

## OSCILOSCOPUL CATODIC STANDARD

Osciloscopul este un aparat care permite vizualizarea pe ecranul unui tub catodic a curbelor ce reprezinta variatia in timp a diferitelor marimi sau a curbelor ce reprezinta dependenta intre doua marimi. Imaginile obtinute pe ecran se numesc **oscilograme**.

Ca aparat de-sine-statator se utilizeaza la:

- vizualizarea si studierea curbelor de variatie in timp a diferitelor semnale electrice (curenti, tensiuni);
- compararea diferitelor semnale electrice;
- masurarea unor marimi electrice (tensiuni, intensitati ale curentului, frecvente, defazaje, grad de modulatie, distorsiuni etc.);
- masurarea valorilor instantanee a unor semnale (tensiuni, curenti);
- masurarea intervalelor de timp;
- vizualizarea caracteristicilor componentelor electronice (tuburi electronice, tranzistoare), a curbelor de histerezis ale materialelor magnetice etc.

Uneori osciloscopul face parte din sisteme de masurare si control sau din aparate mai complexe, cum ar fi: caracterograful (aparat pentru vizualizarea caracteristicilor tranzistoarelor), vobuloscopul (aparat pentru vizualizarea caracteristicilor de frecventa ale amplificatoarelor), selectograful (aparat pentru vizualizarea curbelor de selectivitate) etc.

Impreuna cu diferite traductoare, osciloscopul poate fi folosit si la studierea si masurarea unor marimi neelectrice, cum ar fi in medicina, fizica nucleara, geofizica etc.

Ca aparat de masurat si control, osciloscopul prezinta unele avantaje ca:

- impedantă de intrare mare, de ordinul megohmilor;
- consum de putere foarte mic de la circuitul de masurat;
- sensibilitate mare (la unele tipuri constructive constanta fiind de fractiuni de mV/cm);
- banda de frecvente foarte larga, pana la sute de megaherti si, in constructii speciale (cu eşantionare), pana la zeci de gigaherti;
- comoditate in exploatare.

## CONSTRUCTIA SI FUNCTIONAREA OSCILOSCOPULUI

### 1.1. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE

Elementul principal al unui osciloscop este tubul catodic. Pentru a putea afisa pe ecranul tubului catodic curba ce reprezinta dependenta intre doua marimi,  $A=f(B)$ , este necesar:

- sa se obtina pe ecran un punct luminos (spot.);
- sa se poata deplasa acest punct dupa doua directii, orizontala (x) si verticala (y), pentru a descrie pe ecran curba dorita

Fasciculul de electroni este produs, focalizat și accelerat în tubul catodic și lovește ecranul acestuia producând un punct luminos (spot). Deplasarea spotului pe ecran se realizează prin devierea fasciculului de electroni cu ajutorul unor câmpuri electrice create de două perechi de plăci de deflexie din interiorul tubului catodic, la aplicarea unor tensiuni  $U_y$  la placile de deflexie pe direcția  $y$  și  $U_x$  la placile de deflexie pe direcția  $x$ .

Pentru ca pe ecran să apară curba  $A=f(B)$ , celor două perechi de deflexie li se aplică marimile  $A$  și  $B$ . Ca urmare spotul se va deplasa după direcțiile  $y$  și  $x$  în același ritm ca și marimile  $A$  și  $B$ .

Dacă marimile  $A$  și  $B$  sunt periodice, pentru ca pe ecran să apară o imagine stabilă este necesar ca între frecvențele celor două marimi să existe relația:

$$f_A = n \cdot f_B \quad \text{unde } n \text{ este un număr întreg.}$$

## 1.2. ELEMENTE COMPONENTE. SCHEMA BLOC

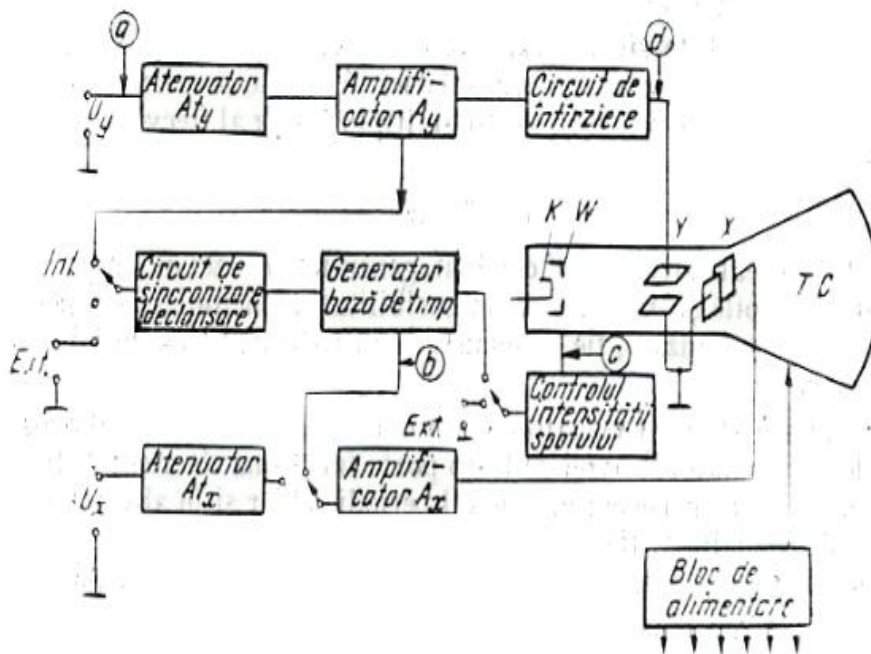


Figura 1: Schema bloc a unui osciloscop catodic

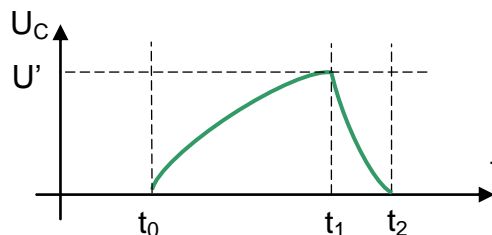
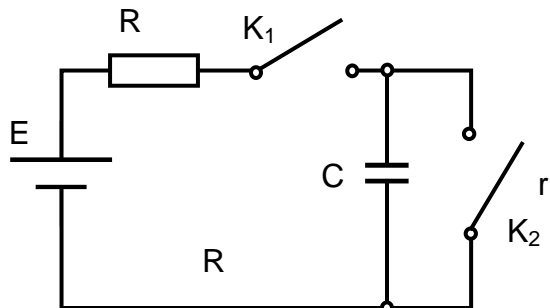
- Tubul catodic este elementul principal al osciloscopului. În interiorul lui se generează fasciculul de electroni care - deviat sub acțiunea câmpurilor produse de semnalele de studiat, ciocnesc ecranul, descriind pe acesta curbele dorite.
- Amplificatoarele  $A_y$  și  $A_x$  amplifică semnalele de studiat prea mici, înainte de a fi aplicate placilor de deflexie.
- Atenuatoarele  $At_y$  și  $At_x$  micșorează semnalele prea mari înainte de a fi aplicate amplificatoarelor  $A_y$  și  $A_x$ . La oscilosoapele moderne, atenuatoarele sunt calibrate în  $V/cm$  sau  $mV/cm$  reprezentând tensiunea necesară la intrarea atenuatorului pentru a produce o deplasare a spotului pe ecran de 1 cm. Această calibrare este valabilă numai dacă reglajul amplificării amplificatorului respectiv este la maxim.

- Generatorul bazei de timp. In cazul vizualizarii curbelor ce reprezinta variatia in timp a unor marimi [ $A = f(t)$ ], la placile de deflexie X trebuie sa se aplice o tensiune proportionala cu timpul:

$$U_x = K \cdot t$$

Tensiunea  $U_x$  trebuie deci sa fie o tensiune liniar-variabila in timp, adica de forma dintilor de fierastrau. Aceasta tensiune este generata in osciloscop de generatorul bazei de timp.

Modelul cel mai simplu al generatorului bazei de timp :

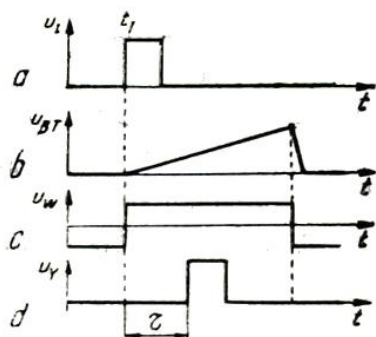


- Circuitul de sincronizare (de declansare). Pentru ca imaginea de pe ecran sa fie stabila, conform relatiei de mai sus este necesar ca frecventa semnalului de vizualizat sa fie un multiplu intreg al frecventei bazei de timp:  $f_x = n \cdot f_{BT}$

Pentru realizarea acestei conditii, generatorul bazei de timp are frecventa variabila si, in plus, exista posibilitatea sincronizarii ei prin circuitul de sincronizare, fie cu semnal de vizualizat, fie cu un alt semnal exterior.

Pentru a se putea vizualiza si semnale neperiodice, la osciloscoapele moderne generatorul bazei de timp poate functiona, la alegere, fie continuu (relaxat), generind un semnal periodic chiar si in absenta semnalului de vizualizat, fie declansat.

Spre deosebire de functionarea periodica, functionarea declansata este comandata, chiar de semnalul de vizualizat. In lipsa semnalului, baza de timp nu functioneaza. La aparitia unui semnal la intrare, baza de timp se declanseaza, genereaza un singur dinte de fierastrau si apoi se blocheaza din nou in asteptarea unui alt semnal. In cazul in care la intrare se aplica un semnal periodic baza de timp urmarind semnalul de la intrare devine periodica.



b - tensiunea generata de baza de timp;  
 c - tensiunea pe cilindrul Wehnelt;  
 d - tensiunea dupa circuitul de intarziere

Figura 2: Diagramele tensiunilor in diferite puncte ale schemei osciloscopului:

- Circuitul pentru controlul intensitatii spotului. In cazul functionarii cu baza de timp declansata, in lipsa semnalului la intrare, baza de timp fiind blocata, atat placilor de deflexie Y cat si placilor de deflexie

X nu li se aplica nici un semnal. In aceasta situatie fasciculul de electroni ar bombardata ecranul intr-un singur punct, in centru, ceea ce ar duce la distrugerea luminoforului in punctui respectiv. Pentru a proteja ecranul, osciloscopul este prevazut cu un circuit pentru controlul intensitatii spotului. Acesta furnizeaza o tensiune negativa care se aplica pe cilindrul Wehnelt pentru stingerea spotului cand baza de timp este blocata (figura 2c).

Circuitul pentru controlul intensitatii spotului mai este folosit si la stingerea spotului pe durata cursei de intoarcere si uneori la modularea intensitatii spotului cu un semnal exterior.

- Circuitul de intarziere are rolul de a intarzia semnalul astfel incat acesta sa se aplice placilor Y dupa ce baza de timp a inceput sa functioneze. In figura 2 d este reprezentata diagrama tensiunii  $U_y$ , intirziata fata de tensiunea de la intrare,  $U_i$  cu timpul  $t$ . Daca nu s-ar folosi circuitul de intarziere, semnalul s-ar aplica placilor Y cand spotul este stins si baza de timp blocata, ceea ce ar face ca inceputul semnalului sa nu mai apara pe ecran (figura 3 a). Cu circuitul de intarziere semnalul se vizualizeaza corect (figura 3 b).

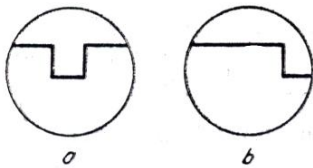


Figura 3. Efectul circuitului de intarziere:  
a – oscilogramul fara circuit de intarziere  
b - oscilograma cu circuit de intarziere

- Blocul de alimentare contine surse stabilizate de inalta si joasa tensiune si asigura alimentarea celorlalte blocuri inclusiv a tubului catodic.

### 1.3. TUBUL CATODIC

Tubul catodic este elementul principal al osciloscopului. El este un tub cu vid, care are o parte cilindrica si o parte tronconica (fig. 4).

- In interiorul tubului in partea cilindrica, se afla un dispozitiv de emisie si focalizare, numit tun electronic, care emite, focalizeaza si accelereaza fasciculul de electroni, si un sistem de deflexie pentru devierea acestui fascicul.

- In partea frontala, tubul catodic are un ecran acoperit spre interior cu substante luminofore. El devine luminos in punctul in care este lovit de fasciculul de electroni.

- In interiorul tubului pe partea tronconica, este depus un strat bun conductor de electricitate, care are rolul de ecranare si de colec tare a electronilor, dupa ce acestia au lovit ecranul.

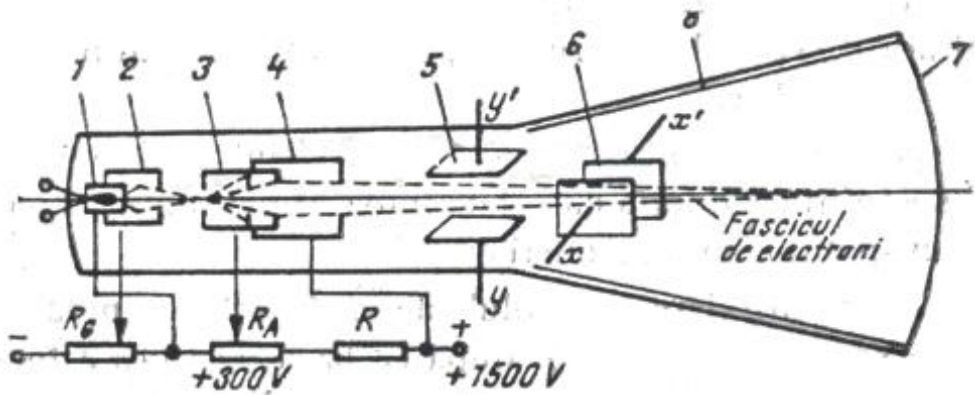


Figura 4: Tubul catodic

### 1.3.1. DISPOZITIVUL DE EMISIE SI FOCALIZARE (tunul de electroni)

Tunul de electroni este format de obicei dintr-un catod, un electrod de comanda si doi anodi: de focalizare si de accelerare.

- Catodul 1 este un cilindru metalic cu suprafata frontala acoperita de un strat de oxizi de bariu si strontiu, ce poate emite usor electronii. Catodul este incalzit indirect de un filament care se afla in interior.

- Electrodul de comanda 2, numit si cilindrul Wehnelt, este un electrod cilindric ce inconjoara catodul si care este prevazut in partea frontala cu un mic orificiu prin care trec electronii.

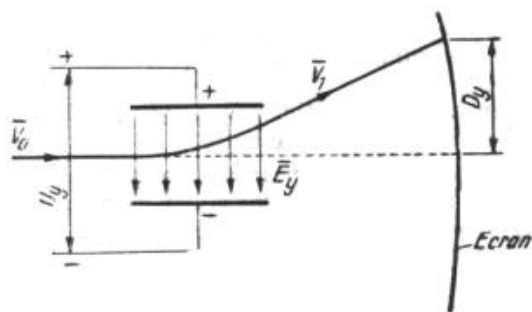
Electrodul de comanda se afla la un potential negativ fata de catod franand in acest mod deplasarea electronilor. Potentialul electrodului de comanda se poate varia cu potentiometrul  $R_g$ . Cu cat electrodul de comanda va fi mai negativ fata de electrod, cu atat vor reusi sa treaca mai putini electroni. In acest mod, regland negativarea cilindrului Wehnelt se poate controla numarul electronilor din fascicul ce se indreapta spre ecran si, ca urmare, se poate regla luminozitatea spotului de pe ecran.

Dupa trecerea prin electrodul de comanda, fasciculul de electroni este focalizat pe ecranul tubului catodic cu o lentila electronica formata din cei doi anodi, de focalizare si de accelerare.

- Anodul de focalizare 3 este un cilindru care are un potential pozitiv fata de catod (citeva sute de volti), reglabil cu potentiometrul  $R_a$ . Variand acest potential se regleaza distanta focala a lentilei electronice astfel incat focarul ei sa cada pe ecran. Cand reglajul este corect, imaginea de pe ecran are claritatea maxima.

- Anodul de accelerare 4 este tot de forma cilindrica si are un potential fix, pozitiv fata de catod, de ordinul miilor de volti. El are rolul de a accelera miscarea electronilor, determinand viteza  $v_0$  cu care acestia se indreapta spre ecran.

### 1.3.2. DISPOZITIVUL DE DEFLEXIE



Deviatia fascicului de electroni se poate realiza cu campuri electrostatice sau magnetice. La tuburile catodice folosite in osciloscop se utilizeaza deviatia cu campuri electrostatice; dispozitivul de deflexie este format din doua perechi de placi de deflexie dispuse perpendicular pentru devierea fascicului de electroni dupa cele doua directii, x si y.

Figura 5: Deviatia fascicului de electroni

Cand placile sunt la acelasi potential, fascicului de electroni trece printre ele fara a fi deviat si loveste ecranul in centru.

Daca se aplica placilor de deflexie o tensiune  $U_y$ , intre ele apare un camp electric  $E_y$ . Sub actiunea acestui camp, electronii vor fi atrasi de placa pozitiva si respinsi de placa negativa cu o forta care va imprima electronilor o acceleratie  $a_y$  dupa directia y.

Cand electronii ies dintre placi, actiunea cimpului  $E_y$  inceteaza si ei isi continua miscarea dupa o directie tangenta la traiectoria parabolica, lovind ecranul la o distanta  $D_y$  fata de centru. Deviatia spotului pe ecran  $D_y$  este cu atat mai mare cu cat tensiunea  $U_y$  aplicata placilor y este mai mare.

### 1.3.3. ECRANUL

Dupa ce au trecut prin sistemul de deflexie, electronii ajung pe ecran (7) producand spotul luminos. Rolul ecranului este de a transforma o parte cat mai mare din energia cinetica a electronilor in energie luminoasa. In acest scop, pe suprafata interioara a ecranului, este depusa o substanta fluorescanta numita luminofor, care devine luminoasa cand este bombardata de electroni. Pentru a i se mari eficacitatea, se adauga diferite substante activante.

Culoarea spotului luminos depinde de compozitia substantei fluorescente. Pentru observari vizuale se folosesc ecrane cu fluorescanta galben-verzuie, deoarece sensibilitatea ochiului este maxima in acest domeniu. Materialul folosit pentru aceste ecrane este wilemitul (orto-silicat de zinc) activat cu magneziu.

## REGLAJELE OSCIOSCOPULUI CATODIC

Înainte de a folosi un osciloscop catodic necunoscut sau nou, trebuie să se citească instrucțiunile de utilizare. Se verifică:

- Întrerupătorul de rețea.
- Reglajul luminozității.
- Reglajul focalizării.
- Reglajele poziției.
- Reglajul amplitudinii bazei de timp.
- Amplificatorul deflexiei verticale.

## Reguli pentru utilizarea osciloscopelor catodice

Tubul catodic al unui osciloscop catodic nu trebuie lăsat să funcționeze cu spotul staționar, din cauza pericolului de ardere a ecranului. În pauzele dintre lucrări, spotul trebuie stins cu ajutorul reglajului luminozității.

### Calibrarea pe orizontală

Măsurarea intervalelor de timp se poate realiza cunoscând viteza de deplasare a spotului și măsurând pe ecran lungimea segmentului care corespunde intervalului de timp considerat.

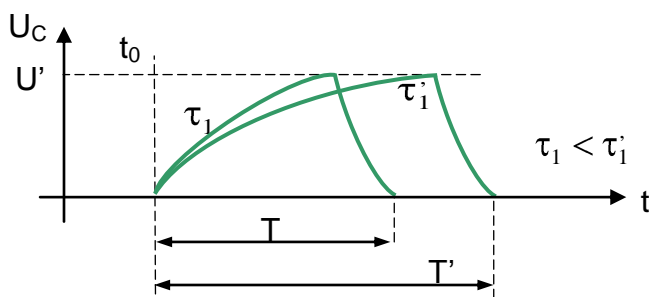
Osciloscopia pe bază de timp calibrată în ms/cm sau  $\mu\text{s/cm}$ , adică se indică pentru fiecare poziție a comutatorului ce reglează în trepte frecvența bazei de timp, timpul necesar ca spotul să se deplaseze pe direcția orizontală cu un centimetru. Această calibrare este corectă numai dacă reglajul fin al bazei de timp este la maxim.

### Calibrarea pe verticală

Măsurarea tensiunilor cu osciloscopul catodic se bazează pe faptul că deviația spotului este proporțională cu amplitudinea tensiunii aplicate plăcilor de deflexie. Înainte de utilizare, se recomandă să se verifice calibrarea atenuatorului  $A_{ty}$ . În acest scop, osciloscopia dispune la o bornă de pe panoul frontal, de o tensiune de calibrare. Cu ajutorul unei sonde, se aplică tensiunea de calibrare la intrarea osciloscopului și se verifică dacă variația obținută pe ecran corespunde indicației atenuatorului.

Pentru măsurări precise, sursa de tensiune internă are frecvența de 1 kHz și amplitudinea tensiunii egală cu 1 sau 2 V.

### Sincronizarea osciloscopului



Variația duratei dinților de ferăstrău în funcție de constanta de timp  $\tau = RC$ .

Durata unui dinte de fierăstrău corespunde intervalului de timp  $t_1 - t_0$  în care tensiunea pe condensator crește până la  $U'_c$ , necesară devierii fasciculului de electroni, astfel încât spotul să se deplaseze pe tot ecranul de la stânga la dreapta. Ea depinde de constanta de timp  $\tau_1 = RC$ . Dacă se variază valorile lui R și C se pot obține durate diferite pentru dinții de ferăstrău. De obicei această durată se variază în trepte cu un comutator ce introduce în circuit condensatoare de diferite valori și fin prin variația continuă a rezistenței R. Comutatorul este calibrat în ms/cm sau  $\mu\text{s/cm}$ , corespunzător timpului necesar ca spotul să se deplaseze pe direcția orizontală cu 1 cm. Această calibrare este valabilă numai dacă reglajul fin este la maxim. În cazul funcționării periodice, se poate considera că durata unui dinte de ferăstrău corespunde unei perioade a semnalului generat de baza de timp, deci variind durata dinților de ferăstrău se variază frecvența bazei de timp.