

Ze względu na dydaktyczny charakter tego artykułu, został on zredagowany w przystępnej formie pytań i odpowiedzi.



# Oscyloskopy w pytaniach i odpowiedziach

## 1. Jaka jest zasada pracy oscyloskopu?

Uproszczony schemat blokowy oscyloskopu pokazuje rysunek 1.

Klasyczny oscyloskop posiada lampę elektronopromieniową. Strumień elektronów zostaje skupiony i pada na ekran pokryty substancją świecąca (luminoforem), tworząc plamkę o średnicy 0,4...1mm. Strumień elektronów, wycelowany na środek ekranu, „po drodze” przechodzi między dwiema wzajemnie prostopadłymi parami równoległych płytek odchylających. Płytki odchylające plamkę horyzontalnie (i związana z nimi elektronika) nazywane są torem X lub torem odchylania poziomego, zaś analogiczny zespół odchylający w kierunku pionowym - torem Y. Podanie napięcia między parę płytek powoduje proporcjonalne do niego przesunięcie plamki świetlnej na ekranie. Otrzymujemy wtedy jednozakresowy woltmierz napięcia stałego, w którym wskazówką jest plamka świetlna. Przy normalnej pracy na płytce X podaje się napięcie liniowo narastające (przebieg piłk kształtny) z tzw. układu podstawy czasu. Powoduje to jednostajne przesuwanie plamki wzdłuż osi poziomej ekranu - staje się ona osią czasu. Jeśli jednocześnie na płytce Y zostanie podane mierzone napięcie, to na ekranie otrzymamy przebieg zmian tego napięcia w czasie. W każdym oscyloskopie jest także blok synchronizacji wyznaczający moment startu przebiegu piłk kształtnego w torze X, co zapewnia stabilny obraz na ekranie.

## 2. Co można mierzyć oscyloskopem?

Przede wszystkim oscyloskop umożliwia obserwację kształtu przebiegów zmiennych. Można nim mierzyć napięcie stałe, napięcie zmienne, częstotliwość, czas przebiegów, stosunek częstotliwości, fazę, a przy użyciu dodatkowych sond i przetworników także prąd stały i zmienny oraz najróżniejsze wielkości mechaniczne.

## 3. Jaki jest zakres i dokładność pomiarów oscyloskopowych?

Najważniejsze parametry oscyloskopu to czułość maksymalna i pasmo.

Czułość określa się jako napięcie potrzebne do odchylenia plamki o jedną działkę skali (lub 1cm). W typowych oscyloskopach maksymalna czułość wynosi zwykle 5mV/działkę, minimalna - przeważnie 10V/działkę.

Pasmo przenoszenia to zakres częstotliwości toru Y, przy których przebiegi mogą być prawidłowo zobrazowane na ekranie. Dolna granica to 0Hz czyli prąd stały. Przy dużych częstotliwościach wzmocnienie toru maleje i jako górną granicę pasma przyjmuje się taką częstotliwość, przy której wzmocnienie spada o 3dB, czyli 1,41 razy. Na większości oscyloskopów można jednak obserwować przebiegi o częstotliwościach nawet jeszcze 2..3 razy większych, licząc się z dużymi zniekształceniami obserwowanych przebiegów impulsowych.

Stosownie do przenoszonego pasma oscyloskop ma odpowiedni zakres regulacji szybkości narastania przebiegu piłk kształtnego w torze X. Ten

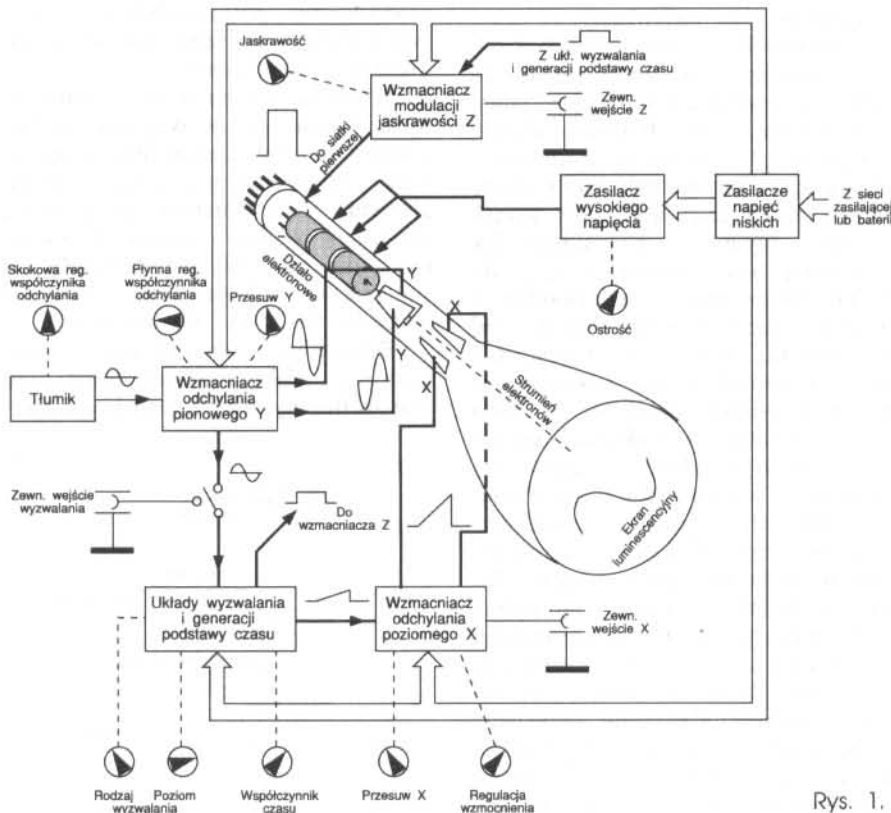
ruch plamki w poziomie (czyli oś czasu) jest skalowany w jednostkach czasu na działkę i w popularnych przyrządach wynosi zwykle 0,1μs/działkę...50ms/działkę.

Czułość i prędkość odchylenia są regulowane w sekwencji 1-2-5-10..itd. Wiele przyrządów jest wyposażonych w zintegrowane z przełącznikiem pokrętło płynnej regulacji.

Dokładność pomiarów oscyloskopowych nie jest duża i wynosi kilka procent. W ogromnej większości przypadków zupełnie to wystarcza, ponieważ w praktyce najczęściej interesuje nas pomiar jakościowy. Dokładność pomiarów można zwiększyć dzięki zastosowaniu metody porównawczej. Wykorzystuje się wówczas źródła sygnałów o znanych parametrach, np. generatory (kalibratory) kwarcowe, źródła napięcia odniesienia itp.

## 4. Dlaczego powszechnie stosuje się sondy tłumiące sygnał dziesięciokrotnie?

Głównym celem wcale nie jest



Rys. 1.

uzyskanie możliwości pomiaru wyższych napięć. Rzeczywiście, uzyskuje się w ten sposób czułość minimalną, np. 100V/działkę, co pozwalałoby bezpośrednio obserwować napięcie sieci 220V, ale koniecznie należy sprawdzić w instrukcji sondy, jakie jest maksymalne napięcie szczytowe sondy.

Głównym powodem używania takich sond jest fakt istnienia obok rezystancji wejściowej toru Y ( $1M\Omega$ ) także pojemności wejściowej - typowo 20...30pF. Do tego dochodzi pojemność kabla pomiarowego (nawet do 100pF/m). Badany układ obciążony jest więc pojemnością ponad 100pF. Nie ma to zwykle znaczenia dla częstotliwości akustycznych, lecz dla częstotliwości pracy rzędu megaherców dołączenie takiego pojemnościowego obciążenia może spowodować błędne działanie badanego układu. Tymczasem pojemność wejściowa biernej sondy 1 : 10 jest rzędu 10...30pF, a rezystancja zwykle  $10M\Omega$ . Sondy tłumiące sygnał 100-krotnie mają pojemność jeszcze mniejszą nawet do 1...2pF. Obciążenie badanego układu jest więc zdecydowanie mniejsze przy zastosowaniu biernej sondy tłumiącej.

#### 5. Do czego służy przełącznik AC/DC (prąd stały/zmienny)?

W pozycji DC gniazdo wejściowe jest galwanicznie sprzężone z torem Y. Pasma przenoszenia toru Y zaczyna się od 0Hz (DC - prąd stały) - możliwy jest pomiar napięć stałych. W pozycji AC gniazdo wejściowe jest dołączone do toru przez kondensator. Pasma jest ograniczone od dołu częstotliwością kilku Hz, umożliwia to jednak pomiar małych napięć zmiennych nałożonych na dużą składową stałą (np. tętnienia zasilacza).

#### 6. Jaka jest różnica między oscyloskopem dwustrumieniowym a dwukanałowym?

Lampa oscyloskopu dwustrumieniowego ma dwa niezależne zestawy elektrod, emitowane są w niej dwa niezależne strumienie elektronów rysujące dwie plamki na ekranie. Są to jakby dwie lampy ze wspólnym ekranem. W konsekwencji otrzymuje się dwa niezależne oscyloskopy w jednej obudowie. Oscyloskop dwu- lub wielokanałowy ma lampę z jednym strumieniem, można jednak na nim jednocześnie oglądać kilka przebiegów. Oscyloskopy dwukanałowe dominują obecnie na rynku. Mają one dwa wejścia (kanały) - Y1 oraz Y2.

#### 7. Co to jest praca „siekana” i praca przemienna?

Oba określenia dotyczą oscyloskopów dwu- lub wielokanałowych i in-

formują o sposobie uzyskiwania obrazu dwóch przebiegów na lampie jednostrumieniowej. Oscyloskopy takie mają wbudowany układ szybkiego przełącznika, który podaje na płytki Y sygnał jednego z kanałów. Praca „siekana” (chopper) polega na szybkim przełączaniu kanałów wejściowych z częstotliwością np. 500kHz i stosowana jest przy małych częstotliwościach badanych.

Przy pracy przemiennie, podczas jednego przebiegu plamki przez ekran rysowany jest jeden sygnał wejściowy, podczas następnego przebiegu - drugi sygnał wejściowy. Taki tryb pracy stosuje się przy dużych częstotliwościach badanych sygnałów. Wyboru rodzaju pracy użytkownik dokonuje przełącznikiem na płycie czołowej. W większości oscyloskopów dwukanałowych istnieje też możliwość algebraicznego dodania do siebie sygnałów z obu torów Y. Na ekranie otrzymujemy jeden przebieg będący sumą obu przebiegów wejściowych. Jeden z torów (niekiedy oba) ma wtedy przełącznik polaryzacji  $\pm$  umożliwiający odwrócenie obrazu „do góry nogami”. Gdy jeden z sygnałów wejściowych jest odwrócony, przy takim rodzaju pracy na ekranie uzyskujemy przebieg będący różnicą sygnałów Y1 - Y2 (przy jednakowych czułościach obu torów). Otrzymujemy wtedy wzmacniacz różnicowy pozwalający mierzyć mały sygnał różnicowy na tle dużego sygnału wspólnego (ale nie na tyle dużego, żeby przesterować tor).

#### 8. Co to jest praca w trybie XY?

Większość oscyloskopów lepszej klasy ma możliwość ominięcia układu generatora piły i podania sygnału wejściowego wprost na płytki odchylenia X. Sygnał toru Y podany jest normalnie na płytki odchylenia pionowego. Oscyloskop staje się wtedy wskaźnikiem sterującym położeniem plamki świetlnej wprost we współrzędnych X, Y. Umożliwia to dołączenie do różnych urządzeń sterujących i wyświetlanie np. znaków alfanumerycznych lub wykresów i charakterystyk (wobulator, charakterograf). Najczęściej wejścia Y1, Y2 pełnią wtedy funkcję wejść X, Y.

#### 9. Do czego służy gniazdo oznaczone Z?

Jest to dodatkowe wejście pozwalające za pomocą podanego przebiegu sterować jasnością plamki. Podany przebieg może np. wygaszać obraz przy powrotnym, jałowym ruchu plamki. Jest to bardzo użyteczna funkcja przy pracy XY.

#### 10. Po co stosuje się linię opóźniającą?

Oscyloskopy wyposażone w taką linię umożliwiają obserwację na ekranie przedniego zbocza badanego przebiegu. Linia opóźniająca wykonywana jest niekiedy po prostu z kilkumetrowego odcinka przewodu.

#### 11. Do czego służy gniazdo oznaczone CAL (kalibracja)?

Na to gniazdo wyprowadzony jest z wnętrza oscyloskopu przebieg prostokątny. Przede wszystkim przebieg ten jest potrzebny do kalibracji sond pomiarowych. Sondy bierne (tłumiące sygnał) wyposażone są w trymer pozwalający na wyrównanie ich charakterystyki częstotliwościowej; przebieg charakterystyki silnie zależy od pojemności wejściowej samego wejścia Y oscyloskopu. Końcówką sondy należy dotknąć do gniazda CAL i pokręcaniem trymera sondy uzyskać na ekranie obraz zbliżony jak najbardziej do prostokąta.

W niektórych modelach sygnał ten był używany do kalibracji zarówno toru Y, jak i układu podstawy czasu, ponieważ łatwiej było wytworzyć przebieg prostokątny o stałej amplitudzie i częstotliwości, niż zapewnić stałość parametrów bloków pomiarowych oscyloskopu.

Często spotyka się kalibrację wewnętrzną - jedna pozycja przełącznika oznaczona jest małym trójkącikiem. Nie kalibruje się wtedy dołączonych sond, lecz wewnętrzne układy oscyloskopu.

#### 12. Co to jest podstawa czasu?

Według definicji jest to linia układu współrzędnych, na której odmierza się jednostki czasu. Zazwyczaj nazwę tę stosuje się do przebiegu piłokształtnego sterującego płytki X albo do generatora wytwarzającego ten przebieg.

#### 13. Co to jest praca samobieźna, wyzwalana i jednorazowa?

Są to różne tryby pracy generatora podstawy czasu. Przy pracy samobieźnej generator podstawy czasu pracuje ciągle, niezależnie od obecności sygnału badanego. Przy pracy wyzwalanej, gdy brak jest sygnału badanego (wyzwalającego), generator nie pracuje, a plamka świetlna „czeka” na lewym skraju ekranu. Każde pojawienie się sygnału badanego o określonym poziomie powoduje wyzwalenie czyli start przebiegu piłokształtnego. Praca jednorazowa to praca wyzwalana, przy której po jednokrotnym przebiegu plamki przez ekran ponowne wyzwolenie jest możliwe dopiero po ręcznym naciśnięciu przycisku gotowości. Ten rodzaj pracy spotyka się w oscyloskopach z lampą pamiętającą, pamięcią

cyfrową lub lampą z bardzo długą poświatą; służy on do obserwacji przebiegów jednorazowych, niepowtarzalnych.

W praktyce zazwyczaj pracuje się w trybie samobieżnym, bowiem umożliwia on np. pomiar napięć stałych - pozioma linia podstawy czasu jest stale widoczna na ekranie. Przy przebiegach o złożonym kształcie zazwyczaj łatwiej uzyskać prawidłową synchronizację czyli stabilny obraz na ekranie przy pracy wyzwalanej.

#### 14. Jakie są zasady synchronizacji?

Aby uzyskać na ekranie stabilny obraz badanego przebiegu okresowego należy doprowadzić do sytuacji, w której czas między kolejnymi wyzwoleńmi generatora piły jest całkowitą wielokrotnością okresu powtarzania sygnału badanego. Dawniej w prymitywnych amatorskich oscyloskopach uzyskiwano synchronizację przez zmianę częstotliwości generatora piły. Ponieważ chcemy mieć oś poziomą wyskalowaną w jednostkach czasu, czas narastania przebiegu pitokształtnego musi być ściśle określony. Pozostaje więc wprowadzenie czasu oczekiwania między końcem jednego cyklu a początkiem następnego. Przy pracy samobieżnej ten czas oczekiwania jest wstępnie ustalony (w niektórych oscyloskopach spotykało się związany z tym potencjometr opisany HOLD OFF), a dla osiągnięcia stanu synchronizacji czas ten jest odpowiednio skracany. Przy pracy wyzwalanej, po skończeniu kolejnego cyklu pracy, generator pozostaje w spoczynku aż do chwili nadejścia najbliższego przebiegu wyzwalającego. I tu widać celowość stosowania linii opóźniającej w torze Y - generator musi „zdążyć wystartować” przed przyjsciem opóźnionego sygnału badanego na płytki Y.

W praktyce uzyskanie stabilnego obrazu złożonych przebiegów bywa niekiedy bardzo trudne.

Większość przyrządów umożliwia wybór źródła sygnału synchronizującego:

- jeden z kanałów Y (synchronizacja wewnętrzna),
- sieć zasilająca 50Hz,
- specjalne gniazdo synchronizacji, umożliwiające podanie zewnętrznego sygnału synchronizującego.

Najczęściej stosuje się synchronizację badanym przebiegiem - wewnętrzną. Przy badaniu złożonych układów cyfrowych często jedyną sensowną alternatywą jest synchronizacja zewnętrzną przebiegiem o najniższej częstotliwości, jaka występuje w układzie.

Oprócz wyboru źródła sygnału syn-

chronizacji bardzo ważny jest też dobór odpowiedniego sprzężenia (przez kondensator - tylko AC albo bezpośrednio - AC+DC) lub sposobu obróbki sygnału synchronizacji oraz czynnego zbrocza i progu wyzwalania. Ustawienia progu (poziomu wyzwalania - trigger level) dokonuje się potencjometrem - można w ten sposób dobrać punkt początkowy obrazu na ekranie. W wielu oscyloskopach spotyka się rodzaj wyzwalania HF dla przebiegów o wysokiej częstotliwości oraz TV H i TV V do wydzielania i wykorzystania sygnałów synchronizacji ramki i linii z zespolonego sygnału wizyjnego.

W oscyloskopach z pamięcią cyfrową stosuje się również inne ciekawe sposoby wyzwalania, a właściwie rodzaje pracy. Ponieważ sygnał badany może być na bieżąco (ciągle) zapisywany do pamięci, w ten właśnie sposób można osiągnąć nowe możliwości określone jako pre- i post-trigger. Nie powinno się wtedy właściwie mówić o wyzwalaniu, tylko raczej o zatrzymywaniu zapisu do pamięci.

Praktycznych umiejętności uzyskiwania synchronizacji nabywa się z czasem metodą prób i błędów. Trudno podać szczegółowe wskazówki, ponieważ każdy typ oscyloskopu ma inne możliwości.

#### 15. Jakie jeszcze pokrętła i przełączniki spotyka się w oscyloskopach?

Każdy oscyloskop ma pokrętło regulacji jaskrawości oraz ostrości i (lub) astygmatyzmu. Przy okazji należy wspomnieć o niebezpieczeństwie wypalenia luminoforu, gdy plamka o dużej jaskrawości pozostaje długi czas w jednym punkcie ekranu (np. w trybie XY). Zaleca się pracę z umiarkowaną jasnością obrazu.

Zawsze występują też potencjometry przesuwu obrazu w poziomie (przesuw X) i w pionie (każdy kanał oddzielnie) - niekiedy są zespolone ze skokowym przełącznikiem czułości i czasu.

Przełącznik wejściowy toru (torów) Y często ma trzy pozycje: AC, DC i GND. Trzecia pozycja to zwarcie wejścia toru do masy. Można wówczas sprawdzić i ew. skorygować dryft wejścia. Dryft to powolne przemieszczanie się obrazu w górę lub dół ekranu pod wpływem temperatury i innych czynników.

#### 16. Co zrobić, gdy po włączeniu do sieci nie ma obrazu na ekranie?

W niektórych modelach znajduje się przycisk poszukiwania strumienia (BEAM FIND). Po naciśnięciu go na

ekranie występuje zmniejszony, rozjaśniony i nieostry obraz. Możliwe jest wtedy określenie czy obraz „uciekł” nam poza ekran (za duża składowa stała na wejściu Y, źle ustawione potencjometry przesuwu obrazu w osiach X, Y), czy nie pracuje generator podstawy czasu - plamka „stoi” po lewej stronie obrazu (źle ustawione parametry wyzwalania przy pracy wyzwalanej), czy może potencjometr jaskrawości skrócony jest na minimum.

Gdy brak wspomnianego przycisku, wtedy należy odłączyć wszystkie sygnały wejściowe i ustawić pokrętła jaskrawości na maksimum, przesuwu X i Y w położeniu środkowym, przełączniki czułości na najmniejszą czułość, czasu na największy czas, rodzaju wyzwalania - na pracę samobieżną, źródła wyzwalania - sieć 50Hz lub wewnątrz - na ekranie powinna się pojawić pozioma linia. Kiedy oscyloskop ma szereg przycisków i pokrętła o nie znanym nam przeznaczeniu należy poznać organy regulacji ustawić według wspomnianych zasad i systematycznie wypróbować działania pozostałych.

#### 17. Jakie czynniki skracają „czas życia” oscyloskopu?

Powszechnie niedocenianym czynnikiem zmniejszającym niezawodność jest brak odpowiedniej wentylacji. Otwory wentylacyjne naprawdę nie są dla ozdoby, zasłanianie ich kładzionymi na wierzchu książkami, kartkami papieru albo przez stawianie przyrządów bezpośrednio jeden na drugim powoduje wzrost temperatury wewnątrz obudowy. Intensywność uszkodzeń rośnie wykładniczo z temperaturą i wtedy sami bezmyślnie pogarszamy niezawodność swych przyrządów.

Drugim powodem uszkodzeń są przeciążenia wejścia - podanie napięć o wartościach przekraczające dopuszczalne granice. Przede wszystkim należy się więc starannie zapoznać z instrukcją obsługi (i włożyć trochę wysiłku, gdy jest ona w języku obcym), co nie jest niestety powszechnym zwyczajem. Dalej tylko zalecać można ostrożność przy pracy z wyższymi napięciami.

Ponieważ przyrządy psują się zwykle podczas pracy, lepiej włączać je tylko wtedy, gdy są rzeczywiście potrzebne.

**Piotr Górecki**