



## OSCILOSCOPUL ANALOGIC

### 1. Scopul aplicației

Se urmărește studierea osciloscopului analogic HM303-6 al firmei germane HAMEG. Lucrarea prezintă principiul de funcționare al osciloscopului la nivel de schemă bloc și facilitățile oferite de acesta. În cadrul lucrării practice se fac vizualizări și măsurări ale unor semnale provenite din interiorul osciloscopului sau furnizate de alte aparate.

### 2. Structura și modul de funcționare

Un osciloscop este un aparat destinat vizualizării și măsurării parametrilor semnalelor electrice provenite de la diverse circuite electronice (de exemplu montaje cu amplificatoare, circuite numerice, televizoare etc). Se utilizează în cadrul construcției, reglării sau reparării dispozitivelor care conțin astfel de circuite.

Schema bloc a osciloscopului analogic este prezentată în figura de mai jos.

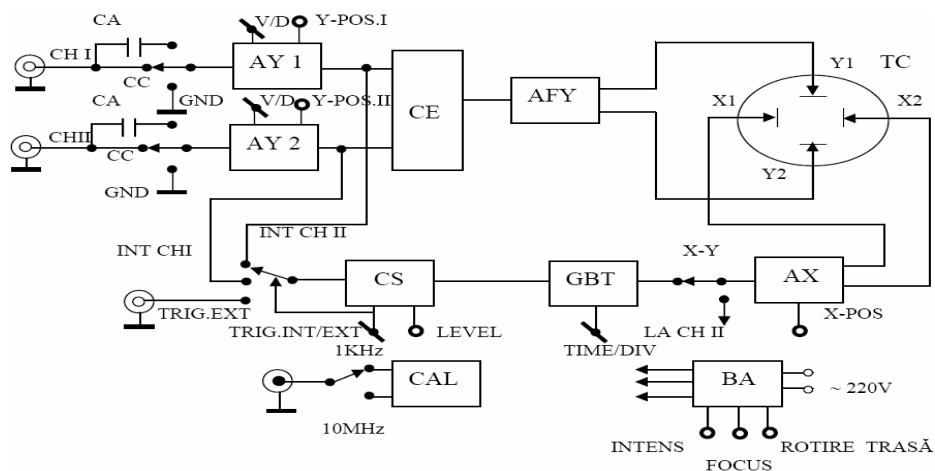


Fig. 1. Schema bloc a osciloscopului analogic.

Notațiile folosite în fig. 1 au următoarele semnificații: CH1, CH2 - borne BNC pentru cele două canale de intrare 1 și respectiv 2; AY1, AY2 - amplificatoare de intrare; CE - comutator electronic pentru selecția canalului vizualizat; CS - circuit de sincronizare; CAL - circuit de calibrare; GBT - generatorul semnalului bază de timp; AFY, AX - amplificator final pentru deflexia verticală și respectiv orizontală; TC - tub catodic; X1, X2 - plăci de deflexie orizontală; Y1, Y2 - plăci de deflexie verticală; BA - bloc de alimentare.

Vizualizarea semnalului aplicat la intrare se realizează prin intermediul tubului catodic TC (fig. 1). Ecranul tubului acoperit cu o substanță numită luminofor este bombardat cu un fascicol de electroni, emis prin încălzirea unui catod și apoi accelerat folosind anozii. Se obține un punct luminos pe ecran numit spot. Prin baleierea întregului ecran, cu ajutorul deflexiei pe orizontală (la plăcile de deflexie orizontală se aplică o tensiune liniar variabilă dinte de fierăstrău generată de blocul GBT și amplificată de amplificatorul AX) și verticală (la plăcile de deflexie verticală se aplică semnalul de vizualizat de la borna CH1 sau CH2, amplificat de amplificatorul pentru deflexie verticală AFY) se obține o imaginea semnalului de vizualizat. În fig. 2 se consideră că la borna CH1 se aplică o tensiune triunghiulară UCH1 și se reprezintă tensiunea bază de timp UBT. Aceasta prezintă 3 zone distincte:

- cursa directă, de durată  $t_d$ , corespunzătoare zonei liniar crescătoare pe durata căreia spotul parcurge ecranul de la stânga la dreapta;
- cursa inversă, de durată  $t_i$  semnificativ mai scurtă, corespunzătoare zonei descrescătoare pe durata căreia ecranul este parcurs de la dreapta la stânga;
- timpul de așteptare  $t_a$ .

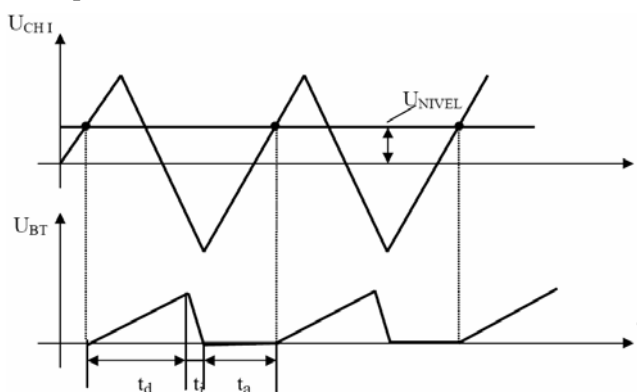


Fig. 2. Forma de variație în timp a tensiunea bază de timp.

Butonul LEVEL permite reglarea nivelului de la care se declanșează baleierea pe orizontală a ecranului.

Măsurarea cu ajutorul osciloscopului se realizează folosind o sondă (fig. 3). Ea se conectează cu vârful în punctul de măsurare dorit din circuit și dispozitivul de prindere „crocodil” la masă.



Fig. 3. Sondă de osciloscop.



## 42 Aplicația nr. 6

Caracteristicile tehnice principale ale osciloscopului catodic sunt:

- impedanța de intrare;
- banda de frecvență(sau banda de trecere);
- coeficientul de deviație verticală;
- coeficientul de baleaj;
- neliniaritatea bazei de timp.

### 2.1. Impedanța de intrare

Este formată din rezistența și capacitatea echivalente ale canalelor de intrare (în fig. 1 avem 2 canale de intrare CHI și CHII), iar valorile acestora sunt de ordinul Mohm-ilor și zecilor de pF.

### 2.2. Banda de frecvență

Banda de frecvență (sau banda de trecere) a amplificatoarelor la 3 dB este definită prin relația

$$B_f = f_{Max} - f_{min} \cdot \quad (1)$$

unde  $f_{Max}$  și  $f_{min}$  sunt valorile frecvențelor limită ale amplificatorului măsurate la 3 dB față de valoarea amplificării la frecvențe medii, iar pentru poziția “curent continuu” a comutatorului  $K_1$  avem  $f_{min} = 0$ .

Banda de frecvență poate fi calculată cu relația

$$B_f [MHz] = \frac{0,35}{t_0 [\mu s]} \quad (2)$$

unde  $t_0$  este timpul de creștere al osciloscopului. Dacă  $t_0$  este exprimat în  $\mu s$  banda  $B_f$  va fi exprimată în MHz.

Determinarea  $t_0$  se efectuează cu relația

$$t_0 = \sqrt{t_m^2 - t_c^2} \quad (3)$$

unde  $t_m$  este timpul de creștere măsurat pe ecranul osciloscopului și  $t_c$  este timpul de creștere al impulsului aplicat la intrare (fig. 4). Se observă că  $t_c$  este diferit de  $t_m$ , adică apare diferențe între duratele reale ale fronturilor semnalului de intrare și duratele măsurate pe ecranul osciloscopului, deci osciloscopul influențează durata fronturilor semnalelor vizualizate.

Pentru o bandă de frecvență de ordinul MHz-ilor  $t_0$  este de ordinul sutelor de nanosecunde.

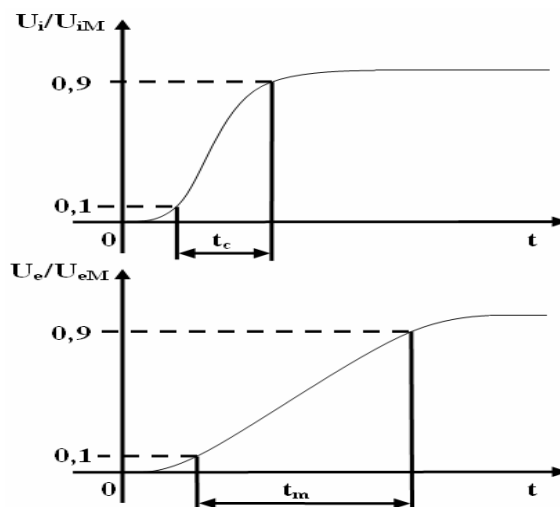


Fig. 4. Definiție  $t_c$  și  $t_m$ .

### 2.3. Butoane osciloscop

Sub ecranul tubului catodic se găsesc următoarele elemente ale panoului frontal (fig. 5):

1) POWER – apăsat este în poziția ON și se alimentează osciloscopul, neapăsat este în poziția OFF și se întrerupe alimentarea;

2) CALIBRATOR – la această bornă se generează un semnal de calibrat util pentru calibrare.

Suplimentar se mai găsesc butoane pentru reglarea imaginii vizualizate pe ecran:

3) INTENS – buton pentru reglarea intensității luminoase a spotului fasciculului de electroni, trebuie reglat la valoarea minimă care permite vizualizarea corespunzătoare a tensiunilor pe ecran, pentru evitarea distrugerii tubului catodic;

4) FOCUS – buton pentru focalizarea corectă a imaginii pe ecran (imaginea trebuie să fie clară).

În partea stângă se găsesc elementele corespunzătoare celor două canale de intrare, aranjate în două grupuri notate:

6) INPUT CH1 – borna de intrare pentru canalul 1;

7)  $\perp$  – borna de masă pentru cele două canale (se mai notează GND în general);

8) VOLTS/DIV – este un buton dual format din două părți, partea exterioară permite reglarea deflecției verticale, se stabilește mărimea pe verticală a unei diviziuni și partea din mijloc, roșie, pentru calibrare; dacă partea roșie interioară este trasă ușor în afară se obține o mărire de 10 ori a valorii reglate din partea exterioară;

9) POSITION Y I – reglare poziție pe axa y a trasei pe ecran pentru canalul 1;

10) Primul buton AC/DC permite selectarea modului în care semnalul de intrare este aplicat la intrarea osciloscopului, are 2 poziții, AC, pentru tensiune de intrare alternativă și DC, pentru tensiune de intrare alternativă sau continuă, iar al doilea buton GND, permite aplicarea semnalului de intrare la masă;



#### 44 Aplicația nr. 6

11) Y-MAG x5 - aceste butoane se utilizează pentru a mări de 5 ori valoarea reglată de la VOLTS/DIV;

12) Primul buton CHI/II TRIG I/II pentru sincronizare cu semnalul corespunzător intrării I sau II, al doilea buton DUAL, dacă este apăsat sunt afișate ambele canale simultan în modul **alternat** (pe o perioadă a bazei de timp un canal iar pe cealaltă perioadă celălalt canal), al treilea buton ADD, dacă este apăsat împreună cu DUAL sunt afișate ambele canale în modul **comutat (CHOP)** - pe o perioadă a bazei de timp se comută de pe un canal pe altul cu o frecvență ridicată, iar dacă butonul DUAL nu este apăsat se afișează suma celor două semnale de intrare și sincronizarea se face fie cu semnalul corespunzător intrării I sau II;

13), 14), 15), 16) au aceleași scopuri ca și 6), 8), 9), 10), numai că se referă la canalul 2, la 16 apare în plus butonul INV pentru inversarea semnalului de la intrarea II;

În partea din dreapta a panoului osciloscopului se găsesc elementele corespunzătoare setărilor legate de axa orizontală (timp) a imaginii, comune pentru ambele canale:

17) TIME/DIV – este un buton prin care se stabilește mărimea pe orizontală a unei diviziuni;

18), 19) X POZ – reglarea poziției trasei pe axa x;

26) X MAG x10 – acest buton se utilizează pentru a mări de 10 ori valoarea reglată de la TIME/DIV.

În partea din mijloc se găsesc elementele corespunzătoare setărilor de sincronizare și declanșare:

20) LEVEL – butonul se utilizează pentru reglarea nivelului de la care se declanșează balearea pe orizontală a ecranului;

18) TRIG MODE – comutator pentru selectarea sursei de declanșare, are următoarele poziții:

**AC** – semnal alternativ în gama de frecvențe 10 Hz-100 MHz;

**DC** – semnal alternativ în gama de frecvențe 0-100 MHz cu componentă continuă;

**LF** – semnal alternativ în gama de frecvențe 0-1,5 kHz cu componentă continuă;

**TV** – când sincronizarea se face cu semnalul video;

22) AT/NM – buton pentru selectarea regimului de sincronizare, neapăsând regimul de sincronizare este automat (AT), apăsat regimul este declanșat sau normal (NM) și dacă este apăsat suplimentar și butonul ALT sincronizarea osciloscopului se face cu rețeaua de 50Hz;

21) ALT - buton pentru selectarea regimului de sincronizare alternată între canalele I și II, numai în modul DUAL;

23) SLOPE – pentru selectarea pantei pozitive sau negative a semnalului utilizat ca și sursă de sincronizare;

24) HOLDOFF – potențiometrul HOLD OFF permite reglarea timpului de așteptare, ta, al bazei de timp până la declanșare, această facilități permițând vizualizarea corectă a unor semnale de tipul trenuri de impulsuri, prin declanșarea bazei de timp la momentele corespunzătoare;

25) TRIGG EXT – este borna la care se aplică semnalul de sincronizare externă.

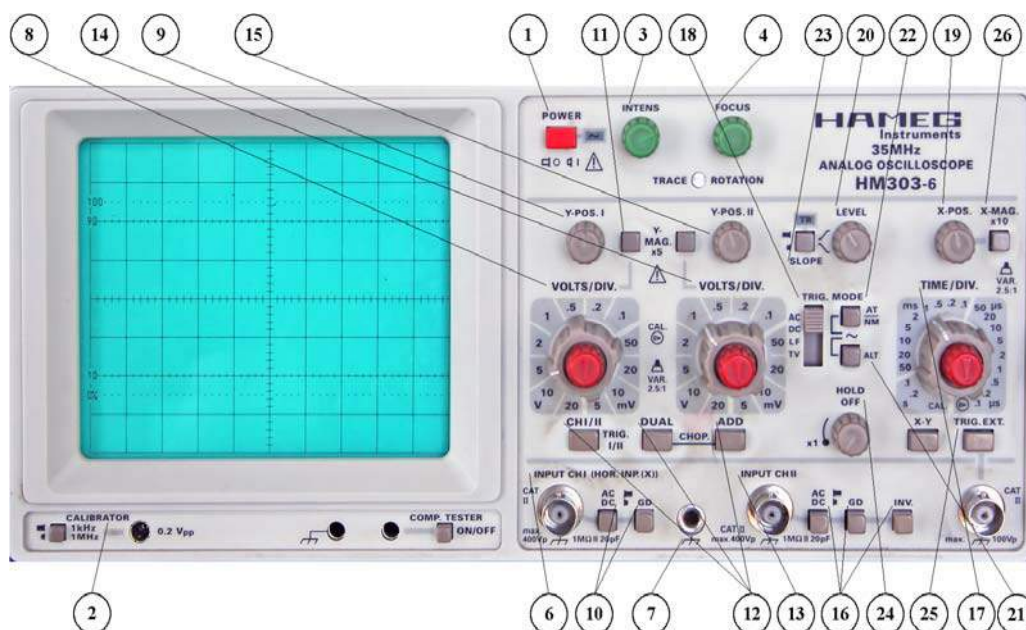


Fig. 5. Panou frontal osciloscop Hameg HM303-6

## 2.4. Determinarea impedanței de intrare

Impedanța de intrare este formată din rezistență și capacitatea amplificatorului de intrare.

Se realizează cu schema din fig. 6, pentru fiecare din pozițiile comutatorului "amplificare Y - brut".

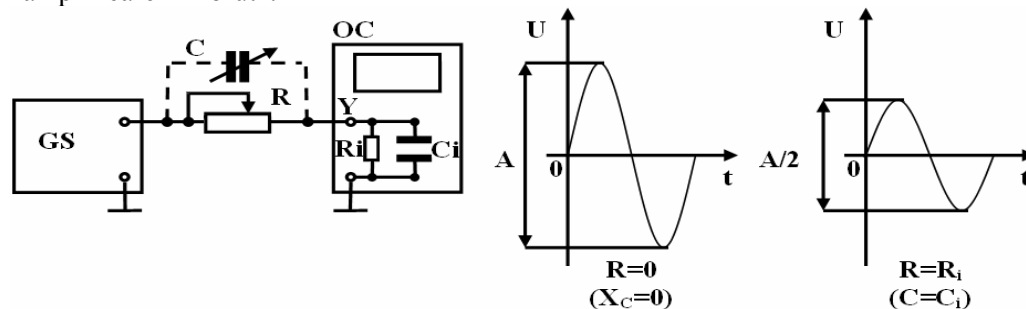


Fig. 6. Schema montajului pentru determinarea rezistenței și a capacității de intrare.

La măsurarea rezistenței de intrare  $R_i$ , frecvența generatorului de semnal GS se alege astfel încât să fie îndeplinită condiția  $f_R \leq 1/20\pi R_i C_i$ . La măsurarea capacității de intrare  $C_i$ , frecvența de lucru se alege conform relației  $f_C \geq 10/2\pi R_i C_i$ . Pentru  $R_i$  și  $C_i$  se consideră inițial valorile aproximative cunoscute. Pentru  $R_i=1$  Mohm și  $C_i=50$  pF rezultă  $f_R=(50-100)$  Hz și  $f_C=(50-100)$  kHz.

Metoda de determinare presupune că inițial se stabilește  $R=0$  în schema din fig. 6 și se realizează amplificarea Y la osciloscop pentru a obține o imagine cu valoarea vârf





#### 46 Aplicația nr. 6

la vârf  $U$ , în limitele porțiunii de lucru a ecranului. Se mărește apoi valoarea lui  $R$  până ce valoarea vârf la vârf a semnalului de pe ecran se reduce la  $U/2$ . Se deconectează rezistorul reglabil  $R$  și se măsoară cu multimetrul. Valoarea obținută este rezistența de intrare  $R_i$ .

Pentru determinarea capacității de intrare se înlocuiește  $R$  cu condensatorul  $C$  în schema din fig. 6. Inițial se măsoară tensiunea  $U$ , cu  $X_C=0$ , condiție îndeplinită prin scurtcircuitarea bornelor condensatorului  $C$ . Se înlătură apoi scurtcircuitul de la condensatorul variabil și se reglează valoarea lui  $C$  până când se obține tensiunea  $U/2$ . Se măsoară valoarea  $C$  cu multimetrul. Această valoare este egală cu capacitatea de intrare. Pentru micșorarea capacităților parazite firele se aleg cât mai scurte.

### 2.6. Măsurarea amplitudinii și perioadei semnalului de intrare

Ecranul unui osciloscop este împărțit în diviziuni pătrate și subdiviziuni (fig. 7). De regulă se folosesc 10 diviziuni pe orizontală și 8 pe verticală, iar o diviziune are 5 subdiviziuni, adică o subdiviziune reprezintă  $1 \text{ div}/5=0,2 \text{ div}$ .

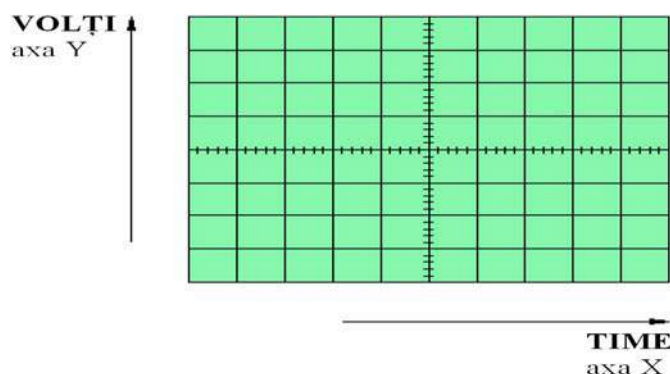


Fig. 7. Ecran osciloscop.

Semnalul aplicat la intrare este afișat pe ecran în funcție de timp, pe axa  $Y$  se reprezintă tensiunea iar pe axa  $X$  se reprezintă timpul. Scara de reprezentare pe fiecare din cele două axe se poate modifica folosind anumite butoane de pe panoul central (vezi subcapitolul 2.3) pentru a putea distinge detaliile.

La măsurarea amplitudinii unui semnal se ține cont de diviziunile și subdiviziunile ecranului și de poziția butonului VOLTS/DIV

$$A = H * D \quad (4)$$

unde  $A$  este valoarea amplitudinii,  $H$  numărul de diviziuni și dacă este cazul subdiviziuni, iar  $D$  este valoarea reglată folosind butonul VOLTS/DIV.

Suplimentar dacă sonda introduce o atenuare,  $U$  se împarte la atenuare.

Fig. 8 conține un semnal sinusoidal. Se măsoară amplitudinea și se obține  $H=2,6$  diviziuni (2 diviziuni și 3 subdiviziuni, dar o subdiviziune reprezintă  $1/5=0,2$  dintr-o diviziune, care conține 5 subdiviziuni, adică cele 3 subdiviziuni sunt echivalente cu  $3*0,2=0,6$  diviziuni, prin urmare cele 2 diviziuni și 3 subdiviziuni sunt echivalente cu



2,6 diviziuni). Butonul VOLTS/DIV este pe poziția 0,5 V, iar atenuarea este 1 (adică sonda nu introduce atenuare). Rezultă conform relației (4) o amplitudine de  $2,6 \cdot 0,5 \text{ V} = 1,3 \text{ V}$ .

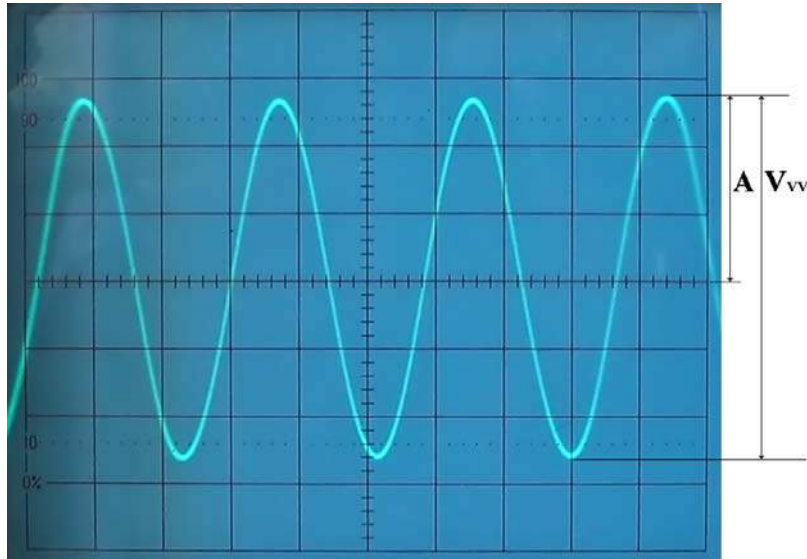


Fig. 8. Ecran osciloscop.

Valoarea vârf la vârf a unui semnal, notată  $V_v$  în fig. 8, este diferența dintre valoarea maximă și valoarea minimă a semnalului.

Valoarea efectivă a unui semnal periodic  $f(t)$  se calculează cu formula

$$V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt} \quad (5)$$

unde  $T$  este perioada semnalului. În cazul unui semnal sinusoidal relația (5) devine

$$V_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

unde  $A$  este amplitudinea semnalului sinusoidal.

La măsurarea perioadei unui semnal se ține cont de diviziunile și subdiviziunile ecranului, la fel ca în cazul precedent, și de poziția butonului TIME/DIV

$$T = H_1 \cdot D_1 \quad (7)$$

unde  $T$  este valoarea perioadei,  $H_1$  numărul de diviziuni iar  $D_1$  este valoarea reglată folosind butonul TIME /DIV.





## 2.7. Calibrarea osciloscopului

În scopul calibrării la borna osciloscopului numerotată cu 2 din fig. 5 este disponibil un semnal de calibrat. Folosind o sondă se aplică la primul canal de intrare acest semnal și se măsoară valoarea sa vârf la vârf, care trebuie să fie de 0,2 V. Dacă valoarea este diferită se reglează atenuarea folosind butonul roșu numerotat cu 8 în fig. 5 până se obține valoarea dorită. Frecvența semnalului de calibrat trebuie să fie de 1kHz sau 1 MHz, în funcție de poziția butonului numerotat cu 2. Dacă valoarea este diferită se reglează atenuarea folosind butonul roșu numerotat cu 17 în fig. 5 până la atingerea valorii corespunzătoare. După efectuarea acestor operații canalul 1 este calibrat și se va calibra și canalul 2.

## 2.8. Figurile lui Lissajous

Figurile lui Lissajous permit măsurarea frecvenței unui semnal sinusoidal folosind un al doilea semnal sinusoidal de frecvență cunoscută și respectiv defazajul dintre cele două semnale prin aplicarea la ambele plăci de deflexie ale osciloscopului a celor două semnale sinusoidale

În primul caz, măsurarea frecvenței  $f_x$  a unui semnal sinusoidal folosind un al doilea semnal sinusoidal de frecvență  $f_y$  cunoscută se consideră că raportul celor două frecvențe este un număr rațional

$$\frac{f_x}{f_y} = \frac{m}{n}, m, n \in \mathbb{N} \quad (8)$$

și folosind reprezentarea x-y se obține o figură Lissajous.

Figura Lissajous pentru raportul frecvențelor  $1/2$  este prezentată în figura 9, iar  $n_x=n$  este numărul punctelor de tangență ale figurii Lissajous cu o dreaptă orizontală și  $n_y=m$  este numărul punctelor de tangență ale figurii Lissajous cu o dreaptă verticală.

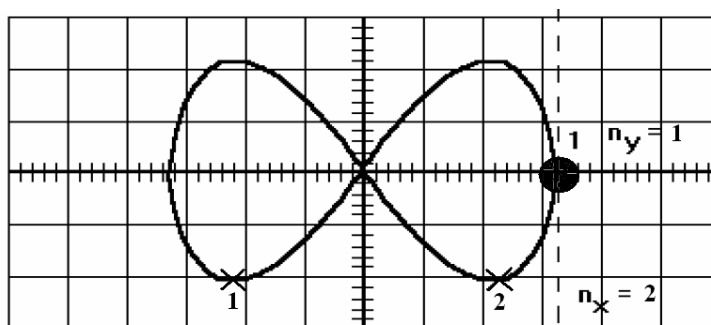


Fig. 9. Figura Lissajous pentru raportul frecvențelor  $1/2$ .

Pentru determinarea frecvenței  $f_x$  se variază frecvența  $f_y$  până se obține una dintre figurile Lissajous (fig. 10). Apoi se calculează  $n_x$ ,  $n_y$  și raportul corespunzător de unde cunoscând valoarea frecvenței  $f_y$  se determină  $f_x$  cu relația 8.

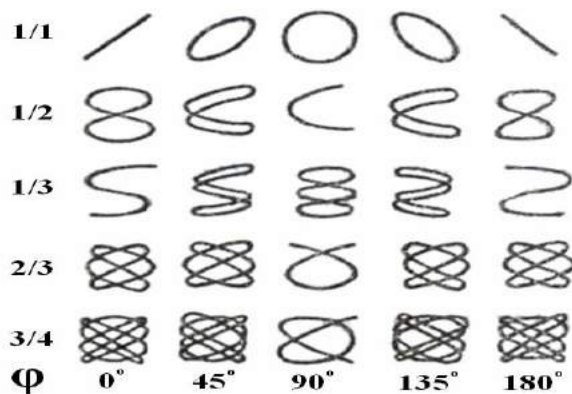


Fig. 10. Figuri Lissajoux.

În al doilea caz, măsurarea defazajului dintre două semnale sinusoidale defazate, dacă frecvențele lor sunt egale figura Lissajous rezultată este o elipsă a cărei formă depinde de defazajul dintre cele două semnale (vezi prima linie din fig. 10, unde defazajul este notat cu  $\varphi$ ).

Primul pas constă în alinierea elipsei față de originea axelor osciloscopului (fig. 11).

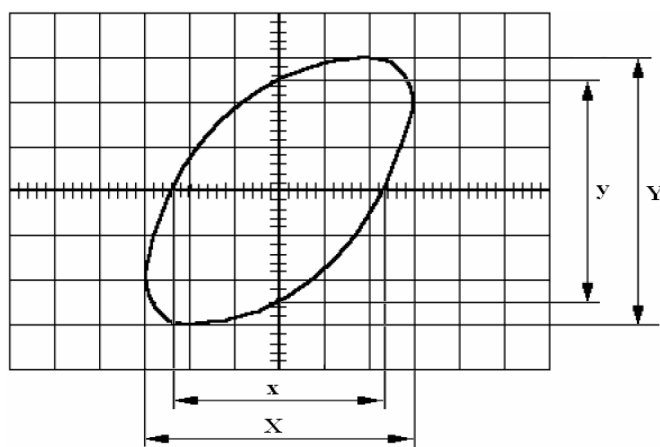


Fig. 11. Măsurare defazaj.

La al doilea pas defazajul se calculează cu formula

$$\sin \varphi = \frac{x}{X} = \frac{y}{Y} \quad (9)$$

unde  $x$ ,  $y$ ,  $X$  și  $Y$  sunt segmentele de dreaptă determinate de intersecția elipsei cu axele  $x$  și  $y$  și respectiv de intersecția proiecțiilor vârfurilor elipsei pe cele două axe. pe axa  $y$ .



### 3. Desfășurarea lucrării

Se efectuează următoarele:

- a) Se identifică pe panoul frontal al osciloscopului butoanele descrise în subcapitolul 2.3.
- b) Se observă pe panoul frontal al osciloscopului și se noteze valorile pentru:
  - tensiunea de intrare maximă la bornele CH1 și CH2;
  - impedanța de intrare pentru canalele CH1 și CH2;
  - tensiunea de intrare maximă la borna TRIGG EXT;
  - domeniul de frecvență al tensiunilor de intrare;
  - numărul de diviziuni și subdiviziuni pe orizontală și verticală;
  - gama de reglare a sensibilității în timp pe axa orizontală;
  - gama de reglare a sensibilității în tensiune pe axa verticală.
- c) Se calibrează osciloscopul (a se vedea subcapitolul 2.7).
- d) Folosind un generator de semnal se generează un semnal sinusoidal cu frecvența de 1 kHz și se vizualizează pe osciloscop. Ce se întâmplă cu imaginea în cazul modificării potențiometrului LEVEL (NIVEL)? Dar dacă apăsați butonul SLOPE (PANTĂ) ?
- e) Se măsoară impedanța osciloscopului (a se vedea subcapitolul 2.7).
- e) Folosind un generator de semnal se generează un semnal sinusoidal cu frecvența de 100 kHz care se aplică la ambele intrări ale osciloscopului. Găsiți butonul care permite vizualizarea ambelor semnale pe ecran.
- f) Folosind un generator de semnal se generează un semnal sinusoidal cu frecvența de 1 kHz și amplitudinea de 1V. Determinați cu ajutorul osciloscopului amplitudinea semnalului, amplitudinea vârf la vârf, valoarea efectivă.
- g) Folosind semnalul de la punctul anterior determinați amplitudinea semnalului după apăsarea butonului Y-MAG x5. Semnalul obținut are amplitudinea de 5 ori mai mare decât amplitudinea de la punctul 5?
- h) Folosind semnalul de la punctul f) și o sondă cu atenuare se măsoară amplitudinea semnalului. De câte ori este mai mică amplitudinea?
- i) Folosind semnalul de la punctul f) determinați frecvența semnalului. Apoi apăsați butonul X-MAG x10 și repetați măsurarea. Semnalul obținut are frecvența de 10 ori mai mare?
- j) Folosind un generator de semnal se generează câte un semnal sinusoidal cu frecvența de 100 Hz, 1000 Hz, 10000 Hz și se determină cu osciloscopul frecvența acestuia.
- k) Folosind un generator de semnal se generează un semnal dreptunghiular de frecvență maximă și se măsoară timpul de creștere.
- l) Folosind două generatoare de semnal se studiază măsurarea frecvenței și defazajului cu ajutorul figurilor Lissajous.

### Bibliografie

1. A. Ignea, D. Stoiciu, *Măsurări electronice, senzori și transductoare*, Editura Politehnica, Timișoara, 1993.
2. T. Jurca, D. Stoiciu, *Aparate electronice de măsurat*, Universitatea Tehnică din Timișoara, 1993.
3. [www.scribd.com/doc/3177655/Osciloscopul](http://www.scribd.com/doc/3177655/Osciloscopul).