



Politechnika  
Wroclawska

**Wydział  
Elektroniki Mikrosystemów  
i Fotoniki**



**Laboratorium przyrządów półprzewodnikowych**

**Skrócona instrukcja obsługi  
oscylskopu Keysight DSO1072B**

**WYKONUJĄC POMIARY PRZESTRZEGAJ PRZEPISÓW BHP**

**Wrocław 2020**

W Laboratorium przyrządów półprzewodnikowych (LPP) na każdym stanowisku dydaktycznym znajduje się ujednolicony zestaw urządzeń zasilających i pomiarowych. Umożliwia on studentom realizację danego ćwiczenia laboratoryjnego, a w jego skład wchodzi:

- zasilacz laboratoryjny Agilent E3649A,
- zasilacz laboratoryjny Agilent E3631A,
- 2 multimetry Agilent 34401A,
- multimetr Array M3500A,
- generator funkcyjny Agilent 33220A,
- oscyloskop Keysight DSO1072B lub EDUX1002A.

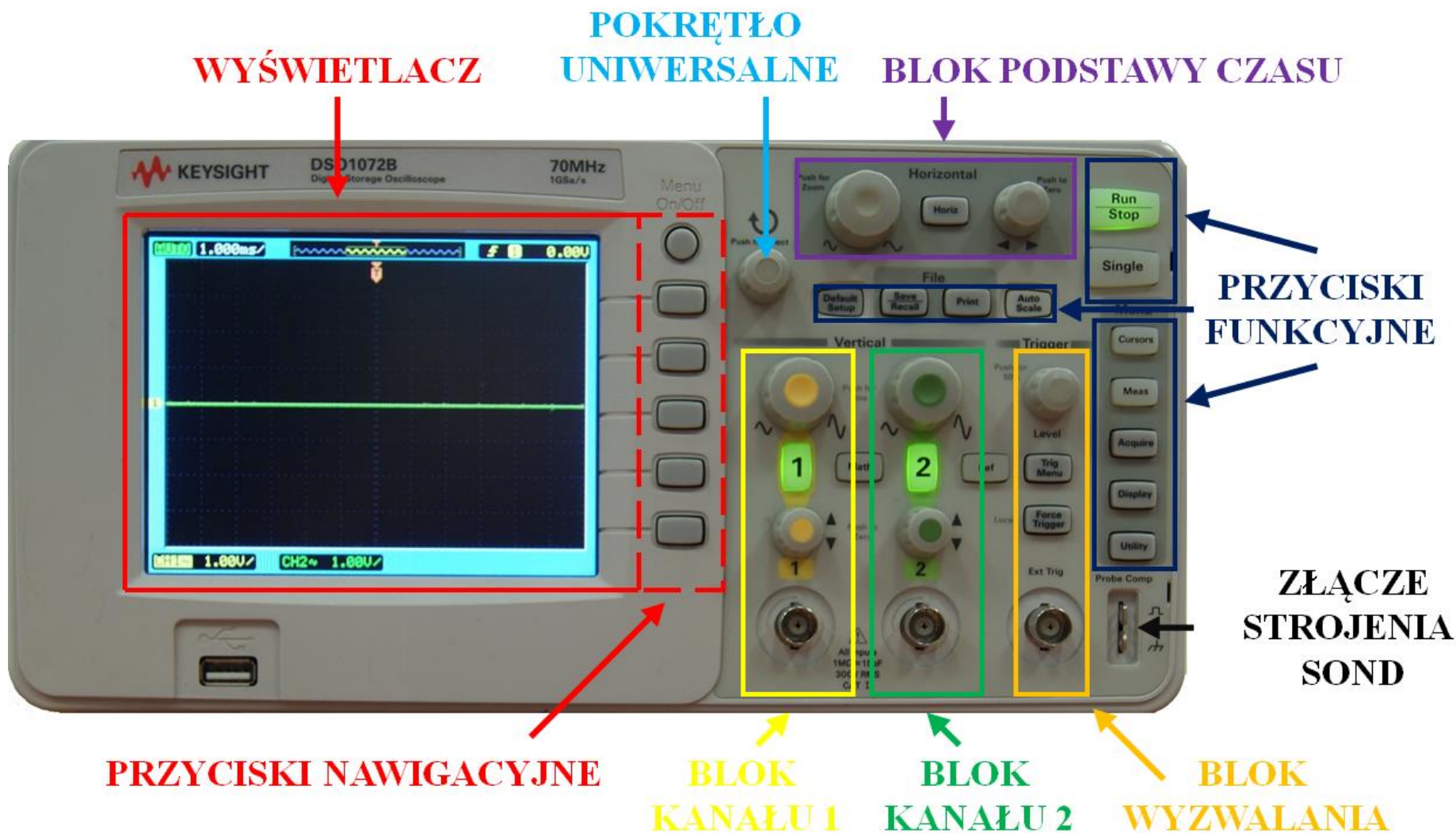
W instrukcji przedstawiono ogólną charakterystykę oraz opisano funkcje poszczególnych przycisków i zacisków oscyloskopu Keysight DSO1072B, celem ułatwienia studentom nauki obsługi urządzenia podczas zajęć w LPP. Instrukcję opracowano m.in. na podstawie materiałów pochodzących ze strony producenta oraz instrukcji obsługi urządzenia.

Oscyloskop to urządzenie pomiarowe, służące do obserwowania, obrazowania oraz badania zmiennych w czasie sygnałów napięciowych (lub prądowych z zastosowaniem odpowiednich sond pomiarowych). Przed wykonaniem prawidłowego pomiaru, wpięrow należy skonfigurować różnorodne ustawienia oscyloskopu. Z tego względu na początku obsługa oscyloskopu może wydawać się skomplikowana.

W wypadku oscyloskopu cyfrowego należy pamiętać, że mierzone przebiegi nie są wyświetlane na ekranie w czasie rzeczywistym. Przebiegi, które widzimy są najpierw mierzone, przetwarzane do postaci cyfrowe, zapisywane do pamięci oscyloskopu, a dopiero później wyświetlane na ekranie oscyloskopu (zgodnie z ustawieniami bloku wyzwalania tak, aby uzyskać zsynchronizowany i stabilny obraz przebiegów okresowo zmiennych).

Panel czołowy oscyloskopu DSO1072B firmy Keysight przedstawiono na rys. 1. Na panelu czołowym tego oscyloskopu znajduje się:

- wyświetlacz ze współpracującymi z nim przyciskami nawigacyjnymi,
- blok kanałów wejściowych,
- blok podstawy czasu,
- blok wyzwalania,
- przyciski funkcyjne,
- pokrętło uniwersalne,
- złącze do strojenia sond oscyloskopowych.



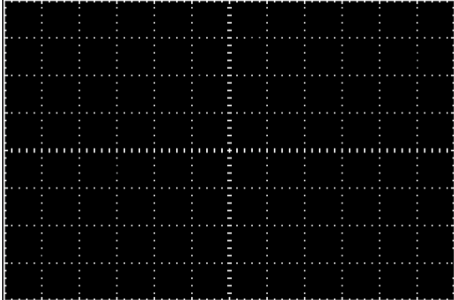


Rys. 1. Panel czołowy oscyloskopu Keysight DSO1072B

Oscyloskop Keysight DSO1072B ma 3 tryby pracy:


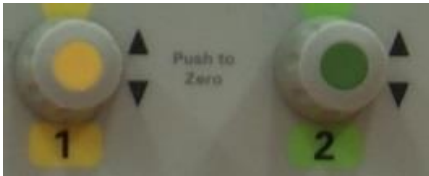



- Y-T (tryb z włączoną podstawą czasu – najczęściej stosowany),
- X-Y (tryb z wyłączoną podstawą czasu),
- ROLL (tryb ciągłej rejestracji przebiegu zmiennego w czasie).

Działanie niektórych przycisków, pokręteł i funkcji zależy od trybu pracy oscyloskopu, a niektóre ustawienia są dostępne tylko dla danego trybu. W tabeli 1. przedstawiono ogólny opis informacji wyświetlanych na ekranie oraz poszczególnych przycisków i pokręteł. W tabeli wyjaśniono tylko podstawowe pojęcia. W dalszej części instrukcji opisano procedurę standardowych pomiarów oscyloskopowych i dokładniej omówiono wybrane bloki i funkcje.

Tabela 1. Opis piktogramów, przycisków i pokręteł poszczególnych bloków oscyloskopu

<b>Wyświetlacz</b>	
	<p><b>Obszar wyświetlania</b> Jest to obszar, na którym wyświetlane są przebiegi zapisane w pamięci oscyloskopu. Rozdzielczość obszaru wyświetlania to 320 x 240 pikseli. Obszar wyświetlania obejmuje 12 podziałek skali poziomej i 8 podziałek skali pionowej.</p>
<p><b>Sprężenie DC:</b> CH1 ≡ 1.00V/ CH2 ≡ 1.00V/ <b>Sprężenie AC:</b> CH1 ~ 1.00V/ CH2 ~ 1.00V/</p>	<p><b>Ustawienia kanałów</b> Informacja dotycząca sprężenia kanału oraz czułości kanału (odpowiednio dla kanału 1 i 2). Czułość to wartość napięcia odpowiadająca jednej podziałce osi pionowej. Na przykładzie przedstawiono czułość 1 V na podziałkę, więc przy tym ustawieniu na ekranie oscyloskopu będzie możliwe zaobserwowanie sygnału o maksymalnej wartości międzyszczytowej wynoszącej 8 V (8 podziałek × 1 V = 8 V).</p>
	<p><b>Poziom odniesienia</b> Znaczniki umieszczone po lewej stronie wyświetlacza to poziomy odniesienia (0 V). Znaczniki przedstawiono w kolejności odpowiednio dla kanału 1 (CH1), kanału 2 (CH2) oraz matematycznego (MATH)</p>
	<p><b>Podstawa czasu</b> Jest to czas, który odpowiada jednej podziałce osi poziomej. Na przykładzie przedstawiono podstawę czasu 500 μs, więc przy tym ustawieniu na ekranie oscyloskopu będzie obserwowane 6 ms sygnału (12 podziałek × 500 μs = 6000 μs = 6 ms).</p>


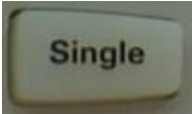


	<p><b>Poziom wyzwalania</b> Znacznik poziomego wyzwalania umieszczony jest po lewej stronie wyświetlacza. Jeżeli poziom wyzwalania jest niższy lub wyższy od poziomu badanego przebiegu nie jest możliwe poprawne wyzwolenie przebiegu.</p>
	<p><b>Znacznik wyzwalania</b> Znacznik określający miejsce na wyświetlaczu, od którego rozpoczyna się wyświetlanie zarejestrowanych przebiegów.</p>
	<p><b>Wskaźnik pozycji znacznika wyzwalania</b> Na ekranie oscyloskopu wyświetlana jest część zapisanego w pamięci sygnału. Po zatrzymaniu akwizycji danych możliwe jest przesunięcie znacznika wyzwalania i obserwowanie sygnału w szerszym zakresie. Pomiary najlepiej prowadzić, gdy wskaźnik wyzwalania jest na samym środku (jak na przykładzie).</p>
	<p><b>Tryb wyzwalania</b> Piktogramy przedstawiające ustawienia bloku wyzwalania. Na przykładzie przedstawiono tryb wyzwalania na zbocze narastające kanału 1 przy poziomie wyzwalania 0 V.</p>
	<p><b>Menu on/off</b> Przycisk włącza lub wyłącza wyświetlanie menu funkcyjnego na ekranie.</p>
	<p><b>Przycisk nawigacyjny</b> 5 przycisków nawigacyjnych – służą do wyboru opcji menu.</p>
<p><b>Blok kanałów wejściowych (CH1 – żółty, CH2 – zielony)</b></p>	
	<p><b>Pokrętła regulacji czułości</b> Pokrętła do regulowania czułości odpowiednio kanału 1 i 2. Obrót pokrętła zgodnie z kierunkiem ruchu zegara zwiększa czułość w kanale. Należy pamiętać, że np. czułość 10 mV/div jest większa od czułości 20 mV/div. Regulacja czułości według ciągu liczbowego 1-2-5, np. 10 mV/div, 20 mV/div, 50 mV/div, 100 mV/div itd. Wciśnięcie pokrętła pozwala na precyzyjną regulację czułości w kanale.</p>

	<p><b>Opcje kanałów</b>  Przyciski włączające/wyłączające dany kanał oraz wywołujące menu opcji. Pośrodku umieszczony jest przycisk kanału matematycznego.  Podświetlenie oznacza, że dany kanał jest włączony.  W opcjach kanału 1 i 2 można:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ustawić sprzężenie kanału (ang. <i>Coupling</i>),</li> <li>– ograniczyć pasmo przenoszenia (ang. <i>BW Limit</i>),</li> <li>– wybrać rodzaj stosowanej sondy (ang. <i>Probe</i>),</li> <li>– włączyć filtr cyfrowy (ang. <i>Digital Filter</i>),</li> <li>– ustawić precyzję regulacji (ang. <i>Volts/DIV</i>),</li> <li>– odwrócić przebieg (ang. <i>Invert</i>).</li> </ul> <p>W opcjach kanału matematycznego można:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ustawić operację matematyczną (ang. <i>Operate</i>),</li> <li>– wybrać kanały źródłowe (ang. <i>Source A i B</i>),</li> <li>– odwrócić przebieg (ang. <i>Invert</i>),</li> <li>– ustawić poziom odniesienia kanału matematycznego,</li> <li>– regulować czułość kanału matematycznego.</li> </ul>
	<p><b>Pokręta regulacji poziomu odniesienia</b>  Pokręta do regulowania pozycji poziomu odniesienia odpowiednio kanału 1 i 2 (pozwala na przesuwanie przebiegu w górę lub w dół). Obrót pokręta zgodnie z kierunkiem ruchu zegara przesuwa przebieg do góry.  Naciśnięcie pokręta ustawia poziom odniesienia na 0 V.</p>
	<p><b>Złącza wejściowe</b>  Gniazda BNC do podłączenia sygnału do toru sygnałowego kanału 1 oraz kanału 2. Impedancja wejściowa 1 MΩ, 15 pF, maksymalne napięcie wejściowe 300 V RMS, urządzenie I klasy pomiarowej (według normy IEC 61010-1-5.4.1(g) – urządzenie przeznaczone do pomiaru urządzeń i układów <b>niezasilanych bezpośrednio z sieci elektrycznej</b>).</p>
	<p><b>Przycisk zapisywania przebiegu referencyjnego</b>  Przycisk pozwala zapisać do pamięci oscyloskopu przebieg z danego kanału oraz jego wczytanie.  Podświetlenie przycisku sygnalizuje, że przebieg referencyjny jest włączony.</p>
<p><b>Blok podstawy czasu</b></p>	
	<p><b>Pokręto podstawy czasu</b>  Pokręto służy do regulacji podstawy czasu. Obrót pokręta zgodnie z kierunkiem ruchu zegara zmniejsza podstawę czasu (sygnał jest „rozciągany” w czasie).  Regulacja podstawy czasu według ciągu liczbowego 1-2-5, np. 100 μs/div, 200 μs/div, 500 μs/div itd.  Naciśnięcie pokręta włącza tryb powiększenia.</p>

	<p><b>Przycisk opcji podstawy czasu</b> Przycisk włącza menu opcji podstawy czasu. W opcjach można ustawić:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tryb powiększenia (ang. <i>ZOOM</i>),</li> <li>– wybrać tryb pracy oscyloskopu (ang. <i>Time BASE</i>),</li> <li>– sprawdzić częstotliwość próbkowania (ang. <i>Sa Rate</i>).</li> </ul>
	<p><b>Pokrętło znacznika wyzwalania</b> Pokrętło służy do przesuwania znacznika wyzwalania w lewo lub w prawo. Obrót pokrętła zgodnie z kierunkiem ruchu zegara przesuwa przebiegi w prawo. Naciśnięcie pokrętła ustawia znacznik wyzwalania na środku ekranu.</p>
<p><b>Blok wyzwalania</b></p>	
	<p><b>Pokrętło poziomu wyzwalania</b> Pokrętło służy do zmiany poziomu wyzwalania. Obrót pokrętła zgodnie z kierunkiem ruchu zegara zwiększa poziom wyzwalania (podnosi do góry). Naciśnięcie pokrętła ustawia poziom wyzwalania na 50% przebiegu.</p>
	<p><b>Przycisk opcji wyzwalania</b> Przycisk włącza menu opcji bloku wyzwalania. W opcjach można ustawić:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tryb wyzwalania (ang. <i>Mode</i>),</li> <li>– źródło wyzwalania (ang. <i>Source</i>),</li> <li>– zbrocze, na którym będzie wyzwalany oscyloskop (ang. <i>Slope</i>),</li> <li>– tryb przemiataania (ang. <i>Sweep</i>),</li> <li>– dodatkowe opcje (ang. <i>Setup</i>).</li> </ul>
	<p><b>Przycisk wymuszonego wyzwalania</b> Przycisk umożliwia wymuszoną akwizycję danych. Podczas pracy zdalnej umożliwia przywrócenie sterowania oscyloskopem za pomocą panelu czołowego.</p>
	<p><b>Złącze wyzwalania zewnętrznego</b> Gniazdo BNC pozwalające na doprowadzenie zewnętrznego sygnału wyzwalania.</p>
<p><b>Przyciski funkcyjne, pokrętło uniwersalne i złącze strojenia</b></p>	
	<p><b>Przycisk kursorów pomiarowych</b> Przycisk włącza menu pomiarów za pomocą kursorów. W opcjach można:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ustawić tryb pomiarowy (ang. <i>Mode</i>),</li> <li>– ustawić rodzaj pomiaru (ang. <i>Type</i>),</li> <li>– wybrać kanał pomiarowy (ang. <i>Source</i>),</li> <li>– przełączyć kursory (ang. <i>CurA, CurB</i>).</li> </ul>

	<p><b>Przycisk opcji pomiarowych</b> Przycisk włącza menu opcji pomiarowych, w którym można:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wybrać mierzony przebieg (ang. <i>Source</i>),</li> <li>– konfigurować pomiary napięciowe (ang. <i>Voltage</i>),</li> <li>– konfigurować pomiary czasowe (ang. <i>Time</i>),</li> <li>– usunąć wyniki pomiarowe (ang. <i>Clear</i>),</li> <li>– włączyć wszystkie funkcje pomiarowe (ang. <i>Display all</i>).</li> </ul>
	<p><b>Przycisk opcji pobierania danych</b> Przycisk włącza menu opcji pobierania danych, w którym można ustawić:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tryb akwizycji (ang. <i>Acquisition</i>),</li> <li>– próbkowanie (ang. <i>Sampling</i>),</li> <li>– aproksymację <math>\sin(x)/x</math>.</li> </ul>
	<p><b>Przycisk opcji wyświetlania</b> Przycisk włącza menu opcji wyświetlania, w którym można ustawić:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tryb wyświetlania (ang. <i>Type</i>),</li> <li>– czas utrzymywania przebiegu (ang. <i>Persist</i>),</li> <li>– jasność (ang. <i>Intensity</i>),</li> <li>– wygląd siatki (ang. <i>Grid</i>),</li> <li>– inwersję kolorów (ang. <i>Screen</i>),</li> <li>– czas wyświetlania menu (ang. <i>Menu Display</i>).</li> </ul>
	<p><b>Przycisk opcji ogólnych</b> Przycisk włącza menu opcji ogólnych, w których można:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– uzyskać informacje systemowe (ang. <i>System Info</i>),</li> <li>– włączyć/wyłączyć dźwięk (ang. <i>Sound</i>),</li> <li>– ustawić język (ang. <i>Language</i>),</li> <li>– ustawić maskę testową (ang. <i>Mask Test</i>),</li> <li>– ustawić pozostałe opcje, np. wygaszacz ekranu (ang. <i>Preference</i>).</li> </ul>
	<p><b>Przycisk ustawień standardowych</b> Przycisk przywracania ustawień standardowych.</p>
	<p><b>Przycisk automatycznego dobrania skali</b> Przycisk uruchamiania automatycznego algorytmu, który dobiera podstawę czasu, czułość w kanałach pomiarowych oraz sposób wyzwiania.</p>
	<p><b>Przycisk zapisz/wczytaj</b> Przycisk umożliwiający zapisanie bądź wczytanie mierzonych przebiegów do lub z pamięci wewnętrznej lub zewnętrznej.</p>
	<p><b>Przycisk drukowania</b> Przycisk umożliwia bezpośrednie drukowanie zrzutu ekranu oscyloskopu za pomocą technologii <i>PictBridge</i>.</p>



	<p><b>Przycisk zatrzymania oscyloskopu</b> Przycisk umożliwia zatrzymanie bądź wznowienie akwizycji danych. Kolor zielony podświetlenia oznacza, że oscyloskop pobiera i wyświetla dane. Kolor czerwony podświetlenia oznacza, że akwizycja danych jest wstrzymana.</p>
	<p><b>Przycisk pojedynczego wyzwiania</b> Przycisk umożliwia pojedyncze wyzwolenie oraz jednorazową akwizycję danych.</p>
	<p><b>Pokrętło uniwersalne</b> Pokrętło umożliwia poruszanie się po menu i wybór poleceń. Naciśnięcie pokrętła oznacza potwierdzenie wyboru danej opcji.</p>
	<p><b>Złącze strojenia sondy oscyloskopowej</b> Złącze do podłączenia sondy oscyloskopowej za pomocą chwytaków pomiarowych lub zacisku krokodylkowego. Górne złącze – sygnał prostokątny Dolne złącze – masa elektryczna</p>

### Podstawowa procedura obsługi oscyloskopu

Obsługa oscyloskopu może wydawać się trudna i skomplikowana. Jednak w większości pomiarów wystarczy stosować się następującej procedury pomiarowej:

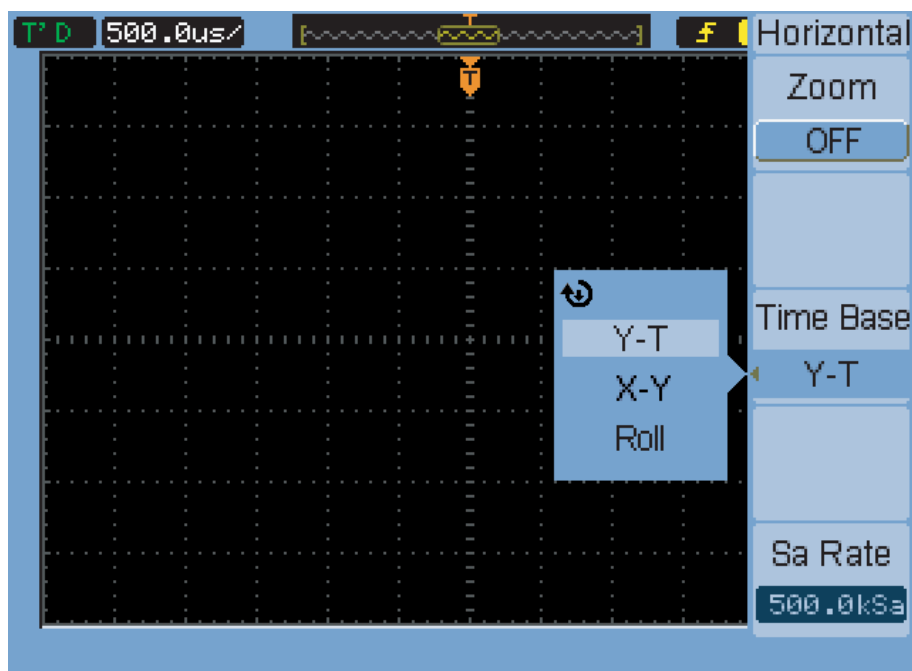
- przywrócić ustawienia domyślne,
- ustawić odpowiedni tryb pomiarowy (Y-T, X-Y lub ROLL),
- ustawić opcje kanałów wejściowych,
- dobrać podstawę czasu,
- dobrać czułość w kanałach pomiarowych,
- ustawić opcje wyzwiania,
- dobrać poziom wyzwiania,
- przeprowadzić pomiary z zastosowaniem odpowiednich funkcji pomiarowych.

Naciśnięcie przycisku *Default Setup* ustawia następujące parametry pracy oscyloskopu:

- praca w trybie z podstawą czasu (Y-T),
- tryb akwizycji: standardowy (bez uśredniania i bez detekcji wartości szczytowej),
- sprzężenie kanałów DC, **sonda oscyloskopowa  $\times 10$** ,
- czułość: 1 V/div,
- ograniczenie pasma: wyłączone, odwrócenie przebiegu: wyłączone,
- pozycja znacznika wyzwalania na środku ekranu,
- podstawa czasu: 1  $\mu$ s/div,
- tryb wyzwalania na zbocze narastające, wyzwalanie na kanale 1,
- poziom wyzwalania: 0 V,
- automatyczne wyzwalanie.

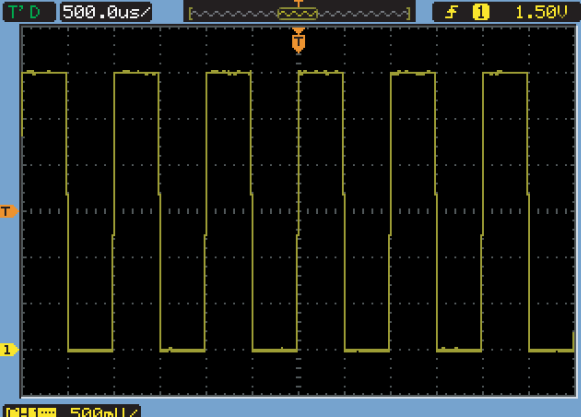
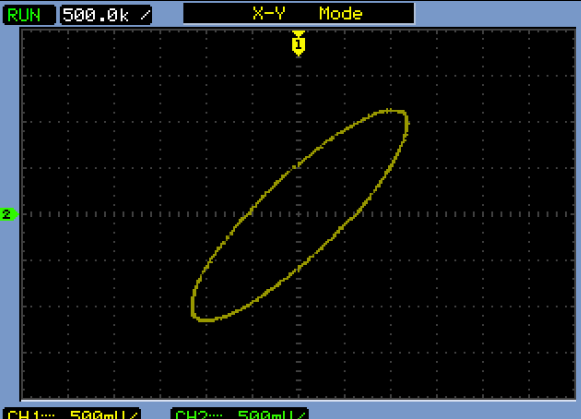
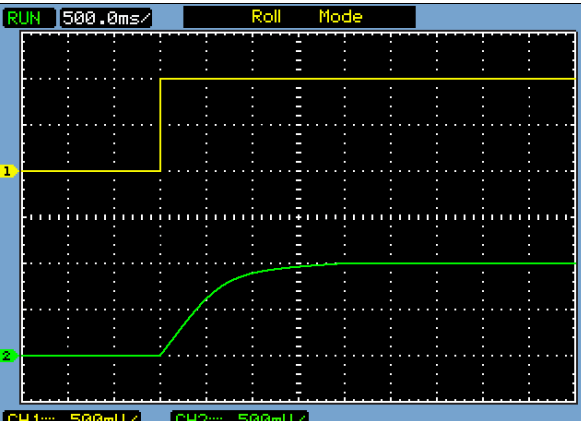
### Tryby pomiarowe oscyloskopu DSO1072B

Po przywróceniu opcji standardowych należy ustawić tryb pomiarowy za pomocą przycisku opcji podstawy czasu (przycisk z oznaczeniem *Horiz*). Po jego naciśnięciu pojawi się menu (rys. 2.). Za pomocą klawiszy nawigacyjnych należy wybrać opcję *Time Base*, a następnie za pomocą pokrętła uniwersalnego wybrać odpowiedni tryb (wybór potwierdzamy naciśnięciem pokrętła uniwersalnego). W tabeli 2. przedstawiono typowe przebiegi, które można zaobserwować w danym trybie pomiarowym oraz wyjaśniono podczas jakich pomiarów stosuje się dany tryb.



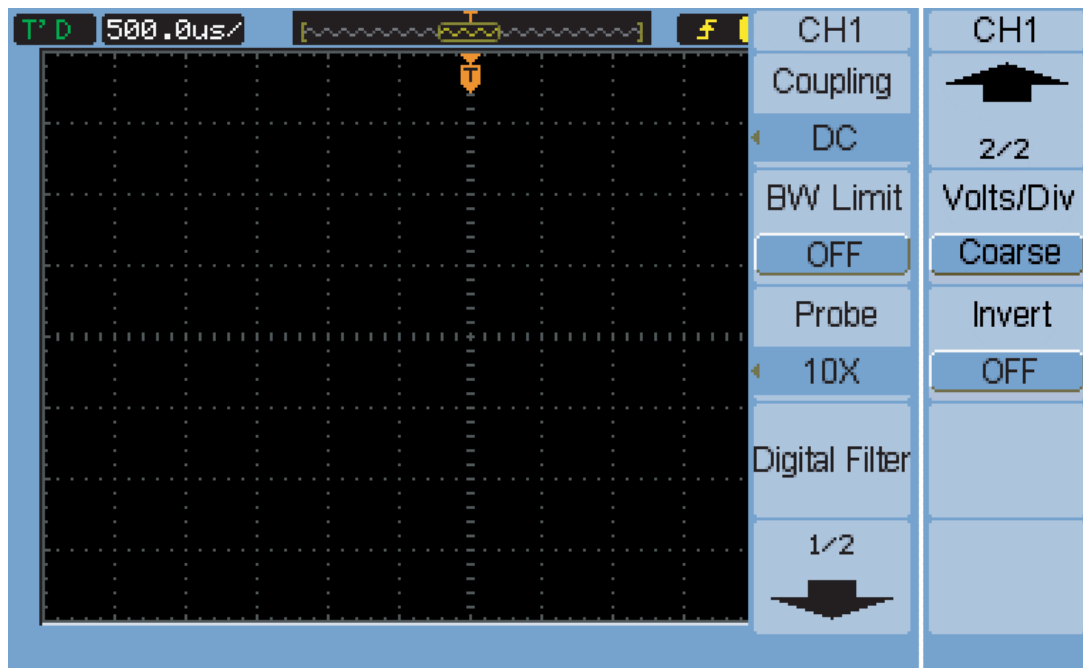
Rys. 2. Menu opcji podstawy czasu

Tabela 2. Tryby pracy oscyloskopu DSO1072B

Przykładowy przebieg	Informacje
	<p><b>Tryb Y-T</b> Służy przede wszystkim do pomiaru sygnałów okresowo zmiennych (np. tętnień na wyjściu prostownika, przebiegów napięciowych na wyjściu generatora lub wzmacniacza itd.).</p>
	<p><b>Tryb X-Y</b> Sygnał doprowadzony do kanału 1. jest torem odchylenia poziomego (X), a do kanału 2. jest torem odchylenia pionowego (Y). Tryb ten służy do pomiarów przesunięcia fazowego lub obserwacji charakterystyk I-U.</p>
	<p><b>Tryb ROLL</b> Ciągłej rejestracji sygnałów, np. nieokresowo zmiennych lub pomiarów długoterminowych (np. rozładowanie/ładowanie kondensatora, pomiary krzywych rozładowywania baterii).</p>

### Opcje kanałów oscyloskopu DSO1072B

Po wybraniu trybu pracy oscyloskopu należy ustawić opcje kanałów wejściowych. Ustawienia te należy zadeklarować indywidualnie dla kanału 1 oraz 2. W celu wywołania opcji kanału należy nacisnąć klawisz z cyfrą '1' lub '2'. Po naciśnięciu przycisku konfiguracji kanału pojawi się menu przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Menu opcji kanału (po prawej stronie zamieszczono drugą stronę menu)

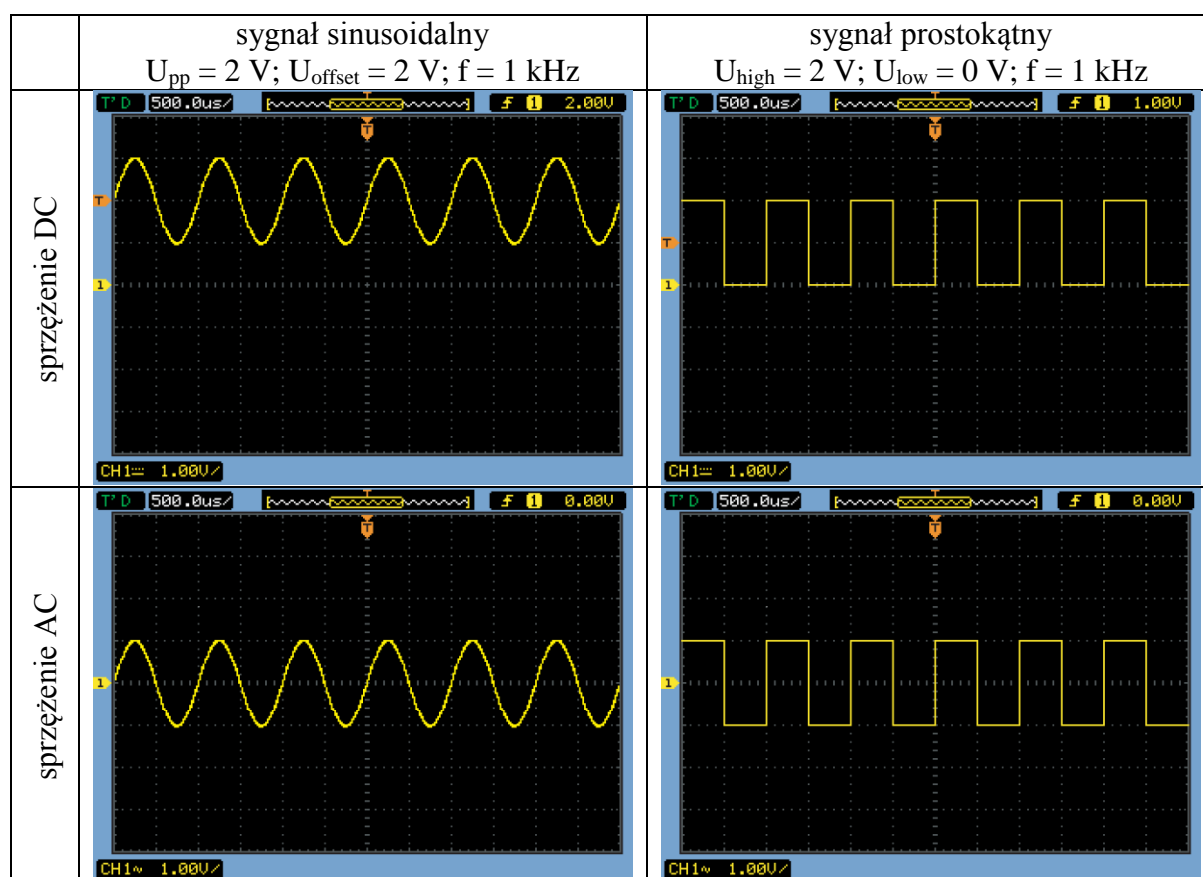
W pierwszej kolejności należy zastanowić się nad sprzężeniem kanału (ang. *Coupling*).  
Możliwe jest wybranie jednego z trzech rodzajów sprzężeń:

- DC – sprzężenie stałoprądowe (pomiar ze składową stałą),
- AC – sprzężenie zmiennoprądowe (pomiar bez składowej stałej),
- GND – sprzężenie do masy elektrycznej (obserwacja potencjału masy elektrycznej).

Wybór sprzężenia należy dostosować do mierzonego sygnału. W sprzężeniu DC obserwuje się składową stałą i zmienną, natomiast w sprzężeniu AC obserwuje się jedynie składową zmienną mierzonego sygnału.

Sprzężenie DC stosuje się najczęściej wtedy, gdy należy zmierzyć np. wartość średnią sygnału bądź podczas pomiaru sygnałów prostokątnych. W niektórych sytuacjach zdarza się, że składowa DC jest znacznie większa niż składowa AC (np. na wyjściu prostownika z filtrem). Wówczas niemożliwy jest dokładny pomiar amplitudy tętnień napięcia wyjściowego. Sprzężenie AC stosuje się zatem najczęściej wtedy, gdy należy np. zmierzyć wartość międzyszczytową sygnału zmiennego w czasie oraz podczas pomiaru sygnałów sinusoidalnie zmiennych. Sprzężenie GND stosuje się jedynie wtedy, gdy chcemy obserwować to, co się dzieje na potencjale masy elektrycznej badanego układu. Przykład wpływu ustawienia sprzężenia na obserwowane przebiegi przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wpływ sprzężenia kanału na obserwowany przebieg



Następnie należy zastanowić się nad ustawieniem sondy (ang. *Probe*). Jeżeli stosuje się standardowe przewody BNC, to powinno ustawić się  $\times 1$ , a jeżeli sondę z dzielnikiem 10:1, to wówczas powinno wybrać się ustawienie  $\times 10$  (wówczas wskazanie oscyloskopu będzie mnożone przez 10 i dzięki temu będzie wyświetlana prawidłowa wartość). Nieprawidłowe ustawienie tej opcji będzie skutkowało zawyżonym/zaniżonym wskazaniem opcji pomiarowych. W LPP studenci mają do dyspozycji standardowe przewody BNC-BNC, BNC-2  $\times$  banan 4 mm oraz sondy oscyloskopowe z dzielnikiem 10:1 (sposób oznaczania w przemyśle – oznacza sondę pasywną, zwiększającą impedancję wejściową z 1 M $\Omega$  do 10 M $\Omega$ . Sonda ma wbudowany dzielnik napięcia o stałej dzielnika równej 1:10). Na rys. 4. przedstawiono zdjęcia wyżej wymienionych przewodów i sondy.

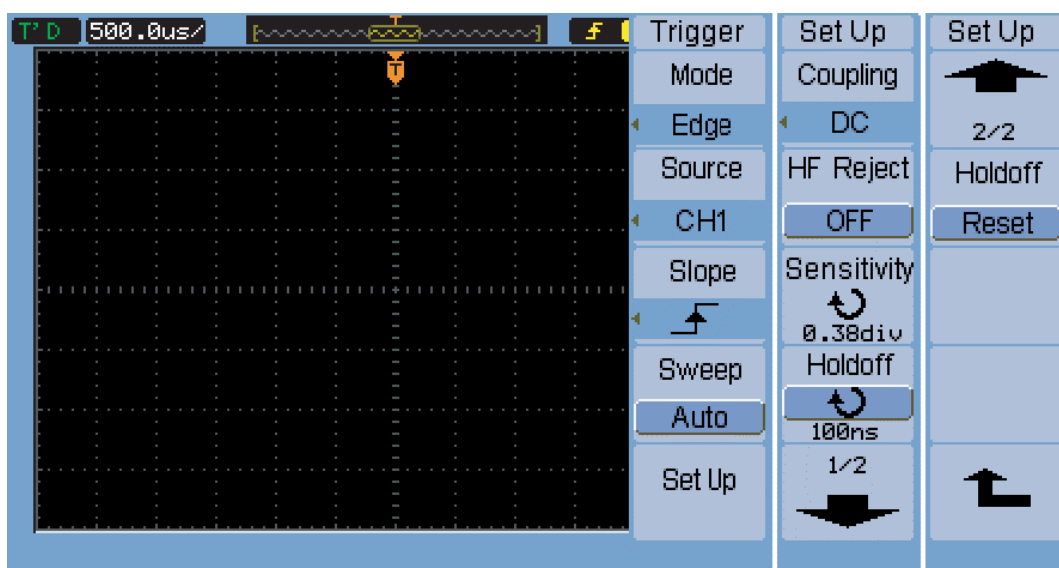


Rys. 4. Przykładowe przewody do podłączenia oscyloskopu do badanego układu:  
 a) przewód BNC-BNC, b) przewód BNC-2 × banan 4 mm, c) sonda oscyloskopowa

### Podstawa czasu i blok wyzwalania oscyloskopu DSO1072B

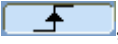
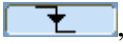
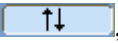
Po wstępnym skonfigurowaniu opcji oscyloskopu należy dobrać podstawę czasu oraz czułość w kanałach pomiarowych (za pomocą odpowiednich pokręteł). Wstępnie można przyjąć, że podstawa czasu powinna wynosić około 1/12 częstotliwości, a czułość około 1/8 wartości międzyszczytowej badanego sygnału. Wartości te wynikają z liczby podziałek ekranu oscyloskopu (12 podziałek na osi poziomej i 8 podziałek osi pionowej).

Wówczas na ekranie oscyloskopu powinien być widoczny jeden okres badanego sygnału, ale obraz może być niestabilny. Dzieje się tak, ponieważ nie zostały jeszcze skonfigurowane opcje wyzwalania. Opcje te zapewniają, że oscyloskop będzie wyświetlał na ekranie zapisane w pamięci przebiegi napięciowe w sposób stabilny i synchroniczny. Jeżeli zdarzenie wyzwalania jest źle zaprogramowane, to wówczas oscyloskop będzie w sposób losowy wyświetlał dane pomiarowe (np. wtedy, gdy sygnał nigdy nie osiągnie zadanego poziomu wyzwalania). Menu wywoływane przyciskiem opcji wyzwalania (ang. *Trig Menu*) przedstawiono na rys. 5.



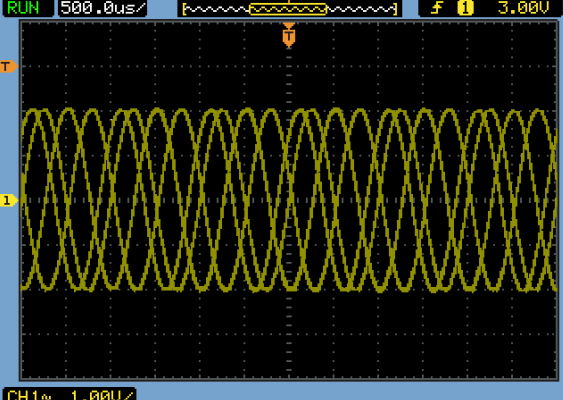
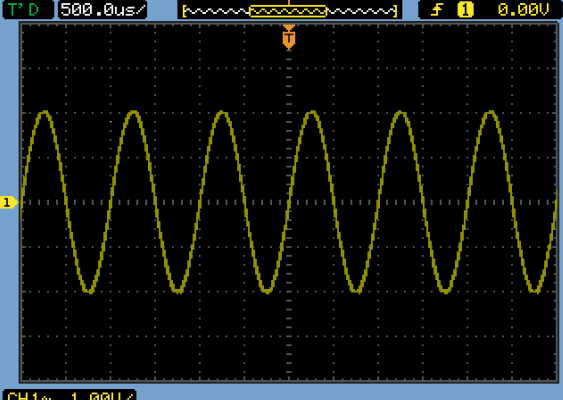
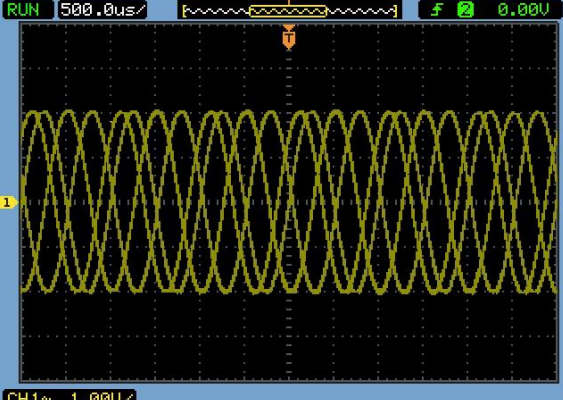
Rys. 5. Menu opcji bloku wyzwalania (po prawej stronie zamieszczono dodatkowe opcje)

W menu opcji bloku wyzwiania dostępne są następujące opcje wyboru:

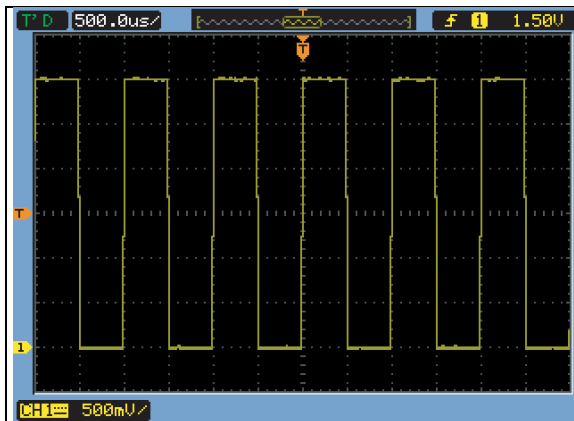
- trybu wyzwiania (ang. *Mode*):
  - zboczem sygnału (ang. *Edge*) – programuje się zbocze,
  - impulsem (ang. *Pulse*) – programuje się rodzaj i szerokość impulsu,
  - sygnałem wideo (ang. *Video*) – wybiera się standard NTSC, PAL lub SECAM,
  - w trybie przemiennym (ang. *Alternate*) – synchronizacja do różnych sygnałów,
- źródła wyzwiania (ang. *Source*):
  - kanał 1 (ang. *CH1*),
  - kanał 2 (ang. *CH2*),
  - sygnał zewnętrzny (ang. *EXT*),
  - napięcie sieciowe (ang. *AC line*),
- zbocza wyzwiania (ang. *Slope*):
  - narastające ,
  - opadające ,
  - obydwu ,
- trybu przemiatań (ang. *Sweep*):
  - automatyczny (ang. *Auto*),
  - standardowy (ang. *Normal*),
- opcji dodatkowych (ang. *Set Up*):
  - sprzężenie wyzwiania (ang. *Coupling*) – DC (dla sygnałów o częstotliwości mniejszej niż 50 Hz), AC (dla sygnałów o częstotliwości większej niż 50 Hz), LF Reject (blok wyzwiania ignoruje częstotliwości mniejsze niż 10 kHz),
  - odcięcie wielkich częstotliwości (ang. *HF Reject*) – on/off (blok wyzwiania ignoruje częstotliwości powyżej 100 kHz),
  - czułość wyzwiania (ang. *Sensitivity*) – określa jak duża zmiana sygnału wywoła wyzwianie (określana w zakresie od 0,1 do 1 podziałki),
  - wstrzymanie wyzwiania (ang. *Holdoff*) – czas blokady bloku wyzwiania po wyzwoleniu (minimalny okres czasu, który musi minąć pomiędzy kolejnymi zdarzeniami wyzwiania).

Po wybraniu właściwego trybu wyzwalania należy dobrać poziom wyzwalania (za pomocą pokrętki). Należy pamiętać, że jeżeli poziom wyzwalania jest niższy lub wyższy od poziomu badanego przebiegu nie jest możliwe poprawne wyzwolenie przebiegu. W większości pomiarów wystarczy ustawić wyzwalanie na zbocze narastające lub opadające sygnału wejściowego (sygnał wejściowy powinien być dołączony do CH1, a wyjściowy do CH2). Poziom wyzwalania powinno dobierać się na „połowę wysokości” przebiegu. W tabeli 4. przedstawiono przykładowe ustawienia bloku wyzwalania (tylko dla trybu wyzwalania zboczem sygnału).

Tabela 4. Przykładowe ustawienia bloku wyzwalania

Przykładowy przebieg	Informacje
	<p><b>Nieprawidłowo dobrany poziom wyzwalania</b>  Wyzwalanie na zbocze narastające na kanale 1, ale poziom wyzwalania jest ustawiony na 3 V. Wartość międzyszczytowa <math>U_{pp}</math> badanego sygnału wynosi 4 V, zatem wartości chwilowe badanego przebiegu <math>-2\text{ V} \leq u(t) \leq +2\text{ V}</math>. Sygnał nigdy „nie przechodzi” przez wartość 3 V, więc oscyloskop nie jest prawidłowo wyzwalany, co skutkuje losowym nakładaniem się wielu przebiegów.  Należy ustawić poziom wyzwalania na 0V.</p>
	<p><b>Prawidłowo dobrany poziom wyzwalania</b>  Poziom wyzwalania jest prawidłowo dobrany, dzięki czemu uzyskano stabilny przebieg badanego sygnału na ekranie oscyloskopu.</p>
	<p><b>Nieprawidłowy kanał wyzwalania</b>  Poziom wyzwalania jest prawidłowo dobrany, ale oscyloskop jest wyzwalany z kanału 2, do którego nie doprowadzono sygnału. Z tego względu nie ma prawidłowego wyzwalania. W takiej sytuacji należy ustawić wyzwalanie na kanale 1, aby uzyskać stabilny przebieg na ekranie oscyloskopu.</p>

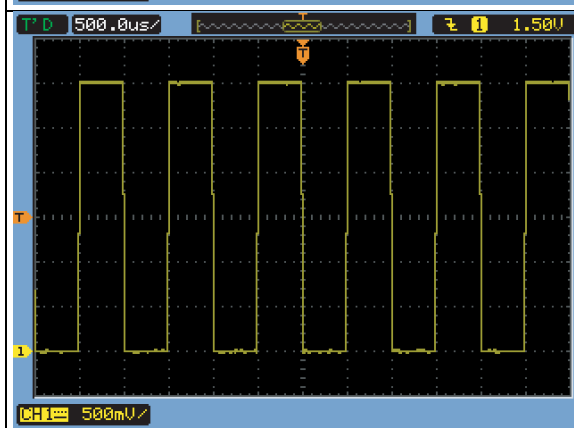




### Synchronizacja na zbocze narastające

Przebieg „zaczyna się” na środku ekranu zboczem narastającym. Teraz można zmniejszyć podstawę czasu tak, aby „rozciągnąć” sygnał, żeby dokładnie zmierzyć czas narastania sygnału.

Należy pamiętać, aby znacznik wyzwalania był na samym środku ekranu, bo inaczej zbocze sygnału będzie „uciekało” podczas zmiany podstawy czasu.



### Synchronizacja na zbocze opadające

Przebieg „zaczyna się” na środku ekranu zboczem opadającym. Teraz można zmniejszyć podstawę czasu tak, aby „rozciągnąć” sygnał, żeby dokładnie zmierzyć czas opadania sygnału.

Należy pamiętać, aby znacznik wyzwalania był na samym środku ekranu, bo inaczej zbocze sygnału będzie „uciekało” podczas zmiany podstawy czasu.

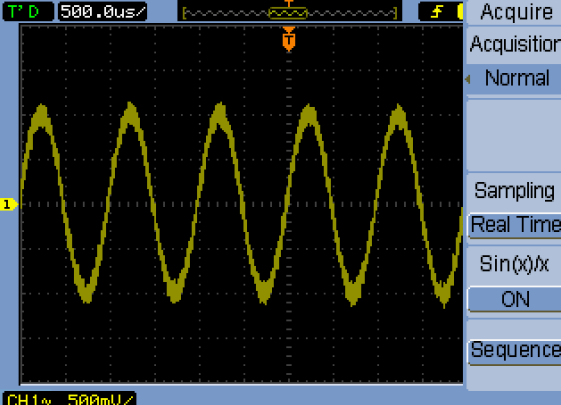
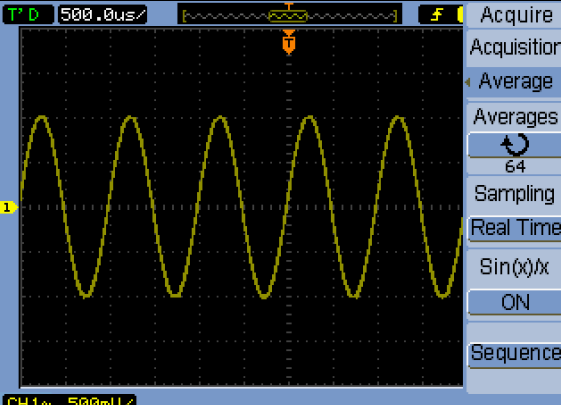
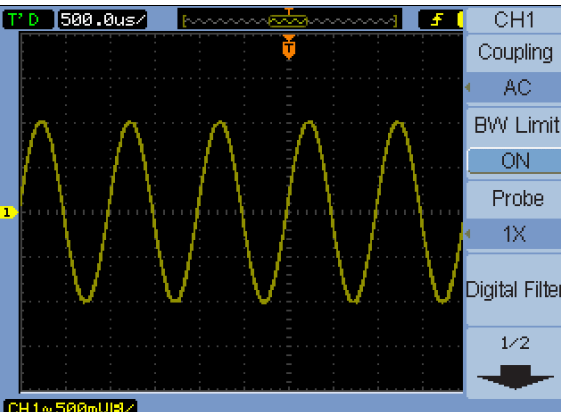
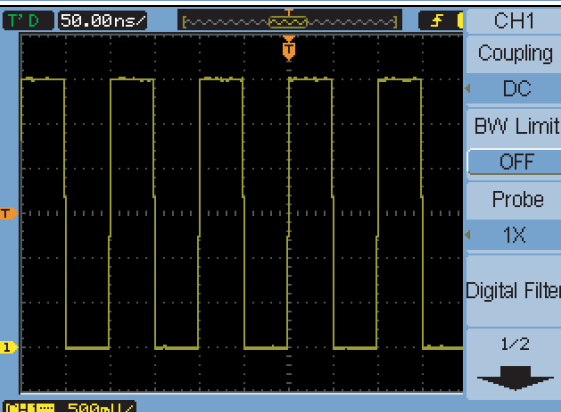
## Rozwiązywanie problemu z zaszumionym sygnałem

Jak już skonfiguruje się blok wyzwalania i uzyska się stabilny przebieg, to wtedy można doregulować czułość w kanałach oraz podstawę czasu, aby dokładnie wykonać pomiary. Czasami jednak warto zastanowić się czy np. nie należy zmienić opcji akwizycji ze względu na szumy, które mogą zafałszować wyniki pomiarowe. Szum można ograniczyć na dwa sposoby.

Pierwszy z nich to ograniczenie pasma przenoszenia w kanale pomiarowym (opcje kanału → BW Limit → ON). Takie rozwiązanie nie jest wskazane, gdy pracuje się z sygnałem prostokątnym o dużej częstotliwości, ponieważ spowoduje jego zniekształcenie. Drugi sposób to ustawienie uśredniania w menu pobierania danych (ang. *Acquire*). Wybieramy tryb akwizycji (ang. *Acquisition*) na uśredniania (ang. *Average*) i dobieramy za pomocą pokrętła uniwersalnego liczbę uśrednień. Staramy się dobrać możliwie najmniejszą liczbę uśrednień.

W sytuacji, gdy należy zmierzyć impulsy szpilkowe można włączyć tryb *Peak Detect* w opcjach akwizycji – wówczas mierzone „przebiegi”, obserwowane np. podczas pracy impulsowej tranzystora MOSFET, będą łatwo mieralne. Wpływ opcji akwizycji na przebieg mierzonego sygnału przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wpływ opcji akwizycji na przebieg badanego sygnału

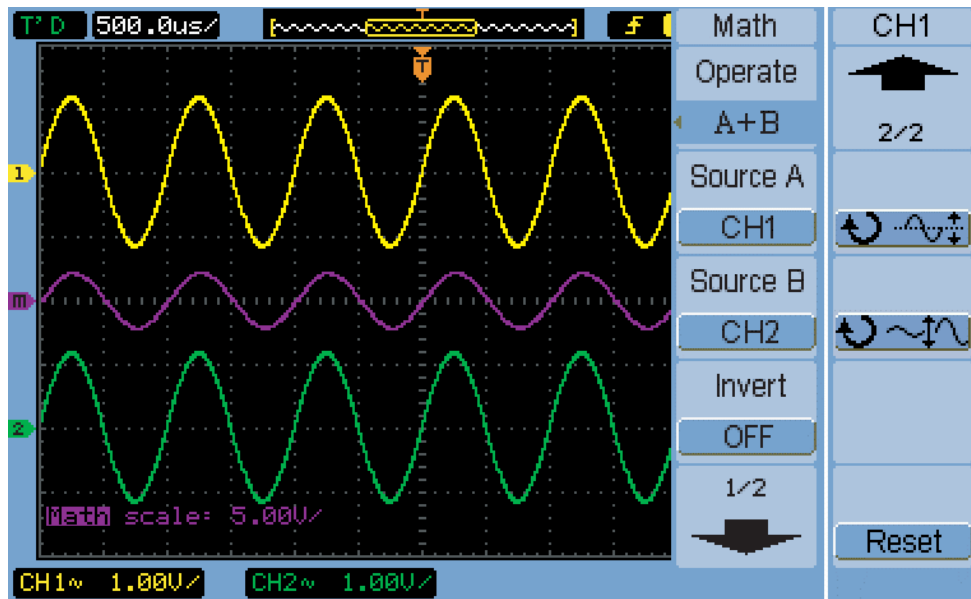
Przykładowy przebieg	Informacje
	<p><b>Zaszumiony sygnał sinusoidalny</b>                      Badany sygnał jest zaszumiony. Pomiary np. wartości międzyszczytowej będą obarczone błędem i dadzą nieprawidłowy wynik. Wpływ szumu na obserwowany przebieg można ograniczyć włączając uśrednianie lub ograniczając pasmo kanału 1.</p>
	<p><b>Sygnał sinusoidalny pomiar z włączonym uśrednianiem</b>                      Badany sygnał został uśredniony. Pomiary np. wartości międzyszczytowej może teraz zostać przeprowadzony w sposób prawidłowy.</p>
	<p><b>Sygnał sinusoidalny pomiar z ograniczonym pasmem przenoszenia</b>                      Ograniczenie pasma (ang. <i>BW Limit</i>) spowodowało usunięcie szumu, który miał znacznie większą częstotliwość niż badany przebieg. Ograniczenie pasma sygnalizowane jest obok czułości kanału (litera B). Podobny rezultat można uzyskać za pomocą filtra cyfrowego (ang. <i>Digital Filter</i>).</p>
	<p><b>Sygnał prostokątny o dużej częstotliwości pomiar bez ograniczonego pasma przenoszenia</b>                      Badany przebieg prostokątny o częstotliwości 10 MHz, pasmo przenoszenia nie jest ograniczone. Przebieg jest prawidłowo zmierzony.</p>

	<p><b>Sygnal prostokątny o dużej częstotliwości pomiar z ograniczonym pasmem przenoszenia</b>          Badany przebieg prostokątny o częstotliwości 10 MHz, pasmo przenoszenia jest ograniczone. Ograniczenie pasma wycina wszystkie częstotliwości powyżej 20 MHz, z tego względu część widma częstotliwościowego sygnału prostokątnego została usunięta i z tego względu przebieg sygnału jest zniekształcony.</p>
	<p><b>Sygnal prostokątny + impulsy szpilkowe podczas standardowej akwizycji</b>          Podczas pomiarów impulsowych można zaobserwować charakterystyczne „przebiecia” związane np. z obecnością indukcyjności w badanym układzie. Przy standardowym trybie akwizycji impulsy szpilkowe są niestabilne (mają różną amplitudę i do tego zmienną w czasie). Problem ten można rozwiązać zmieniając tryb akwizycji na <i>Peak Detect</i>, bądź zmniejszając podstawę czasu tak, aby obserwować tylko jeden impuls.</p>
	<p><b>Sygnal prostokątny + impulsy szpilkowe podczas akwizycji z detekcją wartości szczytowej (ang. <i>Peak Detect</i>)</b>          Ustawienie <i>Peak Detect</i> pozwala ustabilizować amplitudę impulsów szpilkowych przy zachowaniu możliwości obserwowania kilku okresów badanego sygnału.</p>

## Obsługa kanału matematycznego

W niektórych pomiarach należy wykonać operację matematyczną na dwóch różnych przebiegach (np. odjąć od siebie dwa przebiegi napięciowe, aby wyznaczyć spadek napięcia na elemencie). Oscyloskop DSO1072B umożliwia wykonanie operacji matematycznych dodawania, odejmowania, mnożenia i szybkiej transformaty Fouriera (FFT) za pomocą kanału matematycznego. Naciśnięcie przycisku *Math* włączy kanał matematyczny i wywoła menu kanału matematycznego (rys. 6.). Podczas korzystania z kanału matematycznego powinno się ustawić taką samą czułość w kanale 1 oraz 2.

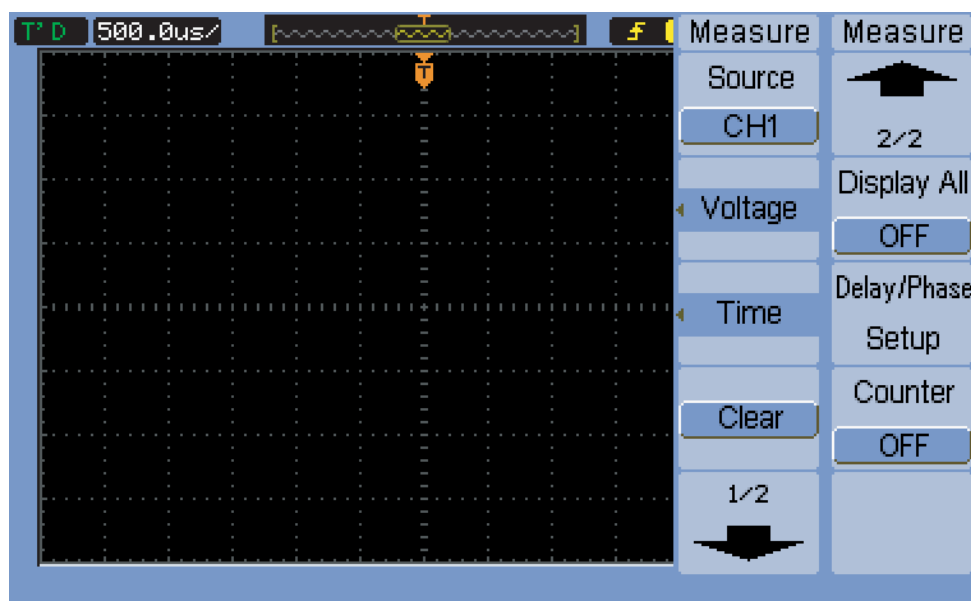
Poziom odniesienia oraz czułość kanału matematycznego można zmienić za pomocą dostępnych poleceń na drugiej stronie menu kanału matematycznego oraz pokrętła uniwersalnego.



Rys. 6. Menu opcji kanału matematycznego

### Pomiary z zastosowaniem automatycznych funkcji pomiarowych

Automatyczne funkcje pomiarowe umożliwiają szybkie pomiary podstawowych parametrów obserwowanych przebiegów napięciowych. Należy jednak pamiętać, że aby wynik pomiaru był prawidłowy należy odpowiednio dobrać czułość oraz podstawę czasu. Menu funkcji pomiarowych przedstawiono na rys. 7. i włącza się je za pomocą przycisku *Meas*.



Rys. 7. Menu opcji pomiarowych (po prawej stronie zamieszczono drugą stronę menu)

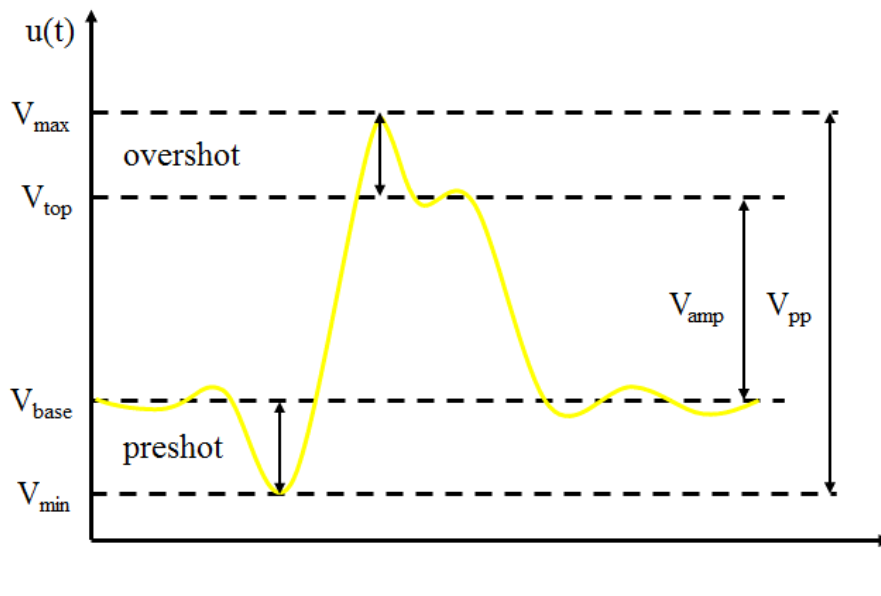
Na początku należy wybrać czy pomiar ma być realizowany na kanale 1 czy 2 (ang. *Source*). Następnie należy wybrać czy ma zostać wykonany pomiar napięcia (ang. *Voltage*) czy pomiar czasu (ang. *Time*). Po zadeklarowaniu rodzaju pomiaru wybiera się określoną funkcję pomiarową za pomocą pokrętła uniwersalnego. Wybór potwierdza się przez przyciśnięcie pokrętła uniwersalnego. Na ekranie mogą być wyświetlone wyniki maksymalnie 3 funkcji pomiarowych. Wyniki pomiarowe usuwa się za pomocą polecenia *Clear*. Oscyloskop DSO1072B ma następujące funkcje pomiarowe:

- napięciowe (ang. *Voltage*):
  - wartość maksymalna –  $V_{\max}$  (ang. *Maximum Voltage*),
  - wartość minimalna –  $V_{\min}$  (ang. *Minimum Voltage*),
  - wartość międzyszczytowa –  $V_{pp}$  (ang. *Peak to Peak Voltage*),
  - napięcie poziomu wysokiego –  $V_{\text{top}}$  (ang. *Top Voltage*),
  - napięcie poziomu niskiego –  $V_{\text{base}}$  (ang. *Base Voltage*),
  - amplituda –  $V_{\text{amp}}$  (ang. *Amplitude Voltage*),
  - wartość średnia –  $V_{\text{avg}}$  (ang. *Average Voltage*),
  - wartość skuteczna –  $V_{\text{rms}}$  (ang. *Root Mean Square Voltage*),
  - amplituda przebiegu za zboczem (ang. *Overshot*),
  - amplituda przebiegu przed zboczem (ang. *Preshot*),
- czasowe (ang. *Time*):
  - okres (ang. *Period*),
  - częstotliwość (ang. *Frequency*),
  - czas narastania (ang. *Rise Time*),
  - czas opadania (ang. *Fall Time*),
  - szerokość impulsu dodatniego (ang. *+Pulse Width*),
  - szerokość impulsu ujemnego (ang. *-Pulse Width*),
  - współczynnik wypełnienia impulsu dodatniego (ang. *+Duty Cycle*),
  - współczynnik wypełnienia impulsu ujemnego (ang. *-Duty Cycle*),
  - opóźnienie, pomiar na zboczach narastających (ang. *Delay A-B, rising edges*),
  - opóźnienie, pomiar na zboczach opadających (ang. *Delay A-B, falling edges*),
  - różnica faz, pomiar na zboczach narastających (ang. *Phase A-B, rising edges*),
  - różnica faz, pomiar na zboczach opadających (ang. *Phase A-B, falling edges*).

Działanie poszczególnych funkcji pomiaru napięcia przedstawiono na rys. 8. Stosując te funkcje powinno się dobrą podstawę czasu tak, aby na ekranie oscyloskopu były widoczne od 2 do 6 okresów. Czulość należy dobrą tak, aby przebieg zajmował prawie cały ekran. Pomiar wartości średniej liczony jest na podstawie całego zmierzonego przebiegu. Jest to średnia arytmetyczna ze wszystkich zmierzonych wartości chwilowych. Pomiar ten możliwy jest do przeprowadzenia tylko przy sprzężeniu DC (dla sprzężenia AC wynik zawsze będzie bliski 0 V). Pomiar wartości skutecznej liczony jest na podstawie całego zmierzonego przebiegu zgodnie ze wzorem:

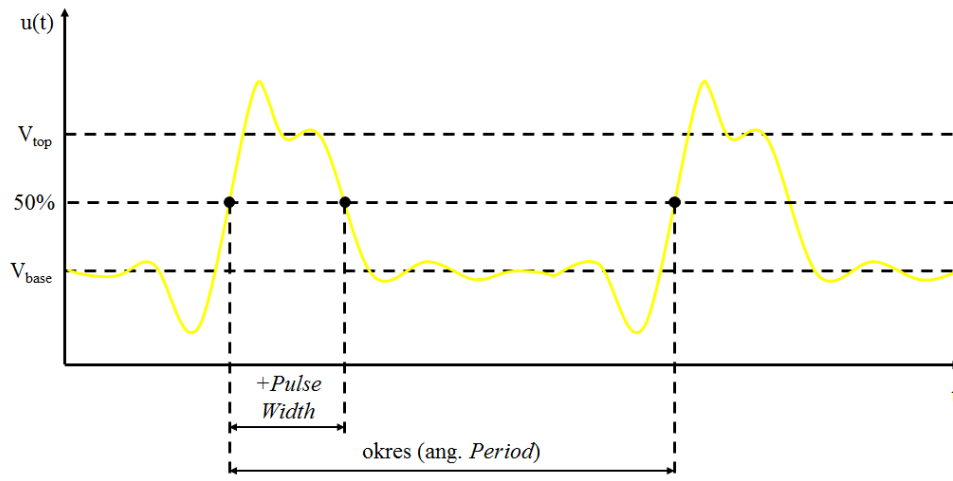
$$V_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

Działanie poszczególnych funkcji pomiaru czasu przedstawiono na rys. 9. Wyniki przykładowych pomiarów przeprowadzonych na oscyloskopie DSO1072B przedstawiono na rys. 10.

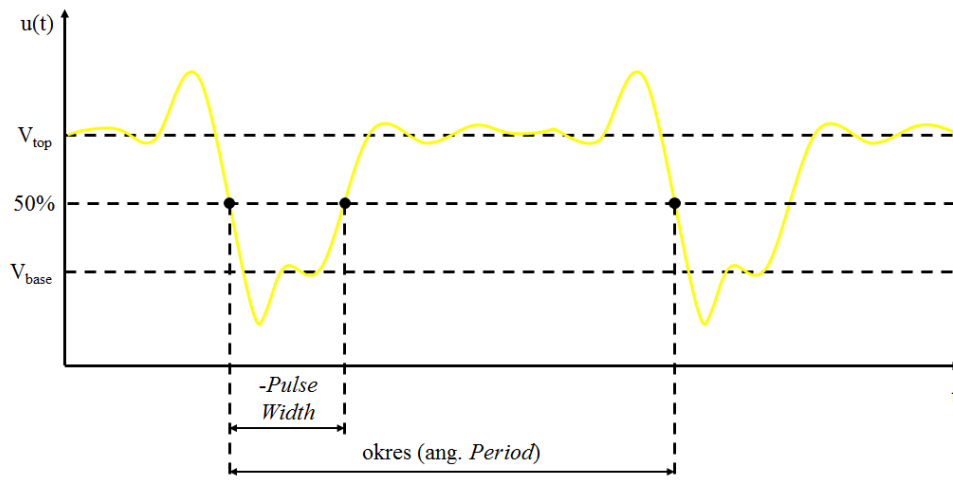


Rys. 8. Działanie funkcji pomiarowych (pomiar napięcia) oscyloskopu DSO1072B

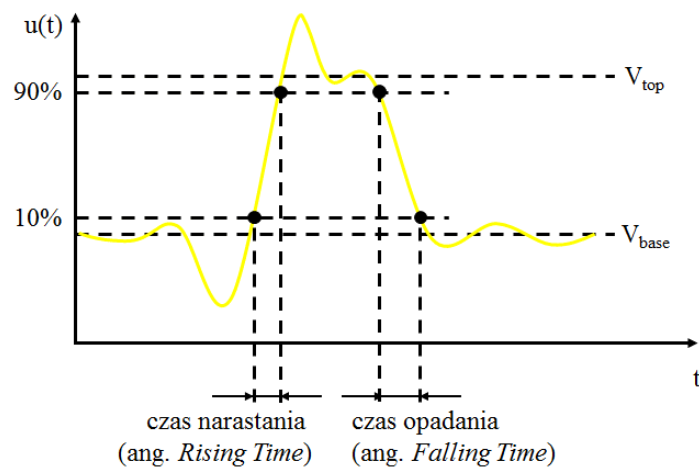
$$a) f = \frac{1}{\text{Period}}; \text{Duty Cycle} = \frac{+\text{Pulse Width}}{\text{Period}}$$



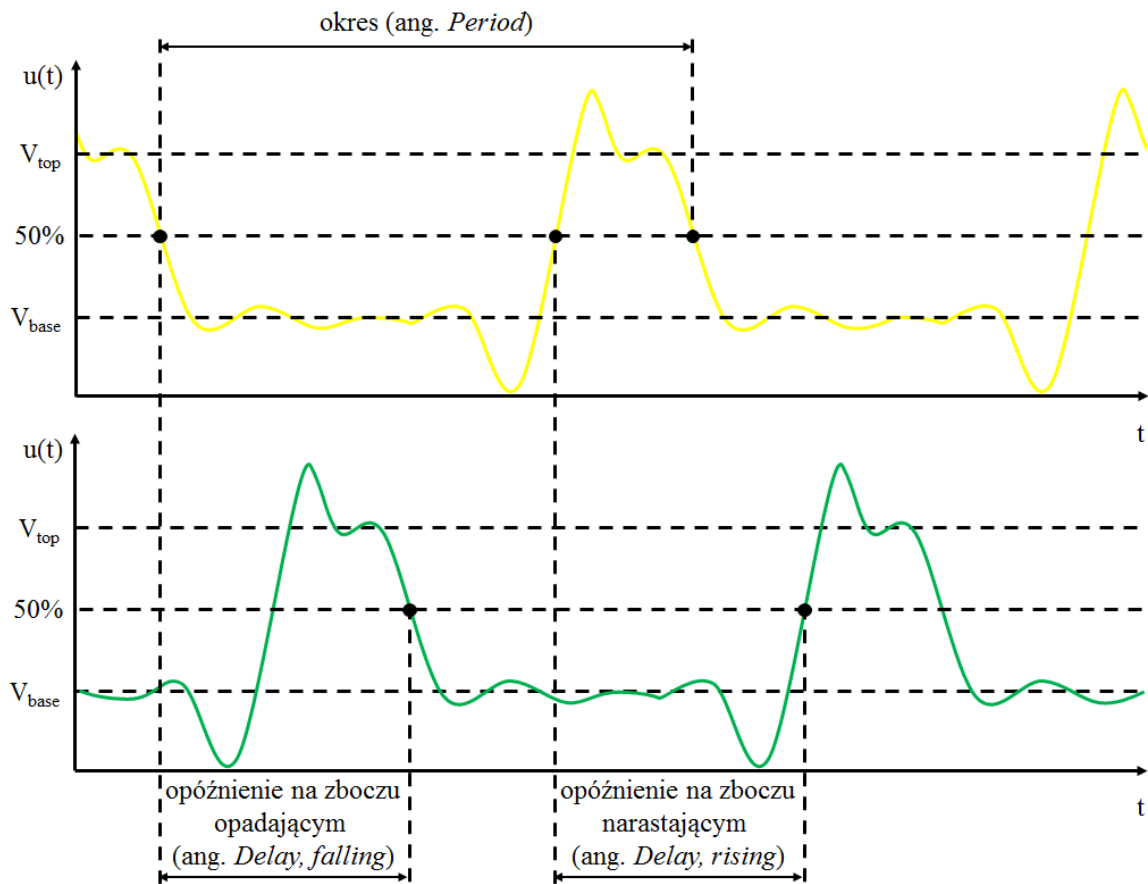
$$b) f = \frac{1}{\text{Period}}; \text{Duty Cycle} = \frac{-\text{Pulse Width}}{\text{Period}}$$



c)

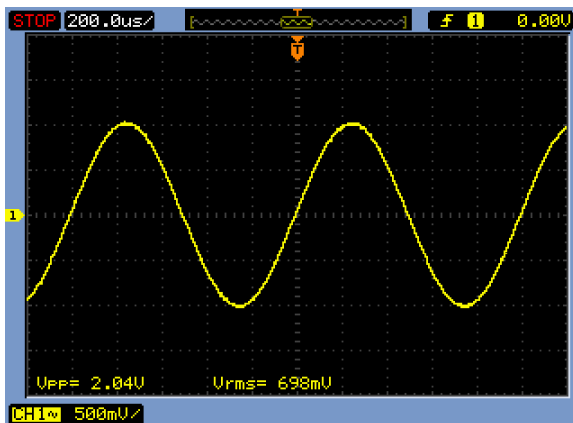


$$d) \text{Phase} = \frac{\text{Delay}}{\text{Period}} \times 360^\circ$$

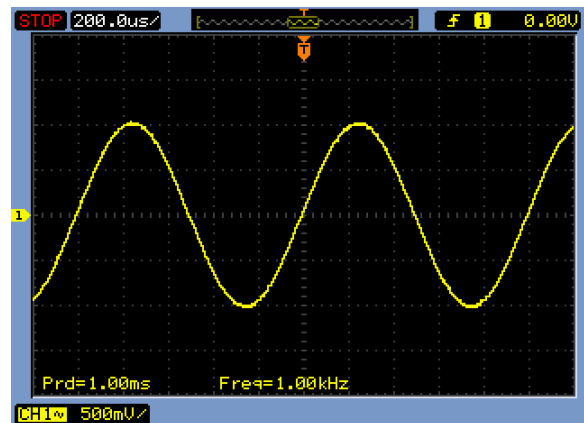


Rys. 9. Działanie funkcji pomiarowych (pomiar czasu) oscyloskopu DSO1072B: a) pomiar okresu, częstotliwości, szerokości i współczynnika wypełnienia impulsu dodatniego, b) pomiar okresu, częstotliwości, szerokości i współczynnika wypełnienia impulsu ujemnego, c) pomiar czasu narastania i opadania, d) pomiar opóźnienia oraz przesunięcia fazowego między kanałem 1 a 2 na zboczach narastających oraz opadających

a)



b)

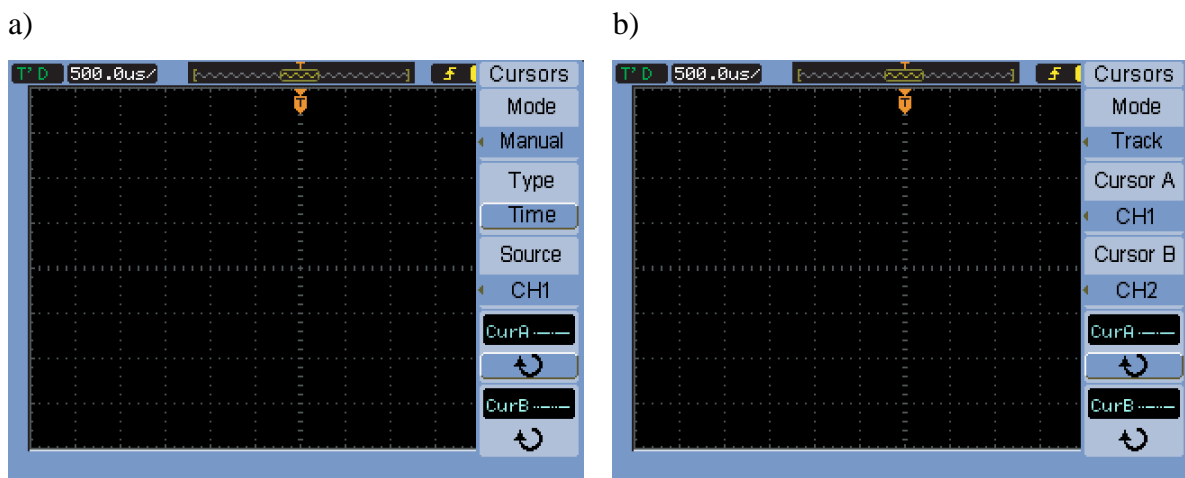


Rys. 10. Przykładowe pomiary z zastosowaniem funkcji automatycznych



## Pomiary z zastosowaniem kursorów pomiarowych

Pomiary parametrów mierzonych sygnałów z zastosowaniem automatycznych funkcji pomiarowych mogą być obarczone błędem. Większość z nich zdefiniowana jest dla przebiegu prostokątnego (np. wynik pomiaru amplitudy sygnału sinusoidalnego za pomocą funkcji  $V_{amp}$  nie będzie prawidłowy). Ponadto nie zawsze możemy jednoznacznie stwierdzić jak zadziałał automatyczny algorytm. Z tego względu dostępne są pomiary z zastosowaniem kursorów pomiarowych. Za pomocą przycisku *Cursors* włącza się kursory pomiarowe oraz ich menu, które przedstawiono na rys. 11. Dostępne są dwa rodzaje kursorów: ręczne (ang. *Manual*) oraz śledzące (ang. *Track*).

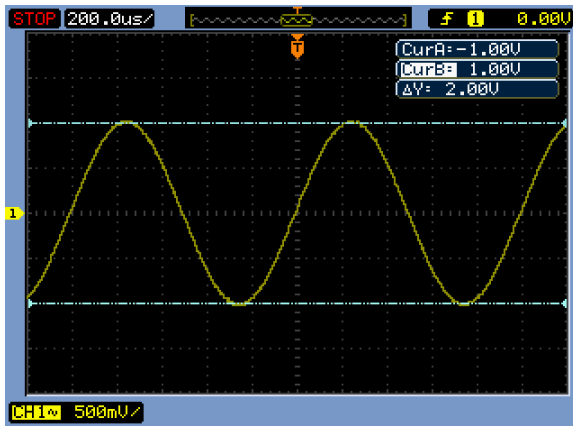


Rys. 11. Menu kursorów pomiarowych: a) ręcznych, b) śledzących

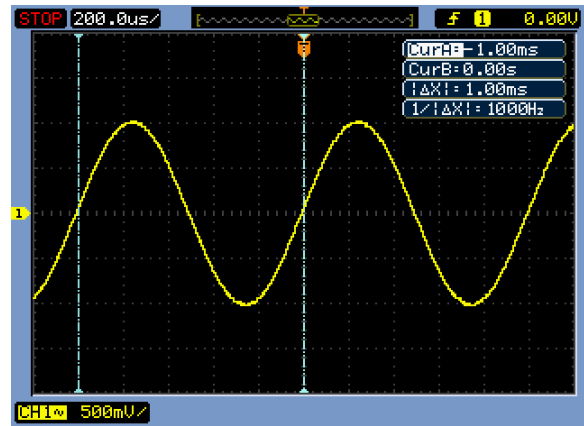
Gdy korzysta się z kursorów ręcznych należy najpierw wybrać ich typ pomiaru (ang. *Type*). Można wtedy mierzyć napięcie (ang. *Voltage*) lub czas (ang. *Time*). Następnie wybiera się źródło (ang. *Source*) – kanał 1, 2 lub matematyczny. Za pomocą klawiszy funkcyjnych uaktywnia bądź dezaktywuje się kursor A lub B, a za pomocą pokrętła uniwersalnego przesuwa się położenie kursorów. Aktywny kursor jest podświetlony w tabelce pomiarowej w prawym górnym rogu.

Kursory śledzące pozwalają mierzyć jednocześnie napięcie i czas. Najpierw deklaruje się, na którym kanale znajduje się dany kursor (mogą być na różnych kanałach), a następnie za pomocą przycisków funkcyjnych uaktywnia bądź dezaktywuje się kursor A lub B. Tym razem pokrętło uniwersalne umożliwia nam przesuwanie kursorów po zmierzonych wartościach chwilowych napięcia badanych przebiegów (stąd nazwa kursorów śledzących). Naciśnięcie pokrętła uniwersalnego pozwala na szybkie przełączanie pomiędzy kursorami (funkcja działa dla kursorów ręcznych i śledzących). Wyniki pomiarów z zastosowaniem kursorów pomiarowych przedstawiono na rys. 12.

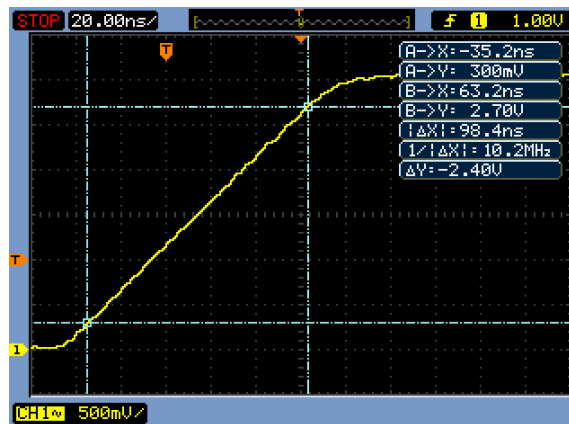
a)



b)



c)



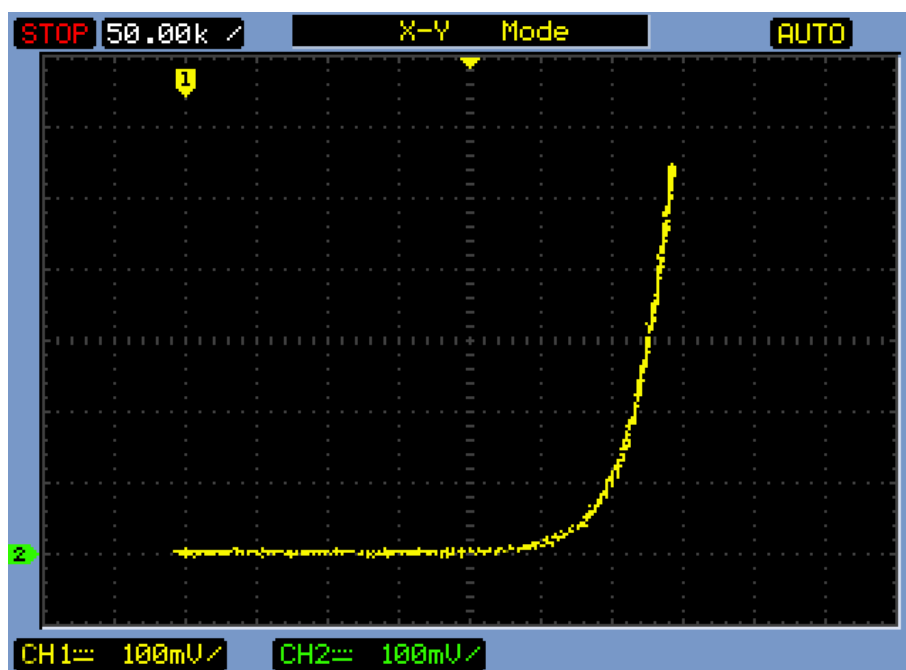
Rys. 12. Pomiary z zastosowaniem kursorów: a) i b) ręcznych, c) śledzących

### Tryb X-Y do pomiarów charakterystyki I-U

Tryb z wyłączoną podstawą czasu (X-Y) pozwala zaobserwować m. in. charakterystyki prądowo-napięciowe elementów elektronicznych. W tym trybie pracy sygnały doprowadzone do kanału 1 i 2 działają jak układ odchylenia poziomego (CH1) i pionowego (CH2) w oscyloskopie analogowym. Do pomiarów charakterystyki I-U z zastosowaniem oscyloskopu należy zastosować charakterograf bądź odpowiednio połączyć układ pomiarowy z zastosowaniem generatora sygnałowego i rezystorów pomiarowych/zabezpieczających.

Po uruchomieniu tego trybu pracy warto ustawić sprzężenie obydwu kanałów do masy elektrycznej (GND). Wówczas na ekranie będzie wyświetlany jeden piksel – punkt (0,0) układu, w którym będzie mierzona charakterystyka I-U. Za pomocą pokręteł poziomu odniesienia można przesuwać punkt początkowy po ekranie (kanału 1 w osi X, a kanału 2 w osi Y). Punkt ten dobrze jest ustawić w lewym dolnym rogu ekranu, aby korzystać możliwie z jak największej powierzchni ekranu. Należy jednak pamiętać, że w tym trybie pracy po dwie skrajne podziałki z lewej i prawej strony ekranu są nieaktywne.

Po ustawieniu pozycji punktu (0,0) należy włączyć sprzężenie DC w obydwu kanałach. Następnie należy dobrać czułość w kanałach, aby obserwowana charakterystyka I-U zajęła cały ekran oscyloskopu. Na rys. 13. przedstawiono charakterystykę I-U diody BAV21 (pomiar wykonano dla rezystora pomiarowego  $10\ \Omega$ , zatem  $100\ \text{mV}$  na osi Y równe jest  $10\ \text{mA}$ ).



Rys. 13. Charakterystyka I-U diody BAV21 zmierzona za pomocą oscyloskopu

Szczegółowa instrukcja obsługi urządzenia dostępna jest na stronie producenta pod adresem (do pobrania instrukcji wymagane jest zarejestrowanie się na stronie producenta):

<https://www.keysight.com/main/techSupport.jsp?cc=PL&lc=eng&nid=-32543.1150482&pid=x201907&pageMode=PL&t=79841.g.1>