

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad wykorzystania oscyloskopu w technice pomiarowej. W instrukcji skrótowo potraktowano zagadnienia konstrukcyjne zwracając uwagę na podzespoły i parametry oscyloskopów, które decydują o ich właściwościach metrologicznych. Powszechny dostęp do oscyloskopów cyfrowych wyposażonych w rozbudowane funkcje pomiarowe powoduje, że trudno dzisiaj mówić o klasycznych zastosowaniach pomiarowych oscyloskopów analogowych. Należy jednak pamiętać, że oscyloskopy analogowe nadal mogą być wykorzystywane do obserwacji i identyfikacji sygnałów. Brak automatyzacji pomiarów jest kompensowany w tych oscyloskopach przez zastosowanie kursorów pomiarowych ułatwiających wyznaczanie charakterystycznych parametrów obserwowanych przebiegów. Przy wyborze oscyloskopu do konkretnych zadań pomiarowych znaczenie może mieć również cena przyrządu - oscyloskopy analogowe są 2-3 krotnie tańsze od oscyloskopów cyfrowych.

W instrukcji szczegółowo opisano oscyloskop HP54603B z modulem HP54659B z uwagi na jego powszechność stosowania w laboratoriach uczelnianych. Właściwości pomiarowe oscyloskopu powodują, że może on zastać wykorzystany do realizacji większości zadań dydaktycznych nie tylko w laboratorium metrologii, ale również techniki mikroprocesorowej, cyfrowego przetwarzania sygnałów lub systemów informacyjno-pomiarowych.

2. Wprowadzenie teoretyczne

Oscyloskop jest jednym z najbardziej uniwersalnych urządzeń pomiarowych. Za pomocą oscyloskopu można zaobserwować kształt przebiegu, jak i określić parametry, takie jak np.: amplituda, okres, przesunięcie fazowe między dwoma przebiegami, czasy narastania i opadania zboczy itd.

Podstawowym elementem oscyloskopu jest lampa oscyloskopowa, na której jest zobrazowany badany przebieg. W oscyloskopach cyfrowych stosuje się obecnie lampy kineskopowe i ekrany ciekłokrystaliczne.

Oscyloskopy można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- analogowe,
- cyfrowe.

Podstawową różnicą pomiędzy tymi oscyloskopami jest sposób utrwalania przebiegu wejściowego. W oscyloskopie analogowym obraz jest bezpośrednio prezentowany na ekranie lampy i tym samym może być obserwowany tylko przez czas ekspozycji, natomiast w oscyloskopie cyfrowym próbki przebiegu są zapamiętywane w pamięci półprzewodnikowej, zatem mogą być przekazane do układu wyświetlania niezależnie od czasu akwizycji sygnału. Oczywiście w podstawowym trybie pracy oscyloskopu cyfrowego (tzw. pracy ciągłej) przebieg jest prezentowany bezpośrednio po zebraniu takiej liczby próbek, żeby wypełnić jeden ekran (dokładniej chodzi tu o zebranie liczby próbek odpowiadającej rozmiarowi rekordu zobrazowania, zazwyczaj mniejszego od rozmiaru całej pamięci). Wzgląd na przyzwyczajenia użytkowników powoduje, że panel czołowy oscyloskopu cyfrowego często przypomina odpowiedni panel oscyloskopu analogowego. Wiele elementów regulacyjnych na panelu czołowym spełnia analogiczne funkcję w obu oscyloskopach pomimo, że są realizowane w technice analogowej lub cyfrowej. Stąd, z punktu widzenia użytkownika, obsługa oscyloskopu (rozumiana jako funkcje przycisków i pokręteł na panelu czołowym) jest podobna dla oscyloskopu cyfrowego i analogowego. Wrażenie łatwiejszej obsługi oscyloskopu cyfrowego powstaje dzięki zobrazowaniu znaczenia funkcji na ekranie i możliwości automatycznego doboru ustawień oscyloskopu do charakteru przebiegu wejściowego (patrz funkcje Autoscale i AutoLevel). Należy jednak podkreślić, że stosowanie takich funkcji ma sens w przypadku standardowych sygnałów. Badanie przebiegów o złożonych kształtach wymaga znajomości działania zaawansowanych funkcji regulacyjnych i pomiarowych oscyloskopu cyfrowego.

2.1. Oscyloskop analogowy

Podstawowymi parametrami opisującymi oscyloskop analogowy są:

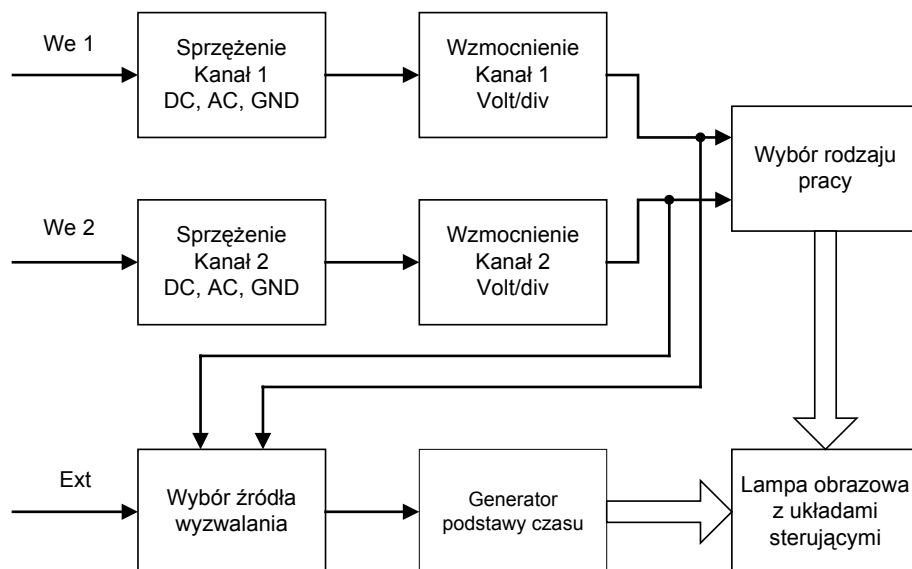
- pasmo pomiarowe oscyloskopu,
- czas narastania,
- czułość odchyłania pionowego,
- czułość odchyłania poziomego,
- liczba torów wejściowych,
- rodzaj zasilania: sieciowe, bateryjne,
- parametry lampy oscyloskopowej,
- rodzaj konstrukcji: zwarta lub z możliwością wymiany paneli.

Pasmo pomiarowe i czas narastania zależą od właściwości układów wejściowych oscyloskopu. Kształt charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej wzmacniacza wejściowego oraz jego właściwości inercyjne ograniczają możliwości zastosowania oscyloskopu przy badaniach przebiegów szybkozmiennych i impulsowych o bardzo krótkich czasach narastania zboczy.

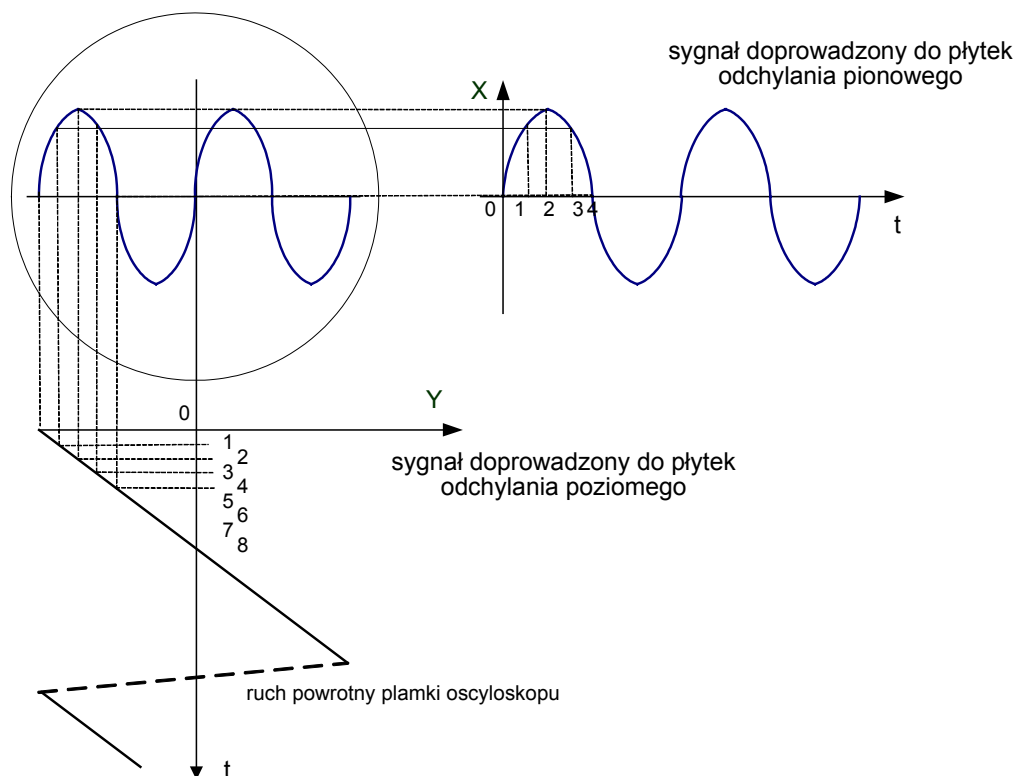
Czułość odchylenia pionowego (stała odchylenia) oscyloskopu jest wyrażana w V/dz (zazwyczaj 1 dz = 1 cm na ekranie).

Czułość odchylenia poziomego określa jak szybkie i krótkie przebiegi można mierzyć (oczywiście ograniczone pasmem przenoszenia). Wyrażona jest w s/dz (ms/dz, μ s/dz).

Oscyloskopy posiadające dwa toru pomiarowe umożliwiają jednoczesny pomiar dwóch różnych przebiegów. Uzyskuje się to przez zastosowanie przełącznika elektronicznego, który przełącza sterowanie lampy oscyloskopowej z jednego toru na drugi. Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy oscyloskopu analogowego, a na rysunku 2 zilustrowano zasadę powstawania na ekranie obrazu przebiegu doprowadzonego do jednego z wejść oscyloskopu.

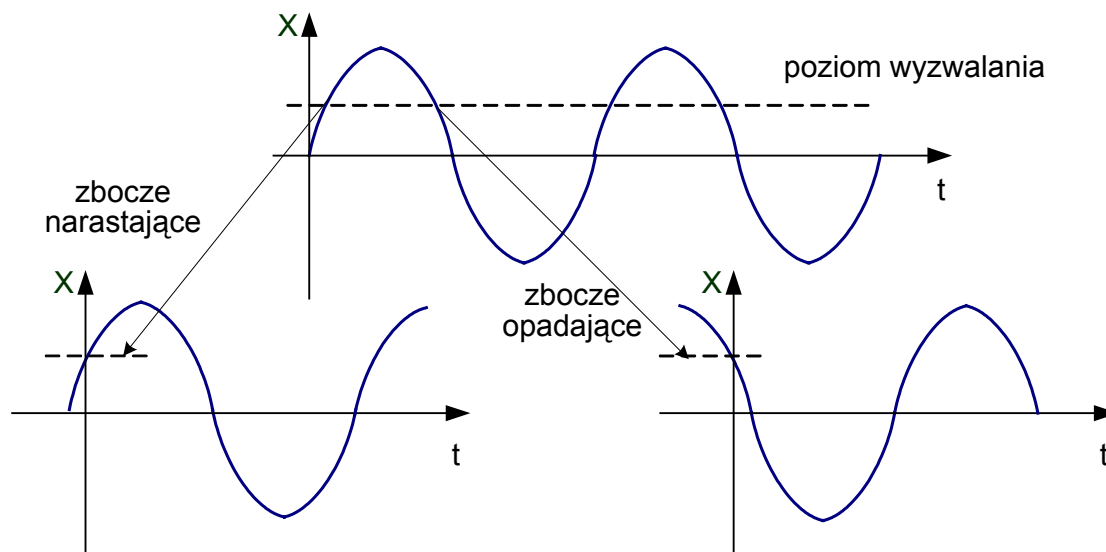


Rys. 1. Schemat blokowy oscyloskopu analogowego



Rys. 2. Zasada powstawania obrazu sygnału na ekranie lampy oscyloskopowej

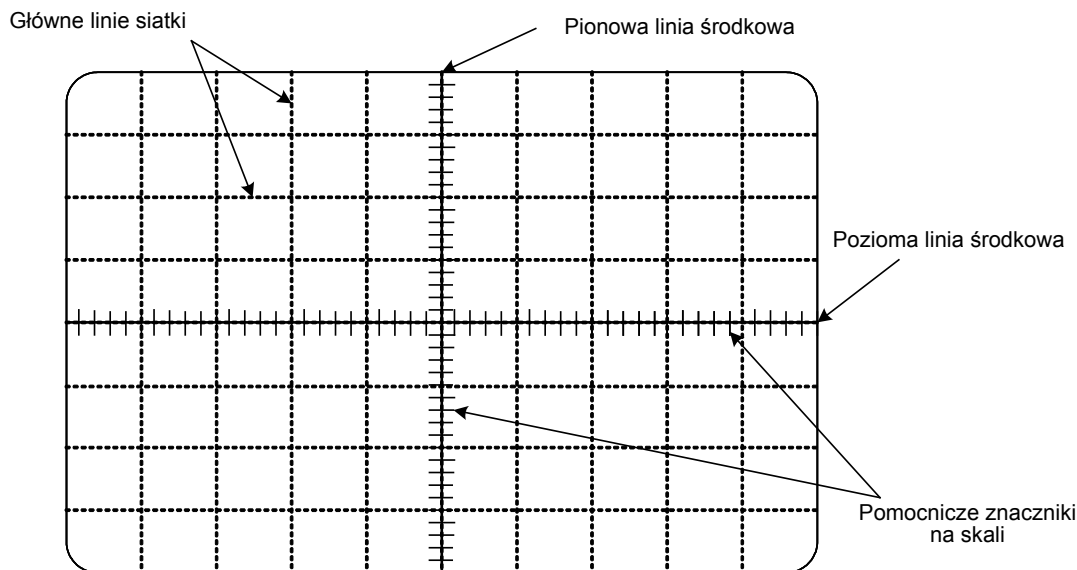
Warunkiem uzyskania stabilnego obrazu jest proporcjonalność okresu piłokształtnego sygnału z generatora podstawy czasu i okresu przebiegu badanego. Precyzyjne ustalenie chwili startu generatora podstawy czasu jest zadaniem układu wyzwalania. Wpływ warunków wyzwalania na obraz badanego sygnału przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Wpływ warunków wyzwalania na obraz sygnału

Obecnie lampy oscyloskopowe posiadają płaskie ekrany umożliwiające dokładny pomiar-odczyt i wyskalowanie osi w kierunkach X i Y. Dodatkowo na ekranie umieszcza się siatkę z podziałką. Takie rozwiązanie powoduje, że obraz mierzony i podziałka pomiarowa są w jednej płaszczyźnie co pozwala uniknąć błędów paralaksy.

Przykładowy widok ekranu z siatką pomiarową przedstawiony został na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowy widok ekranu lampy z siatką pomiarową.

Niektóre oscyloskopy są wyposażone w wymienne panele zmieniające ich właściwości pomiarowe oraz dodatkowe sondy np. wysokonapięciowe, separujące, wtórnikowe, prądowe itp.

Odmianą oscyloskopu analogowego jest **oscyloskop z lampą pamiętającą**. Wyposażony jest on w lampę oscyloskopową umożliwiającą zapamiętanie, wewnątrz lampy, obrazu przebiegu jednorazowego lub powtarzalnego i wyświetlanie go przez pewien czas na ekranie. Takie rozwiązanie umożliwia pomiar przebiegów wolnozmiennych, oraz porównanie przebiegów występujących w różnym czasie. Ponadto pozwala zaobserwować zmiany kształtu przebiegów np.: w czasie regulacji układu badanego.

Do oscyloskopów analogowych zalicza się również **oscyloskop próbkujący**. Za jego pomocą możemy zmierzyć bardzo szybkie przebiegi powtarzalne. Jego działanie polega na ciągłym pobieraniu próbek sygnału, kolejno z innego fragmentu przebiegu, co każdy następny okres. Następnie próbki, w formie kropek, zostają złożone na ekranie tworząc obraz przebiegu. Oscyloskopy tego typu potrafią mierzyć sygnały powtarzalne od 0 Hz do kilku GHz przy stałej odchyłania kilka mV/cm.

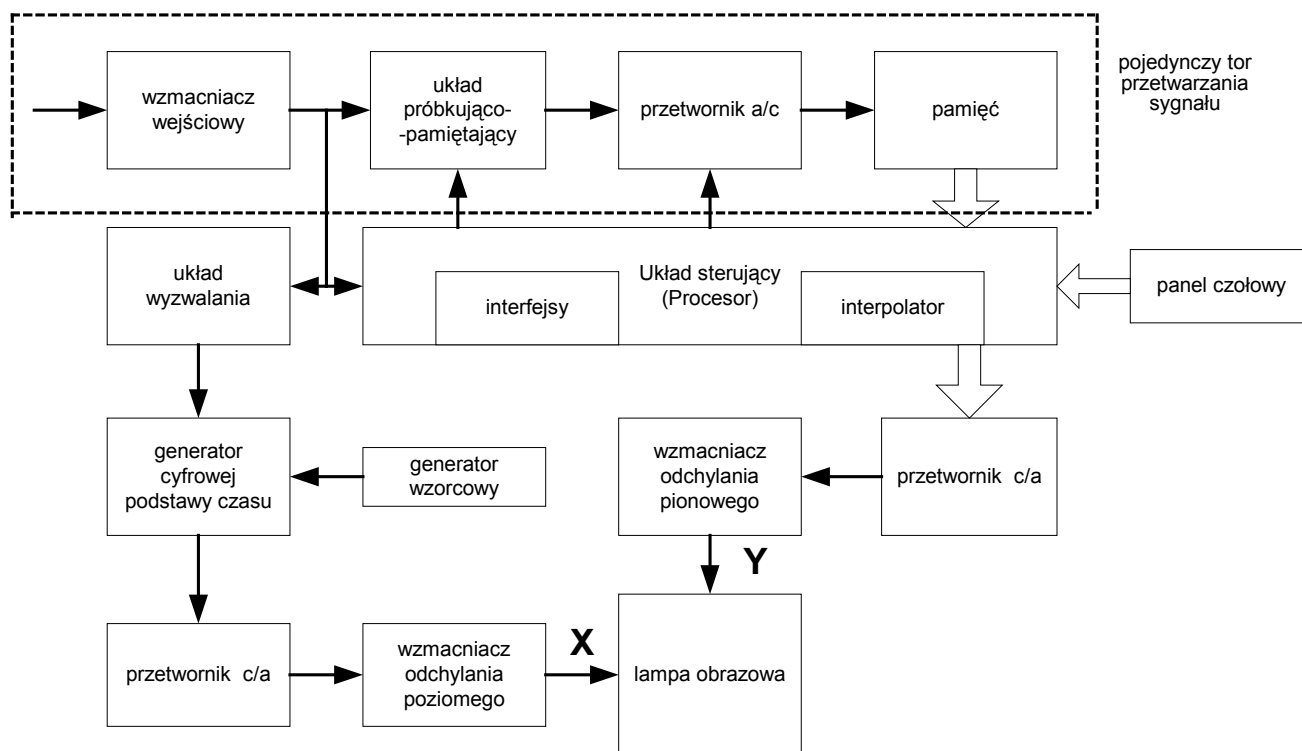
2.2. Oscyloskop cyfrowy

Powstanie mikroprocesorów, szybki rozwój i scalenie układów cyfrowych takich jak: przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe oraz zwiększenie ich dokładności pozwoliło na budowę oscyloskopów cyfrowych.

Sposób działania oscyloskopu cyfrowego pozwala na realizację różnych zadań pomiarowych, jak np.:

- badanie kilku sygnałów,
- zapamiętanie przebiegu i oglądanie jego fragmentów,
- wykonanie operacji matematycznych na badanym sygnale np: uśrednienie sygnału, obliczenie wartości skutecznej sygnału, dodawanie i odejmowanie dwóch różnych sygnałów, całkowanie i różniczkowanie przebiegów, a w niektórych przypadkach zastosowanie Szybkiej Transformaty Fouriera (FFT) pozwala na oglądanie widma badanego przebiegu,
- współpraca w urządzeniach zewnętrznymi takimi jak: komputer osobisty typu PC, drukarka ploter, itp.,
- pomiar i wyświetlenie parametrów sygnału takich jak: wartość chwilowa, wartość międzyszczytowa, czas trwania okresu, czasy narastania i opadania zboczy, częstotliwość, szerokość impulsu itp
- możliwość zastosowania oscyloskopu w rozbudowanych układach pomiarowych, sterowanie oscyloskopu z zewnątrz poprzez interfejsy IEC-625 lub RS-232.

Na rysunku 5 został przedstawiony schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego.



Rys. 5. Schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego.

Do wzmacniacza wejściowego zostaje doprowadzony sygnał pomiarowy. Następnie z wyjścia wzmacniacza wejściowego sygnał zostaje podany na układ próbkująco-pamiętający. Tu zostaje pobrana próbka sygnału i zapamiętana analogowa wartość chwilowa sygnału (w chwili pobierania próbki). Następnie wartość ta zostaje zamieniona na odpowiednią wartość cyfrową, zwaną słowem. Ta operacja zostaje wykonana w układzie przetwornika analogowo - cyfrowego. Rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego decyduje o rozdzielczości cyfrowej oscyloskopu. Oznacza to, że przy zastosowaniu 8-bitowego przetwornika, rozdzielczość w osi Y wynosić będzie 1:256. To znaczy, że ciągły przebieg analogowy zostaje podzielony na 256 dyskretnych przedziałów. Po tej zamianie wartość cyfrowa próbki, czyli słowo, zostaje zapamiętane w pamięci oscyloskopu. Aby przetworzyć cały sygnał należy pobrać wiele próbek, których liczba i czas odstępu pomiędzy nimi zależą od

częstotliwości próbkowania. Tę liczbę próbek, na którą został podzielony badany przebieg nazywamy rekordem. Obecnie stosuje się rekordy o długości od 512 do wielu tysięcy słów. Zapamiętanie wartości cyfrowych przebiegu w pamięci, umożliwia dokonanie wielu pomiarów i ciągle wyświetlanie przebiegu na ekranie (funkcja zamrożenia obrazu). Występuje również możliwość zachowania (zapamiętania) przebiegu w pamięci oscyloskopu przez dowolnie długi okres czasu i ponowne odtworzenie tego przebiegu na ekranie w dowolnej chwili i dokonanie ponownych pomiarów lub porównanie go z innym przebiegiem.

Aby obejrzeć przebieg na ekranie oscyloskopu należy go odtworzyć z danych znajdujących się w jego pamięci. W tym celu dane te zostają przesłane do układu przetwornika cyfrowo-analogowego. Układ ten zamienia wartość cyfrową (liczby) sygnału w odpowiadające im wartości analogowe napięcia. Z kolei ten odtworzony przebieg analogowy steruje wzmacniaczem odchyłania pionowego Y lampy obrazowej.

Zasadniczym podzespołem podstawy czasu jest bardzo dokładny generator z oscylatorem kwarcowym, dzięki czemu błąd podstawy czasu jest mniejszy od 0,01%. Impulsy z generatora są wzmacniane przez wzmacniacz podstawy czasu (wzmacniacz odchyłania poziomego), który z kolei steruje układem odchyłania poziomego lampy obrazowej. Obraz, jaki otrzymujemy na ekranie składa się z kropek, o położeniu których decyduje wzmacniacz Y w pionie i wzmacniacz X w poziomie. Zapisem do pamięci, przesyłem danych, pracą układów synchronizacji, pracą przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych steruje kontroler, którym obecnie jest najczęściej mikroprocesor.

W odróżnieniu od oscyloskopów analogowych, w oscyloskopach cyfrowych jako lampy obrazowe stosuje się lampy kineskopowe (monochromatyczne i kolorowe). Obecnie najczęściej są stosowane rozwiązania, w których ekran jest zbudowany przy wykorzystaniu wyświetlacza ciekłokrystalicznego LCD. Zaletą wyświetlaczy jest to, że nie wymagają dużych napięć i nie potrzebują dużych mocy, tak jak to jest w przypadku lamp oscyloskopowej i kineskopowej. Pozwala to na ograniczenie gabarytów oscyloskopu i zastosowanie zasilania bateryjnego. A to z kolei pozwala zastosować oscyloskop jako urządzenie przenośne.

2.3. Sondy pomiarowe

2.3.1. Zastosowania

Duży wpływ na pomiar sygnału elektrycznego, może mieć sposób połączenia oscyloskopu z badanym układem. Podyktowane jest to tym, że na admitancję wejściową oscyloskopu wpływają równolegle połączone pojemności i rezystancje, odpowiednio o wartościach w granicach od 10 do 50pF i 1M Ω dla prądu stałego i małej częstotliwości. Ponadto, jeżeli badany układ jest oddalony od oscyloskopu dodatkowo pojawia się pojemność doprowadzeń. Pomiary słabych sygnałów wymagają zastosowanie kabla ekranowego, aby zabezpieczyć sygnał przed wpływem zakłóceń zewnętrznych, które mogą zniekształcić sygnał i wpłynąć na jego wartość.

Z powyższych powodów w wielu pomiarach, aby zapewnić wierne odtworzenie mierzonego sygnału, badany układ należy połączyć z oscyloskopem za pomocą specjalnej sondy pomiarowej. Jest to przyrząd, który zapewnia odpowiednio dużą impedancję wejściową.

Sondom stawiane są bardzo wysokie wymagania co do ich parametrów.

Sondy możemy podzielić na trzy główne grupy:

- sondy biernie,
- sondy czynne,
- sondy detekcyjne.

Sondy biernie składają się z elementów biernych R, L, C, a sondy czynne zawierają ponadto elementy czynne (wzmacniacze).

Sondy detekcyjne zawierają układy umożliwiające pomiary obwiedni sygnałów zmodulowanych.

2.3.2. Rezystorowe sondy pomiarowe biernie

Charakteryzują się one bardzo szerokim pasmem przenoszenia i małą pojemnością wejściową.

Typowe parametry rezystorowych sond biernych:

- tłumienie sygnału - 1:10 lub 1:100
- rezystancja wejściowa - 500 Ω lub 5 k Ω
- pojemność wejściowa - 1 pF
- pasmo przenoszenia - 0-3500 MHz lub 0- 1400 MHz
- maksymalne napięcie wejściowe plus szczytowa wartość napięcia zmiennego - 16 V lub 50 V
- czas narastania - 100ps lub 250 ps

2.3.3. Sonda bierna RC

Inną odmianą sondy biernej jest sonda RC. Tę sondę, w odróżnieniu do sondy rezystancyjnej, należy dopasować do oscyloskopu.

Typowe parametry sondy RC:

- tłumienie - 1:10
- pojemność wejściowa - od 8 pF do 15 pF
- maksymalne napięcie wejściowe - 600 V

Wadą sondy RC jest konieczność stosowania krótkiego kabla połączeniowego z oscyloskopem.

Istnieją również sondy RC przeznaczone do pomiarów wysokonapięciowych zwane sondami wysokonapięciowymi.

Parametry przykładowej sondy wysokonapięciowej P6015 firmy Tektronix:

- tłumienie - 1:1000
- rezystancja wejściowa - 100 MΩ
- pojemność wejściowa - 3 pF
- maksymalna wartość napięcia wejściowego - 20 kV (napięcia stałego lub skutecznego)
- pasmo przenoszenia - 0-75 MHz

2.3.4. Sondy czynne wtórnikowe

Wadą sond biernych jest duże tłumienie sygnału mierzonego. Tej wady nie mają sondy czynne wtórnikowe. Mają one dużą wartość rezystancji wejściowej małą pojemność wejściową, a ich tłumienie wynosi zazwyczaj od 0,5 do 1. Łączone są z oscyloskopem kablem współosiowym (koncentrycznym), który może być bardzo długi, bez wpływu na pasmo sondy. Stosuje się je, gdy potrzebujemy sondy o dość dużym paśmie przenoszenia (ponad 250MHz), dużej rezystancji wejściowej i małej pojemności. Wadą jest konieczność zapewnienia zasilania sondy.

2.3.5. Sondy prądowe

Wcześniej przedstawione sondy służą do pomiaru amplitudy (napięcia). Można za ich pomocą zmierzyć wartość prądu, wymaga to jednak wprowadzenia do układu pomiarowego dodatkowej rezystancji o znanej wartości. Zmienia to parametry obwodu pomiarowego, a tym samym parametry płynącego prądu. Aby zminimalizować ten wpływ należy stosować rezystancję o jak najmniejszej wartości, ale to z kolei wpływa na wartość sygnału pomiarowego, który staje się podatny na deformację przez szumy.

Istnieje specjalny rodzaj sond, które są przeznaczone do pomiarów prądów. Działają one na zasadzie przekładnika prądowego: magnetycznego, halotronowego lub optoelektronicznego.

3. Oscyloskop cyfrowy HP54603B z modulem HP54659B

3.1. Oscyloskopy cyfrowe serii HP546xx

Seria cyfrowych oscyloskopów firmy Hewlett-Pakard HP-54600 daje możliwość obserwacji i rejestracji przebiegów czasowych oraz badanie ich parametrów napięciowych i czasowych. Całą rodzinę urządzeń możemy podzielić na trzy grupy:

- dwukanałowe oscyloskopy, przeznaczone do pomiarów przemysłowych i zastosowań edukacyjnych, np.: HP-54600A, HP-54603B,
- czterokanałowe oscyloskopy, przeznaczone do pomiarów laboratoryjnych, a szczególnie do testowania układów cyfrowych, np.: HP-54601A,
- czterokanałowe oscyloskopy o podobnym przeznaczeniu, co poprzednie, z tą różnicą, że posiadają większe pasmo przenoszenia do 150 MHz i szybkie wyzwalanie do 250 MHz.

Właściwości i parametry oscyloskopów HP:

- pasmo przenoszenia - zazwyczaj $60 \div 150$ MHz,
- maksymalna czułość w osi czasu do 2 ns/działkę,
- automatyczny pomiar napięcia, częstotliwości i czasu, pomiary bezpośrednie lub z wykorzystaniem kursorów,
- możliwość zapamiętania przebiegu na dowolnie długi czas i ponowne odtworzenie go na ekranie z możliwością dokonania kolejnych pomiarów, lub porównania go z innym przebiegiem,
- ustawienie i zapamiętanie do 16 ustawień panelu sterującego,
- detekcja wąskich impulsów zakłócających (glitches).
- impedancja wejściowa - 1 MΩ

- pojemność wejściowa - 13pF
- maksymalne napięcie wejściowe - 400 V

Oscyloskopy serii HP-54600 nie są wyposażone standardowo w interfejsy komunikacyjne. Z tyłu obudowy mają jednak specjalne gniazdo, dzięki któremu można do oscyloskopu podłączyć moduł interfejsu. Firma Hewlett-Packard udostępnia następujące moduły do oscyloskopów serii HP-54600:

- moduł interfejsu IEC-625 - o symbolu HP- 54650A,
- moduł interfejsu szeregowego RS-232 - o symbolu HP-54651A,
- moduł wyjścia równoległego do komunikacji z drukarką lub ploterem - o symbolu HP-54652A.

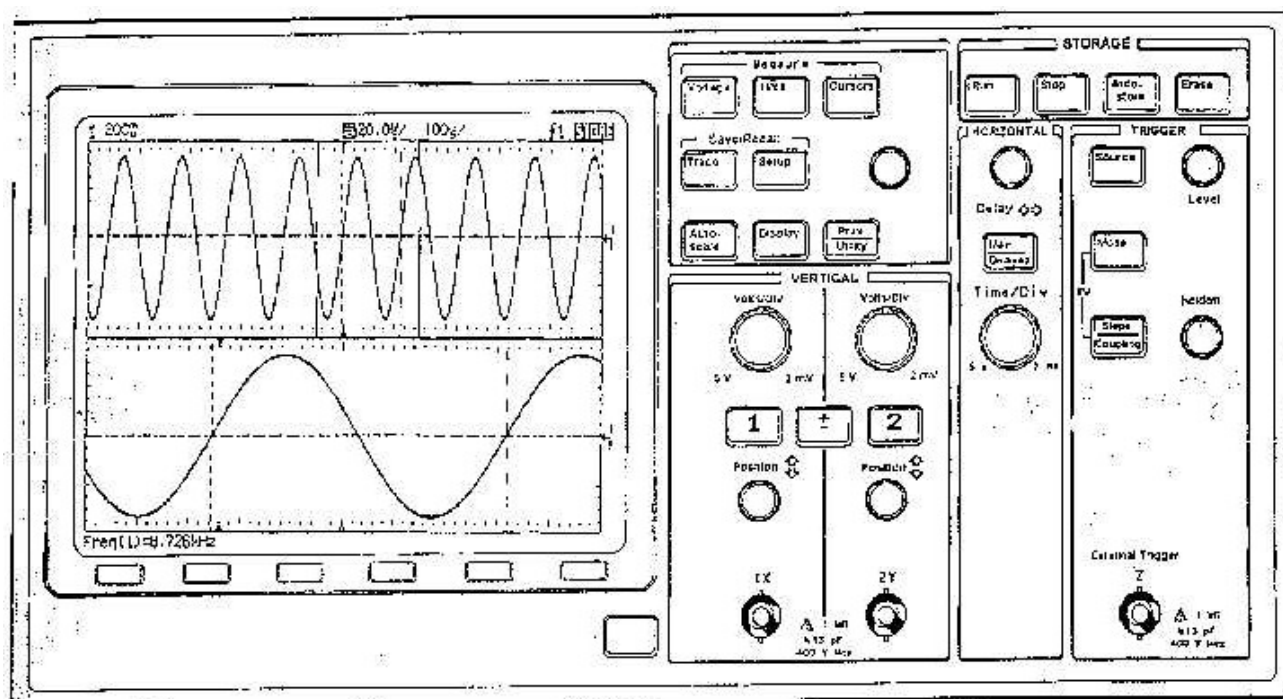
Dla nowszych rodziny oscyloskopów o oznaczeniu HP-54600B przeznaczono moduł o symbolu HP-54659B, który zawiera interfejs szeregowy RS-232 i złącze równoległe. Dzięki temu modułowi możliwe jest korzystanie z obu interfejsów jednocześnie.

Wykorzystanie powyższych modułów pozwala na zdalne programowanie oscyloskopów, przesyłanie przebiegów do komputera, wydruk przebiegu na drukarce lub ploterze (rejestratorze).

3.2. Właściwości użytkowe oscyloskopu

Oscyloskop ten został specjalnie zaprojektowany do zastosowań dydaktycznych. Ponadto jest przeznaczony do pracy w serwisach i zakładach przemysłowych do kontroli produkowanych podzespołów. Jest to oscyloskop dwukanałowy, z pasmem przenoszenia 60 MHz i czułością od 2 ns/działkę do 5 s/działkę.

Na rysunku 6 przedstawiony został wygląd płyty czołowej oscyloskopu.



Rys. 6 Płyta czołowa oscyloskopu.

Przyciski i pokrętki oscyloskopu zgrupowano na kilku polach:

- Vertical,
- Horizontal,
- Trigger,
- Storage,
- Measure, Save/Recall
- Grupa przycisków pod ekranem.

Grupa **VERTICAL** odpowiada za wybór źródła i rodzaj sygnału (AC/DC), wybór zakresu i przesunięcia w płaszczyźnie pionowej, oraz operacje (funkcje) matematyczne:

- pokrętko Volts/Div (wolt na działkę) umożliwia ustawienie czułości w osi pionowej,
- pokrętko Position służy do przesunięcia przebiegu na ekranie w płaszczyźnie pionowej (zmiana poziomu zera),
- przyciski **1** i **2** służą do włączania i wyłączania kanału pierwszego i drugiego, wyboru sygnału (AC/DC), zmiany polaryzacji oraz mnożnika skali,

- przyciski $\boxed{+/-}$ udostępnia operacje matematyczne: sumowania sygnałów z obu wejść, odejmowania, mnożenia, jak i funkcje matematyczne: całkowanie, różniczkowanie przebiegów, oraz funkcje Szybkiej Transformaty Fouriera.

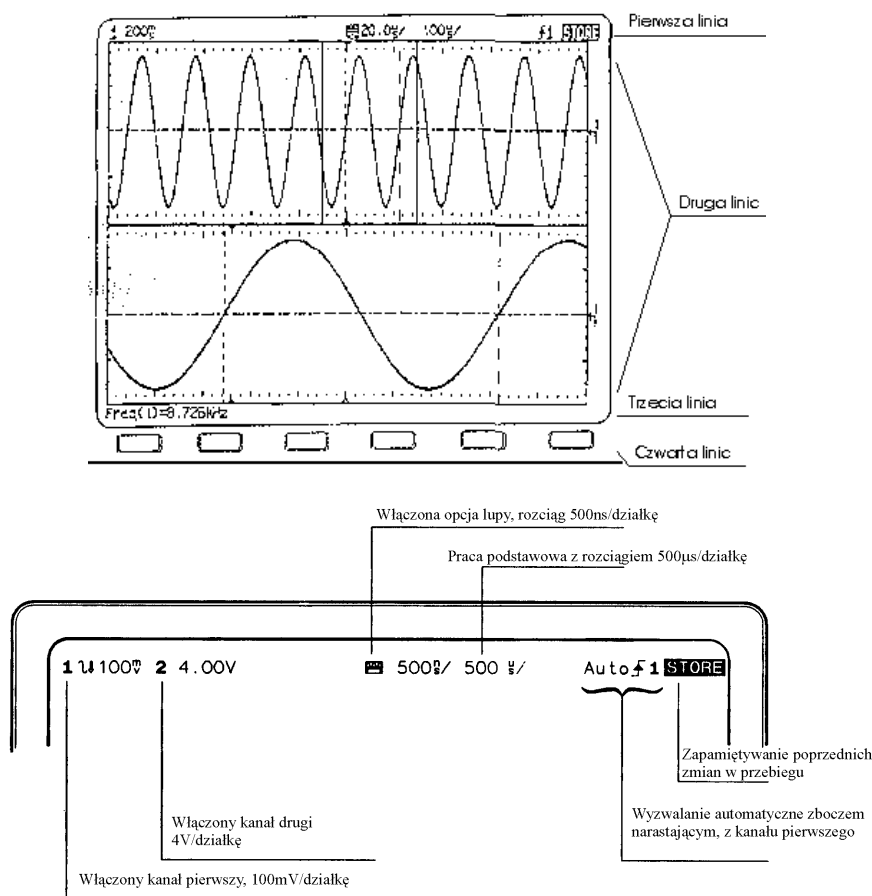
HORIZONTAL to grupa, w której przyciski i pokrętła umożliwiają zmianę pracy podstawy czasu:

- pokrętło **Time/Div** zmienia zakres pracy generatora podstawy czasu,
- pokrętło **Delay** przesuwa przebiegi wzdłuż osi czasu (ściśle zmienia położenie punktu odniesienia na osi czasu – punkt zaznaczony jako \blacktriangledown ; początkowe położenie punktu odniesienia jest zaznaczone jako \blacktriangledown).

Grupa **TRIGGER** jest związana z wyborem źródła i typu wyzwalania, natomiast grupa **STORAGE** udostępnia możliwość określenia sposobu pracy oscyloskopu, w tym "zamrożenia" obrazu lub wyświetlenia najnowszych przebiegów w pełnej jasności, a wcześniejszych jako przyciemnionych.

Przyciski w grupie **Measure** umożliwiają dokonanie pomiarów na przebiegach i wyświetlenie wyników na ekranie. Również w tej grupie dostępne są kursory, które pomagają w pomiarach dowolnych wielkości na wybranych odcinkach przebiegu. Na płycie czołowej znajdują się również klawisze specjalne: **Trace** i **Setup** w grupie **Save/Recall** oraz **AutoScale**, **Display**, **Print/Utility**; ich przeznaczenie opisano w dalszej części pracy.

Występuje jeszcze jedna grupa przycisków. Są to nie oznaczone przyciski znajdujące się pod ekranem. Ich znaczenie zmienia się odpowiednio w zależności od wybranych funkcji oscyloskopu, a aktualne znaczenie (funkcje) wyświetlane są na ekranie bezpośrednio nad nimi. Ekran oscyloskopu jest przedstawiony na rysunku 7.



Rys. 7. Ekran oscyloskopu HP-54603B.

Ekran jest podzielony na cztery charakterystyczne obszary. Pierwsza linia (od góry) pokazuje ustawienia oscyloskopu takie jak:

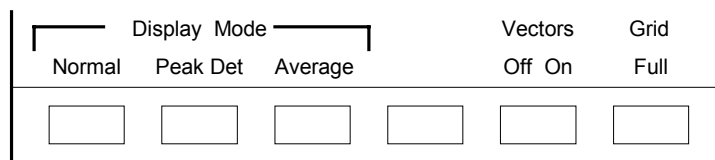
- który kanał jest włączony,
- gdzie znajduje się obecnie środek osi współrzędnych (zero osi X),
- ustawienie stałej odchylenia pionowego wyświetlane przy numerze kanału,
- ustawienie podstawy czasu w jednostkach czasu na działkę,
- znacznik włączenia funkcji *Delayed* (lupy), oraz rozciąg podstawy czasu dla powiększonego wycinka przebiegu,
- znacznik ustawienia detekcji impulsu,
- sposób synchronizacji np.: *Auto* - automatyczny, którym zboczem - opadającym lub narastającym i z którego kanału jest synchronizowany oscyloskop,

- sposób wyświetlania przebiegu (pracy oscyloskopu), Store, Stop, Erase

Druga linia funkcyjna zajmuje największą część ekranu i jest to właściwe miejsce wyświetlania kształtu przebiegu. Kolejna linia, trzecia, to miejsce pokazujące wyniki pomiarów wykonanych przez oscyloskop na przebiegu.

Ostatnia linia są to informacje dotyczące nieoznakowanych przycisków znajdujących się bezpośrednio pod ekranem. Wyświetlane jest aktualne znaczenie poszczególnych przycisków. Jest to menu ekranowe i zmienia w zależności od wybranych funkcji oscyloskopu.

Z ekranem i sposobem wyświetlania na nim związany jest przycisk **Display**. Po jego naciśnięciu pojawiają się następujące funkcje (opcje), pokazane na rysunku 8.



Rys. 8. Menu Display.

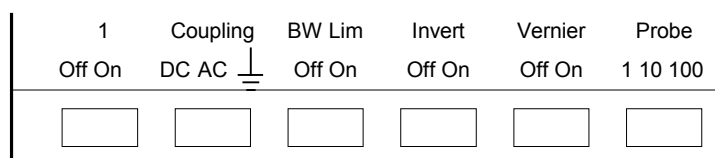
- **Normal (Display Mode)** - normalne wyświetlanie przebiegów,
- **Peak Det (Display Mode)** - wyświetlanie przebiegu z uwypukleniem zakłóceń,
- **Average (Display Mode)** - Wyświetlenie przebiegu z uśrednieniem (ograniczeniem) zakłóceń,
- **Vectors (ON/OFF)** - wybór sposobu rysowania przebiegu na ekranie: liniami (ON), lub złożony z punktów (OFF),
- **Grid** - w jaki sposób ma być wyświetlana siatka pomiarowa na ekranie: pełna siatka pomiarowa (FULL), sama ramka siatki (FRAME), lub bez siatki (NONE).

Funkcja **Autoscale**

Oscyloskop HP-54603B ma możliwość automatycznego ustawienia optymalnych parametrów pracy dla badanego sygnału. Ta funkcja działa jedynie dla przebiegów o częstotliwości nie mniejszej niż 50 Hz i o wypełnieniu większym od 1 %.

3.3. Grupa przycisków Vertical - ustawienia wejść oscyloskopu

Ustawienia wejść sygnałowych oscyloskopu są dokonywane za pomocą przycisków **1** i **2**. Ich menu zostało przedstawione na rysunku 9.



Rys. 9. Menu przycisków 1 i 2.

- **1 lub 2 (ON/OFF)** - włączenie lub wyłączenie wejścia pierwszego / drugiego.
- **Coupling** - wybór sprzężenia:
 - a) AC – zmiennego,
 - b) DC – stałego,
 - c) - ustawienie poziomu zerowego (odniesienia).
- **Invert** - zmiana polaryzacji badanego sygnału (odwrócenie sygnału) – zmiana polaryzacji dotyczy także toru wyzwalania, zatem dla przebiegów o współczynniku wypełnienia 50% obraz nie ulegnie odwróceniu
- **Vernier** – zmiana sposobu regulacji czułości w osi pionowej (na precyzyjniejszą jeżeli ON)
- **Probe** - ustawienie "dzielnika wejściowego"; przy pracy z sondą zapewnia prawidłowy opis osi z uwzględnieniem tłumienia sondy:
 - a) 1 - bez tłumienia (bez sondy lub sonda z tłumieniem równym jeden)
 - b) 10 - zastosowanie sondy o tłumieniu równym 1:10
 - c) 100 - zastosowanie sondy o tłumieniu równym 1:100

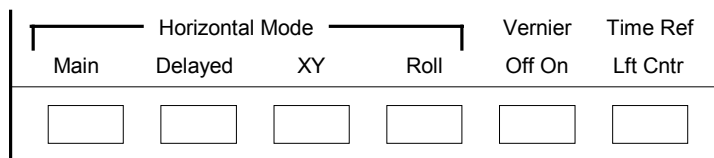
Pokręta **Position** służą do przenoszenia przebiegu na ekranie w kierunku pionowym, natomiast pokręta **Volt/div** ustawiają czułość odchylania pionowego:

- a) od 2 mV do 5 V na działkę przy **Probe** = 1
- b) od 20 mV do 50 V na działkę przy **Probe** = 10
- c) od 200 mV do 500V na działkę przy **Probe** = 100.

3.4. Grupa przycisków Horizontal – ustawienia podstawy czasu

Ta grupa przycisków służy do ustawienia parametrów pracy generatora podstawy czasu.

Przycisk **Main/Delayed** udostępnia następujące funkcje, pokazane na rysunku 10.

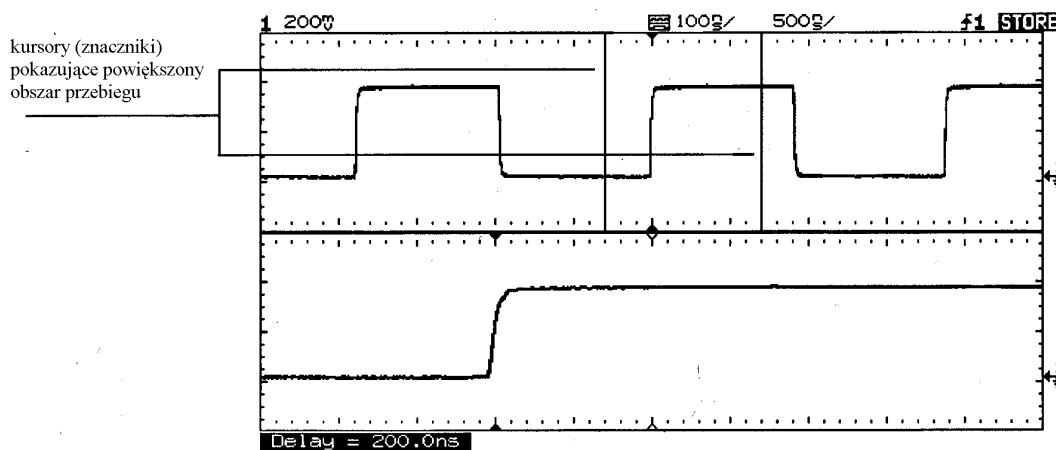


Rys. 10. Menu Main/Delayed.

- **Main** - praca oscyloskopu w funkcji czasu (wyświetlanie przebiegów w funkcji czasu)
- **XY** - praca oscyloskopu z wyłączoną automatyczną podstawą czasu
- **Delayed** - praca oscyloskopu z dwoma podstawami czasu co umożliwia realizację funkcji "LUPY" - powiększenie wybranego fragmentu przebiegu.
- **Vernier** - zmiana sposobu regulacji czułości w osi czasu (na precyzyjniejszą jeżeli **ON**)
- **Time Ref** - ustawienie początku układu współrzędnych na ekranie oscyloskopu (ustawienie zera osi X):
 - a) **Lft** - początek układu umieszczony z lewej strony ekranu
 - b) **Cntr** - początek układu ustawiony po środku ekranu.

Przy pracy w trybie **XY** generator przebiegu piłokształtnego (podstawy czasu) jest wyłączony, a obraz powstaje przez złożenie dwóch dowolnych przebiegów podanych na wejścia oscyloskopu. Klasycznymi zastosowaniami tego trybu pracy są: pomiary częstotliwości i przesunięcia fazowego (figury Lissajous) oraz badania charakterystyk prądowo-napięciowych elementów półprzewodnikowych.

Funkcja **Delayed** pozwala na powiększenie dowolnie wybranego fragmentu przebiegu. Przykładowy obraz ekranu z włączoną funkcją **Delayed** pokazano na rysunku 11.



Rys. 11 Praca z funkcją **Delayed** (lupy)

W górnej części ekranu jest widoczny podstawowy przebieg sygnału. Dwie pionowe linie, podobne do kursorów pomiarowych, pokazują powiększoną część przebiegu. Zmiany szerokości powiększonego odcinka dokonuje się pokrętkiem **Time/Div**, a płynnego przesunięcia lupy w poziomie dokonuje się za pomocą pokrętki **Delay**. Funkcja **Delayed** umożliwia dokładną obserwację i pomiar parametrów wybranego fragmentu przebiegu.

Przy pracy oscyloskopu w trybie **Main**, oscyloskop pracuje z wewnętrznym generatorem podstawy czasu. Pokrętko **Delay** służy wówczas do przesuwania na ekranie przebiegu w poziomie (osi X), a pokrętko **Time/Div** ustawia czułość w osi poziomej.

3.5. Grupa przycisków Storage – wybór sposobu pracy oscyloskopu

Jest to grupa przycisków, która ma wpływ na sposób rejestracji przebiegu w pamięci oscyloskopu i sposób jego wyświetlania na ekranie.

- **Run** - "normalna" praca oscyloskopu; oscyloskop wyświetla aktualnie zebrane próbki przebiegu.
- **Stop** – zatrzymanie akwizycji; oscyloskop wyświetla ostatni zapamiętany przebieg.
- **Autostore** - oscyloskop wyświetla ostatni przebieg w pełnej jasności, jednocześnie wyświetlając stare (wcześniejsze) przebiegi jako przyciemnione; ta opcja pozwala na zaobserwowanie zmian występujących w sygnale np. pod wpływem regulacji w badanym układzie.

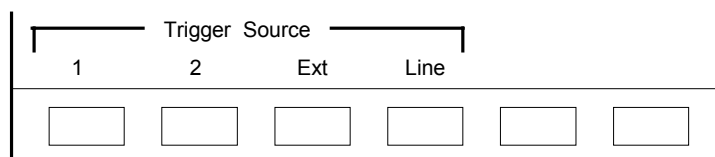
- **Erase** - naciśnięcie tego przycisku powoduje wyczyszczenie zapamiętanych przebiegów.

Stan pracy oscyloskopu jest wyświetlany w pierwszej linii funkcyjnej ekranu - z prawej strony.

3.6. Grupa przycisków Trigger - ustawienia wyzwalania generatora podstawy czasu

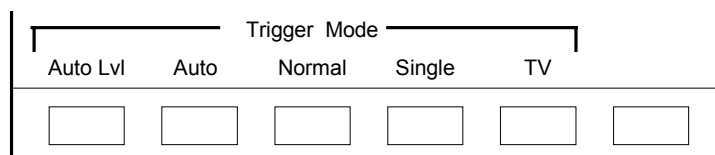
Przyciski i pokrętła tej grupy służą do wyboru źródła, trybu i warunków wyzwalania (synchronizacji).

- pokrętło **Level** - umożliwia ręczną zmianę poziomu wyzwalania
- pokrętło **Holdoff** – umożliwia wstrzymanie startu generatora podstawy czasu po wystąpieniu sygnału wyzwalającego; może to mieć zastosowanie przy synchronizacji przebiegów z dwóch źródeł
- przycisk - **Source** - zmiana źródła wyzwalania (synchronizacji):



Rys. 12. Źródła wyzwalania generatora podstawy czasu

- 1 - z kanału pierwszego,
 - 2 - z kanału drugiego,
 - line – wyzwalanie sygnałem sieciowym (o częstotliwości 50Hz) – ma zastosowanie przy badaniu przebiegów pochodzących z sieci energetycznej;
- przycisk **Mode** - ustawienie trybu wyzwalania:



Rys. 13. Tryby wyzwalania

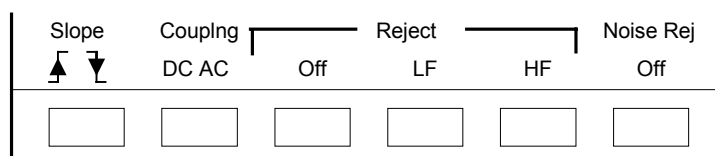
a) *AutoLvl* – oscyloskop automatycznie dobiera poziom wyzwalania, przy czym działanie oscyloskopu zależy od rodzaju sprzężeń w torze wejściowym sygnału i torze wyzwalania; w praktyce jest to bardzo przydatna funkcja, a rzeczywisty poziom wyzwalania jest automatycznie dobierany pomiędzy wartościami szczytowymi sygnału wejściowego;

b) *Auto* - wyzwalanie automatyczne – podstawa czasu jest zawsze wyzwalana bez względu na obecność sygnału wejściowego;

c) *Normal* – generator podstawy czasu startuje jeżeli są spełnione warunki wyzwalania (źródło, poziom), w innym przypadku obraz na ekranie nie ulega zmianie;

c) *Single* - ustawienie wyzwalania jednokrotnego – generator podstawy czasu pracuje tylko raz po identyfikowaniu warunków wyzwalania.

- **Slope/Coupling** – ustalenie szczególnych warunków wyzwalania:



Rys. 14. Warunki wyzwalania

- **Slope** – wybór zbocza
 a) narastającego,
 b) opadającego,
 - **Coupling** – rodzaj sprzężenia (dotyczy tylko toru wyzwalania i nie ma nic wspólnego ze sprzężeniem na wejściu); włączenie opcji *AC* eliminuje składową stałą z sygnału wejściowego przed ustaleniem chwili wyzwalania

Reject – filtracja sygnału wejściowego; częstotliwość odcięcia filtru, zarówno dolnoprzepustowego (*LF*) jak i górnoprzepustowego (*HF*), wynosi ok. 50kHz, zatem jego włączenie może spowodować całkowitą eliminację sygnału i brak synchronizacji; włączenie **Noise Rej** na *On* umożliwia uzyskanie stabilnego obrazu przy zaszumionym sygnale wejściowym.

Oprócz powyższych przycisków i pokręteł na tym polu (TRIGGER) znajduje się wejście **Z** służące do podłączenia zewnętrznego źródła wyzwalania **External Trigger**.

3.7. Przycisk Print/Utility -drukowanie i ustawienia serwisowe.

Oscyloskop z modulem (HP54659B) daje możliwość wydrukowania obrazu ekranu na drukarce lub ploterze.

Naciśnięcie przycisku **Print/Utility** i wybranie opcji *Print Scree* inicjalizuje przesył danych do drukarki lub plotera. Dopóki nie skończy się drukowanie, w miejscu, gdzie była opcja *Print Scree* pojawia się opcja *Cancel Print*, która umożliwia przerwanie drukowania w dowolnym momencie. Przed drukowaniem można (choć nie jest to konieczne) zatrzymać akwizycje i wyświetlanie przebiegów przyciskiem **Stop**.

Print Screen	Hardcopy Menu	I/O Menu		Service Menu	Sytem Config
<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>

Rys. 15. Menu *Print/Utility*

Ponadto w menu (**HardCopy Menu**) są dostępne opcje umożliwiające ustalenie sposobu i parametrów drukowania takich jak:

- format danych - **Format**:

- a) HP-print – dla drukarek laserowych,
- b) Epson – dla drukarek igłowych

- sposobu wydruku – **Printer Menu**:

druk w skali szarości i druk ustawień oscyloskopu

- rodzaju interfejsu **Destination**:

- a) *Parallel* złącze równoległe,
- b) *RS-232* - złącze szeregowy.

Oprócz ustawień związanych wydrukiem w menu Print/Utility znajdują się opcje potrzebne do ustawienia i sprawdzenia pracy samego oscyloskopu. Ponadto są tu opcje ustalające parametry interfejsów (złączy) pozwalających na podłączenie oscyloskopu do komputera.

I/O Menu - menu, dzięki któremu można ustawić parametry transmisji danych przez interfejs szeregowy.

- **Baut Rate** - szybkość transmisji – 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 19200 bodów
- Handshake – sposób synchronizacji - XON, DTR.

3.8. Grupa przycisków Seave/Recall - zapis i odczyt przebiegów z pamięci

Jest to grupa przycisków funkcyjnych umożliwiających zapis do pamięci zarówno przebiegów jak i ustawień oscyloskopu.

- **Trace** - uaktywnia menu pozwalające zapisać i odczytać przebiegi z pamięci oscyloskopu (rysunek 16).

Trace X	Trace X Off On	Save to Trace X	Clear Trace X	Recall Setup	Edit Label
<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>	<input type="button"/>

Rys. 16. Menu *Trace*

Oscyloskop HP-54603B daje możliwość zapamiętania 100 różnych przebiegów i ich ponowne odtworzenie na ekranie w celu ponownego zmierzenia lub porównania z innym przebiegiem.

- **Trace** - wybór pozycji (numeru) w pamięci oscyloskopu, pod którym będziemy dokonywać zapisu lub kasowania przebiegu - od 1 do 100.

- **Save to**- zapisanie interesującego nas przebiegu do pamięci oscyloskopu pod pozycją, którą wybraliśmy w opcji Trace.

- **Trace 1 (do100)** - *ON/OFF* - wpisanie (pobranie) przebiegu z pamięci oscyloskopu zapisanego wcześniej pod pozycją wybraną w Trace.

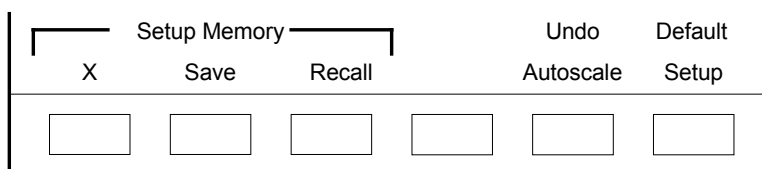
- **Clear Trace 1 (do 100)** - skasowanie przebiegów znajdujących się w pamięci pod pozycją wybraną w trace.

- **Recall Setup** - przywołuje ustawienia panelu oscyloskopu, które były aktywne w czasie zapisu przebiegu do pamięci oscyloskopu, bez przywoływania przebiegu na ekran.

- **Edit Label** - ta opcja pozwala opisać (podpisać) zapamiętywany przebieg.

Ustawienie w **Trace** i **Clear** indeksu *ALL* powoduje, że odnoszą się one do wszystkich zapamiętanych przebiegów w pamięci oscyloskopu (do wszystkich pozycji w pamięci). Pozwala to na jednoczesne skasowanie wszystkich zapamiętanych przebiegów z pamięci oscyloskopu.

Zapamiętanie ustawień panelu sterowania oscyloskopu za pomocą przycisku **Setup**, którego opcje są pokazane na rysunku 17.



Rys. 17. Menu Setup.

- **Setup** - pozwala na zapamiętanie i przywołanie 16 odmiennych ustawień pracy oscyloskopu (panelu sterowania). Pozwala na ustawienie i zapamiętanie panelu do konkretnego pomiaru i późniejsze przywołanie tych ustawień w przypadku dokonywania podobnych pomiarów.

Znajduje się tu też opcja *Default Setup* przywracająca fabryczne ustawienia oscyloskopu.

3.9. Funkcje matematyczne na mierzonych sygnałach

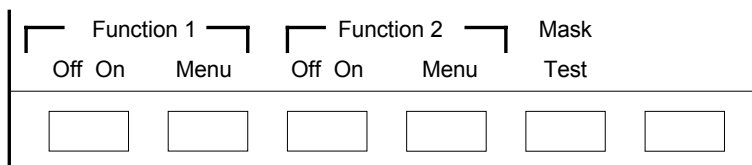
Sumowanie, odejmowanie sygnałów

Oscyloskop cyfrowy HP-54603B umożliwia wykonywanie działań matematycznych na badanych przebiegach. Działania, które możemy wykonać na sygnałach za pomocą tego oscyloskopu:

- sumowanie przebiegów,
- odejmowanie przebiegów,
- mnożenie przebiegów,
- całkowanie przebiegów,
- różniczkowanie przebiegów,
- analiza widma sygnału (FFT).

Wynikiem działania funkcji matematycznych jest pojawienie się na ekranie oscyloskopu nowego przebiegu. Na tym przebiegu możemy dokonać wszystkich pomiarów, tak jak na podstawowym przebiegu (pomiar czasu, amplitudy, itp.).

Menu działań matematycznych jest uaktywniane za pomocą przycisku **+/-** i jest pokazane na rysunku 18.



Rys. 18. Menu +/-.

Działania są podzielone na dwie grupy:

- **Function 1,**

- **Function 2.**

Function 1 - to działania wykonywane jednocześnie na dwóch przebiegach. Sygnały mogą być sumowane, odejmowane, lub mnożone.

Opcja *ON/OFF* włącza lub wyłącza działanie matematyczne, a pod *Menu* można wybrać, które z działań ma być uaktywnione (wykonane).

Function 2 - to menu funkcji matematycznych takich jak:

- całkowanie,
- różniczkowanie,
- analiza widma sygnału.

Tak jak w *Function 1*, w *Function 2* opcja *ON/OFF* włącza lub wyłącza działanie funkcji, a pod *Menu* możemy wybrać, która z funkcji ma być uaktywniona. Pod tym menu dostępne są również następujące opcje:

- **Operand** - (*1, 2, FI*) - dokonanie wyboru, na którym sygnale ma być przeprowadzone działanie funkcji matematycznej:

- a) *1* - sygnał z pierwszego kanału oscyloskopu,
- b) *2* - sygnał z drugiego kanału oscyloskopu,
- c) - *FI* - wybór przebiegu, który jest wynikiem działań matematycznych z pierwszej grupy *Function 1*.

- **Operation** - jaka operacja (funkcja) matematyczna ma być wykonana. Do wyboru są dostępne:

- a) całkowanie - $\int dt$,
- b) różniczkowanie - dV/dt ,
- c) analiza widma sygnału w dziedzinie częstotliwości – FFT.

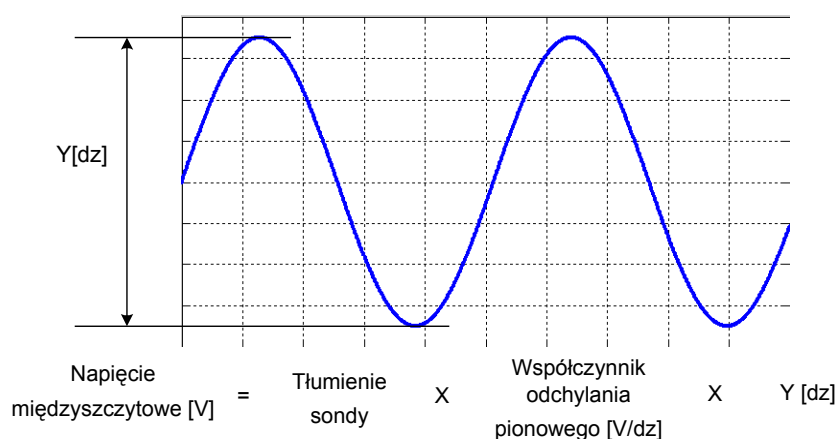
Działanie funkcji FFT opisano w instrukcji do ćwiczenia „Analiza widmowa sygnałów”.

4. Właściwości pomiarowe oscyloskopów

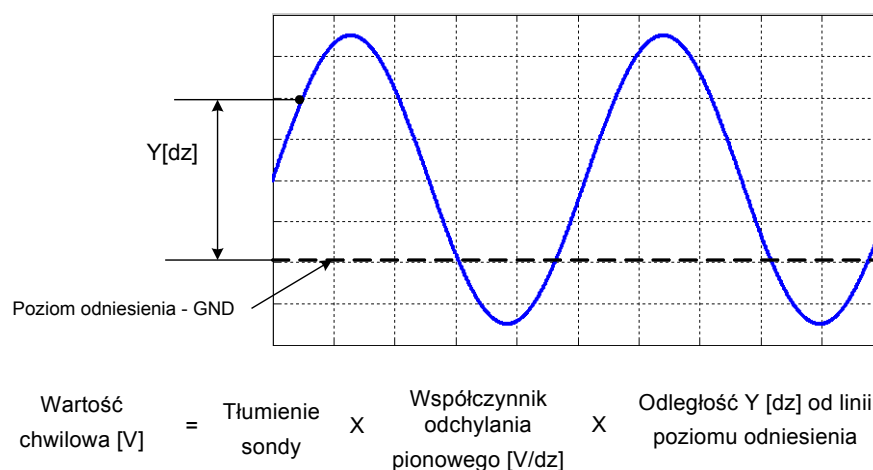
4.1. Pomiar wartości amplitudy

W tradycyjnych oscyloskopach analogowych, aby dokonać pomiaru wartości napięcia należało wykonać kilka czynności. Pierwszą z nich było ustawienie wysokości obrazu przebiegu na ekranie tak, aby zajmował jego maksymalną wysokość. Obraz powinien być dobrze zogniskowany, to znaczy ustawiona jak najmniejsza plamka. Odczyt wartości polegał na obliczeniu wysokości interesującej nas wielkości (np. amplitudy) za pomocą działek siatki ekranowej (siatki pomiarowej). Następnie należało odczytać ustawienia stałej odchylenia pionowego oscyloskopu, która była określona w woltach na działkę lub na jednostki długości (najczęściej centymetry). Mając te dwie dane należało pomnożyć je przez siebie i uzyskiwaliśmy wartość interesującej nas amplitudy. W przypadku, gdy korzystaliśmy z sondy pomiarowej wynik należało jeszcze pomnożyć przez wartość współczynnika tłumienia sondy. Sposób pomiaru wartości międzyszczytowej i chwilowej ilustruje rysunek 19. Przy takim pomiarze należało uwzględnić grubość linii i stale odczytywać wartość odchylenia pionowego przy tej samej krawędzi linii obrazu - górna lub dolna. [1]

a)



b)



Rys. 19. Pomiar napięcia za pomocą odczytu działek na ekranie; a) wartości międzyszczytowej, b) wartości chwilowej.

Oscyloskopem cyfrowym HP-54603B można dokonać tych pomiarów w tradycyjny sposób, opisany wyżej, lub skorzystać z funkcji pomiarowych oscyloskopu przeznaczonych do pomiaru amplitudy. Uaktywnia się te funkcje po naciśnięciu przycisku **Voltage**. Wówczas na menu ekranowym uzyskamy poniższe funkcje pokazane na rysunku 20.

Source		Voltage Measurements			Clear	Next
1	2	V p-p	V avg	V rms	Meas	Menu
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rys. 20. Menu Voltage

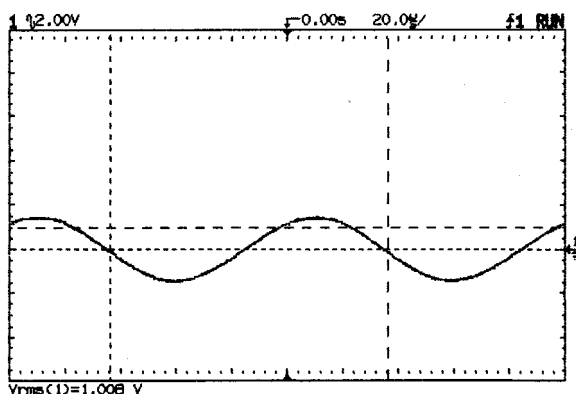
Powyższe funkcje oznaczają:

- **Source** (1, 2) - wybór, w którym kanale (wejściu) ma być dokonany pomiar,
- **Vp-p** - pomiar wartości międzyszczytowej badanego sygnału,
- **Vavg** - pomiar wartości średniej badanego sygnału,
- **Vrms** - pomiar wartości skutecznej badanego sygnału,
- **Clear Meas** - wykasowywanie z ekranu wyniki pomiarów wcześniej dokonanych,
- **Next Menu** - przejście do następnego menu funkcji Voltage.

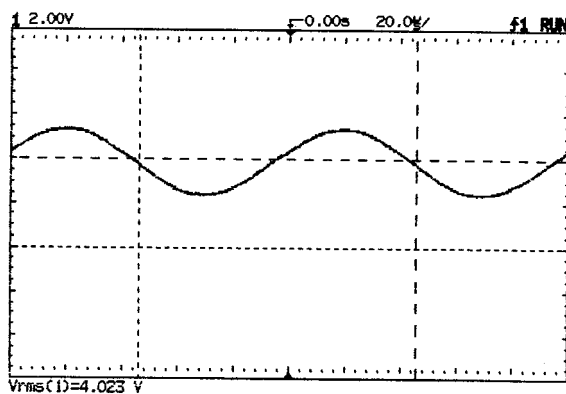
Pomiaru dokonujemy przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku menu ekranowego i wynik pojawi się w linii wyników. Wynik jest na bieżąco uaktualniany (z uwzględnieniem ustawień tłumienia sondy), to znaczy, że przy zmianach wartości badanego przebiegu zmieni się wynik wyświetlany na ekranie.

Opcja **Vrms** oscyloskopu HP-54603B daje możliwość pomiaru wartości skutecznej przebiegu bez składowej stałej i ze składową stałą. Pokazane to zostało na rysunku 21. Jeżeli chcemy zmierzyć wartość skuteczną samej składowej zmiennej należy wejście, z którego mierzymy sygnał, ustawić na pomiar wartości zmiennych za pomocą przycisku **1** lub **2** w pozycję **AC** (klawisz **Coupling**). A jeżeli chcemy zmierzyć wartość skuteczną składowej zmiennej ze składową stałą należy wejście ustawić w pozycji **DC**.

a)



b)



Rys. 21. Pomiar wartości skutecznej : a) składowej zmiennej, b) składowej zmiennej i składowej stałej.

Przycisk **Next Menu** uaktywnia następne menu (podmenu funkcji Voltage). Po jego uaktywnieniu uzyskamy menu ekranowe z rysunku 22.

Show Meas		Voltage Measurements				Next
Off	On	V max	V min	V top	V base	Menu
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

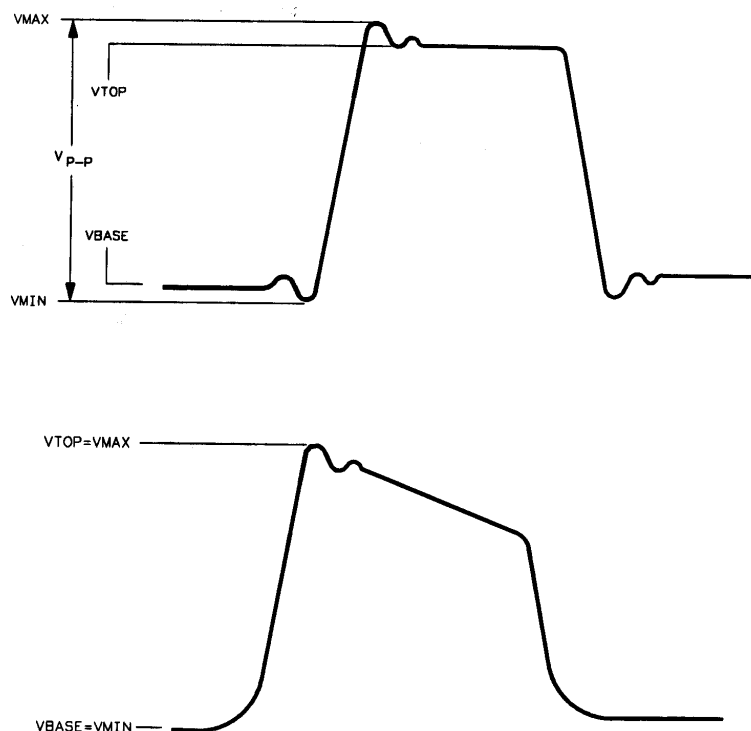
Rys. 22. Podmenu 1 funkcji Voltage.

Opcje dostępne w kolejnym menu pokazano na rysunku 23.

Voltage Measurements			Next		
V amp	V over	V pre	Menu		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rys. 23. Podmenu 2 funkcji Voltage

Funkcje zilustrowane na rysunkach 22 i 23 ułatwiają badanie zniekształconych impulsów prostokątnych i pomiar takich wielkości jak: przerosty, zaokrąglenia, wartości maksymalne i minimalne, ustalona górna i dolna wartość amplitudy impulsu. Znaczenie poszczególnych parametrów pokazano na rysunku 24.



Rys. 24. Pomiarów parametrów amplitudowych przebiegów impulsowych.

Ustawienie funkcji **ShowMeas** na **ON** powoduje wyświetlenie na ekranie linii pomocniczych, które obrazują mierzoną w danej chwili wartość napięcia. Niestety przy większej ilości uaktywnionych pomiarów linie te powodują zamazanie obrazu przebiegu i linii pomiarowych. Najlepszy efekt tej funkcji uzyskujemy, gdy w danym czasie dokonujemy pomiaru jednej, maksymalnie dwóch wartości napięcia. Jest to o tyle pomocna funkcja, że bezpośrednio na przebiegu widzimy, która jego wartość jest w danej chwili mierzona.

Pomiar prądu

Pomiaru prądu dokonujemy pośrednio mierząc napięcie na rezystorze o znanej wartości lub wykorzystując sondę prądową. Ponieważ w obu przypadkach do oscyloskopu doprowadzamy wartość napięcia to do pomiaru wykorzystujemy menu Voltage w taki sam sposób jak przy pomiarze napięcia. Należy pamiętać, że wyniki na ekranie są w jednostkach napięcia i należy je przeliczyć na jednostki prądu (natężenia).

Pomiaru amplitudy napięcia i prądu dokonać możemy za pomocą kursorów pomiarowych. W jaki sposób tego dokonać opisane jest w dalszej części pracy w części - kursory pomiarowe.

4.2. Pomiar wielkości związanych z czasem

Pomiaru okresu badanego przebiegu, w oscyloskopach analogowych, dokonywało się w podobny sposób jak pomiaru amplitudy. Należało policzyć ilość działek i pomnożyć wynik przez stałą odchyłania w osi poziomej (w jednostkach czasu na działkę lub jednostki długości; najczęściej centymetry).

Ze wzoru:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

- f - częstotliwość sygnału,
- T - okres sygnału,

możemy obliczyć częstotliwość przebiegu. Oczywiście pomiar czasu trwania dowolnego odcinka przebiegu dokonać mogliśmy analogicznie jak pomiaru okresu (czas trwania półokresu, czasy narastania i opadania zboczy, itp.).

Przycisk **Time** uaktywnia menu dotyczące pomiarów wielkości związanych z czasem.

Po naciśnięciu tego przycisku ukazuje się nam menu ekranowe pokazane na rysunku 25.

Source		Time Measurements			Clear	Next
1	2	Freq	Period	Duty Cy	Meas	Menu
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rys. 25. Menu Time.

- **Source** - tak jak w menu Voltage służy do wyboru przebiegu, na którym zostanie dokonany pomiar (1 lub 2)

- **Freq** - pomiar częstotliwości badanego przebiegu

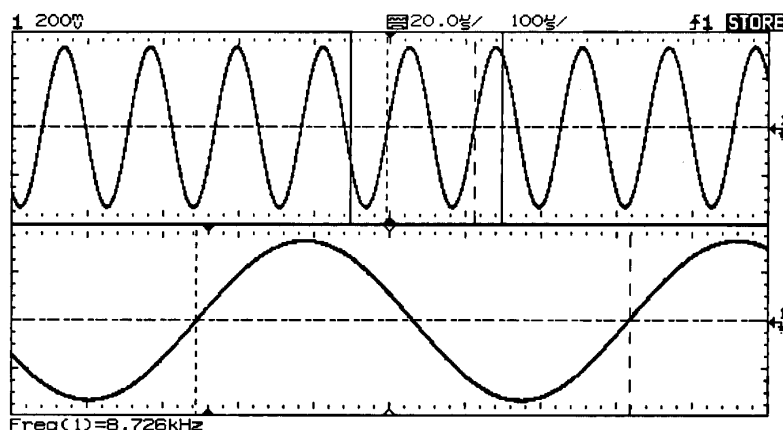
- **Period** - pomiar okresu badanego przebiegu

- **DutyCy** - pomiar współczynnika wypełnienia przebiegu

- **Clear Meas** - podobnie jak w menu Voltage wyczyszczenie (skasowanie) wykonywanych (uaktywnionych) pomiarów

Wyniki pomiarów są wyświetlane w linii pomiarowej ekranu.

Rysunek 26 pokazuje pomiar częstotliwości przeprowadzony za pomocą opcji **Freq**.



Rys. 26. Pomiar częstotliwości za pomocą funkcji **Freq**. [4]

Next Menu - uaktywnia podmenu funkcji Time. To menu pozwala w łatwy i szybki sposób zmierzyć dodatkowe parametry impulsów i przebiegów prostokątnych.

Jak widać na rysunku 27 za jego pomocą możemy zmierzyć następujące wielkości (zdefiniowane na rysunku):

- **+Width** - pomiar czasu trwania "dodatniego" półokresu,

- **-Width** - pomiar czasu trwania "ujemnego" półokresu,

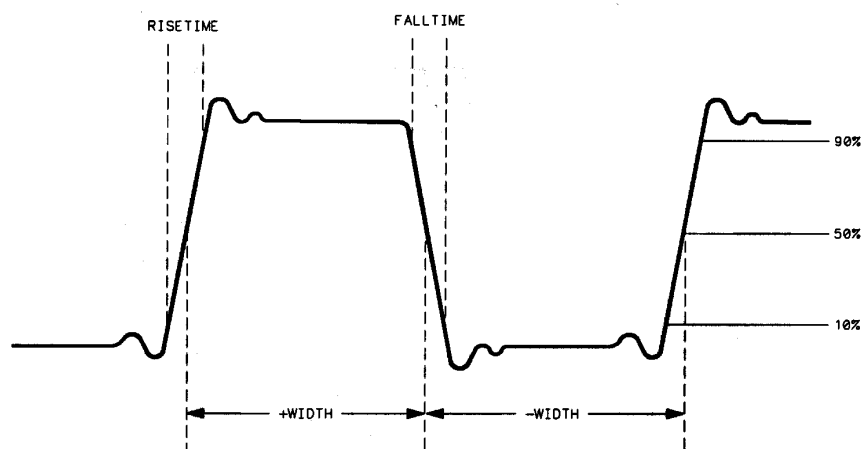
- **Rise Time** - pomiar czasu narastania zbocza (pomiar zbocza narastającego),

- **Fall Time** - pomiar czasu opadania zbocza (pomiar zbocza opadającego).

a)

Show Meas	Time Measurements				Next
Off On	+Width	-Width	RiseTime	FallTime	Menu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b)

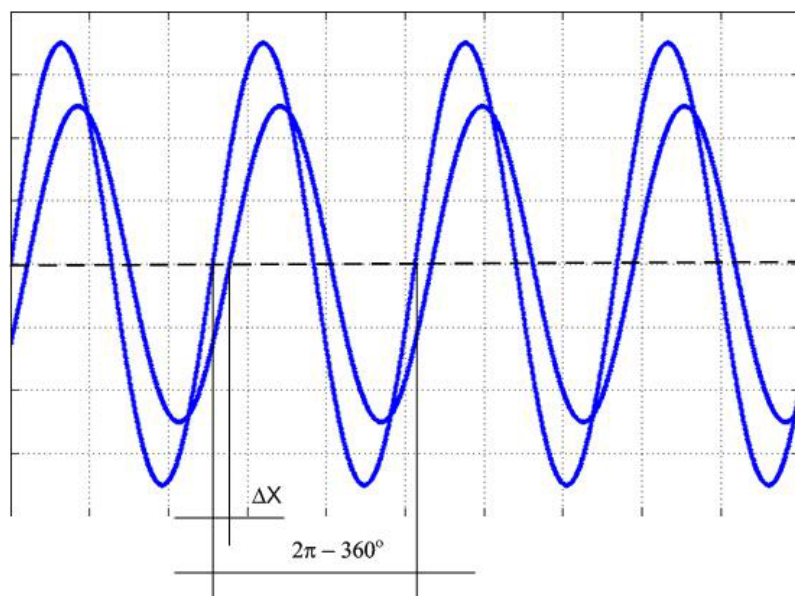


Rys. 27. Next Menu Time – a) , oraz parametry przebiegu prostokątnego – b).

Show Meas podobnie jak w opcjach pomiaru amplitudy uaktywnia na ekranie linie pomocnicze, które pokazują mierzoną wartość.

Pomiar przesunięcia fazowego

Najczęściej stosowanym i najprostszym sposobem pomiaru przesunięcia fazowego pomiędzy dwoma sygnałami, jest porównanie ich na oscyloskopie dwukanałowym. Sposób pomiaru pokazuje rysunek 28.



Rys. 28. Pomiar przesunięcia fazowego.

Przed przystąpieniem do pomiaru, należy poziomy zerowe obu kanałów (osie X) ustawić w jednym położeniu tak, aby się pokrywały. Najlepiej ustawić je na środku wysokości ekranu. Z ekranu odczytujemy wartość odstepu pomiędzy przebiegami (początkami okresów) w działkach lub jednostkach odległości np.: milimetrach. Jest to wartość ΔX . Następnie odczytujemy ile wynosi odległość okresu sygnału z wejścia pierwszego (również w działkach lub jednostkach czasu). Następnie podstawiamy do wzoru:

$$\varphi = 360^\circ \frac{\Delta X}{X} \quad (2)$$

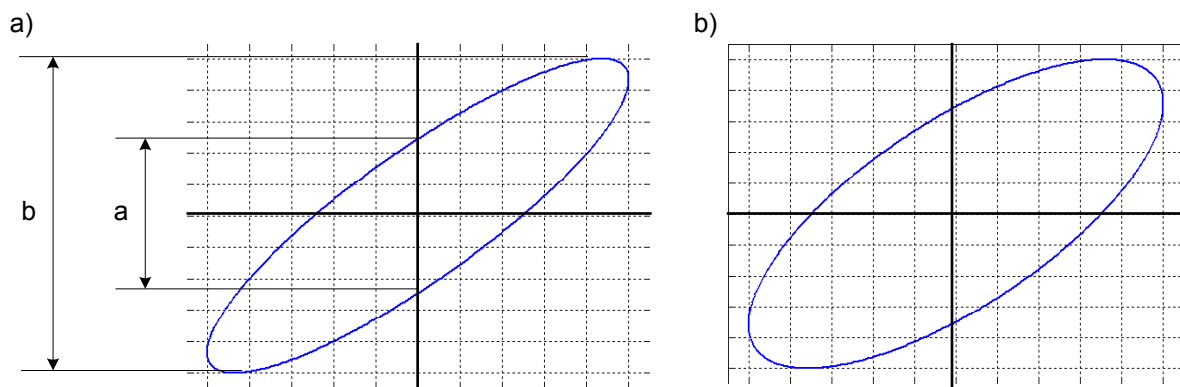
- X - długość okresu
- ΔX - odległość pomiędzy początkami okresów

Po podstawieniu i obliczeniu otrzymujemy wynik w stopniach. Za pomocą tej metody możemy również wyznaczyć czas " Δt ", z jaki jeden sygnał opóźnia się lub wyprzedza drugi sygnał badany. Wystarczy odczytaną wartość ΔX pomnożyć przez stałą odchylenia poziomego (rozciągu podstawy czasu).

Coraz więcej oscyloskopów ma kursory pomiarowe. Za pomocą kursorów w szybki i łatwy sposób możemy ustalić wartości Δt i T i podstawić je do wzoru odpowiednio w miejsca ΔX i X . Ponadto są już oscyloskopy, które podają wartość przesunięcia fazowego. Do tej grupy oscyloskopów należą oscyloskopy cyfrowe serii HP-54600.

Inną popularną metodą pomiaru przesunięcia fazowego jest pomiar za pomocą tzw. figur Lissajous. [1], [4]

Metoda ta polega na tym, że w oscyloskopach przełączamy sterowanie płytek odchylenia poziomego na źródło zewnętrzne. Odłączamy sterowanie wewnętrznym generatorem podstawy czasu. Do wejścia oscyloskopu doprowadzamy badane sygnały i na ekranie ukaże się jedna z figur Lissajous. Jeżeli sygnały mają tę samą częstotliwość to przesunięcie pomiędzy tymi sygnałami możemy odczytać z kształtu uzyskanej figury, co pokazuje rysunek 29.



Rys. 29. Pomiar przesunięcia fazowego za pomocą figur Lissajous.

Następnie przesunięcie obliczamy ze wzorów:

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b} \quad (3)$$

Na podstawie obrazu z rysunku 29a i wzoru (3) otrzymujemy $\varphi = \pi/6$, a z rysunku 29b $\varphi = \pi/4$.

Zaletą tej metody porównaniu z poprzednią jest to, że do pomiaru przesunięcia fazowego można użyć oscyloskopu jednokanałowego oraz większa dokładność pomiaru zwłaszcza przy małych przesunięciach fazowych.

Oprócz pomiaru przesunięcia powyższymi metodami, na oscyloskopie HP-54603B, możemy zmierzyć odstęp czasu wykorzystując podmenu funkcji Time. Po uaktywnieniu tego menu otrzymamy następujące opcje pokazane na rysunku 30.

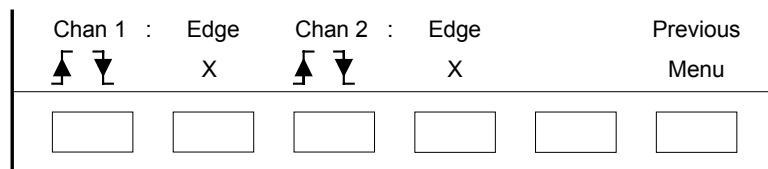
Define Thresholds	Define Delay	Measure Delay Phase		Next Menu	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rys. 30. Podmenu Time.

- *Define Delay* - ustawienia parametrów pomiaru przesunięcia fazowego
- *Delay* - pomiar przesunięcia w jednostkach czasu
- *Phase* - pomiar przesunięcia w jednostkach stopni kątowych

Opcja *Define Delay* daje możliwość ustawienia pomiaru odstępu czasowego pomiędzy dowolnymi zboczami narastającymi lub opadającymi badanych sygnałów.

Rysunek 31 przedstawia opcje *Define Delay*.

Rys. 31. Opcja *Define Delay*.

- *Chan 1* - ustawienie, od którego rodzaju zbocza ma być dokonany pomiar na kanale pierwszym:

a) narastającym

b) opadającym

- *Edge* - wybór, od którego zbocza z kolei ma być dokonany pomiar (od 1 do 5)

- *Chan 2* - ustawienie, do którego rodzaju zbocza ma być dokonany pomiar na kanale drugim:

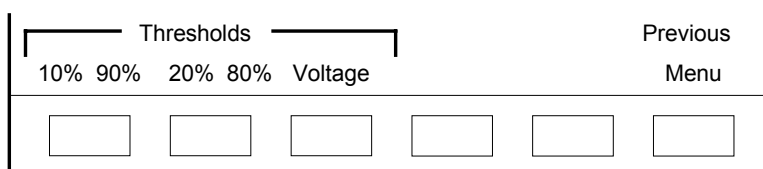
a) narastającego

b) opadającego

- *Edge* - wybór, do którego zbocza z kolei ma być dokonany pomiar (od 1 do 5)

- *Previous Menu* - powrót do poprzedniego menu

Opcja *Define Thresholds* pozwala ustalić poziomy sygnałów między, którymi będą wykonywane pomiary odstępu czasu. Standardowo czasy narastania i opadania zboczy sygnałów są mierzone dla wartości odpowiadających 10% i 90% amplitudy sygnału.



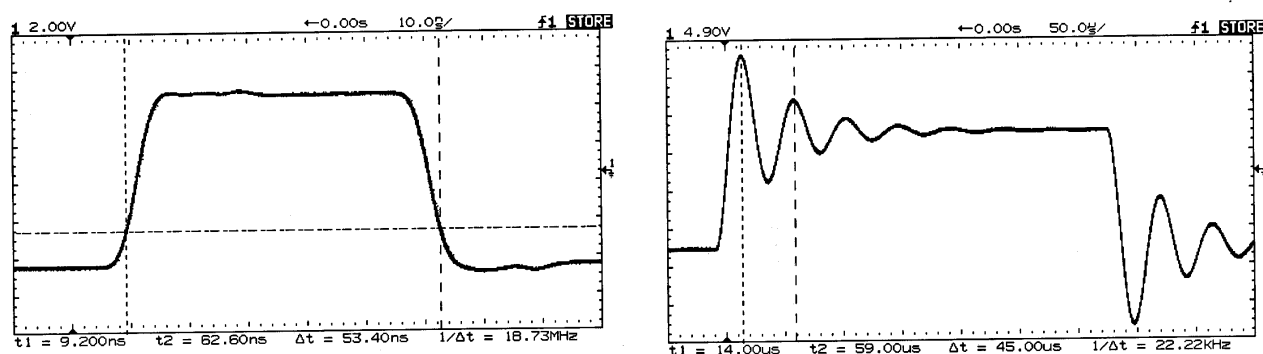
Rys. 32 Ustalenie poziomu sygnałów

4.3. Kursory pomiarowe

Pomiarów czasowych i amplitudowych możemy dokonać wykorzystując kursory pomiarowe. Kursory to są linie (najczęściej pary linii) poziome i pionowe. Możemy je przesuwac po ekranie i ustawić w dowolnym miejscu na ekranie. Odległość pomiędzy kursorami i ich położenie na ekranie określa mierzoną wartość np.: napięcie, czas. Na rysunku 33 przedstawiony został przykładowy ekran z zastosowaniem kursorów. [4], [5]

a)

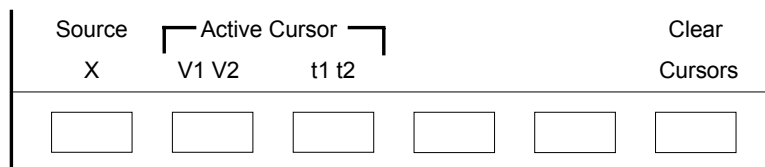
b)



Rys. 33. Pomiar z zastosowaniem kursorów; a) impulsu prostokątnego, b) oscylacji przebiegu prostokątnego

Pokazany został pomiar odcinka czasu (okresu przebiegu) T (Δt), częstotliwości $1/\Delta t$, jak również położenie w czasie poszczególnych kursorów t_1 i t_2 . Rysunek a) przedstawia pomiar impulsu prostokątnego, b) natomiast oscylacje (zakłócenia) na przebiegu prostokątnym.

W HP-54603B menu kursorów włączamy trzecim z przycisków w grupie przycisków **MEASURE** - **Cursors**



Rys. 34 Menu Cursors

Opcje menu *Cursors*:

- **Source** (*1,2,F1,F2*) - wybór przebiegu, do którego mają się odnosić pomiary:
 - a) *1,2* - kanały wejściowe oscyloskopu
 - b) *F1,F2* - pomiar na przebiegach powstałych w wyniku działania funkcji i działań matematycznych wykonywanych na badanych sygnałach np.: sumowanie, całkowanie, FFT.
- **Active Cursor** - Aktywne kursory:
 - a) *V1, V2* - para kursorów poruszających się w płaszczyźnie poziomej, do pomiaru amplitudy
 - b) *t1, t2* - para kursorów poruszających się w płaszczyźnie pionowej, do pomiaru czasu
 - f1, f2* - dla funkcji FFT para kursorów poruszających się w płaszczyźnie pionowej, do pomiaru częstotliwości.
- **Readout** - ustawienia jednostek miary dla pomiarów kursorami
 - a) *Volts, %* - dla kursorów amplitudy w woltach lub procentach maksymalnej wartości napięcia
 - b) *Time, Deg* - dla kursorów czasu w jednostkach czasu lub stopniach kątowych
- **Set** - które jednostki zostały ustawione np.: w procentach %, lub w stopniach
- **Clear Cursors** - wyczyszczenie aktywnych kursorów

5. Realizacja ćwiczenia

5.1. Zadania podstawowe

1. Podłącz generator funkcyjny do oscyloskopu. Ustaw na generatorze przebieg sinusoidalny. Sprawdź działanie pokręteł i przycisków na panelach Vertical, Horizontal, Trigger oraz funkcji udostępnianych przez przyciski znajdujące się poniżej ekranu. Korzystając z przycisków na panelu Measure wykonaj pomiary: wartości skutecznej, średniej, maksymalnej, minimalnej; zwróć uwagę na wynik pomiaru w zależności od ustawień sprzężenia na wejściu oscyloskopu (AC lub DC); wykonaj pomiary częstotliwości i okresu; zrealizuj pomiary automatycznie i przy wykorzystaniu kursorów. Wykonaj pomiary parametrów sygnału multimetrem cyfrowym i porównaj z wynikami z oscyloskopu.
2. Ustaw na generatorze przebieg prostokątny. Wykonaj pomiary jak dla sygnału sinusoidalnego i zmierz czasy narastania i opadania zboczy (wykorzystaj funkcje Delayed oscyloskopu) oraz czasy trwania dodatniej i ujemnej części sygnału, zmierz współczynnik wypełnienia przebiegu. Wykonaj pomiary parametrów czasowych przebiegu przy użyciu licznika uniwersalnego i porównaj z wynikami z oscyloskopu.
3. Podłącz generator impulsowy do oscyloskopu tak, żeby zaobserwować impulsy generowane i impulsy odniesienia. Zmierz: częstotliwość, okres, czas trwania generowanych impulsów oraz impulsów odniesienia; sprawdź zgodność czasu trwania i opóźnienia impulsów z ustawieniami zadanymi na generatorze; wykonaj pomiary odstępu czasu pomiędzy różnymi zboczami dwóch sygnałów impulsowych (skorzystaj z pomiarów automatycznych i kursorów).

5.2. Zadania dodatkowe

Korzystając ze specjalnego panelu wykonaj następujące zadania:

- zaobserwuj kształt i zmierz parametry prądu magnesującego
- zaobserwuj kształt i zmierz parametry napięcia na diodzie Zenera
- zbadaj charakterystyki diod półprzewodnikowych (praca XY oscyloskopu)
- zmierz przesunięcie fazowe między napięciami w układzie RLC
- zmierz czas przelotu przekątnika
- zbadaj przebiegi jednokrotne (wyzwalanie Single oscyloskopu)

Przy realizacji zadań wykorzystaj inne dostępne oscyloskopy, w tym klasyczny oscyloskop analogowy.

6. Literatura uzupełniająca

- [1] „Pomiary oscyloskopowe” Jerzy Rydzewski, Wydawnictwa Naukowo–Techniczne, wydanie drugie, Warszawa 1999r.
- [2] „User and Service Guide HP-54600 Series Oscilloscopes”, Hewlett Packard, First edition, June 1992.
- [3] „User’s Guide Measurement/Storage Modules”, Hewlett Packard, October 1996.
- [4] „Using the Fast Fourier Transform in HP-54600 Series Oscilloscopes”, Hewlett Packard, Product Note 54600-4.
- [5] „Specification HP-54600 Series Oscilloscopes”, Hewlett Packard, May 1999.
- [6] www.agilent.com