidalny		Sygnał prostokątny	

## 1.3. Sprawdzenie skalowania regulatorów częstotliwości generatora



Rys. 2. Schemat układu do sprawdzenia skalowania regulatorów częstotliwości.

### Wykonanie pomiarów:

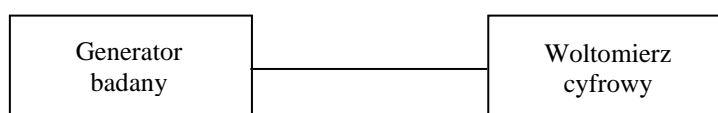
- Połączyć układ pomiarowy zgodnie z rys. 2.

- Wybrać sygnał sinusoidalny o dowolnym poziomie napięcia wyjściowego.
- Zmierzyć za pomocą częstotliciemierza podane w tab. 5 wartości częstotliwości generatora  $f_{gen}$  na zadanych podzakresach. Wyniki pomiarów  $f_m$  zanotować w tab. 5.

Tabela. 5. Wyniki pomiarów częstotliwości sygnału z generatora

Zakres		x 1 Hz			
$f_{gen}$	Hz	10	20	50	100
$f_m$	Hz				
Zakres		x 10 Hz			
$f_{gen}$	Hz	100	200	500	1000
$f_m$	Hz				
Zakres		x 100 Hz			
$f_{gen}$	kHz	1	2	5	10
$f_m$	kHz				
Zakres		x 1 kHz			
$f_{gen}$	kHz	10	20	50	100
$f_m$	kHz				
Zakres		x 10 kHz			
$f_{gen}$	kHz	100	200	500	1000
$f_m$	kHz				

#### 1.4. Sprawdzenie regulatorów napięcia generatora



Rys. 3. Schemat układu do pomiaru napięcia wyjściowego generatora.

#### Wykonanie pomiarów:

- Połączyć układ pomiarowy zgodnie z rys. 3.
- Wybrać sygnał sinusoidalny, ustawić częstotliwość 1 kHz oraz dzielnik 0 dB.
- Zmierzyć minimalną  $U_{min}$  i maksymalną  $U_{max}$  wartość napięcia z generatora dla sygnału sinusoidalnego i prostokątnego. Wyniki zanotować w tab. 6.

Tabela. 6. Wyniki pomiarów napięcia sygnału generatora

Kształt sygnału		sinusoidalny	prostokątny
$U_{min}$	$V_{rms}$		
$U_{max}$	$V_{rms}$		

## 1.5. Sprawdzenie współczynnika podziału tłumika napięcia wyjściowego generatora

### Wykonanie pomiarów:

- Układ pomiarowy zgodnie z rys. 3.
- Ustawić sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz, tłumienie 0 dB oraz pokrętko płynnej regulacji napięcia w położeniu środkowym.
- Zmierzyć napięcie wyjściowego generatora za pomocą woltomierza cyfrowego  $U_{mC}$  dla wszystkich dostępnych wartości współczynnika podziału tłumika  $k$ . Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 7.

Tabela. 7. Wyniki pomiarów napięcia sygnału generatora przy zmianie współczynnika podziału tłumika

$k$	dB	0	-10	-20	-30	-40	-50
$U_{mC}$	$V_{rms}$						

## 1.6. Sprawdzenie wpływu zmiany częstotliwości na napięcie wyjściowe generatora

### Wykonanie pomiarów:

- Układ pomiarowy zgodnie z rys. 3.
- Dla sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 1 kHz, przy dzielniku 0 dB ustawić wartość skuteczną napięcia wyjściowego generatora ok. 1  $V_{rms}$  na podstawie wskazania woltomierza.
- Zapisać zmierzoną woltomierzem wartość skuteczną napięcia generatora  $U_{mC}$  dla częstotliwości 1 kHz w tabeli 8.
- Zmierzyć za pomocą woltomierza wartość skuteczną napięcia wyjściowego  $U_{mC}$  generatora przy zadanych w tab. 8 wartościach częstotliwości  $f_{gen}$ . Wyniki zanotować w tab. 8.

Tabela. 8. Wyniki pomiarów napięcia sygnału generatora przy zmianie częstotliwości

$f_{gen}$	Hz	1k	50	500	5k	10k	20k	50k	100k
$U_{mC}$	$V_{rms}$								

## 2. Badanie generatora cyfrowego

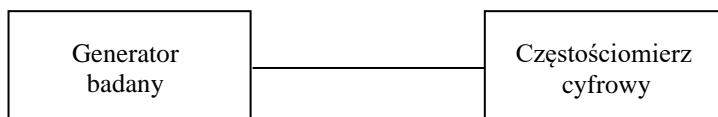
### 2.1. Charakterystyka ogólna badanego generatora

Na podstawie obserwacji płyty czołowej przyrządu, karty katalogowej i wskazówek prowadzącego sporządzić wykaz podstawowych parametrów badanego generatora.

Tabela. 9. Zestawienie podstawowych parametrów generatora cyfrowego

Typ generatora	
Zakres częstotliwości	
Dokładność nastawy częstotliwości	
Zakres napięcia wyjściowego	
$R_{wy}$	
Kształt generowanego napięcia	
Liczba kanałów	

## 2.2. Sprawdzenie parametrów częstotliwościowych generatora



Rys. 4. Schemat układu do sprawdzenia parametrów częstotliwościowych generatora.

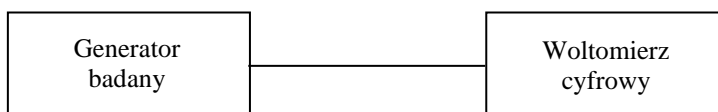
### Wykonanie pomiarów:

- Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 4.
- Ustawić sygnał sinusoidalny o wartości międzyszczytowej 2 V oraz częstotliwości  $f_{gen}$  zgodnie z wartościami podanymi w tabeli 10.
- Zmierzyć częstościomierzem wartości częstotliwości sygnału z generatora  $f_m$ . Wyniki zapisać w tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki pomiarów częstotliwości sygnału generatora

$f_{gen}$	Hz	10	99	1876	15,43 kHz
$f_m$	Hz				
$f_{gen}$	Hz	102 kHz	583 kHz	1 MHz	15 MHz
$f_m$	Hz				

## 2.3. Sprawdzenie parametrów napięciowych generatora



Rys. 5. Schemat układu do pomiaru napięcia wyjściowego generatora.

### Wykonanie pomiarów:

- Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 5.
- Ustawić sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz.
- Ustawić w generatorze zakładaną impedancję obciążenia równą **50 Ω**.
- Ustawić kolejno wartości skuteczne napięcia sygnału generatora  $U_{rms}$  zgodnie z tabelą 11 i dokonać odczytu wskazania woltomierza cyfrowego  $U_{mc}$  i wynik zapisać w tabeli 11.
- Zmienić wartość zakładanej impedancji obciążenia na **HighZ**.
- Powtórzyć pomiary napięcia sygnału generatora i wyniki zapisać w tabeli 11.

Tabela 11. Wyniki pomiarów napięcia sygnału generatora przy zmianie obciążenia

L.p.	$U_{rms}$	Impedancja obciążenia	
	V	50 Ω	HighZ
1.	0,1		
2.	1,5		
3.	2,5		
$U_{mc}$ [V]			

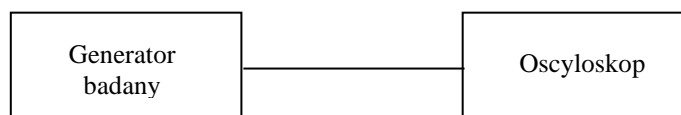
- Dla trzech kształtów podstawowych sygnału: sinus, trójkąt, prostokąt sprawdzić wartości minimalne  $U_{min}$  i maksymalne  $U_{max}$  napięcia wyjściowego generatora na woltomierzu cyfrowym.
- Wyniki zapisać w tabeli 12.

Tabela 12. Wyniki pomiarów zakresu napięcia sygnału generatora

<i>Kształt sygnału</i>		sinus	trójkąt	prostokąt
$U_{min}$	mV <sub>rms</sub>			
$U_{max}$	V <sub>rms</sub>			

#### 2.4. Obserwacja różnych kształtów generowanych sygnałów

Połączyć układ pomiarowy jak na rys. 6. Dokonać obserwacji przebiegów sygnałów generatora o różnych kształtach podstawowych i arbitralnych, naszkicować ich oscylogramy w tab. 13. Sprawdzić różnicę między sygnałem prostokątnym a impulsowym.



Rys. 6. Schemat układu do obserwacji generowanych sygnałów.

Tabela 13. Oscylogramy przebiegów czasowych sygnału z generatora cyfrowego

Sinus		Prostokąt, Duty = 50 %		Prostokąt, Duty = 20 %	
Trójkąt, Symmetry = 50 %		Trójkąt, Symmetry = 0 %			

## 2.5. Generacja sygnału arbitralnego zdefiniowanego przez użytkownika

Układ pomiarowy taki sam jak w punkcie 2.4.

Z pomocą prowadzącego zapoznać się z możliwością definiowania przebiegu arbitralnego. Następnie zdefiniować własny przebieg dziesięciopunktowy. W tabeli 14 zapisać ustawione wartości parametrów sygnału oraz wartości poszczególnych próbek sygnału.

Tabela. 14. Parametry zdefiniowanego sygnału oraz jego oscylogram

Sample Rate		Oscylogram zdefiniowanego sygnału	
High level			
Low level			
Nr próbki	U [V]		
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Znaleźć stabilny oscylogram zdefiniowanego przebiegu i naszkicować go w tab. 14. Za pomocą oscyloskopu zmierzyć częstotliwość i wartość międzyszczytową sygnału:

$$f = \dots\dots\dots, U_{pp} = \dots\dots\dots$$

Spróbować zmienić parametry sygnału na generatorze. Obserwować zmiany oscylogramu na ekranie oscyloskopu. Zapisać spostrzeżenia:

.....

.....

.....

.....

## 3. Badanie częstotliwościomierzy cyfrowych

### 3.1. Pomiar częstotliwości częstotliwościomierzem Protek U2000A

#### Wykonanie pomiarów:

- Podłączyć wyjście generatora do kanału A częstotliwościomierza Protek U2000A.
- Na generatorze ustawić sygnał sinusoidalny o wartości międzyszczytowej 2 V i częstotliwościach zadanych w tab. 15.
- Zmierzyć częstotliwość sygnału badanego metodą bezpośrednią przy różnych czasach otwarcia bramki  $t_B$ .
- Następnie wykonać pomiar częstotliwości sygnału metodą pośrednią (poprzez pomiar okresu) ustawiając czas pomiaru równy 1 okresowi i 10 okresom.
- Wyniki zanotować w tab. 15. Zapisać wszystkie cyfry wskazania przyrządu.

Tabela 15. Wyniki pomiaru częstotliwości przyrządem Protek U2000A

$f_x$	Hz	5	500	50 k	500 k	5 M
<i>Pomiary bezpośrednie częstotliwości</i>						
$t_B = 0,1 \text{ s}$	$f_w$	kHz				
$t_B = 1 \text{ s}$	$f_w$	kHz				
$t_B = 10 \text{ s}$	$f_w$	kHz				
<i>Pomiary pośrednie częstotliwości</i>						
$1 \times T_x$	$T_w$	$\mu\text{s}$				
$10 \times T_x$	$T_w$	$\mu\text{s}$				

### 3.2. Pomiar częstotliwości częstotłomierzem Hameg HM8123

#### Wykonanie pomiarów:

- Podłączyć wyjście generatora do kanału A częstotłomierza Hameg HM8123.
- Na generatorze ustawić sygnał sinusoidalny o wartości międzyszczytowej 2 V i częstotliwościach zadanych w tab. 16.
- Zmierzyć częstotliwość sygnału badanego metodą bezpośrednią ustawiając czas otwarcia bramki zgodnie ze wskazówkami prowadzącego.
- Wyniki pomiarów częstotliwości oraz czasy otwarcia bramki zanotować w tab. 16. Zapisać wszystkie cyfry wskazania przyrządu.

Tabela 16. Wyniki pomiaru częstotliwości przyrządem Hameg HM8123

$f_x$	$f_w$	$t_B$
Hz	Hz	s
2		
20		
2 k		
200 k		
2 M		
20 M		

### 3.3. Pomiar częstotliwości częstotłomierzem HP53131A / HP53132A / Keysight 53220A

#### Wykonanie pomiarów:

- Podłączyć wyjście generatora do kanału 1 dostępnego na stanowisku częstotłomierza.
- Na generatorze ustawić sygnał sinusoidalny o wartości międzyszczytowej 2 V i częstotliwościach zadanych w tab. 17.
- Zmierzyć częstotliwość sygnału badanego metodą bezpośrednią ustawiając czas otwarcia bramki zgodnie ze wskazówkami prowadzącego.



- Wyniki pomiarów częstotliwości oraz czasy otwarcia bramki zanotować w tab. 17. Zapisać wszystkie cyfry wskazania przyrządu.

Tabela 17. Wyniki pomiaru częstotliwości przyrządem .....

$f_x$	$f_w$	$t_B$
Hz	Hz	s
5		
50		
5 k		
500 k		
5 M		
30 M		

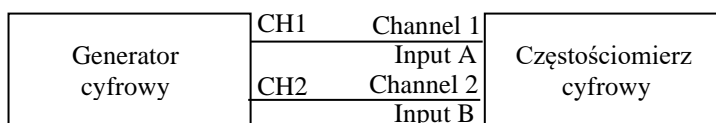
### 3.4. Pomiar parametrów czasowych sygnałów impulsowych

Wykorzystując wskazany przez prowadzącego częstościomierz cyfrowy przeprowadzić pomiar parametrów czasowych sygnału impulsowego z generatora cyfrowego. Ustawić parametry sygnału z generatora zgodnie z poleceniem prowadzącego. Za pomocą częstościomierza mierzyć okres (T), czas trwania impulsu ( $t_i$ ) oraz współczynnik wypełnienia (D) sygnału z generatora.

Tabela 18. Wyniki pomiarów parametrów czasowych sygnałów impulsowych

	$U_{pp} = \dots\dots\dots$		Częstościomierz:.....			Obliczenia
Lp.	$f_{gen}$	$D_{gen} [\%]$	T	$t_i$	D [%]	$D_{obl} [\%]$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

### 3.5. Pomiar przesunięcia fazowego



Rys. 7. Schemat układu do pomiaru przesunięcia fazowego

**Wykonanie pomiarów:**

- Połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z rys. 7 wykorzystując wskazany przez prowadzącego częstotściomierz cyfrowy.
- Ustawić w obu kanałach generatora sygnały sinusoidalne o parametrach zadanych przez prowadzącego.
- Przeprowadzić pomiar przesunięcia fazowego sygnałów z generatora metodą bezpośrednią i pośrednią (poprzez pomiar okresu wybranego sygnału (T) oraz przesunięcia czasowego między sygnałami ( $t_x$ )).

Tabela 19. Wyniki pomiarów przesunięcia fazowego

	$U_{pp1} = U_{pp2} = \dots\dots$		Częstotściomierz:.....			Obliczenia
Lp.	$f_{gen}$	$\varphi_{gen} [^\circ]$	$\varphi [^\circ]$	T	$t_x$	$\varphi_{obl} [^\circ]$
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						