# Trening umiejętności trenerskich (II) - szkolenia stanowiskowe
## cz. IV
## Naprawa urządzeń elektronicznych – miernictwo elektryczne

*Autor: Tomasz Ocetkiewicz*

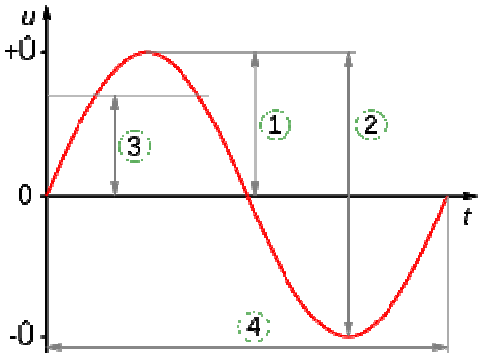
**Skrypt** dla uczestników projektu **„Akademia Jabil'a. Kompetencje i wiedza personelu najważniejszym kapitałem firmy"**
nr WND-POKL.08.01.01-04-277/12 realizowanego przez
Kujawsko-Pomorską Organizację Pracodawców LEWIATAN
w Partnerstwie z JABIL Global Services Poland Sp. z o.o.

Bydgoszcz 2013

# 1. Podstawowe definicje dotyczące sygnałów.

**Prąd stały** (DC) – prąd charakteryzujący się stałą wartością natężenia w czasie.

**Prąd zmienny** (AC) – prąd, którego chwilowa wartość natężenia zmienia się w czasie.




**Składową stałą** sygnału jest nazywana jego wartość średnia.

**Składowa zmienna sygnału** jest to różnica pomiędzy sygnałem a składową stałą.

**Amplituda**(1)jest to maksymalna wartość chwilowa składowej zmiennej sygnału.

**Wartość międzyszczytowa**(2) jest to różnica pomiędzy maksymalną a minimalną wartością sygnału.

Dany przebieg nazywamy okresowym, jeżeli wszystkie jego wartości powtarzają się w równych odstępach czasu zwanych **okresami**(4). Okres zwykle oznacza się T.

**Częstotliwość** jest równa liczbie okresów przebiegu przypadających na jednostkę czasu, czyli na 1s.

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

**Pulsacją**, albo częstotliwością kołową nazywamy:

$$\omega[rd/s] = 2 \cdot \pi \cdot f$$

**Wartością skuteczną** prądu zmiennego nazywamy taką wartość prądu stałego, który przepływając przez stałą rezystancję R, w czasie odpowiadającym okresowi T, spowoduje wydzielenie na tej rezystancji takiej samej ilości energii cieplnej co prąd zmienny w tym samym czasie. Dla prądu sinusoidalnego wartość skuteczna jest równa amplitudzie podzielonej przez pierwiastek z 2.

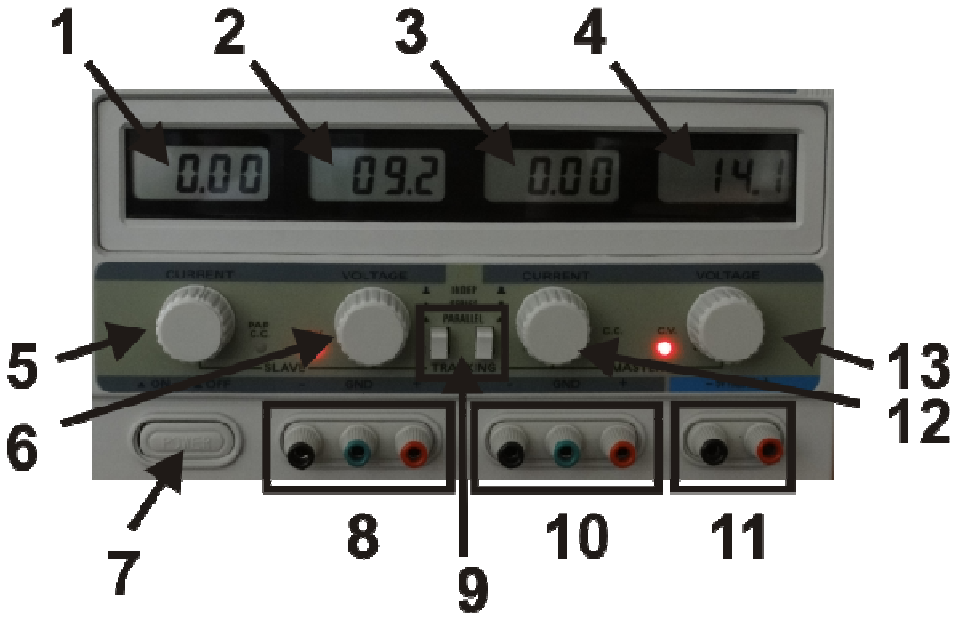
**Współczynnik kształtu krzywej** jest to stosunek skutecznej wartości przebiegu do średniej wartości przebiegu wyprostowanego dwupołówkowo.

**Współczynnik szczytu** jest to stosunek maksymalnej wartości do wartości skutecznej przebiegu.

## 2. Obsługa zasilacza laboratoryjnego.

**Zasilacz** jest urządzeniem, które służy do dopasowania dostępnego sygnału zasilającego (zwykle napięcia sieciowego) do wymagań zasilanego urządzenia. Zasilacz jest źródłem napięcia lub prądu stałego.

Na poniższym rysunku został przedstawiony panel czołowy typowego zasilacza laboratoryjnego:




1. Miernik prąd obciążenia kanału 1(zaciski 8).
2. Miernik napięcia ustawionego na zaciskach(8) kanału 1 przy pomocy pokrętła (6).
3. Miernik prąd obciążenia kanału 1(zaciski 10).
4. Miernik napięcia ustawionego na zaciskach(10) kanału 2 przy pomocy pokrętła (13).
5. Pokrętło regulacji ograniczenia prądowego w kanale 1(zaciski 8).
6. Pokrętło regulacji wartości napięcia wyjściowego w kanale 1(zaciski 8).
7. Bistabilny włącznik zasilania.
8. Zaciski wyjściowe kanału 1.
9. Przełączniki konfiguracyjne, umożliwiające wewnętrzne połączenie kanału 1 i 2. Jeżeli oba przełączniki są wyłączone(INDEP) to kanały pracuję niezależnie. Załączenie trybu pracy szeregowej (SERIES) powoduje możliwość uzyskania 2-krotnie większego napięcia wyjściowego, ale zasilacz pracuje, jako jednokanałowy. Tryb pracy równoległe gej (PARALLEL) umożliwia uzyskanie 2-krotnie większej wydajności prądowej, ale dostępny są tylko jedne zaciski wyjściowe.
10. Zaciski wyjściowe kanału 2.
11. Zaciski wyjściowe nieregulowanego napięcia 5V.
12. Pokrętło regulacji ograniczenia prądowego w kanale 2(zaciski 10).

13. Pokrętło regulacji wartości napięcia wyjściowego w kanale 2(zaciski 10).

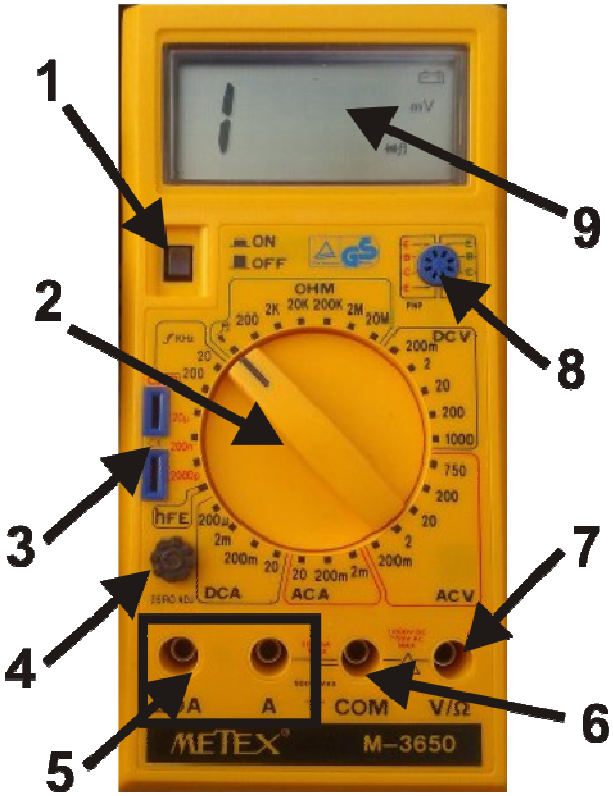
Procedura wykorzystania zasilacza jest następująca:

1. Załączenie zasilacza przy pomocy przycisku 7, po uprzednim upewnieniu się, że żaden element obudowy przyrządu nie jest uszkodzony.
2. Skręcenie pokręteł regulacji napięcia i prądu dla wybranego kanału na minimum. Wskaźniki napięcia i prądu dla wybranego kanału powinny wskazywać zero.
3. Podłączenie przewodów łączeniowych do wybranego kanału.
4. Ustawienie ograniczenia prądowego, przy pomocy odpowiedniego pokrętła.
5. Ustawienie żądanej wartości napięcia wyjściowego.

## 3. Miernik uniwersalny

**Miernik uniwersalny**, inaczej **multimetr**, jest uniwersalnym, zespolonym przyrządem pomiarowym przeznaczonym do pomiaru różnych wielkości fizycznych. Obecnie minimalną funkcjonalnością miernika uniwersalnego jest możliwość pomiaru napięcia, prądu oraz rezystancji. Wynik pomiaru danej wielkości jest prezentowany na jednym wspólnym, wyświetlaczu. Zwykle, w danej chwili, można dokonać pomiaru wartości jednej wybranej wielkości fizycznej. Bardziej rozbudowane mierniki uniwersalne posiadają możliwość pomiaru wartości indukcyjności, pojemności, częstotliwości, mocy, współczynnika mocy, etc.

Wygląd typowego multimetru został przedstawiony na poniższym rysunku, na przykładzie miernika M-3650 firmy Metex:



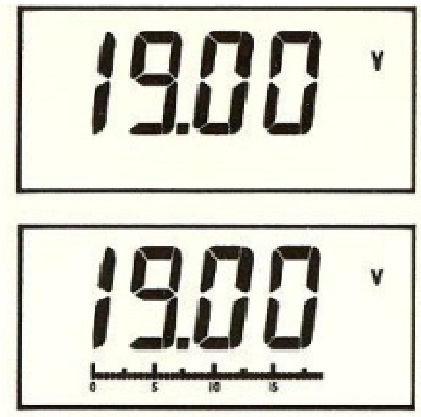

*www.letsadit.se*

1. Bistabilny włącznik zasilania przyrządu.
2. Przełącznik wyboru wielkości mierzonej. Wraz z wyborem zakresu dokonuje się wyboru mierzonej wielkości fizycznej.
3. Wejścia do pomiaru pojemności.
4. Pokrętło zerowania przy pomiarze pojemności.
5. Wejścia przeznaczone do pomiaru prądu(A, 10A).
6. Wejście odniesienia (COM).
7. Wejście do pomiaru napięcia i rezystancji(V/Ω).

8. Wejście przeznaczone do podłączenia tranzystora w przypadku pomiaru współczynnika wzmocnienia $h_{FE}$.
9. Wyświetlacz typu LCD przeznaczony do prezentacji wyników.

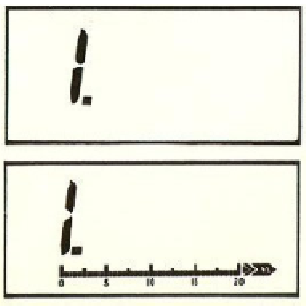
Na poniższym rysunku przedstawiono wygląd wyświetlacza multimetru M-3650. W celach poglądowych pokazany na rysunku wyświetlacz wyświetla wszystkie możliwe dla tego multimetru komunikaty. Taka sytuacje nie występuje w trakcie normalnego użytkowania (pomijając przypadek uszkodzenia przyrządu).

Obszar wyświetlacza można podzielić na 4 części. Największą część powierzchni wyświetlacza zwykle zajmuje prezentacja wyniku(1). Multimetr z przykładu jest wyposażony w wyświetlacz określany jako 3½ cyfry, co oznacza, że maksymalna wyświetlana wartość to 1999. Jeżeli zmierzona wartość ma ujemną polaryzację względem zacisku COM to dodatkowo wyświetlany jest symbol „—”. Opcjonalnie multimetry są wyposażane we wskaźnik typu bargraf(3), który umożliwia przedstawiane wyniku pomiaru w postaci linii o długości wprost proporcjonalnej do wyniku pomiaru. Przykłady są widoczne na poniższych rysunkach:



Po prawej stronie wyniku jest zwykle prezentowana jednostka wyniku wraz z symbolem wielokrotności lub podwielokrotności(2).

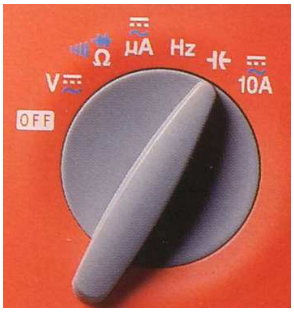
W przypadku przekroczenia zakresu pomiarowego na ekranie przyrządu pojawi się „1.”; „OL” lub „O.L”:



Z lewej strony wyniku wyświetlane są dodatkowe komunikaty związane z wybranych zakresem pomiarowych lub stanem przyrządu pomiarowego. Ich ilość i sposób przestawienia w postaci ikonki jest charakterystyczny dla każdego producenta przyrządów pomiarowych:

| | |
|---|---|
| **AC** lub ∼ | Pomiar prądu lub napięcie zmiennego |
| **DC** lub ⎓ | Pomiar prądu lub napięcia stałego |
| **AC + DC** | Pomiar składowej stałej i zmiennej prąd lub napięcia |
| | Konieczność wymiany baterii w przyrządzie |
| | Wybrano zakres pomiarowy wskazujący na możliwość pomiaru napięcia niebezpiecznego |
| | Wybrano funkcję testera diod |

**Przełącznik wyboru wielkości mierzonej** służy do wyboru mierzonej wielkości fizycznej (prąd, napięcie, rezystancja, etc.). Druga funkcja przełącznika wyboru mierzonej wielkości jest opcjonalna i jest nią określenie zakresu pomiarowego (rysunek lewy). Obecnie coraz więcej multimetrów posiada funkcję automatycznego doboru zakresu pomiarowego (rysunek prawy). W takim wypadku zakres pomiarowy jest dobierany automatycznie przez przyrząd. Niektóre mierniki uniwersalne nie posiadają oddzielnego włącznika przyrządu i w takim wypadku do wyłączenia multimetru służy jedna z pozycji przełącznika wyboru wielkości mierzonej(OFF).



Typowe oznaczenia wielkości fizycznych na multimetrach:

- Prąd stały – DCA, ⎓, mA , uA, 10A
- Prąd zmienny – ACA, ∿, mA , uA
- Napięcie stałe – DCV, V⎓ , mV
- Napięcie zmienne – ACV, V∿, mV
- Rezystancja – OHM, Ω
- Pojemność – C, F
- Indukcyjność – L, H
- Częstotliwość – f, Hz
- Temperatura – $^0$C, $^0$F

**Gniazda wejściowe** służą do połączenie przyrządów pomiarowych.

Zwykle multimetry są wyposażone w 3 lub 4 gniazda przeznaczone do podłączenia przewodów pomiarowych. W konfiguracji z 4 gniazdami multimetr posiada 2 gniazda przeznaczone do pomiaru prądu – jedno zabezpieczone bezpiecznikiem, do pomiaru małych prądów i drugie niezabezpieczone przeznaczone do pomiaru prądów dużych (oddzielna pozycja na przełączniku wyboru wielkości mierzonej). W przypadku konfiguracji z 3 gniazdami przewody połączeniowe w przypadku pomiaru prądów małych podłącza się do gniazda V/Ω/mA (lub V Ω µA). Szczegółowy sposób podłączenia przewodów został omówiony w kolejnych rozdziale dotyczącym pomiarów podstawowych wielkości elektrycznych.

**Przygotowanie przyrządu pomiarowego do pracy**:

1. Sprawdzenie czy nie jest uszkodzona obudowa w miejscu, gdzie potencjalnie może wystąpić napięcie niebezpieczne (w pobliżu gniazd pomiarowych).
2. Sprawdzić, czy przewody pomiarowe nie są uszkodzone.
3. Sprawdzić, czy klasa izolacji przewodów oraz miernika jest adekwatna do mierzonych wartości.
4. Po załączeniu miernika uniwersalnego należy sprawdzić, czy na wyświetlaczu nie świeci się ikona wskazująca na zużytą baterię. W takim przypadku należy wymienić baterię lub akumulatorek.
5. Opcjonalnie, w celu sprawdzenia przewodów pomiarowych, można przełączyć miernik na mały zakres omowy i zewrzeć ich końcówki. Uzyskanie małej wartości na wyświetlaczu wskazuje na sprawne przewody pomiarowe W przypadku wystąpienia informacji o przekroczeniu zakresu

pomiarowego należy wymienić uszkodzony przewód pomiarowy. Alternatywnie można dokonać pomiaru napięcia/prądu ze źródła o znanych parametrach.

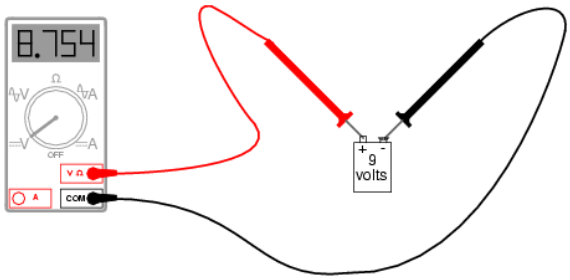
## 5. Pomiary miernikiem uniwersalnym.

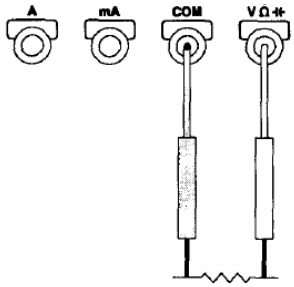
**Pomiar napięcia stałego.**

Do pomiaru napięcia stałego służy woltomierz. Miernik uniwersalny może pełnić funkcję woltomierza napięcia stałego dzięki odpowiednio dobranemu zakresowi pomiarowemu (przełącznik wyboru wielkości mierzonej w pozycji: DCV, V⎓, mV). Podstawową jednostką napięcia jest 1 wolt(1V).

Procedura pomiarowa jest następująca:

- Należy podłączyć czarny przewód pomiarowy do gniazdu COM multimetru, a czerwony przewód pomiarowy do gniazda oznaczonego V/Ω.
- Wybrać zakres pomiarowy przyrządu poprzez ustawienie pokrętła wyboru zakresu na wartość DCV najbliższą przewidywanemu wynikowi pomiarów. W przypadku, gdy nie można oszacować wartości mierzonego napięcia stałego i wiadomo, że nie przekracza ona dopuszczalnej wartości napięcia wejściowego lub wartości wynikającej z klasy ochronności przewodów pomiarowych to pokrętło wyboru zakresu należy ustawić na największą wartość spośród dostępnych zakresów pomiarowych DCV.
- Należy pamiętać, że woltomierz zawsze łączymy w sposób równoległy z mierzonym obiektem/elementem.




**Pomiar napięcia zmiennego.**

Do pomiaru napięcia zmiennego służy woltomierz. Miernik uniwersalny może pełnić funkcję woltomierza napięcia zmiennego dzięki odpowiednio dobranemu zakresowi pomiarowemu (przełącznik wyboru wielkości mierzonej w pozycji: ACV, V∼, mV). Należy jednak pamiętać, że w przeciwieństwie do pomiaru napięć stałych, przed przystąpieniem do pomiarów należy określić, jaka miara napięcia będzie wynikiem pomiarów (patrz rozdział 1 – wartość skuteczna, średnia, szczytowa). Typowe mierniki uniwersalne na zakresach do pomiaru napięcia zmiennego mierzą **wartość skuteczną** napięcia sinusoidalnego. W przypadku przebiegów o innych kształtach należy zastosować korektę w postaci współczynnika kształtu bądź zastosować miernik uniwersalny

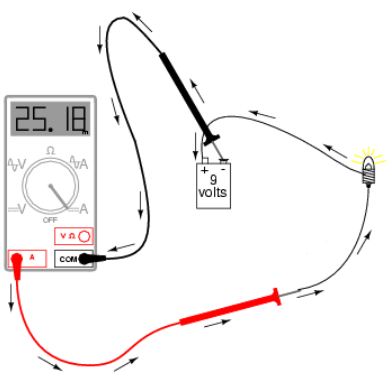
posiadający dodatkowe oznaczenie TrueRMS, które umożliwia wykonanie poprawnego pomiaru wartości skutecznej przebiegu odkształconego. Ponadto należy sprawdzić, czy częstotliwość graniczna przyrządu pozwala na przeprowadzenie pomiarów. Procedura pomiarowa jest następująca:

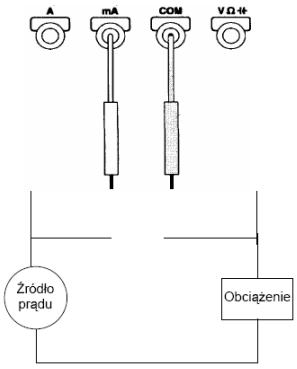
- Należy podłączyć czarny przewód pomiarowy do gniazdu COM multimetru, a czerwony przewód pomiarowy do gniazda oznaczonego V/Ω.
- Wybrać zakres pomiarowy przyrządu poprzez ustawienie pokrętła wyboru zakresu na wartość ACV najbliższą przewidywanemu wynikowi pomiarów. W przypadku, gdy nie można oszacować wartości mierzonego napięcia stałego i wiadomo, że nie przekracza ona dopuszczalnej wartości napięcia wejściowego lub wartości wynikającej z klasy ochronności przewodów pomiarowych to pokrętło wyboru zakresu należy ustawić na największą wartość spośród zakresów pomiarowych ACV.
- Analogicznie, jak w przypadku pomiarów napięcia stałego należy pamiętać, że woltomierz zawsze łączymy w sposób równoległy z mierzonym obiektem.

**Pomiar prądu stałego.**

Do pomiaru prądu stałego służy amperomierz. Miernik uniwersalny może pełnić funkcję amperomierza prądu stałego dzięki odpowiednio dobranemu zakresowi pomiarowemu (przełącznik wyboru wielkości mierzonej w pozycji: DCA, ⎓, mA , uA, 10A). Podstawową jednostką prądu elektrycznego jest 1 amper(1A). Procedura pomiarowa jest następująca:

- Należy podłączyć czarny przewód pomiarowy do gniazdu COM multimetru, a czerwony przewód pomiarowy do gniazda oznaczonego mA, A, 10A lub 20A.
- Wybrać zakres pomiarowy przyrządu poprzez ustawienie pokrętła wyboru zakresu na wartość DCA najbliższą przewidywanemu wynikowi pomiarów. W przypadku, gdy nie można oszacować wartości mierzonego prądu stałego i wiadomo, że nie przekracza ona dopuszczalnej wartości prądu wejściowego to pokrętło wyboru zakresu należy ustawić na największą wartość spośród zakresów pomiarowych DCA.
- Należy pamiętać, że amperomierz trzeba włączyć szeregowo z obiektem mierzonym. Podłączenie amperomierza oznacza konieczność przerwania obwodu, w miejscu, w którym chcemy wykonać pomiary.



Pewna część mierników uniwersalnych posiada oddzielne gniazdo do pomiarów dużych wartości prądu. Należy jednak pamiętać, że ze względu na duży zakres pomiarowy (typowo 10 do 20A) to gniazdo nie posiada zabezpieczeń.

**Pomiar prądu zmiennego.**

Do pomiaru prądu zmiennego służy amperomierz. Miernik uniwersalny może pełnić funkcję amperomierza prądu zmiennego dzięki odpowiednio dobranemu zakresowi pomiarowemu (przełącznik wyboru wielkości mierzonej w pozycji: – ACA, ∼, mA , uA, 10A). Podobnie jak w przypadku pomiaru napięcia zmiennego przy pomiarze prądu zmiennego należy podjąć decyzję jaką wielkość mierzyć. Typowe mierniki uniwersalne na zakresach do pomiaru napięcia zmiennego mierzą **wartość skuteczną** prądu sinusoidalnego. W przypadku przebiegów o innych kształtach należy zastosować korektę w postaci tzw. współczynnika kształtu, bądź zastosować miernik uniwersalny posiadający dodatkowe oznaczenie TrueRMS, które umożliwia wykonanie poprawnego pomiaru wartości skutecznej przebiegu odkształconego. Ponadto należy sprawdzić, czy częstotliwość graniczna przyrządy pozwala na przeprowadzenie pomiarów.

Procedura pomiarowa w przypadku zastosowania multimetru uniwersalnego jest następująca:

- Należy podłączyć czarny przewód pomiarowy do gniazdu COM multimetru, a czerwony przewód pomiarowy do gniazda oznaczonego mA, A, 10A lub 20A.
- Wybrać zakres pomiarowy przyrządu poprzez ustawienie pokrętła wyboru zakresu na wartość ACA najbliższą przewidywanemu wynikowi pomiarów. W przypadku, gdy nie można oszacować wartości mierzonego prądu i wiadomo, że nie przekracza ona dopuszczalnej wartości prądu doprowadzanego do wejścia przyrządu to pokrętło wyboru zakresu należy ustawić na największą wartość spośród zakresów pomiarowych DCA.
- Należy pamiętać, że amperomierz trzeba włączyć szeregowo z obiektem mierzonym. W wielu wypadkach podłączenie amperomierza oznacza konieczność przerwania obwodu, w miejscu, w którym chcemy wykonać pomiary.

**Pomiar rezystancji.** Do pomiaru rezystancji służy omomierz. Miernik uniwersalny może pełnić funkcję omomierza jeżeli przełącznik wyboru wielkości mierzonej zostanie przestawiony w pozycję OHM lub Ω.

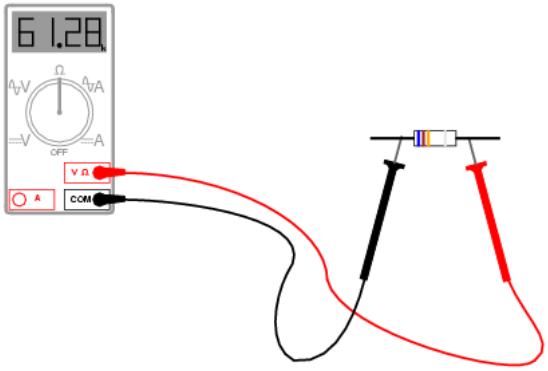
Procedura pomiarowa jest następująca:

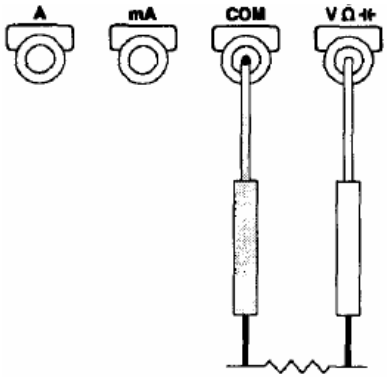
- Należy podłączyć czarny przewód pomiarowy do gniazdu COM multimetru, a czerwony przewód pomiarowy do gniazda oznaczonego V/ Ω.
- Odłączyć zasilanie od badanego obwodu.
- W celu zwiększenia dokładności pomiaru pojedynczego komponentu można rozważyć odłączenie go od obwodu.
- Wybrać zakres pomiarowy przyrządu poprzez ustawienie pokrętła wyboru zakresu na wartość OHM najbliższą przewidywanemu wynikowi pomiarów. W przypadku, gdy nie można oszacować

wartości mierzonej rezystancji można rozpocząć pomiary od największego lub najmniejszego zakresu. Jeżeli pierwszy pomiar zostanie przeprowadzony na zakresie o największej dopuszczalnej rezystancji badanej to zakres pomiarowy należy tak długo zmniejszać aż po pomiarze pojawi się wartość oznaczające przekroczenie zakresu („1" , „OL"). Poszukiwanym zakresem pomiarowym będzie zakres poprzedni w stosunku do tego, do którego wystąpiło przekroczenie. Jeżeli pomiary zostały wykonane zaczynając od minimalnego zakresu pomiarowego to należy go zwiększać tak długo aż pojawi się na wyświetlaczu wynik odzwierciedlający wartość mierzonej rezystancji.

- W przypadku pomiaru rezystancji rzędu MΩ należy się spodziewać, że multimetr będzie potrzebował kilku sekund zanim wynik pomiaru ustabilizuje się na ekranie.

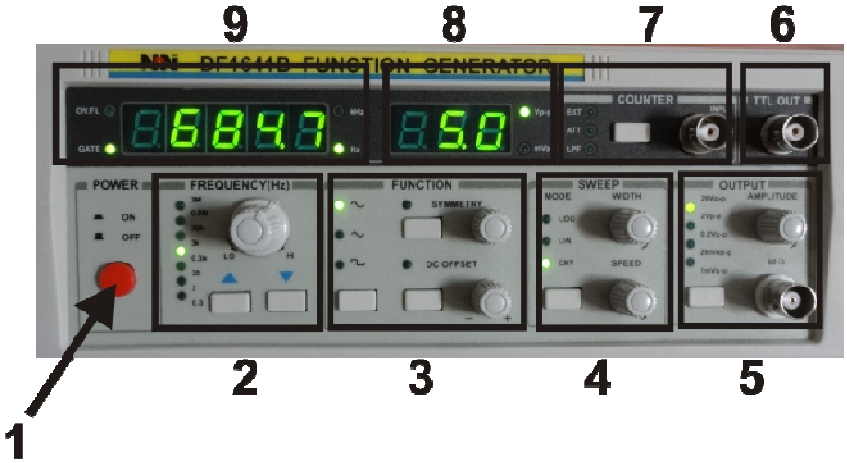
Szczególnym przypadkiem pomiaru rezystancji jest pomiar ciągłości przewodów. W celu jego dokonania miernik powinien być skonfigurowany tak jak do pomiaru rezystancji, z tym wyjątkiem, że trzeba wybrać odpowiednią pozycję przy pomocy przełącznika wielkości mierzonych.



# 6. Obsługa generatora DF-1641B

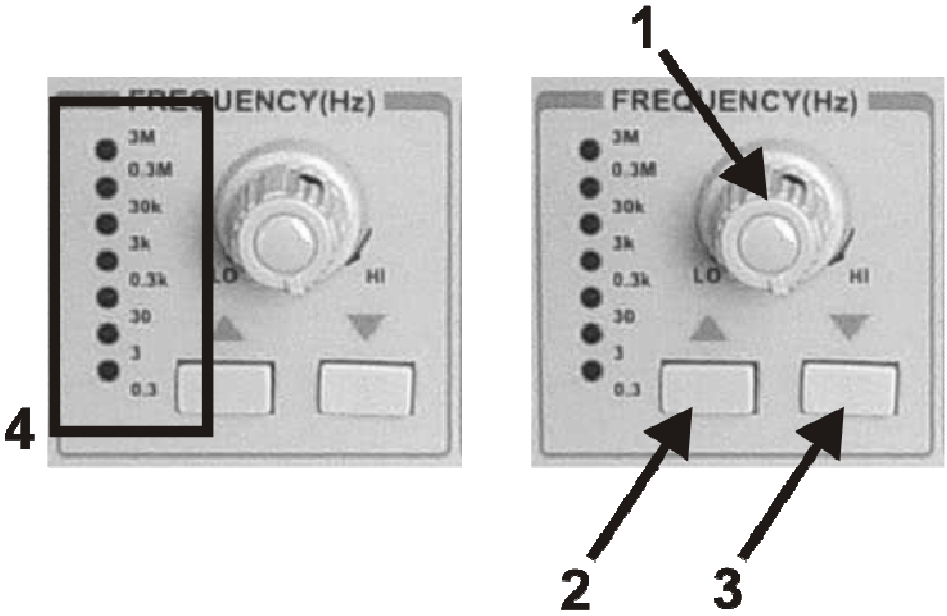
**Generator funkcyjny** służy do wytwarzania przebiegów zmiennych o określonym kształcie i parametrach. Generator DF-1641B jest przenośnym generatorem laboratoryjnym, który może dostarczać do obciążenia przebiegi prostokątne, sinusoidalne, trójkątne, piłokształtne i impulsowe. Jest wyposażony w wyświetlacze, które umożliwiają jednoczesny odczyt częstotliwości i amplitudy sygnału wyjściowego. Zakres zmian parametrów (napięcie, częstotliwość) sygnału wyjściowego jest sygnalizowany przy pomocy wskaźnika diodowego.




Na panelu czołowym generatora można wyróżnić następujące bloki:

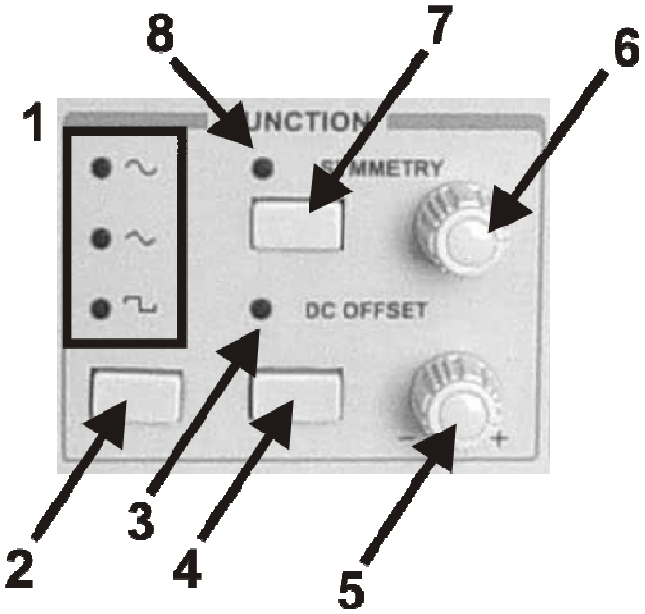
1. POWER – Włącznik zasilania generatora.
2. FREQUENCY(Hz) – Wybór zakresu częstotliwości przebiegu wyjściowego generatora.
3. FUNCTION – Wybór kształtu przebiegu wyjściowego.
4. SWEEP – Regulacja przemiatania częstotliwości.
5. OUTPUT – Wybór amplitudy przebiegu wyjściowego. W bloku znajduje się złącze typu BNC, o impedancji wyjściowej 50Ω, przeznaczone do odbierania sygnału wyjściowego
6. TTL OUT – Wyjście generatora sygnału TTL.
7. COUNTER – Wejście licznika.
8. BLOK WYŚWIETLANIA WARTOŚCI MIĘDZYSZCZYTOWEJ – Wyświetlacz, na którym jest wyświetlana aktualna wartość międzyszczytowa sygnału wyjściowego (na wyjściu 50Ω).
9. BLOK WYŚWIETLANIA CZĘSTOTLIWOŚCI – Wyświetlacz, na którym jest wyświetlana wartość częstotliwości przebiegu wyjściowego.

**Blok wyboru częstotliwości** składa się z pokrętła i przycisków, które umożliwiają ustalenie i regulację częstotliwości przebiegu na wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT:

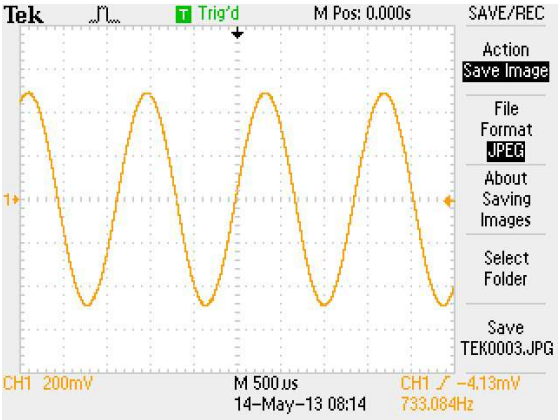


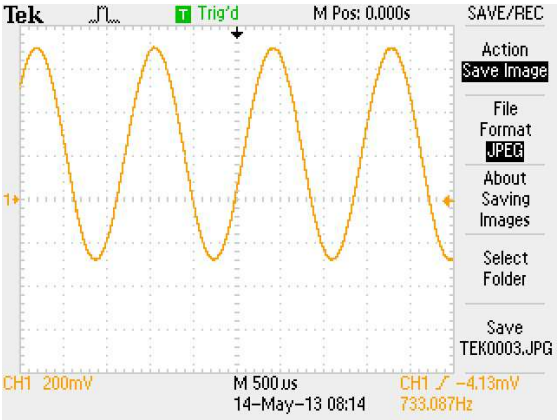

- *Pokrętło płynnej regulacji częstotliwości* (1) umożliwia bezstopniową regulację częstotliwości przebiegu na wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT w zakresie od 0.3Hz do wartości ustalonej przy pomocy przycisków zwiększania częstotliwości(2) i zmniejszania częstotliwości(3). Obrót gałki zgodnie z kierunkiem obrotu wskazówek zegara zwiększa, a w kierunku przeciwnym do kierunki ruchu wskazówek zegara zmniejsza częstotliwość przebiegu wyjściowego.
- *Przycisk zwiększania zakresu częstotliwości* (2). Naciśnięcie tego przycisku spowoduje zwiększenie zakresu regulacji częstotliwości generatora. Górna wartość częstotliwości w wybranym zakresie będzie oznaczona na wskaźniku zakresu częstotliwości (4) poprzez zapalenie zielonej diody elektroluminescencyjnej przy etykiecie opisującej dany zakres częstotliwości.
- *Przycisk zmniejszania zakresu częstotliwości* (3). Naciśnięcie tego przycisku spowoduje zmniejszenie zakresu regulacji częstotliwości generatora. Górna wartość częstotliwości w wybranym zakresie będzie oznaczona na wskaźniku zakresu częstotliwości (4) poprzez zapalenie zielonej diody elektroluminescencyjnej przy etykiecie opisującej dany zakres częstotliwości.
- *Wskaźnik zakresu częstotliwości*(4). Składa się z 7 zielonych diod elektroluminescencyjnych, które służą do wskazania wybranego zakresu częstotliwości generatora, a które wynoszą odpowiednio: 3Hz, 30Hz, 300Hz, 3kHz, 30kHz, 300kHz, 3MHz.

**Blok wyboru kształtu przebiegu** zawiera pokrętła i przycisku, które umożliwiają wybór i korekcję kształtu przebiegu wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT:

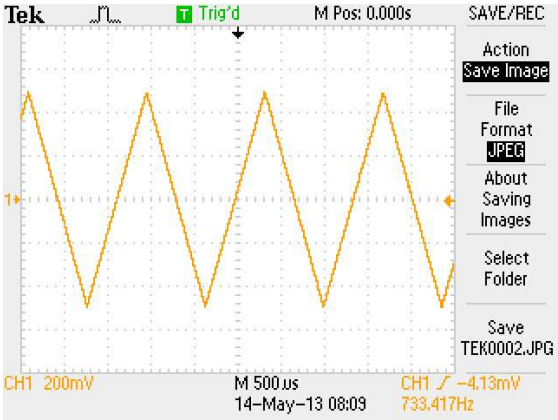


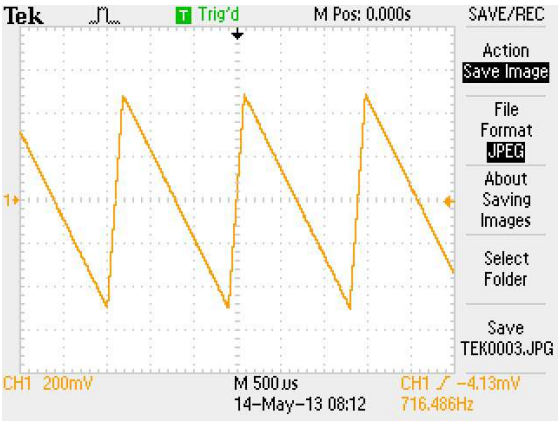

- *Wskaźnik wybranego kształtu przebiegu*(1). Kolejne pozycje oznaczają wybór przebiegu o kształcie sinusoidalnym, trójkątnym i prostokątnym. Należy zwrócić uwagę, że kształt przebiegu na wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT jest także zależny od nastaw gałek 5 i 6
- *Przycisk wyboru kształtu przebiegu wyjściowego*(2). Naciśnięciami tego przycisku jest ustawiany kształt przebiegu na wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT: sinusoidalny, trójkątny lub prostokątny. Wybór jest sygnalizowany świeceniem odpowiedniego wskaźnika kształtu przebiegu(1).
- *Przycisk załączenia składowej stałej(DC OFFSET)*(4). Dodanie do przebiegu, na wyjściu 50Ω, w bloku OUTPUT składowej stałej o wartości ustalonej pokrętłem płynnej regulacji składowej stałej(5). Na lewym rysunku znajduje się przebieg bez, a na prawym ze składową stałą.

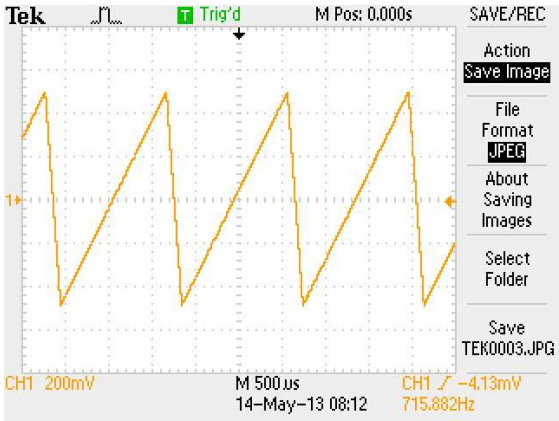


- *Pokrętło płynnej regulacji wartości składowej stałej(DC OFFSET)*(5). Pokrętło bezstopniowej regulacji składowej stałej w przedziale od -10V do 10V.
- *Wskaźnik załączenia składowej stałej(DC OFFSET)*(3). Jeżeli składowa stała zostanie dodana do przebiegu generowanemu na wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT to dioda zostanie zapalona.
- *Pokrętło płynnej regulacji symetrii(SYMMETRY)*(6). Jeżeli wskaźnik symetrii SYMMETRY(8) świeci się to pokrętło umożliwia płynną regulację symetrii przebiegu. Regulacja symetrii jest wyłącznie dla przebiegu trójkątnego (z którego jest wytwarzany przebieg piłokształtny) oraz sinusoidalnego.
- *Przycisk załączenia regulacji symetrii(SYMMETRY)*(7). Naciśnięcie przycisku uruchamia opcję regulacji symetrii przy pomocy pokrętła (6). Na poniższych rysunkach przedstawiono przebieg bazowy(rysunek górny) i efekt ustawienia pokrętła(6) w skrajnych pozycjach.

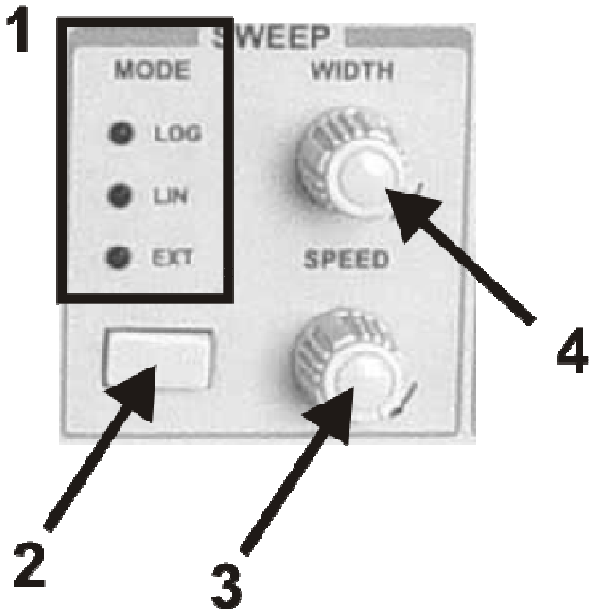


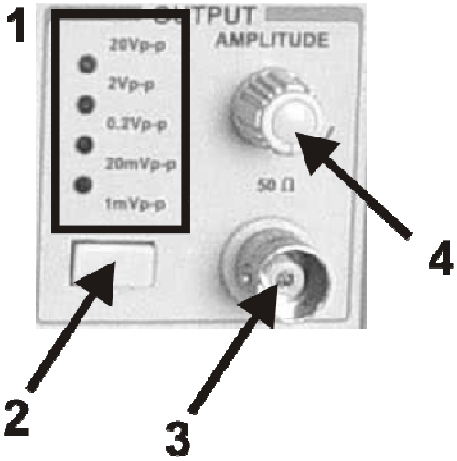

- *Wskaźnik symetrii(SYMMETRY)*(8). Jest aktywny(dioda jest zapalona) jeżeli dla danego kształtu przebiegu możliwa jest regulacja symetrii (sinusoidalny, trójkątny).

**Blok przemiatania częstotliwości** zawiera pokrętła i przycisk, które umożliwiają wybór sposobu przemiatania częstotliwości przebiegu wyjściu 50Ω w bloku OUTPUT:



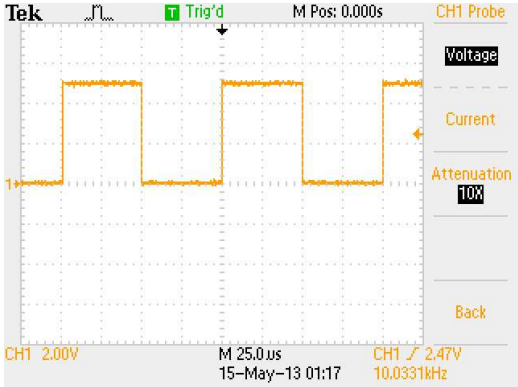

- *Wskaźnik trybu przemiatania*(1) przebiegu na wyjściu 50Ω. Diody wchodzące w jego skład wskaźnika wskazują sposób przemiatania częstotliwości generowanego na wyjściu 50Ω przebiegu.
- *Przełącznik trybu przemiatania*(2) przebiegu na wyjściu 50Ω. Możliwość wyboru jednego z trybów przemiatania wartości częstotliwości: logarytmiczny(LOG), liniowy(LIN), zewnętrzny(EXT).
- *Pokrętło płynnej regulacji częstotliwości przemiatania (SWEEP)*(3) przebiegu na wyjściu 50Ω.
- *Pokrętło regulacji zakresu przemiatania(WIDTH)*(4).

**Blok ustawiania amplitudy sygnału** zawiera pokrętło i przycisk, które umożliwiają ustalenie wartości amplitudy napięcia na wyjściu 50Ω, w bloku OUTPUT:

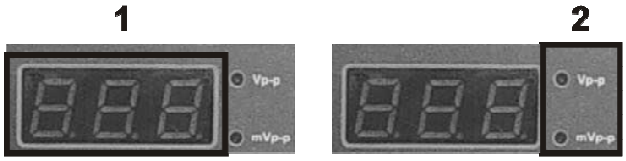



- *Wskaźnik zakresu regulacji wartości międzyszczytowej*(1) przebiegu na wyjściu 50Ω. Diody wchodzące w jego skład wskazują zakres regulacji wartości międzyszczytowej(i amplitudy) generowanego, na wyjściu 50Ω, przebiegu.
- *Przycisk skokowej regulacji zakresu wartości międzyszczytowej*(2). Przy pomocy tego przycisku można ustawić przedział zmienności wartości międzyszczytowej przebiegu na wyjściu 50Ω. Górna granica przedziału może być równa jednej z wartości: 20mV, 200mV, 2V i 20V.
- *Wyjście 50Ω*(3). Wyjście sygnałowe o impedancji 50Ω.
- *Pokrętło płynnej regulacji amplitudy*(4). Pokrętło AMPLITUDE umożliwia bezstopniową regulację wartości międzyszczytowej napięcia na wyjściu 50Ω(3), w przedziale od 1mV do wartości ustalonej przyciskiem(2).

**Wyjście generatora sygnału TTL.** Na tym wyjściu dostępny jest przebieg prostokątny o wypełnieniu 50% i amplitudzie 5V:



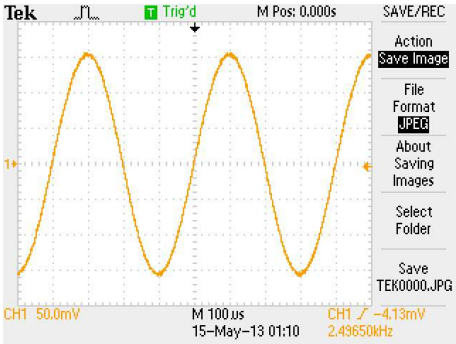
**Blok wyświetlania wartości międzyszczytowej** składa się z 2 elementów, tj. wyświetlacza(1), na którym jest wyświetlana aktualna wartość międzyszczytowa sygnału wyjściowego (na wyjściu 50Ω) oraz wskaźnika jednostek(2), który pokazuje czy wartość na wyświetlaczu jest wyrażona w V czy w mV.



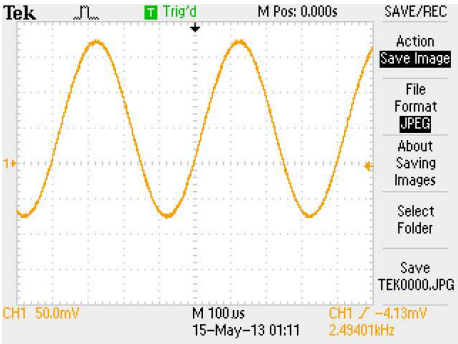

**Blok wyświetlania wartości częstotliwości** składa się z zestawu wskaźników jednostek(2) określającego czy wartość wyświetlaczu(1), na którym jest wyświetlana wartość częstotliwości przebiegu wyjściowego, jest wyrażona w kHz czy w Hz.

**Przykłady:**

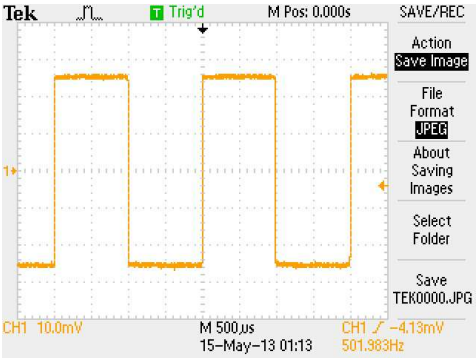
1. Ustawić na wyjściu 50Ω przebieg o kształcie trójkątnym, częstotliwości 2.5kHz, zerowej składowej stałej, amplitudzie 150mV.



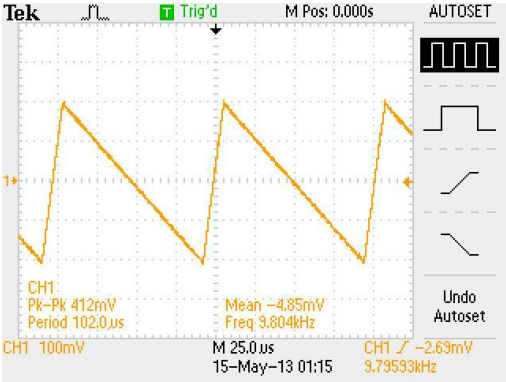

2. Ustawić na wyjściu 50Ω przebieg o kształcie sinusoidalnym, częstotliwości 2.5kHz, składowej stałej równej 100mV i amplitudzie 150mV.



3. Ustawić na wyjściu 50Ω przebieg o kształcie prostokątnym, częstotliwości 500Hz, składowej stałej równej 0V i amplitudzie 25mV

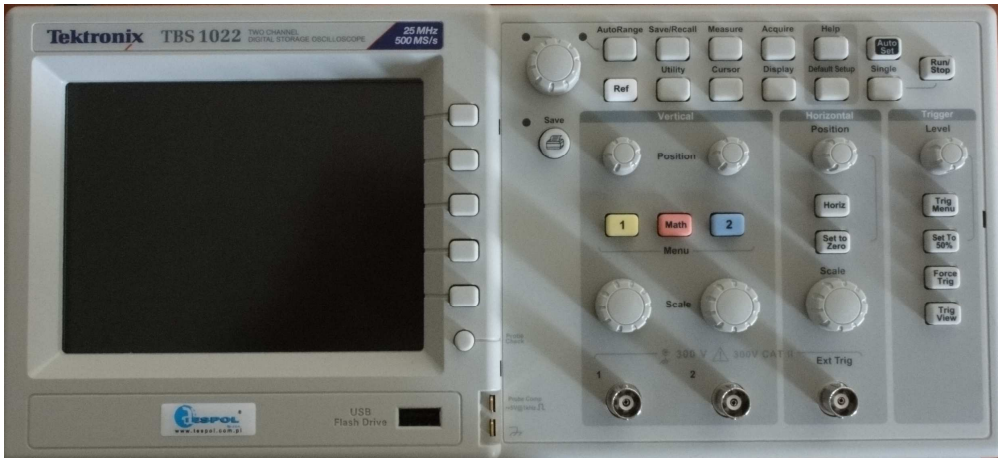



4. Ustawić na wyjściu przebieg piłokształtny o częstotliwości 10kHz i wartości międzyszczytowej 400mV.



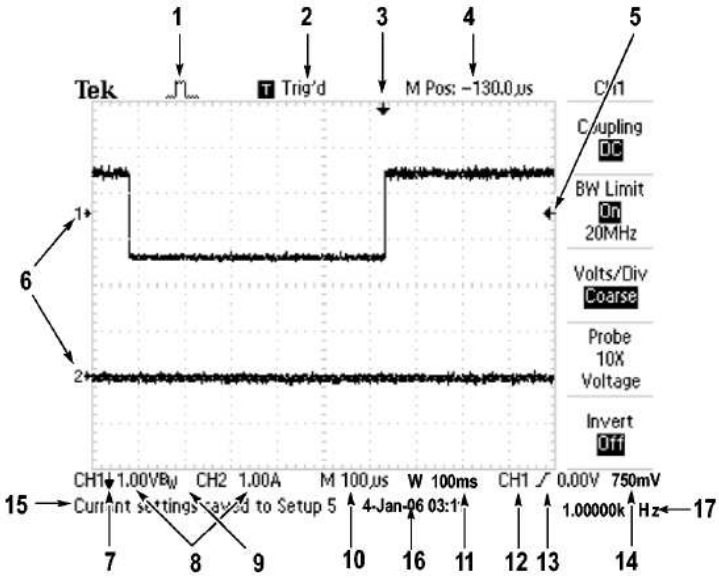
# 7. Obsługa oscyloskopu cyfrowego.

Oscyloskop jest przyrządem pomiarowym przeznaczonym do pomiarów, obserwacji i analizy kształtu przebiegów okresowych i nieokresowych napięcia i prądu. Obsługa oscyloskopu cyfrowego zostanie omówiona na przykładzie oscyloskopu Tektronix TDS1022.




Panel czołowy oscyloskopu można podzielić na 2 części. Z lewej strony znajduje się ekran na którym są wyświetlane mierzone przebiegi. Z prawej strony znajduje się zestaw przycisków i pokręteł przeznaczonych do konfiguracji i sterowania pracą przyrządu pomiarowego.

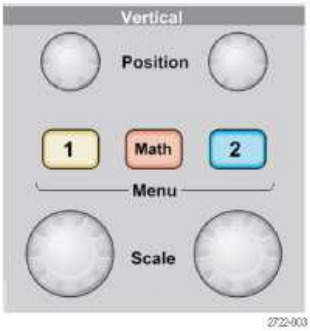
Na poniższym rysunku znajduje się wygląd przykładowego ekranu z mierzonymi przebiegami:



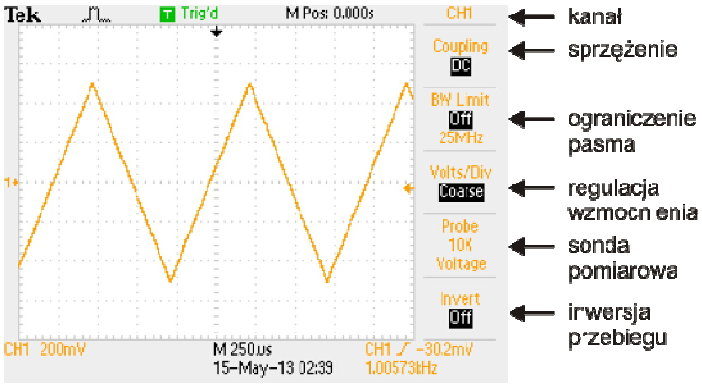

1. Ikona opisująca tryb akwizycji danych (dostępne są tryby próbkowania, uśredniania i wykrywania wartości szczytowych).
2. Ikona opisująca bieżący status układu wyzwalania.

3. Wskaźnik określający moment(pozycję) wyzwolenia.
4. Marker czasowy centralnego punktu siatki. Czas wyzwolenia jest równy zero.
5. Wskaźnik określający poziom wyzwolenia.
6. Wskaźniki opisujące poziom odniesienia dla kanału 1 i 2.
7. Ikona wskazująca, że przebieg jest odwrócony(inverted).
8. Wartość wzmocnienia dla kanałów pierwszego (CH1) i drugiego(CH2)
9. Ikona $B_w$ wskazująca, że dla kanału 1(CH1) włączono ograniczenie pasma przenoszenia.
10. Nastawa podstawy czasu.
11. Nastawa długości okna podstawy czasu.
12. Nastawa źródła wyzwolenia. W tym wypadku wybrano kanał CH1.
13. Ikona wskazująca na sposób wyzwolenia.
14. Poziom wyzwolenia.
15. Okno wiadomości.
16. Data i godzina.
17. Częstotliwość wyzwolenia.

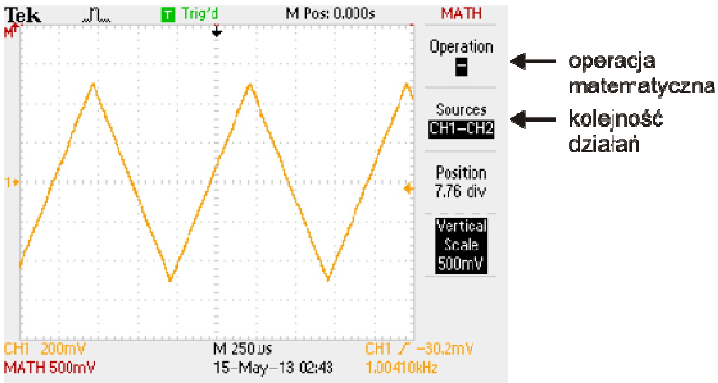
**Ustawianie parametrów kanałów.**




- *Position* – pokrętła umożliwiające pionowe przemieszczanie przebiegów na ekranie;
- *1, 2* – przyciski umożliwiające konfigurację sposobu wyświetlania przebiegu z danego kanału na ekranie. Krótkie przyciśnięcie przycisku pozwala na wyświetlenie opcji konfiguracyjnych, a dłuższe pozwala na wyłączenie danego kanału;

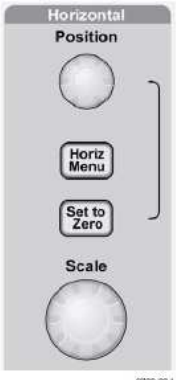


- *Math* – wyświetlenie funkcji matematycznych, które umożliwiają wyznaczenie przebiegu będącego sumą (CH1+CH2), różnicą (CH1-CH2), iloczynem (CH1 x CH2) przebiegów w kanałach lub widmem (FFT) przebiegu z wybranego kanału.



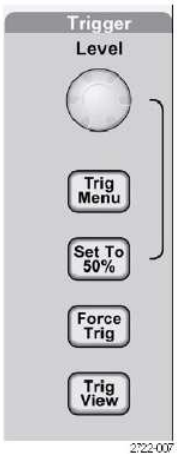

- *Scale* – regulacja wzmocnienia w kanale od 20mV/dz do 50V/dz

**Ustawianie parametrów podstawy czasu – wybrane funkcje.**




- *Position* – pokrętła umożliwiające poziome przemieszczanie przebiegów na ekranie;
- *Scale* – pokrętło regulacji podstawy czasu od 5ns do 50s

**Ustawianie parametrów wyzwalania – wybrane funkcje.**

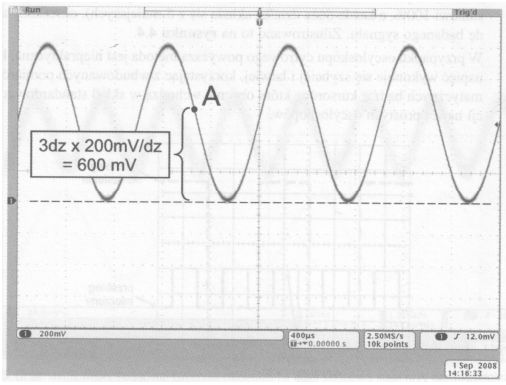


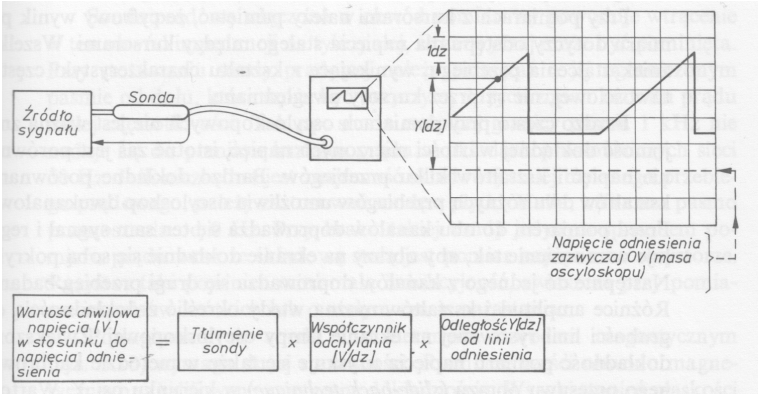

- *Level* – pokrętło ustalania poziomu wyzwalania;
- *Trig Menu* – włączenie menu wyboru typu wyzwalania(zbocze, poziom), kanału wyzwalania, zbocza wyzwalającego, trybu wyzwalania, sprzężenia
- *Froce Trig* – wymuszenie wyzwolenia
- *Trig View* – podgląd sygnału wyzwalającego

**Pomiar napięcia przy użyciu oscyloskopu.**

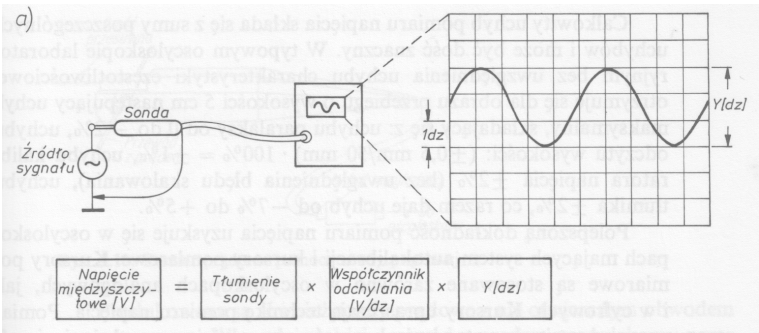
Chwilową wartość napięcia określa się na podstawie odczytu odległości pomiędzy 2 punktami na osi pionowej oraz przemnożenia wyniku przez wzmocnienie w kanale (podziałka skali):

*Wartość napięcia[V] = odległość między punktami [dz]* wzmocnienie [V/dz] * tłumienie sondy*




Pomiar wartości międzyszczytowej:




Chcąc uzyskać maksymalną dokładność pomiaru należy:

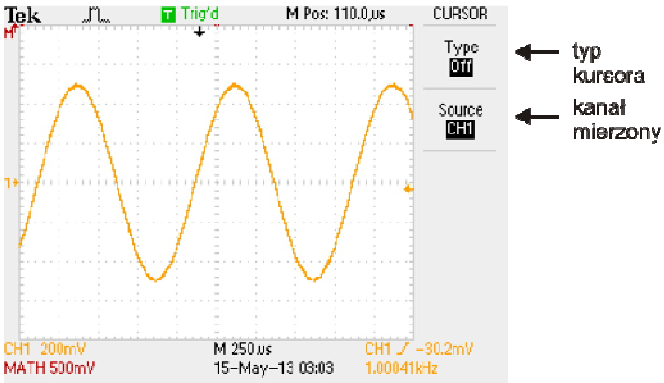
- tak ustawić obraz mierzonego przebiegu, żeby zajmował maksymalną wysokość na ekranie;

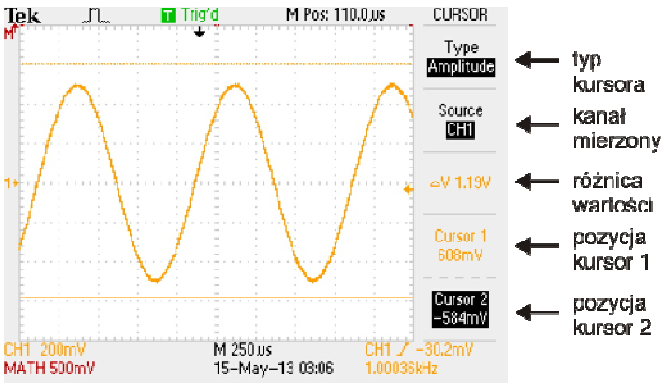
- oscyloskop powinien być wykalibrowany;
- z pomiaru należy wyeliminować grubość linii;
- w miarę możliwości stosować kursory pomiarowe;
- sonda powinna być połączona jak najkrócej do obu punktów pomiędzy którymi mierzone jest napięcie.

**Pomiar napięcia przy użyciu oscyloskopu - kursory.**

Do wyznaczenia wartości chwilowych, międzyszczytowych i amplitudy można wykorzystać specjalne markery, noszące nazwę kursorów. Pozwalają one w sposób dokładny odczytać wartość chwilową przebiegu w wybranym momencie czasu. W celu włączenia kursorów należy nacisnąć przycisk Cursor:

Następnie wybieramy typ kursora (Amplitude), kanał na którym będą dokonywane pomiary (CH1):



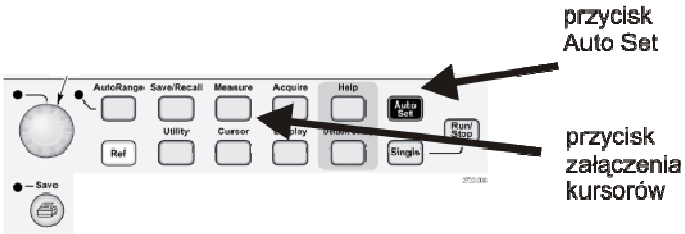




Przy pomocy pokrętła do przemieszczania kursorów po ekranie przesuwamy wybrany kursor .

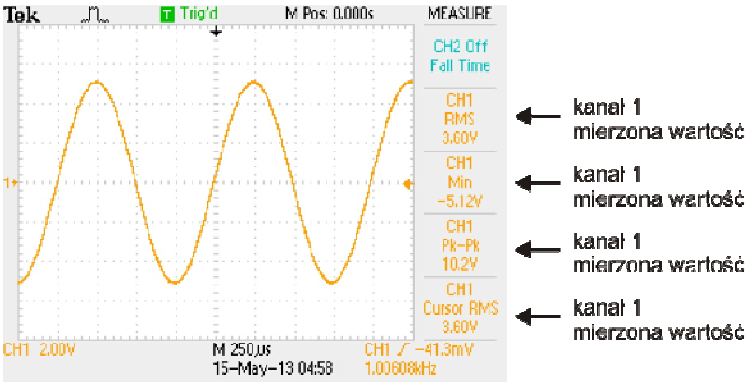
Przyciski pomocnicze obok ekrany służą do wybierania poszczególnych pozycji z menu.

**Pomiar napięcia przy użyciu oscyloskopu – funkcja *Measure*.**

Do wyznaczenia charakterystycznych wartości przebiegu, a w szczególności wartości chwilowych, międzyszczytowych i amplitudy można wykorzystać przycisk *Measure*. W celu wykonania pomiaru, po podłączeniu przebiegu badanego można nacisnąć przycisk *AutoSet*. Po jego naciśnięciu oscyloskop automatycznie dobierze nastawy wyświetlania do spodziewanego przebiegu. Następnie należy nacisnąć przycisk *Measure*.

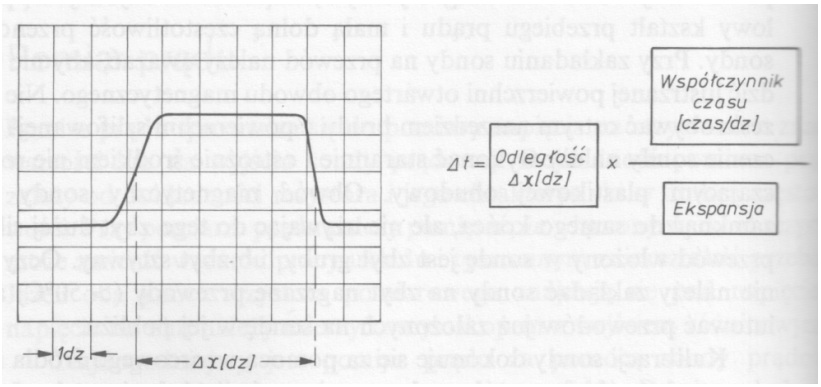



W efekcie na ekranie zostanie wyświetlone menu ze zmierzonymi przez przetworniki i wyliczonym wartościami charakteryzującymi dany przebieg.



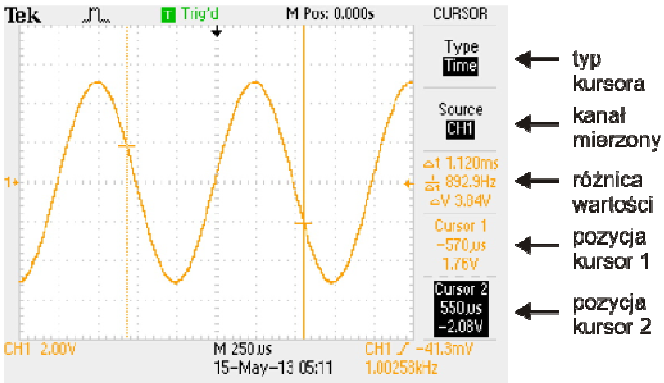

Wyboru wyświetlanej wielkości można dokonać z wykorzystaniem przycisków pomocniczych z prawej strony ekranu przyrządu

**Pomiar parametrów czasowych przebiegu.**



**Pomiar parametrów czasowych przebiegu przy użyciu kursorów.**

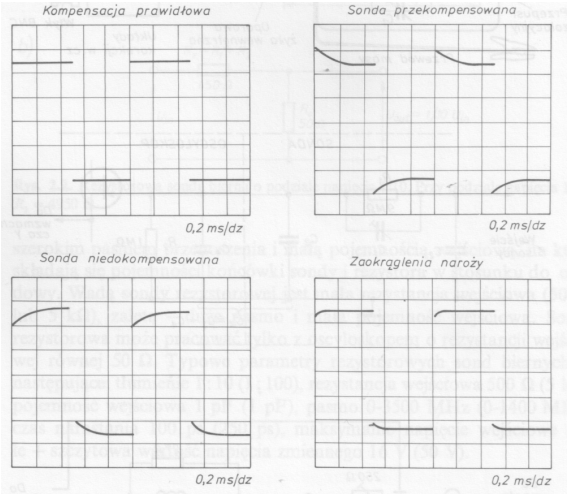
Sposób pomiaru parametrów czasowych przebiegu jest analogiczny jak w przypadku napięcia. Różnica polega jedynie na ustawieniu parametru *Typ kursora* na *Time.*




**Pomiar parametrów czasowych przebiegu przy użyciu funkcji *Measure*.**

Pomiar parametrów czasowych (np. okresu) przy użyciu funkcji *Measure* jest wykonywany analogicznie jak pomiar napięcia – przy pomocy przycisków pomocniczych należy wybrać żądane parametry zdefiniowane w dziedzinie czasu (lub częstotliwości).

**Podłączenie sond pomiarowych. Kalibracja sond.**

Sondy pomiarowe podłącza się do oscyloskopu korzystając z wejść 1 i 2.

Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów sondy powinny zostać sprawdzone przy użyciu wbudowanego w oscyloskop kalibratora generującego przebieg prostokątny 5V, zwykle o częstotliwości 1kHz.