

SPRZĘT

Można językiem sportowym zakrzyknąć: „Proszę Państwa! Takiego oscyloskopu nie było w naszych redakcyjnych testach co najmniej kilkanaście lat! Mamy oto przed sobą prawdziwy oscyloskop analogowy”. Będzie okazja do przypomnienia sobie zasady działania przyrządów tego typu i wirtualnej konfrontacji ze współczesnymi oscyloskopami cyfrowymi, z którymi mamy do czynienia obecnie.

Oscyloskop analogowy Voltcraft AO-610



Decyzja o wprowadzeniu do oferty oscyloskopu analogowego na pewno musiała wiązać się z pewnym ryzykiem. Oscyloskopy analogowe można wprawdzie jeszcze kupić choćby na rynku wtórnym, jednak większość producentów zrezygnowała definitywnie z tej technologii. Każdy, choćby najprostszy przyrząd cyfrowy umożliwia korzystanie z wielu funkcji, które nie są dostępne w rozwiązaniach analogowych. Wynika to z różnych zasad działania przyrządów obu typów. Jedynym argumentem przemawiającym za zakupem oscyloskopu analogowego będą więc prawdopodobnie względy ekonomiczne, chyba że decydować będzie również sentyment do starej technologii.

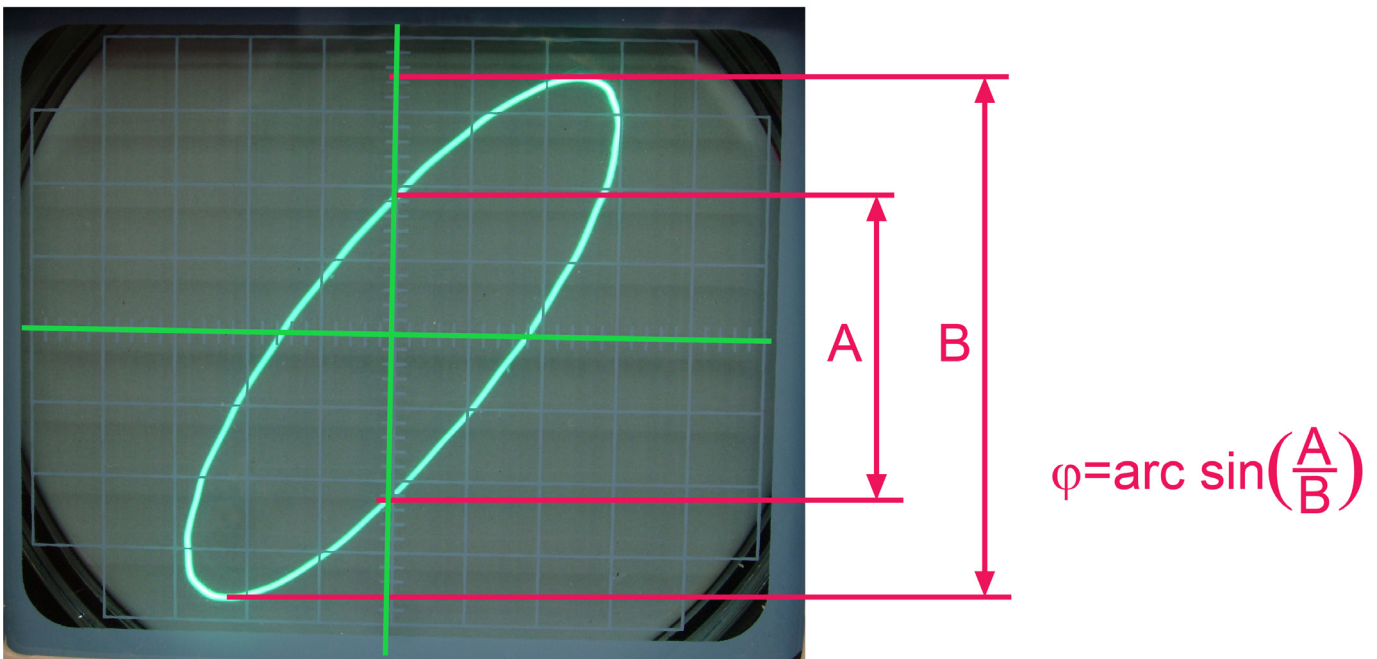
Zazwyczaj przed zakupem oscyloskopu zwracamy uwagę na jego parametry techniczne, a pierwsze spojrzenie kierujemy na pasmo pomiarowe. W oscyloskopach analogowych jedno z pierwszych pytań dotyczy wielkości lampy, w domyśle – średnicy ekranu. Parametr ten decyduje nie tylko o komforcie pracy, ale w dużym stopniu określa również dokładność pomiarów. Pamiętajmy, że pomiar sygnałów elektrycznych polega na określeniu wielkości oscylogramu lub poszczególnych jego fragmentów. Zatem im większy będzie ekran, tym większej dokładności pomiaru można się spodziewać. Lampa oscyloskopu AO-610 ma średnicę ok. 7 cm, ale na jej czoło jest założona prostokątna maskownica z wyskalowaną siatką o wymiarach 4,8 cm (wysokość) × 6 cm (szerokość). Siatka z podziałką jest umieszczona w pewnej odległości od powierzchni lampy, co może być przyczyną powstawania błędów paralaksy. Należy więc zwracać uwagę na to, by wzrok był kierowany zawsze pod kątem prostym do powierzchni ekranu. Na dokładność odczytu może mieć ponadto wpływ jasność i ostrość plamki. Oba te parametry są regulowane dwoma niezależnymi potencjometrami zamontowanymi na płycie przedniej przyrządu. Pod potencjometrami znajduje się łączówka, przez którą udostępniany jest standardowy sygnał testowy służący m.in. do kalibracji sond pomiarowych. Jest to przebieg prostokątny o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie 0,5 V.

W podstawowym wyposażeniu oscyloskopu nie ma sondy pomiarowej, o czym należy pamiętać składając zamówienie, gdyż bez

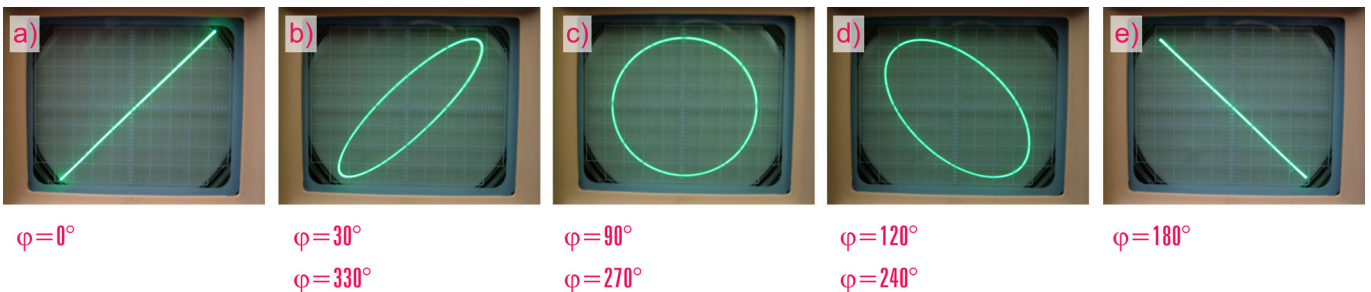
tego elementu przyrząd będzie bezużyteczny. W ofercie Conrada dostosowaną do współpracy z oscyloskopem AO-610 sondę można znaleźć pod nazwą próbnik modułowy Voltcraft P-200. Wymagania techniczne dla tego elementu wyposażenia nie są wygórowane, co wynika z parametrów samego oscyloskopu. Pasma pomiarowe zawiera się od DC do 10 MHz, a maksymalne napięcie wejściowe jest równe 400 Vpp. Wejście oscyloskopu ma impedancję $1\text{ M}\Omega \parallel 30\text{ pF}$. Podobne parametry ma wejście wyzwalania zewnętrznego. Odpowiednie gniazdo jest zamontowane na płycie czołowej oscyloskopu, po prawej stronie.

Czy oscyloskop 1-kanalowy ma tylko jeden kanał?

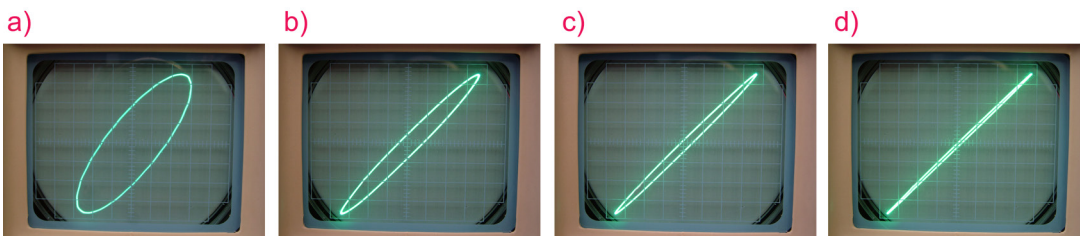
Jak można się domyślać, pytanie jest trochę podchwytliwe. Użytkownicy oscyloskopów cyfrowych, którzy nigdy nie mieli do czynienia z przyrządami analogowymi zapewne będą próbowali doszukać się pewnych analogii pomiędzy obydwojema rodzajami oscyloskopów. Różnica jest jednak zasadnicza. Wirtualna oś czasu w oscyloskopie cyfrowym jest wyznaczana poprzez interwały między próbkami. W oscyloskopie analogowym oś czasu jest tworzona za pomocą liniowo narastającego napięcia podawanego z fizycznego generatora do płytek odchylenia poziomego. Z elektrycznego punktu widzenia układy odchylenia poziomego i pionowego niewiele się różnią. Stwarza to możliwość doprowadzania zewnętrznego sygnału elektrycznego również do toru odchylenia poziomego. Wejściem jest w tym przypadku gniazdo wyzwalania zewnętrznego, po ustawieniu przełącznika „+/-/X-EXT” w pozycję „X-EXT”. Sygnał jest doprowadzany z tego gniazda do płytek odchylenia poziomego. W ten sposób możliwe staje się rysowanie krzywych Lissajous, które w oscyloskopach cyfrowych wymagałyby użycia dwóch kanałów pomiarowych. W epoce oscyloskopów analogowych narzędzie to było wykorzystywane przede wszystkim do badania zależności fazowych między dwoma przebiegami. Zasadę obliczania kąta przesunięcia fazowego wyjaśniono na **rysunku 1**. Należy jednak zwrócić uwagę na to,



Rysunek 1. Ilustracja zasady pomiaru kąta przesunięcia fazowego za pomocą krzywych Lissajous



Fotografia 2. Pomiary przesunięć fazowych za pomocą krzywych Lissajous a) 0°, b) 30° lub 330°, c) 90° lub 270°, d) 120° lub 240°, e) 180°



Fotografia 3. Błąd przesunięcia fazowego wynikający z charakterystyki fazowej toru wyzwalania zewnętrznego dla częstotliwości: a) 5 Hz, b) 20 Hz, c) 50 Hz, d) 200 Hz

że metoda ta pozwala rozróżnić kąty tylko w zakresie do 180°, tak więc kąt 30° i -30° (330°) da ten sam oscylogram (fotografia 2). Kolejnym ograniczeniem jest sprzężenie pojemnościowe wejścia wyzwalania zewnętrznego, wykorzystywanego jako układ odchylenia poziomego. Konsekwencją takiego rozwiązania jest ograniczenie pasma pomiarowego w zakresie niskich częstotliwości. 3-decybelowa częstotliwość graniczna takiego toru jest równa ok. 4 Hz. W efekcie pomiar przesunięcia fazowego przebiegów wolnozmiennych będzie obarczony sporym błędem wynikającym z charakterystyki fazowej samego toru pomiarowego oscyloskopu (fotografia 3). Należy dodać, że oscyloskop AO-610 raczej nie będzie wykorzystywany do tak precyzyjnych pomiarów.

Wyzwalanie

Układ wyzwalania oscyloskopu AO-610 pracuje w trybach: „Auto”, „Normal” lub „TV”. Jak już wiemy, sygnał może być pobierany bezpośrednio z toru pomiarowego lub z wejścia wyzwalania zewnętrznego. W trybie „Auto” podstawa czasu generuje sygnał odchylenia

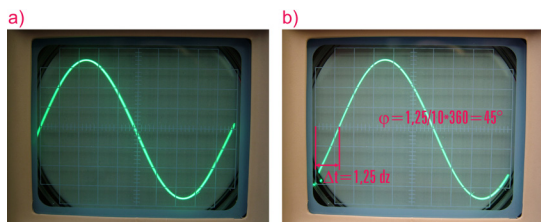
poziomego zawsze, nawet wtedy, gdy nie jest podawany sygnał wejściowy. Na ekranie będzie więc widoczny albo przebieg, albo pozioma linia. W trybie „Normal” przy braku sygnału wejściowego układ podstawy czasu jest blokowany. Skutkiem tego jest wygaszenie ekranu. Jeśli dokładniej się przyjrzeć, można zaobserwować niewielką poświatę wyłaniającą się jakby spod ekranu ukrytą plamkę.

Tricks i tips

W trakcie wykonywania pomiarów z użyciem oscyloskopu analogowego bardzo często wykorzystywane są różne triki znacznie ułatwiające pracę. Wiąże się to z koniecznością obliczania wymiarów charakterystycznych fragmentów oscylogramu z użyciem dostępnej podziałki widocznej na ekranie. Wymiar takiego wyniku jest najczęściej określany w działkach, może być też podawany np. w centymetrach, jeśli pomiaru dokonuje się linijką. Mając taką daną ostateczny wynik otrzymuje się przez przemnożenie jej przez odpowiednią stałą wyrażoną w dz/V lub dz/s.

Pomiar napięcia peek-to-peek może więc przebiegać następująco:

1. Uzyskać stabilny oscylogram na ekranie.
2. Ustawić czułość pionową tak, aby przebieg rozciągał się na co najmniej 75% wysokości ekranu.



Fotografia 4. Pomiar przesunięcia fazowego metodą przelączenia sygnałów wejściowych: a) kalibracja dla sygnału 1 będącego źródłem wyzwalania zewnętrznego, b) pomiar dla sygnału 2 dotychczasowego do wejścia oscyloskopu

3. Za pomocą pokrętkła przesuwu pionowego ustawić przebieg tak, aby jego najmniejsza wartość pokrywała się z dolną linią siatki ekranu.
4. Za pomocą pokrętkła poziomego przesunąć przebieg tak, aby punkt o maksymalnym napięciu znalazł się na wyskalowanej pionowej linii siatki.
5. Odczytać liczbę działek pomiędzy linią z punktu 3 i maksimum wyznaczonym w punkcie 4.
6. Obliczyć napięcie międzyszczytowe przemnażając wynik z punktu 5 przez nastawę czułości oscyloskopu (V/dz).

Oscyloskop analogowy ma płynną regulację czułości pionowej i podstawy czasu. Tylko jedno (skrajne prawe) położenie potencjometrów regulujących te parametry jest skalibrowane, więc tylko w tym położeniu obowiązują nastawy wybrane przełącznikami skokowymi odpowiednio czułości pionowej i podstawy czasu. Jest to zasada, o której zawsze należy pamiętać.

Szacowanie częstotliwości. Częstotliwość jest odwrotnością okresu. Najprostszą metodą wyznaczenia tego parametru jest więc pomiar okresu i obliczenie na tej podstawie częstotliwości. Metoda ta w większości przypadków wymaga jednak użycia kalkulatora, co stanowi pewne utrudnienie. Częstotliwość przebiegu można jednak szacować bezpośrednio, wykonując tylko proste zliczanie okresów. W tym celu należy ustawić podstawę czasu tak, aby na ekranie znalazło się od kilkunastu do kilkadziesiątu okresów przebiegu. Im będzie ich więcej, tym większą uzyska się rozdzielczość pomiaru. Najwygodniej, gdy podstawa czasu będzie równa 100 ms, 10 ms, 1 ms itd. Następnie należy przesunąć oscylogram w poziomie do położenia, w którym charakterystyczny początek okresu znajdzie się na pierwszej pionowej linii podziałki. Teraz wystarczy policzyć liczbę okresów na całej szerokości ekranu, podzielić ją przez 10 i jeszcze raz podzielić przez podstawę czasu. Przykładowo, jeśli zliczono 16 okresów przy podstawie czasu 0,1 ms/dz, to częstotliwość przebiegu jest równa $16/10/0,1=16$. Ponieważ podstawa czasu była ustawiona w pozycji milisekund, wynik jest wyrażony w kilohercach.

Pomiar przesunięcia fazowego. Jedną z metod pomiaru przesunięcia fazowego już poznaliśmy. Parametr ten można mierzyć jeszcze inaczej. Algorytm jest następujący:

1. Doprowadzić pierwszy sygnał do gniazda wejściowego oraz do wejścia zewnętrznego wyzwalania.
2. Przełącznik źródła wyzwalania ustawić w pozycji „Ext”.
3. Dobrać podstawę czasu, poziom wyzwalający oraz przesuw poziomy tak, aby na ekranie mieścił się dokładnie jeden okres

Tabela 1. Najważniejsze parametry techniczne oscyloskopu AO-610

Pasma pomiarowe (-3 dB)	DC: 0...10 MHz, AC: 10 Hz...10 MHz
Impedancja wejściowa	1 MΩ±3%, 30 pF ±5 pF
Maksymalne napięcie wejściowe	400 Vpp
Czas narastania	≤35 ns
Czułość	5 mV/dz...5 V/dz
Źródło wyzwalania	Int, Line, Ext
Tryby wyzwalania	Norm, AUTO, TV
Podstawa czasu	0,1 s/dz...ok. 0,1 μs/dz ±3%
Sygnał kalibracyjny	Prostokąt 1 kHz ±2%, 5 Vpp ±2%
Wymiary ekranu	8×10 dz, 1 dz=6 mm
Napięcie przyspieszające	1200 V
Kolor luminoforu	Zielony
Wymiary	190 mm×130 mm×270 mm
Waga	3 kg

przebiegu. W razie konieczności użyć potencjometru płynnej regulacji podstawy czasu.

4. Odłączyć przebieg pierwszy od gniazda wejściowego, nie odłączając go jednak od gniazda wyzwalania zewnętrznego.
5. Dołączyć do wejścia drugi sygnał.
6. Policzyc o ile działek (Δt) przesunął się początek okresu drugiego przebiegu.
7. Obliczyć przesunięcie fazowe z zależności: $\Delta t/10^*360^\circ$. Przykładowo, jeśli zmierzono przesunięcie początków okresów równe 1,5 działki, przesunięcie fazowe jest równe: $1,5/10^*360=54^\circ$.

Podobnych trików jest więcej. Użytkownicy oscyloskopów analogowych znają je dobrze, gdyż usprawniają rutynowe pomiary.

Dla kogo jest oscyloskop AO-610?

Jest to zasadnicze pytanie dla potencjalnego nabywcy. Oscyloskop AO-610 przegrywa pod każdym względem nawet z najprostszym oscyloskopem cyfrowym. Jediną motywacją może być znacząca różnica ceny. Mały ekran ogranicza dokładność pomiarów. Bardzo brakuje podświetlenia skali oraz nóżek umożliwiających pochylenie oscyloskopu, przez co zwiększa się możliwość powstawania błędów paralaksy. Pomiary prowadzone z użyciem oscyloskopu należy traktować raczej jako orientacyjne. Przyrząd ten można polecić albo bardzo początkującym elektronikom, albo użytkownikom potrzebującym względnie taniego wskaźnika sygnałów elektrycznych. Kontakt z oscyloskopem analogowym niewątpliwie ma jednak wiele walorów dydaktycznych. Przedstawione sztuczki dowodzą, że użytkownicy tego rodzaju przyrządów byli zmuszeni do wymyślenia różnych trików, które albo usprawniały, albo wręcz umożliwiały wykonanie określonych pomiarów. Użytkownicy oscyloskopów cyfrowych mają wszystko podane na tacy. Wystarczy nacisnąć odpowiedni przycisk lub uruchomić określoną funkcję.

Najważniejsze parametry techniczne umieszczono w tabeli 1.

Jarosław Doliński, EP



www.ep.com.pl