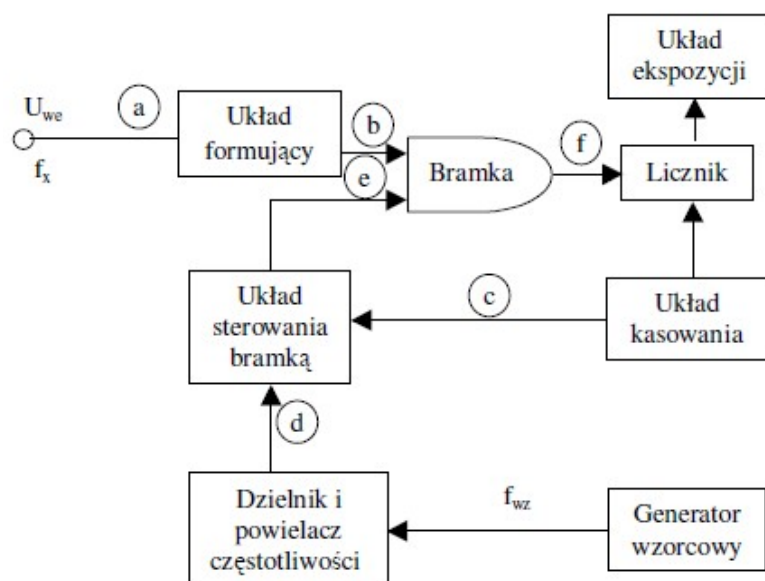
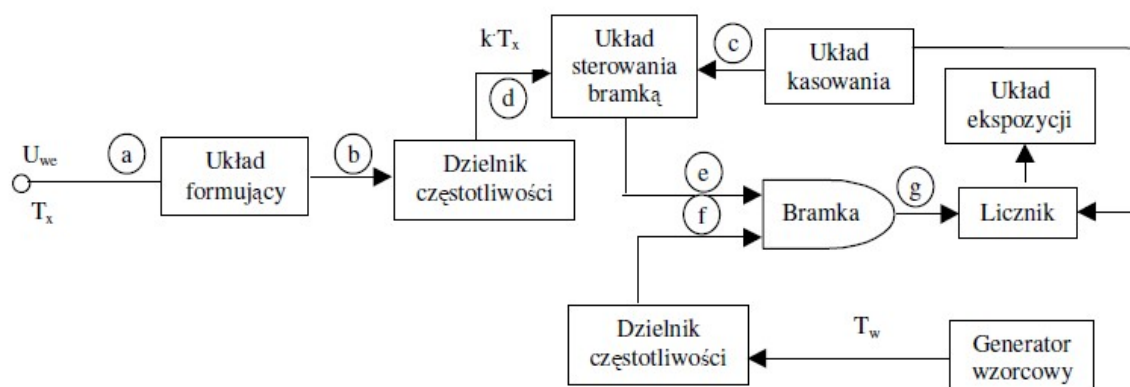


1. Przedstawić budowę i zasadę pracy częstotściomierza cyfrowego.



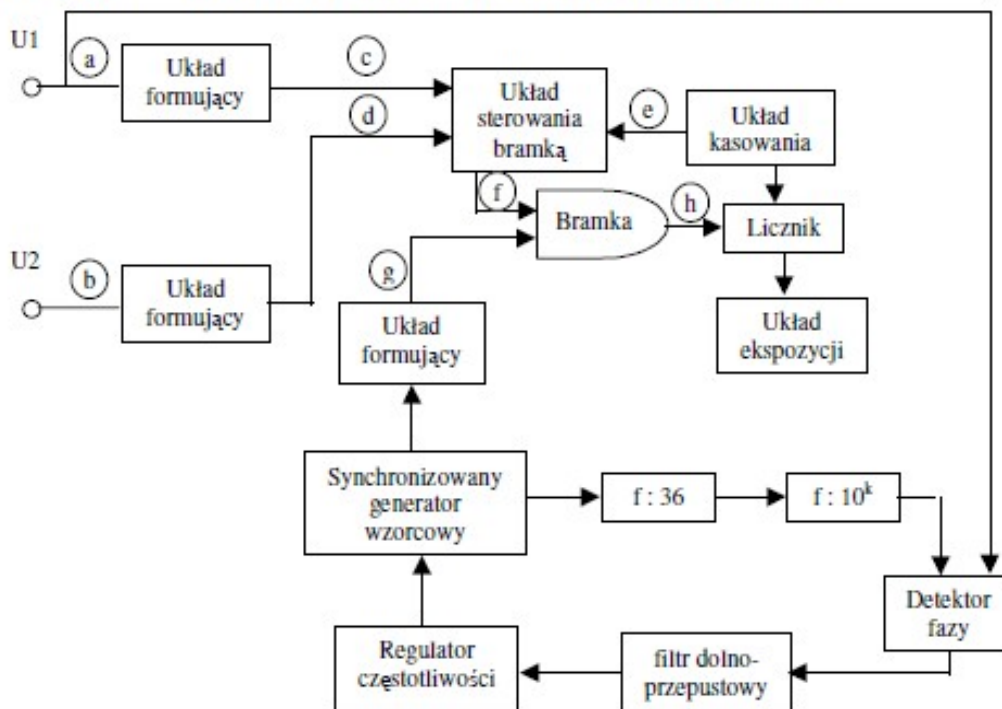
Sygnał wejściowy  $U_{we}$  jest zamieniany w układzie formującym na ciąg impulsów prostokątnych. Sygnał z generatora wzorcowego o częstotliwości  $f_{wz}$  poprzez dzielnik i powielacz częstotliwości reguluje układ sterowania bramką. Układ ten decyduje o czasie otwarcia bramki. W czasie tym licznik zlicza impulsy z układu formującego. Wynik zliczania jest prezentowany przez układ ekspozycji. Układ kasowania generuje impuls kasujący licznik oraz uruchamiający proces pomiarowy.

2. Przedstawić budowę i zasadę pracy cyfrowego miernika okresu.



Sygnał wejściowy  $U_{we}$  jest zamieniany w układzie formującym na ciąg impulsów prostokątnych. Sygnał ten poprzez dzielnik częstotliwości reguluje układ sterowania bramką. Układ ten decyduje o czasie otwarcia bramki przez czas równy  $k \cdot T_x$ . W czasie tym licznik zlicza impulsy z generatora wzorcowego. Wynik zliczania jest prezentowany przez układ ekspozycji. Układ kasowania generuje impuls kasujący licznik oraz uruchamiający proces pomiarowy.

3. Przedstawić budowę i zasady pracy fazomierza cyfrowego.



Po wygenerowaniu przez układ kasujący impulsu zerującego stan licznika, pierwsze narastające zbocze sygnału wejściowego podanego na wejście U1 powoduje otwarcie bramki, na której wyjściu pojawiają się impulsy z generatora wzorcowego. Częstotliwość tego generatora jest dobierana tak aby stanowiła iloczyn częstotliwości sygnałów badanych i liczby  $36 \cdot 10^k$ , gdzie k jest liczbą całkowitą. Pojawienie się narastającego zbocza na wejściu U2 układu powoduje zamknięcie bramki i zakończenie zliczania, którego wynik wyświetlany jest przez układ ekspozycji.

#### 4. Wyjaśnij pojęcie błędu dyskretyzacji.

Błąd dyskretyzacji - błąd powstający z powodu braku synchronizacji sygnału bramkującego z sygnałem mierzonym. Występuje we wszystkich cyfrowych przyrządach pomiarowych. Maksymalna bezwzględna wartość błędu dyskretyzacji wynosi 1. Stąd przy pomiarach cyfrowych przyjmuje się wartość błędu względnego dyskretyzacji równą  $1/n$  (n - liczba zliczonych impulsów). W takiego opisu błędu dyskretyzacji wynika, że można go zminimalizować wykonując pomiar w tak długim czasie aby n było dużo większe od 1.

#### 5. Wyjaśnij, kiedy wykorzystuje się cyfrowy miernik okresu, a kiedy cyfrowy miernik częstotliwości.

Cyfrowy miernik okresu stosuje się dla sygnałów o małej częstotliwości, a cyfrowy miernik częstotliwości dla sygnałów o dużej częstotliwości.

#### 6. Przedstawić klasyfikację przetworników analogowo-cyfrowych

- przetworniki z bezpośrednim porównaniem równoległym,
- przetworniki całkujące,
- przetworniki propagacyjne,
- przetworniki kompensacyjne.

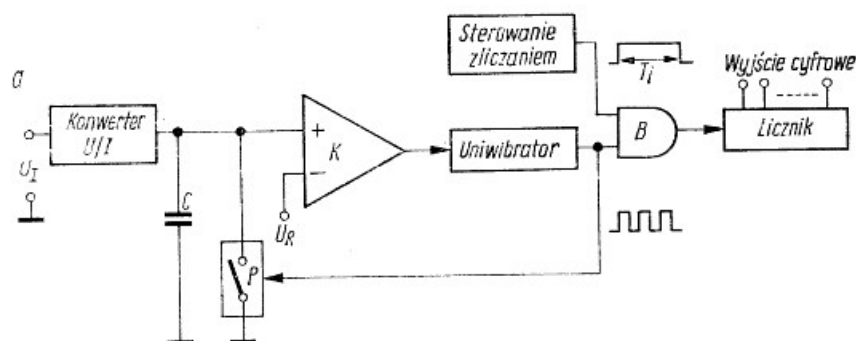
#### 7. Jaki przetwornik analogowo-cyfrowy jest najszybszy, a jaki najdokładniejszy?

Najszybszy jest przetwornik a/c z bezpośrednim porównaniem równoległym, a najdokładniejszy przetwornik z podwójnym całkowaniem.

#### 8. Jaka jest rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego o zakresie x i liczbie bitów wyjściowych równej n?

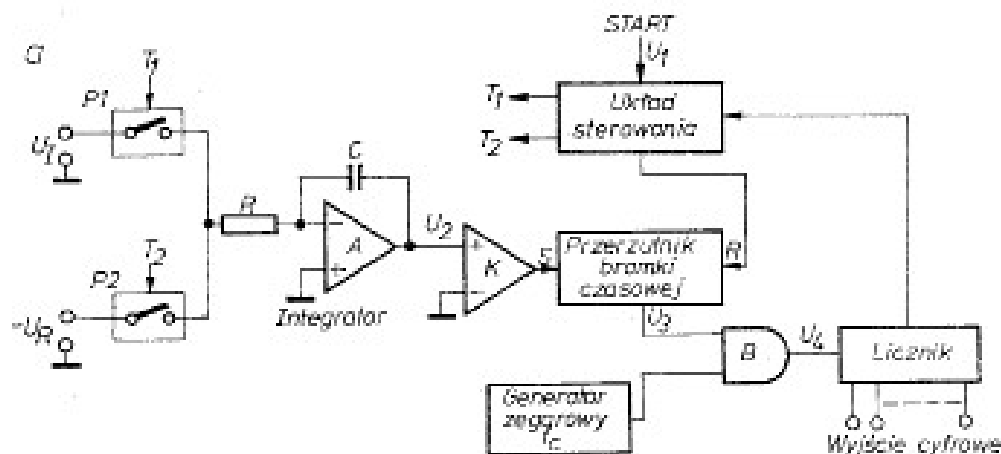
rozdzielczość =  $x/2^n$

**9. Przedstawić budowę i zasadę działania przetwornika analogowo-cyfrowego z przetwarzaniem u/f.**



Na wejściu znajduje konwerter U/I, który zamienia napięcie na proporcjonalny do niego prąd. Prąd wejściowy tego konwertera ładuje kondensator C, na którym napięcie narasta liniowo. Napięcie to jest porównywane w komparatorze z napięciem odniesienia  $U_R$ . Stan wysoki na wyjściu tego komparatora powoduje wygenerowanie pojedynczego impulsu przez uniwbator. W czasie tego impulsu przełącznik P jest zwarty powodując rozładowanie kondensatora, a zatem napięcie na kondensatorze narasta i maleje powodując okresowe generowanie impulsów prostokątnych przez uniwbator. Impulsy te, w czasie trwania wysokiego stanu na wyjściu układu sterowania zliczaniem są transmitowane na wejście licznika. Wyjście tego licznika jest jednocześnie wyjściem opisywanego przetwornika a/c.

**10. Przedstawić budowę i zasadę działania przetwornika analogowo-cyfrowego z podwójnym całkowaniem.**

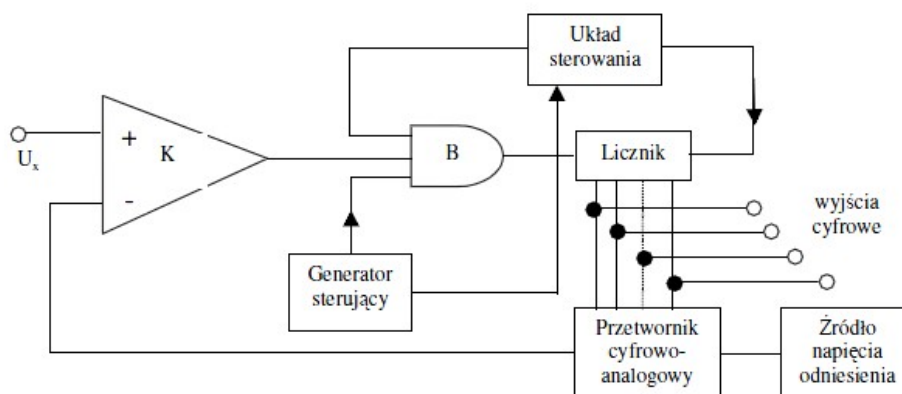


W chwili  $t_0$  pojawienia się impulsu startu powodujący, że przełącznik  $P1$  dołącza napięcie przetwarzane  $U_I$  do wejścia integratora. Jednocześnie przerzutnik bramki czasowej otwiera bramkę B i licznik zaczyna zliczać impulsy z generatora zegarowego. Na wyjściu integratora pojawia się liniowo narastające napięcie  $U_2$ . Okres pierwszego całkowania  $T_1$  jest wyznaczany przez licznik, który po upływie tego czasu sygnalizuje przepełnienie. Wówczas kończy się pierwsze całkowanie i następuje równocześnie: odłączenie przez przełącznik  $P1$  napięcia  $U_I$ , dołączenie przez przełącznik  $P2$  napięcia odniesienia  $-U_R$  do wejścia integratora oraz – po przejściu zawartości licznika przez stan zero – zaliczanie dalszych impulsów generatora zegarowego. Pod wpływem napięcia  $-U_R$  następuje w tym czasie liniowe opadanie napięcia  $U_2$  na wyjściu integratora, osiągającego po czasie  $T_2$  wartość zerową. Moment

osiągnięcia wartości zerowej sygnalizuje komparator K, który zamyka bramkę B i odłącza napięcie  $-U_R$  od wejścia integratora. Wyjściem przetwornika jest wyjście licznika.

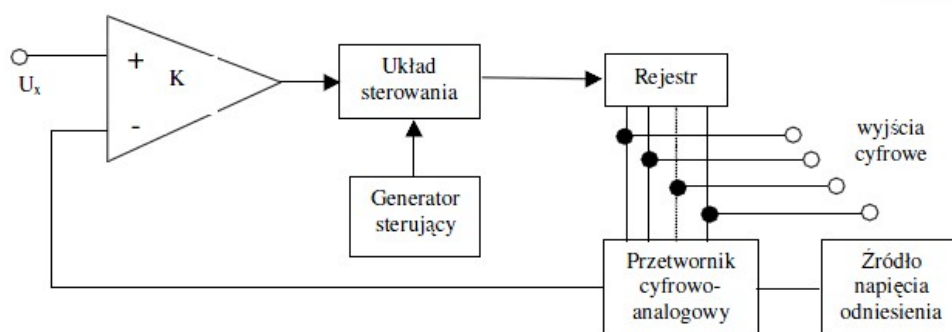
## 11. Przedstawić budowę i zasadę działania kompensacyjnego przetwornika analogowo-cyfrowego.

a) z kompensacją równomierną



Napięcie wzorcowe podawane na wejście odwracające komparatora ma przebieg schodkowy, przy czym zmiany wartości tego napięcia następują ze stałym krokiem odpowiadającym wartości najmniej znaczącego bitu (LSB). Napięcie wzorcowe wytwarzane jest przez przetwornik cyfrowo-analogowy w wyniku przekształcenia słowa cyfrowego występującego na wyjściu licznika. Po wyzerowaniu stanu licznika impulsem zerującym wytworzonym przez układ sterowania, rozpoczyna się zliczanie przez licznik impulsów wytwarzanych przez generator sterujący. Zliczanie trwa do chwili, gdy napięcie wzorcowe na wyjściu przetwornika cyfrowo-analogowego przekroczy wartość napięcia mierzonego. Wówczas na wyjściu komparatora pojawi się niski stan logiczny, a stan licznika odpowiada cyfrowej wartości mierzonego napięcia.

b) z kompensacją wagową



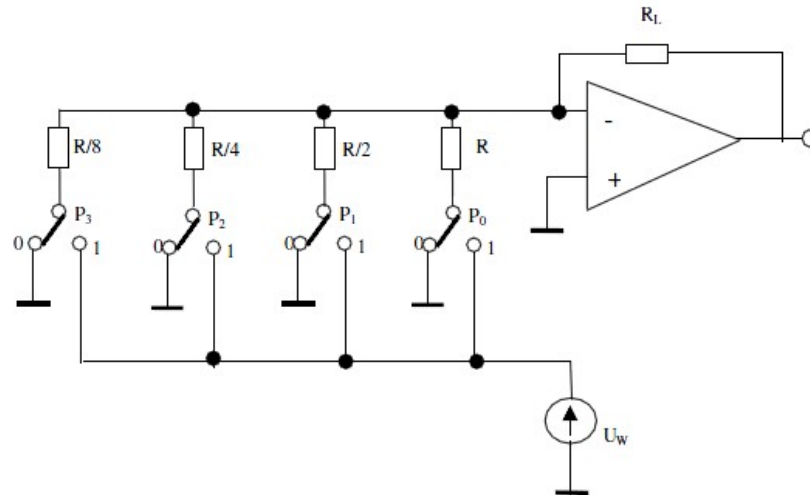
W takt pojawiania się impulsów z generatora sterującego, układ sterujący wpisuje do rejestru liczby binarne odpowiadające kolejnym przybliżeniom wartości mierzonego napięcia. W pierwszym kroku wpisywana jest do rejestru wartość odpowiadająca ustawieniu jedynki na pozycji najbardziej znaczącej (MSB). Przetwornik cyfrowo – analogowy wytwarza na swoim wyjściu napięcie równe połowie wartości zakresowej. Jeżeli na wyjściu komparatora wystąpi stan wysoki, to układ sterujący pozostawia jedynkę na pozycji MSB, w przeciwnym przypadku – następuje zerowanie tego bitu. W kolejnym kroku ustawiana jest wartość mniej znaczącego bitu i przypisanie mu, w wyniku porównania wartości mierzonej i wzorcowej, wartości jeden lub zero. Analogiczne postępowanie jest przeprowadzane dla wszystkich bitów. Po wykonaniu  $n$  kroków, gdzie  $n$  jest liczbą bitów wyjściowych a/c, uzyskuje się na wyjściu rejestru wynik pomiaru

**12. Jaka musi być relacja między okresem sygnału zakłócającego a czasem pierwszego całkowania w przetworniku a/c z podwójnym całkowaniem, aby wyeliminować wpływ zakłóceń na wynik pomiaru?**

Iloraz czasu całkowania do okresu sygnału zakłócającego powinien być liczbą naturalną

**13. Przedstawić budowę i zasadę pracy wybranego przetwornika cyfrowo-analogowego.**

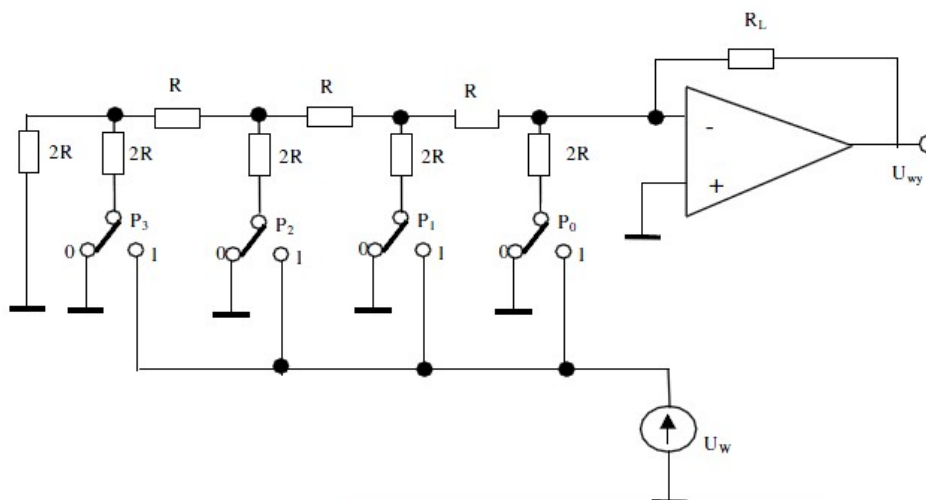
a) przetwornik c/a z siecią rezystorów o wartościach wagowych



W zależności od wartości słowa cyfrowego podanego na wejścia cyfrowe przetwornika c/a, poszczególne przełączniki  $P_i$  znajdują się w pozycji 1 lub 0, powodując przepływ prądu ze źródła napięciowego o wydajności  $U_w$  przez poszczególne rezystory wagowe, dla których przełączniki  $P_i$  znajdują się w pozycji 1. Napięcie wyjściowe dane jest wzorem:

$$U_{wy} = U_w \cdot \frac{R_L}{R} \cdot \sum_{i=0}^3 P_i \cdot 2^i$$

b) przetwornika c/a z siecią rezystorów R-2R.



Rezystancja widziana z każdego węzła w kierunku końca drabinki wynosi  $2R$ . W związku z tym łatwo zauważyć, że w każdym węźle następuje podział napięcia w stosunku 1:2. Dodatkowo widać, że ustawienie odpowiedniego przełącznika  $P_i$  w pozycję 1 powoduje wzrost wartości prądu płynącego przez rezystor  $R_L$  o  $U_w/R \cdot 2^i$ . Dla najbardziej znaczącego

bitu (MSB) przyrost ten zostanie bezpośrednio zarejestrowany na wyjściu przetwornika, natomiast dla kolejnych bitów przyrosty te będą widziane na wyjściu po podzieleniu ich wartości przez kolejne naturalne potęgi liczby 2.

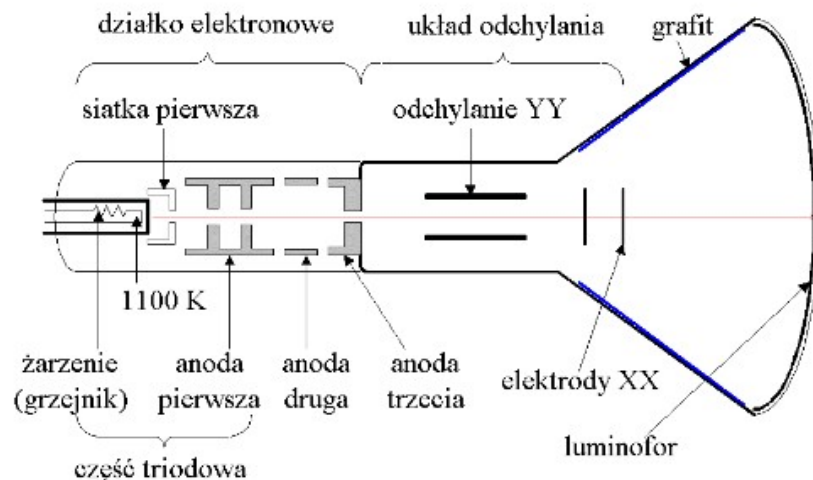
#### 14. Wymienić strategie próbkowania stosowane w oscyloskopie cyfrowym.

- przypadkowe
- w czasie rzeczywistym
- sekwencyjne
- sekwencyjno-przypadkowe

#### 15. Podać warunek stabilności obrazu w oscyloskopie analogowym

Ilorazem okresu podstawy czasu i okresu sygnału mierzonego musi być liczba naturalna.

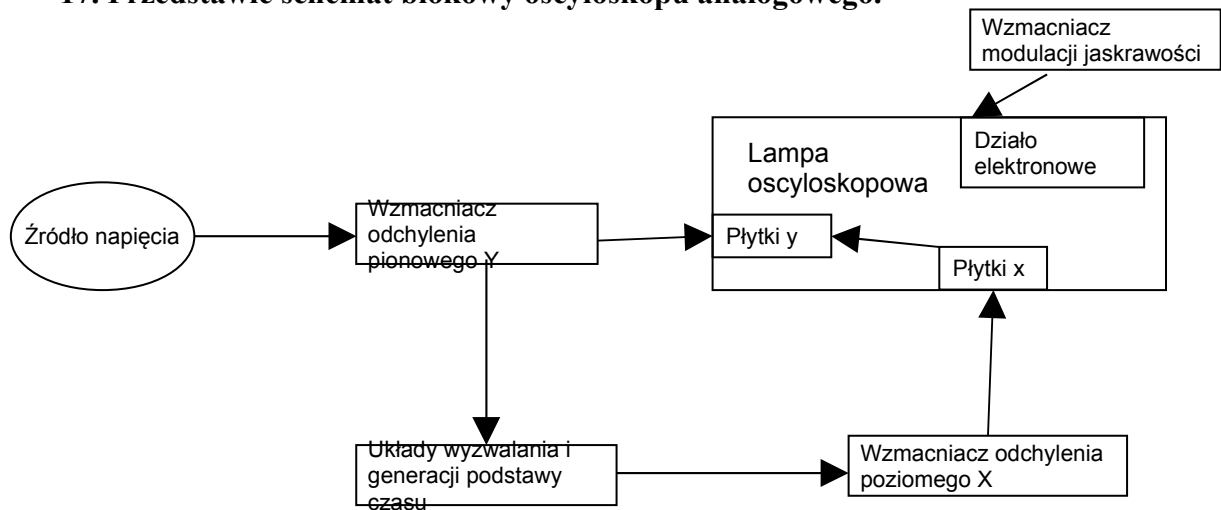
#### 16. Przedstawić budowę i zasadę pracy lampy oscyloskopowej.



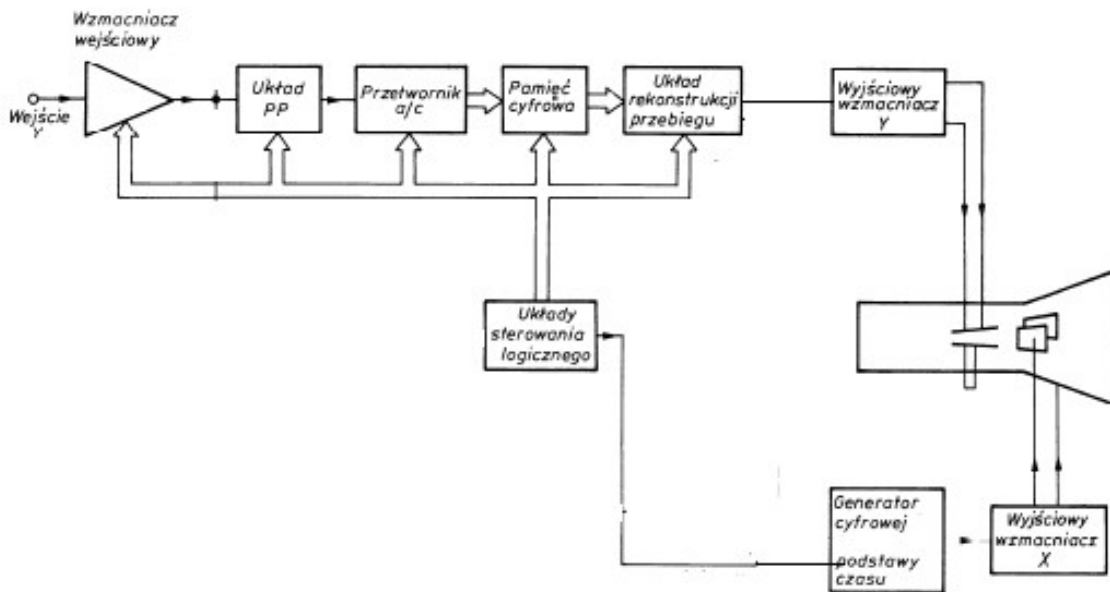
Lampa oscyloskopowa jest szklaną lampą o wysokiej próżni, zawierającą:

- działo elektronowe – zespół elektrod, którego zadaniem jest wytworzenie strumienia elektronów
- dwie pary płytek odchylających strumień elektronów w poziomie i w pionie
- warstwa luminoforu – substancji, która pod wpływem bombardowania przez strumień elektronów świeci

#### 17. Przedstawić schemat blokowy oscyloskopu analogowego.



**18. Przedstawić schemat blokowy oscyloskopu cyfrowego.**



**19. Na czym polega zjawisko przeinaczania (aliasingu)?**

Aliasing - nieodwracalne zniekształcenie sygnału w procesie próbkowania. Zniekształcenie to objawia się obecnością w sygnale składowych o częstotliwościach nie występujących w widmie sygnału mierzonego.

**20. Przedstawić sposób pomiaru wybranego parametru napięciowego lub czasowego sygnału mierzonego za pomocą oscyloskopu.**

Pomiar częstotliwości

- 1) zmierzyć na ekranie oscyloskopu odległość między dwoma kolejnymi maksimami przebiegu mierzonego.
- 2) pomnożyć otrzymaną odległość przez współczynnik czasu
- 3) odwrotność otrzymanego iloczynu jest częstotliwością badanego sygnału.

**21. Opisać metodę pomiaru przesunięcia fazowego przy wykorzystaniu oscyloskopu.**

Przesunięcie fazowe  $\varphi_X$  między sygnałami mierzonymi  $U_A$  oraz  $U_B$  wyznacza się ze wzoru:

$$\varphi_X = \frac{X_\tau}{X_T} \cdot 360^\circ$$

$X_T$  - długość mierzona po osi x od początku do końca okresu

$X_\tau$  - odległość pomiędzy dwoma przyjętymi punktami charakterystycznych badanych przebiegów (np. pomiędzy maksimami tych sygnałów)

**22. Opisać metodę pomiaru częstotliwości przy wykorzystaniu oscyloskopu.**

Należy zmierzyć na ekranie oscyloskopu odległość między odpowiednimi punktami charakterystycznymi przebiegu leżącymi w sąsiednich okresach, pomnożyć ją przez współczynnik czasu. Odwrotność otrzymanego iloczynu jest częstotliwością badanego przebiegu.

Druga możliwość to krzywe, ale kogo to interesuje niech sobie doczyta :P.