



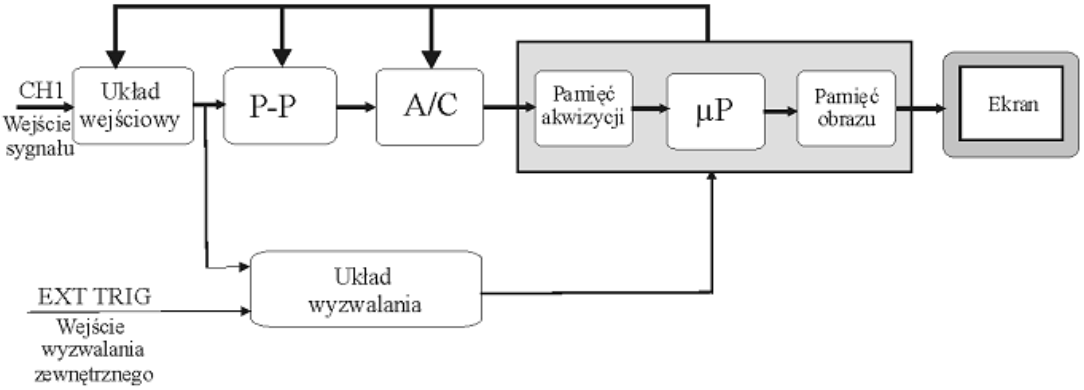
LABORATORIUM
MIERNICTWA ELEKTRYCZNEGO

BADANIE
OSCYLOSKOPU CYFROWEGO

BADANIE OSCYLOSKOPU CYFROWEGO

1. Wprowadzenie

Oscyloskop cyfrowy mimo podobnych funkcji, związanych z wyzwalaniem i synchronizacją przebiegów, znacznie różni się budową i dostępnymi funkcjami pomiarowymi. Podstawowa różnica polega na wykorzystaniu cyfrowego przetwarzania sygnału zapisanego w pamięci akwizycji przed jego wyświetleniem na ekranie. Najprostszą odmianą oscyloskopu cyfrowego jest oscyloskop cyfrowy z pamięcią (Digital Storage Oscilloscope, DSO). Cechą charakterystyczną takiego przyrządu jest szeregowy proces przetwarzania od chwili pojawienia się sygnału na wejściu oscyloskopu do utworzenia obrazu na ekranie. Schemat blokowy pojedynczego toru przetwarzania oscyloskopu DSO przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Schemat blokowy toru przetwarzania sygnału w oscyloskopie z pamięcią (DSO)

W ćwiczeniu możliwości pomiarowe oscyloskopu cyfrowego zostaną pokazane na przykładzie przyrządu Rigol DS1104B.

Sygnał wejściowy jest doprowadzony do układu wejściowego, który dopasowuje poziom sygnału do zakresu przetwarzania przetwornika analogowo-cyfrowego. W skład obwodu wejściowego wchodzi szeregowy kondensator odcinający składową stałą (bocznikowany podczas pomiaru sygnału ze składową stałą DC), skompensowany rezystancyjny dzielnik napięcia oraz wzmacniacz o programowanym wzmocnieniu. Wartości przekładni dzielnika oraz wzmocnienia wzmacniacza są nastawiane podczas procedury ustawiania współczynnika odchylania osi pionowej oscyloskopu (pokrętło VOLTS/DIV).
Kolejnym elementem toru przetwarzania jest przetwornik próbkująco-pamiętający (run/stop), który próbkuje mierzony sygnał z częstotliwością próbkowania fp i zapamiętuje chwilowe wartości próbek na czas trwania przetwarzania analogowo-cyfrowego. W oscyloskopach cyfrowych, ze względu na wymaganą dużą częstotliwość próbkowania, stosowane są 8-bitowe przetworniki z bezpośrednim porównaniem równoległym (typu flash) oraz różne modyfikacje takich przetworników (np. przetworniki szeregowo-równoległe (half flash)). Dane z przetwornika analogowo-cyfrowego są zapisywane w pamięci akwizycji.
Mikroprocesor sterujący pracą przyrządu odczytuje pamięć akwizycji, rekonstruuje mierzony przebieg, zapisując go w pamięci obrazu. Zawartość pamięci obrazu zostaje następnie przesłana na ekran.

Obwód wyzwalania służy do wyzwolenia impulsu określającego zapis danych w pamięci akwizycji. Pamięć akwizycji jest zorganizowana w postaci bufora kołowego, ale jej zawartość jest odczytywana dopiero po wyzwoleniu, przy czym domyślnym położeniem

chwili wyzwolenia jest połowa rekordu akwizycji (na górze ekranu nad środkową linią widoczny jest znacznik stanu układu wyzwalania). Lokalizacja chwili wyzwolenia względem długości rekordu akwizycji dzieli go na dwa obszary: przedwyzwolenie (pretrigger) i powyzwolenie (posttrigger). W oscyloskopie kolejne próbki są zapisywane w pamięci w sposób ciągły niezależnie od spełnienia warunków wyzwalania. W chwili, gdy sygnał spełnia warunki wyzwolenia, odliczana jest liczba próbek tworząca obszar posttriggera, a wcześniej pobrane próbki są przyporządkowane obszarowi pretriggera. Chwili wyzwolenia przypisuje się zerową współrzędną czasu, stąd próbki pobrane przed wyzwoleniem mają ujemną współrzędną czasu, a zapisane po wyzwoleniu – dodatnią.

Jednym z podstawowych parametrów decydujących o możliwości poprawnego odtworzenia rejestrowanego przebiegu jest pasmo przenoszenia. W oscyloskopach analogowych pasmo przenoszenia określa się jako zakres częstotliwości zawartych pomiędzy dolną i górną częstotliwością graniczną, przy których wzmocnienie maleje o 3 dB w stosunku do wartości wzmocnienia zawartego pomiędzy tymi częstotliwościami. Od strony małych częstotliwości pasmo jest ograniczone stałymi czasowymi wejściowych układów sprzęgających. Górna częstotliwość graniczna wynika z parametrów wzmacniacza i lampy oscyloskopowej. W oscyloskopie cyfrowym oprócz pasma analogowego (analog bandwidth) zdefiniowanego przez parametry obwodów wejściowych oscyloskopu występują specyficzne parametry ograniczające rzeczywiste pasmo przenoszenia takiego oscyloskopu, wynikające z zastosowanej techniki próbkowania, maksymalnej częstotliwości próbkowania i pojemności pamięci (rekordu), w której zapamiętywane są wartości cyfrowe próbek.

Maksymalna częstotliwość próbkowania (sampling frequency) ograniczona jest przez szybkość działania przetwornika A/C i układów pamięci; wyrażana jest w liczbie próbek (samples) przypadających na jedną sekundę (np. MS/s=10^6 próbek na sekundę, GS/s=10^9 próbek na sekundę). Zgodnie z twierdzeniem o próbkowaniu, dla wiernego odtworzenia przebiegu o widmie ograniczonym do częstotliwości fg musi być zachowany warunek fp≥2fg, są to wymagania minimalne i uzyskanie na ekranie oscyloskopu cyfrowego obrazu odpowiadającego rzeczywistemu sygnałowi wymaga większej częstotliwości próbkowania.
Jeżeli na ekranie oscyloskopu o długości osi czasu X działek i współczynniku czasu K_t [s/dz] ma być zobrazowany pojedynczy (jednorazowy) przebieg o czasie trwania t_a, należy zastosować, tzw. próbkowanie w czasie rzeczywistym (real-time sampling). Polega ono na zebraniu wszystkich próbek niezbędnych do poprawnego odtworzenia przebiegu po jednokrotnym wyzwoleniu podstawy czasu. Wymagana do takiego odtworzenia częstotliwość próbkowania zależy od długości rekordu N oraz wybranego współczynnika czasu K_t, zgodnie z zależnościami:

$$N=t_a f_p \quad (1)$$

$$t_a=K_t X \quad (2)$$

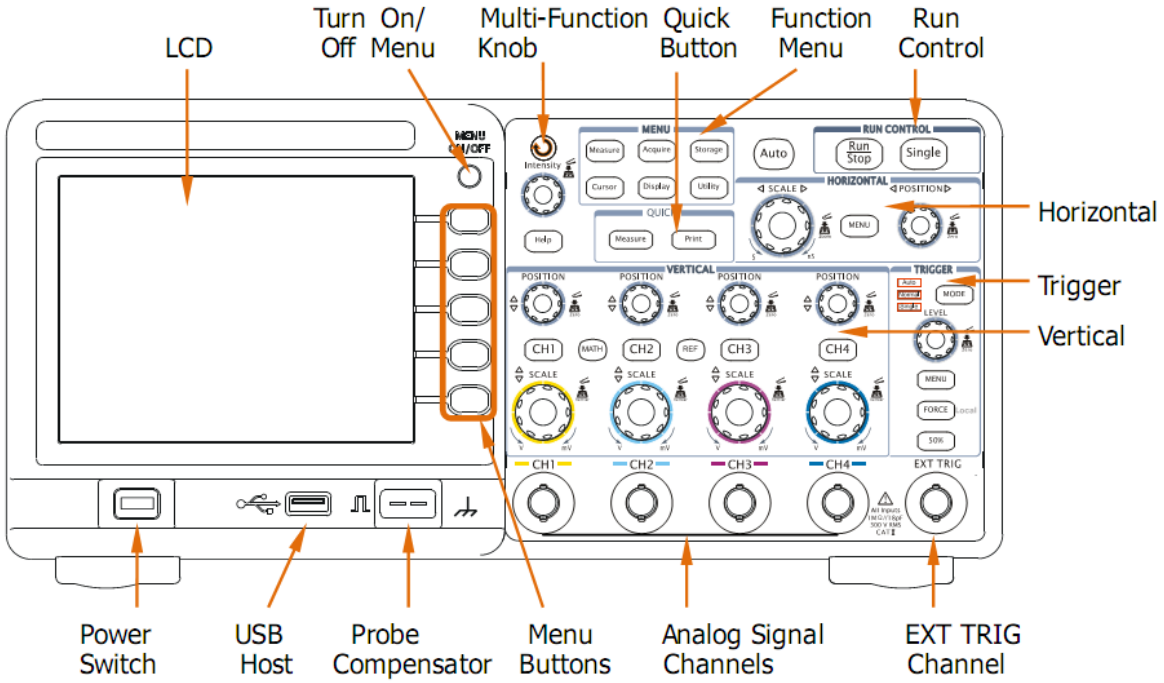
Na podstawie (1) i (2) wymaganą częstotliwość próbkowania określa zależność:

$$f_p = \frac{N}{K_t X} \quad (3)$$

Rzeczywiste pasmo przenoszenia oscyloskopu przy pomiarze przebiegów jednorazowych maleje więc wraz ze zwiększaniem się współczynnika czasu K_t. Częstotliwość próbkowania wyznaczoną na podstawie zaleskości (3) nazywa się ekwiwalentną częstotliwością próbkowania f_{eq} (equivalent samplimg rate) i definiuje się jako częstotliwość niezbędną do cyfrowego zobrazowania przebiegu jednorazowego w czasie rzeczywistym przy najszybszej podstawie czasu i liczbie próbek równej długości rekordu N przydzielonego do zapamiętania przebiegu, przy czym zarejestrowany przebieg zajmuje pełną długość osi czasu X.

2. Program ćwiczenia.

1. Zapoznać się z instrukcją obsługi oscyloskopu cyfrowego Rigol DS1104B.



Rys. 2. Panel przedni oscyloskopu Rigol DS1104B.

Ustawianie parametrów osi pionowej



Cztery kanały (CH1, CH2, CH3, CH$) są oznaczone różnymi kolorami, które są również używane do oznaczania zarówno odpowiednich przebiegów na ekranie, jak i złączy wejściowych kanałów. Naciśnij dowolny klawisz, aby otworzyć odpowiednie menu kanałów i naciśnij ponownie, aby wyłączyć kanał.

MATH: przycisk menu operacji matematycznych, dostępne operacje: A+B, A-B, AxB, A/B, FFT, A&&B, A||B, A^B, !A, Intg, Diff, Sqrt, Lg, Ln, Exp oraz Abs. Możesz również nacisnąć przycisk MATH, aby otworzyć menu dekodowania.

Regulacja położenia przebiegu w pionie

Pokrętło przesuwa na ekranie przebieg aktywnego kanału w pionie, a wartość przesunięcia jest kalibrowana. Podczas obracania pokrętła na ekranie wyświetlana jest wartość w woltach, która wskazuje wielkość przesunięcia zerowego poziomu odniesienia przebiegu (masa sygnału) względem środkowej linii siatki ekranu. Jednocześnie z lewej strony ekranu odpowiednio przesuwa się wskaźnik zerowego poziomu odniesienia sygnału.

Zmiany skali osi pionowej

Ustawienia odchylania pionowego można szybko odczytać na pasku stanu, który wyświetlany jest w dolnej części ekranu. Pokrętłem zmień czułość odchylania pionowego (współczynnik osi pionowej) i zaobserwuj zmianę, która pojawi się na pasku stanu. Zmiany skoku regulacji pokrętła między regulacją zgrubną (Coarse) a dokładną (Fine) można dokonywać w prosty i szybki sposób, naciskając pokrętło.

Ustawianie parametrów osi poziomej



HORIZONTAL POSITION: przesuwanie wyświetlanego w oknie przebiegów sygnału w poziomie. Po obróceniu pokrętła punkt aktywacji przesunie się w lewo lub w prawo w stosunku do środka ekranu. W trakcie modyfikacji przebiegi wszystkich kanałów przesuwałyby się w lewo lub w prawo, a komunikat o pozycji poziomej w prawym górnym rogu ekranu zmieniałby się odpowiednio. Wciśnij to pokrętło, aby szybko zresetować pozycję poziomą (lub pozycję opóźnionej podstawy czasu).

MENU: naciśnij ten przycisk, aby otworzyć menu sterowania poziomego, w którym można włączyć lub wyłączyć funkcję opóźnienia podstawy czasu oraz przełączać się pomiędzy różnymi trybami czasowymi.

HORIZONTAL SCALE: Pokrętło osi poziomej zmienia szybkość podstawy czasu oscyloskopu. Obróć w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, aby zmniejszyć podstawę czasu, obróć w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, aby zwiększyć podstawę czasu. Podczas modyfikacji, przebiegi wszystkich kanałów będą wyświetlane w trybie rozszerzonym lub skompresowanym, a komunikat podstawy czasowej w górnej części ekranu zmieni się odpowiednio. Wciśnij pokrętło, aby wejść lub wyjść z trybu opóźnionej podstawy czasu.

Ustawianie parametrów wyzwalania



MODE: naciśnij ten przycisk, aby przełączyć tryb wyzwalania na Auto, Normal lub Single, zostanie podświetlony wybrany tryb wyzwalania.

TRIGGER LEVEL: pokrętło zmiany poziomu wyzwalania. Obróć w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, aby zwiększyć poziom, obróć w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, aby zmniejszyć poziom. Podczas modyfikacji, linia poziomu wyzwalania przesuwałaby się w górę i w dół, a wartość w oknie komunikatów poziomu wyzwalania w lewym dolnym rogu ekranu zmieniałaby się odpowiednio. Naciśnięcie pokrętła powoduje natychmiastowy powrót poziomu wyzwalania do wartości zerowej.

MENU: naciśnij ten przycisk, aby otworzyć menu parametrów wyzwalania.
FORCE: naciśnij przycisk, aby uruchomić akwizycję danych przebiegu wejściowego niezależnie od pojawienia się impulsu wyzwalającego.



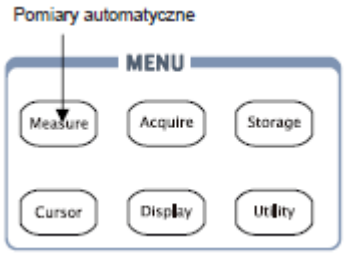
AUTO
Nacisnąć ten przycisk, aby włączyć funkcję automatycznego ustawiania przebiegu fali. Oscyloskop automatycznie dostosuje skalę pionową, poziomą podstawę czasową i tryb wyzwalania w zależności od sygnału wejściowego, aby uzyskać optymalne wyświetlanie przebiegu.
UWAGA: Funkcja samonastawności pracuje poprawnie dla sygnałów o częstotliwości nie mniejszej niż 41 Hz i współczynniku wypełnienia impulsów większym niż 1%, amplituda musi wynosić co najmniej 20 mVpp dla kwadratu.

RUN/STOP
Nacisnąć ten przycisk w celu rozpoczęcia lub zatrzymania próbkowania przebiegu. W trybie "RUN" przycisk jest podświetlony na żółto, w trybie "STOP" przycisk jest podświetlony na czerwono.
SINGLE
Naciśnij ten przycisk, aby ustawić tryb wyzwalania na "SINGLE".

2. Zmierzyć wartość napięcia stałego.

3. Zmierzyć wartość maksymalną, międzyszczytową, skuteczną, średnią, okres i częstotliwość przebiegu sinusoidalnie zmiennego:

- metodą odczytu wymiarów obrazu na ekranie oscyloskopu,
- za pomocą kursorów,
- wybierając funkcję automatycznego pomiaru żądanej wielkości za pośrednictwem menu.

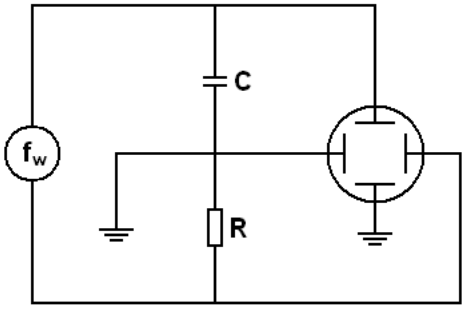


Rys. Przycisk funkcji *Measure* z menu oscyloskopu.

Measure: naciśnij ten klawisz, aby otworzyć menu ustawień pomiaru. Możesz ustawić źródło pomiaru, włączyć lub wyłączyć licznik częstotliwości, wszystkie pomiary, funkcję statystyczną itp. Przycisk uruchamia funkcję pomiarów automatycznych parametrów przebiegów, oscyloskop wykonuje pomiary automatyczne 33 parametrów przebiegu.
Acquire: przycisk menu obsługi układu próbkowania oscyloskopu, Sin(x)/x i głębokość pamięci oscyloskopu.
Storage: naciśnij ten przycisk, aby wejść do interfejsu zapisu i wywoływania plików. Przechowywane typy plików obejmują obraz, ścieżki, przebiegi, ustawienia, CSV i parametry. Obsługiwane są również wewnętrzne i zewnętrzne pamięci masowe, jak również zarządzanie dyskami.
Cursor: naciśnij ten przycisk, aby wejść do menu pomiarów kursorowych. Oscyloskop posiada cztery tryby pomiarów kursorowych: ręczny, śledzący, automatyczny i XY. Należy pamiętać, że tryb pomiaru kursorowego XY jest dostępny tylko wtedy, gdy pozioma podstawa czasowa jest ustawiona na XY.
Display: naciśnij ten przycisk, aby wejść do menu ustawień wyświetlacza w celu ustawienia typu wyświetlacza, czas trwania, intensywność przebiegu, typ siatki i jasność siatki.
Utility: przycisk menu funkcji systemowych oscyloskopu. Naciśnij ten przycisk, aby wejść do menu ustawień funkcji systemowych w celu ustawienia funkcji lub parametrów związanych z systemem, takie jak wejścia/wyjścia, dźwięk i język. Ponadto, niektóre zaawansowane funkcje (takie jak test pozytywnego/negatywnego wyniku, zapis przebiegu itp.) są również obsługiwane.

4. Zmierzyć przesunięcie fazowe pomiędzy dwoma przebiegami sinusoidalnie zmiennymi:

- metodą odczytu wymiarów obrazu na ekranie oscyloskopu: w układzie osi YT oraz w układzie osi XY,
- za pomocą kursorów,



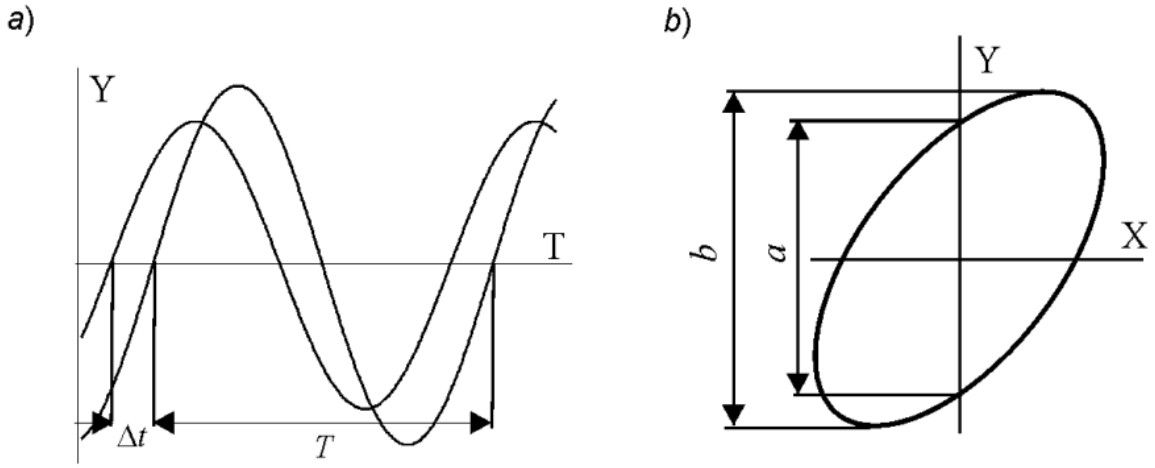
Rys. 3. Schemat pomiarowy wykorzystywany przy pomiarze przesunięcie fazowego.

Przesunięcie fazowe w układzie osi YT oblicza się na podstawie pomiaru odcinka czasu Δt pomiędzy chwilami przejścia przez zero obu przebiegów (rys. 4a) oraz ich okresu T ze wzoru:

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} \tag{4}$$

W układzie osi XY wartość przesunięcia fazowego uzyskuje się poprzez pomiar parametrów elipsy (rys. 4b):

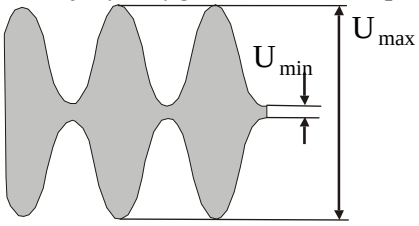
$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b} \tag{5}$$



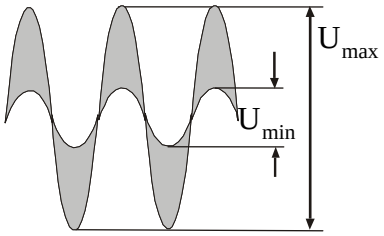
Rys. 4. Pomiar przesunięcia fazowego oscyloskopem:
a) w układzie współrzędnych YT,
b) metodą elipsy w układzie współrzędnych XY

5. **Zmierzyć współczynnik głębokości modulacji** amplitudy sygnału m metodą oscyloskopową:

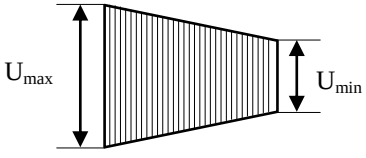
- przez wyzwalanie modulującym sygnałem m.cz. dla powolnej podstawy czasu,



- przez wyzwalanie zmodulowanym sygnałem w.cz. dla szybkiej podstawy czasu,

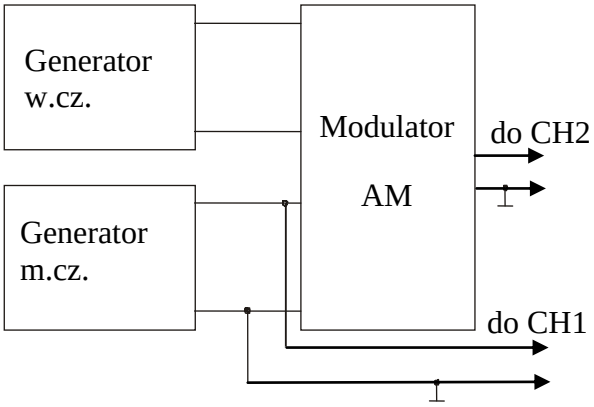


- w układzie osi XY za pomocą obrazu trapezowego.



Współczynnik głębokości modulacji jest określony jako:

$$m = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} \ 100\% \tag{6}$$



Rys. 5. Schemat układu do pomiaru głębokości modulacji AM.

6. Literatura

- Rydzewski J.: Pomiary oscyloskopowe, WNT, Warszawa, 1994.
- Kamieniecki A.: Współczesny oscyloskop. Budowa i pomiary, Wydawnictwo BTC,
- Legionowo 2009.
- Tumański S.: Technika pomiarowa, WNT, Warszawa 2007.
- DS1000B Series Digital Oscilloscopes, User Manual, Rigol.