

Lucrarea de laborator 2

Măsurări cu osciloscopul

rev. 12.1

Scop: Experimentarea folosirii osciloscopului pentru măsurarea completă a parametrilor semnalelor de diferite forme. Studiul sincronizării.

Breviar teoretic

Sincronizarea osciloscopului. O imagine sincronizată pe ecranul osciloscopului apare atunci când două afișări succesive ale unui semnal periodic se fac începând cu același moment de timp (relativ la perioadă), cele 2 afișări se vor suprapune perfect și imaginea va fi stabilă deși, de fapt, avem în permanență o nouă imagine suprapunându-se peste precedenta. Un exemplu în cazul afișării imaginii începând, de fiecare dată, de la mijlocul porțiunii crescătoare este dat în figura (1b). Dacă, însă, fiecare afișare preia semnalul din alt moment de timp, imaginile vor diferi, - figura 1a - imagine *nesincronizată* (*untriggered*).

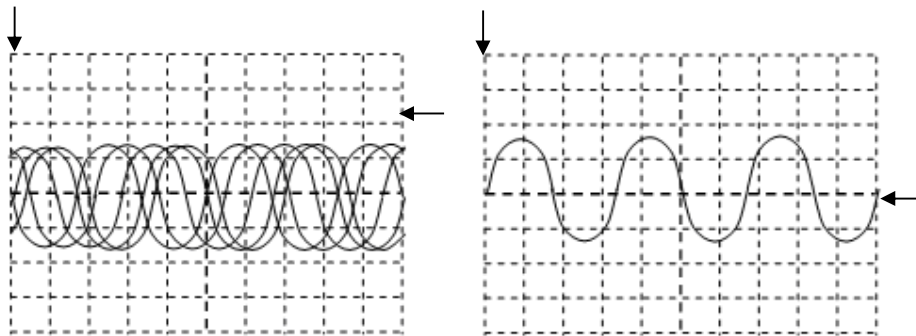


Figura 1 Exemplu de imagine a) nesincronizată; b) sincronizată.

Pentru a obține o imagine sincronizată trebuie să definim ce „eveniment” dorim să determine începutul imaginii – momentul de sincronizare. Acesta se caracterizează printr-un nivel (TRIGGER LEVEL), numit și *tensiune de prag* U_P care este valoarea semnalului în momentul dorit (ex: 0V pentru figura 1b, marcat prin săgeata din dreapta), și o *pantă* (*slope*) care poate fi crescătoare sau descrescătoare (*rising* sau *falling*); pe fig. (1b) este vorba de pantă crescătoare. Momentul de sincronizare este săgeata din partea de sus a ecranului.

Observație: *Condiția necesară pentru ca imaginea să fie sincronizată este ca U_P să aparțină domeniului de variație a semnalului de sincronizare ($U_{max} \div U_{min}$). Dacă $U_P > U_{max}$ sau $U_P < U_{min}$ atunci imaginea va fi nesincronizată.*

Pe fig. 1a nu există intersecție între săgeata din stînga și cea de sus deci nu se definește un eveniment de sincronizare.

Observație: *La osciloscopul TDS1001, în mod implicit, momentul de sincronizare este setat la mijlocul ecranului. Poziția sa poate fi modificată din **HORIZONTAL POSITION**.*

Exemplu: Fie sinusoida de perioadă T din Fig. 2, de amplitudine 3V, (reglaj $C_y = 1V/div \rightarrow$ amplitudinea ocupă 3 diviziuni). Se alege $TRIGGER LEVEL = U_P = 1.5V$, pe front crescător. Această condiție de trigger apare o dată pe perioadă și corespunde momentelor notate 1,2,3,4 de pe figură. Primul trigger (1) determină începutul afișării imaginii, care durează $N_{Xmax} \cdot C_X = 10C_X$. Deci, durata vizualizării semnalului pe ecran depinde de relația dintre T și $N_{Xmax} \cdot C_X$. Important de observat este că pe durata imaginii (timpul $10 \cdot C_X$), triggerul este inactiv – nu se întrerupe o afișare pentru a începe altă afișare. Astfel, la momentul (2) nu începe o nouă afișare, întrucît nu s-a terminat afișarea curentă. După aceasta (porțiunea îngroșată), urmează un timp t_1 în care osciloscopul nu afișează nimic și așteaptă un nou trigger. Acesta vine la momentul (3) și procesul se repetă. Se observă că pe fig. 2, Imaginea 2 este identică cu Imaginea 1, adică este sincronizată, și ochiul va percepe o singură imagine.

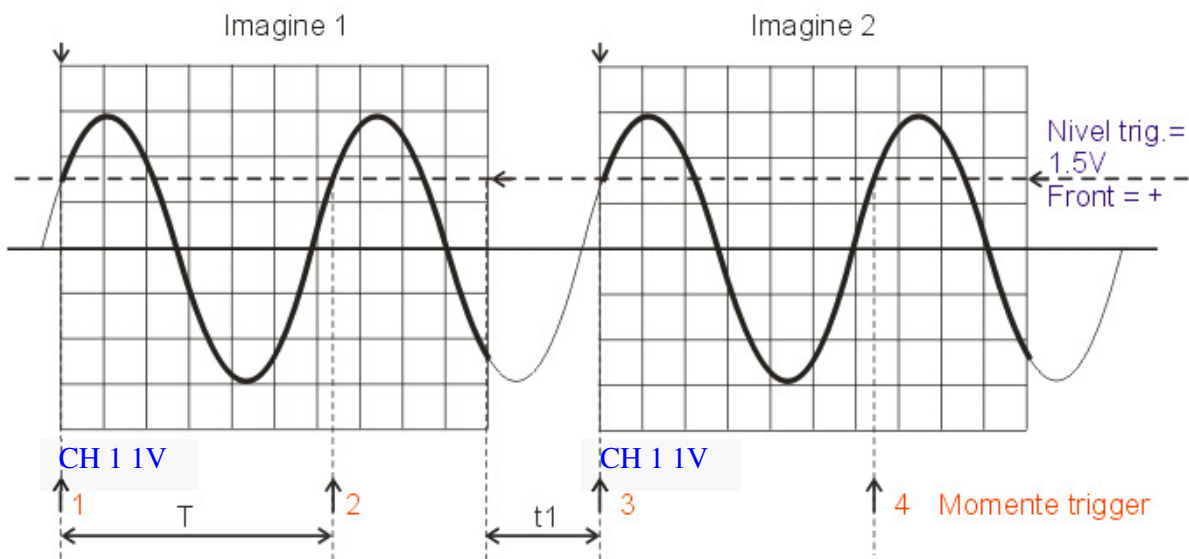


Figura 2 Exemplu de sincronizare

Reglajele de nivel și pantă (*slope*) sînt relative la un semnal, numit și semnal de sincronizare. **Important!** semnalul de sincronizare nu trebuie să fie neapărat chiar semnalul vizualizat, așa cum a fost în Fig. 1. Acest lucru este evident atunci cînd afișăm 2 semnale diferite, de pe cele 2 intrări, pe aceeași imagine; sincronizarea se face doar cu unul dintre ele!

În funcție de sursa de unde se alege semnalul de sincronizare putem avea:

- **Sincronizare internă** - se folosește pentru sincronizare semnalul de la intrările osciloscopului, adică:
 - CH1 sau CH2 sursa de sincronizare este luată de pe ch.1/2 **TRIG MENU**→**Source**→**CH1** sau **CH2**
 - Observație:** dacă cele 2 semnale sînt de frecvențe diferite (dar nu multiple una față de alta), în funcție de canalul ales ca sursă de sincronizare, numai una din imagini va fi stabilă pe ecran!
- **Sincronizare externă** – se setează cu comanda **TRIG MENU**→**Source**→**Ext** sau **Ext/5** și se folosește pentru sincronizare semnalul aplicat la borna externă (**Ext Trig**).
 - Observație:** semnalul conectat la borna Ext Trig nu poate fi vizualizat pe ecranul osciloscopului cu scopul de a realiza măsurători asupra lui, deoarece el este cuplat doar la circuitul de sincronizare!
- **AC Line** – se folosește pentru sincronizare semnalul de la rețeaua de alimentare, de frecvență 50 Hz (**TRIG MENU** → **Source** → **Line**). Util mai ales cînd se măsoară circuite de curent alternativ alimentate de la rețea.

Observație: În cazul în care osciloscopul TDS1001 este sincronizat, pe ecranul lui (vezi Fig. 3) apare la indicația 2 → “T Trig’d”, la indicațiile 3 și 4 momentul la care se realizează sincronizarea și întîrzierea acestuia față de începutul imaginii, la indicația 5 valoarea din semnalul vizualizat la care s-a realizat sincronizarea, iar indicațiile 12, 13 și 14 afișează parametrii semnalului de sincronizare (parametrii determinați automat de osciloscop, fără intervenția utilizatorului): canalul după care se face sincronizarea, panta și nivelul de sincronizare, precum și frecvența semnalului după care se face sincronizarea.

Alte reglaje de sincronizare se referă la **Modul de sincronizare:**

- **Normal** - (**TRIG MENU** → **Mode** → **Norm**): dacă nu se îndeplinesc condițiile de sincronizare (exemplu: semnalul nu intersectează tensiunea de prag) pe ecranul osciloscopului nu se afișează nici o imagine, sau se păstrează ultima imagine sincronizată cu intensitate redusă a imaginii (cu gri).
- **Automat** - (**TRIG MENU** → **Mode** → **Auto**) în cazul în care nu se îndeplinesc condițiile de sincronizare, osciloscopul așteaptă sincronizarea un interval de timp stabilit, după care afișează semnalele de la intrări. În acest caz imaginea obținută va fi nesincronizată, întrucît momentul de începere a afișării va fi necorelat cu periodicitatea semnalului (Fig. 1 a). Modul AUTO permite ca și în lipsa sincronizării semnalele de la intrări să fie afișate pe ecran.

Observație: Modul **Auto** este util și pentru vizualizarea tensiunilor continue. În modul **Norm** acestea nu pot fi vizualizate, deoarece nu se poate îndeplini condiția de sincronizare – semnalul nu variază deci nu există

intersecție între el și vreo valoare de prag U_P . Din acest motiv, în modul **Norm**, declanșarea afișării nu se produce pentru semnale continue (constante în timp).

Indicații de sincronizare afișate pe ecranul TDS 1000

Pe ecranul osciloscopului din familia TDS 1000, pe lângă imaginea semnalului/ semnalelor și meniul, sunt afișate mai mulți indicatori de control, cf. fig 3.

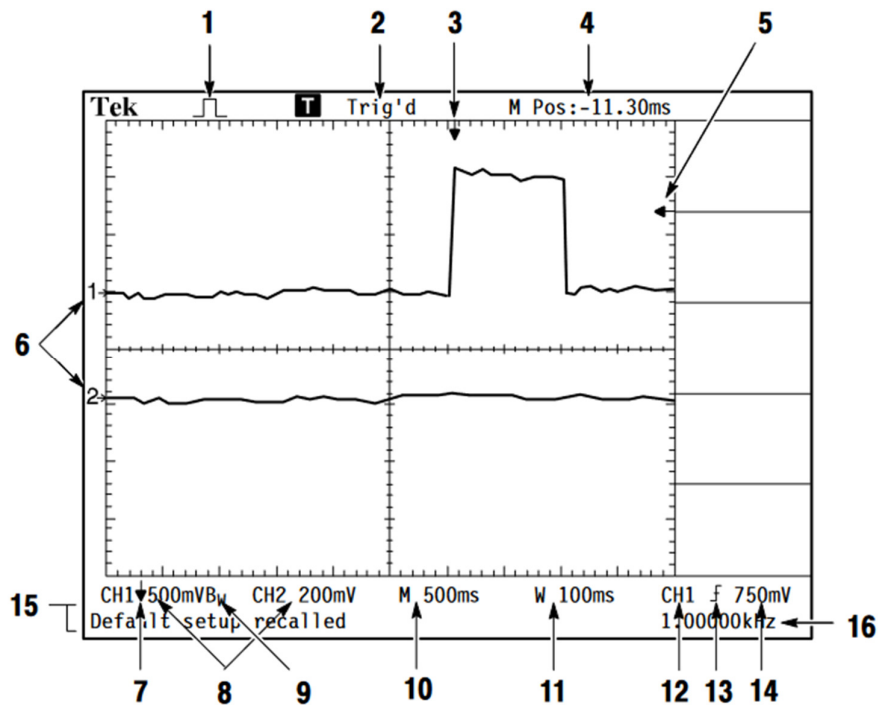


Figura 3 Indicații de sincronizare osciloscop TDS 1000

În lucrarea 1 au fost utilizați câțiva dintre acești indicatori:

- **6** – indică nivelul de 0V pentru canalul 1 sau canalul 2
- **8** – indică valoarea coeficientului de deflexie pe verticală (C_y) pentru CH1/CH2
- **10** – indică valoarea coeficientului de deflexie pe orizontală (C_x)

Pentru partea de sincronizare există următorii indicatori:

- **2** – indică dacă imaginea este sincronizată (Trig'd) sau nu
- **3** – indică momentul de pe axa orizontală unde acționează triggerul. La un osciloscop analogic, triggerul acționează întotdeauna în capătul din stînga al ecranului.
- **5** – indică nivelul tensiunii de prag de sincronizare (Trigger Level).
- **12** – indică sursa semnalului de sincronizare (CH1/ CH2/ Ext/ Line)
- **13** – indică frontul de sincronizare (slope), pozitiv sau negativ
- **14** – indică valoarea tensiunii de prag de sincronizare (Trigger Level). Această valoare trebuie să fie egală cu valoarea tensiunii corespunzătoare indicatorului **5**.
- **16** – frecvența semnalului după care se face sincronizarea. Dacă sincronizarea se face chiar după semnalul vizualizat, atunci această frecvență reprezintă și frecvența semnalului.

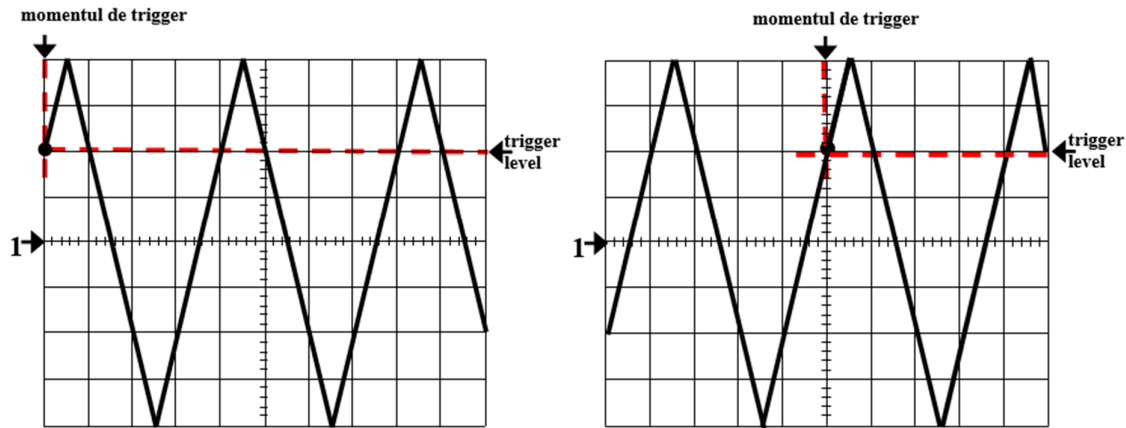


Figura 4 Influența modificării poziției unde acționează triggerul asupra imaginii – **intersecție** între cele 2 linii punctare și semnal.

În Figura 4 este ilustrată influența pe care o au reglajele pentru nivelul de trigger și momentul de trigger asupra imaginii afișate pe ecran. Se observă că semnalul trece întotdeauna prin **punctul de intersecție** între **dreapta orizontală** care corespunde nivelului de trigger (tensiunii de prag de sincronizare) și **dreapta verticală** care corespunde momentului pe axa timpului unde acționează triggerul. S-a presupus că frontul de sincronizare (Slope) este crescător (valoarea *rising* din meniul de sincronizare, **TRIG MENU** → **Slope** → **Rising**).

Vizualizarea imaginilor pe osciloscop folosind Holdoff

Reglajul HOLDOFF este un concept asociat sincronizării. El reprezintă timpul de la sfârșitul afișării și până la acceptarea unui nou trigger (implicit este 0 sau foarte mic). În timpul de *holdoff* (sau “reținere”) osciloscopul ignoră eventualele impulsuri trigger valide. Se poate folosi la forme de undă mai complexe pentru a alege un anumit moment de trigger mai îndepărtat.

Exemplu: fie trenul de impulsuri din figura 5, sincronizare pe front pozitiv, nivel mediu, ceea ce face ca momentele posibile de sincronizare să fie săgețile 1,2,3 etc din partea de jos. Dorim să vizualizăm doar cele 3 impulsuri, nu și al 4-lea (de lungime mai mare).

a) situația cu *holdoff*: timpul de *holdoff* se alege ca în figura 4 (de la sfârșitul imaginii până puțin peste momentul 4 – nu contează exact cât, contează să fie **după momentul 4**, dar **înainte de 5**). În timpul de *holdoff*, osciloscopul nu începe o nouă afișare, deci impulsul 4 nu va genera un trigger și noua imagine va începe cu momentul 5, fiind identică cu prima. Suprapunerea a 2 imagini identice face să se vadă o singură imagine stabilă.

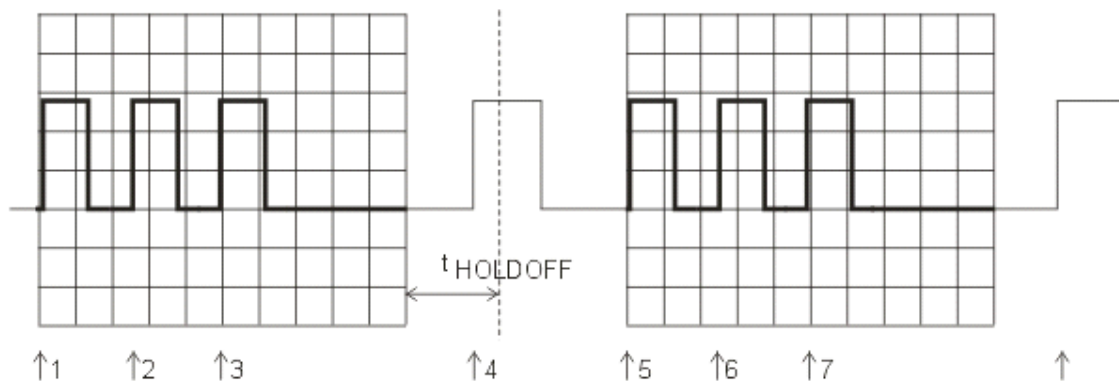


Figura 5: imagine sincronizată folosind holdoff

b) situația fără *holdoff*:

- prima imagine este formată din impulsurile 1,2,3 (cu negru pe fig. 6a)
- următorul moment de trigger, care nu mai e ignorat, este 4. Deci următoarea imagine este formată din impulsurile 4, 5, 6, 7 (cu albastru pe fig. 6a). Cele 2 imagini suprapuse nu mai corespund, rezultatul fiind o imagine aproape neinteligibilă.

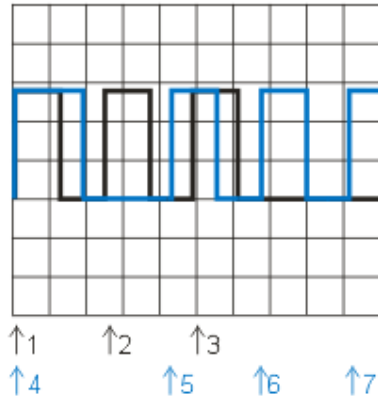


Figura 6a: Imagine nesincronizată, fără *holdoff*

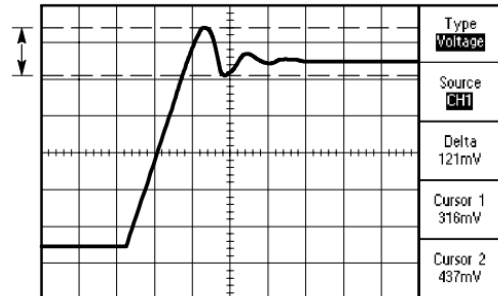


Fig. 6b Cursori de tensiune

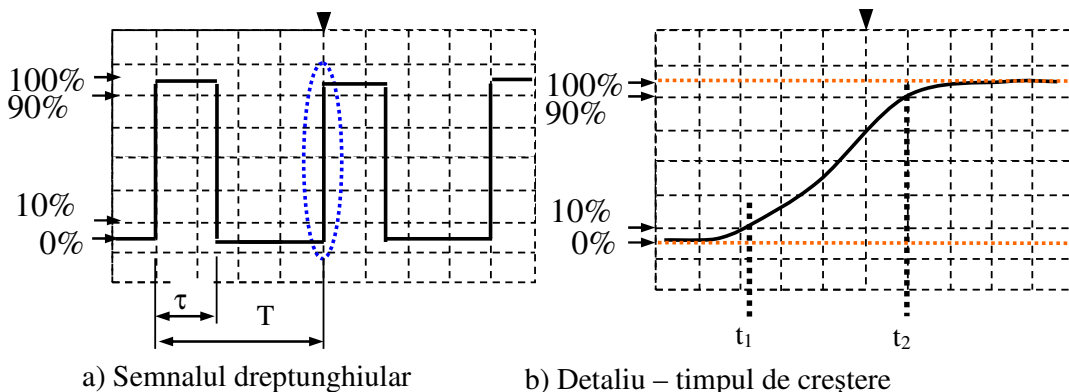
Utilizarea cursorilor de timp și tensiune

Oscilosoapele numerice permit măsurarea folosind *cursori* pe X, Y, respectiv de timp și tensiune, obținând valori mai precise decât citirea diviziunilor.

- Pentru măsurarea unor tensiuni se folosește butonul **CURSORS** apoi butonul de lângă ecran **Type** → **Voltage** și, folosind cele 2 butoane rotative **VERTICAL POSITION** (sub care s-au aprins LED-uri pentru a indica funcția alternativă), se plasează cursorii pe valorile dorite – pe fig. 6b, cursorii sînt cele 2 linii punctare verticale. Se citesc în dreapta ecranului valorile celor 2 cursori și diferența lor ΔU (**DELTA**).
- Pentru măsurarea unor timpi, se selectează **CURSORS** → **Type Time** și, folosind cele 2 butoane rotative **VERTICAL POSITION** se plasează cei doi cursori la începutul și sfîrșitul intervalului lui dorit. Se citesc în dreapta ecranului valorile celor 2 timpi și diferența Δt (**DELTA**).

Parametrii semnalului dreptunghiular

- *factorul de umplere* (duty cycle), $\eta = \frac{\tau}{T}$, unde τ reprezintă durata impulsului de nivel „1” logic (mare), iar T perioada semnalului.



a) Semnalul dreptunghiular

b) Detaliu – timpul de creștere

OBS: liniile punctate corespunzătoare lui 0% și 100% nu se văd pe ecran!

Figura 7 Detalierea și măsurarea timpului de creștere

- *timpul de creștere / cădere* (t_{rise} / t_{fall}). În mod ideal, semnalul dreptunghiular are timpul de creștere/cădere egal cu zero (fronturile sînt infinit de abrupte, trecînd instantaneu de la valoarea U_{V-} la U_{V+} și invers). În practică, acești timpi sînt nenuli. Astfel, se definește timpul de creștere/ de cădere ca timpul necesar

semnalului să ajungă de la 10% la 90% , respectiv de la 90% la 10% din U_{VV} . Timpul de *creștere* și *de cădere* de obicei nu se pot regla din generatorul de funcții, fiind un criteriu de performanță a acestuia (valoare ideală: zero)

$$t_{rise} = t_2 - t_1$$

Observația 1: Măsurarea precisă a momentelor unde semnalul atinge 10% și 90%: cum pe verticală avem 8 diviziuni, nu 10, alegem să reprezentăm 100% pe 5 diviziuni (10 jumătăți de diviziuni). Se observă că acestea corespund unui interval vertical cuprins între jumătatea celei de-a doua diviziuni din jumătatea de jos a ecranului, 0%, și jumătatea celei de-a doua diviziuni din jumătatea de sus, 100%, (pe verticală) – **aceste marcaje nu sînt desenate pe ecran la osciloscopul TDS1001**, dar putem totuși să le facem să apară folosind cursorii de tensiune care arată tot ca niște linii punctate orizontale, reglabile (opțional).

Se încadrează semnalul dreptunghiular astfel încît minimul și maximul să fie în dreptul indicațiilor „imaginare” de 0% și 100% (Fig. 7). Realizarea reglajului este necesară pentru ca nivelurile la care semnalul atinge 10% și 90% din domeniul de variație să corespundă unor gradații vizibile de pe ecran (în cazul de față, a 2-a diviziune de jos și a 2-a de sus), permițînd citirea momentele t_1 și t_2 cu erori minime.

Observația 2: Pentru a vizualiza timpul de creștere ca în Fig. 7 b), se detaliază imaginea din Fig. 7 a) (zona albastră) din butonul bazei de timp (SEC/DIV) - prin micșorarea valorii lui C_x .

Observația 3: Atunci cînd se detaliază imaginea, porțiunea din imagine care se păstrează este cea din jurul momentului de trigger (săgeata verticală aflată deasupra ecranului - săgeata verticală 3 din Figura 3). Pentru exemplul dat în Fig. 7 a), porțiunea care se păstrează în urma detalierii imaginii este cea încadrată cu ovalul punctat.

Observația 4: Dacă frontul crescător tinde să se deplaseze în afara ecranului, se ajustează imaginea din **HORIZONTAL POSITION**. Recomandarea este ca săgeata verticală să fie poziționată în mijlocul ecranului prin apăsarea tastei **Set to Zero** din zona de reglaje **HORIZONTAL**.

Procedură pentru măsurarea timpului de creștere (*)

- se apasă tasta **Set to Zero** (din zona de reglaje HORIZONTAL) pentru a mută săgeata verticală 3 la mijlocul ecranului.
- se setează “fin” pasul de modificare a lui C_Y (**CH1 MENU** → **Volts/Div** → **FINE**). În acest fel se pot seta valori *necalibrate* ale C_Y .
- [Opțional] pentru a face vizibile marcajele de 0% și 100% (liniile punctate de pe fig. 7b) se pornesc cursorii de tensiune **Cursors** → **Type Voltage** și se reglează din cele 2 butoane pe pozițiile respective.
- se reglează C_Y astfel încît semnalul (valorile *low* și *high*) să se încadreze între limitele de 0 și 100%
- din butonul bazei de timp (SEC/DIV) se detaliază *foarte mult* imaginea (astfel încît frontul semnalului să fie mult „lățit” și vizualizat ca în Fig. 7 b) (întreaga porțiune crescătoare a frontului să fie pe cît mai mult din ecran, fără să iasă din acesta). Dacă săgeata verticală se mută, se readuce în mijlocul ecranului. Reamintim că efectul de detaliere (*zoom*) este față de momentul marcat de această săgeată !
- Se citesc t_1, t_2 (numărînd diviziunile față de stînga ecranului SAU folosind cursorii de timp **Cursors** → **Type Time**) și se determină timpul de creștere $t_{rise} = t_2 - t_1$

Desfășurarea lucrării

1. Reglarea sincronizării (trigger) a osciloscopului.

Se vor utiliza cîteva din reglajele de sincronizare. Se identifică indicațiile 2, 3, 5, 12 și 13 din Figura 3.

a) Se setează la generator semnal triunghiular, $U_V=2V$, $f=1KHz$, Offset=0 și la osciloscop $C_Y=1V/div$, $C_X=250\mu s/div$. Se setează **TRIGGER MENU**→**Coupling**→**DC**.

Se analizează efectul nivelului tensiunii de sincronizare (prag), U_P , asupra sincronizării osciloscopului. Se modifică U_P , din butonul **TRIGGER LEVEL**, astfel încît aceasta să ajungă la valori mai mici decît minimul semnalului, la valori între maxim și minim, și la valori mai mari decît valoarea maximă a semnalului. Se urmăresc indicațiile 5 și 2 din Figura 3.

Ce se observă cu privire la stabilitatea imaginii? Cît sînt valorile limită minimă și maximă a U_P a.î. imaginea să rămîna sincronizată ? (valoarea numerică din poziția 13, Figura 3)

Setați **TRIGGER LEVEL** peste nivelul semnalului și apăsați butonul **SET TO 50%**. Observați că osciloscopul ajustează automat nivelul de trigger la mijlocul semnalului a.î. imaginea să fie sincronizată.

Scrieți în fișă valoarea curentă $U_{P 50\%}$ a nivelului setat automat (poz. 14, Figura 3).

Se deplasează momentul de sincronizare (poz. 3 din Figura 3) exact la începutul imaginii (marginea din **stînga** ecranului) din reglajul rotativ **HORIZONTAL POSITION**. Se va *regla fin* butonul pînă *exact* în momentul în care săgeata 3 ajunge la margine și devine în loc de verticală, orizontală. Se observă că imaginea semnalului începe (în stînga) chiar de la înălțimea la care se află indicația 5 din Figura 3, adică exact la nivelul triggerului. Se va ajusta fin nivelul triggerului pentru a observa aceasta.

b) Analiza efectului frontului de sincronizare asupra sincronizării osciloscopului.

Din **TRIG MENU** → **Slope** se modifică frontul de la valoarea **Rising** (front crescător sau pozitiv) la **Falling** (front căzător sau negativ). Observați că acum imaginea începe pe panta descrescătoare a semnalului.

Reglați **TRIGGER LEVEL** și **SLOPE** la valorile U_{p1} pe front crescător, respectiv U_{p2} pe front căzător (*specifice la fiecare masă*) și desenați cele 2 imagini obținute (se vor desena săgețile corespunzătoare **HORIZONTAL POSITION** și nivelului de trigger)

Se revine la sincronizare pe front pozitiv, nivel 50% (**SET TO 50%**).

c) Modurile AUTO și NORM.

Apăsați **Trigger** → **SET TO 50%**. Cu imaginea sincronizată pe ecran, cît este valoarea afișată de osciloscop pentru frecvența semnalului după care se realizează sincronizarea (poz. 16 Fig. 3)?

Se comută din modul de afișare de pe AUTO pe **NORMAL** (**TRIG MENU** → **Mode** → **Normal**). Se rotește **TRIG LEVEL** pînă cînd nivelul triggerului este mai mare decît U_{V+} al semnalului. De ce dispăre imaginea? (la TDS1001 nu dispăre de tot, ci rămîne afișată cu gri ultima imagine). Cît este acum valoarea afișată pentru frecvența semnalului de sincronizare?

Se revine pe modul AUTO (**TRIG MENU** → **Mode** → **Auto**) și se verifică reapariția imaginii (nesincronizate). Cît este valoarea afișată pentru frecvența semnalului de sincronizare?

Explicați în ce situație indicația din poz. 16 fig. 3 este egală cu frecvența semnalului de la generator.

2. Măsurarea timpului de creștere pentru un semnal dreptunghiular

a) Se trece osciloscopul pe **CH1 MENU** → **Coupling** → **DC**. Se trece generatorul pe semnal dreptunghiular simetric, cu factor de umplere (*duty cycle*) 25%, avînd amplitudinea $U_V=2,5V$, perioada $T = 400 \mu s$. Se reglează coeficienții de deflexie la valorile $C_X=100 \mu s/div$ și $C_Y=1V/div$. Nivelul de zero (indicația 6 de pe Figura 3) va fi reglat la mijlocul ecranului din **VERTICAL POSITION**. Momentul de trigger (indicația 3 de pe Figura 3) va fi adus în mijlocul ecranului prin apăsarea tastei **Set to Zero** din zona de reglaje **HORIZONTAL**.

Se măsoară timpul de creștere

$$t_{rise} = t_2 - t_1$$

unde t_1 , t_2 reprezintă momentele (orizontale) la care semnalul ia valorile de 10%, respectiv 90% (verticale) din U_{VV} , considerată 100% (Fig. 7). Vedeti **Procedură pentru măsurarea timpului de creștere (*)**


b) Se modifică frecvența semnalului dreptunghiular la 7kHz și se repetă măsurarea timpului de creștere, $t_{rise 2}$ (ca la pct. b). Comparați valoarea cu t_{rise} și explicați rezultatul.

c) explicați ce modificare trebuie făcută în setările osciloscopului pentru a măsura timpul de cădere (descrescere). Verificați, afișînd noua imagine. Nu se cere măsurarea acestui timp.

Se revine la valoarea *Coarse* (calibrată) pentru C_Y (**CH1 MENU** → **Volts/Div** → **COARSE**). Dacă s-au folosit cursorii, se opresc folosind **Cursors** → **Type Off**

3. Reglajele de trigger pentru un semnal multinivel

a) Se generează un semnal similar cu cel folosit în reglarea televizoarelor (succesiuni de bare verticale de

luminozități diferite alterând cu bare negre): butonul  → **Load** → **BuiltIn** → **Engine** apoi din reglajul rotativ selectați **TV** → **Select**. Setezi amplitudinea U_{VV} , frecv $f=1KHz$ și componentă continuă (Offset) zero, cuplat la intrarea CH1 a osciloscopului.

Observație: semnalul TV este unul din multele semnale practice pentru care se observă utilitatea valorii vîrf-la-vîrf. Pentru acest semnal este mai puțin util de determinat valoarea de vîrf pozitivă, respectiv negativă, datorită asimetriei pe verticală și a faptului că nu este evident unde este nivelul de 0.

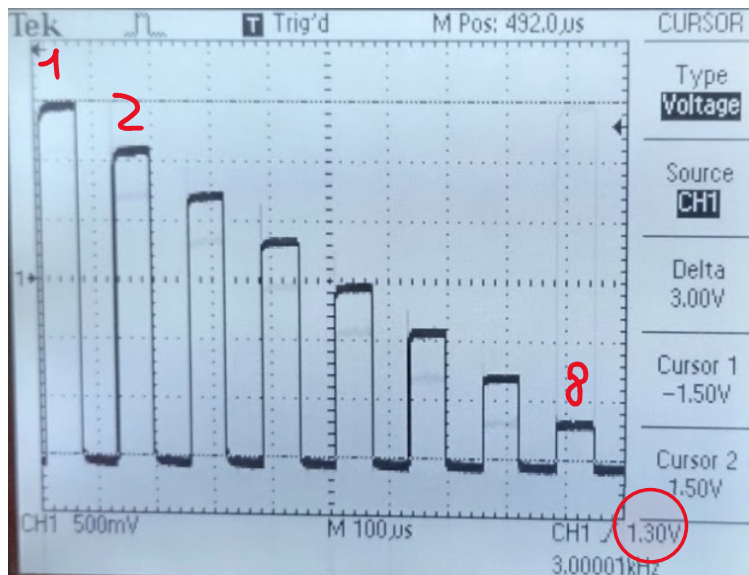


Figura 8: semnal TV

La osciloscop setezi **CH1 MENU** → **Coupling** → **DC** apoi **TRIG MENU** → **Coupling** → **AC** și front pozitiv **Slope** → **Rising**. Reglezi $C_X = 100\mu s/div$ pentru a observa o singură perioadă pe ecran (fig. 8). Reglezi **HORIZONTAL POSITION** a.î. săgeata de sus (poz. 3 pe fig. 3) să fie la **stînga ecranului**. Reglezi **TRIGGER LEVEL** pînă cînd semnalul este stabil, ca în fig. 8. Se observă că semnalul are 8 impulsuri de înălțime descrescătoare în cadrul unei perioade. Se măsoară cu cursorii parametrii semnalului.

Utilizînd cursorii de tensiune, completați în tabel tensiunile $U_1 .. U_8$ corespunzătoare vîrfului fiecărui impuls. *Exemplu:* Pe fig. 8 se observă Cursorul 2 pe impulsul 1 de +1.5V și Cursorul 1 la baza tuturor impulsurilor de -1.5V. Folosiți un singur cursor la alegere, nu DELTA, pentru a citi cele 8 tensiuni. Se măsoară folosind cursorii de timp durata unui impuls t_{imp} (aici folosiți DELTA).

b) La un semnal cu mai multe nivele, spre deosebire de semnalele triunghiulare, dreptunghiulare etc, se pune întrebarea: ce valoare trebuie să aibă U_P (TRIGGER LEVEL) pentru sincronizare.

Stabiliți experimental domeniul **TRIGGER LEVEL** U_P pentru care imaginea este/nu este stabilă (sincronizată). Pe exemplul din fig. 8 se observă valoarea $U_P = 1.30V$ (poz 14, fig. 3). Reglezi U_P citind valoarea pe ecran. Observați că apar 3 situații:

- imagine nesincronizată, cînd U_P este deasupra/dedesubtul domeniului de variație a semnalului
- imagine sincronizată, ca în fig. 8. Scrieți intervalul U_P corespunzător.

- imagine nesincronizată, dar totuși avînd stabilitate pe axa x (limita inferioară sau „baza” semnalului rămîne stabilă; să o numim imagine parțial sincronizată), cînd U_P este în domeniul semnalului, dar nu oriunde. Scrieți domeniul de tensiuni U_P corespunzător acestui caz.

Explicați cît trebuie să fie U_P în relație cu $U_1.. U_8$:


- pentru ca imaginea să fie sincronizată;
- pentru ca imaginea să fie parțial sincronizată; explicați fenomenul care se întîmplă în acest caz.

Indicație: pentru ca o imagine să fie sincronizată, evenimentul dorit pt. sincronizare, adică nivelul și frontul selectat, trebuie să apară o singură dată pe ecran.

Dacă stabiliți $U_P = 0V$ (jumătatea ecranului pe fig. 8), numărați cîte impulsuri intersectează acel nivel pe front pozitiv. Este imaginea sincronizată în acest caz?

Oprii afisarea cursorilor cu **CURSORS → Type Off**. Setati **TRIG MENU → Coupling → DC**.

4. Reglajul Holdoff

a) Se generează un semnal format din impulsuri de lățimi diferite folosind butonul  → **Load → BuiltIn → Common**, apoi din reglajul rotativ alegeți **CPULSE** și apăsați **Select**. Frecvența va fi f iar amplitudinea $5V_{PP}$. Reglați la osciloscop C_X de pe tablă și $C_Y = 1V/div$. Din **HORIZONTAL POSITION** aduceți săgeata 3 din fig. 3 în extrema stîngă a ecranului.

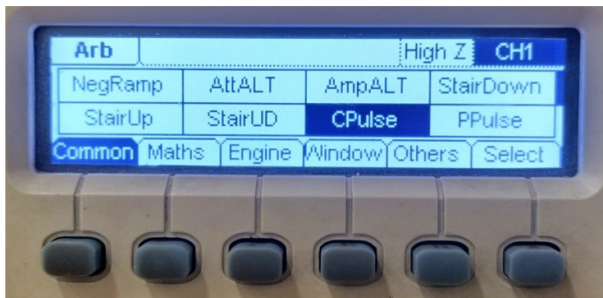


Fig. 9a Meniul pentru semnale arbitrare (Arb)

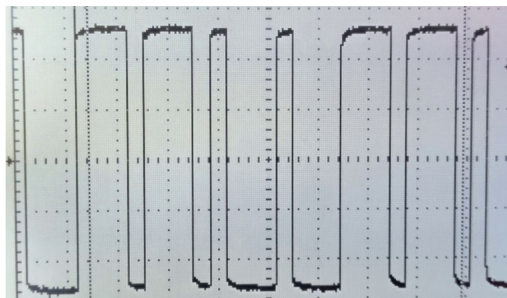


Fig. 9b Semnal din impulsuri

O perioadă a formei de undă este o succesiune de 4 impulsuri, 2 lungi și 2 scurte (fig. 9b unde sînt afișate două perioade). Doar reglînd U_P , puteți obține o imagine sincronizată?

b) Pentru a regla Holdoff la osciloscop se selectează **HORIZ MENU → Trig Knob → Holdoff**. În acest moment se aprinde LED-ul de lîngă butonul **Trigger Level** indicînd că acest buton are funcția alternativă (Holdoff). Valoarea Holdoff inițială este cea minimă pt. acest aparat (500ns) și poate fi crescută. Rotiți reglajul Holdoff urmărind valoarea pe ecran.

Găsiți experimental un interval de valori Holdoff pentru care imaginea devine sincronizată.

În acest caz, imaginea devine inteligibilă și se poate măsura. Știind că C_X a fost reglat la o perioadă pe tot ecranul, măsurați perioada semnalului. Desenați imaginea.

Folosind cursorii de timp, măsurați durata impulsului lung t_L și a celui scurt t_S .

Pe baza acestor măsurători, explicați intervalul de valori Holdoff găsit.

Se revine la **HORIZ MENU → Trig Knob → Trigger Level**.

5. Studiul osciloscopului cu două canale

a) Se vor vizualiza simultan pe osciloscop două semnale de aceeași frecvență $f = 2kHz$. Pe **CH1** se aplică un semnal sinusoidal cu amplitudinea $U_{VVs} = 5V$, Offset = $1V$, de la ieșirea 1, iar pe **CH2** se conectează un semnal dreptunghiular simetric cu $U_{Vvd} = 5V$, $f = 2kHz$, Offset = 0 , obținut de la ieșirea 2 a generatorului (se apasă butonul CH1/CH2 de la generator pentru a alterna canalul al cărui parametri se setează; ambele LED-uri **Output** să fie aprinse).

Coeficienții de deflexie se vor alege $C_{Y1}=5V/div$ (pentru CH1), $C_{Y2}=5V/div$ (pentru CH2) și $C_x=100\mu s/div$. Dacă la osciloscop CH2 este oprit, se apasă butonul **CH2 Menu** pentru afișarea sa (reamintim că apăsarea succesivă a **CHn Menu** aprinde/stinge imaginea canalului **n**)

Se verifică că avem **CH1 MENU → PROBE 1x** și **CH2 MENU → PROBE 1x**.

Cele două semnale trec prin 0V în același moment de timp? Se notează indicațiile despre semnalul de sincronizare (poz. 12,13,14,16 din Figura 3)

Pentru a nu se suprapune imaginile pe osciloscop, se reglează nivelul de zero (**Ground**) la diviziunea a 2-a de sus pentru CH1, respectiv a 2-a de jos pentru CH2, folosind **VERTICAL POSITION**, iar semnalele se cuplează în modul DC pe ambele canale (**CH MENU → Coupling DC**). La nevoie, se ajustează triggerul (**SET TO 50%**) pentru ca imaginea să fie sincronizată.

b) Se vizualizează și se desenează *suma* și *diferența* celor două semnale (**MATH MENU → Operation +/-**). Poate fi necesară ajustarea reglajelor de poziție pe verticală, pentru a vizualiza această imagine în mod integral (**să nu „iasă din ecran” anumite părți din imagine**). Vizualizarea *semnalului MATH*, trebuie realizată fără semnalele de pe CH1 sau CH2 afișate (apăsați **CH1 Menu**, **CH2 menu** de 2 ori pt stingerea acestora.)

Indicație: La activarea vizualizării *semnalului MATH*, pe ecran este afișată poziția lui **0** (Ground) pentru acest semnal prin litera **M** (indicația 6 de pe fig. 3).

La sfârșitul acestor măsurători se activează afișarea semnalelor CH1 și CH2, prin apăsarea butoanelor **CH1/2 MENU**, și se oprește afișarea *semnalului MATH* prin apăsarea **MATH MENU** pînă cînd rămîn pe ecran doar CH1 și CH2.

c) Păstrînd $f_1=2KHz$, se modifică la generator $f_2=2.7KHz$. Care dintre semnalele de pe ecran este stabil și de ce? Se modifică $f_2'=4KHz$. Ce se întîmplă și de ce?

6. Studiul surselor pentru semnalul de sincronizare

a) Se studiază sincronizarea după semnalele de pe CH1 sau CH2, care pot fi vizualizate pe osciloscop. Se păstrează cele două semnale de aceeași frecvență și reglajele de la punctul 5a.

a.1 Se selectează sursa de sincronizare să fie canalul 1 (**TRIG MENU → Source → CH1**) și modul de lucru **AUTO** (**TRIG MENU → Mode → Auto**). Din reglajele **VERTICAL POSITION** se afișează ambele forme de undă, una sub alta, nesuprapuse. Se reglează U_P a.î. imaginile să fie sincronizate. Se oprește canalul 1 al generatorului (cel conectat la intrarea 1 a osciloscopului) din butonul **Output**. Ce se întîmplă cu imaginea de pe canalul 2? Explicați.

a.2 Se repornește semnalul de pe CH1. Se trece sincronizarea pe CH2 (**TRIG MENU → Source → CH2**). În această situație săgeata din dreapta ecranului indică nivelul de trigger, dar pentru semnalul de pe CH2. Se oprește din nou semnalul conectat la CH1. Ce observați că se întîmplă cu imaginea de pe canalul 2 în acest caz? Explicați diferența față de ce s-a întîmplat la punctul a.1.

b) Se studiază sincronizarea după semnalul de pe intrarea **EXT TRIG**. Se reconectează cablul la CH1

b.1. Se trece în modul de sincronizare **EXT TRIG** (**TRIG MENU → Source → Ext**). Este imaginea sincronizată? De ce?

b.2. Se mută cablul de pe intrarea CH2 a osciloscopului pe intrarea pentru sincronizare externă **EXT TRIG** și se afișează doar semnalul sinusoidal de la CH1 (se stinge CH2 prin apăsarea **CH2 MENU**). Este imaginea sincronizată? De ce?

c) Se studiază sincronizarea după rețeaua de alimentare alternativă.

c.1. Avînd la intrarea CH1 semnalul sinusoidal de frecvență f_{CH1} se trece osciloscopul în modul de sincronizare **AC Line** (**TRIG MENU → Source → AC Line**). În acest mod, pentru sincronizare, osciloscopul preia semnalul de la rețeaua de alimentare (50Hz în Europa). Este imaginea sincronizată? Explicați.

c.2. Se modifică frecvența de la generator la valoarea 50.00Hz și $C_X=5\text{ms/div}$. Ce observați - imaginea este acum stabilă?

Se variază **fin** (cu pasul de 0.01Hz) frecvența semnalului pînă cînd imaginea se apropie cel mai mult de stabilitatea perfectă – în acest moment generatorul este sincron cu rețeaua de alimentare. Cît este valoarea exactă, cu minim 2 zecimale, a frecvenței rețelei ?

Observație 1: pentru a regla fin frecvența, se folosește reglajul rotativ de la generator, care permite să se regleze valoarea unui digit, și cele 2 butoane-săgeți de lîngă acesta, care determină care digit de pe afișaj este cel reglat de către reglajul rotativ; digitul respectiv clipește.

Observație 2: frecvența din sistemul electric național (SEN), interconectat cu sistemele europene, variază ușor, invers proporțional cu consumul total; la orele de vîrf, frecvența este mai mică decît în perioadele mai puțin încărcate. Valoarea 50Hz este nominală, în practică existînd variații de pînă la circa +/- 0.2Hz. Variații mai mari impun măsuri excepționale, întrucît stabilitatea acestui parametru este crucială, în caz contrar producîndu-se defecțiuni în echipamente și infrastructură. Dacă frecvența iese din intervalul [49.2 ; 50.8Hz] se impune deconectarea forțată a unor consumatori sau a unor centrale de generare. Dacă frecvența nu revine în parametri, întreaga rețea se deconectează (blackout) și apoi centralele și consumatorii se recuplează manual, pe rînd. (sursa: https://www.mainsfrequency.com/frequ_info_en.php). Cel mai mare blackout din Europa a afectat 15 milioane de consumatori în 2006 (sursa: https://en.wikipedia.org/wiki/2006_European_blackout), iar în America 50 milioane de consumatori în 2003 (sursa: https://www.youtube.com/watch?v=KciAzYfXNwU&ab_channel=PracticalEngineering). Întrucît sistemele naționale sînt interconectate, frecvența în Europa este aceeași și poate fi vizualizată aici: <https://gridradar.net/en/mains-frequency>

Probleme rezolvate (facultative) - Măsurarea optimă a parametrilor unui semnal

Pentru a realiza o măsurătoare cît mai exactă (eroare de citire minimă) trebuie ca aparatul de măsură să fie setat astfel încît parametrul de interes să aibă o *valoare de afișare* cît mai mare, în modul de afișare al aparatului (diviziuni - cît mai multe, număr - cu cît mai multe cifre semnificative, etc.).

Exemplu: Pentru a seta parametrul unei tensiuni periodice a.î. să poată fi vizualizat cît mai clar pe ecran, se determină:

- *scara de măsură* a osciloscopului pentru tensiunea electrică și pentru intervalele de timp: dimensiunea ecranului pe orizontală $N_{X\max} = 10$ diviziuni; pe verticală $N_{Y\max} = 8$ div.

- *valorile posibile, calibrate*, pentru coeficienții de deflexie C_X [s/div] și C_Y [V/div]. Evident, diferența maximă de tensiune care poate fi afișată / măsurată pe ecran este $N_{Y\max} \cdot C_Y$, iar pentru intervalele de timp este $N_{X\max} \cdot C_X$. Pentru a măsura cît mai exact perioada semnalului trebuie aleasă valoarea calibrată pentru $C_{X\text{cal}}$, dintre valorile posibile ale osciloscopului, astfel încît **o perioadă** să încapă în ecran, dar să fie cît mai apropiată de valoarea $N_{X\max} \cdot C_{X\text{cal}}$. Pentru a măsura cît mai exact variația semnalului trebuie aleasă valoare calibrată $C_{Y\text{cal}}$, dintre valorile posibile ale osciloscopului, astfel încît $U_{VV} = U_{V+} - U_{V-}$ să încapă în ecran, dar să fie cît mai apropiat de $N_{Y\max} \cdot C_{Y\text{cal}}$.

În cazul în care semnalul are componentă continuă nenulă care trebuie măsurată *simultan* cu semnalul, atunci în locul lui U_{VV} se alege $\Delta U_{\max} = \max\{U_{V+}, \text{GND}\} - \min\{U_{V-}, \text{GND}\}$.

Exemplu numeric: Să se aleagă coeficienții de deflexie optimi pentru măsurarea cu precizie maximă a perioadei și a amplitudinii unui semnal sinusoidal cu $A=5\text{V}$ și $f=25\text{kHz}$.

Rezolvare:

- Semnalul sinusoidal are amplitudinea vîrf la vîrf $U_{VV} = 2 \cdot A = 10\text{V}_{VV}$.
- Numărul maxim de diviziuni pe axa Y este $N_{Y\max} = 8\text{div}$.
- Coeficientul optim, pentru vizualizarea semnalului pe verticală pe toată înălțimea ecranului este:

$$C_{Y\text{opt}} = U_{VV} / N_{Y\max} = 10\text{V} / 8\text{div} = 1.25\text{V/div}$$
- Deoarece valoarea 1.25V/div *nu este o valoare calibrată* se alege valoarea calibrată imediat

următoare, $C_{Ycal} = 2V/div$.

Pentru această valoare C_Y , semnalul va ocupa $N_Y = 10V_{VV} / 2V/div = 5 div$ vîrf-la-vîrf.

Pentru axa orizontală se procedează în mod similar:

- Perioada semnalului este $T = 1/f = 40\mu s$.
- Numărul maxim de diviziuni pe axa X este $N_{Xmax} = 10div$.
- Coeficientul de deflexie pe orizontală optim, C_{Xopt} , va fi

$$C_{Xopt} = T / N_{Xmax} = 40 \mu s / 10 div = 4 \mu s/div$$
- Valoarea calibrată imediat mai mare este $C_{Xcal} = 5 \mu s/div$.

Valori calibrate pentru Tektronix TDS1001: $C_{Xcal} = \{1, 2.5, 5\} \cdot 10^k s/div$, $C_{Ycal} = \{1, 2, 5\} \cdot 10^k V/div$

Problema 1. Se introduce de la generator un semnal triunghiular avînd amplitudinea $A=2V$ și frecvența $f=1kHz$. Reglajele osciloscopului sînt $C_Y=0,5V/div$, $C_X = 0,25ms/div$, $U_p=0V$ (tensiunea de prag) și frontul de declanșare este negativ (SLOPE="–"). Să se deseneze imaginea care apare pe ecranul osciloscopului. Momentul de trigger acționează în partea din stînga a ecranului.

Rezolvare:

Amplitudinea va fi afișată pe ecranul osciloscopului pe $N_Y = A/C_Y = 2V/(0,5V/div) = 4div$.

Perioada va fi afișată pe $N_X = T/C_X = 1/(f \cdot C_X) = 4 div \rightarrow$ pe ecran vor fi afișate 2,5 perioade din semnal.

Deoarece triggerul acționează în stînga ecranului, imaginea va începe să fie afișată de la valoarea $U_p=0V$ (mijlocul ecranului pe verticală) pe frontul negativ al semnalului. Imaginea obținută pe ecran este reprezentată în Fig. 9.

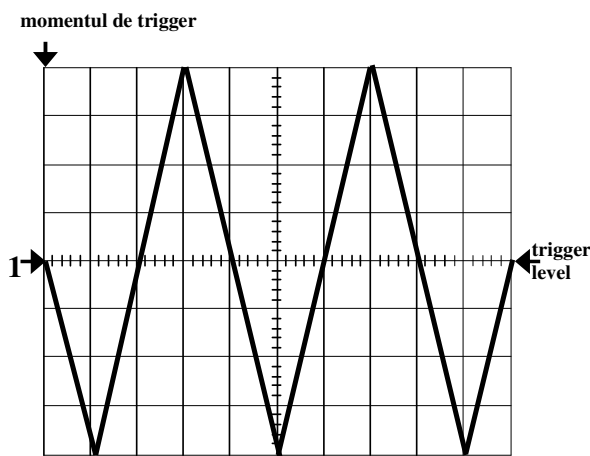


Figura 10

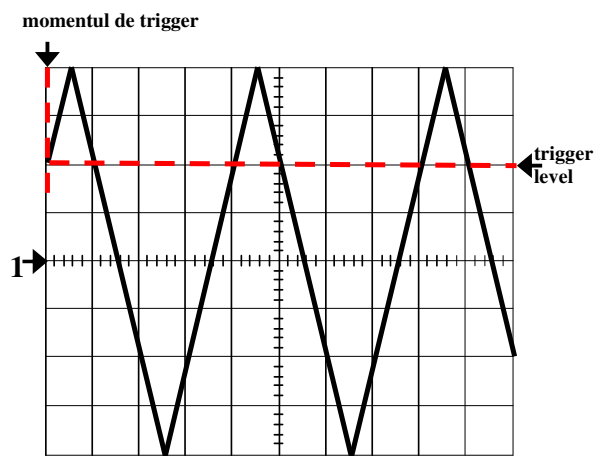


Figura 11

Problema 2. Să se repete problema 1 pentru cazul în care osciloscopul are reglat nivelul de prag (Level) la valoarea $U_p=1V$, iar frontul de declanșare este pozitiv.

Rezolvare:

Deoarece nivelul de trigger este $U_p=1V$, care se reprezintă pe $N_Y=2div$, imaginea va începe să fie afișată de la a doua diviziune față de nivelul de zero (aflat în mijlocul axei Y), pe frontul pozitiv al semnalului. Imaginea obținută este afișată în Fig. 10.

Remarcă: săgeata care indică nivelul de trigger este poziționată la valoarea lui U_p .

Imaginea afișată trebuie să treacă prin punctul de intersecție al dreptei verticale corespunzătoare momentului de trigger cu dreapta orizontală corespunzătoare nivelului de trigger (trigger level). Este intersecția liniilor roșii punctate.

Problema 3. Se introduce de la generator un semnal triunghiular avînd $A=4V$, $f=1kHz$ și $U_{cc} = -2V$. Reglajele osciloscopului sînt $C_Y=2V/div$, $C_X = 0,25ms/div$, $U_p = -4V$ (tensiunea de prag) și frontul de declanșare este negativ (SLOPE="–"). a) Să se deseneze imaginea vizualizată în modul DC. Momentul de trigger acționează în partea din stînga a ecranului; b) Să se reprezinte imaginea afișată de osciloscop în modul AC.

Rezolvare:

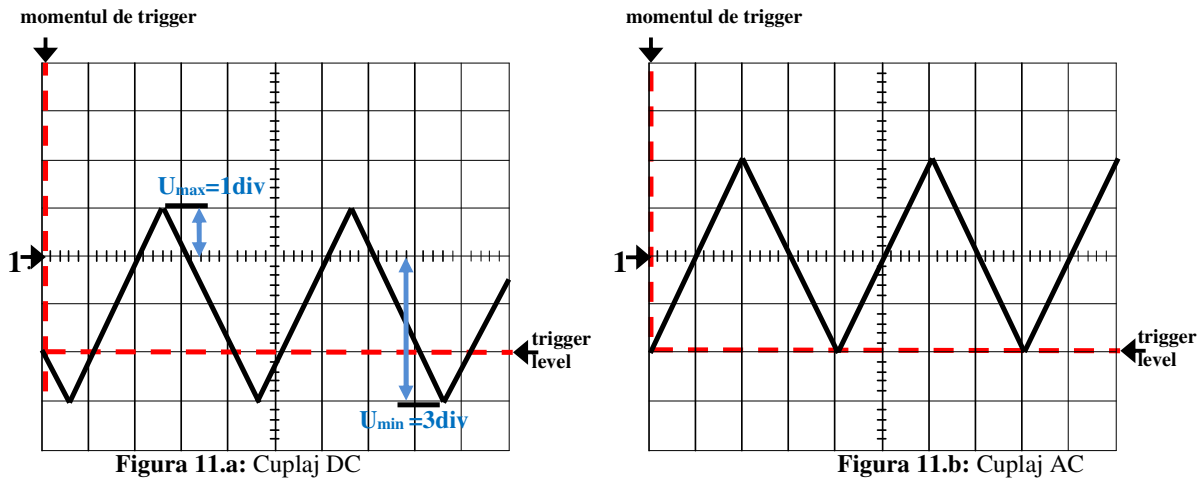
a) Amplitudinea semnalului va fi afișată pe $N_{yA} = A/C_y = 2 \text{ div}$.

Componenta continuă, $U_{cc} = -2V$, se reprezintă pe o diviziune ($N_{yCC} = U_{cc}/C_y = 1 \text{ div}$).

Adăugarea componentei continue la semnalul triunghiular determină o deplasare a imaginii pe ecran egală cu valoarea componentei continue (în acest caz o deplasare de o diviziune în jos, datorită valorii negative a componentei continue). Semnalul va varia între $U_{max} = 2V$ (1 div) și $U_{min} = -6V$ (3 div).

Deoarece tensiunea de prag este $-4V$, care se reprezintă pe 2 diviziuni, afișarea se va face de la a doua diviziune din jumătatea de jos a ecranului, pe frontul negativ al semnalului. Imaginea obținută este în Fig. 11.a.

b) În modul AC semnalul este vizualizat fără comp. continuă. Imaginea va fi deplasată cu o div. în sus, față de imaginea din modul DC (datorită dispariției comp. continue, care mutase imaginea în jos pe modul DC). Deoarece reglajele de sincronizare sînt aceleași, imaginea va fi afișată începînd de la a doua diviziune din jumătatea de jos a ecranului pe frontul negativ al semnalului. Imaginea obținută este în Fig. 11.b.



Problema 4. Se dă un semnal dreptunghiular simetric cu amplitudine $A = 4V$, frecvență $f = 40KHz$, factor de umplere 25%. Osciloscopul are reglajele $C_x = 5\mu s/div$, $C_y = 2V/div$, tensiunea de prag $U_p = 0V$ și frontul de declanșare pozitiv (SLOPE=+). Momentul de trigger este poziționat în stînga ecranului. Să se reprezinte imaginea afișată de osciloscop pentru modurile de cuplaj DC, respectiv AC.

Rezolvare:

Se verifică ușor că amplitudinea semnalului este afișată pe $N_{yA} = 2 \text{ div}$, iar perioada este afișată pe $N_{xT} = 5 \text{ div}$. Deoarece factorul de umplere, $\eta = 25\%$, rezultă că $\tau = T/4 = 6,25\mu s$, care va fi afișat pe $N_{x\tau} = \tau/C_x = 1,25 \text{ div}$. Imaginea obținută este reprezentată în figura 12.a.

Pe modul AC semnalul este vizualizat fără componentă continuă. Componenta continuă a semnalului din figura 12.a reprezintă valoarea medie a semnalului pe o perioadă.

$$U_{CC} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{T} [A \cdot \tau - A(T - \tau)] = \frac{1}{T} \left(A \cdot \frac{T}{4} - A \cdot \frac{3T}{4} \right) = \frac{-A}{2} = -2V$$

Deoarece în modul AC dispăre componenta continuă de $-2V$ (care are o valoare ce corespunde unei diviziuni pe ecran), pe modul AC graficul semnalului se va deplasa în sus cu o diviziune. Imaginea afișată pe ecran este dată în figura 12.b.

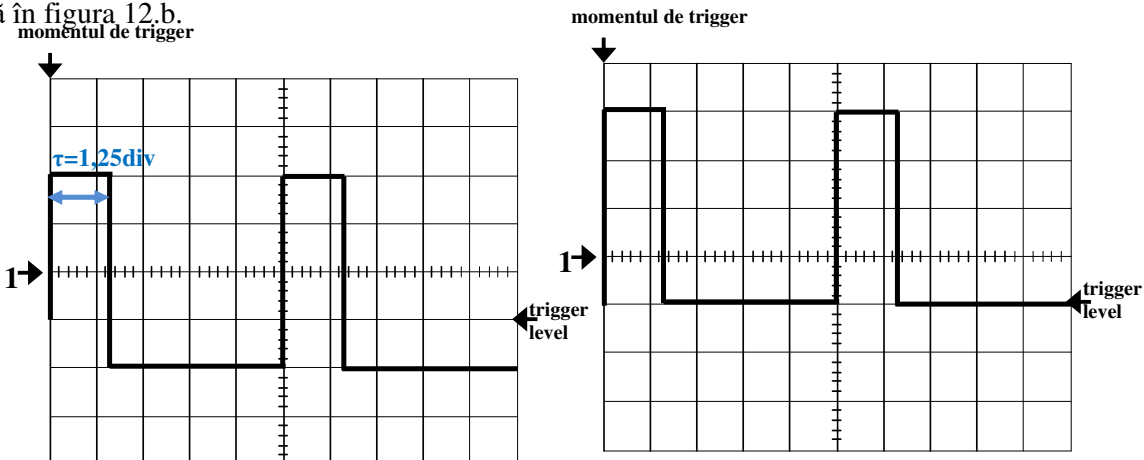


Figura 12.a: Cuplaj DC

Figura 12.b: Cuplaj AC

Întrebări pregătitoare pentru laborator

OBS: A se consulta și platforma primului laborator, precum și problemele rezolvate!

1. Se vizualizează cu osciloscopul un semnal sinusoidal. Când butonul de cuplaj este trecut de pe poziția AC pe poziția DC semnalul sinusoidal se deplasează pe verticală, în sus cu 2 diviziuni. $C_y=1V/div$. Să se determine componenta continuă a semnalului.
2. Un semnal sinusoidal, de amplitudine $A = 1V$, componentă continuă nulă și frecvență 1kHz, este aplicat pe intrarea unui osciloscop. Osciloscopul are $C_y=0,5V/div$, $C_x=0,2ms/div$, nivelul de prag $U_p=0,5V$ și front negativ (SLOPE = falling). Să se deseneze imaginea.
3. Care sînt valorile calibrate ale C_x , C_y pentru osciloscopul din laborator ?
4. Se dă un semnal sinusoidal de frecvență 100kHz și amplitudine 2V. Să se determine valorile C_x , C_y astfel încît pe ecran să intre exact o perioadă, avînd valoarea V-V pe toată înălțimea ecranului.
5. Ce se întîmplă cînd se acționează reglajul 'Trigger Level'? Explicați. Ce efect are acționarea butonului 'Slope' ?
6. Care este diferența între modurile **Auto**, respectiv **Norm**? Ce apare pe ecran dacă se folosește modul **Norm** și se reglează **Trig Level** deasupra nivelului maxim al semnalului?
7. La ce servește intrarea EXT TRIG de pe panoul frontal al osciloscopului ? Semnalul de la această intrare se poate vizualiza pe ecran?
8. Ce înseamnă modul de sincronizare **AC Line** ?
9. Între ce limite verticale, în procente, se măsoară timpul de creștere a semnalului dreptunghiular? Desenați!
10. Desenați cum apare pe ecranul osciloscopului (avînd 10 diviziuni pe orizontală) un semnal dreptunghiular cu factor de umplere $\eta = 1/5$, știind că se văd 2 perioade ale semnalului pe ecran.
11. Se introduce de la generator un semnal triunghiular avînd amplitudinea 2V și frecvența $f=1kHz$. Reglajele osciloscopului sînt $C_y=0,5V/div$, $C_x = 0,5ms/div$, $U_p=1V$ (tensiunea de prag) și frontul de declanșare este negativ (SLOPE=""). Să se deseneze imaginea care apare pe ecranul osciloscopului.
12. Se introduce de la generator un semnal triunghiular avînd amplitudinea 1V și frecvența $f=10kHz$. Reglajele osciloscopului sînt $C_y=0,5V/div$, $C_x = 50\mu s/div$, $U_p=1V$ (tensiunea de prag) și frontul de declanșare este negativ (SLOPE=falling). Să se deseneze imaginea care apare pe ecranul osciloscopului.
13. La intrarea unui osciloscop avînd $C_x=50\mu s/div$, $C_y=1V/div$, $U_p=2V$, Front = negativ, se aplică un semnal triunghiular simetric de amplitudine 4V, frecvență 5kHz și componentă continuă nulă. Să se deseneze imaginea care apare pe ecran.
14. Explicați rolul reglajului Holdoff și de ce nu este necesar pentru semnalul dreptunghiular simetric. Pentru ce tipuri de semnal este necesar? Desenați un exemplu de semnal.
15. Se dă un semnal dreptunghiular simetric cu $U_{VV}=5V$ modificat a.î. la fiecare a doua perioadă amplitudinea să fie $U'_{VV}=4V$. C_x se reglează a.î. să se vadă 2 perioade pe ecran. Explicați dacă imaginea este stabilă pentru nivelul de trigger $U_p=1V$. Dar pentru $U_p=4.5V$?
16. Se aplică pe osciloscop 2 semnale cu $f_1 = 1KHz$ și $f_2=1.5KHz$. Se reglează C_x a.î. să se vadă ceva mai mult de 1 perioadă din fiecare semnal pe ecran. Se selectează TRIG SOURCE=CH2 și TRIG LEVEL=50%. Explicați care dintre cele 2 semnale este stabil.
17. Nu există un buton dedicat pentru reglajul Holdoff pe panoul osciloscopului TDS1000. Explicați cum se face reglarea acestuia.
18. Determinați la ce oră din zi frecvența rețelei este maximă. În acest scop, vizualizați în timp real consumul de energie electrică la nivel național, precum și variația sa în timpul zilei, la adresa:

http://www.transelectrica.ro/widget/web/tel/sen-grafic/-/SENGrafic_WAR_SENGraficportlet .