

1.1. Principiile Măsurărilor Electronice

2. Punți de măsurare

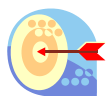
3. Măsurarea frecvenței

4. Osciloscopul



Introducere capitol 4

Când vine vorba de testarea circuitelor electronice, osciloscopul este un instrument indispensabil. Cu el se pot vizualiza semnale electronice de regulă invizibile, în special semnalele periodice. Unele osciloscoape sunt capabile să afișeze și semnale neperiodice sau tranzitorii. Odată cu progresul din domeniul semiconductoarelor aplicat acum pentru a dezvolta osciloscoape moderne, osciloscoapele se pot împărți în două grupe majore: și anume, osciloscoapele analogice și cele digitale cu memorie.



Obiective capitol 4

Obiectivele capitolului sunt:

- Sinteza și analiza principalelor blocuri ale osciloscopului (cum ar fi, controalele verticale și orizontale, afișajul, baza de timp, circuitul de declanșare).
- Analiza principiului de funcționare a osciloscoapelor analogice și digitale.
- Sinteza operațiilor de măsurare cu un osciloscop.

Primele osciloscoape au fost introduse în urmă cu mai mult de o sută de ani de Ferdinand Braun, în 1897. Până în prezent, aceste aparate sunt unele dintre cele mai importante unelte din inginerie și de cercetare științifică. Osciloscoapele digitale moderne nu permit doar afișarea semnalelor, ci și înregistrarea, analiza acestora (cum ar fi, analiza spectrală) și chiar permit măsurări de semnale.



Exemple

Un model Tektronix 475A de osciloscop analogic portabil este prezentat mai jos, în stânga. Este un instrument obișnuit de la sfârșitul anilor 1970. Acesta este un osciloscop CRT (CRO). În dreapta este un osciloscop digital cu memorie (DSO):





Discuție

Încă există pe piață osciloscopae *analogice cu tub catodic CRT* (sau *osciloscopae cu tub catodic CRO*) precum și *dispozitive analogice cu LCD* sau *digitale*. Prețurile osciloscopelor analogice și digitale sunt în prezent la același nivel, astfel în viitorul apropiat numai instrumentele digitale versatile vor rămâne cel mai probabil pe piață. Semnalele care pot fi interpretate de instrumentele moderne pot atinge 50 GHz azi pentru semnale repetitive (periodice) și peste 1 GHz pentru semnale nerepetitive.

Osciloscopul (cunoscut sub numele de **CRO**, **DSO** sau, **O-scop**) este un instrument de testare electronic care permite examinarea semnalelor de tensiune care variază constant, de obicei ca grafic bidimensional a uneia sau mai multor **diferențe de potențial electric** pe axa verticală sau 'Y', fiind reprezentată grafic **ca o funcție de timp**, (pe axa orizontală sau 'X').

Figura 5.1 prezintă principiul folosit în afișarea semnalului pe osciloscop. Imaginea pe ecran este obținută în așa fel încât **în timpul deplasării orizontale** (t) a punctului luminos acesta **este deviat vertical proporțional cu valoarea semnalului detectat** (U_x).

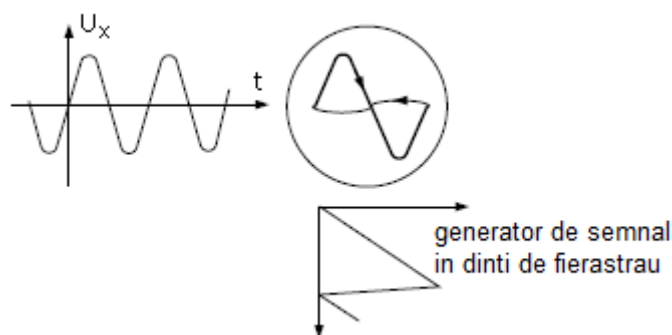
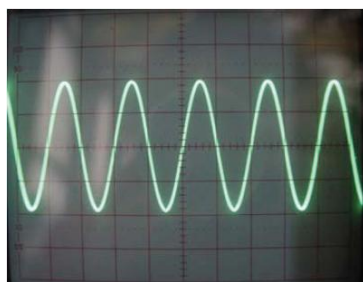


Fig.5.1 Principiul folosit în afișarea unui semnal pe osciloscop

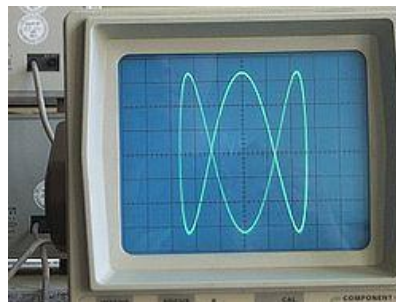
Mișcarea orizontală se obține prin intermediul generatorului bazei de timp care produce semnalul în dinți de fierăstrău (Figura 5.1). **Dacă frecvența semnalului este de câțiva Hz, atunci nu este posibilă vizualizarea imaginii acestuia datorită inerției vederii noastre.** Astfel, principala funcție a osciloscopului este aceea de a bloca cumva imaginea pe ecran. **Dacă perioada de oscilație a semnalului în dinți de fierăstrău este aceeași (sau un multiplu) cu perioada semnalului investigat imaginile succesive par a fi la fel.** Acest lucru creează iluzia că imaginea stă pe loc. În acest caz, se spune că semnalul investigat este *sincronizat* cu semnalul în dinți de fierăstrău.

4.1. Osciloscopul analogic

Acest osciloscop este de tip voltmetru cu afișaj analogic (CRT sau LCD) pentru vizualizarea mărimilor măsurate. Conform Figurii 5.1, un osciloscop poate examina variația tensiunii în timp ($Y(t)$ din Figura 5.2 a). Același lucru este valabil și pentru variația curentului în timp. Este posibilă și afișarea curbelor care reprezintă dependența dintre 2 mărimi (caracteristica X-Y), prezentată în Figura 5.2 b. Imaginile văzute pe ecran se numesc **oscilogramme**.



a



b

Fig.5.2 Oscilogramme (X-Y) pe ecranul CRT al osciloscopului analogic: (a) $Y(t)$; (b) $Y(X)$

Practic, osciloscopul analogic permite măsurarea: amplitudinii tensiunii și curentului, frecvenței, defazajului, și cel mai important, formelor de undă. Cu un multimetru nu se poate observa variația în timp (forma de undă) nici a tensiunii, nici a curentului, ceea ce este posibil cu un osciloscop!

Principalele avantaje ale osciloscopului analogic (cum ar fi, CRO) sunt următoarele:

- **Impedanță** de intrare mare, de ordinul $M\Omega$;
- **Consum** redus de **putere** (exceptând CRT!);
- **Sensibilitate** ridicată * unele osciloscopuri măsoară fracțiuni de mV/cm;
- **Gamă de frecvențe** (BW) largă, până la sute de MHz, de obicei între 20 MHz și 150 MHz;
- Foarte ușor de folosit.

Aceste avantaje se obțin și pentru osciloscopurile digitale cu memorie (DSO), dar gama de frecvențe este mult mai largă. DSO-urile pot opera la frecvențe de GHz!



Observații

Osciloscopurile sunt printre cele mai utilizate aparate de măsurat tensiunea. Aceasta este o situație neobișnuită, deoarece osciloscopul nu se află printre cele mai precise instrumente de măsurare din laborator. Totuși natura sa grafică îl recomandă ca instrument de măsurare de prim rang, și nu acuratețea sa în măsurări. Osciloscopul este un instrument care afișează grafic tensiunea sa de intrare ca o funcție de timp. Formele de undă a tensiunii nu pot fi descrise ușor prin metode numerice. De exemplu, ieșirea unui baterii poate fi descrisă complet de tensiunea sa și curentul său de ieșire. Cu toate acestea, ieșirea unei surse de semnal mai complex necesită informații suplimentare, cum ar fi frecvența, ciclul de lucru, amplitudinea vârf-la-vârf, timpul de creștere, timpul de scădere, și altele pentru a fi descrisă complet. Osciloscopul, prin prezentarea grafică a formelor de undă complexe, este ideal pentru această sarcină.

Acesta este adesea descris ca "**șurubelnița** inginerului electronist" deoarece osciloscopul este o unealtă de bază folosită de inginerii tehnici care încercă să înțeleagă detaliile funcționării circuitelor sau dispozitivelor electronice personale.

4.1.1. Schema bloc

Structura generală a unui osciloscop analogic în timp real este prezentat în Figura 5.3. Semnificațiile notațiilor blocurilor componente din această figură sunt date mai jos:

- **AT** – atenuatorul: este un divizor de tensiune cu compensarea caracteristicii de frecvență.
- **PA** – circuite preamplificatoare (PAV & PAO). Acestea au câștig mare și bandă largă.
- **FF** – faza finală. Include amplificatoarele A_y și A_x și o linie de întârziere (sau circuit de întârziere).
- **CD** – **circuitul de declanșare** se ocupă de sincronizare (sync): *frecvența semnalului măsurat trebuie să fie un multiplu întreg al frecvenței bazei de timp: $f_A = n \times f_{BT}$.*
- **BT** – **baza de timp** sau generatorul de dinți de fierăstrău [$A = f(t)$], A este amplitudinea tensiunii și depinde de timp. *Tensiunea măsurată este proporțională cu timpul: $A = K \times t$.*
- **CB** – circuitul de blocare. Oprește fasciculul de electroni.
- **BA** – blocul de alimentare a fiecărui bloc în parte.

<COMUTATOARE>

K0: are 3 moduri: CC, CA și GND (masă). **K1**: comută între diferite nivele de tensiune (V/cm)

K2: 1. declanșare internă (cea mai folosită); 2. declanșare externă

K3: 1. CH-Y apare pe axa de timp: **$y=f(t)$** ;

2. axa de timp nu apare! Acesta este modul XY: **$y=f(x)$** ;

K4: comutatorul de polaritate: + sau –

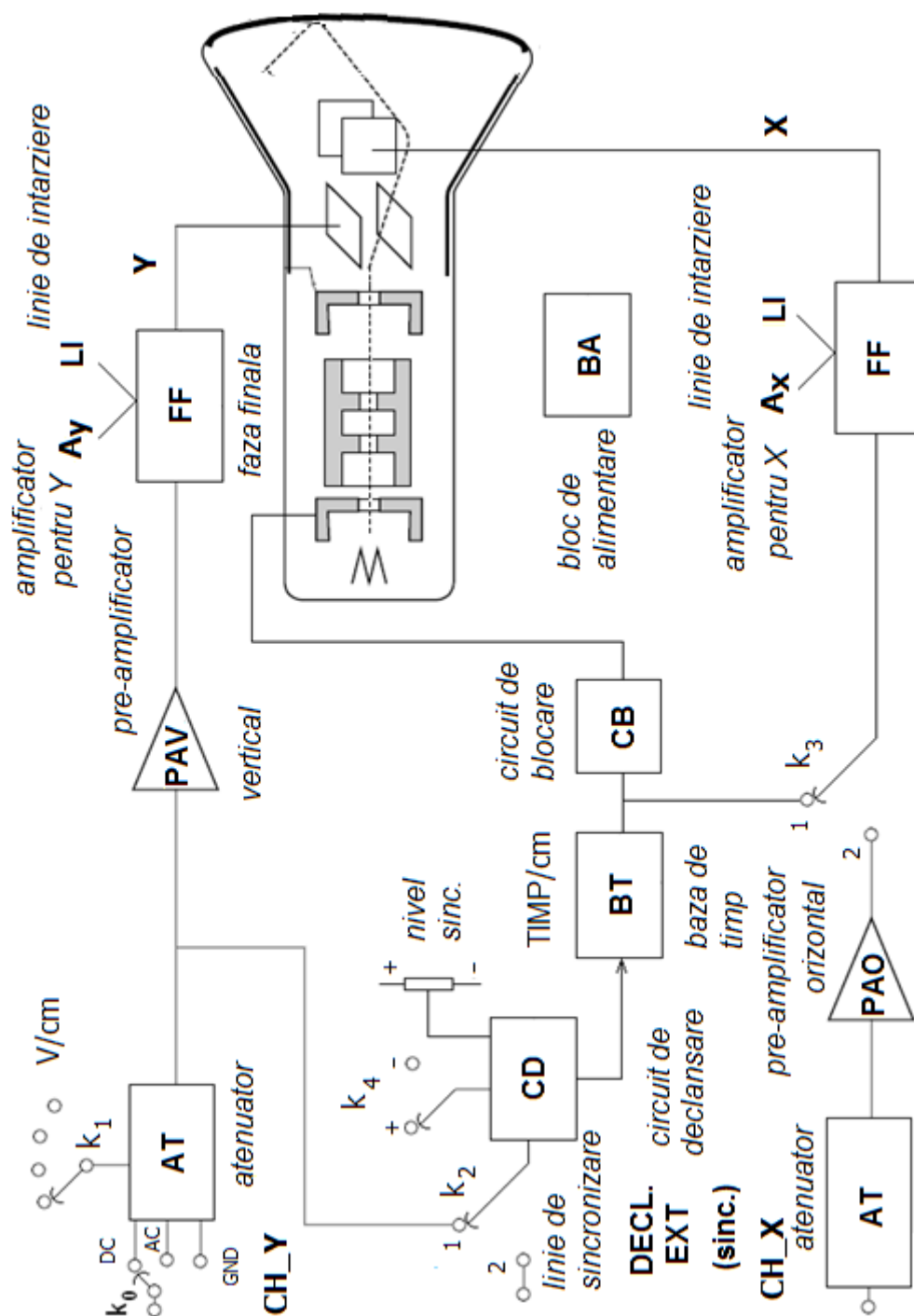


Fig.5.3 Schema bloc funcțională a unui osciloscop analogic cu afișaj CRT (tub catodic)



Observații

Osciloscopul conține patru blocuri de circuit de bază: amplificatorul vertical, baza de timp BT, declanșatorul CD, și afișajul. Dintre acestea, cel mai vizibil este afișajul cu *Tub Catodic* (CRT). Aceasta este componenta de osciloscop care produce afișarea grafică a tensiunii de intrare și cea cu care utilizatorul interacționează cel mai mult.

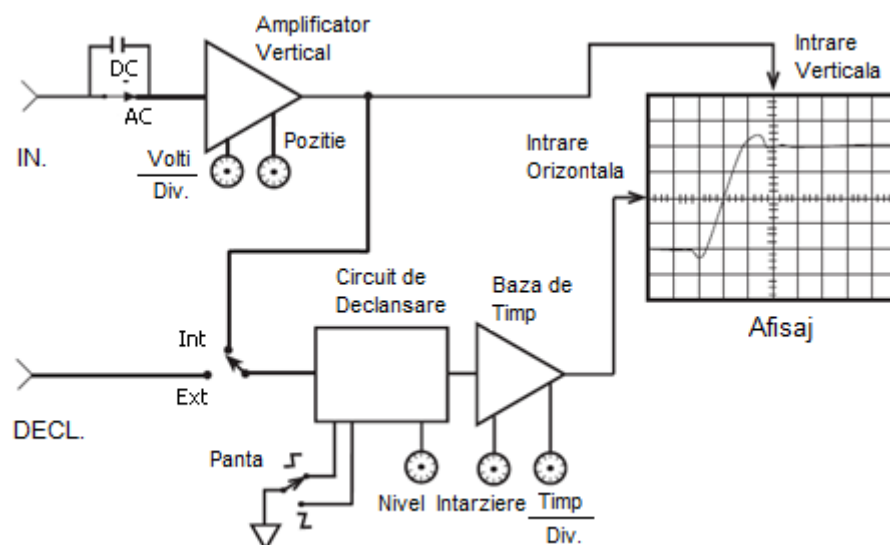


Fig.5.4 Schema bloc simplificată a osciloscopului, atât pentru oscilosoapele analogice cât și pentru cele digitale.

Figura 5.4 prezintă semnalul de intrare aplicat axei verticale a tubului catodic. Ceea ce trebuie reținut din această schemă este faptul că semnalul de intrare va fi comandat de circuitele axei verticale a osciloscopului astfel încât să fie afișat de CRT.

Amplificatorul vertical condiționează semnalul de intrare astfel încât să poată fi afișat pe CRT. Amplificatorul vertical prevede comenzi de volți pe diviziune, de poziție și de cuplaj, permițând utilizatorului să obțină afișajul dorit.

Circuitul de declanșare are rolul de a porni afișajul la același punct pe semnalul de intrare de fiecare dată când afișajul este actualizat.

Piesa finală a schemei bloc simplificate este *Baza de Timp*. Acest bloc al circuitului este sistemul orizontal. Baza de timp este acea parte a osciloscopului care permite semnalului de intrare să fie afișat ca o funcție de timp. Circuitele acestui bloc permit fasciculului CRT să fie deviat de la stânga la dreapta în timp ce semnalul de intrare este aplicat secțiunii de deviație verticală a CRT-ului. Comenzile de timp pe diviziune și poziție permit utilizatorului să regleze osciloscopul pentru cel mai eficient afișaj al semnalului de intrare. Comenzile de timp pe diviziune prevăd o gamă largă de valori: de la câteva nanosecunde (10^{-9} s) la secunde pe diviziune. Pentru a înțelege amplitudinea gamei dinamice a setărilor bazei de timp a osciloscopului, trebuie reținut că lumina străbate 1 m în 3 ns.

4.1.2. Tubul catodic

Osciloscopul clasic este de tip analogic, se caracterizează prin utilizarea unui CRT pentru afișarea directă.

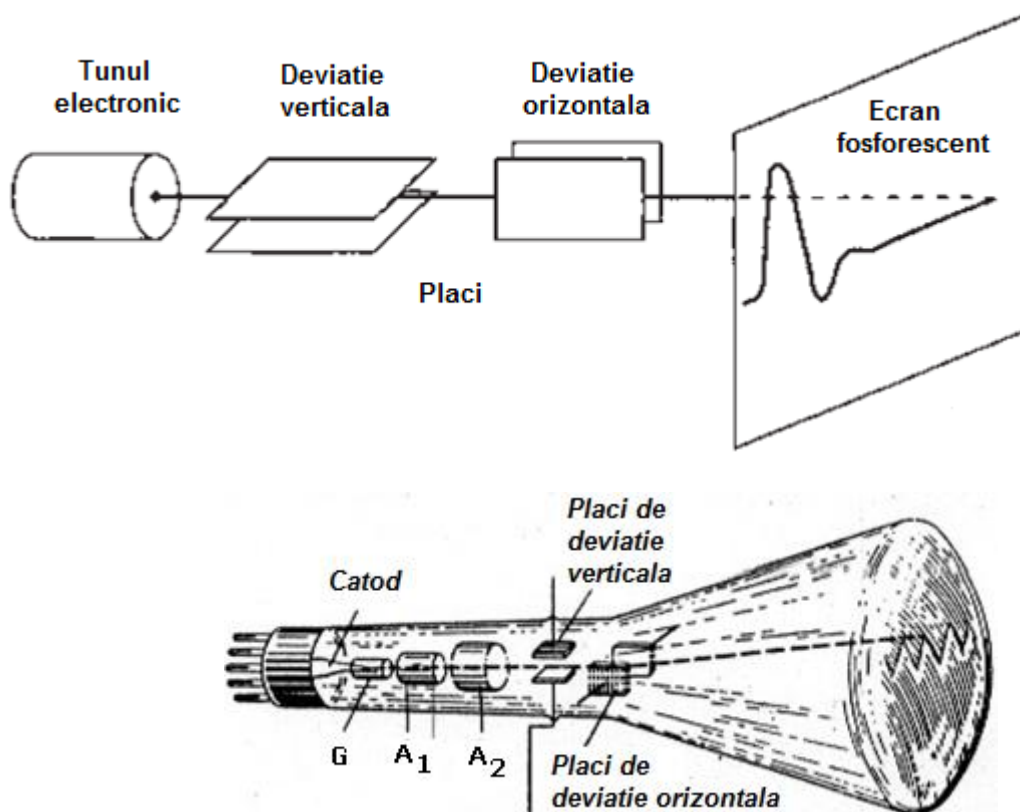


Fig.5.5 Tubul catodic al unui osciloscop analogic

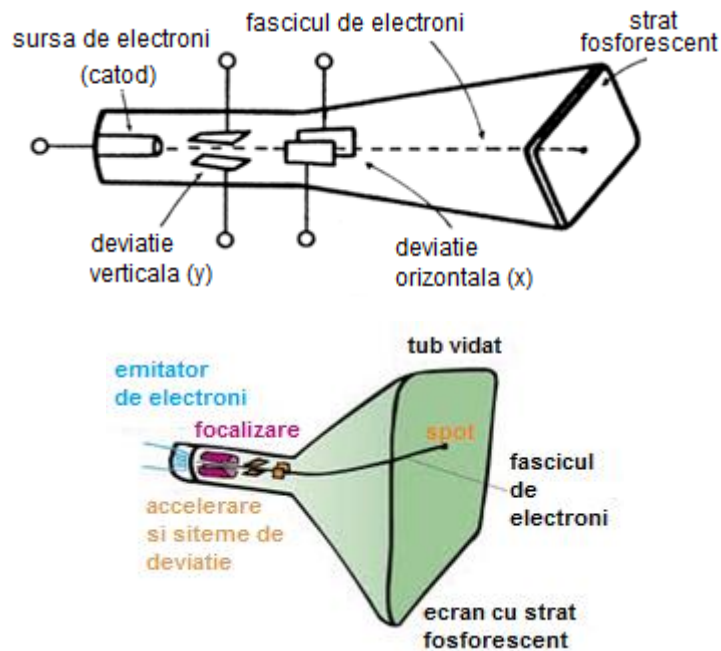
Un fascicul de electroni ("raze catodice"), după este generat, accelerat, și focalizat într-un tun electronic, va bombarda un ecran fosforescent, făcând ca lumina vizibilă să fie emisă de la punctul de impact (Figura 5.5). Deoarece tehnologia pentru osciloscop a evoluat de la tubul catodic (CRT), pentru a înțelege osciloscopul analogic, este mai bine să se discute mai întâi despre CRT.

Fasciculul de electroni este generat de **tunul electronic**. Fasciculul este direcționat și accelerat către ecran în timp ce parcurge **sistemul anodic** căpătând energie cinetică. Fasciculul trece apoi prin **sistemul de deviație** și bombardează stratul fosforescent care acoperă interiorul **ecranului**.



Explicație

Catodul, care este un filament încălzit, emite un fascicul de electroni care este direcționat spre ecran și produce spotul luminos acolo unde electronii cad pe ecran. Fără deviație spotul s-ar afla pe mijlocul ecranului. Fasciculul poate fi deviat separat pe direcțiile orizontale și verticale (în direcțiile x și y) prin aplicarea unei tensiuni plăcilor de deviație. Poziția spotului luminos variază în funcție de tensiunea din plăci. Ori de câte ori o diagramă amplitudine-timp trebuie afișată pe ecran, plăcile x sunt conectate la o tensiune de rampă generată în interiorul instrumentului.



Acest semnal al bazei de timp deplasează spotul de la stânga la dreapta la o viteză constantă, rezultând astfel o linie orizontală pe ecranul fosforescent.

Semnalul măsurat este conectat la placa y prin intermediul unui amplificator cu câștig reglabil, permițând astfel spotului să se deplaseze într-o direcție verticală. Aceasta este combinația dintre deplasarea orizontală și cea verticală care produce o imagine a diagramei amplitudine-timp pe ecran.

Principalele componente ale CRT-ului sunt detaliate astfel:

- **Tutul electronic** emite, focalizează și accelerează fasciculul de electroni.
- **Sistemul de deviație** comandă deplasarea fasciculului de electroni, în conformitate cu semnalul studiat.
- **Spotul luminos** convertește energia cinetică a fasciculului de electroni în energie luminoasă (în punctul unde fasciculul bombardează ecranul):

$$e^- \times U_a = \frac{m \times V_e^2}{2}$$

unde e^- – sarcina electronului, U_a – tensiunea pe anod, V_e – tensiunea electronului. Elementele CRT-ului sunt incluse într-un tub de sticlă (tub vidat din care aerul a fost evacuat), cu calități mecanice și de electro-ionizare excelente, după cum poate fi văzut în Figura 5.5.

Elementele CRT-ului din Figura 5.6, au următoarea semnificație:

- K – catod, F – filament, G – comanda grilei * cilindrul Wehnelt;

- A1 – anod al ecranului, A2 – anod de focalizare, A3 – anod de accelerare; P1 – intensitate, P2 – focalizare;
- X, Y – plăci de deviație, EL – ecran luminos, S – spot luminos, B – fascicul de electroni.
- PA – anod de post-accelerare *extinde lățimea de bandă; EG – ecran al grilei;

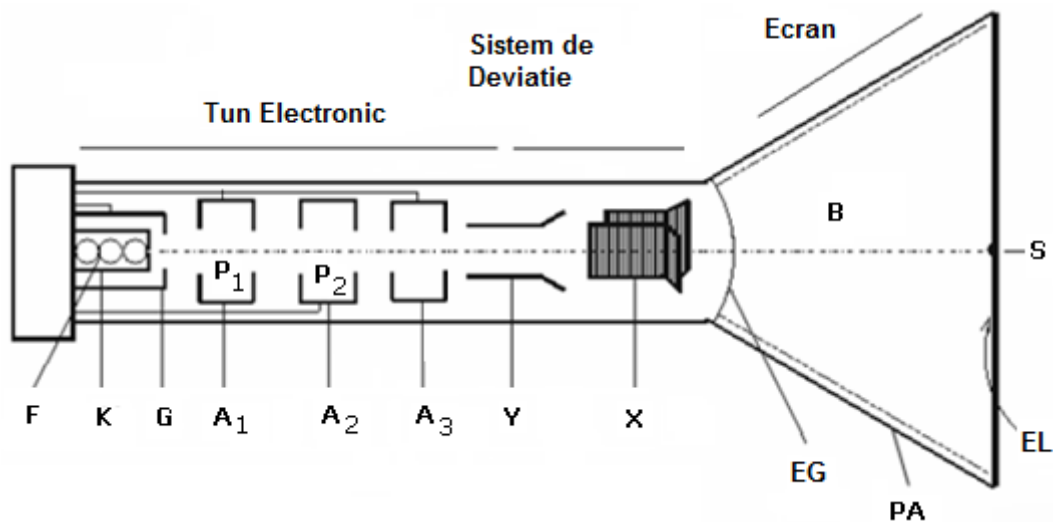


Fig.5.6 Elementele unui tub catodic (CRT)

Tunul electronic (Figura 5.7) este alcătuit din următoarele componente: catodul, comanda electrozului și doi anodi (anodul de focalizare și cel de accelerare).

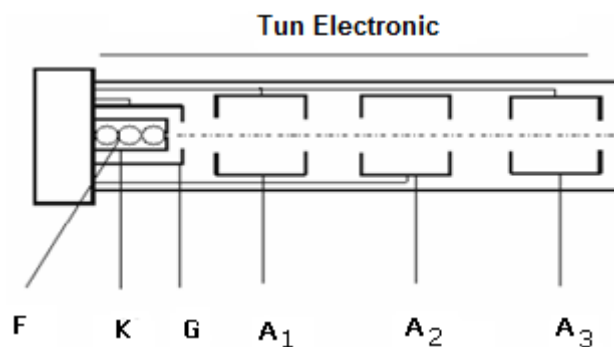


Fig.5.7 Tunul electronic

1. Catodul (K) este un cilindru metalic (cu potențial negativ) care poate emite cu ușurință electroni. Catodul este încălzit indirect de filament F (F este în K).
2. Comanda electrozului (G + A1) conține cilindrul Wehnnelt, un electrod cilindric care acoperă catodul și are o deschidere mică, prin care electronii trec. Potențialul negativ al comenzii grilei (G), poate fi reglat prin varierea potențiometrului (P1). În acest fel cilindrul Wehnnelt controlează numărul de electroni care bombardează ecranul. Scopul este acela de a obține o luminozitate optimă. P1 se găsește pe panoul frontal al unui osciloscop ca buton de Intensitate.

3. Anodul de focalizare (A2) este un cilindru cu potențial pozitiv raportat la catod (sute de volți), care este variat de potențiomtru (P2). Se poate ajusta lungimea focală a lentilelor electronice pentru ca punctul focal să cadă pe ecran. Scopul este de a obține claritate maximă (precizie optimă). P2 se găsește pe panoul frontal al unui osciloscop ca buton de Focalizare.

4. Anodul de accelerare (A3) are o formă cilindrică de asemenea, cu potențial pozitiv fix în raport cu catodul (mii de volți). Acesta are rolul de a accelera mișcarea electronilor, determină viteza V_0 cu care electronii se îndreaptă către ecran (a se vedea Figura 5.8).

Plăcile de deviație se bazează pe următorul principiu de funcționare: deviația este produsă de câmpurile electrostatice.

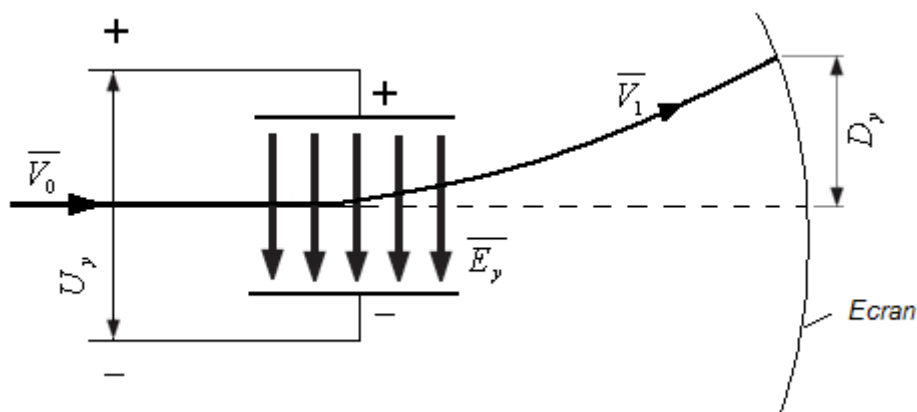
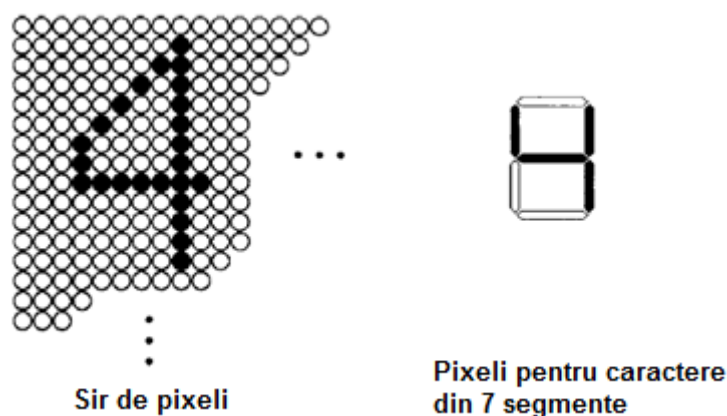


Fig.5.8 Plăci de deviație

Dispozitivul de deviație este format din două perechi de plăci de deflecție perpendiculare, care deviază fasciculul de electroni în două direcții: X & Y.

- Când plăcile sunt la același potențial, fasciculul de electroni trece prin ele, fără a fi deviat și bombardează ecranul în centrul lui.
- Dacă o tensiune U_y se aplică plăcilor de deviație, electronii vor fi atrași de placa mai pozitivă și respinși de placa mai negativă cu forța $F_y = e \times E_y$, care va produce accelerarea electronilor a_y în direcția Y cu viteza V_1 .
- Când electronii părăsesc plăcile, acțiunea câmpului E_y se oprește, și își vor continua deplasarea conform unei traiectorii parabolice, bombardând ecranul la distanța D_y de centru.
- D_y va fi mai mare dacă tensiunea aplicată plăcilor U_y crește.

Tehnologiile cel mai des utilizate în instrumentele pentru osciloscopia analogică sunt tuburile catodice (CRT), diodele emițătoare de lumină (LED-uri), și afișajele cu cristale lichide (LCD). Toate tehnologiile de afișare funcționează prin iluminarea unor porțiuni ale ecranului de afișare în timp ce alte porțiuni rămân neiluminate.



Tehnologiile diferă ca metodă de iluminare. Unitatea de bază a unui afișaj este cea mai mică suprafață care poate fi iluminată separat, numit "pixel".

Forma și numărul de pixeli ai afișajului sunt factori de rezoluție ai ecranului. Numărul de pixeli disponibili determină conținutul maxim de informații al ecranului.

Într-un CRT, fasciculul de electroni este ghidat pe un ecran fosforescent în interiorul unui tub vidat; dacă fasciculul de electroni este pornit, materialul **luminescent** atins se va aprinde. Luminiscenta persistă doar pentru o perioadă scurtă de timp, astfel că acesta trebuie să fie actualizată continuu prin parcurgerea ecranului de către fasciculul de electroni din nou și din nou.

Grila este o rețea de pătrate care servesc drept repere pentru măsurarea liniei afișate. Aceste marcaje, care se află direct pe ecran sau pe un filtru de plastic detașabil, constau de obicei dintr-o grilă de 1 cm cu gradații apropiate (de regulă la 2 mm) pe axa verticală și orizontală centrală. Este de așteptat să avem zece diviziuni majore pe ecran; numărul de diviziuni majore verticale variază. Comparând marcajele de rețea cu forma de undă se pot măsura atât tensiunea (axa verticală) cât și timpul (axa orizontală). Frecvența poate fi de asemenea determinată prin măsurarea perioadei formei de undă și prin calcularea inversului acesteia.



Explicație

Rețeaua de linii gravate în interiorul planșei, numită și grilă, servește ca reper pentru măsurare, așa cum este prezentat în Figura 5.9. Pentru a elimina erorile de paralaxă, grila se situează pe același plan ca ecranul pe care linia de trasor este desenată de fasciculul de electroni. Liniile verticale și orizontale care creează diviziunile majore și marcajele pe fiecare grilă se numesc diviziuni minore sau subdiviziuni. Deoarece osciloscopul este des folosit pentru măsurarea timpului de creștere, cele mai multe dintre acestea au marcaje speciale, cum ar fi 0, 10, 90 și 100 la sută pentru a facilita măsurarea timpului de creștere.

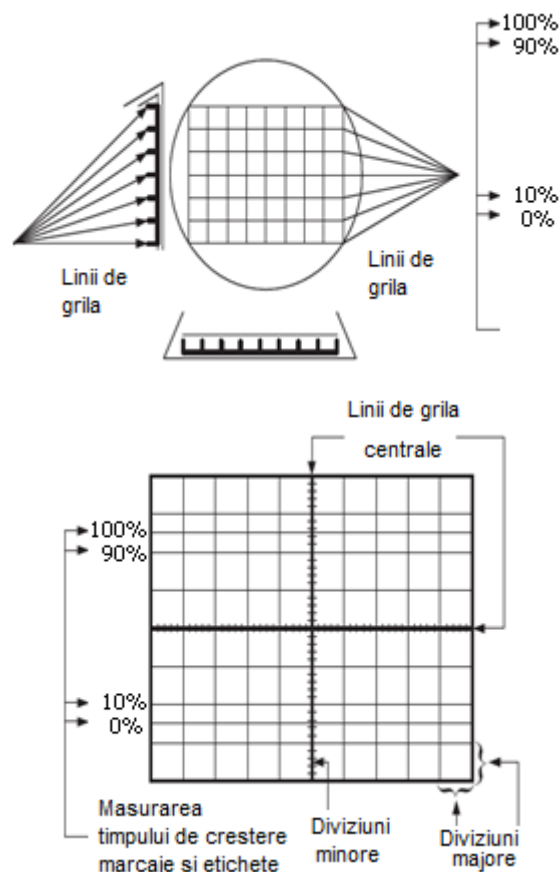


Fig.5.9 Liniile de grilă ale unui CRT

4.1.3. Funcționarea osciloscopului

Tubul Catodic (CRT) – reprezintă dispozitivul de măsurare și afișare al osciloscopului. Înăuntrul lui, fasciculul de electroni este generat, focalizat și deviat (în conformitate cu variația în timp a semnalului studiat) pe ecran, care devine luminos în punctul bombardat de fasciculul de electroni.

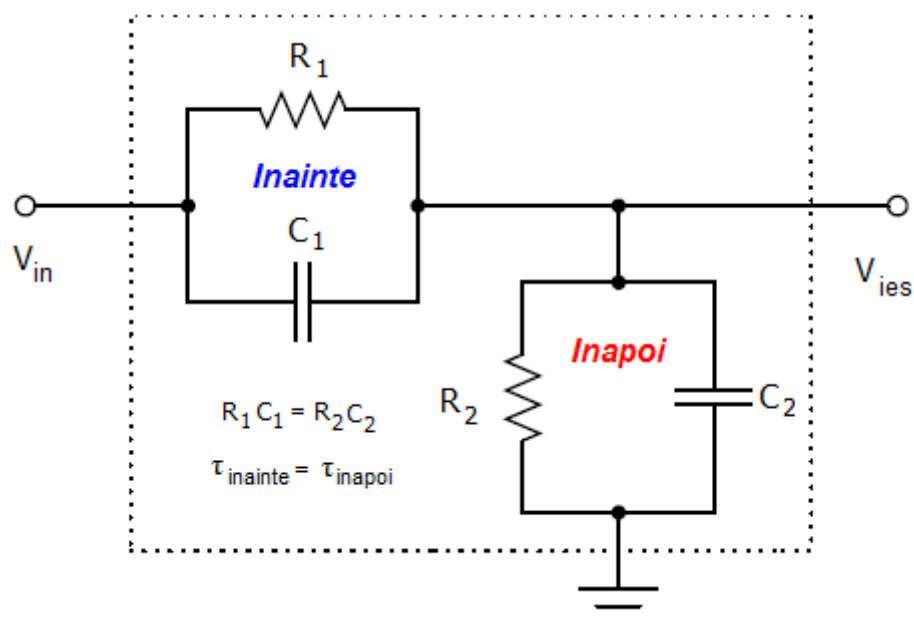
4.1.3.1. Sistemul vertical

Atenuatorul de intrare (AT) – constă din divizorul de tensiune de tip RC, reglabil în trepte de V/cm, prin comutatorul K1 (a se vedea Figura 5.3), care descrie gama de amplitudini ale tensiunii măsurate. Scopul este de a obține deviația dorită pe CRT. Atenuatorul este alcătuit din 2 perechi de RC: R1,C1 & R2,C2. Valorile pentru acest model: R1=10MΩ ; C1=1pF; R2=0.1MΩ ; C2=10nF. Unde: **$R1 \times C1 = R2 \times C2$** . Aceasta se numește condiția atenuatorului, folosită pentru compensarea în frecvență, astfel ca afișarea să nu depindă de frecvență (la frecvențe mari, câștigul scade).

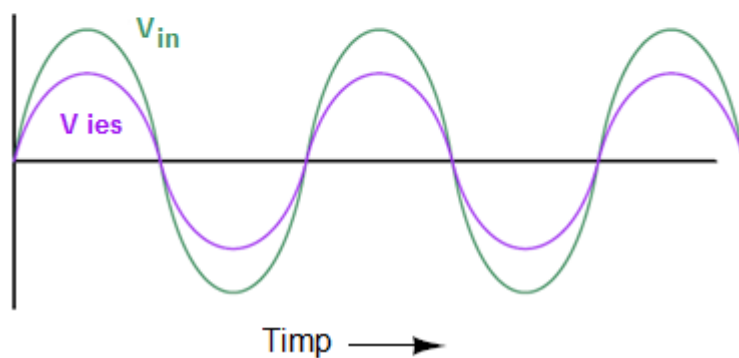
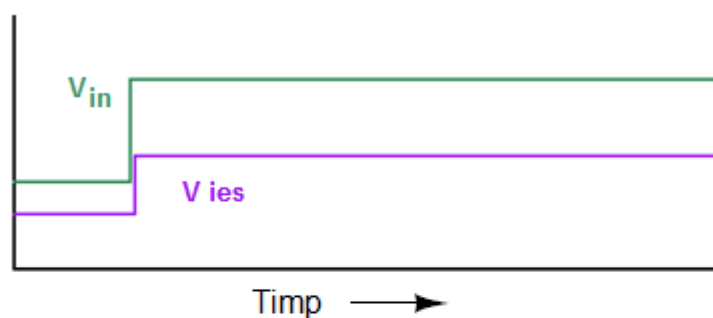


Explicație

Dacă cele două valori ale constantelor de timp sunt egale ($\tau_{def\text{ înainte}} = \tau_{def}$ înapoi), atunci circuitul nu realizează nicio compensare dinamică, pur și simplu trece semnalul de la intrare la ieșire nemodificat exceptând niște atenuare:



Un semnal rectangular (dreptunghiular) care intră în această rețea va părăsi rețeaua tot ca semnal rectangular. Dacă semnalul este sinusoidal, și ieșirea va fi tot sinusoidală și în aceeași fază cu intrarea.

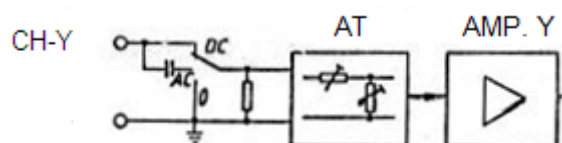


Discuție

În teorie, mai multe valori diferite pot fi utilizate pentru rezistența de intrare a amplificatorului vertical (în cazul nostru, 10 MΩ), atâta timp cât sunt îndeplinite condițiile prevăzute anterior. De fapt, cele mai multe osciloscopuri sunt concepute pentru a se conforma cu modelul prezentat anterior. În modelul de intrare cu "impedanță mare", intrarea osciloscopului

are o rezistență de câțiva $M\Omega$ ($10^6 - 10^7$), șuntată cu o capacitate mică, de câțiva pF (10^{-12}), în funcție de model și de aplicație. Avantajul acestei configurații este că doar curenți CC foarte mici sau de joasă frecvență sunt extrași din circuit. Operația la frecvențe relativ înalte nu este adecvată datorită capacității de intrare. Lățimea de bandă maximă a instrumentelor construite astfel se limitează la aprox. 500 MHz.

Preamplificatorul (PAV & PAH în Figura 5.3) – amplifică semnalul la nivelul dorit, solicitat de amplificatoarele FF (faza finală): Ay și Ax.



FAZA FINALĂ > Linia de întârziere (LI) – are rolul de a întârzia semnalul aplicat plăcilor verticale de deviație cu 100-200 ns. De ce oare? Acest lucru este util deoarece semnalul va fi defazat înapoi (după) față de semnalul declanșat care a fost aplicat plăcilor orizontale. Astfel, forma de undă va fi reconstruită cu exactitate pe plăcile verticale.

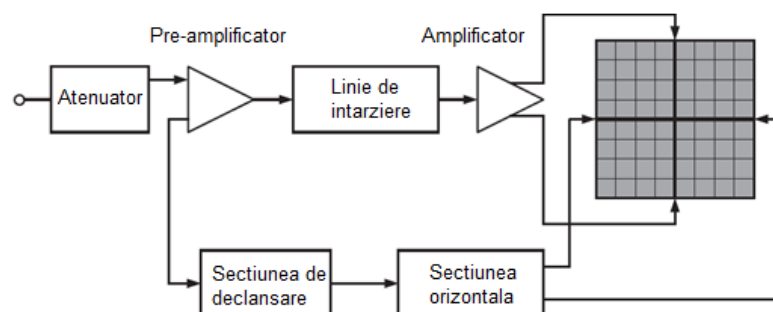
FAZA FINALĂ > Amplificatorul Vertical (Ay) – amplifică tensiunea de ieșire de la PAV până la nivelul dorit, solicitat de sistemul de deviație vertical (CRT).

FAZA FINALĂ > Amplificatorul Orizontal (Ax) – amplifică semnalul BAZEI DE TIMP până la nivelul dorit, solicitat de sistemul de deviație orizontal (CRT).



Concluzie

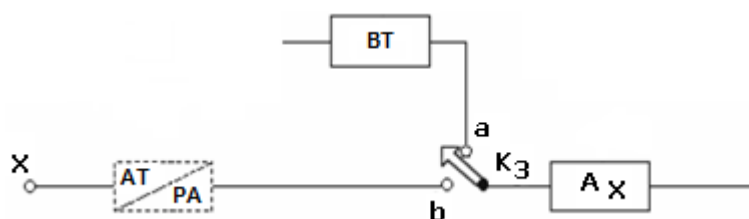
Figura de mai jos prezintă schema bloc a sistemului vertical al unui osciloscop. În forma sa cea mai simplă, canalul vertical al osciloscopului este alcătuit din: atenuator, pre-amplificator, linie de întârziere și secțiuni de amplificare.



Observații

Semnalul de deviație orizontală poate veni de la BAZA DE TIMP, când K3 se află pe poziția **a**, deci osciloscopul operează în sistemul de coordonate y-t [astfel, variația în timp a semnalului este vizualizat pe CRT]. Sau, semnalul poate veni de la CH-X (cealaltă intrare), când K3 se află pe poziția **b**, ceea ce înseamnă că osciloscopul operează în sistemul de coordonate y-x (modul

XY).



Blocul de Alimentare (BA): are rolul de a furniza tensiune continuă stabilă pentru a alimenta: blocurile PA & BT (10-20V), amplificatoarele FF, Ay & Ax (100-200V) și CRT (kV).

***Baza de Timp** are rolul de a genera o tensiune care variază liniar în timp (tensiunea “în dinți de fierăstrău”) care este necesară pentru a controla fasciculul de electroni pe plăcile orizontale.

Figura 5.10 prezintă structura generală a unui osciloscop analogic „în timp real”.

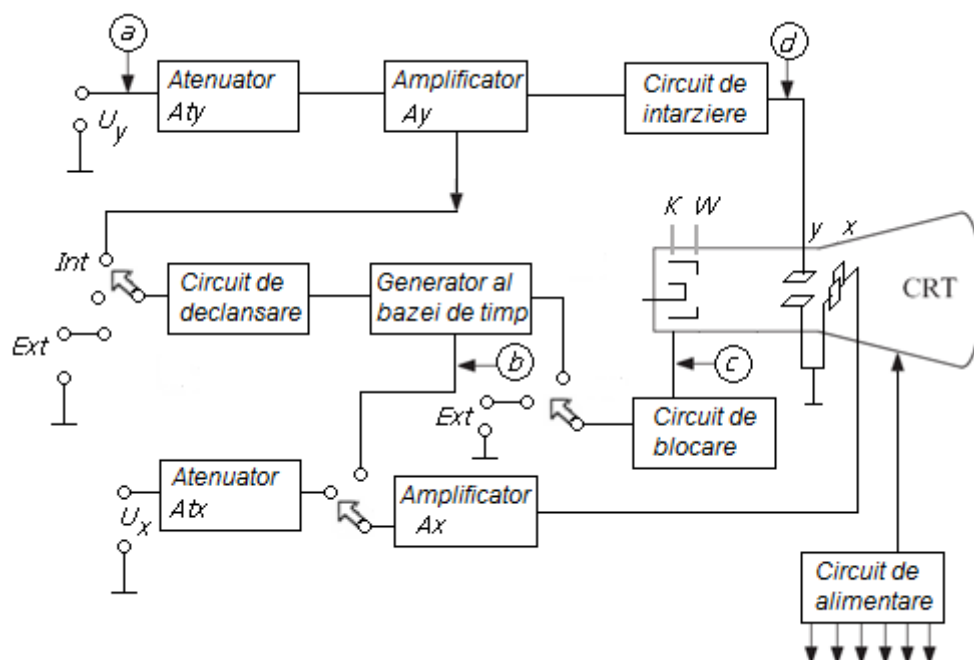


Fig.5.10 Blocurile osciloscopului analogic cu CRT



Funcționare

Diagramele de tensiune din anumite puncte ale circuitului de osciloscop (Fig. 5.10) sunt prezentate în Figura 5.11: a-tensiune de intrare; b-tensiune generată de BT; c-tensiune pe cilindrul Wehnelt; d-tensiune după circuitul de întârziere.

Aceste diagrame sunt valide pentru o BAZĂ DE TIMP declanșată, la (a) semnalul este aplicat la intrare, la momentul $t = t_1$. Până în acest moment, BT a fost blocată.

La $t = t_1$, BT este declanșată și generează tensiunea în dinți de fierăstrău, și este apoi iarăși blocată.

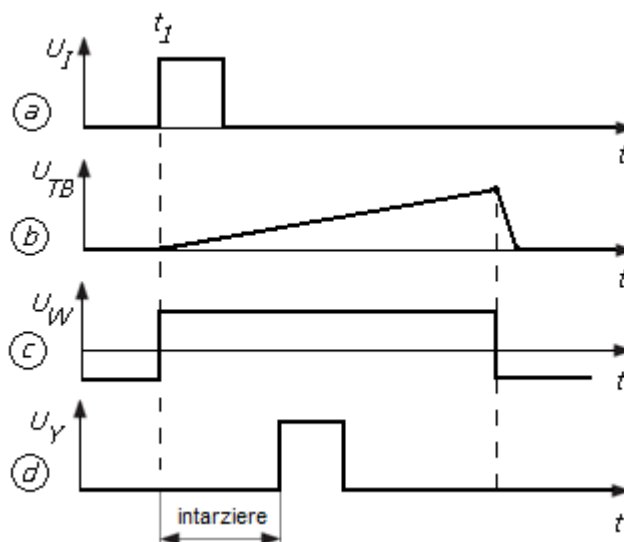


Fig.5.11 Diagramele de tensiune: a) tensiunea de intrare; b) tensiunea generată de BAZA DE TIMP; c) tensiunea pe cilindrul Wehnelt; d) tensiunea după circuitul de întârziere

Circuitul de Blocare (BC) este un circuit care controlează intensitatea spotului de electroni, folosit pentru a proiecta imaginea pe ecran. Acesta produce o tensiune negativă aplicată cilindrului Wehnelt pentru a opri spotul atunci când baza de timp este blocată (c în Figura 5.11).

4.1.3.2. Tensiunea în dinți de fierăstrău (Baza de timp)

BAZA DE TIMP generează tensiunea în dinți de fierăstrău, care este aplicată plăcilor X (deviație orizontală) pentru a vizualiza curbele care reprezintă variația în timp a diferitelor mărimi. Tensiunea nivelului de declanșare (U_{nd}) este sincronizată cu semnalul măsurat (U_x), atunci când comutatorul k_2 este pe poziția 1 (Figura 5.12), sau un semnal extern, dacă k_2 este pe poziția 2. Amplificatorul de declanșare (sau COMP în Figura 5.12, cunoscut ca Comparator al Circuitului de Declanșare) emite un puls care permite BAZEI DE TIMP să genereze o tensiune rampă pentru funcția de baleiaj orizontal (axa de timp).

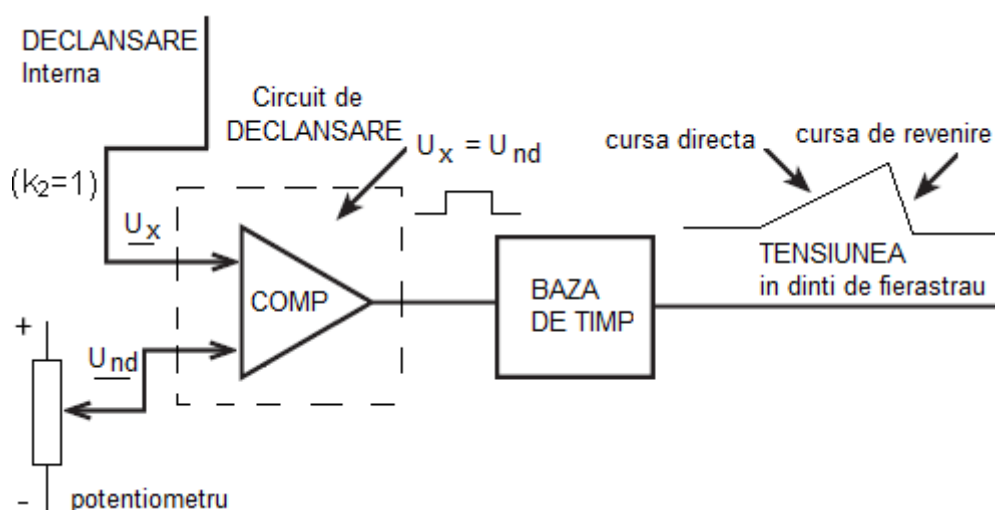



Fig.5.12 Blocuri ale osciloscopului care conduc la producerea tensiunii în dinți de fierăstrău

Pulsul de declanșare  permite afișarea unei imagini stabile pe ecranul CRT. Principiul BAZEI DE TIMP este prezentat în Figura 5.13:

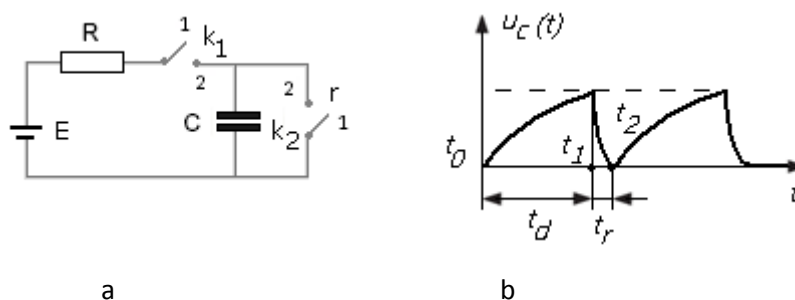


Fig.5.13 Circuitul Bazei de Timp: (a) generatorul; (b) forma de undă a tensiunii în dinți de fierăstrău

Dacă comutatorul K_1 este închis (poziția 2), atunci condensatorul C se încarcă cu tensiunea U_C de la sursa E prin intermediul rezistenței R :

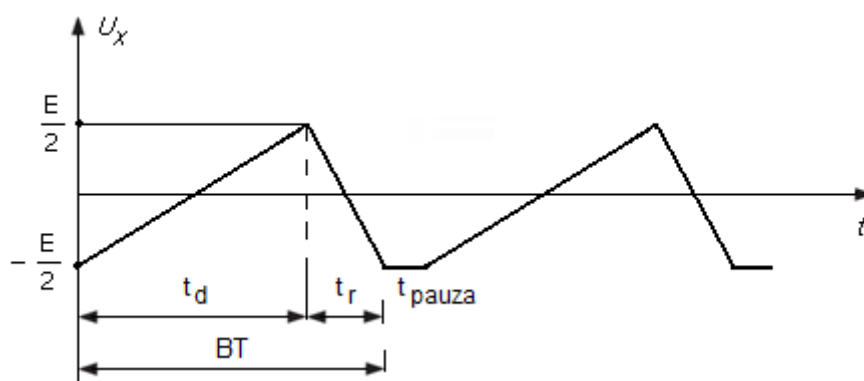
$$U_C = E (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Constanta de timp $\tau = RC$, este denumită și **cursa directă**, t_d în Figura 5.20 b. Încărcarea este mai lentă dacă t_d este mai mare. Acest lucru înseamnă că valoarea rezistenței R este mare.

La $t = t_1$ (sfârșitul cursei directe), când tensiunea pe C are valoarea $U_C = E$, comutatorul K_2 este închis (poziția 2), iar din acest moment condensatorul se descarcă pe rezistența r . Descărcarea este foarte rapidă deoarece r are o valoare mică. Diferența dintre t_2 și t_1 este denumită **cursa de revenire** (sau de întoarcere t_r):

$$t_{\text{cursa directă}} \gg t_{\text{revenire}}$$

După comparația dintre U_x și U_{Nd} (a se vedea Figura 5.12), dacă ambele sunt egale, atunci pulsul de declanșare ar trebui să arate astfel:

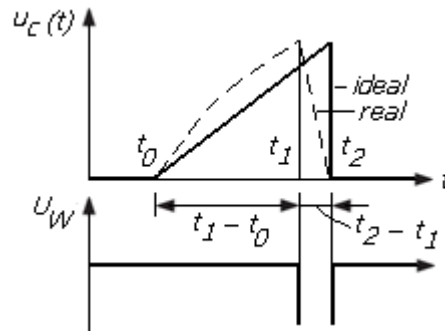


După cursa de revenire (t_r), care apare când fasciculul este oprit, este introdus un interval de pauză. Acest interval este necesar pentru ca amplificatoarele să fie complet resetate:

$$t_{\text{pauza}} \approx \text{câteva ns}$$

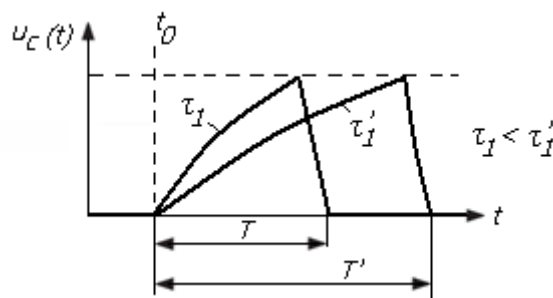
Pentru că timpul curge uniform, tensiunea aplicată plăcilor X (U_x) **trebuie să crească liniar**, deplasând spotul de electroni cu viteză uniformă de la stânga la dreapta, și apoi să scadă subit, pentru ca să înceapă o nouă variație. În realitate, această variație ideală nu poate fi obținută!!! Semnalele obținute

În circuite reale nu sunt perfect lineare, iar anularea lor nu este instantanee, ci numai după un interval de timp $t_2 - t_1$ (de revenire):



Tensiunea în dinți de fierăstrău: forma de undă $u_c(t)$ și intervalele de timp

Așadar, oare cum se poate controla viteza spotului? De fapt, acest lucru este realizat prin reglarea frecvenței BAZEI DE TIMP. Durata dintelui de fierăstrău corespunde intervalului $t_1 - t_0$, timp în care tensiunea pe condensator (u_c) crește la valoarea U_c . Acest interval depinde de constanta de timp $\tau = RC$. Prin urmare, dacă valorile pentru R și C sunt modificate, vor fi obținute diferite intervale pentru dintelui de fierăstrău:

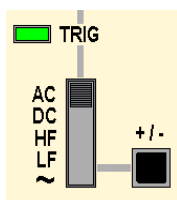


4.1.3.3. Circuitul de declanșare

Funcționarea circuitului de declanșare este prezentată în Figura 5.14.

(1)- De cele mai multe ori se folosește declanșarea (TRIG) internă (INT).

(2)- Modurile de cuplaj sunt: **DC** (CC) – lățimea de bandă este între 0 și 20 MHz (frecvența limită a osciloscopului); **AC** (CA) – lățimea de bandă este între 15 Hz și 20 MHz (limitată la 15 Hz datorită condensatorului C_1); **LF** (FJ) – frecvență joasă, este un filtru care permite o lățime de bandă de la 15 Hz la 10 kHz-1MHz (în general 100kHz) și **HF** (FÎ) – frecvență înaltă, este un filtru care permite o lățime de bandă de la 10 kHz la 100 kHz-100MHz.



În cele din urmă, Circuitul de Declanșare (3) și Baza de Timp (4) lucrează împreună pentru a obține o imagine stabilă pe CRT

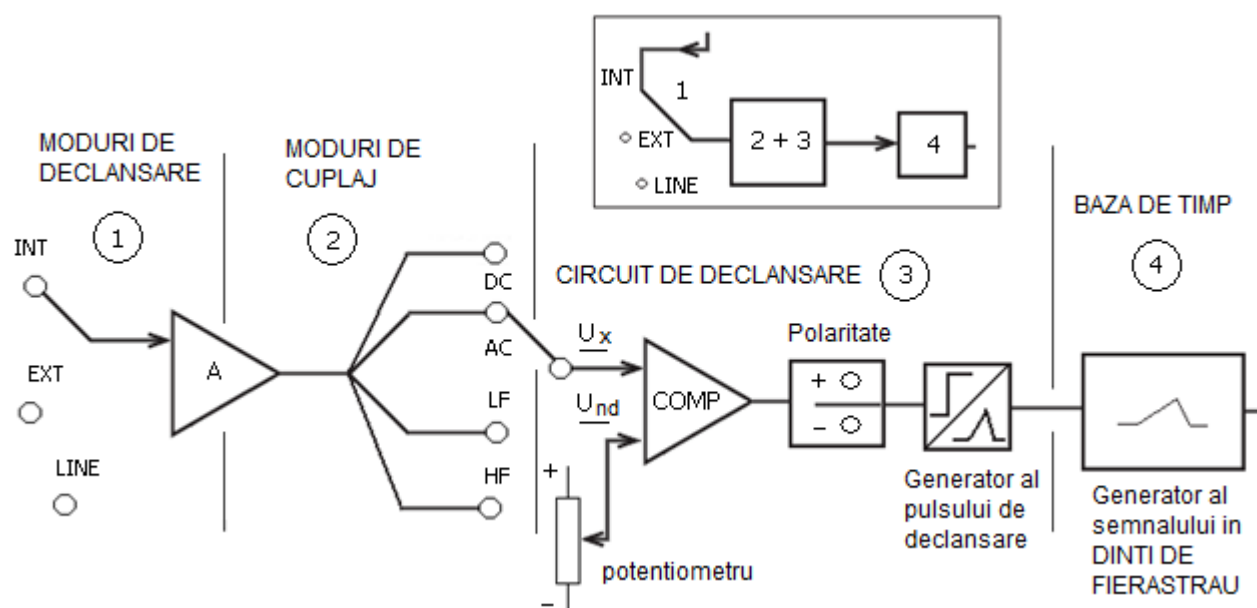


Fig.5.14 Funcționarea circuitului de declanșare