

Politechnika Łódzka

Katedra Przyrządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych

**WWW.DSOD.PL**

## **LABORATORIUM METROLOGII ELEKTRONICZNEJ**

### **ĆWICZENIE nr 3**

Zastosowanie oscyloskopu cyfrowego w pomiarach

Łódź 2010

---

---

**CEL ĆWICZENIA:**

---

---

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie się z obsługą współczesnych oscyloskopów cyfrowych oraz możliwościami zastosowania ich w pomiarach parametrów sygnałowych.

---

---

**SPECYFIKACJA APARATURY:**

---

---

W ćwiczeniu wykorzystana zostanie następująca aparatura pomiarowa oraz oprogramowanie:

**Aparatura**

1. Oscyloskop cyfrowy RIGOL DS1052E
2. Generator cyfrowy DDS DF1410
3. Zestaw wzorcowych źródeł referencyjnych częstotliwości

**Oprogramowanie:**

1. Program DATA4711 do sterowania generatorem DS1307
2. Program do obsługi oscyloskopu ULTRASCOPE FOR DS1000E
3. Program do generowania przebiegów sinusoidalnych LISSAJOUS
4. Arkusz kalkulacyjny z pakietu Office do przetwarzania danych z przyrządów pomiarowych

---

---

## PODSTAWY TEORETYCZNE

---

---

### WSTĘP

Oscyloskop cyfrowy, ze względu na użyteczność jest obecnie podstawowym narzędziem pomiarowym i diagnostycznym stosowanym w technice pomiarowej. Oscyloskopy wykorzystywane są w diagnostyce układów elektronicznych, jako przyrządy pomiarowe stosowane do określania parametrów sygnałowych oraz często jako rejestratory danych pomiarowych. Możliwość rejestracji oglądanych przebiegów, zapisywania ich w pamięciach nieulotnych oraz transmisji danych do komputerów powoduje, że oscyloskopy cyfrowe mogą zastępować konwencjonalne systemy akwizycji danych.

### PARAMETRY TECHNICZNE OSCYLOSKOPU CYFROWEGO

Podstawowym blokiem decydującym o parametrach technicznych i możliwościach oscyloskopu jest blok przetwarzania analogowo-cyfrowego (A/C). Częstotliwość przetwarzania A/C wyrażana jest w hertzach ( $\text{MHz}=10^6\text{Hz}$ ,  $\text{GHz}=10^9\text{Hz}$ ) lub jako liczba próbek na sekundę ( $\text{Sa/s}$ ;  $\text{S/s}$  z ang. Samples per second). We współczesnych oscyloskopach cyfrowych częstotliwości próbkowania nie są mniejsze niż  $100\text{MHz}$  ( $100\text{MSa/s}$ ). Największe wartości częstotliwości próbkowania w dostępnych na rynku oscyloskopach są na poziomie  $80\text{GHz}$  ( $80\text{Gsa/s}$ ). Z częstotliwością próbkowania ściśle związany jest parametr szerokości pasma przenoszenia określany jako częstotliwość graniczna pasma. Częstotliwość graniczna jest zawsze co najmniej kilka razy mniejsza niż częstotliwość próbkowania. W obecnych oscyloskopach typowe częstotliwości graniczne są w zakresie od  $20\text{MHz}$  do  $30\text{GHz}$ .

Wszystkie parametry techniczne oscyloskopu można podzielić na następujące grupy parametrów:

- parametry podstawy czasu oscyloskopu (ang. horizontal parameters),
- parametry wzmocnienia/czułości oscyloskopu (ang. vertical parameters),
- parametry systemu wyzwalania (ang. trigger system parameters);
- parametry akwizycji,
- punkcje pomiarowe,
- parametry użytkowe.

#### Parametry podstawy czasu:

- maksymalna częstotliwość próbkowania,
- długość rekordu pamięci do przechowywania próbek (MPts/CH; kPts/CH) wyrażana jako liczba punktów(próbek) na każdy kanał oscyloskopu,
- zakres regulacji podstawy czasu,
- typ regulacji podstawy czasu skokowa / ciągła,
- maksymalna długość przebiegu rejestrowanego z maksymalną częstotliwością próbkowania,
- opóźnienie wyzwalania przetworników A/C,
- zakres regulacji przesunięcia w kierunku poziomym.

#### Parametry wzmocnienia / czułości:

- liczba kanałów wejściowych,
- szerokość pasma użytecznego (tłumienie poniżej 3dB),
- impedancja wejściowa,
- rozdzielczość bitowa amplitudy,
- zakres regulacji wzmocnienia (czułości),
- zakres regulacji przesunięcia w kierunku pionowym (regulacja offsetu),
- typ regulacji wzmocnienia skokowa / ciągła,
- maksymalne napięcie wejściowe.

#### Parametry systemu wyzwalania (trigger):

- tryby wyzwalania automatyczny / manualny / jednorazowy,
- Sposoby wyzwalania zboczem, poziomem, stanem logicznym, szerokością impulsu, sygnałem video, sekwencją stanów logicznych, warunkiem algebraicznym sygnałów w różnych kanałach,
- typ składowej sygnału wyzwalającego DC, AC+DC, AC z filtracją,
- zakres regulacji położenia warunku wyzwalania w czasie,
- zakres regulacji czasu nieaktywności warunku wyzwalania (ang. holdoff),
- zakres czasu opóźnienia warunku wyzwalania,

#### Parametry akwizycji:

- tryb Sample akwizycja próbek bezpośrednio z przetwornika A/C,
- tryb PeakDetect akwizycja krótkotrwałych zmian sygnału,
- tryb Average akwizycja ciągów próbek uśrednionych,
- tryb Roll akwizycja ciągła z przewijaniem obrazu,
- tryb LowRES/HighRES akwizycja próbek z małą/dużą częstotliwością próbkowania.

#### Funkcje pomiarowe:

- dokładność i zakres regulacji kursorów pomiarowych,

- zestaw funkcji pomiarów automatycznych parametrów sygnałowych,
- tryby ograniczenia zakresu danych do pomiarów automatycznych,
- operatory i funkcje analizy matematycznej wykonywane na sygnałach.

Parametry użytkowe:

- rozmiar, rozdzielczość matrycy LCD oscyloskopu,
- szybkość odświeżania przebiegu,
- interfejsy komunikacyjne,
- typy zasilania bateryjne / sieciowe,
- funkcje dodatkowe autodiagnostyki, autokalibracji, itd.,
- protokół komunikacji SCPI.

W rozdziale „Uwagi końcowe” zamieszczone zostały parametry techniczne oscyloskopu używanego w ćwiczeniu.

## **ZASADA DZIAŁANIA OSCYLOSKOPU**

W celu wykonania rejestracji i zobrazowania przebiegu na ekranie oscyloskopu należy wykonać regulację nastaw oscyloskopu. W przypadku gdy znane są typowe parametry obserwowanego przebiegu (częstotliwość, amplituda) wówczas można dobrać ustawienia oscyloskopu tak aby uzyskać możliwie najlepsze zobrazowanie przebiegu. W tym celu należy wykonać regulację następujących nastaw:

### **1. Podstawa czasu (ang. horizontal scale)**

Regulacja podstawy czasu zmienia przedział czasu, w którym obserwowany jest przebieg. Zakres czasu obrazowanego przebiegu wynika z liczby działek (ang. skrót div) siatki podziałki oscyloskopu w kierunku OX pomnożonych przez nastawę podstawy czasu.

### **2. Wzmocnienie sygnału wejściowego (ang. vertical scale)**

Regulacja wzmocnienia sygnału zmienia wzmocnienie / tłumienie sygnału podawanego na wejście sygnałowe. Zakres zmian amplitudy obrazowanego sygnału równy jest iloczynowi liczby działek (ang. skrót div) w kierunku OY i nastawy wzmocnienia.

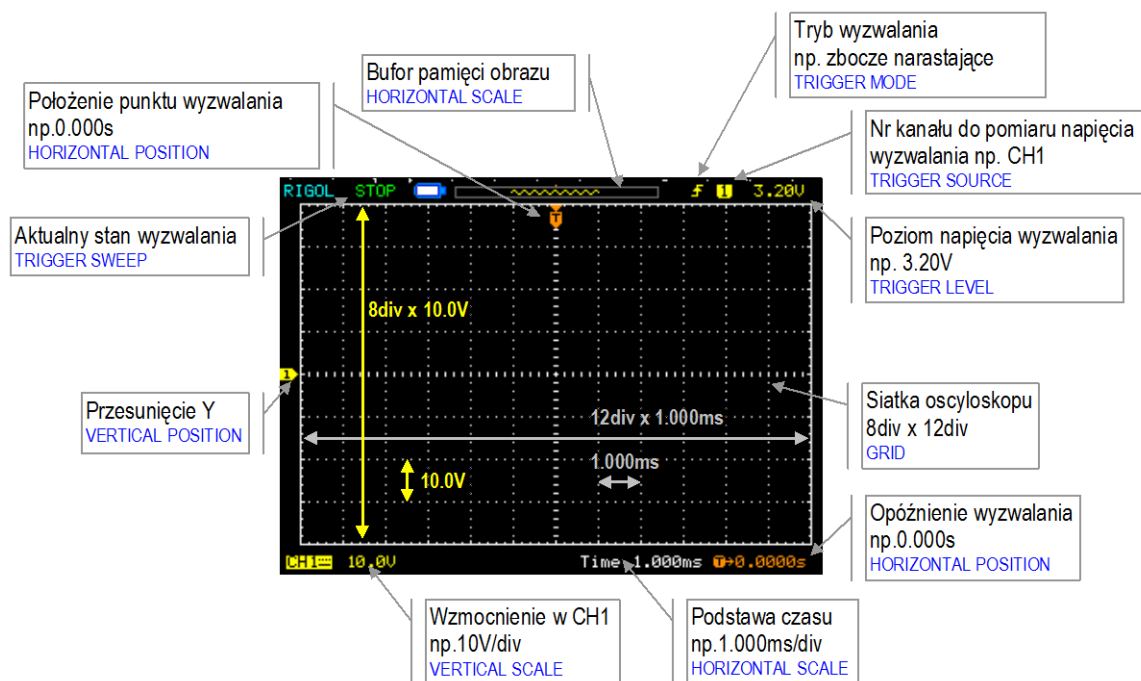
### **3. Tryb i parametry systemu wyzwalania (ang. trigger)**

Ustawienia systemu wyzwalania pozwalają w przypadku sygnałów okresowych uzyskać stabilne zobrazowanie przebiegu „zatrzymanie”, zaś w przypadku przebiegów nieokresowych lub przebiegów zawierających anomalie sygnałowe uchwycić i zobrazować odpowiednie fragmenty przebiegu. Poziom napięcia wyzwalania jest wartością progową, przy której następuje zarejestrowanie przebiegu i jego zobrazowanie. Źródłem sygnału wyzwalania może być

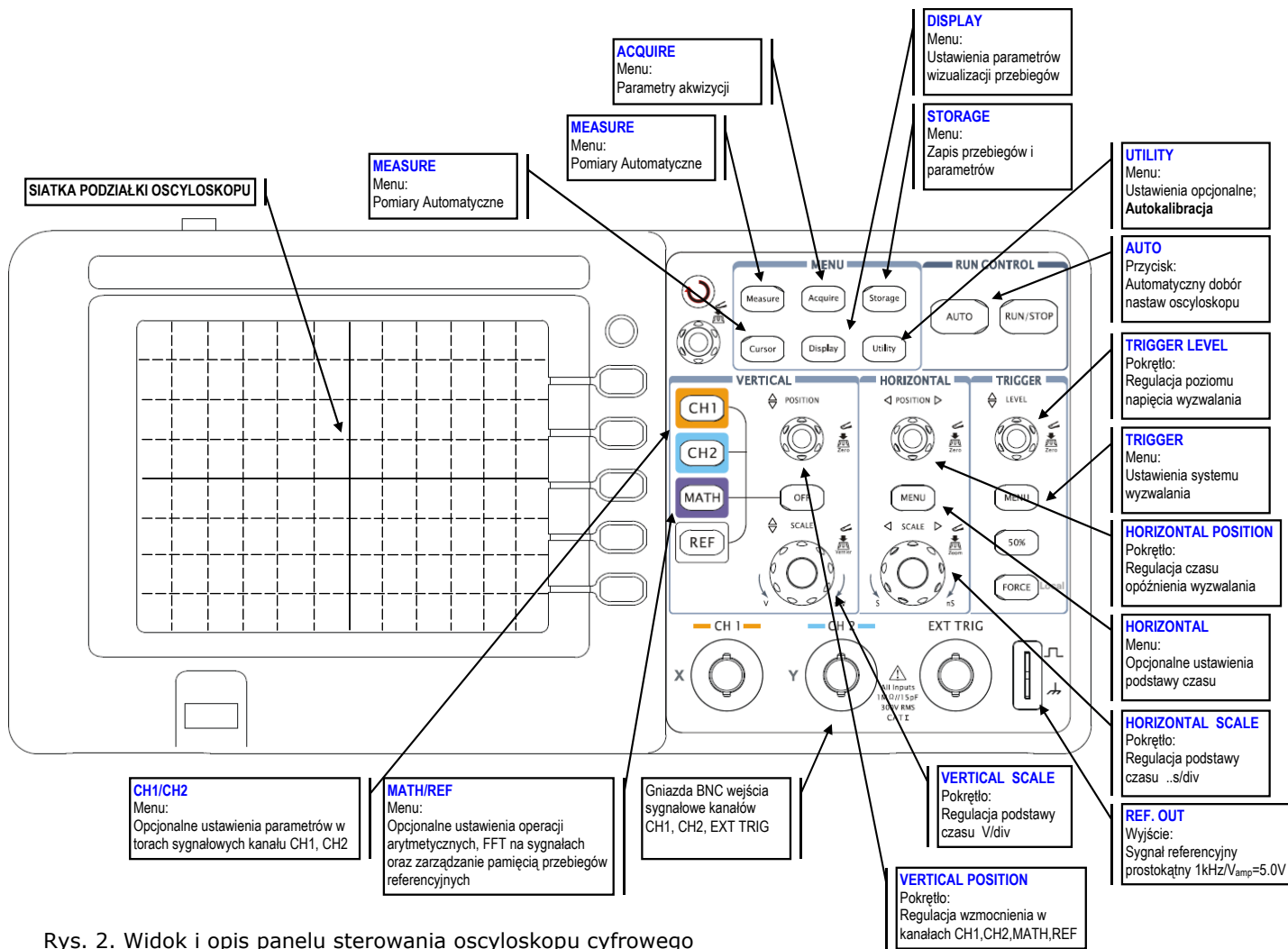
obrazowany przebieg lub sygnały pochodzące z innych kanałów i wejść sygnałowych (np. EXT TRIG – wejście zewnętrznego sygnału wyzwalającego). Warunek wyzwalania pozwala ustalić jakiego typu zmiana w sygnale wyzwalającym wywoła obrazowanie przebiegu. Warunkiem wyzwalania może być zbocze narastające lub opadające (ang. edge rise / fall), impuls, warunek algebraiczny większy niż / mniejszy niż / równy. Jeżeli ustalone są: poziom napięcia wyzwalania, źródło i warunek wyzwalania pozostaje określenie czy wyzwalanie ma nastąpić jednorazowo (tryb single / normal) czy ma być powtarzane automatycznie (tryb Auto) z określonym opóźnieniem (ang. Holdoff).

W przypadku jeżeli nie są znane lub trudne do określenia parametry obserwowanego przebiegu wówczas można skorzystać z funkcji automatycznego doboru nastaw oscyloskopu cyfrowego (funkcja AUTO).

Rozmieszenie pokręteł regulacyjnych oraz rozmieszczenie typowej informacji w oknie oscyloskopowym zilustrowane zostało na rysunkach 1 i 2. Na rysunkach na niebiesko zaznaczono opis anglojęzyczny zgodny z menu oscyloskopu.



Rys. 1. Widok typowego okna oscyloskopu, siatki podziałki oscyloskopowej i wartości nastaw i parametrów oscyloskopu.



Rys. 2. Widok i opis panelu sterowania oscyloskopu cyfrowego

## POMIARY OSCYLOSKOPOWE

### 1. Pomiar napięcia i parametrów sygnałów

W celu wykonania pomiaru napięcia oraz parametrów sygnałów należy podłączyć się do źródła sygnału stosując sondę napięciową bądź przewód sygnałowy zakończony wtykiem BNC. Następnie należy określić położenie odniesienia „zerowe” poprzez zwarcie wejścia do masy sygnałowej (GND) i regulację położenia przebiegu pokrętką **HORIZONTAL POSITION**. Zwarcie wejścia sygnałowego można wykonać poprzez włączenie opcji w menu **CH1/COUPLING->GND**. W dalszej kolejności poprzez zmianę nastaw podstawy czasu, wzmocnienia i ustawień wyzwalań dobrać możliwie najlepsze zobrazowanie przebiegu. Pomiar parametrów sygnału można wykonać trzema metodami:

- A) Poprzez bezpośrednie odczytanie wartości mierzonych parametrów sygnału z zastosowaniem siatki podziałki w oknie oscyloskopu (rys. 3). Siatka podziałki oscyloskopu dzieli równomiernie okno ekranu w obu kierunkach. W przypadku oscyloskopu stosowanego w ćwiczeniu siatka ma 8 działek (ang. skrót div) w kierunku pionowym oraz 12 działek (ang. skrót div) w kierunku poziomym. Znając nastawę wzmocnienia wyrażaną w V/działkę (ang. V/div) można określić wartość napięcia zgodnie z zależnością (1):

$$V_Y = n_{DY}[\text{div}] \cdot \text{Vertical}_{SCALE}[\text{V/div}] \quad (1)$$

Znając nastawę podstawy czasu wyrażaną w s/działkę (ang. s/div) można określić wartość czasu zgodnie z zależnością (2):

$$t_X = n_{DX}[\text{div}] \cdot \text{Horizontal}_{SCALE}[\text{s/div}] \quad (2)$$

gdzie:

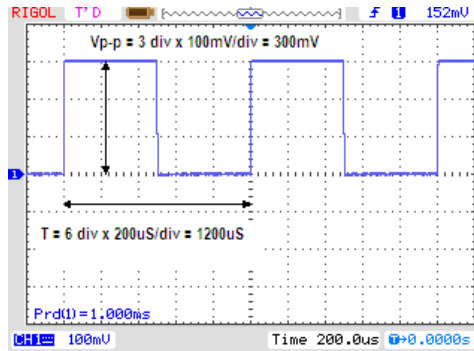
$n_{DX}$  – liczba działek określających wartość czasową mierzonego parametru w kierunku OX (oś czasu) [div]

$n_{DY}$  – liczba działek określających wartość amplitudową mierzonego parametru w kierunku OY (oś amplitudy) [div]

$\text{Horizontal}_{SCALE}$  – wartość nastawy podstawy czasu [s/div]

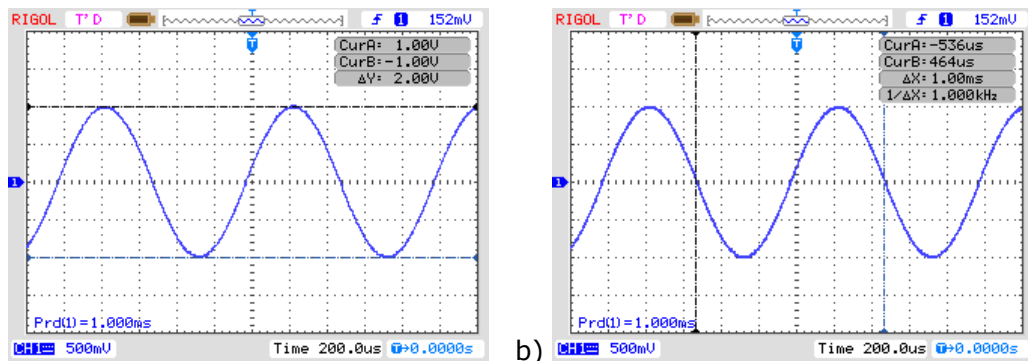
$\text{Vertical}_{SCALE}$  – wartość nastawy wzmocnienia [V/div]





Rys.3. Przykład pomiaru parametrów z zastosowaniem siatki podziałki oscyloskopowej

B) Wartość parametrów sygnału można odczytać korzystając z kursorów pomiarowych dostępnych z poziomu menu CURSOR. Dysponując dwoma kursorami (CurA, CurB) typu X i Y można ustawiając je w odpowiednich położeniach wykonać pomiar będący funkcją ich względnego położenia bądź różnicy położenia. Przykład pomiaru z użyciem kursorów pokazano na rysunku 4a i 4b.

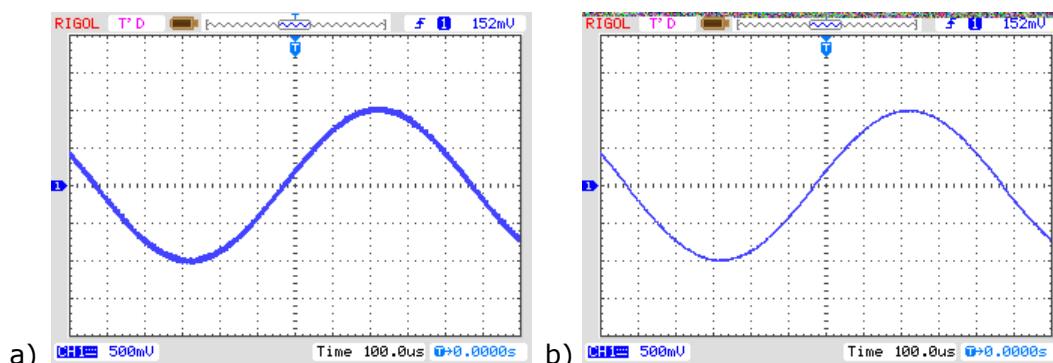


Rys. 4. a) Przykład pomiaru wartości międzyszczytowej  $V_{p-p}$  z zastosowaniem kursorów OY; b) Przykład pomiaru okresu  $T$  sygnału z zastosowaniem kursorów OX

C) Wartość parametrów sygnału można odczytać korzystając z funkcji pomiarów automatycznych dostępnych w menu MEASURE jeżeli w oscyloskopie zdefiniowana jest funkcja umożliwiająca pomiar wartości interesującego nas parametru. W większości oscyloskopów cyfrowych dostępne są następujące funkcje pomiaru: amplitudy ( $V_{AMP}$ ), amplitudy ( $V_{AMP}$ ), wartości międzyszczytowej ( $V_{p-p}$ ), wartości maksymalnej ( $V_{MAX}$ ), wartości minimalnej ( $V_{MIN}$ ), wartości średniej ( $V_{AVG}$ ), wartości skutecznej ( $V_{RMS}$ ), okresu ( $T_P$ ), częstotliwości ( $f$ ), czasu narastania ( $t_R$ ), czasu opadania ( $t_F$ ), szerokości impulsu w stanie niskim ( $t_L$ ), szerokości impulsu w stanie wysoki ( $t_W$ ), wypełnienia ( $C_D$ ), opóźnienia ( $t_D$ ).

Jeżeli przebieg jest zaszumiony lub zniekształcony zakłóceniami wówczas można zredukować poziom zakłóceń o charakterze losowym przełączając

akwizycję w tryb uśredniania **ACQUIRE/ACQUISITION->AVERAGE** z odpowiednią liczbą uśrednień. Przykład obrazowania z akwizycją w trybie **NORMAL** i **AVERAGE** przedstawione zostały na rysunku 5a i 5b.



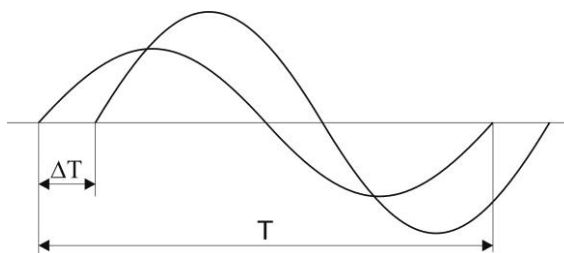
Rys.5. Obrazowanie przebiegu w trybie akwizycji a) NORMAL oraz w trybie b) AVERAGE (256 uśrednień)

## 2. Pomiar przesunięcia fazowego

Do podstawowych metod pomiaru przesunięcia fazowego między dwoma sygnałami harmonicznymi o tej samej częstotliwości należą:

- metoda przekształcania w przedział czasowy,
- metoda kompensacyjna,
- metoda elipsy.

**Metoda przekształcania** w przedział czasowy polega na określeniu charakterystycznych chwil czasowych osiągnięcia przez dwa sygnały określonej wartości, np. zera i wyznaczeniu ich różnicy. W przypadku zastosowania oscyloskopu dwukanałowego, metoda ta sprowadza się do pomiaru odległości pomiędzy punktami przecięcia osi czasu przez badane przebiegi (rys. 6).



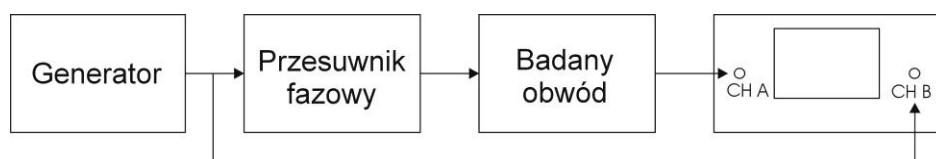
Rys. 6. Obraz oscyloskopowy przy pomiarze kąta przesunięcia fazowego metodą przekształcania w przedział czasowy  
Kąt przesunięcia fazowego oblicza się ze wzoru (3)

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta T}{T} , \quad (3)$$

gdzie:

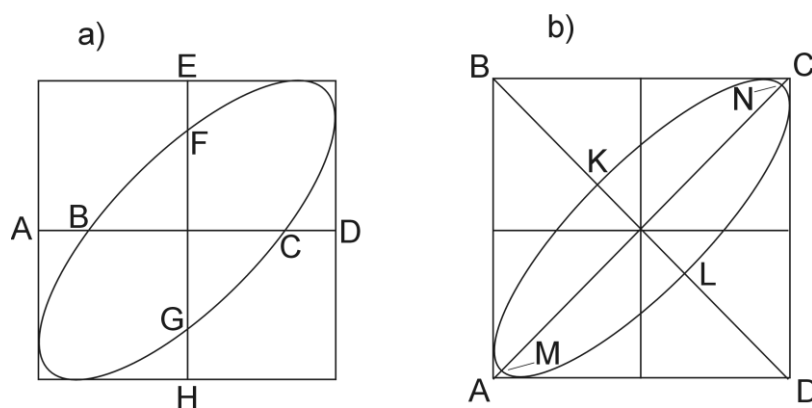
- $\Delta T$  - odstęp pomiędzy punktami przecięcia osi czasu przez oba sygnały,
- $T$  - długość odcinka odpowiadającego okresowi badanego sygnału.

**Metoda kompensacyjna** polega na kompensacji występującej różnicy faz między dwoma sygnałami harmonicznymi do zera lub dopełnienie do  $2\pi$  za pomocą kalibrowanego przesuwника fazowego. Oscyloskop pełni rolę wskaźnika skompensowania. Wartość kompensującego przesunięcia fazowego  $\alpha$  odczytuje się z podziałki na skali przesuwnika. W przypadku, gdy prosta uzyskana na ekranie dla stanu skompensowania jest nachylona w prawo, to mierzony kąt fazowy badanego układu  $\varphi = -\alpha$ , jeżeli prosta jest nachylona w lewą stronę, to  $\varphi = \pi - \alpha$ .

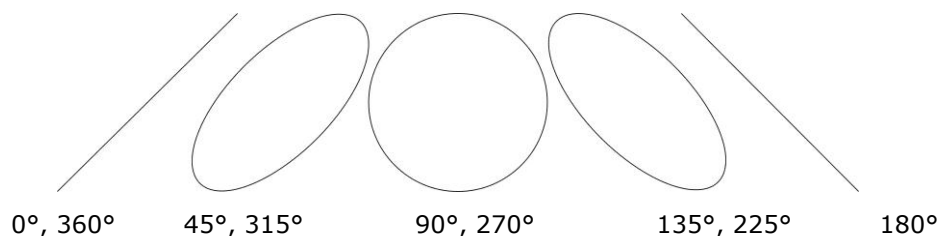


Rys. 7. Schemat blokowy układu do kompensacyjnego pomiaru przesunięcia fazowego

**Metoda elipsy** polega na pomiarze charakterystycznych wymiarów elipsy powstającej na ekranie oscyloskopu w wyniku ortogonalnego złożenia dwóch sygnałów harmonicznymi o tej samej częstotliwości doprowadzonych do dwóch kanałów oscyloskopu.



Rys. 8. Pomiar przesunięcia fazowego metodą elipsy dla kątów dużych (a) i dla kątów małych (b)



Rys. 9. Przykładowe obrazy X-Y przy różnych kątach fazowych

Na podstawie wymiarów odcinków na osi Y otrzymuje się:

$$\sin \varphi = \frac{FG}{EH}. \quad (4)$$

oraz na osi X:

$$\sin \varphi = \frac{BC}{AD}. \quad (5)$$

Wartość kąta przesunięcia fazowego  $\varphi$  oblicza się ze wzoru:

$$\varphi = \arcsin \frac{FG}{EH} = \arcsin \frac{BC}{AD} \quad (6)$$

Błąd względny pomiaru  $\delta\varphi$  obliczamy metodą różniczki zupełnej na podstawie zależności (9) przyjmując skończoną dokładność odczytu poszczególnych odcinków jako  $\Delta FG = \Delta EH = 0,1$  działki. Mamy wówczas:

$$\delta FG = \frac{\Delta FG}{FG} \cdot 100\% \quad (7)$$

$$\delta EH = \frac{\Delta EH}{EH} \cdot 100\% \quad (8)$$

oraz

$$\delta\varphi = \left| \frac{FG \cdot \delta FG}{EH \sqrt{1 - \left(\frac{FG}{EH}\right)^2} \arcsin \frac{FG}{EH}} \right| + \left| \frac{FG \cdot \delta EH}{EH \sqrt{1 - \left(\frac{FG}{EH}\right)^2} \arcsin \frac{FG}{EH}} \right| \quad (9)$$

Opisaną metodę wykorzystuje się do pomiaru dużych kątów  $\varphi > \frac{\pi}{3}$ .

Jeżeli kąt  $\varphi$  jest bardzo mały, dokładniejsze wyniki uzyskuje się przez wyznaczenie ilorazu obu półosi elipsy, tzn.

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{KL}{MN}, \quad (10)$$

zatem:

$$\varphi = 2 \cdot \operatorname{arctg} \frac{KL}{MN} \quad (11)$$

lub obliczenie według wzoru (oznaczenia jak na rysunku 8b).

$$\varphi = \arcsin \frac{KL}{AD} \frac{MN}{CD}. \quad (12)$$

Warunkiem, który musi być spełniony w metodzie elipsy jest równość amplitud wzdłuż obu osi, czyli  $AB = AD$ . Obie przedstawione metody wyznaczania kąta

fazowego metodą elipsy dają wyniki obarczone dość dużym (kilkuprocentowym) błędem, uwarunkowanym:

- 1) niedokładnością pomiaru odcinków na oscylogramie,
- 2) skończoną grubością linii obrazu na ekranie,
- 3) nieskompensowanymi, pasożytniczymi przesunięciami fazowymi,
- 4) niedokładnym ustawieniem równości amplitud.

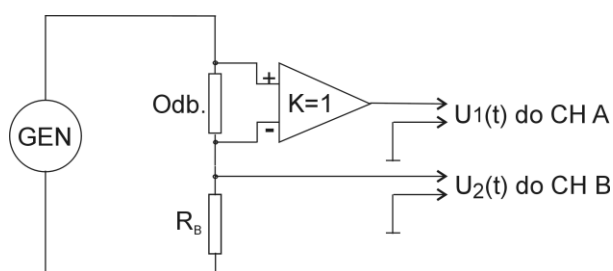
### 3. Oscyloskopowy pomiar mocy

Istnieje kilka metod pomiaru mocy o małych wartościach (rzędu mW) dla szerokiego zakresu częstotliwości, ograniczonego pasmem przenoszenia oscyloskopu. Są to przede wszystkim metody półmostkowe z zastosowaniem dodatkowego rezystora lub kondensatora. W takich przypadkach moc odbiornika wyznacza się na podstawie wartości powierzchni elipsy.

Nowoczesne oscyloskopy cyfrowe pozwalają na dokładniejszy pomiar małych mocy w szerokim zakresie częstotliwości. Wykorzystuje się w tym przypadku możliwość cyfrowego przetwarzania sygnałów przez oscyloskop. Moc można określić zgodnie z jej definicją, jako wartość średnia mocy chwilowej za okres zmian (13).

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt \quad (13)$$

Jeżeli do jednego kanału doprowadzimy sygnał proporcjonalny do napięcia na badanym dwójniku, a do drugiego kanału proporcjonalny do jego prądu, to wykorzystując funkcje mnożenia sygnałów **CH1xCH2** i uśredniania iloczynu otrzymamy wartość wprost proporcjonalną do mocy czynnej badanego dwójnika. Na rysunku 10 przedstawiono schemat układu do pomiaru mocy zgodnie z opisaną powyżej metodą.



Rys. 10 Układ do pomiaru małych mocy w szerokim zakresie częstotliwości za pomocą oscyloskopu cyfrowego.

---

---

**PRZEBIEG ĆWICZENIA:**

---

---

**ZADANIE 1:**

Przygotowanie oscyloskopu do pracy, autokalibracja oscyloskopu, sprawdzenie ustawień z wykorzystaniem sygnałów referencyjnych

1. Przygotowanie oscyloskopu do pracy wymaga sprawdzenia i ewentualnie skorygowania następujących ustawień:

- ustawić najmniejsze wzmocnienie 10V/div **SCALE** ↓
- ustawić podstawę czasu 1ms/div **SCALE** ↔
- ustawić przesunięcie X, Y sygnału centralnie względem siatki na ekranie **VERTICAL POSITION, HORIZONTAL POSITION**
- wyłączyć jeżeli są aktywne: przebieg kanału **CH2**, przebieg **MATH**, przebiegi **REF** pozostawiając aktywny kanał **CH1**
- wyłączyć jeżeli są aktywne kursory poziome i pionowe **CURSOR**
- wyłączyć jeżeli są aktywne dane z pomiarów automatycznych **MEASURE**
- ustawić parametry sondy pomiarowej (wsp. tłumienia) **CH1/PROBE**
- ustawić tryb wejścia w kanale A na DC **CH1/COUPLING->DC**
- wyłączyć ograniczenie pasma użytecznego **CH1/BW LIMIT->OFF**
- wyłączyć filtry cyfrowe **CH1/DIGITAL FILTER->OFF**
- ustawić wyzwalanie na tryb auto **TRIGGER/SWEEP->AUTO**
- ustawić źródło sygnału wyzwalania na CH1 **TRIGGER/SOURCE->CH1**

2. Wykonać procedurę autokalibracji oscyloskopu za pomocą funkcji **UTILITY/SELF-CAL**.

3. Wykonać sprawdzenie oscyloskopu wykorzystując źródło sygnału referencyjnego w oscyloskopie.

Podłączyć sygnał referencyjny poprzez sondę oscyloskopową do kanału CH1, a następnie zmieniając ustawienia wzmocnienia i podstawy czasu dobrać optymalne wartości tych nastaw. W tabeli 1 zanotować parametry przebiegu odczytane z wykorzystaniem siatki podziałki oscyloskopowej.

Tabela 1. Wyniki sprawdzenia oscyloskopu wewnętrznym sygnałem referencyjnym (przebieg prostokątny).  $V_{AMP}$ -amplituda napięcia,  $V_{P-P}$  – wartość międzyszczytowa napięcia,  $f$  – częstotliwość,  $T$  – okres,  $C_D$  – współczynnik wypełnienia (ang. duty factor)

$V_{AMP}$	$V_{P-P}$	$f$	$T$	$C_D$
V	V	Hz	ms	%

## ZADANIE 2

### Pomiary parametrów sygnałów

W celu wykonania pomiaru parametrów sygnałów podłączyć przewodem BNC oscyloskop do generatora sygnałów DF1410. Wykonać pomiar parametrów sygnałowych 3 różnych przebiegów podanych przez prowadzącego i zanotować w tabeli 2, 3 oraz 4. Pomiary należy wykonać wykorzystując siatkę podziałki oscyloskopu (pomiar bezpośredni), z wykorzystaniem funkcji pomiarów automatycznych (pomiar automatyczny) lub kursorów. Pomiary wykonać w dwóch trybach akwizycji NORMAL i AVERAGE (256 uśrednień).

Dla każdego przypadku należy zamieścić zrzut ekranu okna oscyloskopu obrazujący analizowany przebieg. W tym celu należy użyć w menu [STORAGE/BITMAP](#) lub za pomocą programu ULTRASCOPE FOR DS1000E do obsługi oscyloskopu.

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametrów sygnałowych przebiegu nr 1

PRZEBIEG nr 1 .....					
Tryb akwizycji	typ pomiaru	$V_{AMP}$	$V_{P-P}$	f	T
-	-	V	V	Hz	ms
NORMAL	bezpośredni				
NORMAL	automatyczny				
AVERAGE 256	bezpośredni				
AVERAGE 256	automatyczny				

Tabela 3. Wyniki pomiarów parametrów sygnałowych przebiegu nr 2

PRZEBIEG nr 2 .....						
Tryb akwizycji	typ pomiaru	$V_{AMP}$	$V_{P-P}$	f	$V_{AVG}$	$V_{RMS}$
-	-	V	V	kHz	V	V
NORMAL	bezpośredni					
NORMAL	automatyczny					
AVERAGE 256	bezpośredni					
AVERAGE 256	automatyczny					

Tabela 4. Wyniki pomiarów parametrów sygnałowych przebiegu nr 3

PRZEBIEG nr 3 .....						
Tryb akwizycji	typ pomiaru	$V_{p-p}$	T	$t_R$	$t_F$	f
-	-	V	ms	ms	ms	Hz
NORMAL	bezpośredni					
NORMAL	automatyczny					
AVERAGE 256	bezpośredni					
AVERAGE 256	automatyczny					

### ZADANIE 3

#### Pomiar przesunięcia fazowego

Do obu kanałów oscyloskopu doprowadzić sygnały z karty dźwiękowej komputera wygenerowane programem LISSAJOUS o parametrach (częstotliwość, poziom, fazy początkowe) podanych przez prowadzącego zajęcia; parametry sygnałów zapisać w tabeli 5.

Tabela 5. Parametry sygnałów testowych

Parametr	Sygnał 1	Sygnał 2
Częstotliwość [Hz]		
Poziom sygnału [dB]		
Faza początkowa kanału 1 $\varphi_{01}$ [°]		
Faza początkowa kanału 2 $\varphi_{02}$ [°]		
Przesunięcie fazowe sygnałów $\varphi = \varphi_{01} - \varphi_{02}$ [°]		

Przeprowadzić pomiar przesunięcia metodą przekształcenia w przedział czasowy oraz metodą elipsy. Wyniki pomiarów i obliczeń zamieścić odpowiednio w tabeli 6 oraz w tabeli 7.

Tabela 6. Wyniki pomiarów i obliczeń metodą przekształcenia w przedział czasowy (rys.6, wzór (3))

Sygnał 1				Sygnał 2			
$\Delta T$	T	$\varphi$		$\Delta T$	T	$\varphi$	
s	s	rad	stopnie	s	s	rad	stopnie



Tabela 7. Wyniki pomiarów i obliczeń metodą elipsy

Sygnał 1						Sygnał 2					
rys. 8a, wzór (8)			Rys. 8b, wzór (12)			rys. 38a, wzór (6)			Rys. 8b, wzór (12)		
FG	EH	$\varphi$	KL	MN	$\varphi$	FG	EH	$\varphi$	KL	MN	$\varphi$
div	div	stopnie	div	div	stopnie	div	div	stopnie	div	div	stopnie

Porównać wyniki pomiarów przesunięć fazowych z wartościami zadanymi w generatorze sygnałów testowych.

#### ZADANIE 4

##### Rejestracja i przetwarzanie danych z interfejsów komunikacyjnych oscyloskopu

Korzystając z funkcji oscyloskopu [STORAGE](#) zarejestrować zbiór danych wykorzystując w tym celu funkcję oscyloskopu [STORAGE/CSV](#). Zapisując dane w pliku z rozszerzeniem \*.CSV (ang. Comma Separated Values) można poddać go edycji w arkuszu kalkulacyjnym. Należy korzystając z funkcji rysowania wykresów w arkuszu kalkulacyjnym zobrazować zapisany przebieg. Należy skonfigurować ustawienia wykresu (liczba linii poziomych i pionowych siatki, skala, osie) w taki sposób aby możliwie najlepiej odtwarzały siatkę podziałki w oknie oscyloskopu. W celu porównania należy zamieścić zrzut z ekranu oscyloskopu za pomocą funkcji [STORAGE/BITMAP](#) który obrazuje ten sam przebieg odtworzony na wykresie z danych pochodzących z pliku \*.CSV

---

---

## **UWAGI KOŃCOWE**

---

---

Wersja instrukcji 2.0

---

---

## LITERATURA I MATERIAŁY DODATKOWE

---

---

1. Rydzewski J.: Pomiary oscyloskopowe, WNT, Warszawa 1994
2. Stabrowski M.: Miernictwo Elektroniczne, Cyfrowa Technika Pomiarowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999
3. Dusza J., Gortat G., Leśniewski A.: Podstawy miernictwa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998
4. Tumański S.: Technika pomiarowa, WNT, Warszawa 2007

### **Materiały dodatkowe:**

Strony internetowe producentów oscyloskopów:

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com)

[www.lecroy.com](http://www.lecroy.com)

# POLITECHNIKA ŁÓDZKA

## KATEDRA PRZYRZĄDÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH I OPTOELEKTRONICZNYCH

WWW.DSOD.PL

### LABORATORIUM METROLOGII ELEKTRONICZNEJ

<b>ĆWICZENIE NR:</b>	
<b>TEMAT:</b>	

<b>GRUPA LABORATORYJNA</b>		<b>Kierunek/Semestr</b>	
<b>Lp.</b>	<b>NAZWISKO IMIĘ</b>	<b>NR ALBUMU</b>	
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			

<b>Prowadzący:</b>	
<b>Dzień tygodnia:</b> <b>Data wykonania ćwiczenia:</b>	
<b>Data oddania sprawozdania:</b>	
<b>Ocena:</b>	
<b>Uwagi:</b>	