

Oscyloskop - najważniejszy przyrząd pomiarowy w pracowni elektronika

CZĘŚĆ 1

Oscyloskop bez wątpienia jest najbardziej uniwersalnym przyrządem pomiarowym w laboratorium elektronicznym. Umożliwia pomiary napięć stałych i zmiennych, czasu, częstotliwości, fazy przebiegów elektrycznych, a przy użyciu przystawek także wielu innych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych.

Początkującego elektronika niekiedy przeraża ilość pokręteł i przełączników umieszczonych na płycie czołowej profesjonalnego oscyloskopu.

W rzeczywistości wykorzystanie rozbudowanego, profesjonalnego oscyloskopu wcale nie jest trudne, wystarczy poznać podstawowe zasady jego obsługi i budowy.

Z drugiej strony posiadanie kosztownego, cyfrowego oscyloskopu o szerokich możliwościach wcale nie gwarantuje sukcesu, ponieważ nieumiejętne dołączenie do obwodu może bardzo zafałszować wyniki pomiaru, lub co gorsza, nawet spowodować nieprawidłowe działanie badanego układu. Doświadczony elektronik potrafi wykonać naprawdę skomplikowane pomiary przy użyciu względnie prostego oscyloskopu, co najwyżej dołączy do badanego układu jakieś obwody pomocnicze.

Dlatego każdy, kto ma lub będzie miał do czynienia z praktyczną elektroniką powinien dokładnie rozumieć zasadę działania i kluczowe parametry oscyloskopu.

Nie ma natomiast obecnie większego sensu budowa oscyloskopu we własnym zakresie (chyba, że w postaci przystawki do komputera, ale to inny temat). Tak naprawdę, to bez dobrych przyrządów pomiarowych i dużego doświadczenia, nie można zbudować użytecznego oscyloskopu. Zamiast tracić czas na długotrwałe próby, lepiej na ten czas

znaleźć jakąkolwiek pracę i zarobić na fabryczny, choćby najtańszy oscyloskop.

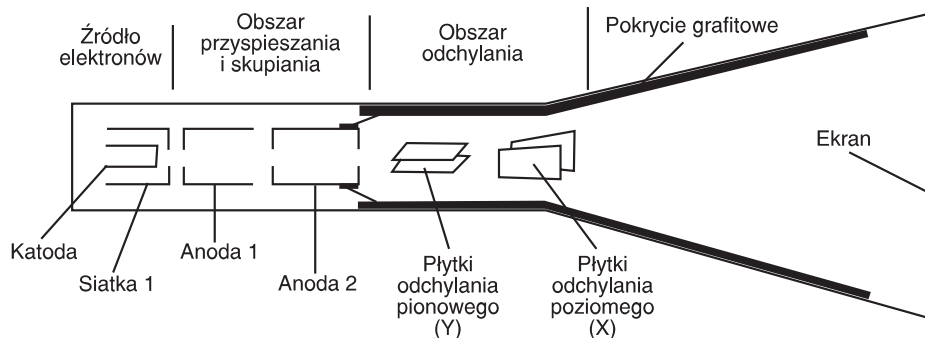
Do tej pory interesujące dla amatorów były oscyloskopy produkowane w byłym Związku Radzieckim, zwłaszcza ze względu na bardzo korzystny przelicznik cen walut. Niestety obecnie przelicznik ten jest znacznie mniej korzystny, a w związku z wprowadzaniem zasad rynkowych w krajach byłego ZSRR, wiele z fabryk produkujących sprzęt elektroniczny upadło, a inne bardzo podwyższyły ceny. Czytelnicy śledzący ofertę handlową AVT zauważyli zapewne, że znikły z niej tanie oscyloskopy litewskie Rimedy. Firma ta nie wytrzymała okresu transformacji i zbankrutowała.

Obecnie (według aktualnego stanu wiedzy redakcji) nie ma już stałego źródła zakupu tak tanich oscyloskopów przeznaczonych dla amatorów.

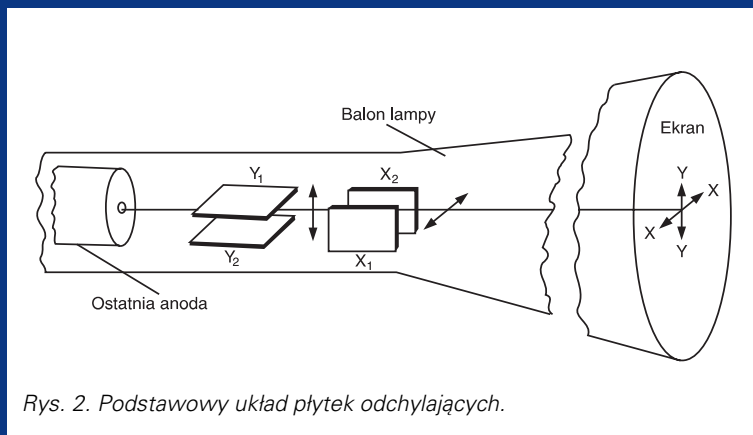
Pozostaje skorzystać z oferty firm dalekowschodnich i zakupić porządny, profesjonalny oscyloskop dwukanałowy. Cena takiego oscyloskopu przekracza wprawdzie tysiąc złotych, ale warto zdobyć się na jednorazowy wysiłek i nabyć sprzęt niezawodny, o dobrych parametrach, który zaspokoi z naddatkiem potrzeby elektronika-hobbysty.

Przed podjęciem decyzji o zakupie oscyloskopu należy dokładnie poznać jego działanie i możliwości. Pomoże w tym niniejszy, kilkuczęściowy cykl artykułów.

W pierwszej części przedstawiono niezbędne dla każdego wiadomości o oscyloskopach, ich budowie i funkcjach. Te informacje wstępne przeznaczone są dla Czytelników, którzy nie mieli żadnego kontaktu z oscyloskopem. W dalszej części omówione będą praktyczne zagadnienia i problemy związane z zakupem i wykorzystaniem oscyloskopu.



Rys. 1. Przekrój lampy oscyloskopowej.



Rys. 2. Podstawowy układ płytek odchylających.

Lampa oscyloskopowa

Główną częścią składową typowego oscyloskopu jest próżniowa lampa elektronowa, której przekrój pokazano w uproszczeniu na **rysunku 1**. Obwód żarzenia podgrzewa do wysokiej temperatury katodę, która emituje elektrony. Między katodą i anodą powstaje pole elektryczne, w którym ujemnie naładowane elektrony emitowane z katody są przyciągane do anody. Czym większe jest napięcie anody, tym silniej przyciągane są elektrony. Na drodze między katodą, a anodą elektrony nabierają prędkości, są skupiane w ciekłą wiązkę, po czym uderzają w ekran pokryty specjalną substancją zwaną luminoforem. Elektrony uderzając w luminofor tracą swą energię, a energia ta zamienia się na światło, zwykle koloru zielonego. Między katodą, a główną anodą umieszczone są dodatkowe elektrody, między innymi siatka, która umożliwia regulację ilości elektronów biegnących do anody. Ewentualne dodatkowe anody tworzą tak zwane soczewki elektronowe, umożliwiające takie ukierunkowanie strumienia elektronów, inaczej mówiąc ich zogniskowanie, że trafiają one w jedno miejsce ekranu, tworząc świecący punkt (plamkę) o średnicy poniżej 1 milimetra.

Na drodze elektronów między katodą a ekranem, umieszczone są kolejne elektrody o kluczowym znaczeniu. Są to dwie pary metalowych płytek. Jeśli między dwie płytki zostanie dołączony napięcie (stałe), to między płytkami powstanie pole elektryczne. Pole to oddziałuje na elektrony przechodzące między płytkami i w konsekwencji strumień elektronów jest odchylany w stronę płytki dodatniej. W lampie oscyloskopowej dwie pary takich płytek, zwanych płytkami odchylającymi, są umieszczone wzajemnie prostopadle.

Podsumujmy: w lampie oscyloskopowej możemy za pomocą napięć doprowadzonego do siatek i anod regulować ilość elektronów docierających do ekranu, czyli jasność plamki na ekranie oraz uzyskać dobre zogniskowanie, czyli małą, ostrą, nierozmytą plamkę. Normalnie plamka pojawia się na środku ekranu. Jeśli jednak doprowadzimy do płytek odchylających napięcie o odpowiednim kierunku i wartości, to plamkę można przesunąć w dowolny punkt ekranu.

Każdy oscyloskop posiada pokrętkę do regulacji jasności i ostrości, przesuwu obrazu w pionie i poziomie, a niektóre dodatkowo pokrętkę podświetle-

nia skali i pokrętkę umożliwiającą rotację obrazu, czyli ustawienie linii na ekranie równoległe do linii skali. Starsze przyrządy miały też pokrętkę umożliwiającą korekcję astygmatyzmu, czyli uzyskanie ostrego obrazu na całym ekranie.

Wzmacniacz odchylenia poziomego

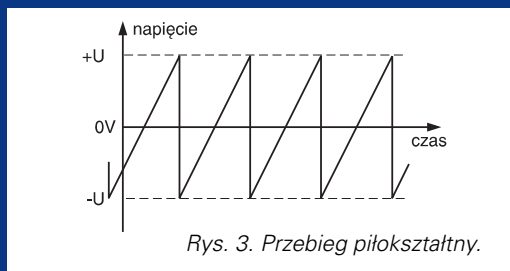
Przejdźmy teraz do **rysunku 2**. Pokazano na nim w uproszczeniu, jak napięcie między płytkami pozwala przesunąć plamkę na ekranie. W tym miejscu powiedzmy, że płytki pozwalające odchylić plamkę w pionie (w górę i w dół) nazywa się płytkami Y, a płytki pozwalające odchylić plamkę w poziomie - płytkami X. Cały tor związany z płytkami odchylenia pionowego nazywa się torem Y. W literaturze angielskojęzycznej kanał odchylenia pionowego nazywany jest vertical channel, od vertical - pionowy (analogicznie: horizontal - poziomy).

Jeśli doprowadzimy napięcie stałe między płytki Y, plamka odchyli się od położenia spoczynkowego (na środku ekranu) pionowo o pewną odległość. Kierunek i wielkość odchylenia daje informację o biegunowości i wartości doprowadzonego do płytek napięcia. Wystarczy nanieść na ekran odpowiednią podziałkę, a otrzymamy woltomierz, którego "wskazówką" jest plamka świetlna.

Dla rozszerzenia zakresu takiego woltomierza należy dodać wzmacniacz lub tłumik o skokowo regulowanym wzmocnieniu. Taki wzmacniacz można znaleźć w każdym oscyloskopie. Wejściem tego wzmacniacza jest typowe gniazdo typu BNC, a wzmocnienie reguluje się skokowo pokrętkiem. Wszystkie oscyloskopy (z wyjątkiem przeznaczonych do pracy przy częstotliwościach rzędu setek i tysięcy MHz) mają oporność wejściową równą 1M Ω , co oznacza iż tylko w niewielkim stopniu obciążają badany układ. W praktyce na wejściu Y oscyloskopu stosuje się sondy, zwiększające tę rezystancję do 10M Ω .

Wspomniany przełącznik obrotowy oznaczony jest w oscyloskopach z angielskimi napisami na płycie czołowej VOLTS/DIV (woltów na działkę), natomiast w oscyloskopach radzieckich - usilenie wolt/dzielenie. Poszczególne pozycje tego pokrętki skalowane są w woltach na centymetr lub częściej w woltach na działkę (działka to jednostka długości na ekranie; zwykle ekran podzielony jest na 10 działek w poziomie i 8 działek w pionie, często 1 działka = 1cm). Aby określić wartość mierzonego napięcia, wystarczy pomnożyć odchylenie plamki (wyrażone w centymetrach lub w działkach) przez współczynnik odchylenia nastawiony pokrętkiem. W typowych oscyloskopach spotyka się współczynniki odchylenia w zakresie od 5mV/działkę (5mV=0,005V) do 5V/działkę, przełączanie odbywa się w sekwencji 5-10-20-50 (mV/działkę) -0,1-0,2-0,5-1-2-5 (V/działkę).

Pokrętkę skokowej regulacji wzmocnienia jest więc najważniejszym organem regulacyjnym w torze Y. Ale przy niektórych pomiarach, na przykład przy pomiarach pasma przenoszenia wzmacniaczy najlepiej jest ustawić taką wielkość obrazu, aby wypełniał on cały ekran. Wtedy przydatna jest płynna regulacja wzmocnienia. Wszystkie lepsze



Rys. 3. Przebieg piłokształtny.

oscylloskopy mają pokrętkę płynnej regulacji wzmocnienia, a nominalne współczynniki odchylenia toru Y uzyskuje się w wyraźnie oznaczonej, skrajnej pozycji tego pokrętki.

Niektóre oscylloskopy mają także przełącznik (zwykle uruchomiany wyciągnięciem pokrętki płynnej regulacji czułości), który zwiększa czułość pięciokrotnie i jest wykorzystywany przy pomiarach najmniejszych napięć.

Ponieważ oscylloskop często służy do pomiaru napięć zmiennych, na wejściu toru Y zawsze znajduje się przełącznik, sprzęgający gniazdo wejściowe ze wzmacniaczem przez kondensator (w pozycji oznaczonej AC lub ~), co eliminuje napięcie stałe z badanego przebiegu; jest to wręcz konieczne przy pomiarze małych napięć zmiennych nałożonych na duże napięcia stałe. W pozycji przełącznika DC lub @ pełny sygnał wejściowy podawany jest na wzmacniacz. W lepszych oscylloskopach przełącznik ten jest trzypozycyjny, w środkowej pozycji, oznaczonej GND lub ^, wejście jest zwarte do masy. Wbrew pozorom, w praktyce jest to bardzo przydatne, ponieważ przy pomiarach napięć często trzeba korygować położenie obrazu na ekranie, ściślej biorąc jego wysokość. Do przesuwu obrazu w pionie służy pokrętko oznaczone strzałkami lub napisem POS.Y.

Tor odchylenia poziomego

W praktyce bardzo rzadko wykorzystuje się oscylloskop w podany przed chwilą prosty sposób, ponieważ pozostawienie na dłuższy czas plamki w jednym miejscu, zwykle na środku ekranu, grozi wypaleniem luminoforu. Owszem, oscylloskop często używany jest do pomiaru napięć stałych, ale aby uniknąć wypalenia luminoforu, do płytek X też powinien zostać doprowadzony jakiś przebieg, który poruszałby plamkę w poziomie. Jaki to powinien być przebieg?

Ktoś powie, że może to być jakikolwiek szybki przebieg zmienny, który poruszając szybko plamkę wytworzy na ekranie obraz poziomej linii. W zasadzie jest to wniosek słuszny, ale jeśli już mamy odchyłać plamkę w poziomie, to możemy osiągnąć znacznie więcej niż tylko poziomą linię na ekranie, która będzie się odchyłać w górę lub w dół pod wpływem mierzonego napięcia stałego.

Co uzyskamy na ekranie, jeśli napięcie na płytce X będzie jednostajnie wzrastać? Plamka będzie poruszać się ruchem jednostajnym w kierunku brzegu ekranu. A jeśli do płytek X doprowadzimy tak zwany przebieg piłokształtny, pokazany na **rysunku 3**, w którym napięcie pomału i jednostajnie wzrasta, a potem gwałtownie i bardzo szybko maleje do wartości początkowej? Przy odpowiednim połączeniu płytek X i właściwym dobraniu napię-

cia najmniejszego i największego takiego przebiegu piłokształtnego, plamka na ekranie będzie się poruszać z określoną, stałą prędkością z lewej strony ekranu na prawą, a po dojściu do prawej krawędzi bardzo szybko powróci na lewą stronę i cykl będzie się powtarzał. Jeśli w czasie ruchu roboczego plamki (z lewej na prawą stronę ekranu), do płytek Y zostanie doprowadzone jakieś napięcie zmieniające się w czasie, wtedy na ekranie zobaczymy przebieg zmian tego napięcia w funkcji czasu.

Jeśli szybkość poruszania się plamki na ekranie, czyli częstotliwość przebiegu piłokształtnego, zostanie tak dobrana aby plamka przebiegała ściśle określoną odległość, na przykład 1 centymetr (lub jedną działkę), w ciągu jednej sekundy, to uzyskamy możliwość pomiaru czasu.

Właśnie doszliśmy do podstawowej funkcji oscylloskopu: oscylloskopem możemy mierzyć napięcia i czasy przebiegów zmiennych. Przykład można zobaczyć na **rysunku 4**.

Aby był możliwy pomiar czasu, każdy oscylloskop wyposażony jest tak zwany generator podstawy czasu (po angielsku TIME BASE, po rosyjsku razwiortka). Generator ten wytwarza przebieg piłokształtny o częstotliwości regulowanej w szerokim zakresie. Dla ułatwienia, częstotliwości generatora są tak dobrane, aby jednej działce na ekranie odpowiadała jednostka czasu. Dlatego też pokrętko skokowej zmiany szybkości plamki w ruchu poziomym opisane jest nie w hercach, tylko w jednostkach czasu na centymetr lub działkę ekranu. Dla zwiększenia dokładności zastosowano współczynniki nie tylko 1s/działkę, 0,1s/działkę, 10ms/działkę, 1ms/działkę, itd, ale podobnie jak przy pomiarze napięcia, zastosowano sekwencję 1-2-5. W przyzwoitych oscylloskopach szybkość podstawy czasu można wybierać pokrętkiem w zakresie przynajmniej od 0,2 mikrosekundy/działkę do około 1 sekundy/działkę, w sekwencji 0,2-0,5-1-2-5-10-20-50(μs/dz) 0,1-0,2-0,5-1-2-5-10-20-50(ms/dz) i dalej 0,1-0,2-0,5-s/działkę. W drogich, profesjonalnych przyrządach zakres ten jest znacznie szerszy. Ale nawet w popularnym oscylloskopie umożliwia to pomiary czasu w bardzo szerokim zakresie, od milionowych części sekundy do pojedynczych sekund. Znając czas, a ściślej okres przebiegów powtarzalnych, można obliczyć ich częstotliwość ze wzoru:

$$f = 1/T$$

gdzie f - częstotliwość, a T - okres.

Dla ułatwienia pomiarów, tor odchylenia poziomego wyposażony jest też w pokrętko płynnej regulacji szybkości narastania piły, co bywa przydatne w niektórych pomiarach porównawczych. (Podane wcześniej dokładne współczynniki czasu/działkę uzyskuje się w skrajnej, wyraźnie oznaczonej pozycji tego pokrętki.) Każdy oscylloskop posiada też pokrętko służące do przesuwania obrazu w poziomie, oznaczone poziomymi strzałkami bądź napisem POS. X.

Większość oscylloskopów posiada też przełącznik (często uruchomiany wyciągnięciem któregoś pokrętki), zwiększający pięcio- lub rzadziej dziesięciokrotnie, współczynniki podstawy czasu. Wykorzystuje się to przy obserwacji przebiegów o najwyższych częstotliwościach.

(red)