

## A-0b. Obsługa generatora funkcyjnego i oscyloskopu

Małgorzata Szypulska

Piotr Wiącek

wersja 10'2016

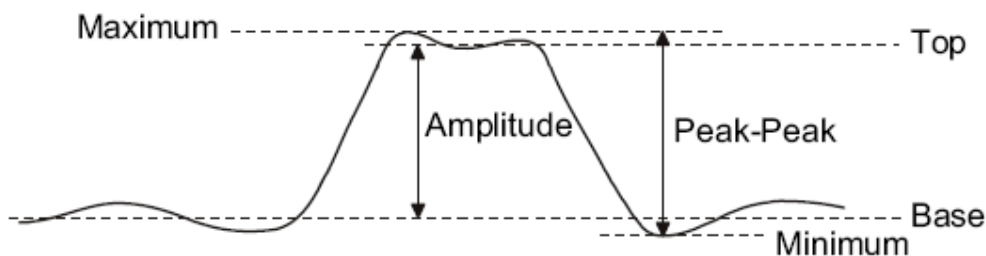
### 1. Zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych parametrów przebiegu okresowego a następnie ich ustawienie za pomocą generatora funkcyjnego. Kolejny punkt ćwiczenia zakłada obserwację wygenerowanego przebiegu napięciowego zmiennego w czasie za pomocą oscyloskopu. Użycie funkcji pomiarowych w oscyloskopie zapewnia pomiar parametrów przebiegu a następnie sprawdzenie zgodności przebiegu wygenerowanego z tym obserwowanym na oscyloskopie.

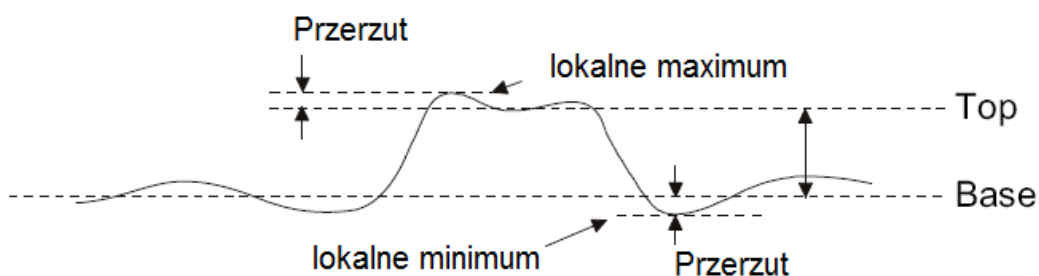
### 2. Podstawowe parametry przebiegów okresowych

Poniższy rysunek przedstawia punkty pomiarowe dla napięcia, gdzie:

- **peak-peak** – wartość różnicy w sygnale od szczytu (maximum) do najniższego punktu (minimum),
- **maximum** – punkt o największej wartości w wyświetlanym przebiegu,
- **minimum** – punkt o najmniejszej wartości w wyświetlanym przebiegu,
- **amplituda** – różnica między top (górną wartością bazową) a base (dolną wartością bazową),
- **top** (górną wartość bazową) – najczęstsza wartość napięcia w górnej części przebiegu, kiedy jest trudna do określenia przyjmuje się wtedy iż jest to maximum,
- **base** (dolną wartość bazową) - najczęstsza wartość napięcia w dolnej części przebiegu, kiedy jest trudna do określenia przyjmuje się wtedy iż jest to minimum.



**Przerzut** to zniekształcenie powstające podczas narastania lub opadania zbocza sygnału, obserwowany jako nadmiar amplitudy sygnału.



Można je opisać następująco:

- **przerzut na narastającym zboczu** to różnica między lokalnym maximum sygnału a jego górną wartością bazową, podzielona przez wartość amplitudy tegoż sygnału. Jeżeli chcemy wyrazić ją w procentach to wynik należy pomnożyć przez 100.

- **przerzut na opadającym zboczu** to różnica między dolną wartością bazową a lokalnym minimum sygnału, podzielona przez wartość amplitudy tegoż sygnału. Jeżeli chcemy wyrazić ją w procentach to wynik należy pomnożyć przez 100.

**DC RMS** – to wartość średnio kwadratowa (skuteczna) danego przebiegu wyznaczona na przestrzeni jednego lub większej liczby okresów.

$$\text{RMS (dc)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

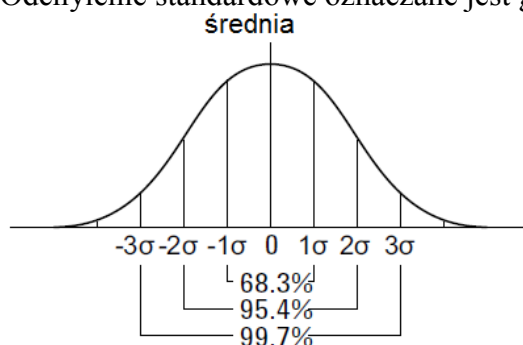
gdzie:

$x_i$  – wartość w i-tym mierzonym punkcie,

$n$  – liczba punktów w przedziale pomiarowy.

**AC RMS** - to również wartość średnio kwadratowa (skuteczna) mierzonego przebiegu ale z usuniętym komponentem stałym DC.

**Odchylenie standardowe** pomiaru to wielkość o jaką pomiar waha się od średniej wartości, przez którą rozumiemy statystyczną średnią pomiaru. Poniższy rysunek obrazuje te dwa parametry oraz rozkład wartości odchylenia. Odchylenie standardowe oznaczane jest grecką literą sigma.



Średnią obliczamy z następującego wzoru:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

gdzie:

$x_i$  - i-ty wynik pomiaru,

$N$  - liczba wykonanych pomiarów.

Odchylenie standardowe jest obliczane następująco:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

gdzie:

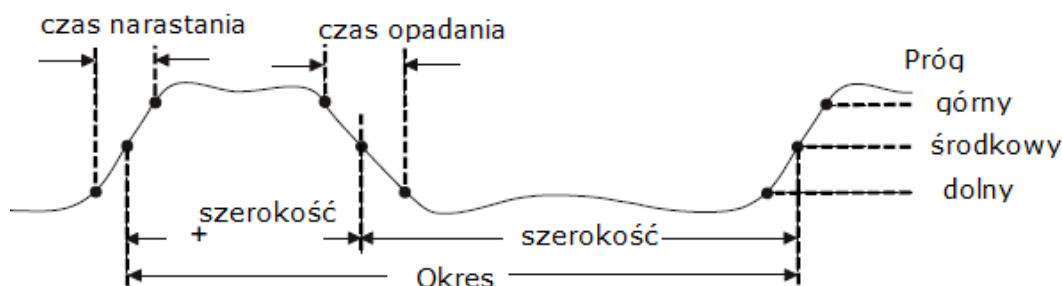
$x_i$  - i-ty wynik pomiaru,

$N$  - liczba wykonanych pomiarów,

$\bar{x}$  - średnia.

### Pomiary czasowe

Poniższy rysunek obrazuje punkty wykorzystywane przy pomiarach czasowych.



Próg górny przyjmuje wartość 90 % amplitudy, środkowy 50% a dolny 10%.

**Okres** to przedział czasowy, w którym występuje jeden pełen cykl sygnału, czyli czas pomiędzy wystąpieniem tej samej fazy sygnału na zboczu o tej samej polarności (tego samego typu np. narastającym). Na powyższym rysunku pokazano jak należy wykonywać pomiar tej własności sygnału (tu rzeczywistego z pewnymi odkształceniami). Mierzmy go między dwoma środkowymi progami na dwóch kolejnych zboczach o tej samej polarności.

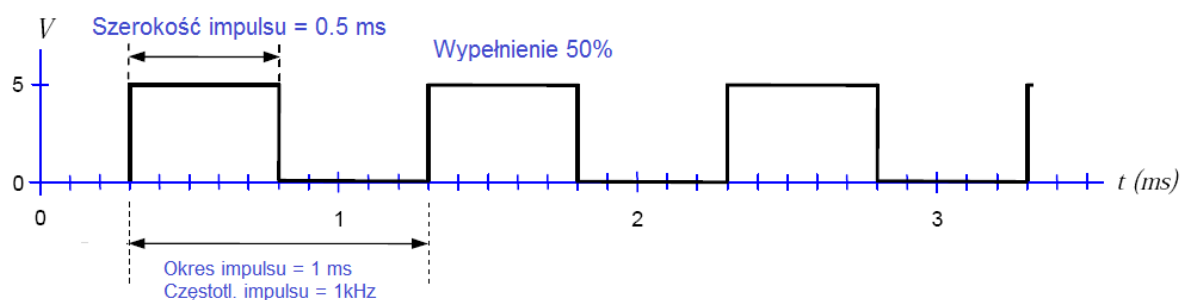
**Częstotliwość** definiujemy jako odwrotność okresu.

**Szerokość dodatniej** części impulsu (sygnału) to różnica czasu między średnim progiem narastającego zbocza i następującego zaraz po nim zbocza opadającego.

**Szerokość ujemnej** części impulsu to różnica czasu między średnim progiem opadającego zbocza i następującego zaraz po nim zbocza narastającego.

Pracując z sygnałem prostokątny lub impulsowym, mówimy też o **współczynniku wypełnienia** (pulse duty) – stosunku czasu trwania stanu wysokiego do okresu sygnału, wyrażanego w procentach.

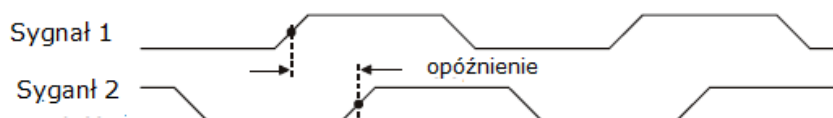
Wypełnienie = (dodatnia część sygnału/okres) \* 100.

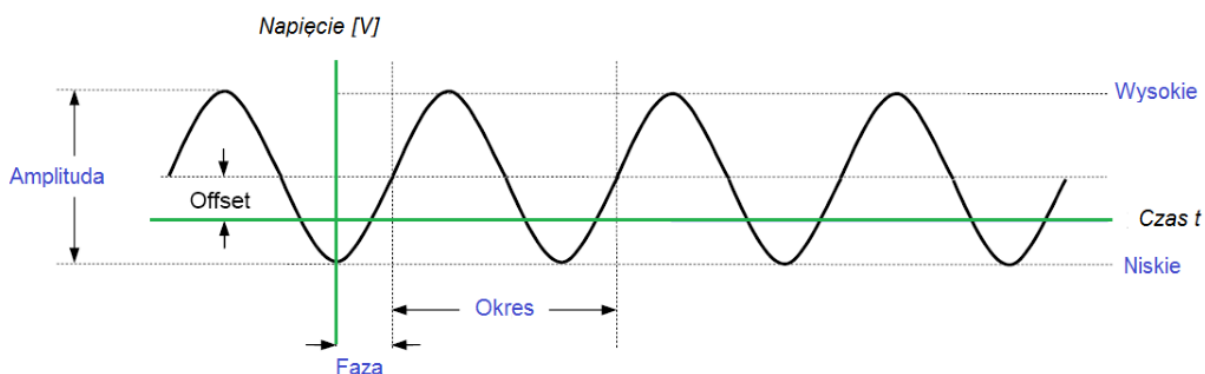


**Czas narastania** sygnału to różnica czasu między dolnym (przy 10% amplitudy) a górnym (przy 90% amplitudy) progiem sygnału, mierzona dla zbocza narastającego. Chcąc dokonać poprawnie tego pomiaru należy odpowiednio ustawić skalę czasową jak i amplitudową oscyloskopu.

**Czas opadania** sygnału to różnica czasu między górnym a dolnym progiem amplitudy sygnału, mierzona dla zbocza opadającego.

**Opóźnienie** to różnica czasu między takimi samymi zboczami dwóch sygnałów, gdzie punktami pomiarowymi są środkowe progi wartości ich amplitud.



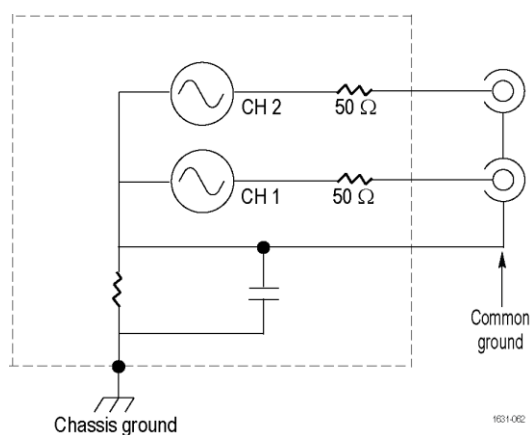


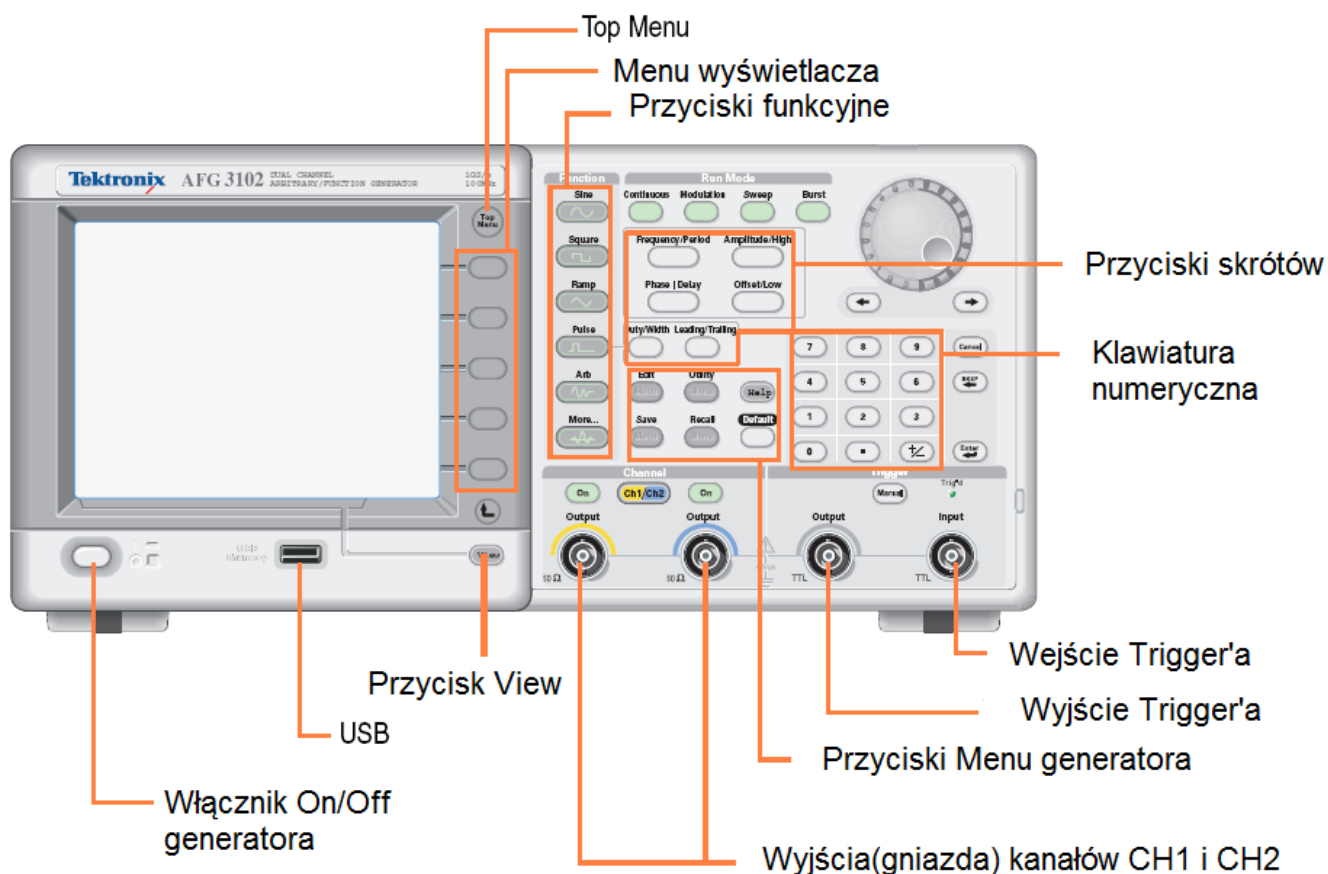
Producent generatorów Tektronix przyjął używać w swoich modelach nazewnictwo amplitudy do opisu zmienności napięcia sygnału, które faktycznie jest typu peak-to-peak, czyli odległość między dolnym a górnym poziomem napięcia. Przesunięcie względem umownie określonego czasu  $t=0$  początku przebiegu to faza, zwykle podawana w stopniach ale również może być ustawiana w urządzeniu w jednostce czasu. Podobne przesunięcie istnieje dla wartości napięcia i nazywa się offset (wartość średnia przebiegu okresowego).

### 3. Generator funkcyjny napięcia

Generator funkcyjny to urządzenie elektroniczne służące do wytwarzania, inaczej generacji sygnałów napięciowych o różnych kształtach m.in. sinusoidalnym, trójkątnym, prostokątnym, impulsowym czy piłokształtnym. Pozwala on na ustawianie właściwości generowanego sygnału takich jak amplituda, częstotliwość czy faza itd. Poniżej został przedstawiony opis jednego z modeli generatora funkcyjnego (AFG3102) firmy Tektronix wykorzystywanego w laboratorium elektronicznym.

Z punktu widzenia modelu zastępczego generator można traktować jak o rzeczywiste źródło napięciowe przebiegów okresowych ze skończoną rezystancją wewnętrzną (wyjściową). Schemat poniżej przedstawia podstawowy model elektryczny dwukanałowego generatora.





Podstawowe parametry generatora Tektronix AFG3102:

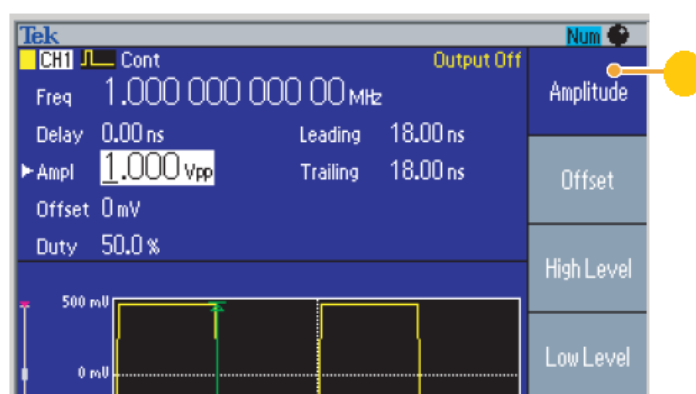
- rozdzielczość napięciowa: 14bit
- liczba niezależnych kanałów wyjściowych: 2,
- impedancja wyjściowa  $50 \Omega$ ,
- zakres generowanych częstotliwości dla przebiegu sinusoidalnego:  $1 \mu\text{Hz}$  do  $100\text{MHz}$ ,
- zakres generowanych częstotliwości dla przebiegu prostokątnego:  $1 \mu\text{Hz}$  do  $50\text{MHz}$ ,
- czas narastania i opadania dla przebiegu prostokątnego:  $\leq 5\text{ns}$ ,
- czas trwania impulsu dla przebiegu impulsowego:  $8\text{ns}$  do  $999.99\text{s}$ ,
- współczynnik wypełnienia dla przebiegu impulsowego:  $0.001\%$  do  $99.999\%$ ,
- czas narastania dla przebiegu impulsowego:  $5\text{ns}$  do  $625\text{s}$ ,
- zakres amplitud dla impedancji obciążenia  $50\Omega$ :  $20\text{mV}_{\text{p-p}}$  do  $10\text{V}_{\text{p-p}}$ ,
- rozdzielczość zmian amplitudy dla impedancji obciążenia  $50\Omega$ :  $0.1\text{mV}_{\text{p-p}}$ .

Panel przedni generatora podzielony jest na funkcjonalne obszary:

- wyświetlacz - zawiera następujące sekcje:
  - obszar główny, gdzie podane są informacje dotyczące aktualnie ustawianego kanału (na rys. CH1), tryb pracy (na rys. Cont), wartości 4 parametrów sygnału, wykres przedstawiający generowany sygnał,
  - Menu boczne – wyświetlane jest za pomocą przycisku Top Menu, po jego wciśnięciu pojawia się ono na wyświetlaczu, poszczególne jego pola wybierane są za pomocą niepodpisanych przycisków zaraz przy prawej krawędzi wyświetlacza,
  - stan wyjścia – informuje czy wyjście jest aktywne (włączone, generacja sygnału),



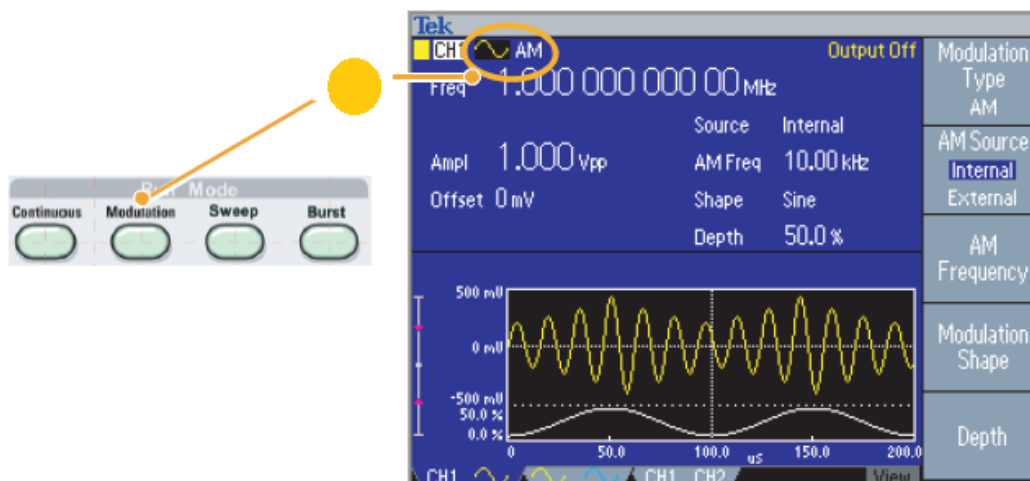
- przycisk View – odpowiada za format wyświetlania sygnałów w obszarze głównym generatora: tryb pojedynczy – jeden kanał, tryb podwójny – informacje o dwóch kanałach wyświetlane jednocześnie,
- klawiatura numeryczna – zawiera cyfry 0-9, przycisk +/- zmieniający znak liczby, BKSP – Backspace aktywny podczas wprowadzania liczby oraz przyciski Cancel i Enter.
- Przyciski Menu – pozwalające m.in. zapisywać ustawienia generatora do jego pamięci.
- Przyciski w obszarze Channel – odpowiedzialne za aktywowanie kanałów generatora.
- Przyciski Run Mode – pozwalające na ustawienie różnych trybów pracy generatora.
- Przyciski skrótów – pozwalają szybko wybrać odpowiednie parametry i ustawić ich numeryczne wartości, bez konieczności wybierania ich z menu bocznego. Przyciskając klawisz Amplitude/High zmienia się wygląd menu bocznego oraz podświetlony zostaje parametr Ampl w obszarze głównym wyświetlacza. Podświetlenie oznacza, iż wybrany parametr można teraz ustawić. Z menu bocznego można wybrać także inne parametry należące do danej grupy, czyli: amplituda, offset, poziom wysoki i niski generowanego napięcia. Powyższe zasady dotyczą także pozostałych parametrów: Frequency/Period (częstotliwość/okres sygnału), Offset/Low, Duty/Width (wypełnienie/szerokość impulsu).



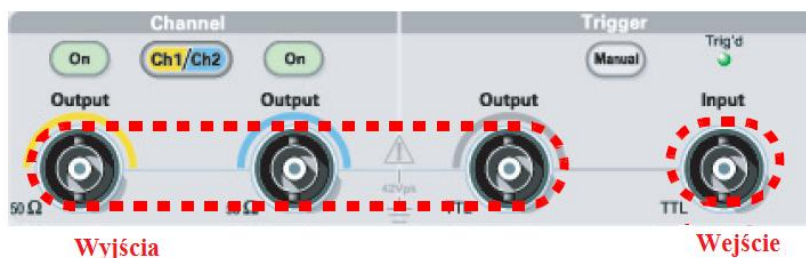
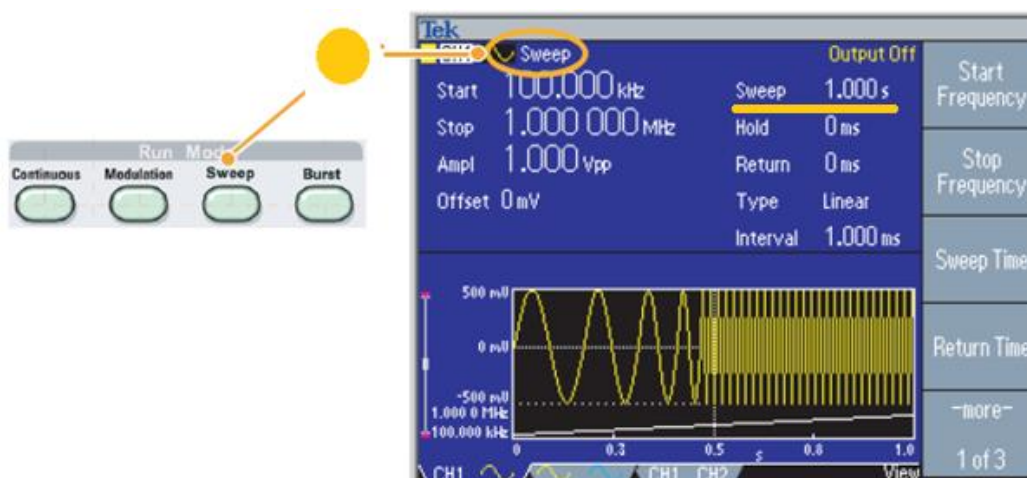
- Przyciski funkcyjne – pozwalają wybrać szybko kształt przebiegu. Część z nich została zaszyta pod przyciskami, czyli: Sine (sinusoidalny), Square (sygnał prostokątny), Ramp (sygnał trójkątny/piła), Pulse (sygnał impulsowy) i Arb (sygnał stworzony przez Użytkownika). Pozostałe sygnały można wybrać za pomocą klawisza More, są to: Sin(x)/x, Noise (szum), DC (sygnał



stały), Gaussian, Lorentz, Exponential Rise (eksponenta rosnąca), Exponential Decay (eksponenta opadająca) i Haversine. Dostępne są również sygnały modulowane m.in. AM (modulacja amplitudy sygnału) czy FM (modulacja częstotliwości), wykorzystując menu Run Mode a z niego przycisk Modulation. Ponownie menu boczne dostosowuje się do wybranej wersji generowanego sygnału, dostosowując swoje opcje.

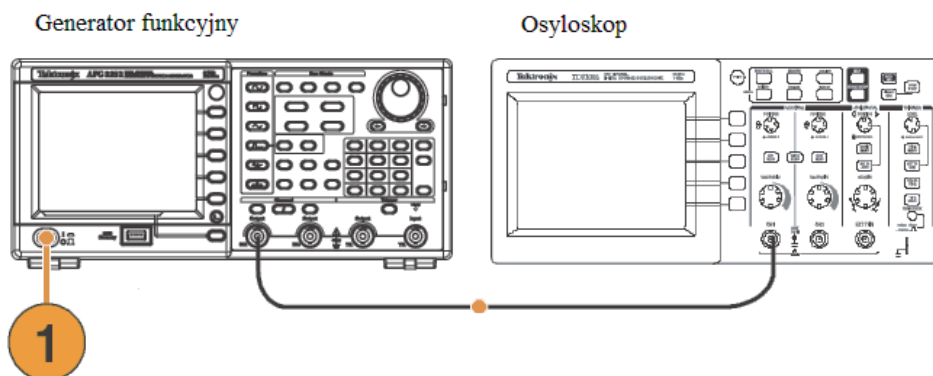


Pozostałe przyciski w tym menu to: Sweep – pozwala na „przemiatanie” ustawionego przedziału częstotliwości, czyli należy ustawić częstotliwość startową oraz końcową a generator z odpowiednim krokiem, czyli Sweep przechodzi od częstotliwości początkowej, wraz z pośrednimi do końcowej.



Urządzenie posiada podstawowe wyjścia sygnałowe (CH1/2 Output) ale również i dodatkowe wejście synchronizacji (wykorzystywane tylko dla specyficznej pracy generatora).

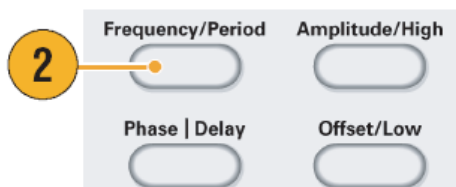
a. Ćwiczenie 1 - konfiguracja generatora



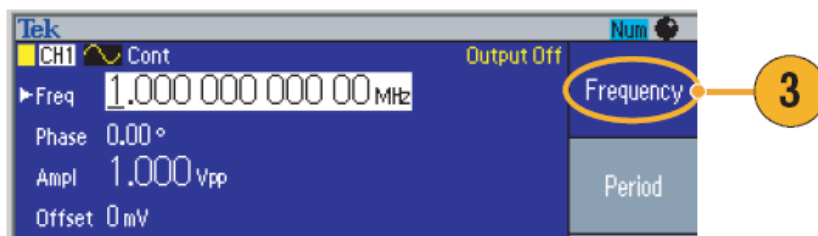
1. Włącz generator funkcyjny (włącznik znajduje się po lewej stronie pod wyświetlaczem, na rysunku oznaczony {1}).

Połącz za pomocą kabla BNC pierwsze wyjście generatora z pierwszym wejściem oscyloskopu. Wciśnij przycisk *Sine* na przednim panelu generatora, w sekcji *Function*. Potem wciśnij *Continuous* w sekcji *Run Mode* aby wybrać ciągłą pracę generatora.

2. Chcąc zmienić częstotliwość sygnału należy wcisnąć *Frequency/Period* na panelu przednim {2}.

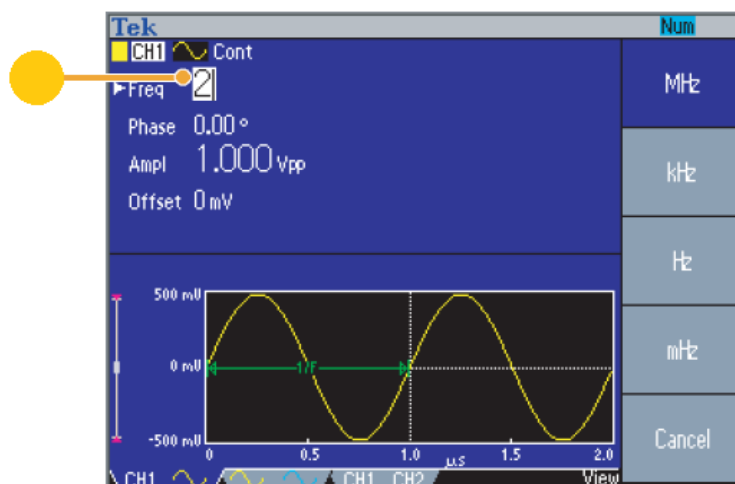


3. Wyświetli się Menu *Frequency/Period/Phase*, umożliwiające ustawienie wartości: częstotliwości, okresu i fazy sygnału. Poniżej przedstawiono wygląd tego menu na wyświetlacz (rys.), jak widać wybrano możliwość edytowania częstotliwość – *Frequency*.

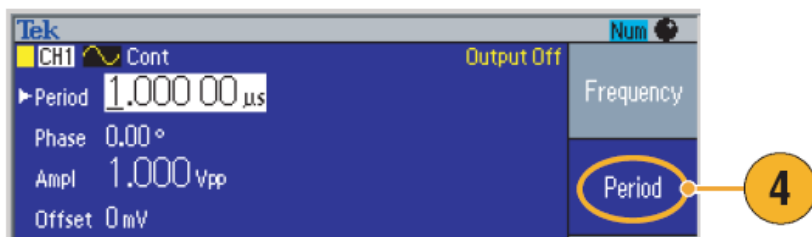


Wprowadzanie wartości częstotliwości można zrobić dwójako: poprzez pokrętło (rys.) oraz strzałki pod nim, które pozwalają na wybranie cyfry na określonej pozycji; drugim sposobem to wybranie wartości częstotliwości z klawiatury numerycznej umieszczonej na panelu przednim generatora, potem wciśnięcie odpowiedniego przycisku (mnożnika) znajdującego się po prawej stronie wyświetlacza (rys.) i zaakceptowanie przyciskiem Enter.

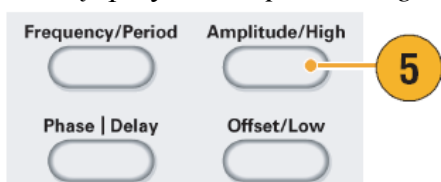




4. Jeżeli użytkownikowi wygodniej jest ustawić okres sygnału może to uczynić ponownie wciskając przycisk *Frequency/Period*. Aktywowana zostaje wówczas opcja ustawiania okresu sygnału zamiast częstotliwości {4}.



5. Kolejnym parametrem, który należy ustawić jest amplituda sygnału. W tym celu należy wcisnąć przycisk *Amplitude/High* {5}.



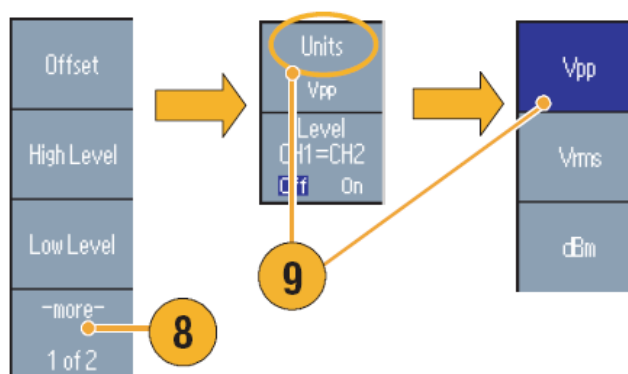
6. Podobnie jak poprzednio jej wartość można wprowadzić z klawiatury numerycznej i wybrać z menu bocznego mnożnik danej jednostki lub użyć pokrętki.



7. Chcąc dokładniej ustawić poziomy napięcia generowanego sygnału, można ponownie wcisnąć przycisk skrótu *Amplitude/High*, wybierając opcję *High Level*, która podświetli się w menu bocznym. Dzięki temu można dokładnie wprowadzić wartości High (wysoką) i Low (niską) napięcia.

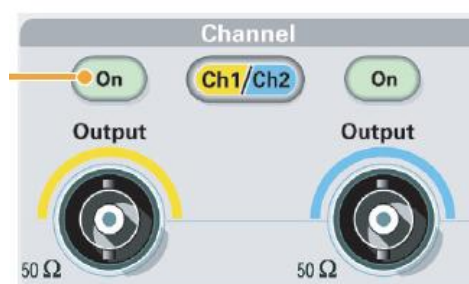


8. Użytkownik może zmienić także jednostki amplitudy aby tego dokonać musi wcisnąć przycisk przy opcji "more" {8} w menu bocznym.



$V_{p-p}$	$V_{rms}$	dBm
10.00 $V_{p-p}$	3.54 $V_{rms}$	+23.98 dBm
2.828 $V_{p-p}$	1.00 $V_{rms}$	+13.01 dBm
2.000 $V_{p-p}$	707 $mV_{rms}$	+10.00 dBm
1.414 $V_{p-p}$	500 $mV_{rms}$	+6.99 dBm
632 $mV_{p-p}$	224 $mV_{rms}$	0.00 dBm
283 $mV_{p-p}$	100 $mV_{rms}$	-6.99 dBm
200 $mV_{p-p}$	70.7 $mV_{rms}$	-10.00 dBm
10.0 $mV_{p-p}$	3.54 $mV_{rms}$	-36.02 dBm

9. Następnie *Units* {9}, by wyświetliło się menu z dostępnymi jednostkami.
10. W sekcji *Channel* nad gniazdami BNC, znajdują się 3 przyciski. Po jednym *On* nad każdym gniazdem – aktywują one dany kanał wyjściowy, co sygnalizowane jest ich świeceniem oraz *Ch1/Ch2* – pozwalający wybrać, dla którego sygnału będą ustawiane wartości parametrów na wyświetlaczu głównym. Kolorem żółtym oznaczony jest kanał pierwszy wyjścia generatora, niebieskim drugi. Istnieje możliwość jednoczesnego korzystania zależnie (te same sygnały na każdym z nich) i niezależnie (różne sygnały) z obydwu kanałów.



## 4. Oscyloskop

Oscyloskop jest urządzeniem wyświetlającym (wizualizującym) przebieg mierzonego napięciowego sygnału elektrycznego. W większości przypadków wykres na wyświetlaczu oscyloskopu pokazuje jak sygnał zmienia się w czasie: pionowa (Y) oś reprezentuje napięcie a pozioma (X) oś – czas.

Prosty wykres może powiedzieć wiele o sygnale:

- czas trwania sygnału oraz jego wartość napięcia,
- częstotliwość sygnału,

- jaka część sygnału to sygnał DC (stały) a jaka AC (zmienny),
- jak bardzo sygnał jest zaszumiony i czy szum zmienia się w czasie.

Rodzaje mierzonych właściwości przebiegów:

- napięcie to różnica potencjałów elektrycznych albo siła elektromotoryczna między dwoma punktami w obwodzie. Zwykle jeden z tych punktów ma potencjał zerowy. Zwykle mierzymy napięcie minimalne i maksymalne przebiegu, nazywane peak-to-peak.
- amplituda ilość napięcia między dwoma punktami w obwodzie. Zwykle amplituda odnosi się do maksymalnego napięcia sygnału mierzonego od poziomu zera woltów.
- faza przesunięcie między dwoma przebiegami mierzone w stopniach lub radianach.

Większość oscyloskopów składa się z 4 różnych sekcji: vertical (pionowa oś), horizontal (pozioma oś), trigger (wyzwalanie) i display (wyświetlanie). Korzystając z oscyloskopu należy wyregulować trzy podstawowe ustawienia, aby dostosować go do przychodzącego sygnału:

- vertical – osłabienie lub wzmocnienie sygnału, skala amplitudowa (pionowa);

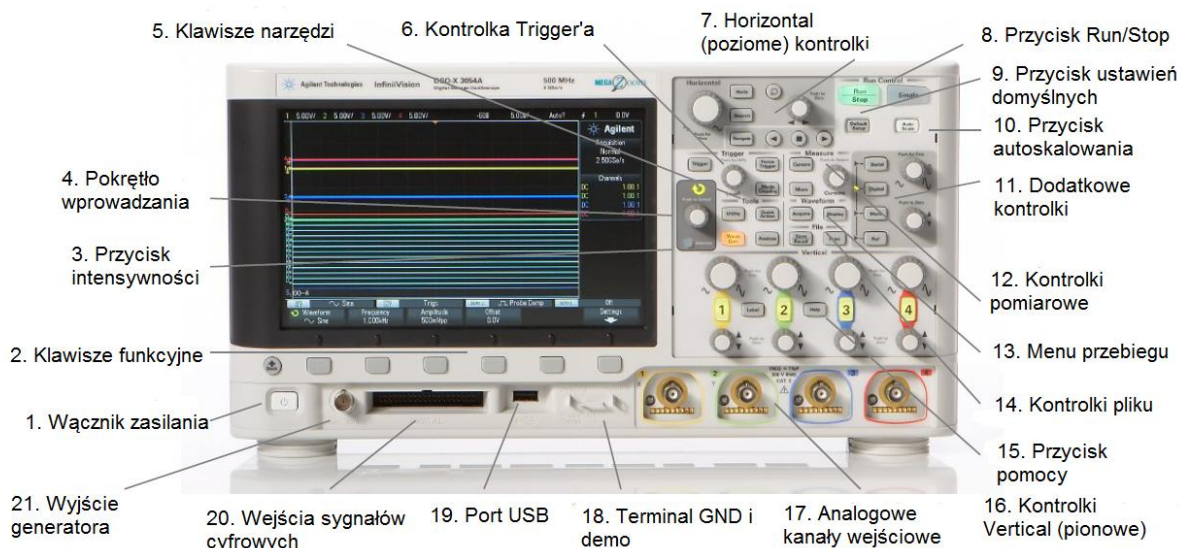
Typowe inne opcje dla systemu vertical to: terminacja ( $1M\Omega$  lub  $50\Omega$ ), sprzężenie (AC, DC, GND), offset, szerokość pasma (bandwidth), pozycja, skala.

Pokrętło ustawiające pozycję pionową pozwala na przesuwanie przebiegiem w górę i dół, dokładnie w miejsce gdzie użytkownik chce go widzieć.



- horizontal – podstawa czasu, skala czasowa;
- trigger – wyzwalanie oscyloskopu; ustaw poziom wyzwalania, żeby ustabilizować sygnał okresowy albo wywołać pojedyncze zdarzenie.


#### a. Opis urządzenia

Poniżej prezentowany jest oscyloskop firmy Agilent MSOX-3054. Oscyloskop ten zawiera cztery wejścia analogowe, 16-wejść cyfrowych do analizy stanów logicznych oraz wejście synchronizacji.



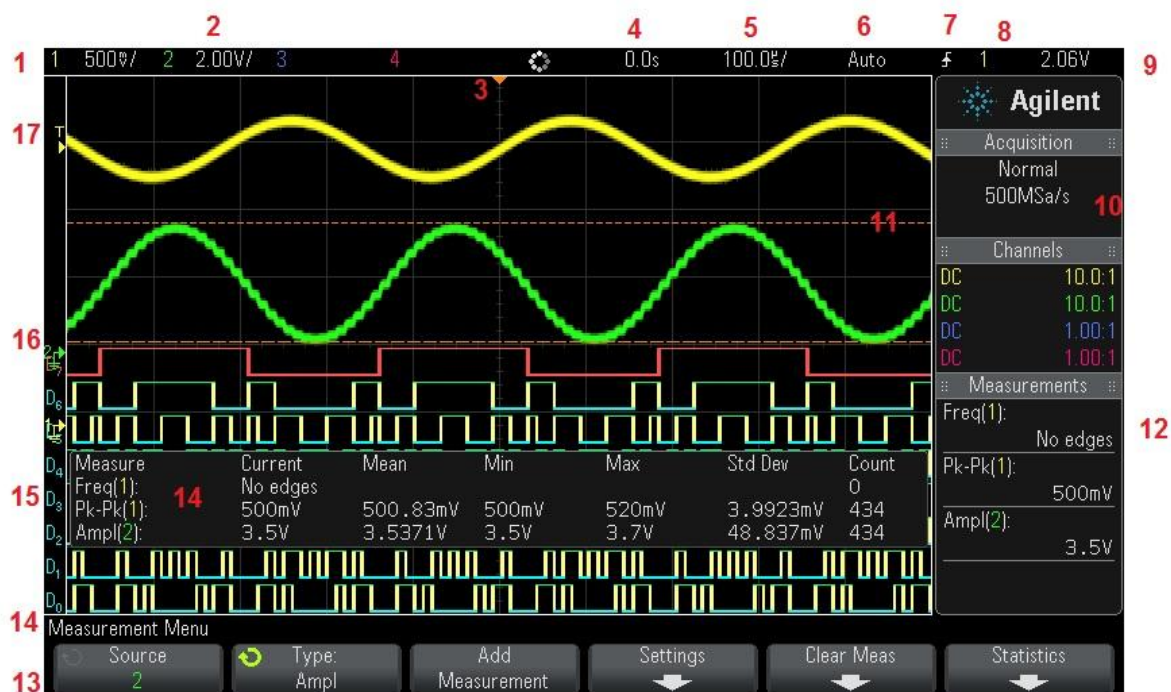
1. Włącznik zasilania - on/off.
2. Klawisze funkcyjne - pozwalają wybierać różne opcje z menu znajdującego się u dołu wyświetlacza. Każdy klawisz przypisany jest do funkcji ponad nim. Menu można ukryć przyciskiem Back, który służy także do przewijania opcji menu. W zależności od trybu jaki został uruchomiony np. *Meas*, czyli pomiary automatyczne pozycje w menu ekranowym będą się zmieniać. Jednak zawsze klawisz znajdujący się pod daną opcją będzie nią sterował.
3. Przycisk intensywności - pozwala ustawić intensywność wyświetlanego przebiegu.

4. Pokrętko wprowadzania - wykorzystywane jest do wybierania różnych pozycji w menu i zmieniania ich wartości. Jego funkcja zmienia się zgodnie z wybraną pozycją w menu ekranowym. Kiedy podświetlona zostaje zakręcona strzałka nad pokrętkiem oznacza to, iż można wybrać nim wartość danej właściwości z menu. Zwykle wystarczy przekręcić pokrętko by zmienić jakąś wartość, jednak czasami trzeba wcisnąć je by aktywować tą funkcję.
5. Klawisze funkcyjne składają się z:
  - a. Utility - pozwala włączyć menu pozwalające na konfigurację ustawień wejść/wyjść oscyloskopu.
  - b. Quick Action - pozwala na szybkie wybranie kilku najprzydatniejszych funkcji m.in. zapisz, drukuj czy zatrzymaj widok.
  - c. Analyze – przycisk ten daje dostęp do takich analitycznych funkcji jak ustawienia poziomu wyzwolenia (trigger).
  - d. Wave Gen – generator funkcyjny. Opisany model oscyloskopu zawiera z siebie wbudowany prosty generator napięciowych przebiegów funkcyjnych.
6. Kontrolki wyzwolenia (Trigger) – określają jak oscyloskop będzie wyzwalany aby przechwycić sygnały.
7. Kontrolki sekcji horizontal (poziomo) składają się z:
  - a. Pokrętko kontrolujące skalę czasową (oś pozioma)  – dostosowuje skalę czasową, liczbę jednostek czasu na podziałkę (time/div), czyli pozwala ono rozsunąć przebieg bądź go zwęzić.
  - b. Pokrętko pozycji  - przesuwa przebieg po poziomej (czasowej) osi.
  - c. Przycisk Horiz – pozwala otworzyć menu Horizontal, gdzie można wybrać XY i tryby przewijania, włączyć lub wyłączyć przybliżenie (zoom), włączyć lub wyłączyć regulację podziałki czasowej oraz wybrać referencyjny punkt czasowy dla wyzwalania.
  - d. Klawisz zoom – dzieli ekran oscyloskopu na część normalną i przybliżoną bez otwierania menu Horizontal.
  - e. Klawisz Search (szukania) – pozwala znaleźć zmianę/zdarzenie w zarejestrowanych danych.
  - f. Klawisz Navigate (nawigacji) – umożliwia nawigowanie przez zarejestrowane dane, poszukiwanie zdarzeń.
8. Przycisk Run/Stop – kiedy przycisk Run/Stop podświetlany jest na zielono oznacza to, że jest w trybie normalnej pracy pobierania danych, jeżeli tylko wyzwalanie jest zapewnione. Wciskając Run/Stop możemy zatrzymać akwizycję sygnału, wtedy przycisk podświetlany jest na czerwono.
9. Przycisk Default Setup (ustawień domyślnych) – ustawienia domyślne oscyloskopu.
10. Klawisz Auto Scale (autoskalowanie) – pozwala on na automatyczne dostosowanie się oscyloskopu do podawanych na jego wejścia sygnałów, ustawia odpowiednio wszystkie skale.
11. Dodatkowe kontrolki to:
  - a. Math – pozwala na wykonywanie pewnych działań matematycznych na sygnałach jak dodawanie, odejmowanie itp.
  - b. Ref – zapisane referencyjne przebiegi.
  - c. Digital – włączenie/wyłączenie kanałów cyfrowych.
  - d. Serial – włączenie dekodowania szeregowego
12. Kontrolki pomiarowe składają się z:

- a. Pokrętła Cursors (kursorów) – wciśnięcie tego pokrętła pozwala na wybranie odpowiedniego rodzaju kursora z menu. Po zamknięciu menu (ponowne wciśnięcie pokrętła) można ustawić pozycje wybranego kursora.
  - b. Przycisk Cursors (kursory) – otwiera menu, które pozwala na wybranie typu pracy kursora.
  - c. Przycisk Meas – pozwala wybrać dostępne typy pomiarów m.in. amplituda itd.
13. Menu przebiegu to klawisze:
- a. Acquire – pozwala wybrać spośród czterech trybów akwizycji sygnałów: Normal, Peak Detection (detekcja pików), Averaging (uśrednianie) lub High Resolution (wysoka rozdzielczość).
  - b. Display – daje dostęp do menu wyświetlania danych.
14. Kontrolki pliku – zawierają przyciski pozwalające zapisać przebieg [Save/Recall] lub go wydrukować [Print].
15. Przycisk pomoc – daje dostęp do menu pomocy oscyloskopu.
16. Kontrolki skali pionowej (Vertical) składają się z:
- a. Przycisków włączających/wyłączających kanały analogowe, nad każdym kanałem (gniazdem) znajduje się przycisk tego typu.
  - b. Pokrętło kontrolujące skalę pionową (Vertical)  - każdy kanał analogowy posiada swoje pokrętło, pozwala zmienić czułość (wzmocnienie).
  - c. Pokrętło ustawiające pozycję sygnału na skali pionowej, oddzielne dla każdego analogowego kanału.
  - d. Przycisk Label – pozwala nadawać nazwy przebiegom.
17. Analogowe kanały wejściowe – są cztery i każdy z nich oznaczony jest innym kolorem, ich impedancję wejściową można ustawić na 50Ω lub 1MΩ. Sygnały podawane są na gniazda BNC.
18. Terminal GND i demo – uziemienie można zastosować podczas korzystania z terminali demo (oscyloskop może generować sygnały testowe i demonstracyjne).
19. Port USB – można do niego podłączyć pamięć zewnętrzną lub drukarkę, stosowany także do aktualizacji oprogramowania oscyloskopu.
20. Wejścia sygnałów cyfrowych
21. Wyjście generatora – pozwala wygenerować podstawowy sygnał m.in. sinusoidalny, prostokątny itp. Ustawienia sygnałów można dokonać po wciśnięciu klawisza Wave Gen.

Opis podstawowych części wyświetlacza przedstawia rysunek poniżej.

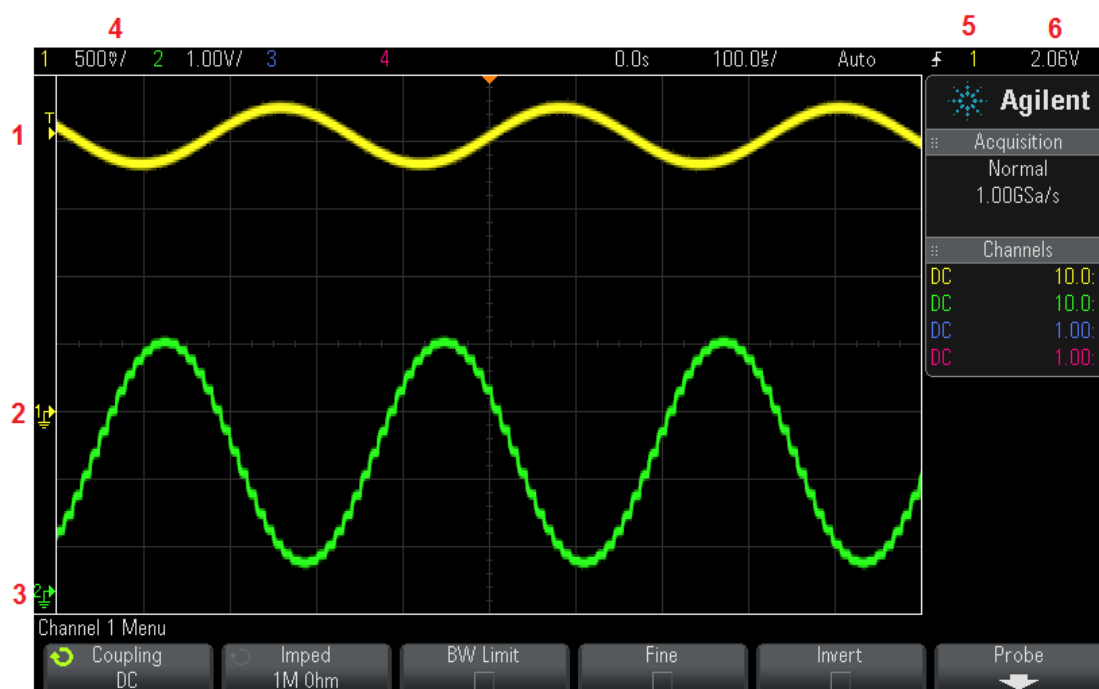




Lp.	Nazwa pola i funkcja
1	Linia stanu
2	<b>Czułość kanałów analogowych (skala amplitudowa sygnału)</b>
3	Punkt wyzwolenia(trigger), znacznik czasowy
4	Czas opóźnienia (przesunięcie sygnału względem znacznika czasowego)
5	<b>Time/div liczba jednostek czasu na podziałkę (skala czasowa sygnału)</b>
6	Status funkcji Run/Stop
7	Rodzaj zastosowanego wyzwolenia (trigger)
8	Źródło wyzwolenia (trigger), numer kanału analogowego
9	Poziom wyzwolenia (trigger) lub próg sygnału cyfrowego
10	Obszar informacyjny o parametrach akwizycji sygnału
11	Kursory określające pomiar
12	Lista wykonywanych pomiarów wraz z informacją o mierzonym kanale
13	Menu ekranowe (klawiszy funkcyjnych)
14	Statystyki pomiarowe
15	Kanały cyfrowe
16	Kanały analogowe i poziomy GND (uziemienia)
17	Poziom wyzwolenia (trigger)

Obszar wyświetlacza zawiera przebiegi zmierzonych sygnałów, identyfikatory przebiegów, poziomy wyzwolenia analogowego (trigger) i poziomy uziemienia (GND). Informacje dla każdego z kanałów przedstawione są w innym kolorze.





1. Znacznik poziomu wyzwolenia dla pierwszego analogowego kanału.
2. Poziom uziemienia dla pierwszego analogowego kanału.
3. Poziom uziemienia dla drugiego analogowego kanału.
4. Numer kanału oraz informacja o liczbie woltów na podziałkę (volts/div), dla poszczególnych aktywnych kanałów.
5. Źródło wyzwolenia (trigger).
6. Poziom wyzwolenia (trigger) dla sygnałów analogowych lub próg napięcia.

Ustawienia sprzężenia (coupling) zmieniają się za pomocą funkcji **Coupling**, która dzieli się na:

- AC (ang. alternating current) umożliwia wyświetlanie przebiegów o dużym offsecie – poziomie sygnału stałego.
- DC (ang. direct current) daje możliwość przeglądania przebiegów nawet do częstotliwości 0 Hz, które nie posiadają dużego poziomu offsetu.

Wybranie odpowiedniej opcji realizowane jest poprzez wciśnięcie przycisku danego kanału. Następnie po otwarciu menu kanału należy wybrać pozycję Coupling i wybrać rodzaj sprzężenia. Wybierając tryb DC można szybko zmierzyć poziom komponentu stałego w sygnale, poprzez odmierzenie odległości do poziomu uziemienia. Mierząc sygnał w trybie AC z sygnału, za pomocą filtra górnoprzepustowego o częstotliwości granicznej 10 Hz, odfiltrowany zostaje komponent stały. Umożliwia to wykorzystanie większego wzmocnienia dla danego kanału bez problemów z jego wyświetlaniem, które wywołuje duży poziom offsetu (dodatkowego sygnału stałego).

Kolejnym ważnym parametrem konfiguracyjnym przed poprawnym wykonaniem pomiarów jest ustawienie odpowiedniej impedancji wejściowej dla każdego z kanałów oscyloskopu. Dokonujemy tego wybierając **Imped** z menu kanału. Dostępne do wyboru opcje to:

- 50 ohm – pozwala na dopasowanie, do powszechnie używanych w wysokoczęstotliwościowych pomiarach, kabli o impedancji 50 ohm. Kiedy wybrane jest sprzężenie AC albo podane jest zbyt duże napięcie, oscyloskop automatycznie przełącza się do trybu 1Mohm.
- 1 Mohm – wartość impedancji stosowana do większości ogólnych pomiarów. Minimalizuje ona efekt ładowania obciążenia, czyli mierzonego układu przez oscyloskop.

Jeszcze jedną istotną opcją w menu kanału jest **BW Limit**, pozwalająca na ograniczenie szerokości pasma. Kiedy jest aktywna szerokość pasma wynosi w przybliżeniu 20 MHz. Dla

sygnałów poniżej 20 MHz włączenie ograniczania pasma pozwala pozbyć się niechcianych wysokoczęstotliwościowych szumów z przebiegu. Ograniczenia szerokości pasma dotyczy nie tylko sygnału mierzonego na danym kanale ale również sygnału wyzwolenia (trigger).

Opcja **Fine** z menu kanału pozwala na zmniejszenie skoku zmiany czułości (wzmocnienia) skali pionowej kanału. Kiedy jest ona włączona pokrętko zmiany skali ma większą dokładność.

Wykorzystywany oscyloskop ma także możliwość wykonywania działań matematycznych na sygnałach z kanałów analogowych. Wynikiem zwykle jest przebieg wyświetlany na fioletowo. Operacje oraz transformaty możliwe do wykonania to m. in.: dodawanie, odejmowanie, mnożenie, całkowanie, liczenie pochodnych, FFT albo pierwiastek kwadratowy. Dostęp do wszystkich dostępnych funkcji uzyskiwany jest po wciśnięciu przycisku **Math** na panelu głównym oscyloskopu.

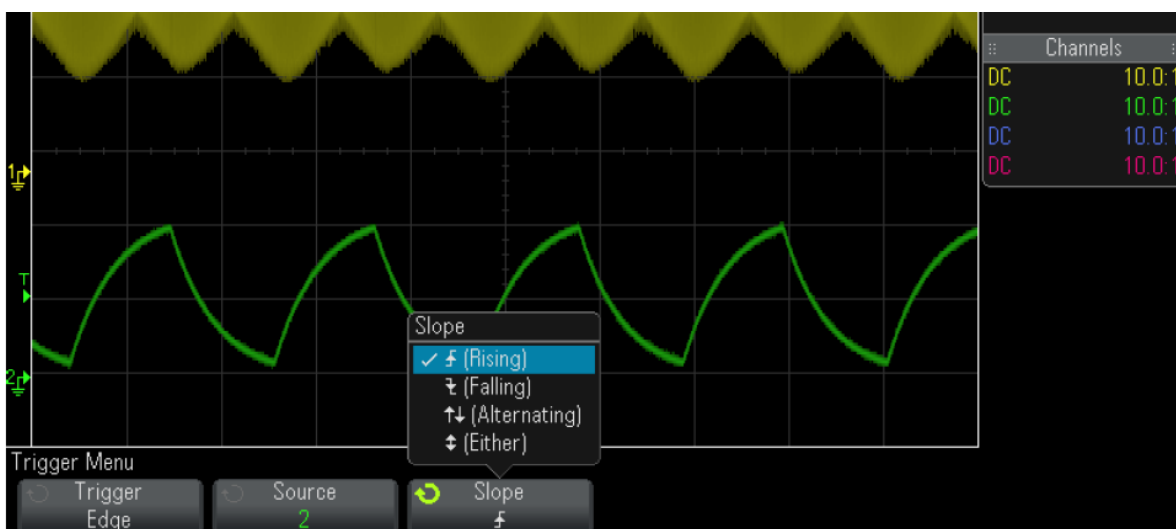


Pożądaną operację lub transformację wybieramy przyciskiem Operator. Argumentami wybranego działania są sygnały z kanałów analogowych wybierane przy Source 1 i Source 2.

System wyzwalania oscyloskopu kontroluje pobieranie i wyświetlanie sygnałów. Wyzwalany sygnał, to ten którego przebieg jest wykrywany (wyświetlanie) i wyświetlany od lewej do prawej na ekranie oscyloskopu, za każdym razem kiedy konkretne warunki są spełnione. Poziom wyzwalenia można ustawić dla każdego kanału analogowego kręcąc pokrętkę Trigger Level. Istnieje także możliwość ustawienia go do poziomu 50% wartości sygnału wciskając pokrętkę Trigger Level. Kiedy włączone jest sprzężenie AC, poziom wyzwalenia ustawiany automatycznie przez pokrętkę wynosi 0V. Na wyświetlaczu oscyloskopu możemy znaleźć informację o wartości wyzwalenia dla danego kanału, jak i w formie graficznej jako ikona obok przebiegu (rys.).

Przycisk Force Trigger pozwala ręcznie wyzwolić i wyświetlić pobrany przebieg.

Jednym z popularnych trybów wyzwalenia jest Edge trigger, czyli wyzwalanie na określonym zboczu sygnału i wartości napięcia sygnału. Wybór źródła wyzwolenia i zbocza dokonujemy w Trigger Menu, które włączanie jest przez naciśnięcie przycisku Trigger. Następnie pokrętkę wprowadzania ustawień wybieramy interesującą nas opcję, czyli Edge. Kolejnym krokiem jest wybranie źródła wyzwolenia, którym może być jeden z kanałów analogowych np. 2, cyfrowych, źródło zewnętrzne lub generator funkcyjny (WaveGen).



Najprostszym sposobem ustawienia wyzwolenia jest wybranie przycisku **AutoScale**, który automatycznie ustawia poziom wyzwolenia na odpowiednim zboczu.

Istnieją także inne tryby wyzwolenia ale nie będą one wykorzystywane podczas ćwiczeń, są to m.in. Pulse Width – wyzwolenia na podstawie szerokości impulsu, czy Rise/Fall Time – wyzwolenie względem czasu narastania lub opadania sygnału.

Akwizycję sygnału można wstrzymać/wznović używając przycisku Run/Stop, dzięki temu można analizować i mierzyć sygnał w wymagających warunkach pomiarowych.

Kursory to poziome lub pionowe znaczniki, które wskazują wartości na osiach X i Y dla wybranych przebiegów. Można dzięki nim dokonać niestandardowych pomiarów napięcia, czasu czy fazy. Informacje o kursorach są wyświetlane po prawej stronie pola informacyjnego na ekranie oscyloskopu(rys.).

Kursory osi X to pionowe przerywane linie, które przesuwają się w płaszczyźnie poziomej i mogą mierzyć: czas, częstotliwość, fazę i współczynnik(%). Cursor X1 składa się z krótszych przerywanych linii a X2 z dłuższych. Wartości kursorów X1 i X2 dla wybranego przebiegu wyświetlane są w obszarze menu ekranowego. Różnica między X1 a X2 ( $\Delta X$ ) i  $1/\Delta X$  są wyświetlane w prawej części obszaru informacyjnego, w okienku Cursors.

Kursory Y to poziome przerywane linie, ustawiane w płaszczyźnie pionowej, mogą mierzyć napięcie lub natężenie prądu. Cursor Y1 zbudowany jest z krótszych przerywanych linii, natomiast Y2 dłuższych. Kursory Y ustawiane są wzdłuż płaszczyzny pionowej i zazwyczaj podają wartości względem poziomu uziemienia dla danego kanału. Kiedy są włączone wartości, które wskazują wyświetlane są w menu ekranowym, natomiast różnica między Y1 a Y2 ( $\Delta Y$ ) w obszarze informacyjnym.

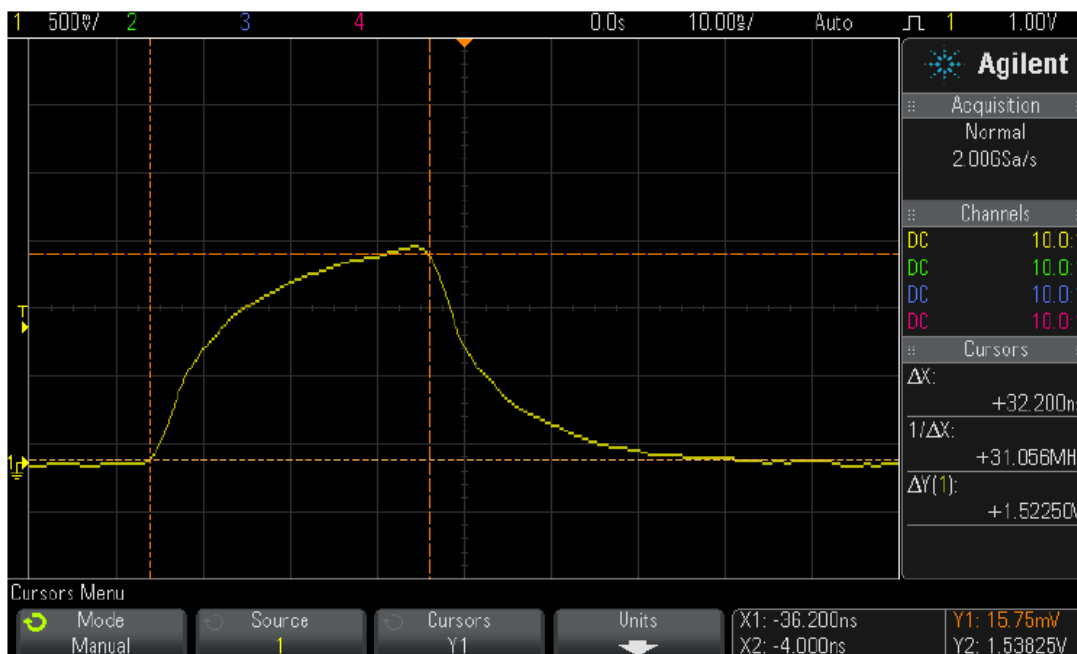
Chcąc wykonać pomiar za pomocą kursorów należy wcisnąć przycisk Cursors. Okienko dotyczące kursorów pojawi się w obszarze informacyjnym, po prawej stronie, sygnalizując że są one aktywne. W menu kursorów należy wcisnąć Mode i wybrać odpowiedni tryb:

- Manual – wartości parametrów  $\Delta X$ ,  $1/\Delta X$  i  $\Delta Y$  są wyświetlane.
- Track Waveform – wartości właściwości danego przebiegu, przez odpowiednie kursory są śledzone i mierzone.



Powyższe tryby to nie jedyne jakie są dostępne, jednak z punktu widzenia pomiarów analogowych jedyne potrzebne, pozostałe odnoszą się do pomiarów sygnałów cyfrowych.

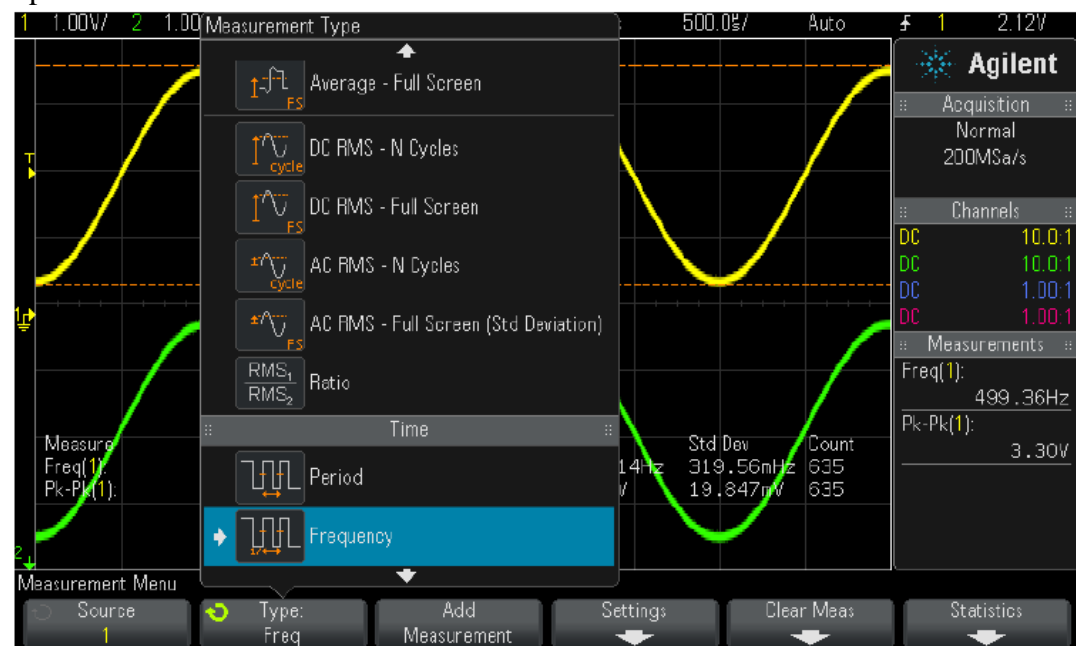
Kolejnym krokiem w konfiguracji pracy kursorów jest wybór źródła sygnału, determinuje ono kolor kursorów zgodny z kolorem danego kanału. Jest to istotne szczególnie w przypadku pomiarów wykonywanych za pomocą kursorów poziomych na osi Y. Często mierzone są dwa sygnały o różnej skali amplitudowej, dlatego należy pamiętać aby mierzyć je kursorami przypisanymi do danego kanału. W przypadku kursorów pionowych jest łatwiej, gdyż skala czasowa jest taka sama dla wszystkich sygnałów (kanałów). Chcąc wybrać ustawiany kursor z danej pary, należy wcisnąć pokrętkę Cursors i pokręcić nim w celu dokonania wyboru, ponownie wciskając je potwierdzając go. Można także wybrać z menu ekranowego Cursors i pokrętkę wprowadzania wartości. Można wybrać także opcję łączonych Y1Y2 lub X1X2, czyli linked która pozwala po ustawieniu ich położenia, przemieszczać je jednocześnie.



Istnieje także możliwość aby za pomocą przycisku Meas uruchomić automatyczne pomiary przebiegów. Niektóre z nich mogą być przeprowadzone jedynie na sygnałach analogowych. Wyniki ostatnich 4 wybranych pomiarów są wyświetlane w obszarze Listy pomiarowej (Measurements) po prawej stronie ekranu.



Po wciśnięciu Meas w menu ekranowym pojawiają się powyższe opcje, pierwszą którą należy skonfigurować jest źródło mierzonego sygnału, Source (sterowanie oczywiście za pomocą klawiszy funkcyjnych, pod wyświetlaczem). Następnie wybieramy typ pomiaru, kręcąc pokrętką wprowadzania.



Na koniec wybieramy Add Measurement aby dodać pomiar. Wciskając ponownie Meas wyłączamy dotychczasowe pomiary. Możemy także pozbyć się jednego lub wszystkich pomiarów wybierając Clear Meas.



Dostępne warianty pomiarowe można podzielić na dwie grupy: czasowe i napięciowe, oczywiście nie są to jedyne dostępne jednak pozostałe nie będą wykorzystywane na laboratoriach. Pomiar napięciowe to: wartość maksymalna i minimalna sygnału, amplituda, górna i dolna wartość bazowa napięcia, przerzut, średnia, DC RMS, AC RMS i Ratio. Pomiar czasowe: okres, częstotliwość, szerokość dodatniego i ujemnego impulsu, wypełnienie, czas narastania i opadania sygnału, opóźnienie.

### Ćwiczenie 2

- W pierwszej części należy dokonać pomiarów sygnału wygenerowanego w ćwiczeniu 1. Należy wybrać po trzy typy pomiarów z każdej grupy napięciowe i czasowe ale tak by możliwe było zmierzenie ich wartości również za pomocą kursorów.
- Następnie podobnie jak w ćwiczeniu 1 należy wygenerować sygnał prostokątny ze współczynnikiem wypełnienia 40%, amplitudzie 500mV i okresie 600ms oraz dokonać odpowiednie pomiary tak jak w poprzednim podpunkcie.

### Literatura

1. Strona producenta generatora AFG3102: <http://www.tek.com/datasheet/afg3000-series>
2. Strona producenta oscyloskopu: <http://www.keysight.com/en/pcx-x205207/infiniivision-3000a-x-series-oscilloscopes?nid=-32540.0.00&cc=PL&lc=eng>