

OSCYLOSKOP

CEL ĆWICZENIA:

Celem ćwiczenia jest poznanie budowy, zasady działania i obsługi oscyloskopu oraz sposobów jego właściwego wykorzystania do obserwacji przebiegów czasowych sygnałów elektronicznych.

PROGRAM ĆWICZENIA

I. Zapoznać się z rozkładem następujących regulatorów, przełączników i gniazd na płycie czołowej oscyloskopu.

- Blok odchylenia pionowego (*VERTICAL*)
- Blok odchylenia poziomego (*HORIZONTAL*)
- Blok wyzwalania (*TRIGGER*)

II. Podłączyć z generatora do wejścia CH1 sygnał sinusoidalny o częstotliwości ok. 1 kHz, amplitudzie ok. 2 V z niewielką dodatnią składową stałą.

1. Uzyskać na ekranie oscyloskopu stabilny obraz dwóch okresów. Zanotować ustawienia wszystkich regulatorów i przełączników wymienionych w punkcie I. Sprawdzić regulację jaskrawości i ostrości, dobrać warunki optymalne i przerysować przebieg (w przypadku braku obrazu włączyć oscyloskop (*sic!*)).
2. Ustawić przełącznik wyboru trybu pracy odchylenia pionowego na CH1, a następnie dla tego kanału:
 - a) Sprawdzić możliwość regulacji (i jej efekty) czułości skokowej i płynnej wzmacniacza odchylenia pionowego oraz ewentualne jej mnożniki (x10, x2, x1 itp.).
 - b) Ustawić mnożniki na x1, wyłączyć regulację płynną a skokową ustawić tak aby badany przebieg mieścił się na ekranie.
 - c) Ustawić przełącznik wyboru sprzężenia sygnału wejściowego ze wzmacniaczem odchylenia pionowego w pozycję GND i regulatorem położenia przebiegu w kierunku pionowym ustawić poziomą linię na najbliższą pełną działkę (w przypadku braku obrazu ustawić tryb wyzwalania na AUTO). Następnie przełączając sprzężenie na AC i DC zaobserwować efekty i dokonać pomiaru amplitudy i składowej stałej sygnału mnożąc odczyty w działkach (DIV) przez ustawioną czułość (VOLTS/DIV).
 - d) Pomiaru amplitudy i składowej stałej powtórzyć dla kilku różnych ustawień tych parametrów na generatorze.
3. Przy sprzężeniu AC ustawić przebieg w środkowej części ekranu (w pionie) oraz:
 - a) Sprawdzić regulację (i jej efekty) podstawy czasu regulowanej i ciągłej (płynnej) oraz ewentualnych jej mnożników

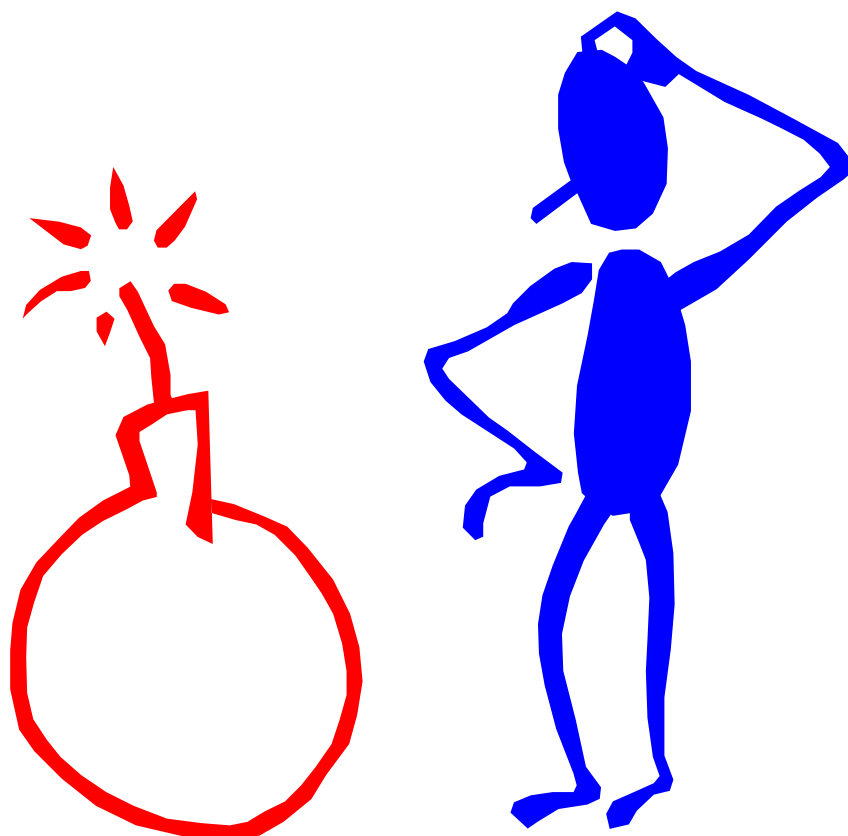
- b) Ustawić mnożniki na x1, wyłączyć regulację płynną a regulację skokową ustawić tak aby na ekranie widoczny był przynajmniej jeden okres.
 - c) Dokonać pomiaru okresu sygnału (przy odczycie skorzystać z regulatora położenia przebiegu w kierunku poziomym) dla kilku różnych wartości częstotliwości ustawianych na generatorze (b. małej, b. dużej i pośrednich).
4. Przy pośredniej częstotliwości sygnału badanego, trybie pracy odchylenia pionowego-CH1, sprzężeniu - AC, trybie wyzwalań - AUTO i źródle wyzwalań - CH1:
- a) Sprawdzić regulację (i jej efekty) poziomu wyzwalań (zwrócić uwagę na początek obrazu sygnału na ekranie).
 - b) Przy stabilnym obrazie sprawdzić działanie przełącznika zbocza wyzwalającego.
 - c) Przy stabilnym obrazie przełączyć tryb wyzwalań na NORM i ponownie obserwować co daje regulacja poziomem wyzwalań.
 - d) Sprawdzić wpływ ustawienia regulatora czułości wzmacniacza odchylenia pionowego na regulację poziomu wyzwalań
 - e) Przy stabilnym obrazie, w trybie wyzwalań AUTO (a następnie NORM) zmienić źródło wyzwalań. Opisać co się dzieje i dlaczego.
 - f) Przy niestabilnym obrazie, w trybie wyzwalań AUTO zmieniać płynnie regulację podstawy czasu. Czy przy pomocy tego pokrętki jest możliwe uzyskanie stabilnego obrazu - uzasadnić odpowiedź.

III. Podłączyć dwa różne sygnały do wejść CH1 i CH2 a następnie:

1. Sprawdzić możliwość obserwacji raz jednego raz drugiego i obu na raz (wybór trybu pracy odchylenia pionowego)
2. Sprawdzić możliwość obserwacji jednego kanału przy wyzwalań z drugiego. Czy rodzaj sprzężenia ma wpływ na regulację poziomu wyzwalań?
3. W dwukanałowym (DUAL) trybie pracy odchylenia pionowego zaobserwować pracę w trybie ATL i CHOP. Czy musimy zmieniać nastawy jasności czy też nastawione na początku wystarczająco dobrze nadają się do każdego pomiarów?
4. Sprawdzić jak działa oscyloskop w trybie X-Y

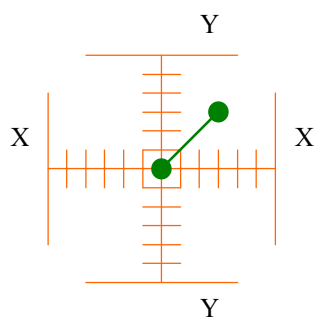
IV. Zebrać nabytą wiedzę i opisać przeznaczenie i działanie każdego z poznanych elementów regulacyjnych oscyloskopu oraz podać sposoby (przykłady) ich wykorzystania np. praca w trybie ALT nadaje się głównie do badania przebiegów o dużych częstotliwościach lub tryb AUTO umożliwia szybką orientację co do położenia (w pionie) i istnienia sygnału, itp.

Oscyloskop - jak to działa?



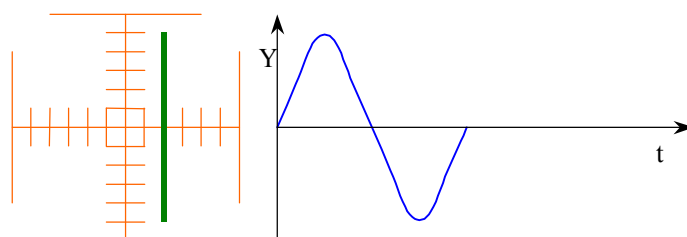
Opracowanie to ma za zadanie w kilku słowach przedstawić zasadę powstawania obrazu na ekranie oscyloskopu i przybliżyć ideę jego działania. Nie zawarto tutaj formalnych opisów bloków funkcjonalnych ani elementów regulacyjnych, a jedynie w sposób maksymalnie obrazowy przedstawiono kolejne kroki porządkujące pewien tok rozumowania przy uczeniu się zasady działania oscyloskopu. Lektura niniejszego opracowania może stanowić jedynie wstęp, który warto prześledzić przed przystąpieniem do bardziej formalnych opracowań.

Obraz na ekranie oscyloskopu kreślony jest przez plamkę świetlną. Pozycja, w której plamka ta się znajduje określona jest poprzez napięcie przyłożone do płytek odchylenia poziomego X i odchylenia pionowego Y . Można wyobrazić sobie, że przy napięciu równym zero na płytkach X i Y , plamka znajduje się dokładnie w środku ekranu natomiast jakiegokolwiek napięcie inne od zera przesunę plamkę w określone miejsce (rys. 1.). Możemy zatem spojrzeć na ekran jak na prostokątny układ współrzędnych XY .



Rys. 1. Położenie plamki świetlnej w zależności od przyłożonego na płytki X i Y napięcia stałego

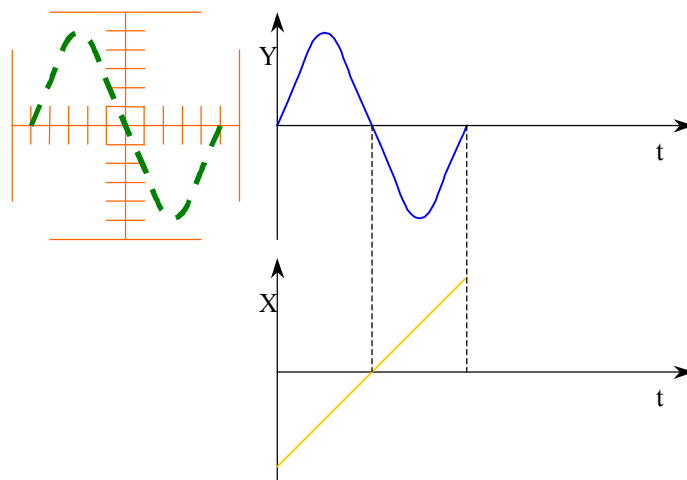
Istotną sprawą jest tutaj fakt, że plamka po zmianie pozycji pozostawia po sobie ślad jedynie na bardzo krótko (czas poświaty). Wobec tego jeśli chcemy aby na ekranie widocznych było więcej niż jeden punkt, musimy cyklicznie ją przesunąć. Przykładowo jeśli na płytki X przyłożymy stałe napięcie a na płytki Y napięcie zmienne w czasie o kształcie sinusoidalnym wtedy plamka odchylana będzie w pionie (rys. 2.). Otrzymamy obraz pionowej kreski, przy czym w danym momencie czasowym plamka może znaleźć się tylko w jednym miejscu wyznaczonym przez napięcia w tym momencie na płytkach X i Y . Jednak szybkie zmiany jej położenia oraz to, że ekran ma pewien czas poświaty spowodują, że oko ludzkie zauważy ten efekt jako stały, ciągły obraz.



Rys. 2. Położenie plamki świetlnej w zależności od przyłożonego na płytki Y napięcia zmiennego w czasie

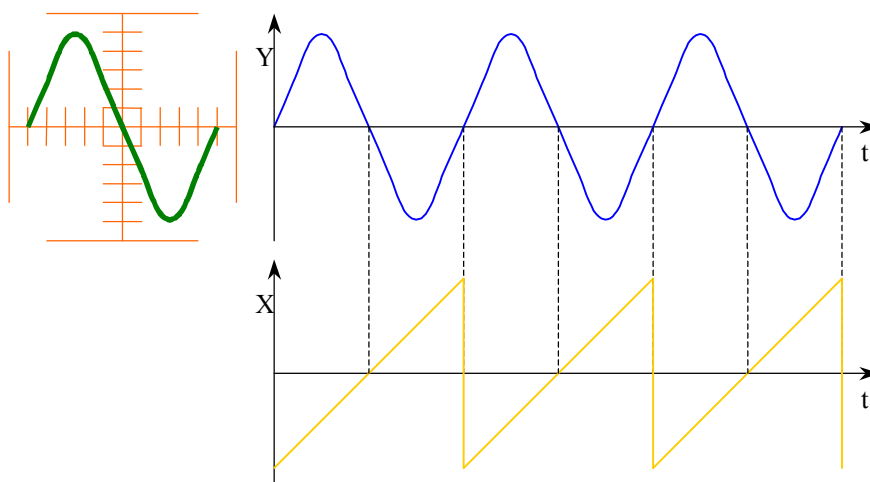
Skoro wiadomo jak otrzymać ciągły obraz, więc można by zastanowić się jak należyysterować obie pary płytek aby móc obejrzeć obraz napięcia zmieniającego się w czasie np. tego które poprzednio przyłożyliśmy na płytki Y .

Nie jest to trudne, należy jedynie zauważyć, że obraz z rys. 2. musi być rozciągnięty w poziomie w taki sposób aby pozioma oś obrazu odpowiadała osi czasu. Wobec tego napięcie na płytkach X musi zmieniać się proporcjonalnie do czasu tak aby odpowiednio odchyłać plamkę w poziomie od lewej do prawej strony. Sytuację tą obrazuje rys. 3.



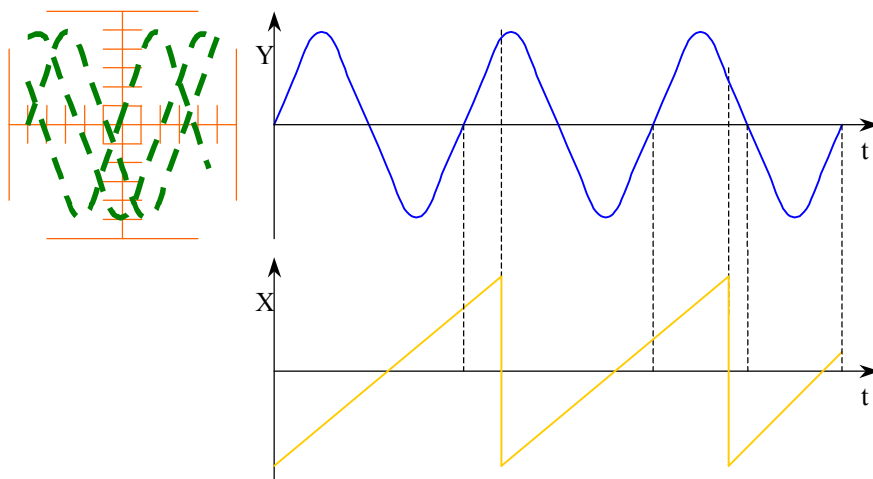
Rys. 3. Powstawanie **zanikającego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

Jak już wcześniej wspomnieliśmy, obraz taki nie będzie się utrzymywał ciągle, jeśli nie będzie odświeżany. Dlatego można wykorzystać okresowość badanego przebiegu (Y) i również okresowo powtarzać sekwencję napięcia na płytkach X . Przy czym powrót plamki w poziomie do lewej krawędzi musi być niewidoczny i oczywiście jak najszybszy. Otrzymaliśmy w ten sposób stały obraz przebiegu czasowego (rys. 4.), a w zasadzie obraz jednego okresu tego przebiegu, i określiliśmy sobie kształt napięcia jakie powinno być przyłożone do płytek X .



Rys. 4. Powstawanie **stałego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

Załóżmy teraz, że chcemy mieć na ekranie nieco więcej niż jeden okres. Rozwiązanie jest banalne, wystarczy zwiększyć okres przebiegu na płytkach X . W zasadzie tak, ale może to doprowadzić do sytuacji, w której kolejny fragment kreślonego przebiegu (Y) nie będzie rozpoczynał się od tego samego miejsca. Na ekranie pojawi się wtedy, zamiast jednego przebiegu, kilka (lub znacznie więcej) przebiegów o mniejszej intensywności co przedstawia rys. 5. Otrzymany obraz będzie niestabilny.

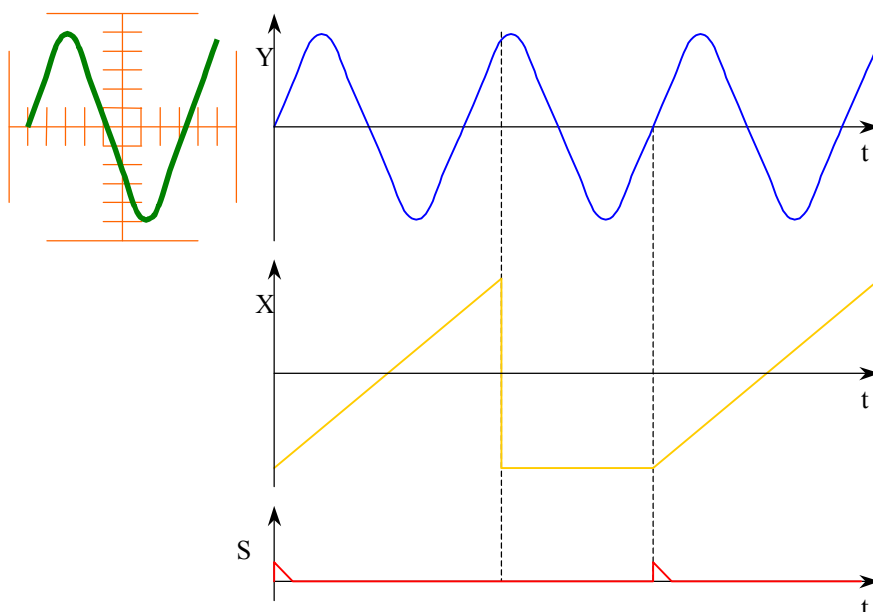


Rys. 5. Powstawanie **niestabilnego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y

Aby w analizowanej sytuacji otrzymać stabilny obraz musimy zapewnić sytuację, w której każdy kreślony fragment rozpoczyna się od takiego miejsca (punktu czasowego) w okresie, które spowoduje pokrycie się wszystkich fragmentów. Wobec tego należy nieco zmodyfikować sobie przebieg na płytkach X , tak jak pokazane jest to na rys. 6. Dla ułatwienia zaznaczmy sobie poprzez impulsy S miejsca w których może rozpoczynać się kreślenie kolejnego fragmentu bez obawy że otrzymamy niestabilny obraz.

Można teraz wysnuć pewien wniosek, mianowicie po to aby otrzymać stabilny obraz na ekranie oscyloskopu musimy zapewnić aby przebieg na płytkach X synchronizowany był w taki sposób aby kreślenie przez plamkę obrazu przebiegu rozpoczynało się zawsze w tym samym miejscu okresu przebiegu (Y).

Czyli innymi słowy przebieg na płytkach X musi mieć liniowy narost, zapewniać niewidoczny powrót plamki do lewego brzegu ekranu oraz być wyzwalanym w odpowiednich momentach.

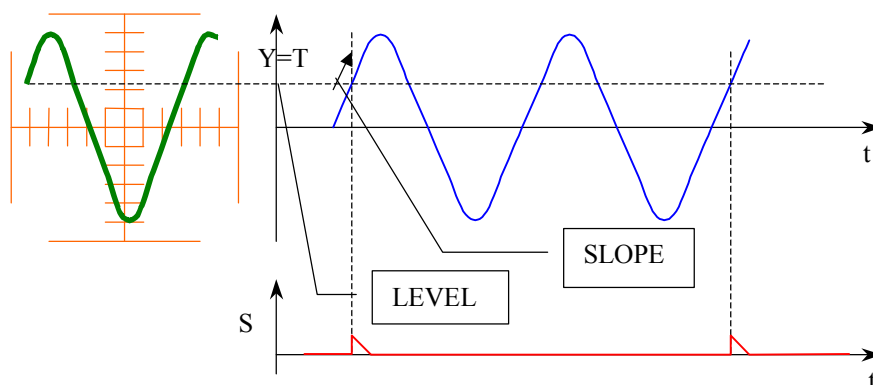


Rys. 6. Powstawanie **stabilnego obrazu** przebiegu napięcia przyłożonego na płytki Y synchronizowanego impulsami S

Warto tutaj zwrócić uwagę, że przebieg przyłożony na płytki Y kreślony jest tylko w czasie liniowego narostu przebiegu na płytkach X .

Powstaje jeszcze jedno pytanie, mianowicie, co ma wyznaczać momenty wyzwiania przebiegu X .

Odpowiedź jest następująca: może to być ten sam przebieg, który podawany jest na płytce Y . Ideę powstawania impulsów wyzwających (S) przedstawia rys. 7. O momentach występowania impulsów wyzwających decyduje przebieg wybrany jako źródło wyzwiania (T) wraz z nałożonymi na niego kryteriami. Te kryteria to poziom wyzwiania (LEVEL) oraz rodzaj zbocza wyzwającego (SLOPE), które może być narastające lub opadające. Impuls wyzwający jest tworzony jeśli przebieg wyzwający (T) przekroczy zadany poziom wyzwiania w zadanym kierunku (tu dla zbocza narastającego).



Rys. 7. Zasada powstawania **impulsów wyzwających (S)** na podstawie sygnału wyzwającego (T) z płytek Y ($Y=T$). Zaznaczony jest poziom wyzwiania (LEVEL) i zbocze (SLOPE)

Podsumowując przedstawione rozumowanie należy zapamiętać, że uzyskanie na ekranie oscyloskopu stabilnego obrazu przebiegu czasowego wymaga:

- podania tego przebiegu na płytce Y - wejście pionowego toru pomiarowego;
- zapewnienia odpowiedniego przebiegu (piłokształtnego) na płytkach X - układy generacji wewnętrznej postawy czasu;
- synchronizacji przebiegu Y z przebiegiem X poprzez impulsy wyzwające S
- określenia sygnału wyzwającego (T) i warunków nań nałożonych (poziom i zbocze wyzwiania) - układy wyzwiania

Tych kilka informacji powinno pomóc wyrobić sobie pewną intuicję i zrozumieć działanie oscyloskopu. Można teraz śmiało przejść do bardziej formalnych i obszerniejszych opracowań aby dowiedzieć się o budowie wewnętrznej i funkcjach różnych oscyloskopów.



Z życzeniami sukcesów

Autor



PEŁNIEJSZA INFORMACJA O OSCYLOSKOPIE

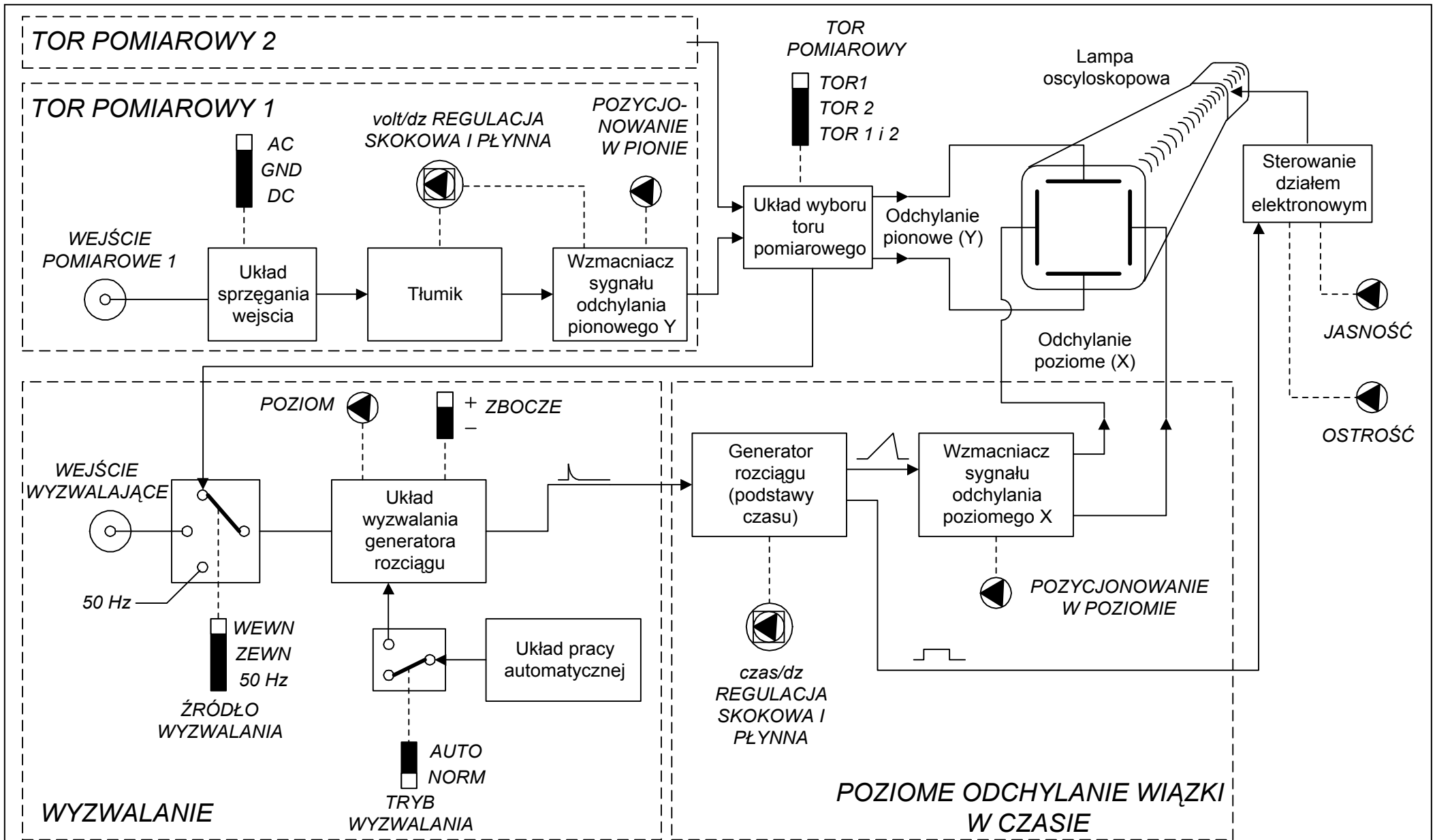
Oscyloskop jest uniwersalnym przyrządem pomiarowym, stosowanym do obserwacji odkształconych przebiegów elektrycznych i pomiaru ich parametrów. Odpowiednio dobrany układ pracy oscyloskopu pozwala nie tylko mierzyć parametry przebiegu odkształconego ale również zdejmować charakterystyki statyczne i dynamiczne przyrządów elektronicznych, mierzyć przesunięcie fazowe, rezystancję dynamiczną i inne.

Budowa i obsługa oscyloskopu analogowego

Blokowy schemat oscyloskopu przedstawiono na rys. 1. Na rysunku tym, obok bloków funkcjonalnych składających się na układ poziomego odchylenia wiązki w czasie oraz pojedynczy tor pomiarowy (zazwyczaj torów tych jest więcej), zaznaczono podstawowe pokrętki i przełączniki występujące na płycie czołowej typowych oscyloskopów. Rolę poszczególnych bloków konstrukcyjnych oraz możliwości regulacji podstawowych nastaw omówiono poniżej (w nawiasach podane jest nazewnictwo angielskie). Ich znajomość jest niezbędna dla prawidłowego posługiwania się tym przyrządem.

Lampa oscyloskopowa

Głównym elementem oscyloskopu jest lampa oscyloskopowa. Na jej ekranie powstaje obraz świetlny obserwowanych sygnałów lub wielkości. Obraz świetlny widoczny na ekranie oscyloskopu jest wynikiem bombardowania ruchomą wiązką elektronów warstwy luminoforu pokrywającej wewnętrzną powierzchnię ekranu. Źródłem wiązki jest działo elektronowe. Katoda emituje elektrony, które następnie przyspieszane są w polu elektrycznym kolejnych anod działa elektronowego. Parametry wiązki takie jak prędkość elektronów w strumieniu i średnica strumienia decydujące o jakości obserwowanego obrazu można regulować pokrętkami panelu czołowego opisanymi jako *JASNOŚĆ (INTENSITY)* i *OSTROŚĆ (FOCUS)*. Wyemitowana przez działo elektronowe wiązka jest następnie odchylana zmiennym polem elektrycznym w dwóch układach odchylenia: pionowego-Y (*VERTICAL*) i poziomego-X (*HORIZONTAL*). Zmiany pola elektrycznego w układach odchylenia, wymuszone zmianami napięcia przyłożonego do płytek odchylających, powodują że wiązka elektronów uderza w co raz to inne punkty ekranu powodując ruch plamki świetlnej obserwowany jako obraz oscyloskopowy.

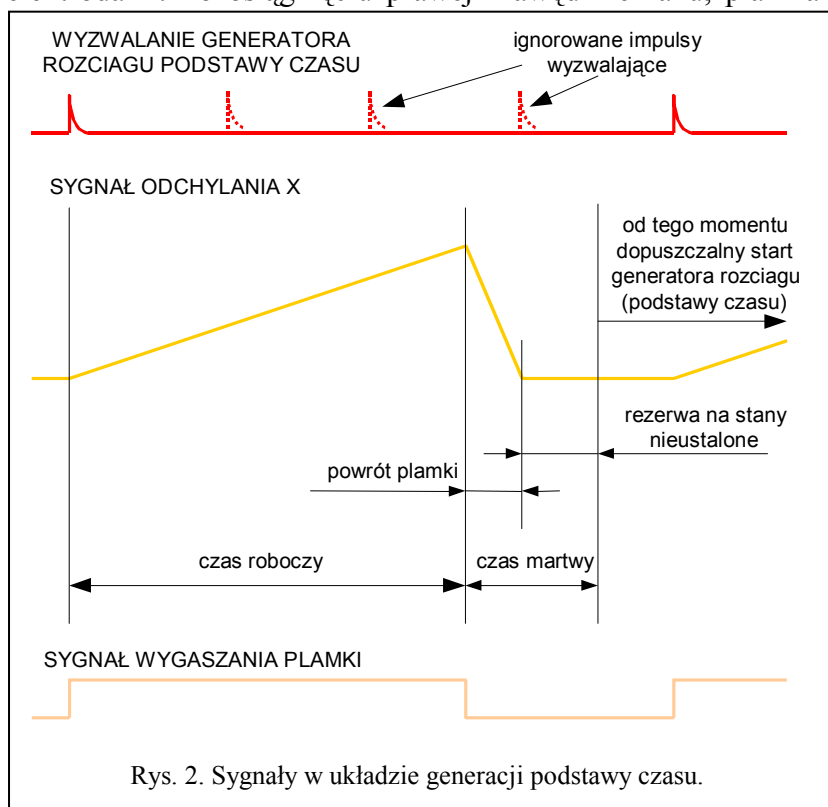


Rys. 1. Blokowy schemat oscyloskopu z zaznaczeniem podstawowych funkcji i standardowych elementów regulacyjnych

Dla uzyskania dwuwymiarowego obrazu, potrzebne są dwa układy sterowania wiązką (plamką świetlną), pionowy i poziomy. Z tego względu elementy regulacyjne na płycie czołowej oscyloskopu można podzielić na dwa podstawowe zestawy regulatorów: zestaw sterujący ruchem plamki świetlnej w pionie (*VERTICAL*)- związany z ustawianiem parametrów torów pomiarowych oscyloskopu oraz zestaw sterujący ruchem plamki świetlnej w poziomie (*HORIZONTAL*)- związany z regulacją i wyzwalaniem podstawy czasu. Często w drugim zestawie samo wyzwalanie podstawy czasu ujęte jest jako osobny zestaw regulatorów (przełączników) wyzwalania podstawy czasu (*TRIGGER*).

Poziomy ruch plamki świetlnej w czasie

Jeżeli przedmiotem pomiaru są parametry przebiegów odkształconych w czasie, to para płytek odchylenia poziomego (X) wiązki jest sterowana z układu poziomego odchylenia wiązki w czasie. Sygnał napięciowy sterujący odchyleniem wiązki w poziomie jest przebiegiem piłokształtnym pokazanym na rys. 2. Po wystąpieniu impulsu wyzwalającego na wejściu generatora rozciągu, w czasie roboczym plamka świetlna przesuwa się ze stałą prędkością poziomą od lewej do prawej krawędzi ekranu w miarę jak rośnie liniowo napięcie między elektrodami. Po osiągnięciu prawej krawędzi ekranu, plamka świetlna jest wygaszana syg-



Rys. 2. Sygnały w układzie generacji podstawy czasu.

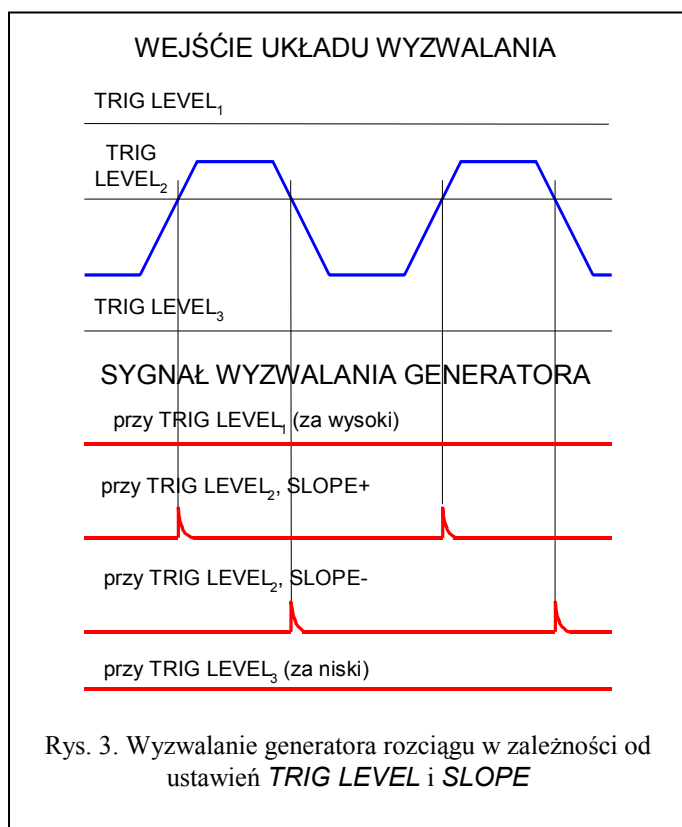
nałem sterującym działem elektronowym, a malejące napięcie między elektrodami powoduje powrót plamki do lewej krawędzi ekranu. Dodatkowy odstęp czasu zarezerwowany jest na wystąpienia stanów nieustalonych. Czas powrotu plamki i rezerwa na stany nieustalone stanowią czas martwy w cyklu pracy układu poziomego odchylenia wiązki. Wszystkie impulsy wyzwalające które wystąpią na wejściu generatora podstawy czasu w czasie pracy lub w czasie martwym są ignorowane.

Do nastawiania wartości czasu roboczego służy

przełącznik wielopozycyjny rozciągu poziomego *CZAS/DZ (TIME/DIV)* regulujący częstotliwość drgań generatora podstawy czasu. Skala opisująca ten przełącznik określa ile sekund (milisekund, mikrosekund) potrzeba aby plamka świetlna przemieściła się w poziomie na odległość równą pojedynczej działce (kratce) na osi odciętych. Z przełącznikiem tym związane jest pokrętko potencjometru, zamocowane na wspólnej osi lub niezależnie opisane jako *REGULACJA PŁYNNA (VARIABLE)*. W niektórych rozwiązaniach występuje również przełącznik opisany jako *REGULACJA KALIBROWANA/PŁYNNA (CAL/VAR)*. Elementy te,

pokrętko lub przełącznik, decydują o tym czy praca odbywa się z czasem kalibrowanym czy też z nie kalibrowanym. Jeżeli czas jest kalibrowany (zerowe położenie pokrętki lub położenie CAL przełącznika) to jednostkowej działce poziomej ekranu odpowiada odcinek czasu ustawiony na przełączniku rozciągu poziomego (*TIME/DIV*) i można mierzyć parametry czasowe (lub częstotliwościowe) rejestrowanych przebiegów. Jeżeli czas nie jest kalibrowany (położenie VAR przełącznika lub niezerowe położenie pokrętki) to nie wiadomo jaki odcinek czasu odpowiada pojedynczej poziomej działce ekranu i pomiar czasu nie jest możliwy. Przy pomiarach parametrów czasowych sygnału wygodnie jest przesunąć obraz w poziomie, tak aby wybrane punkty sygnału odpowiadały położeniom działek na ekranie. Do tego celu służy pokrętko *POZYCJONOWANIE OBRAZU W POZIOMIE (HORIZONTAL POSITION)*.

Poziomy ruch plamki świetlnej po ekranie rozpoczyna się od lewej krawędzi po wystąpieniu na wejściu *generatora podstawy czasu* impulsu wyzwalającego. We współczesnym oscyloskopie analogowym istnieją przynajmniej dwa tryby wyzwalania automatyczny i normalny. Wyboru trybu wyzwalania dokonuje się przełącznikiem *TRYB WYZWALANIA (TRIGGER MODE)* ustawiając go w pozycji *AUTO* lub *NORM*. W trybie automatycznym (*AUTO*) impulsy wyzwalające generowane są przez *układy automatycznej pracy* oscyloskopu. W trybie normalnym (*NORM*) impulsy wyzwalające są generowane przez *układ wyzwalania generatora rozciągu*.



Układ wyzwalania generatora rozciągu formuje impulsy wyzwalające generator podstawy czasu w momentach uzależnionych od wybranego źródła wyzwalania oraz ustawionych: zbocza wyzwalającego i poziomu wyzwalania. Wyboru źródła wyzwalania dokonuje się przełącznikiem *ŹRÓDŁO WYZWALANIA (TRIGGER SOURCE)* ustawiając je w jedną z pozycji *WEWN (CH1)*, *ZEWN (EXT)*, *SIEĆ (LINE)*. Położenie *WEWN (CH1)* oznacza że moment wyzwalania będzie uzależniony od charakteru zmienności obserwowanego sygnału. W oscyloskopie umożliwiającym równoczesną obserwację kilku sygnałów (oscyloskopy dwukanałowe, dwustrumieniowe wielokanałowe) przy wyzwalaniu wewnętrznym należy wybrać odpowiedni sygnał wyzwalający

(*CH1, CH2, ...*). W ustawieniu *EXT* momenty wyzwalania będą zdeterminowane własnościami zewnętrznego sygnału podawanego na *WEJŚCIE WYZWALAJĄCE (EXT TRIG IN)* oscyloskopu. Wreszcie w ustawieniu *LINE* momenty wyzwalania będą zdeterminowane przez własności sygnału sieci zasilającej 220V 50Hz.

Przełącznik *ŹRÓDŁO WYZWALANIA (TRIGGER SOURCE)* pozwala wybrać sygnał, którego własności zadecydują o momentach generowania impulsów wyzwających. Sam moment wyzwania jest zdeterminowany pozycją przełącznika *ZBOCZE (SLOPE)* oraz pokrętła *POZIOM (TRIGGER LEVEL)*. Pokrętło *POZIOM* decyduje przez jaki poziom musi przejść sygnał wyzwający aby nastąpiła generacja impulsu wyzwającego. Przełącznik *ZBOCZE* decyduje czy będzie to przejście powyżej tego poziomu (na zboczu narastającym) czy poniżej tego poziomu (na zboczu opadającym). Ideę wyboru zbocza i nastawienia poziomu wyzwania obrazuje rys. 3. Odpowiedni dla danego pomiaru wybór sygnału wyzwającego oraz ustalenie zbocza wyzwającego i poziomu wyzwania są warunkami uzyskania stabilnego obrazu w pomiarach oscyloskopowych sygnałów powtarzalnych. Jeżeli poziom wyzwania (*TRIGGER LEVEL*) jest zbyt wysoki lub zbyt niski w stosunku do zakresu zmienności sygnału wyzwającego to w trybie *NORM* nie następuje generacja impulsów wyzwających (rys. 3) i nie pojawia się obraz na ekranie oscyloskopu. W trybie *AUTO* układ pracy automatycznej generuje impulsy wyzwające, dzięki czemu otrzymuje się obraz na ekranie niezależnie od parametrów sygnału, ale obraz może być niestabilny.

Pionowy ruch plamki świetlnej sterowany rejestrowanym przebiegiem

Przy obserwacji przebiegów, rejestrowany sygnał zmienny w czasie jest podawany na płytki odchylenia pionowego. Wskutek zmienności w czasie sygnału podawanego na *WEJŚCIE POMIAROWE* (oznaczone odpowiednio do toru pomiarowego *Y1, Y2* lub *CH1, CH2*; są to wejścia napięciowe) zmienia się pole elektryczne między płytkami odchylenia pionowego, co obserwuje się jako ruch plamki świetlnej w kierunku pionowym. W pojedynczym torze pomiarowym można wyróżnić 3 podstawowe bloki funkcjonalne: układ sprzęgania wejścia, tłumik i wzmacniacz sygnału odchylenia pionowego.

Parametry pojedynczego toru pomiarowego ustawia się za pomocą trzech regulatorów na płycie czołowej oscyloskopu. Pierwszym jest potencjometr przesuwania poziomu zera - *POZYCJONOWANIA W PIONIE (VERTICAL POSITION)*. Umożliwia on przesuwanie obrazu w pionie, tak aby wybrane punkty sygnału odpowiadały położeniom działek osi rzędnych na ekranie. Drugi z elementów to przełącznik wielopozycyjny rozciągu pionowego *VOLT/DZ (VOLTS/DIV)*, określanego jako *CZUŁOŚĆ (SENSITIVITY)* Skala opisująca ten przełącznik określa ile woltów (miliwoltów, mikrowoltów) obrazowanego napięcia przypada na pojedynczą działkę osi rzędnych ekranu. Z przełącznikiem tym związane jest pokrętło potencjometru, z reguły zamocowane na wspólnej osi pozwalające płynnie zmieniać wartość napięcia odpowiadającą pojedynczej działce (kratce) pionowej ekranu. Położenie tego pokrętła decyduje czy jest kalibrowana czy nie oś odchylenia pionowego. Jeżeli oś jest kalibrowana (zerowe położenie pokrętła) to jednej działce pionowej ekranu odpowiada wartość mierzonego napięcia ustawiona na przełączniku rozciągu pionowego (*VOLTS/DIV*) i można oceniać parametry napięciowe rejestrowanego przebiegu. Jeżeli os *Y* nie jest kalibrowana (niezerowe położenie pokrętła) to nie wiadomo jaka zmiana napięcia odpowiada pojedynczej pionowej działce ekranu. Trzecim elementem regulacyjnym jest przełącznik decydujący o sposobie sprzęgania wejścia z torem *Y (COUPLING)*. Standardowo można go ustawić w jednym z trzech położenia opisanych jako *AC, GND, DC*. Położenie *AC* oznacza blokowanie składowej stałej sygnału i jest użyteczne przy obserwacji sygnałów o dominującej składowej stałej. Po zablokowaniu składowej stałej, sygnał mierzony można obserwować przy ustawionej dużej rozdzielczości napięciowej. W położeniu *GND* wejście toru pomiarowego

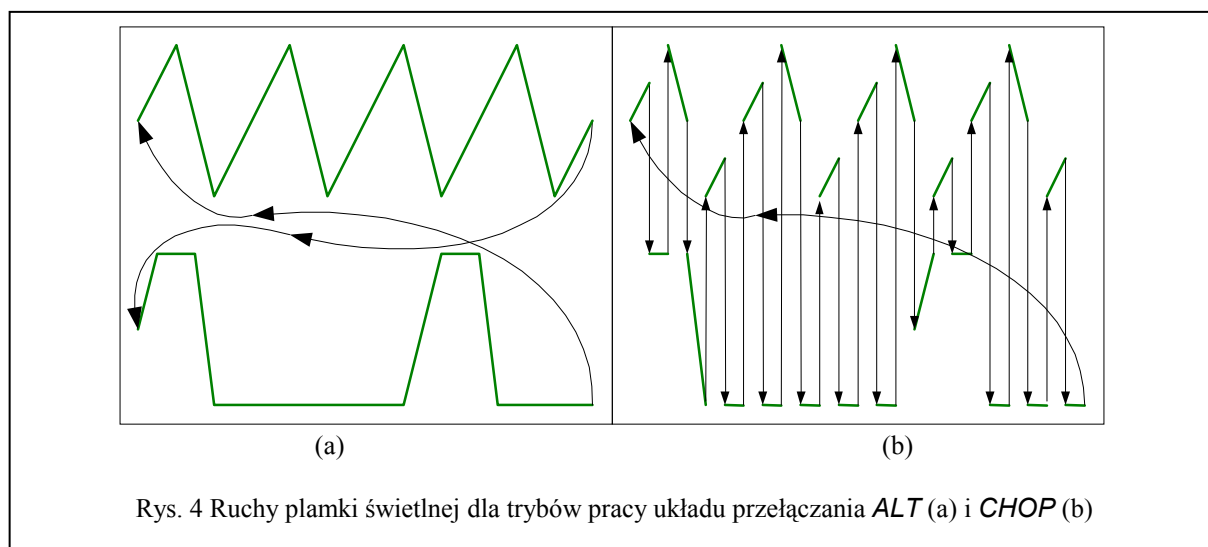
jest zwarte do masy oscyloskopu a sygnał z wejścia pomiarowego jest odłączony. Pozwala to na ustalenie poziomu zerowego na ekranie. W trzecim położeniu *DC*, sygnał podawany jest bezpośrednio na dalsze układy bez eliminacji składowej stałej ani żadnych innych.

Trzy podstawowe, wymienione elementy regulacyjne są niezależne dla każdego toru pomiarowego oscyloskopu i powielone tyle razy ile torów pomiarowych posiada oscyloskop. Czasami można spotkać dodatkowe elementy regulacyjne dla wybranych kanałów takie jak przełącznik *INWERSJA (NORM/INV)* pozwalający na zwierciadlane odbicie sygnału napięciowego względem poziomu 0, lub przełącznik *X1/X5* umożliwiający dodatkowe powielenie lub podzielenie sygnału wejściowego w stosunku do nastaw przełącznika rozciągu pionowego.

Pomiary wielokanałowe

Współczesne oscyloskopy posiadają z reguły przynajmniej dwa tory pomiarowe, co umożliwia równoczesną obserwację dwóch przebiegów. Wyboru obserwowanego sygnału dokonuje się ustawiając odpowiednio przełącznik wyboru *TORU POMIAROWEGO* oznaczany z reguły *MODE* (w grupie *VERTICAL*). Bardziej rozbudowane wersje oscyloskopów oprócz pomiarów z pojedynczych kanałów (położenia *CH1*, *CH2* przełącznika *MODE*), umożliwia pomiar obserwowanych sygnałów w dwu kanałach jednocześnie (położenie *DUAL* przełącznika *MODE*), pozwalają również na wykonywanie pewnych operacji na sygnałach np. ich dodawanie (*ADD*), odejmowanie, mnożenie itp. W oscyloskopie dwukanałowym (wielokanałowym) przełącznik źródła wyzwalania podstawy czasu (*TRIGGER SOURCE*) musi umożliwiać wyzwalania z każdego kanału (a często także umożliwia wyzwalanie podstawy czasu sygnałem wypadkowym).

Jeżeli konstrukcja lampy oscyloskopowej umożliwia emisję i sterowanie dwóch strumieni elektronów (dwóch plamek świetlnych) to każdy z kanałów pomiarowych steruje odchyleniem jednego ze strumieni (lampę oscyloskopową o takich własnościach nazywamy lampą dwustrumieniową). Jeżeli oscyloskop nie jest wyposażony w lampę dwustrumieniową, to jest on wyposażony w układ przełączania umożliwiający pracę w jednym z dwóch trybów: przełączanym (*ALT*) lub siekanym (*CHOP*) rys. 4.



Tryb przełączany (*ALT*) oznacza, że odchylenie w kierunku poziomym (podstawy czasu) jest przełączane co cykl z jednego kanału do drugiego. W trybie siekanym, w ramach jednego poziomego przejścia plamki przez ekran sterowanie jest przełączane z dużą częstotliwością pomiędzy torami pomiarowymi 1 i 2. Tryb pracy układu przełączania jest wybierany odpowiednim przełącznikiem na płycie czołowej oscyloskopu (*ALT/CHOP*) lub może być związany z położeniem przełącznika rozciągu poziomego i zdeterminowany przez wybór częstotliwości podstawy czasu. Jeżeli wybór trybu pracy układu przełączania dokonywany jest niezależnym przełącznikiem płyty czołowej to zaleca się wybór pracy w trybie siekanym dla sygnałów o małej częstotliwości (nastawy przełącznika rozciągu poziomego na wartości powyżej 10 ms/div), a wybór pracy w trybie przełączanym dla sygnałów o dużej częstotliwości (nastawy przełącznika rozciągu poziomego na wartości poniżej 0.1 ms/div). Dla nastaw pośrednich można wybrać jeden z trybów, przy czym tryb siekany daje stabilniejszy obraz.

W oscyloskopach dwukanałowych istnieje z reguły możliwość takiego skonfigurowania przyrządu, aby sygnał jednego toru pomiarowego sterował odchyleniem plamki w pionie, a drugiego toru odchyleniem plamki w poziomie. Ten tryb pracy oscyloskopu (bez wyzwiania podstawy czasu), nazywany XY, jest szczególnie użyteczny w przypadku pomiarów przesunięcia fazowego (figury Lissajous), rezystancji dynamicznej oraz obrazowania charakterystyk statycznych i dynamicznych elementów elektronicznych.

Możliwości pomiarowe oscyloskopów można rozszerzyć również przez zastosowanie odpowiednich sond pomiarowych dołączanych do wejść pomiarowych.

Rodzaje oscyloskopów

Produkowane obecnie oscyloskopy można podzielić na cztery (wymienione będą niżej) grupy:

Oscyloskopy analogowe

W oscyloskopie analogowym obraz przebiegu jest rysowany na ekranie lampy oscyloskopowej w czasie rzeczywistym, tzn. plamka świetlna porusza się na ekranie śledząc aktualne zmiany rejestrowanej wielkości z upływem czasu, lub jednej wielkości w funkcji drugiej wielkości.

Do podstawowych pomiarowych parametrów oscyloskopu analogowego należą:

- pasmo częstotliwości oscyloskopu
- współczynnik odchylenia toru Y
- współczynnik czasu
- liczba torów wejściowych
- parametry lampy oscyloskopowej

Większość współczesnych oscyloskopów posiada przynajmniej dwa tory wejściowe (kanały wejściowe) co umożliwia jednoczesną obserwację dwu różnych przebiegów i ich wzajemne porównywanie. Osiąga się to przez zastosowanie jednego z dwu rozwiązań technicznych: dwustrumieniowej lampy oscyloskopowej lub przełącznika elektronicznego, który przełącza lampę oscyloskopową między przebiegami torów. Rejestracja pojedynczych przebiegów,

(wyzwalanych jednorazowo) jest możliwa na oscyloskopie analogowym jedynie przy zastosowaniu dodatkowego wyposażenia, np. sprzężonego aparatu fotograficznego.

Oscyloskopy analogowe z lampą pamiętającą

Są to oscyloskopy analogowe wyposażone w lampę o specjalnej konstrukcji (lampę pamiętającą) która oprócz zwykłej obserwacji obrazu (jak w oscyloskopie analogowym) umożliwia zapamiętanie wewnątrz lampy obrazu przebiegu i wyświetlanie go przez pewien czas na ekranie przez co ułatwia obserwację pojedynczych przebiegów. Podstawowe parametry takiej lampy to:

- rodzaj pamięci: bistabilna lub o zmiennym czasie poświaty;
- czas pamiętania;
- szybkość rysowania wyrażona w $\text{cm}/\mu\text{s}$;

Oscyloskopy cyfrowe

Szybki postęp technologiczny w dziedzinie wytwarzania układów cyfrowych o dużym stopniu integracji, a zwłaszcza przetworników analogowo-cyfrowych i mikroprocesorów, otworzył drogę do produkcji oscyloskopów cyfrowych. Działanie oscyloskopu cyfrowego polega na pobieraniu próbek badanego sygnału równych jego wartości chwilowej w momencie próbkowania, oraz zapamiętaniu ich (po przetworzeniu w przetworniku AC na postać słowa cyfrowego) w pamięci cyfrowej. Sygnał odczytywany z pamięci jest wyświetlany w sposób stabilny na ekranie. Istotnymi zaletami oscyloskopów cyfrowych są: możliwość matematycznej obróbki zapamiętanych sygnałów i automatyzacji pomiaru różnych parametrów sygnału (analizatory przebiegów), możliwość zapamiętywania i przesyłania sygnałów na duże odległości, możliwość sprzęgania oscyloskopu z systemami pomiarowymi, możliwość barwnej prezentacji wielu przebiegów na monitorze z kolorową lampą kineskopową i inne. Główne parametry oscyloskopów cyfrowych to:

- pasmo częstotliwości dla przebiegów jednorazowych (graniczna częstotliwość próbkowania)
- pasmo częstotliwości dla przebiegów powtarzalnych
- zdolność rozdzielacza w kierunku osi poziomej i pionowej (rozdzielczość stosowanego przetwornika analogowo-cyfrowego)

Ze względu na malejące ceny układów dużej skali integracji oraz możliwościami wynikającymi z cyfrowej obróbki sygnału oscyloskopy cyfrowe stają się coraz popularniejsze.

Literatura:

- [1] Rydzewski Jerzy, *Pomiary Oscyloskopowe*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1994
- [2] Rydzewski Jerzy, *Oscyloskop Elektroniczny*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982
- [3] Rrien van Erk, *Oscilloscopes, Functional Operation and Measuring Examples*, McGraw-Hill Book Company, 1978

Pytania kontrolne

1. Dla jakich częstotliwości badanego przebiegu właściwa jest praca siekana a dla jakich przełączana?
2. Jaki tryb wyzwania należy przyjąć jeśli na wejścia nie podajemy żadnego sygnału a chcemy ustalić oś zera?
3. Jak powinna przebiegać procedura regulacji oscyloskopu po podłączeniu sygnału na wejście mająca na celu uzyskanie stabilnego obrazu?
4. Jaka jest różnica pomiędzy trybami wyzwania AUTO i NORM?
5. O czym należy pamiętać chcąc odczytać parametry napięciowe i czasowe badanego przebiegu?