

# OSCYLOSKOP - PODSTAWOWY PRZYRZĄD ELEKTRONIKA

## **Wstęp.**

Celem niniejszego opisu jest podanie niezbędnych wiadomości umożliwiających efektywne posługiwanie się podstawowym narzędziem elektronika, jakim jest oscyloskop. Podana tu treść stanowi wiedzę podstawową o budowie oscyloskopów zawierających elektronowe lampy oscyloskopowe oraz o rozmaitych pomiarach za pomocą oscyloskopu, głównie o pomiarach napięciowych i czasowych parametrów sygnałów elektrycznych.

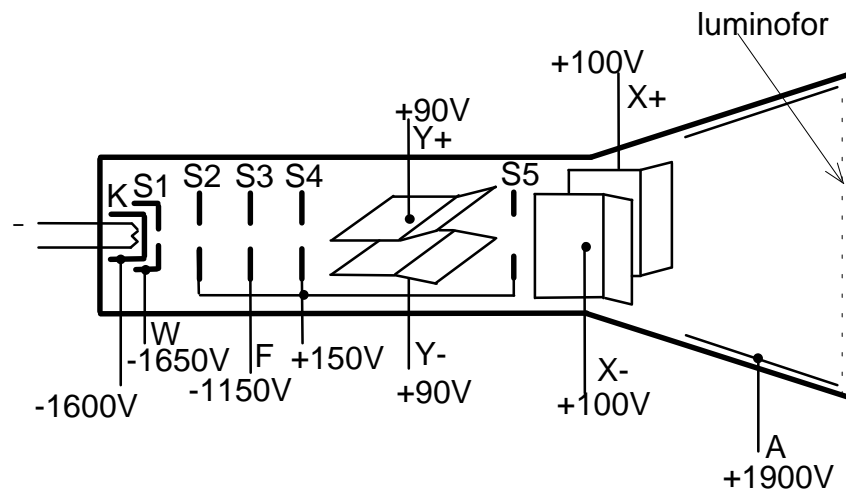
Oprócz nazwy "oscyloskop" można spotkać nazwę "oscylograf". Nazwą "oscyloskop" należy określać urządzenie pozwalające tylko na wizualną obserwację obrazów powstających na ekranie urządzenia. Nazwą "oscylograf" należy określać urządzenie pozwalające na uzyskiwanie utrwalonych obrazów powstających na ekranie; oscylografem będzie np. zestaw zawierający oscyloskop i aparat fotograficzny rejestrujący na kliszy obraz tworzony na ekranie oscyloskopu, jakkolwiek często w praktyce słowem "oscylograf" określa się urządzenie służące tylko do wizualnej obserwacji obrazów.

## **Przeznaczenie oscyloskopu.**

Zasadniczym przeznaczeniem oscyloskopu jest otrzymywanie obrazów przedstawiających zależność badanych napięć elektrycznych od czasu. W oscyloskopie zwykle istnieje także możliwość otrzymywania obrazów przedstawiających wzajemne powiązanie występujących w tych samych momentach czasowych dwu napięć elektrycznych; w szczególności będzie to zależność jednego napięcia od napięcia drugiego. Obrazy przedstawiające zależność napięcia od czasu uzyskuje się podczas pracy z włączoną podstawą czasu. Obrazy przedstawiające zależność jednego napięcia od napięcia drugiego uzyskuje się podczas tzw. pracy "X-Y".

## **Mechanizm powstawania obrazu na ekranie lampy oscyloskopowej.**

Obraz w oscyloskopie powstaje w wyniku przemieszczania się po ekranie tzw. lampy oscyloskopowej świecącej plamki o niewielkiej - w stosunku do rozmiarów ekranu - średnicy. Świecąca plamka powstaje w wyniku padania rozprędzonych elektronów na warstwę luminoforu, którą pokryta jest od wewnątrz płaska część (stanowiąca ekran) szklanej ścianki lampy oscyloskopowej. W luminoforze z miejsca, na które padają rozprędzone elektrony, jest wysyłane światło o natężeniu proporcjonalnym do natężenia strumienia padających elektronów. Najbardziej znanym luminoforem jest siarczek cynku wysyłający zielone światło. Świecąca plamka powstająca w warstwie luminoforu jest widoczna z zewnątrz poprzez szkło ścianki lampy. Lampa oscyloskopowa jest wewnątrz opróżniona z powietrza.



Rys. 1. Budowa lampy oscyloskopowej.

Przemieszczanie plamki po ekranie uzyskuje się poprzez odchylenie strumienia elektronów za pomocą pól elektrycznych. W oscyloskopach raczej nie stosuje się odchylenia elektronów za pomocą pola magnetycznego. Odchylające pola elektryczne są wytwarzane przez dwie pary płytek odchylających (zostały one wyraźnie narysowane na rys. 1). Jedna para płytek służy do pionowego (wzdłuż osi Y) odchylenia strumienia elektronów, druga - do odchylenia poziomego (wzdłuż osi X).

### Lampa oscyloskopowa.

Na rys. 1 został pokazany schematycznie przykład budowy lampy oscyloskopowej oraz przykładowe wartości napięć polaryzujących poszczególne elektrody. Poszczególne typy lamp mogą różnić się ilością elektrod ogniskujących i przyspieszających elektrony oraz połączeniami między nimi.

Opis poszczególnych elementów występujących na rys. 1 (poczynając z lewej strony):

- Ż - wyprowadzenie przewodów doprowadzających napięcie do grzejnika podgrzewającego katodę K, z której są emitowane elektrony.
- S1 - tzw. cylinder Wehnelta, czyli elektroda sterująca wielkością strumienia elektronów wypływających z katody poprzez wykonany w cylindrze otwór. Zmieniając potencjał tej elektrody (za pomocą pokrętła "JASNOŚĆ"), możemy regulować jasność plamki od jasności maksymalnej do zupełnego jej zaniku. Cylinder Wehnelta, posiadający potencjał niższy od potencjału katody, wraz z katodą stanowi układ wytwarzający pole elektryczne działające skupiająco na elektrony znajdujące się w pobliżu otworu w cylindrze; skupiające elektrony pole elektryczne stanowi pierwszą soczewkę skupiającą elektrony.
- S2 - elektroda przyspieszająca elektrony.

S3 - elektroda skupiająca elektrony; pole elektryczne wytworzone przez układ elektrod S2 i S3 stanowi drugą soczewkę skupiającą elektrony.

S4 i S5 - elektrody przyspieszające elektrony.

Y-, Y+ - płytki odchylające strumień elektronów pionowo (do góry i do dołu).

X-, X+ - płytki odchylające strumień elektronów poziomo. Płytki odchylające posiadające potencjał niższy od potencjału elektrod S4 i S5 oddziałują także ogniskująco na elektrony.

Rozmiary i kształty wszystkich elektrod (poczynając od cylindra Wehnelta a kończąc na płytkach odchylających) oraz wartości ich potencjałów elektrycznych są tak dobrane, by dolatujące do ekranu elektrony padały na pole o średnicy rzędu ułamka milimetra oraz by pionowe i poziome wychylenia plamki względem środka ekranu zależały liniowo do napięć występujących pomiędzy parami płytek odchylających. Przy braku napięć pomiędzy płytkami plamka powinna padać na środek ekranu. Elektrody S2, S3 i S4 mają kształt cylindrów, zwykle obustronnie zakończonych przesłonami z otworami o różnej wielkości; elektrony, które zbyt oddalają się od środka zatrzymują się na tych przesłonach (zobacz rys. 3). Elektroda S5 posiada kształt przesłony ze stosunkowo szeroką pionową szczeliną. Płytki odchylające są z przodu wygięte na zewnątrz, jak to widać na rys. 1.

W literaturze elektroda S1 bywa nazywana "siatką" a elektrody S1, S2 itd. bywają nazywane anodami: anoda pierwsza, anoda druga itd. Regulując potencjał elektrody S3 (za pomocą pokrętła "OSTROŚĆ"), regulujemy ostrość (rozmiary) plamki na ekranie. Ponieważ pewien wpływ na ostrość plamki ma wartość potencjału elektrody S1a także z tego powodu, że w większym strumieniu elektronów istnieje silniejsze ich wzajemne odpychanie się, zwykle po zmianie jasności plamki należy wyregulować jej ostrość, zmieniając za pomocą pokrętła "OSTROŚĆ" potencjał elektrody S3. Elektrody S2, S4 i S5 zwykle są ze sobą połączone. Poprzez regulację potencjału tych elektrod - za pomocą pokrętła "ASTYGMATYZM" - doprowadzamy do likwidacji astygmatyzmu, tak by plamka miała kształt małego kółeczka (a nie elipsy). Zwykle po korekcie astygmatyzmu należy (pokrętłem "OSTROŚĆ") wyregulować ostrość plamki. Elektroda A jest anodą lampy oscyloskopowej. Zwykle jest to napyłona grafitowa warstwa, do której jest dołączony dodatni biegun zasilacza wysokiego napięcia.

### **Zasada tworzenia obrazu badanego napięcia.**

Podczas normalnej pracy oscyloskopu (gdy w poziomym odchylaniu plamki uczestniczy generator podstawy czasu) pole elektryczne pochodzące od płytek X odchyła poziomo plamkę ze stałą, ustawioną przez użytkownika prędkością z lewej strony ekranu na stronę prawą, natomiast pole pochodzące od płytek Y odchyła plamkę z wielkością wychylenia proporcjonalną do wartości napięcia doprowadzonego do wejścia Y - w ten sposób powstaje na ekranie obraz przebiegu badanego napięcia w czasie. Wejście Y jest wejściem dla badanego (czyli oglądanego) napięcia. Kierunek wychylenia plamki (w górę lub w dół) zależy od znaku potencjału doprowadzonego do wejścia Y

oscylloskopu. Potencjałowi dodatniemu na wejściu Y powinno odpowiadać wychylenie plamki w górę, potencjałowi ujemnemu powinno odpowiadać wychylenie plamki do dołu. Podczas powrotnego ruchu poziomego plamki (odbywa się on zwykle z dużo większą prędkością, niż ruch plamki z lewej strony ekranu na stronę prawą,) stosuje się wygaszenie plamki poprzez doprowadzenie na ten czas do elektrody S1 potencjału ujemnego.

*W fabrycznych opisach działania oscylloskopów może być mowa o rozjaśnianiu plamki na czas jej ruchu po ekranie ze strony lewej na prawą, podczas gdy "normalnie" plamka jest wygaszona.*

Rozpędzone elektrony padające na ekran oprócz świecenia luminoforu w miejscu padania elektronów powodują wybijanie z luminoforu innych elektronów. Jeden elektron docierający do luminoforu wybija z niego kilka elektronów. Dzięki temu luminofor nie jest ładowany ujemnie; jest raczej jest ładowany dodatnio. Część wybitych elektronów dociera do anody, część powraca z powrotem do naładowanych dodatnio miejsc luminoforu. Aby zapobiec jakimkolwiek zmianom (głównie wzrostowi) potencjału luminoforu gdy pada nie niego wiązka rozpędzonych elektronów, podczas produkcji przednią część lampy, zawierającą luminofor, pokrywa się od wewnątrz cienką, przenikliwą dla elektronów warstwą metalu łączącą się z grafitową anodą. W takiej lampie ładunek dodatni powstający na luminoforze (w wyniku wybicia elektronów) będzie odpływał do anody przez tę cienką warstwę metalu.

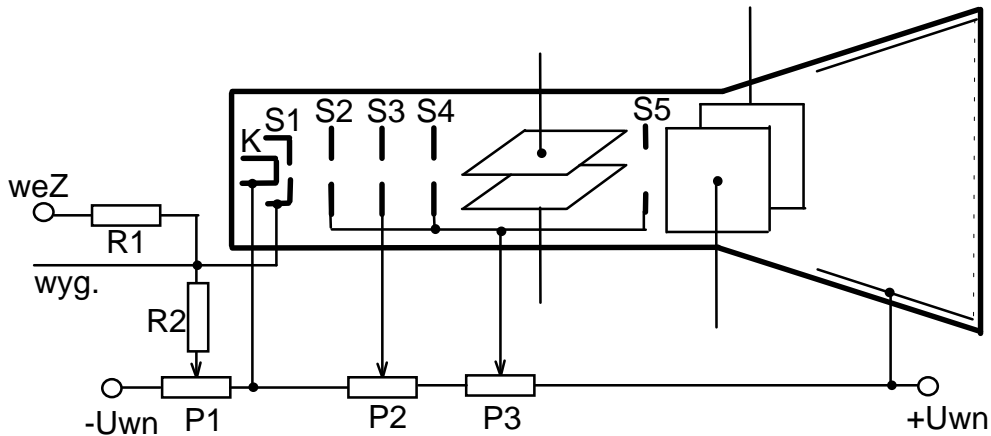
### **Zasilanie elektrod lampy oscylloskopowej**

Biegun ujemny zasilacza wysokiego napięcia jest doprowadzony do katody K lampy.

Elektrody S1, S2, S3, S4 i S5 są odpowiednio polaryzowane, np. poprzez dzielniki napięcia włączone pomiędzy dodatni a ujemny biegun zasilacza wysokiego napięcia (rys. 2). Ujemną polaryzację elektrody S1 uzyskuje się w takim rozwiązaniu przez zastosowanie w obwodzie wysokiego napięcia opornika szeregowego włączonego od strony bieguna ujemnego zasilacza i połączenie elektrody S1 z końcem opornika o potencjale niższym a katody z końcem opornika o potencjale wyższym. Potencjometry P1, P2 i P3 umożliwiają regulację potencjałów elektrod lampy oscylloskopowej. Za pomocą potencjometru P1 reguluje się jasność plamki. Na widoczny na rys. 2 przewód "wyg." doprowadzane jest napięcie w celu wygaszania plamki podczas jej powrotu i trwania czasu oczekiwania na start ruchu plamki. Poprzez wejście Z możemy modulować jasność plamki sygnałem doprowadzanym z zewnątrz oscylloskopu.

*Istnieją rozwiązania pozwalające na długoczasowe (stałoprądowe) sterowanie jasnością plamki sygnałem o niewielkim napięciu stałym doprowadzanym do wejścia Z przy potencjale elektrody S1 wynoszącym kilka tysięcy woltów poniżej potencjału masy.*

Oporniki R1 i R2 oddzielające wejście Z od suwaka potencjometru P1 umożliwiają niezależne działanie potencjometru P1 i wejścia Z.

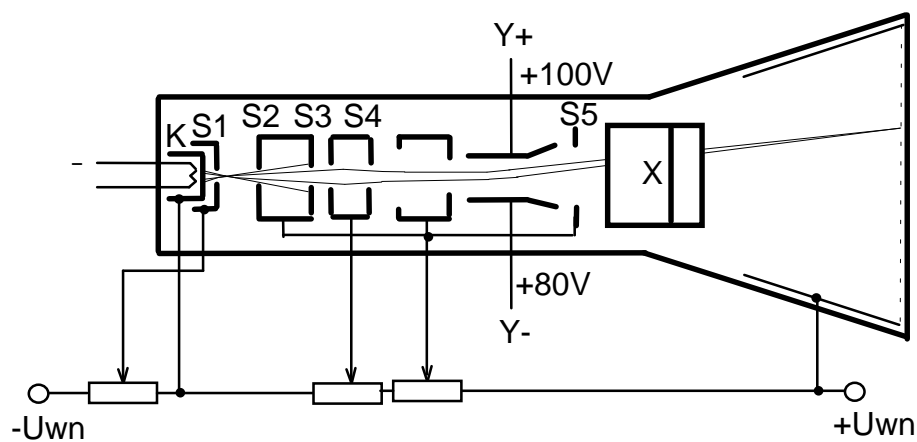


Rys. 2. Oporowe ustalenie potencjałów na elektrodach lampy oscyloskopowej.  $-U_{wn}$  i  $+U_{wn}$  oznaczają ujemny i dodatni biegun zasilacza wysokiego napięcia.

Do zasilania par płytek odchyłających stosuje się wzmacniacze z symetrycznymi wyjściami (gdy na jednym wyjściu potencjał np. maleje, to na drugim wyjściu potencjał wzrasta z taką samą bezwzględną wartością). Dzięki takiemu rozwiązaniu podczas odchylenia plamki wypadkowy potencjał w obszarze pary płytek odchyłających nie zmienia się, dzięki czemu prędkość liniowa elektronów także nie ulega zmianom - a z tym wiąże się liniowość i ostrość obrazów powstających na ekranie.

### Bieg wiązki elektronów w lampie oscyloskopowej.

Na rys. 3 zostały przedstawione torry 4-ch elektronów, z których dwa docierają do ekranu. Wiązka elektronów jest odchylana przez płytki Y+ i Y- do góry, gdyż potencjał płytki górnej jest wyższy od potencjału płytki dolnej.



Rys. 3. Torry elektronów biegnących wewnątrz lampy oscyloskopowej.

*Przedstawiony na rys. 1 rozkład potencjałów na elektrodach lampy oscyloskopowej jest właściwy dla oscyloskopu zawierającego tranzystorowe wzmacniacze napięć odchyłających strumień elektronów. Takie ustawienie*

potencjałów elektrod lampy pozwala na bezpośrednie połączenie płytek odchylających z elektrodami wyjściowymi elementów wzmacniających jakimi są kolektory tranzystorów. Dzięki tym bezpośrednim połączeniom uzyskuje się szerokie pasmo częstotliwości podawanych na płytki odchylające napięcie. Średnie potencjały: +90V na płytkach odchylających pionowo i +100V na płytkach odchylających poziomo zostały dostosowane do możliwości pracy tranzystorów. Przy napięciu zasilającym wynoszącym około +200V łatwo jest zbudować stabilny stopień tranzystorowy dający napięcie wyjściowe o wymaganej amplitudzie ok. 150Vpp i składowej stałej napięcia ok. +100V. Przedstawione na rys. 1 wartości potencjałów (mierzone względem masy osyloskopu) mogłyby być inaczej rozłożone; np. potencjał elektrody S1 mógłby wynosić zero a potencjał anody +3550V. Wystąpiłby jednak wtedy problem z zapewnieniem wysokiego średniego potencjału (ok. +1700V względem masy) na wyjściach wzmacniaczy podających napięcia na płytki odchylające. Rozwiązanie takie byłoby bardzo trudno zrealizować stosując technikę tranzystorowej.

### **Tworzenie "nieruchomego" obrazu.**

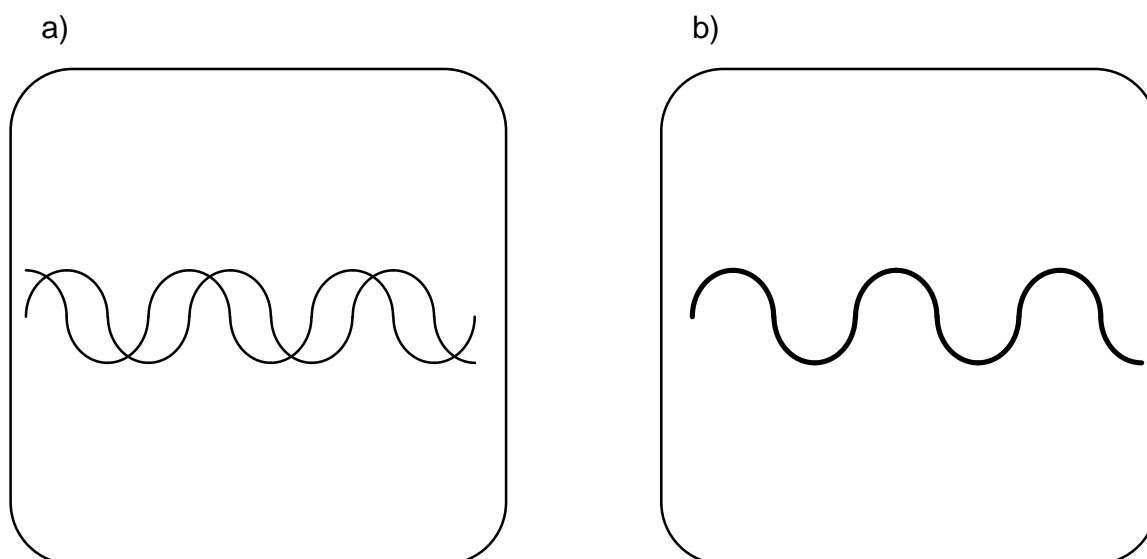
Podczas "rysowania" na ekranie oscyloskopu obrazu badanego napięcia rozjaśniona plamka przemieszcza się po ekranie z lewej strony na stronę prawą ze stałą prędkością pod wpływem narastającego liniowo w czasie pola elektrycznego występującego pomiędzy płytkami odchylającymi poziomo. W tym czasie - pod wpływem działania płytek odchylających pionowo - plamka porusza się także w kierunku pionowym, kreśląc w rezultacie wykres przedstawiający zależność badanego napięcia od czasu.

Po osiągnięciu przez plamkę skrajnie prawego położenia na ekranie potencjały płytek szybko zmieniają się (na przeciwne), przemieszczając wygaszoną plamkę do położenia startowego przy lewym skraju ekranu, gdzie plamka, będąc wygaszona, czeka aż do pojawienia się następnego odchylającego ją poziomo pola.

Jednokrotny przebieg plamki kreślący obraz na ekranie jest trudny do obserwacji ze względu na natychmiastowe zanikanie obrazu. Jeśli badany przebieg napięcia w czasie występuje wielokrotnie, z odpowiednio dużą częstością (co najmniej 10 razy na sekundę), i zostanie doprowadzone do tego, że ruch plamki kreślącej wykres na ekranie będzie zaczynał się za każdym razem w tej samej fazie badanego przebiegu, to ruch plamki po ekranie będzie odbywał się po tym samym torze i - dzięki bezwładności wzroku - będziemy widzieć na ekranie czytelny wykres badanego napięcia (rys. 4.5b). Jeśli kształt badanego napięcia nie będzie się zmieniał, to obraz będzie dla obserwatora "nieruchomy". Jeśli podczas obserwacji kształt badanego napięcia będzie się zmieniał, obserwator będzie widział zmieniający się kształt wykresu.

Gdy nie ma powiązania momentów startu ruchu poziomego plamki, tzn. ruchu poziomego plamki następuje za każdym razem w innej fazie badanego napięcia, wtedy widzimy na ekranie kilka wykresów przesuniętych względem siebie w

poziomie (rys. 4.5a), albo płynący poziomo po ekranie wykres, albo nawet tylko jasną smugę bez możliwości zaobserwowania szczegółów. Wyzwalana podstawa czasu umożliwia uzyskiwanie obrazów badanych sygnałów o dużej stabilności.



Rys. 4.5. Wygląd obrazu dla przypadku startu ruchu poziomego plamki w różnych fazach napięcia badanego (brak synchronizacji - rys. a) i dla startów plamki w tej samej fazie napięcia badanego (istnienie synchronizacji - rys. b).

Do tego, aby zapewnić "start" plamki za każdym razem w tej samej fazie badanego przebiegu, służy układ wyzwalania generatora podstawy czasu. Zadaniem tego układu jest generowanie krótkich impulsów napięcia w momentach występowania określonej, tej samej fazy badanego przebiegu. Impulsy te są doprowadzone do generatora podstawy czasu. Pod wpływem takiego impulsu w generatorze podstawy czasu następuje rozpoczęcie generowania liniowo narastającego w czasie napięcia. Napięcie to po wzmacnieniu we wzmacniaczu X (z symetrycznym wyjściem) jest podawane na płytki odchylające poziomo.

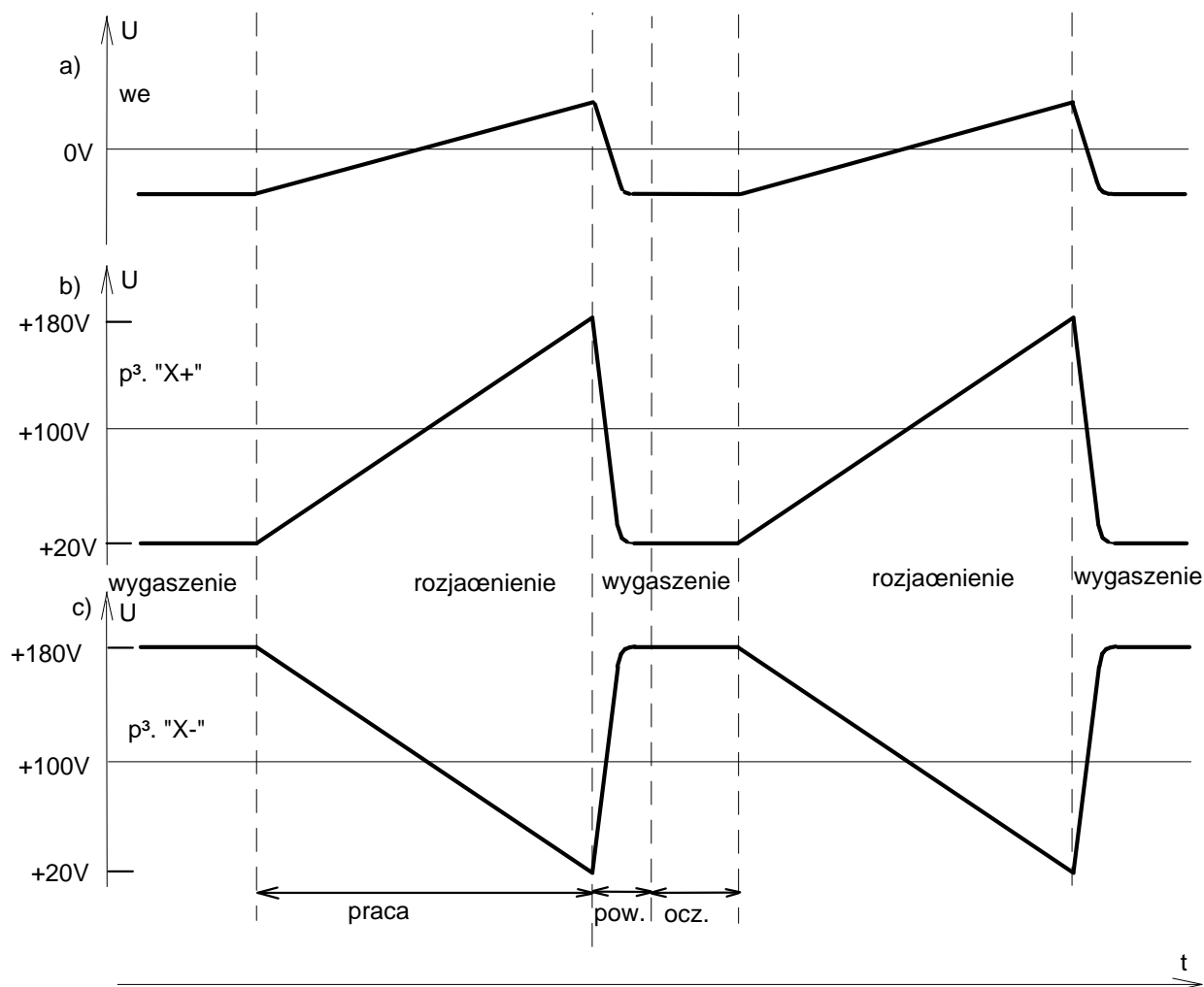
*W dawniejszych oscyloskopach zwykle były stosowane "samobieżne" (samowzbudne) generatory podstawy czasu. Po powrocie plamki w lewe położenie start generowania liniowo narastającego napięcia w generatorze podstawy czasu następował automatycznie a powiązanie momentu tego startu ze stałą fazą badanego przebiegu było osiągane poprzez synchronizację napięcia generowanego przez generator podstawy czasu z napięciem badanym. W prymitywnych rozwiązaniach, w których nie występowała faza oczekiwania pomiędzy powrotem plamki i jej następnym startem, zsynchronizowanie generatora podstawy czasu z oglądanym na oscyloskopie (albo innym) przebiegiem powodowało skrócenie poziomego wymiaru obrazu. W oscyloskopach lepszych występował krótki okres "oczekiwania" samoczynnie zakańczany, którego moment zakończenia mógł jednak być zsynchronizowany z oglądanym przebiegiem. Przy takim rozwiązaniu szerokość pozioma obrazu nie zależała od zsynchronizowania. Budowane dawniej oscyloskopy z "wyzwalaną podstawą czasu" (tzn. z wyzwalanym generatorem podstawy czasu) nosiły nazwę*

oscyloskopów impulsowych. Oscyloskopy uniwersalne posiadały możliwość wybrania pracy samowzbudnej (z możliwością synchronizacji) albo wyzwalanej.

Obecnie budowane oscyloskopy posiadają tzw. wyzwalany generator podstawy czasu oraz układ generujący impulsy wyzwalające generator podstawy czasu (tzn. startujące początek narastania liniowo napięcia podawanego przez wzmacniacz na płytki odchylające poziomo plamkę).

### Napięcie odchylające plamkę poziomo.

Na rys. 4 zostały pokazane wykresy przebiegów potencjałów doprowadzanych do pary płytek odchylających plamkę poziomo. Sygnały na elektrodach wyjściowych wzmacniacza X są nie tylko wzmocnione ale i posiadają składową stałą potencjału, wynoszącą w naszym przykładzie +100V. Wielkość składowych stałych potencjałów płytek odchylających zależy od konkretnego typu lampy oscyloskopowej. Płytki odchylające poziomo wymagają podania większej amplitudy napięcia (do uzyskania takiego samego odchylenia plamki), niż płytki odchylające pionowo; wynika to z geometrii układu i stąd, że elektrony znajdujące się bliżej ekranu poruszają się szybciej.



Rys. 4. Przebiegi potencjałów na płytkach odchylających poziomo: a - sygnał doprowadzany do wejścia wzmacniacza X, b - przebieg na płytce prawej ("X+"), c - przebieg na płytce lewej ("X-"). Oznaczenia przedziałów czasu:



"wygaszenie" - przedział czasu, w którym plamka jest wygaszona, "rozjaśnienie" - przedział czasu, w którym plamka jest rozjaśniona, "praca" - przedział czasu, w którym plamka odbywa ruch ze stałą prędkością z lewej strony ekranu na stronę prawą, "pow" - przedział czasu, w którym następuje powrót plamki, "ocz.." - przedział czasu, w którym jest możliwy start generatora podstawy czasu (generator czeka na impuls wyzwalający, czyli zachodzi oczekiwanie wygaszonej plamki na następny ruch w prawo).

### **Praca X-Y.**

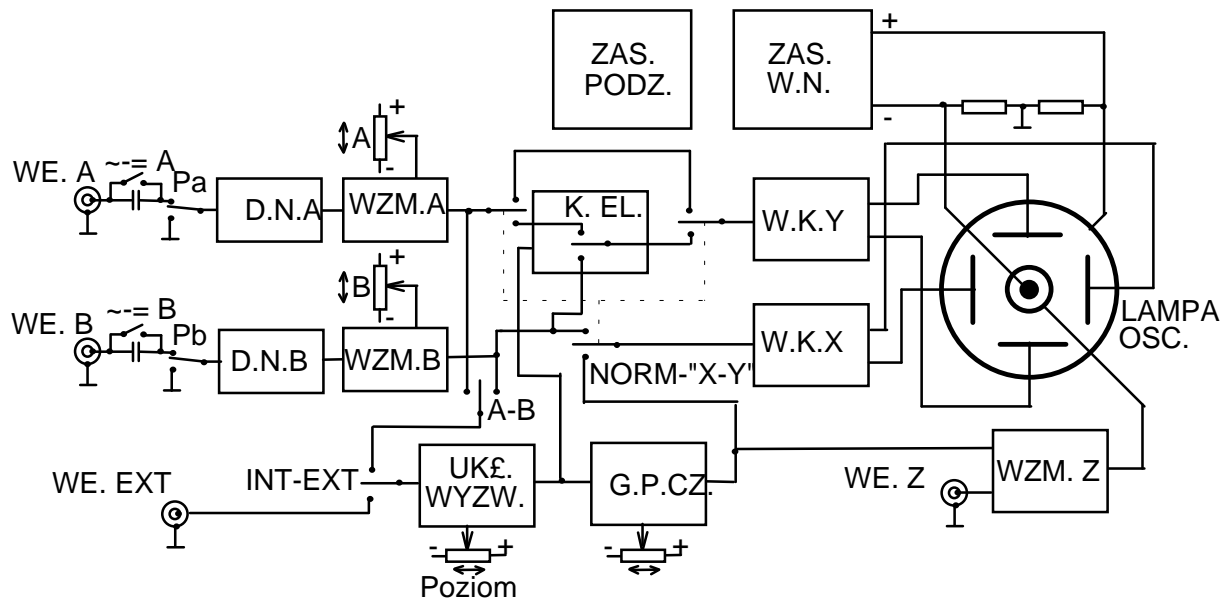
Przy pracy "X-Y" odchylenie plamki po ekranie zachodzi w obu kierunkach pod wpływem napięć doprowadzonych do wejść oscyloskopu: pionowo - pod wpływem napięcia doprowadzonego do wejścia Y i poziomo - pod wpływem napięcia doprowadzonego do wejścia X. Oczywiście, przy pracy "X-Y" istnieje proporcjonalność i zależność kierunku wychylenia plamki od wartości i polaryzacji napięć podawanych na wejścia Y i X. Potencjałowi dodatniemu na wejściu X odpowiada wychylenie plamki w prawo (patrząc od strony obserwatora). Przy pracy "X-Y" nie ma wygaszania plamki podczas jej ruchu ze strony prawej na stronę lewą ekranu.

### **Oscyloskop dwukanałowy.**

Budowane obecnie oscyloskopy są oscyloskopami tzw. dwukanałowymi. Istnienie dwu kanałów umożliwia jednoczesną obserwację dwu sygnałów na tym samym ekranie. Wzajemne położenie w poziomie (rzut na oś X) oglądanych na ekranie dwu obrazów zmian badanych napięć daje informację o wzajemnym położeniu zmian tych napięć w czasie.

### **Schemat blokowy oscyloskopu.**

Na rys. 5 został przedstawiony schemat blokowy zawierający podstawowe podzespoły, gniazda wejściowe oraz niektóre ważne elementy regulacyjne i przełączniki oscyloskopu dwukanałowego. Gniazda WE A i WE B są gniazdami wejściowymi obu kanałów oscyloskopu: kanału A i kanału B (po angielsku channel A i channel B); można też spotkać oznaczenia cyfrowe kanałów: kanał 1 i kanał 2. Klucze oznaczone napisami "~ = A" oraz "~ = B" pozwalają na niezależne ustawienie wejść obu kanałów w pozycji zmiennoprądowej albo stałoprądowej. W pozycji zmiennoprądowej (~) klucz jest otwarty i sygnał z gniazda wejściowego do dzielnika napięcia (dzielniki te zostały na rys. 5 oznaczone napisami "D.N. A" i "D. N. B") przechodzi przez kondensator, przez co jest odcięta składowa stała napięcia sygnału. W pozycji stałoprądowej (=) klucz jest zwarty, przez co do dzielnika napięcia dochodzi całkowity sygnał. Niezależne przełączniki Pa i Pb przy gniazdach wejściowych służą do podania potencjału "zero" (GND) na wejścia kanałów bez odłączania przewodów doprowadzających sygnał do gniazd wejściowych. Po ustawieniu przełącznika w pozycji GND widzimy na ekranie położenie plamki odpowiadające potencjałowi "zero" na wejściu danego kanału.



Rys. 5. Schemat blokowy oscyloskopu z najważniejszymi niektórymi elementami regulacyjnymi i przełącznikami.

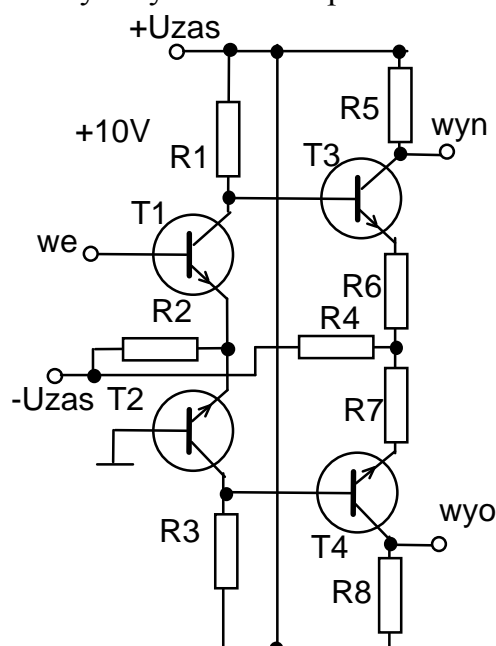
### Dzielniki napięcia.

Dzielniki napięcia (oznaczone na schemacie napisami "D.N.A" i "D.N.B") posiadają identyczną budowę. Zawierają szeregi oporników z dołączonymi kondensatorami o niewielkiej pojemności. Zadaniem tych kondensatorów jest kompensowanie wpływu pojemności montażowych na charakterystykę częstotliwościową dzielnika, tak aby była ona "płaska" dla jak najszerszego pasma częstotliwości. Dzielniki zawierają najczęściej przełączniki pokrętne. Pokręta przełączników są wyskalowane w wartościach "V/cm" albo "V/div" (wołty na centymetr albo wołty na działkę). Działką jest odległość pomiędzy kreskami naniesionymi na ekran oscyloskopu; zwykle działka na skali dzielona jest jeszcze na pięć mniejszych odcinków. Ustawiane skokowo przełącznikami pokrętnymi czułości kanałów oscyloskopu zawierają się w granicach od kilkudziesięciu V/cm do pojedynczych mV/cm. Oprócz przełączników pokrętnych, za pomocą których przełączamy skokowo czułości kanałów oscyloskopu istnieją jeszcze pokręta służące do płynnej regulacji czułości kanałów. Pokręta posiadają oznaczone położenia, dla których prawdziwe są odczyty czułości na pokrętłach przełączników; są to położenia "kalibrowane" (oznaczane napisami "CAL").

### Wzmacniacze sygnałów.

Sygnaly z dzielników napięcia D.N.A i D.N.B są podawane na wejścia wzmacniaczy WZM.A i WZM.B. Zwykle są to wzmacniacze z symetrycznym wyjściem. Wzmacniacz taki zawiera na początku stopień symetryzujący i ew. kilka stopni wzmacniających z symetrycznymi wejściami i wyjściami (rys. 6).

Tranzystory T1 i T2 z opornikami R1, R2 i R3 stanowią stopień symetryzujący; tranzystory T3 i T4 z opornikami R4 - R8 stanowią stopień wzmacniający.



Rys. 6. Stopień symetryzujący i stopień wzmacniający wzmacniacza z wyjściem symetrycznym.

W przypadku pracy normalnej (kiedy plamka jest odchylana poziomo sygnałem z generatora podstawy czasu) sygnały z dzielników napięcia, po wzmacnieniu we wzmacniaczach WZM.A i WZM.B, są kierowane do przełącznika elektronicznego "K. EL.". Sygnał z przełącznika elektronicznego jest podawany na wejście wzmacniacza końcowego Y (W.K.Y), "zasilającego" płytki odchylające Y.

W przypadku pracy "X-Y" sygnały z dzielników napięcia, po wzmacnieniu we wzmacniaczach WZM.A i WZM.B są kierowane bezpośrednio do wejść wzmacniaczy końcowych W.K.Y i W.K.X, podających napięcia na płytki odchylające..

Potencjometry " $\updownarrow$ A" i " $\updownarrow$ B" służą do przesuwu obrazów oglądanych sygnałów. Przy pracy normalnej oba służą do niezależnego przesuwania na ekranie do góry i do dołu obrazów sygnałów doprowadzanych do kanałów odpowiednio A i B; do przesuwania obrazu w lewo i w prawo służy wtedy potencjometr " $\leftrightarrow$ ".

Przy pracy "X-Y" potencjometr " $\updownarrow$ A" służy do przesuwania obrazu do góry i do dołu a jeśli chodzi o przesuwanie obrazu w lewo i w prawo, to - w zależności od typu oscyloskopu - może być ono dokonywane potencjometrem " $\updownarrow$ B" albo potencjometrem " $\leftrightarrow$ ".

### Klucz przełączający.

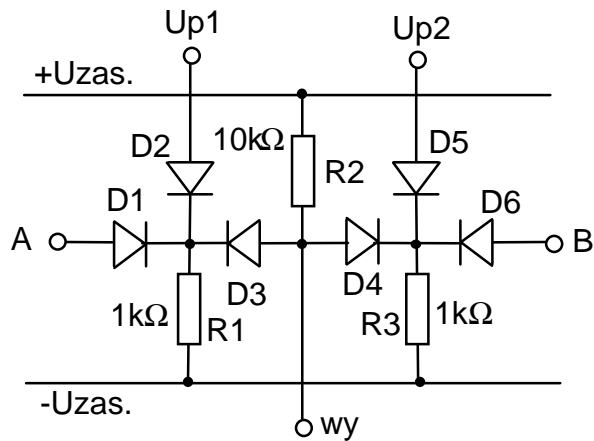
Zadaniem klucza elektronicznego (tzn. przełącznika, oznaczonego na rys. jako "K. EL.") jest podawanie do wzmacniacza Y naprzemian sygnałów z kanału A i z kanału B. Istnieją dwa tryby pracy tego klucza: praca naprzemienna (ALTERNATIVE) i praca siekana (CHOPPED). Podczas pracy

naprzemiennie do układu sterującego kluczem elektronicznym (układem sterującym może być tzw. dwójka licząca) są doprowadzane impulsy z generatora podstawy czasu tak że momenty przełączeń wypadają podczas powrotu plamki ze strony prawej na stronę lewą ekranu. W ten sposób podczas jednego przemieszczenia plamki ze strony lewej na prawą ekranu jest rysowany obraz napięcia doprowadzonego do kanału A, podczas drugiego przemieszczenia plamki jest rysowany obraz napięcia doprowadzonego do kanału B, podczas trzeciego przebiegu - obraz napięcia doprowadzonego do kanału A itd. Podczas pracy siekanej do dwójki sterującej kluczem elektronicznym jest doprowadzony sygnał z wewnętrznego generatora o dość dużej częstotliwości (kilkuset kHz). Oscyloskop zwykle zawiera specjalny przełącznik pozwalający na wybór trybu pracy klucza elektronicznego. Można jednak spotkać rozwiązanie, w którym przełącznik trybu pracy klucza elektronicznego jest sprzężony mechanicznie z przełącznikiem szybkości poziomego ruchu plamki: dla mniejszych szybkości jest praca siekana, dla większych szybkości jest praca naprzemienna.

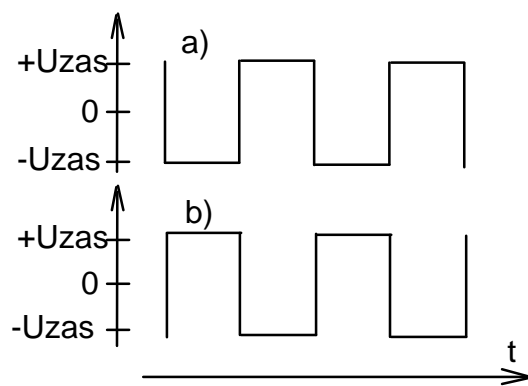
Na rys. 7 został przedstawiony przykładowy schemat klucza przełączającego. Elementami przełączającymi są tutaj diody prostujące półprzewodnikowe (D1 - D6) współpracujące z opornikami (R1 - R3). Do wejść "A" i "B" są doprowadzane sygnały (przełączane) pochodzące z dzielników napięcia "D.N. A" i "D.N. B" (rys. 5) a do wejść "Up 1" i "Up 2" są doprowadzone napięcia przełączające ze specjalnego generatora. Kształt napięć przełączających przedstawia rysunek 7. Ponieważ istniejące w układzie oporniki wpływałyby zbyt tłumiąco na sygnały pochodzące z dzielników napięcia, pomiędzy wyjściami dzielników a wejściami klucza przełączającego stosuje się wzmacniacze prądowe sygnałów.

### ***Działanie przełącznika.***

Dla poprawnego działania klucza napięcia na wejściach "A" i "B" muszą zawierać się w przedziale od  $-U_{zas} + U_b$  do wartości  $+U_{zas} - U_b$ , gdzie  $U_b$  oznacza wartość napięcia wynoszącą kilka woltów. Jeśli na wejściu Up 1 istnieje potencjał odpowiednio niski (równy  $-U_z$ ) a na wejściu Up 2 istnieje potencjał wysoki ( $+U_z$ ), to diody D1, D3 i D5 przewodzą a diody D2, D4 i D6 nie przewodzą, co oznacza, że na wyjście układu wy przechodzi sygnał z wejścia "A" (czyli z kanału A). Jeśli nastąpi zmiana i na wejściu Up1 będzie potencjał teraz wysoki a na wejściu Up2 będzie potencjał niski, to będzie sytuacja odwrotna i na wyjście będzie przechodził sygnał z kanału B. Przedstawiony na rys. 6 układ przełączający wprowadza tylko niewielkie przesunięcie składowej stałej sygnałów istniejących na wejściach "A" i "B" a to dlatego, że spadki potencjałów występujące na diodach D1 i D6 są kompensowane przez spadki "w drugą stronę" na diodach D3 i D4.

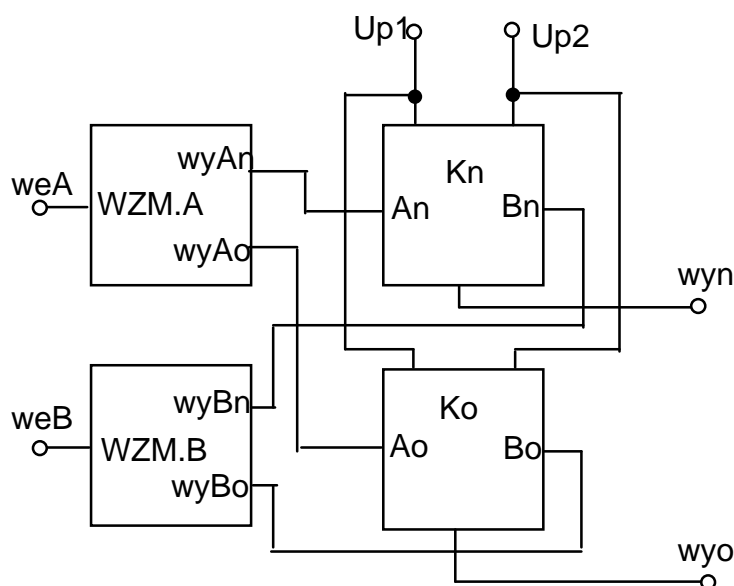


Rys. 7. Przykładowy schemat klucza przełączającego



Rys. 8. Kształty napięć przełączających na wejściach Up1 i Up2.

Ponieważ zwykle wzmacniacze WZM.A i WZM.B zawierają symetryczne, dwuprzewodowe wyjścia (nie licząc przewodu masowego), przełącznik elektroniczny zawiera dwa klucze przełączające (rys. 9): jeden klucz ( $K_n$ ) przełącza sygnały nieodwrócone (sygnały "zgodne" w fazie z sygnałami wejściowymi wzmacniaczy WZM.A i WZM.B), natomiast drugi klucz ( $K_o$ ) przełącza sygnały odwrócone (sygnały "odwrócone" w fazie względem sygnałów wejściowych wzmacniaczy).



Rys. 9. Zespół kluczy stanowiący przełącznik elektroniczny. Wskaźnikami "n" i "o" oznaczono przewody dla sygnałów "nieodwróconych" i "odwróconych" (wyAn, wyBn, wyn oraz wyAo, wyBo i wyo) oraz klucze: przełączający sygnały nieodwrócone (Kn) i odwrócone (Ko). Rozmieszczenie wejść i wyjść w kluczach jest takie samo jak na rys. 7.

Zadaniem wzmacniaczy końcowych "W.K.Y" oraz "W.K.X" (rys. 5) jest wzmocnienie napięć doprowadzanych do par płytek odchylających tak, aby napięcia te posiadały odpowiednie amplitudy. Dla uzyskania poziomego wychylenia plamki na skraj ekranu od położenia środkowego mogą być potrzebne zmiany potencjałów na płytkach odchylających dochodzące do 100V (czyli do 200V pomiędzy płytkami; na jednej płytce wzrost potencjału a na drugiej spadek potencjału). Jeśli chodzi o płytki odchylające pionowo, to do wychylenia plamki ze środka na skraj ekranu potrzebne są kilkakrotnie mniejsze napięcia. Wzmacniacze odchylające są szerokopasmowymi wzmacniaczami o pasmie wzmacnianych częstotliwości od zera (co oznacza wzmacnianie napięć stałych) do - nawet - kilkudziesięciu megaherców. Posiadają (zwykle) dwuprzewodowe symetryczne wejścia oraz dwuprzewodowe symetryczne wyjścia. Napięcia wyjściowe na obu przewodach wyjściowych takiego wzmacniacza posiadają taką samą wartość składowej stałej; dla układu z rys. 1 składowa stała wynosi +90 V dla wzmacniacza Y i +100V dla wzmacniacza X. Przykładowe przebiegi napięć na wejściu stopnia symetryzującego i wyjściu wzmacniacza końcowego (konkretnie w "torze" odchylania X, ale podobnie mogą wyglądać przebiegi w torze odchylania Y dla pracy jednokanałowej oscyloskopu) dobrze ilustruje rys. 4.

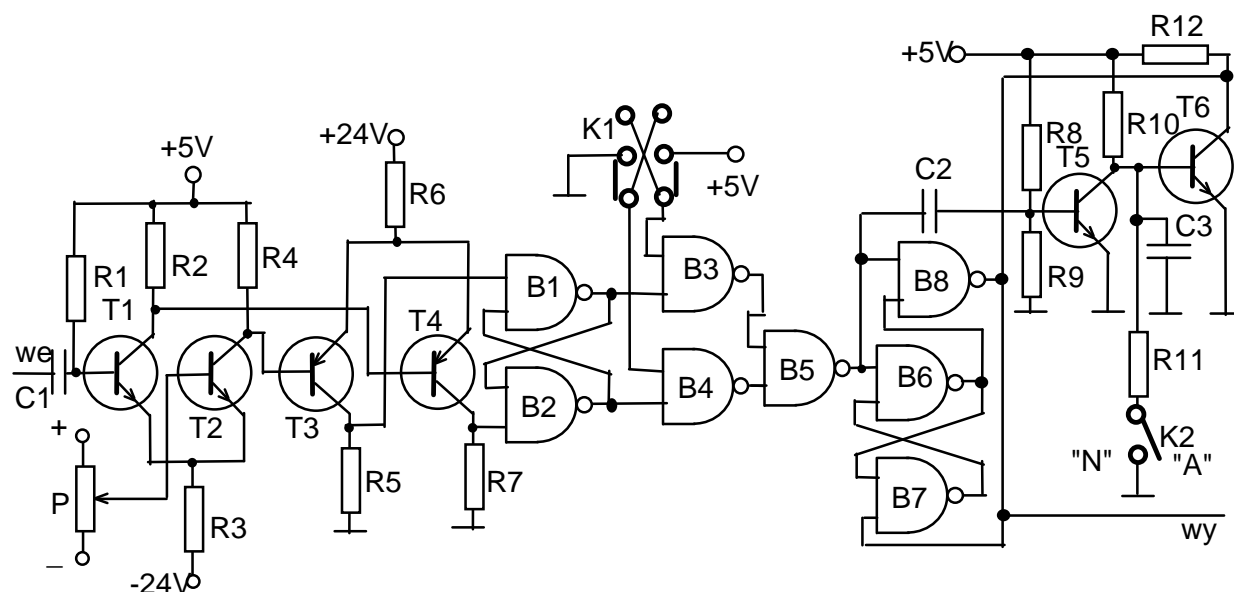
### **Odwracanie sygnału w jednym z kanałów.**

W celu umożliwienia uzyskania pomiaru różnicowego napięcia, stosuje się odwracanie sygnału w jednym z kanałów oscyloskopu. Aby odwrócić sygnał np. w kanale A, wystarczy za pomocą przełącznika zamienić miejscami przyłączenie przewodów biegnących z wyjść "wyAn" i "wyAo" stopnia

wzmacniającego wzmacniacza w kanale A do wejść An i Ao zespołu kluczy stanowiących przełącznik elektroniczny (rys. 9).

### Układ wyzwala generator podstawy czasu.

Zadaniem układu wyzwala generator podstawy czasu jest wytwarzanie impulsów wyzwala generator podstawy czasu powiązanych z wybraną przez użytkownika fazą sygnału (sygnałów) oglądanych na oscyloskopie. Na rys. 10 został przedstawiony przykład schematu takiego układu.



Rys. 10. Układ wyzwala generator podstawy czasu.

Na wejście "we" jest podawana składowa zmienna sygnału pobranego - w zależności od ustawienia przełącznika źródła wyzwala - ze wzmacniacza wybranego kanału oscyloskopu ew. wzmacniacza Y w przypadku wzmacniacza jednokanałowego (ustawienie "wyzwalanie wewnętrzne"), z uzwojenia wtórnego transformatora sieciowego znajdującego się w zasilaczu oscyloskopu (wyzwalanie sygnałem sieciowym) albo z gniazda "wyzwalanie zewnętrzne" (wyzwalanie sygnałem doprowadzonym do tego gniazda). Tranzystory T1 i T2 wraz z towarzyszącymi im opornikami tworzą wzmacniacz różnicowy, tranzystory T3 i T4 są dodatkowymi stopniami wzmacniającymi, podającymi na wejścia przerzutnika RS złożonego z bramek B1 i B2 sygnały odwrócone względem siebie. Przełącznik P z bramkami B3, B4 i B5 służy do wybierania wyjścia (bramki B1 albo bramki B2), z którego sygnał będzie przekazywany dalej - do wejścia bramki B6. Bramki B6, B7 i B8 tworzą układ wytwarzający krótkie impulsy ujemne (na wyjściu bramki B8) pod wpływem narastających zboczy napięcia prostokątnego podawanego na wejście górne bramki B6. Wytworzone krótkie impulsy ujemne są kierowane do generatora podstawy czasu jako impulsy wyzwala go.

Układ złożony z tranzystorów T5, T6 sterowany poprzez kondensator C2 napięciem z wyjścia bramki B5 i zawierającym klucz K2 służy do umożliwienia tzw. wyzwalań automatycznego (czyli pracy "samobieżnej") generatora podstawy czasu.

Tranzystor T5 z opornikami R7 i R8 pełni rolę prostownika rozładowującego kondensator C3. Jeśli na wyjściu bramki B5 nie ma napięcia zmiennego, wtedy tranzystor T5 nie przewodzi i górna okładka kondensatora C3 posiada potencjał ok. 0,7V a tranzystor T6 - jeśli klucz K2 jest otwarty - przewodzi i wymusza stan logiczny niski na wyjściu układu "wy" (wyjście bramki B8) i w rezultacie następuje automatyczne wyzwalań generatora podstawy czasu - mamy pracę automatyczną generatora podstawy czasu.

Jeśli podczas braku napięcia zmiennego na wyjściu bramki B5 klucz K2 jest zamknięty (tzn. ustawiona jest "praca normalna" generatora podstawy czasu), wtedy na wyjściu układu istnieje stan wysoki i generator podstawy czasu nie jest wyzwalań.

Gdy na wyjściu bramki B5 istnieje napięcie zmienne prostokątne (a tylko takie napięcie tam może wystąpić), to w momentach dodatnich zboczy napięcia prostokątnego (kondensator C2 z opornikami R7 i R8 tworzy obwód różniczkujący, tak że na bazę tranzystora T5 są podawane tylko krótkie impulsy) tranzystor T5 silnie przewodzi i rozładowuje kondensator C3 doprowadzając do tego, że na bazę tranzystora T6 jest podawany potencjał bliski zeru, przez co tranzystor ten nie przewodzi i nie zmienia stanu na wyjściu układu; na wyjściu układu będą więc występować krótkie impulsy ujemne wyzwalań generator podstawy czasu.

Zamknięcie klucza K2 podczas braku napięcia zmiennego na wyjściu bramki B5 nie spowoduje zmiany na wyjściu układu, gdyż w jego wyniku na bazę tranzystora T6 zacznie być podawany potencjał dokładnie równy zeru i tranzystor T6 dalej nie będzie przewodził - na wyjściu układu tak samo będą krótkie impulsy ujemne wyzwalań generator podstawy czasu.

Zmieniając położenie potencjometru P, wybieramy chwilową wartość potencjału na bazie tranzystora T1 (czyli fazę napięcia zmiennego podawanego na bazę tranzystora T1), przy której będzie następowało zrównanie potencjałów na kolektorach tranzystorów T1 i T2 i - w rezultacie - będzie następował przerzut na wyjściu przerzutnika RS tworzonego przez bramki B1 i B2.

Zmieniając położenie przełącznika K1 wybieramy kierunek zmian (narastanie albo opadanie) potencjału na bazie tranzystora T1, dla której na wyjściu bramki B8 pojawi się krótki impuls ujemny.

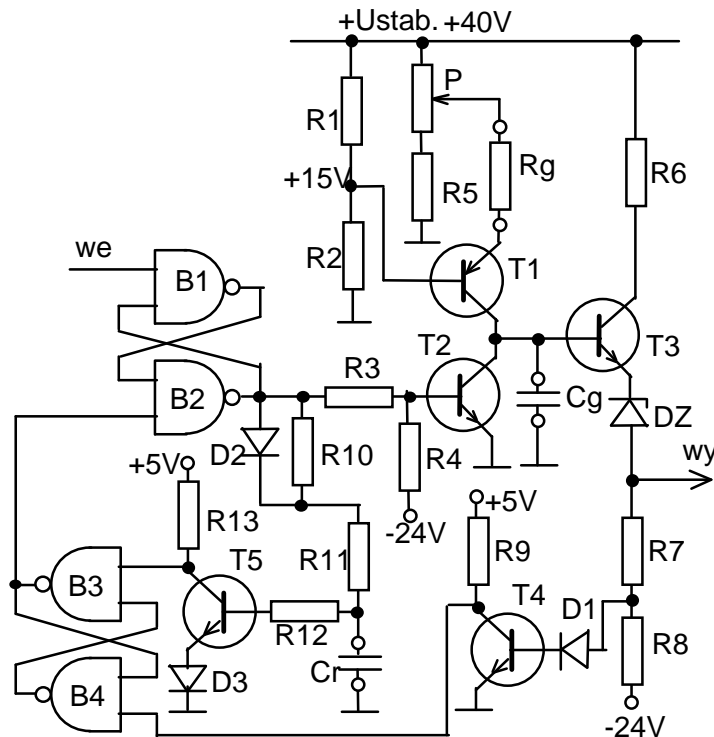
Nieprzewodzenie tranzystora T6 spowodowane istnieniem napięcia zmiennego na wyjściu bramki B5 trwa (także) przez pewien czas (zależny od pojemności kondensatora C3 i opornika R9) po zaniku tego napięcia, gdyż aby kondensator C3 został naładowany do napięcia, przy którym przewodzi tranzystor T6, musi upłynąć pewien czas. Tak więc, gdy częstość napięcia zmiennego na wyjściu bramki B5 (będzie to częstość sygnału badanego przy stawianiu "wzwalanie wewnętrzne" albo częstość sygnału doprowadzanego do gniazda "wzwalanie zewnętrzne" przy ustawieniu "wzwalanie



zewnątrzne") nie jest zbyt niska (w praktyce ok. 50Hz), wtedy przy pracy automatycznej generator odstawy czasu jest wyzwalany impulsami pochodzącymi z wyjścia bramki B8. Oznacza to, że podczas oglądania obrazów sygnałów o niewielkich częstościach, gdy częstotliwość impulsów na wyjściu bramki B8 jest mniejsza, niż ok. 50 Hz, w trybie pracy automatycznej nie da się uzyskać "stojącego" obrazu, gdyż generator podstawy czasu będzie wyzwalany częściowo sygnałami wytwarzanymi w układzie wyzwalania i częściowo na zasadzie pracy "samobieżnej". Za każdym razem zanim generator zostałby wyzwolony następnym impulsem z bramki B8, zostanie wyzwolony "samobieżnie" i za każdym razem obraz będzie rysowany prawdopodobnie w innym miejscu na ekranie.

### **Generator podstawy czasu.**

Działanie generatora podstawy czasu (rys.11) polega na ładowaniu kondensatora prądem ze źródła stałoprądowego i - po osiągnięciu na "ładowanej" okładce określonego potencjału - rozładowywanie tego kondensatora. Stałość natężenia prądu ładującego kondensator jest warunkiem uzyskania liniowości narastania napięcia na wyjściu generatora podstawy czasu a to z kolei jest warunkiem stałej prędkości poziomego przemieszczania się plamki po ekranie oscyloskopu (z lewej strony na prawą). Tranzystor T1 z włączonym w obwód emitera opornikiem Rg oraz ustalonym potencjałem bazy jest źródłem prądu o stałym natężeniu płynącym przez kolektor tego tranzystora. Jeśli na wyjściu bramki B2 istnieje stan logiczny niski (potencjał  $0 \div +0,8V$ ), to tranzystor T2 nie przewodzi i prąd płynący przez kolektor tranzystora T1 ładuje kondensator Cg, w wyniku czego potencjał górnej okładki kondensatora Cg rośnie liniowo w czasie. Natężenie prądu ładującego kondensator Cg jest równe wartości ilorazu napięcia występującego na oporniku Rg i wartości opornika Rg, pomniejszonego o natężenie prądu bazy tranzystora. Jeśli na wyjściu bramki B2 pojawi się stan wysoki (potencjał  $+2,5 \div +5V$ ), to tranzystor T2 będzie przewodził i rozładowywał kondensator Cg oraz "odprowadzał" do masy prąd płynący przez kolektor tranzystora T1, tak że na górnej okładce kondensatora Cg wkrótce zaistnieje potencjał bliski zeru. Zadaniem diody Zenera DZ (na rys. 11) jest przesunięcie w dół potencjału występującego na emiterze tranzystora T2 tak, by środkowy potencjał otrzymanego napięcia piłowego na wyjściu generatora podstawy czasu wynosił zero.



Rys. 11. Schemat generatora podstawy czasu.

***Praca automatyczna samobieżna generatora podstawy czasu .***

Założmy, że na wejściu "we" istnieje cały czas stan logiczny niski. Wtedy stan logiczny na wyjściu bramki B2 jest zawsze przeciwny w stosunku do stanu na dolnym wejściu tej bramki. Wynika to z zasady działania tzw. przerzutnika RS a taki właśnie przerzutnik stanowią połączone ze sobą bramki B1 i B2. Jeśli na wyjściu bramki B2 zacznie być stan niski (aby na wyjściu bramki B2 zaistniał stan logiczny niski, na wyjściu bramki B3 musi być w tym czasie stan logiczny wysoki), to tranzystor T2 przestanie przewodzić i prąd płynący przez kolektor tranzystora T1 zacznie ładować kondensator Cg, w wyniku czego potencjał górnej okładki tego kondensatora zacznie rosnąć liniowo w czasie (w wyniku czego plamka zacznie być odchylana ze stałą prędkością w prawo na ekranie). Podczas ładowania kondensatora Cg będzie trwało rozładowywanie kondensatora Cr przez połączone szeregowo opory R10 i R11 (ładunek dodatni z górnej okładki tego kondensatora będzie odpływał do wyjścia bramki B2, na którym w tym czasie istnieje stan logiczny niski; wartość oporu R10 jest wielokrotnie większa od wartości oporu R11; dioda D2 jest teraz spolaryzowana zaporowo) a także przez opór R12. Dzięki odpowiedniemu dobraniu wartości oporników decydujących o szybkościach ładowań i rozładowań kondensatorów potencjał górnej okładki kondensatora Cr jeszcze przed rozpoczęciem procesu rozładowywania kondensatora Cg zdąży opaść na tyle, że tranzystor T5 nie będzie przewodził a na górnym wejściu bramki B3 będzie stan logiczny wysoki. Proces ładowania kondensatora Cg będzie trwał dotąd, aż potencjał na górnej okładce kondensatora Cg osiągnie taką wartość, że zacznie przewodzić tranzystor T4 i na dolne wejście bramki B4 zacznie być podawany stan logiczny niski. Wtedy na wyjściu bramki B3 pojawi się stan

logiczny niski a na wyjściu bramki B2 stan logiczny wysoki. Tranzystor T2 zacznie przewodzić i rozładowywać kondensator Cg. Potencjał górnej okładki kondensatora Cg będzie teraz opadał. Wprawdzie już niewielkie rozładowanie kondensatora Cg doprowadzi do tego, że tranzystor T4 przestanie przewodzić i na dolne wejście bramki B4 zacznie być podawany potencjał wysoki, jednak stan logiczny na wyjściu bramki B3 będzie jeszcze przez pewien czas niski i tranzystor T2 będzie przewodził - aż nastąpi dokładne rozładowanie kondensatora Cg. Rozładowanie kondensatora Cg ma charakter stałoprądowy (dzięki istnieniu opornika R3 na rys. 11) poza końcową fazą, gdy potencjał górnej okładki kondensatora ma niewielka wartość (mniej, niż 0,1 V).

*Stosuje się - dla pewności - pewien nadmiar czasu trwania przewodzenia tranzystora T2. Nie chodzi tutaj o to, aby po rozładowaniu wartość napięcia pomiędzy okładkami kondensatora wynosiła dokładnie zero, lecz aby za każdym razem został osiągnięty kres możliwości rozładowania kondensatora przez tranzystor T2, co zapewnia każdorazowe rozładowanie kondensatora do tej samej wartości napięcia pomiędzy okładkami, dzięki czemu start plamki odbywa się za każdym razem dokładnie z tego samego miejsca na ekranie (z tej samej wartości współrzędnej X).*

Przedłużenie czasu przewodzenia tranzystora T2 uzyskuje się dzięki zastosowaniu pojemności Cr, która jest ładowana przez opór R11 (i przewodzącą diodę D2) prądem płynącym z wyjścia bramki B2, na którym teraz istnieje stan logiczny wysoki. Od momentu wystąpienia stanu wysokiego na wyjściu bramki B2 do momentu naładowania kondensatora Cr takiego, że tranzystor T5 zostaje wprowadzony w stan przewodzenia, upływa czas przewidziany na dokładne rozładowanie kondensatora Cg. Zmiana stanu logicznego z niskiego na wysoki na dolnym wejściu bramki B4 podczas trwania stanu wysokiego na wejściu górnym bramki B3 nie powoduje zmiany stanu na wyjściu bramki B3 (wynika to z zasady działania przerzutnika RS, który stanowią połączone ze sobą bramki B3 i B4). W momencie gdy tranzystor T5 zostanie wprowadzony w stan przewodzenia i na górne wejście bramki B3 zacznie być podawany stan logiczny niski, na wyjściu bramki B3 pojawi się stan logiczny wysoki a na wyjściu bramki B2 pojawi się stan logiczny niski i tranzystor T2 znów przestanie przewodzić. Potencjał górnej okładki kondensatora będzie rósł. Rozładowanie kondensatora Cr i pojawienie się w jego wyniku stanu logicznego wysokiego na górnym wejściu bramki B3 (podczas trwania ładowania kondensatora Cg) nie zmieni stanu na wyjściu bramki B3 i na wyjściu bramki B2 będzie stan logiczny niski i kondensator Cg będzie w dalszym ciągu ładowany - aż do osiągnięcia wartości napięcia, przy której zacznie przewodzić tranzystor T4. Opisana praca generatora podstawy czasu nazywa się pracą samobieżną (ciągłą). Podczas pracy automatycznej generatora podstawy czasu, gdy na wyjściu układu wyzwala generatora podstawy czasu brak jest impulsów wyzwalających, jasność obrazu jest największa, gdyż nie występuje wtedy czas oczekiwania, podczas którego plamka jest wygaszona.

### ***Oczekiwanie generatora podstawy na impuls wyzwalający podczas pracy normalnej***

Jeśli na wejściu "we" istniałby cały czas stan wysoki, wtedy generator podstawy czasu nie generowałby napięcia. Po ewentualnym jednym naładowaniu kondensatora Cg nastąpiłoby jego rozładowanie i praca generatora podstawy czasu na tym by się zatrzymała, gdyż zmiana stanu logicznego z niskiego na wysoki na wyjściu bramki B3 nie spowodowałaby na wyjściu bramki B2 zmiany stanu logicznego z wysokiego na niski i tranzystor T2 stale przewodziłby a plamka (wygaszona) znajdowałaby się po lewej stronie ekranu (w położeniu startowym).

### ***Praca wyzwalana normalna i automatyczna.***

Jeśli na wejście "we" są podawane co pewien czas krótkie ujemne impulsy, to przy istniejącym stanie wysokim na dolnym wejściu bramki B2 impuls taki powoduje "przestawienie" przerzutnika RS złożonego z bramek B1 i B2 w położenie z niskim stanem na wyjściu bramki B2 (i wysokim na wyjściu bramki B1) i jednokrotne naładowanie i rozładowanie kondensatora Cg (czyli wygenerowanie jednego przebiegu liniowo narastającego napięcia na wyjściu generatora podstawy czasu) a potem zatrzymanie pracy i oczekiwanie aż do pojawienia się następnego ujemnego impulsu na wejściu "we".

Jeśli na wejście "we" przychodzą krótkie ujemne impulsy z dużą częstością, wtedy dopóki na wyjściu bramki B3 istnieje stan logiczny wysoki (czyli podczas trwania ładowania kondensatora Cg) impulsy te nie spowodują przestawienia przerzutnika tworzonych przez bramki B1 i B2 a tym samym nie wpłyną na proces ładowania kondensatora Cg. Proces rozładowania kondensatora Cg także nie zostanie zakłócony przez impulsy występujące na wejściu "we", gdyż podczas rozładowywania tego kondensatora na wejściu dolnym bramki B2 jest stan logiczny niski, przez co na wyjściu bramki B2 jest stan logiczny wysoki niezależnie od stanu na wejściu "we". Tak więc "nadmiarowe" impulsy na wejściu "we" (występujące podczas ładowania i rozładowania kondensatora Cg) będą "ignorowane" przez generator podstawy czasu. Dopiero gdy się pojawi stan logiczny wysoki na wejściu dolnym bramki B2, czyli gdy nastanie czas oczekiwania, impuls ujemny na wejściu "we" wyzwoli generator podstawy czasu, czyli zapoczątkuje generowanie następnego impulsu napięcia liniowo narastającego (a potem opadającego) na wyjściu generatora podstawy czasu.

### ***Regulacje generatora podstawy czasu.***

Szybkość narastania potencjału w sygnale na wyjściu generatora podstawy czasu reguluje się poprzez zmianę wartości pojemności Cg i wartości oporu Rg (stosuje się przełączanie wartości pojemności Cg i oporu Rg za pomocą przełącznika pokrętnego) oraz wartości potencjału na suwaku potencjometru P (potencjometrem tym dokonujemy płynnej regulacji szybkości narastania napięcia).

### **"Rozciągnięcie" podstawy czasu.**

W celu regulacji szybkości ruchu poziomego plamki oprócz zmiany wartości pojemności  $C_g$  i wartości oporu  $R_g$  stosuje się zmianę wzmocnienia wzmacniacza odchylenia poziomego. Zwykle w oscyloskopie istnieje klawisz, którego wciśnięcie powoduje pięciokrotny albo dziesięciokrotny wzrost wzmocnienia wzmacniacza  $X$  a w rezultacie pięciokrotny albo dziesięciokrotny wzrost szybkości poziomego ruchu plamki oraz rozciągnięcie poziome obrazu na ekranie. Jeśli przy klawiszu zwolnionym obraz - w dobrze wyregulowanym oscyloskopie mieści się cały na ekranie, to po wciśnięciu tego klawisza większa część obrazu znajdzie się "poza ekranem". Aby obejrzeć cały taki rozciągnięty poziomo obraz, należy przesuwając go poziomo za pomocą pokrętki przesuwu poziomego obrazu.

### **Rozwiązania usprawniające działanie generatora podstawy czasu.**

Ponieważ czas potrzebny na rozładowanie kondensatora  $C_g$  zależy od pojemności tego kondensatora, stosuje się rozwiązanie dopasowujące długość czasu powrotu plamki (odcinek "pow." na osi poziomej na rys. 4) do wartości pojemności  $C_g$ . Otróż wraz z przełączaniem pojemności  $C_g$  i oporu  $R_g$  dokonuje się (służy do tego dodatkowa sekcja w obrotowym przełączniku szybkości poziomej plamki) przełączania pojemności  $C_r$ , od której zależy długość czasu przewodzenia tranzystora  $T_2$  przeznaczonego na rozładowanie pojemności  $C_g$ . Dla większych wartości  $C_g$  wartość pojemności  $C_r$  jest także większa a czas przewodzenia tranzystora  $T_2$  dłuższy; dla mniejszych wartości pojemności  $C_g$  wartość pojemności  $C_r$  jest także mniejsza a czas przewodzenia tranzystora  $T_2$  krótszy. Można by zastosować jedną, największą wartość pojemności  $C_r$ , wystarczającą dla rozładowania kondensatora  $C_g$  o największej pojemności, włączanej dla najmniejszej ustawianej szybkości ruchu poziomego plamki, ale wtedy wystąpiłaby silna zależność jasności obrazu od szybkości plamki. Jasność obrazu mocno zanikałaby przy dużych szybkościach plamki, gdyż stosunek czasu rozjaśnienia plamki do czasu jej wygaszenia silnie zmniejszałby się. Czas potrzebny na rozładowanie pojemności kondensatora  $C_g$  o największej wartości jest wielokrotnie większy, niż czas ruchu poziomego plamki w prawo dla najwyższych szybkości plamki.

### **Uwagi.**

Oscyloskop nowoczesny zwykle jest urządzeniem dość skomplikowanym, wyposażonym w dużą ilość pokręteł, przełączników, posiadającym często dodatkowe możliwości (tester elementów elektronicznych, rozciągnięcie wybranego fragmentu podstawy czasu - tzw. lupa, filtry w torze doprowadzającym sygnał z gniazda wejściowego do układu wyzwalań generatora podstawy czasu, ułatwiające wyzwalań generatora podstawy czasu sygnałami odchylenia poziomego albo pionowego występującymi w odbiorniku telewizyjnym (przydatne do badania takich odbiorników), podgląd kształtu

uformowanego napięcia, doprowadzanego do układu wyzwalającego generator podstawy czasu. Znajomość jednego typu oscyloskopu niekoniecznie daje wystarczające wiadomości do tego, by posługiwać się innym typem tego oscyloskopu. W zależności od rozwiązania, przy pracy X-Y przesuw poziomy obrazu może być dokonywany pokrętkiem przesuwu poziomego tym samym, które pełni tę rolę przy pracy normalnej albo pokrętkiem, które jest pokrętkiem przesuwu pionowego przy pracy normalnej jednego z kanałów. Dlatego fabryczna instrukcja użytkowania oscyloskopu jest nieodłącznym wyposażeniem tego aparatu. Na początku - najlepiej przed włączeniem zasilania aparatu - należy tak ustawić (na podst. instrukcji fabrycznej aparatu) pokrętła i przełączniki, by po włączeniu zasilania uzyskać widoczną, poruszającą się po ekranie plamkę (tzw. "linię podstawy czasu"). Zwykle w oscyloskopie istnieje pokrętło dające możliwość takiego ustawienia aparatu, by linia poziomego ruchu plamki pokrywała się z kierunkiem poziomu siatki, w którą jest wyposażony ekran oscyloskopu.

Plan ćwiczenia zapoznającego studenta z użytkowaniem oscyloskopu.

1. Zapoznanie z instrukcją oscyloskopu i zapamiętanie położenia następujących organów regulacji:

wyłącznik sieciowy, stan włączenia i wyłączenia, lampka sygnalizująca stan załączenia;

pokrętło regulacji jasności plamki;

gniazda wejściowe kanałów A i B (1 i 2);

ustawienie pracy normalnej i pracy X-Y (który z kanałów staje się torem "X");

przełączniki wejść kanałów - ustawienia: "stałoprądowe" (DC),

"zmiennoprądowe" (AC), GND (zerowanie wejścia);

dzielniki napięć wejściowych, wyskalowanych w "V/div" albo w "V/cm";

położenie "kalibrowane" regulatora (pokrętła) regulacji ciągłej czułości kanałów;

przełącznik szybkości ruchu poziomego plamki (wyskalowany w "time/div" lub w "time/cm"; div - czyli działka jest odległością na ekranie wynoszącą zwykle 1 cm);

położenie "kalibrowane" regulatora (pokrętła) regulacji ciągłej szybkości poziomej plamki;

klawisz zwiększający wzmocnienie wzmacniacza X ("rozciągnięcie" podstawy czasu 5x albo 10 x);

pokrętła przesuwów pionowych i poziomego obrazu;

ustawienie pracy jednokanałowej z czynnym kanałem A albo B;

ustawienie pracy jednokanałowej różnicowej  $A \pm B$  ew.  $B \pm A$  z sygnałem odwróconym w jednym z kanałów (klawisz odwracający sygnał w jednym z kanałów);

gniazdo dla sygnału wyzwalającego generator podstawy czasu;

przełącznik generatora podstawy czasu: wyzwalanie zewnętrzne, wyzwalanie wewnętrzne;

pokrętko "level" (poziom) w bloku generatora wyzwiania podstawy czasu;  
(oraz ewentualnie:  
przełącznik wyzwianie zboczem dodatnim/ujemnym;  
przełącznik praca normalna/wyzwalanie ręczne generatora podstawy czasu,  
przycisk wyzwiania ręcznego).

2. Pomiar za pomocą oscyloskopu wartości napięcia stałego.

3. Pomiar za pomocą oscyloskopu częstości, amplitudy i wartości stałej napięcia sinusoidalnego z dodaną składową stałą napięcia. W opracowaniu wyników zamieścić rysunek obrazu sygnału na ekranie oscyloskopu oraz wartości ustawionych na przełączniku szybkości plamki (generatora podstawy czasu) oraz na przełączniku czułości kanału (dzielniku napięcia wejściowego) oraz położenie poziomego napięcia "0V", ustawionego przesuwem pionowym kanału przy zwartym z masą wejściu kanału (pozycja GND przełącznika wejścia kanału).

4. Odrysowanie z ekranu obrazów dwu sygnałów przy pracy dwukanałowej a następnie obrazów przy pracy jednokanałowej dla pozycji  $A \pm B$  ( $B \pm A$ ) przy nieodwróconym i odwróconym sygnale w jednym z kanałów.

5. Odrysowanie obrazu z ekranu przy pracy X-Y dla sygnałów takich jak w punkcie 4.

Roman Kazański. Lublin, 17 sierpnia 2006r.

Ostatnia zmiana 12 listopada 2010r.

Literatura: Jerzy Rydzewski. "Oscyloskop elektroniczny." (WKŁ, W-wa, 1976)