

**U.T. „Gh. Asachi “ Iași**

**Facultatea de Electronică și Telecomunicații**

**Componente și Circuite Pasive**

## **UTILIZAREA OSCILOSCOPULUI ȘI A GENERATORULUI DE SEMNAL**

**Scopul lucrării** : cunoașterea schemei de principiu a unui osciloscop și a modului său de utilizare, precum și a unor noțiuni despre generatorul de semnal.

OSCILOSCOPUL este un aparat foarte important și este folosit pentru măsurători cantitative și calitative ale semnalelor **tensiuni electrice**. Se pot determina cantitativ amplitudinea, faza, perioada (sau frecvența) și valoarea medie (componenta continuă) a unei tensiuni periodice. Măsurătorile cantitative cu osciloscopul au precizie mică (cel mult 5%) din cauză că numărul de blocuri electronice între intrare și ieșire este destul de mare acestea conținând multe componente electronice active și pasive cu parametri dependenți de mai mulți factori (în principal temperatura mediului).

**Osciloscopul are marea calitate de a ne furniza grafic, pe ecranul tubului catodic, dependența de timp (aproximativ reală) semnalului tensiune de intrare.** În foarte multe situații forma calitativă a semnalului ne permite observații mult mai utile despre circuitul din care provine față de observațiile rezultate din valorile cantitative care pot fi măsurate mai exact cu alte aparate de măsură.

În fig. 1 se dă schema de principiu a unui osciloscop cu performanțe medii. Semnalul de intrare necunoscut,  $u_{iy}(t)$ , este aplicat printr-un comutator cu trei poziții (accesibil operatorului) la intrarea atenuatorului de intrare. Atenuatorul are rolul de a modifica sensibilitatea totală a osciloscopului pe verticală (semnalele de amplitudine mare sunt atenuate astfel ca să poată fi încadrate în dimensiunea verticală a ecranului). Pe panoul frontal sunt marcate sensibilitățile totale în  $[V/div]$ . Astfel, pentru osciloscopul tip E0102 sensibilitatea totală poate fi modificată în trepte între  $20[mV/div] \leq S_y \leq 20[V/div]$ . Ecranul osciloscopului are opt diviziuni pe verticală deci tensiunea alternativă cea mai mare care se poate aplica la intrare, pentru a putea să o vizualizăm complet pe ecran, trebuie să aibă cel mult 180 V vârf la vârf  $[V_{vv}]$  (între maximum alternanței pozitive și minimum alternanței negative). Semnalele de amplitudini mai mari pot fi vizualizate pe osciloscop dacă se aplică la intrare printr-o sondă divizoare (sonda atenuază semnalul, de obicei de zece ori).

Semnalul prelucrat de atenuator este aplicat la intrarea unui amplificator de tensiune cu amplificarea totală  $A_y$  și la ieșirea căruia se va obține semnalul de tensiune  $u_{Ay}(t)$ . Deplasarea pe verticală a spotului (fascicol de electroni) este proporțională cu tensiunea aplicată între plăcile de deflexie pe verticală;

$$y(t) = s_y u_{Ay}(t) \quad (1)$$

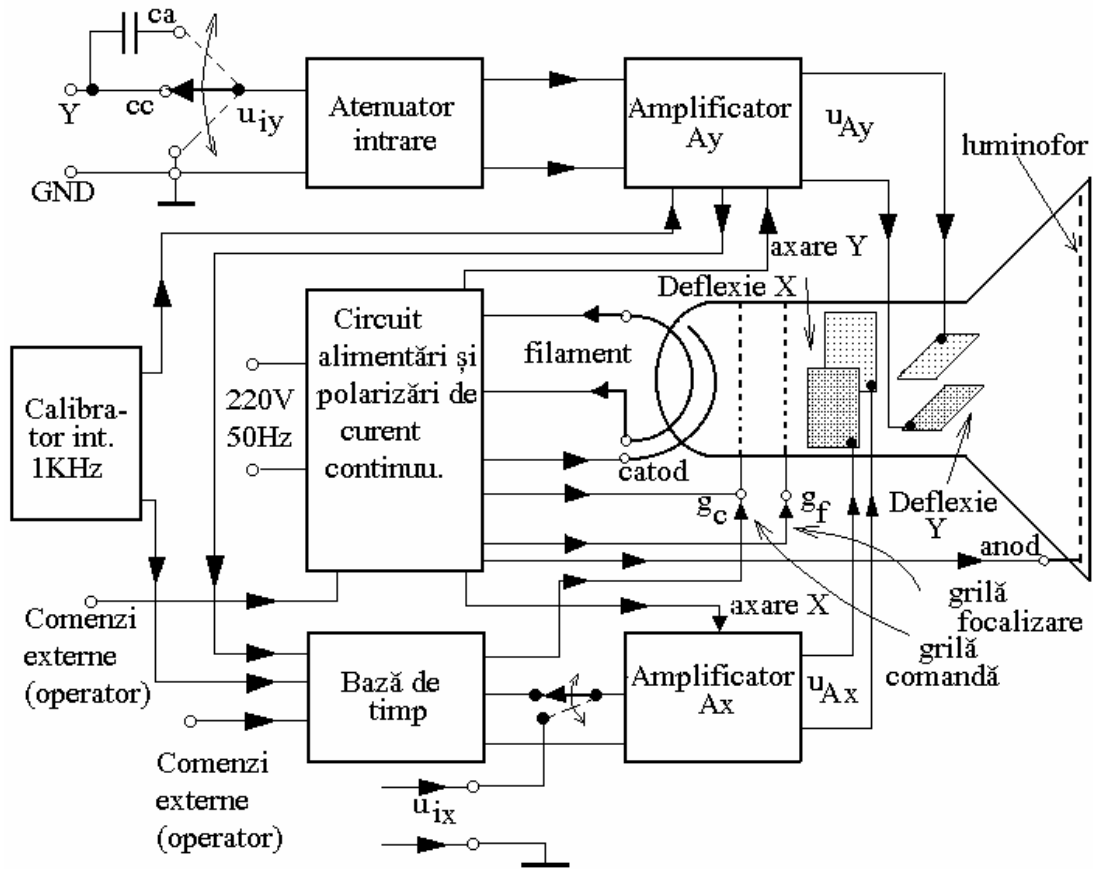


Fig. 1

în care  $S_y$  este sensibilitatea pe verticală numai a tubului catodic. Dacă atenuatorul are pe o anumită poziție atenuarea  $a$  va rezulta deplasarea totală a spotului pe verticală dependentă de semnalul de intrare,

$$y(t) = a A_y S_y u_{iy}(t) = S_y u_{iy}(t) \quad (2)$$

relație din care se vede dependența liniară a deplasării pe verticală a spotului, de tensiunea de intrare necunoscută (de măsurat). Amplificatorul pe verticală oferă posibilitatea ca operatorul să modifice de la panoul frontal tensiunea continuă care se aplică între plăcile de deflexie pe verticală (această tensiune este generată intern și nu are nici o legătură cu semnalul de intrare) și deci operatorul va putea, în absența semnalului de intrare, să poziționeze spotul pe ecran într-o poziție convenabilă (tensiunea reglată de operator se numește de polarizare și se obține din circuitele de alimentare la ieșirea **axare Y** în fig. 1).

Deplasarea spotului pe orizontală (axa timpului) este asigurată de semnalul de tensiune notat  $u_{Ax}(t)$  de la ieșirea amplificatorului pe orizontală. La intrarea acestui amplificator, cu amplificarea totală  $A_x$ , se pot aplica printr-un comutator accesibil operatorului, fie un semnal extern (de formă oarecare necesar pentru obținerea pe ecran de exemplu a figurilor Lissajoux), fie un semnal de tensiune intern (generat în interiorul osciloscopului) de forma din fig. 2. Semnalele din fig. 2 sunt periodice de perioadă  $T_x$ . Important este că pe anumite durate de timp

(după cum se observă în fig. 2) tensiunea  $u_x$  are viteză de creștere constantă (nenulă). Semnalele de acest tip se numesc **liniar variabile** (în dinți de fierăstrău). Se poate explica deplasarea spotului pe orizontală utilizând fig. 2 în care apar două semnale de tensiune de aceeași perioadă; unul se aplică la intrarea amplificatorului pe orizontală iar celălalt între grila și catodul tubului catodic,

- anterior momentului corespunzător punctului **a**, spotul se găsea la limita din dreapta ecranului. În momentul **a** pe grila de comandă a tubului catodic se aplică un potențial puternic negativ față de catod și deci electronii generați la catod vor fi blocați astfel că indiferent de potențialul anodului spotul va fi stins (la anodul tubului catodic nu vor ajunge electroni). Grila se menține la un potențial negativ față de catod pe un interval de timp dintre **a** și **b**.

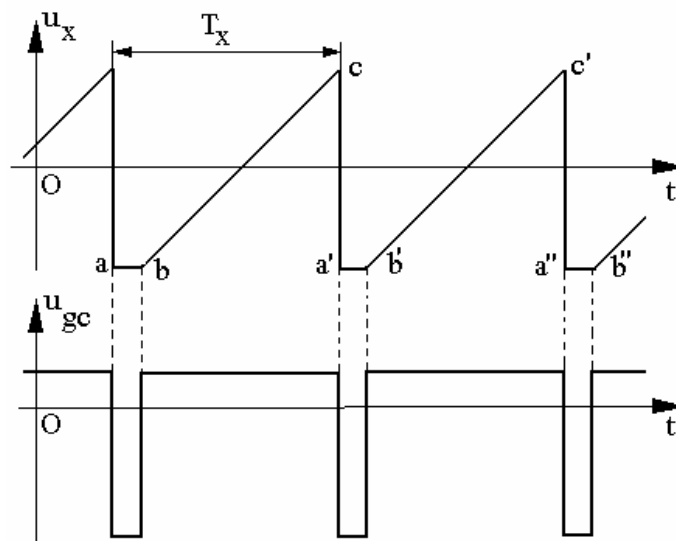


Fig. 2

- după durata de stingere, la plăcile de deflexie pe orizontală se aplică o tensiune negativă astfel că imediat după momentul **b** spotul va reapare în stânga ecranului. Tensiunea dintre plăci crește liniar variabil, de la valori negative spre valori pozitive, și va determina deplasarea spotului de la stânga spre dreapta (în momentul când această tensiune este nulă spotul se găsește într-o poziție centrală, chiar în mijlocul ecranului).

Ca și în cazul amplificatorului pe verticală, relația (2), și în acest caz vom avea deplasarea pe orizontală  $x(t)$  proporțională cu semnalul aplicat la intrarea amplificatorului pe orizontală. Dacă între **b** și **c** semnalul are variație liniară în timp (derivata de ordinul I în raport cu timpul constantă) rezultă că și derivata spațiului parcurs de spot pe orizontală va fi constantă sau altfel spus, spotul se deplasează între momentele **b** și **c** cu viteză constantă.

- după momentul **c** situația se repetă periodic.

Prin creșterea frecvenței semnalelor din fig. 2 ( $T_x$  se micșorează) panta semnalului liniar variabil crește și deci viteza de trecere a spotului de la stânga la dreapta va crește. Operatorul poate modifica perioada  $T_x$  prin acționarea unui comutator (**comutatorul bazei de timp**) situat pe panoul frontal. Se modifică astfel sensibilitatea de deplasare a spotului pe orizontală între  $[0,2\mu\text{s/div}] \leq S_x \leq 0,5[\text{s/div}]$ . De asemenea, ca și în cazul amplificatorului pe verticală, operatorul poate acționa de la panoul frontal un potențiomtru care modifică polarizarea plăcilor

de deflexie pe orizontală (se modifică componenta continuă în scopul deplasării pe orizontală a spotului). Această polarizare accesibilă operatorului acționează independent de semnalul liniar variabil.

Deci, pentru a vedea semnale de frecvență ridicată, comutatorul Timp/div va fi trecută pe valori mici, și pe valori mari la măsurarea frecvențelor mici.

Cele două semnale din fig. 2 sunt generate intern de un circuit numit **bază de timp**. Baza de timp are două moduri de funcționare principale,

- **modul automat**, în care semnalul liniar variabil există tot timpul (și în lipsa semnalului necunoscut, de măsurat),

- **modul declanșat**, când semnalul liniar variabil începe de la valoarea minimă (corespunzător punctului **b** în fig. 2) pentru o valoare a semnalului de declanșare care poate fi reglată de operator dintr-un potențiomtru notat **NIVEL**. După declanșare spotul se deplasează de la stânga la dreapta (o singură cursă) urmează stingerea și o nouă declanșare numai dacă semnalul de declanșare are valoarea de declanșare anterioară (în caz contrar spotul stă stins până semnalul de declanșare ajunge la valoarea reglată de operator). Baza de timp poate fi declanșată de semnalul necunoscut aplicat la intrarea **Y** (se obține sincronizarea semnalului necunoscut) sau de un alt semnal aplicat pe o bornă de intrare accesibilă pe panoul frontal. Modalitățile de funcționare ale bazei de timp pot fi schimbate de operator prin acționarea **comutatorului de sincronizare** al bazei de timp (comutatorul de sus). Obișnuit, acesta stă pe pozițiile ”+” sau “-“, “automat”.

Este foarte important să observăm necesitatea ca tensiunea care se aplică între plăcile de deflexie pe orizontală, în cazul când la intrarea **Y** se aplică semnalul necunoscut, să fie aproape ideal liniară pentru ca viteza spotului pe orizontală să fie aproape ideal constantă. În caz contrar, graficul semnalului necunoscut obținut pe ecran va fi distorsionat pe axa timpului (erorile de măsură ale perioadei semnalului necunoscut cresc la creșterea abaterii de la liniaritate).

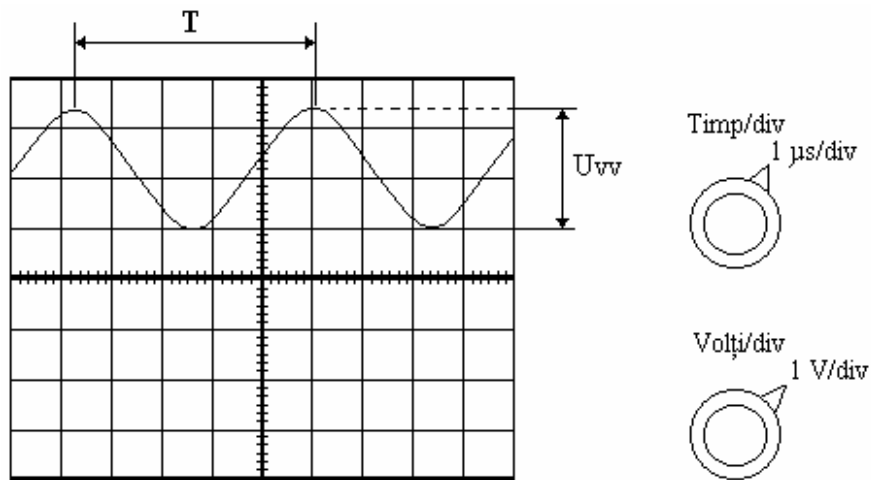
În afara celor două amplificatoare de tensiune (pe verticală și pe orizontală) și a bazei de timp, orice osciloscop este prevăzut cu un generator de semnal intern (semnal dreptunghiular cu frecvența și amplitudinea constante) necesar pentru calibrarea periodică a osciloscopului în scopul menținerii erorilor de măsură între limitele date de fabricant în cartea tehnică. De asemenea circuitele de alimentare cu energie a blocurilor funcționale amintite anterior contribuie la stabilitatea performanțelor osciloscopului (redresoare, filtre stabilizatoare de tensiune etc).

Iată mai jos un exemplu de măsurare a amplitudinii și perioadei unui semnal periodic sinusoidal. Comutatoarele atenuatorului de tensiune (axa **Y**) și ale bazei de timp (axa **X**) sunt cele din stânga figurii.

Fiecare diviziune mare (**D**) are 5 subdiviziuni ajutătoare (**d**) care vor trebui convertite la diviziuni mari. Avem atunci că

- perioada **T** are 4 **D** plus 4 **d**, deci total 4,8 **D**. Cu baza de timp 1  $\mu\text{sec}/\text{Div}$   
 $T=4,8D*1\mu\text{sec}/\text{Div}=4,8\mu\text{sec}$ . Frecvența este  $f=1/T=208333$  Hz.

Tensiunea vârf-vârf are 2 **D** plus 3 **d**, total 2,6 **D**. Valoarea ei este deci  $U=2,6D*1V/\text{Div}=2,6V_{vv}$ . Se observă că în figură semnalul nu este centrat pe mijlocul ecranului. O poziționare corectă ajută totuși în măsurători.



**GENERATORUL DE SEMNAL** , este un aparat electronic care furnizează la ieșire semnale periodice de tensiune de formă dreptunghiulară, triunghiulară sau sinusoidală și de amplitudine și frecvență reglabile (de către utilizator) între anumite limite. Un generator de semnal este caracterizat de ;

- **gama de frecvență** ,  $f_{min}...f_{max}$ , a semnalelor generate. Generatoarele din laborator au acest parametru 1Hz...1MHz sau 10Hz...10MHz, ambele tipuri încadrându-se în categoria generatoarelor de joasă frecvență. Gama de frecvență este împărțită în mai multe subgame . Raportul între frecvențele extreme ale unei subgame oarecare este  $f_{max}/f_{min} = 10$  în cadrul generatoarelor tip RC și 2 în cazul generatoarelor LC. Generatoarele LC acoperă domeniul frecvențelor mai mari. În laborator există un generator de semnale modulate cu frecvența purtătoare reglabilă între 50KHz..50MHz și Q-metre cu generatoare interne de frecvență ridicată, 16MHz..320MHz. Operatorul poate modifica brut frecvența prin trecerea în salt de la o subgamă la alta învecinată iar pe aceeași subgamă frecvența se poate modifica continuu între capetele subgamei .

- **nivelul semnalului de ieșire**. Pe panoul aparatului este precizată valoarea maximă a tensiunii efective ce poate fi generată. Operatorul poate modifica în trepte nivelul tensiunii efective de de ieșire prin manevrarea unui comutator rotativ sau tip claviatură, iar pe aceeași poziție a acestui comutator se poate regla fin tensiunea de ieșire de la 0 la valoarea inscripționată pe aparat în dreptul comutatorului,

- **rezistența de ieșire  $R_o$** . De cele mai multe ori valoarea acesteia se precizează în clar pe panoul frontal. Generatoarele au acest parametru standardizat ,50Ω, 75Ω, 100Ω,..., 600Ω

În cartea tehnică a aparatului, fabricantul precizează și alți parametri dintre care cei mai importanți se referă la stabilitatea în timp a frecvenței semnalelor generate și la stabilitatea în timp a amplitudinii semnalelor generate.

Concret, generatorul dispune în general de următoarele reglaje : a formei de undă, a amplitudinii și a frecvenței.

## **Modul de lucru**

**1. Se notează parametrii principali ai osciloscopului E 0102**

- domeniul de frecvență a tensiunilor măsurate : 0 - 10 MHz,
- impedanța de intrare pe borna "Y" : 1 MΩ /max 40 pF,
- tensiunea de intrare maximă pe borna "Y" : [250 V<sub>v</sub>v],
- sensibilitatea în tensiune la borna "Y" : 0,02[V/div] la [20V/div], ecranul având **8** diviziuni pe verticală,
- gama de reglare a sensibilității în timp pe orizontală (frecvența bazei de timp) : 20μs/div la 0,5 s/ div ecranul având **10** diviziuni pe orizontală,
- banda de trecere la 3dB a amplificatorului "Y":  
0 - 10[ MHz] cc , 10[Hz] - 10[MHz] ca
- impedanța de intrare a amplificatorului "X" la borna "X EXT":  
**250[kΩ /max 35 pF]**
- banda de trecere a amplificatorului "X" : **0 - 1[MHz]**
- tensiunea maximă admisă la intrarea "X EXT" : 10 [V<sub>v</sub>v]
- sensibilitatea la borna "X EXT" : 1[V/div]
- impedanța de intrare a bornei de sincronizare din exterior "EXT",  
100[kΩ /max 25 pF],
- tensiunea maximă admisă la borna "EXT" : 5[V<sub>v</sub>v],
- calibratorul asigură un semnal dreptunghiular de 1[kHz] și cu amplitudine de **80[mV]** sau **800[mV]**.

**2. Se identifică panoul frontal al osciloscopului :**

- întrerupătorul de rețea,
- potențiometrul de reglare a luminozității,
- " " a focalizării (și astigmatismului),
- bornele de ieșire ale calibratorului intern,
- bornele de intrare : "Y", "X EXT", "EXT",
- comutatoarele : **Ko - cu 3 poziții** pentru conectarea bornei "Y" în : cc , ca , și la masă (GND) ; **K1 - atenuatorul semnalului de intrare "Y"** , notat "V/DIV" și având **10 poziții** ; **K2 - comutatorul de reglare a frecvenței bazei de timp, notat, "TIMP/DIV" cu 21 de poziții**; **K3 - comutatorul "SINCRONIZARE"** pentru selectarea modului de sincronizare a bazei de timp cu **6 poziții** pe "INT" și **6 poziții** pe "EXT",
- potențiometre : **1)** de rotire a trasei pentru ca aceasta sa fie orizontală ; **2)** de etalonare a sensibilității în tensiune , pe verticală ; **3)** de reglare a stabilității oscilatorului bazei de timp ; **4)** de etalonare a frecvenței bazei de timp,

**3. Se pune în funcțiune , respectând succesiunea de operații:**

- 3.1 se acționează întrerupătorul de rețea;
- 3.2 se trece **Ko pe 0**;
- 3.3 se trece **K2 pe poziția "X EXT"**;
- 3.4 se crește luminozitatea dacă spotul nu se vede pe ecran;
- 3.5 se realizează poziționarea spotului în centrul ecranului, cu potențiometrele "**Poziție Y**", "**Poziție X**" ;

3.6 se reduce luminozitatea până la valoarea minim necesară și se reduce la minim dimensiunea spotului , acționând potențiometrele de focalizare și astigmatism, până se obține un punct pe ecran.

**Atenție la intensitatea spotului, pentru a nu arde luminoforul de pe ecran.**

4. Se trece **Ko pe poziția "cc"** și se aplică tensiuni continue , succesiv, la bornele "Y" și "X EXT" măsurând deviațiile rezultate ale spotului și completând tabelul de mai jos;

Vcc[V]	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
X[div.]											
Y[div]											

**Obs. K1 pe poziția " 1 [V/DIV] "**

5. Se lasă libere bornele OSC , se trece **Ko pe 0, K2 pe 0,5[s/div]** și K3 pe sincronizare automata "INT". Se observă evoluția spotului rotind pe K2 spre dreapta,

6. Se aplică la borna de intrare "Y" semnal de la calibrator trecând **Ko pe cc și apoi pe ca**. Se regleaza **K1 , K2 și potențiometrul** de sincronizare pentru a avea imagine stabilă. Se măsoară cu maximum de precizie valoarea tensiunii și perioada semnalului , notându-se valorile măsurate,

7. Se verifică utilizând semnalul de calibrare dacă OSC este calibrat în tensiune și frecvență.

**ATENȚIE !** Ajustarea potențiometrelor de calibrare nu se face decât în prezența cadrului didactic.

8. Se identifică pe panoul frontal al generatorului de semnal:

- întrerupătorul de rețea ; - borna (bornele) de ieșire a semnalului ; - comutatorul în trepte al frecvenței și butonul de acționare a condensatorului variabil pentru reglare continuă a frecvenței ; - comutatorul pentru reglare în trepte a nivelului de ieșire a semnalului , precum și potențiometrul de reglaj continuu a nivelului ; - comutatorul de selectare a tipului de semnal,

9. Se vizualizează cu ajutorul OSC semnale sinusoidale și dreptunghiulare de diverse frecvențe și nivele cu Ko pe c.c. și pe c.a. , notând diferențele,

10. Se aplică un semnal sinusoidal cu frecvența între **1[kHz] și 20 [KHz]** și se vizualizează pe OSC , măsurând precis perioada și valoarea vârf la vârf. Se calculează valoarea maximă și cea efectivă.

11. Se trasează graficul corespunzător tabelului de mai sus, apreciind comparativ liniaritatea amplificatoarelor "X" și "Y".