

Lucrarea de laborator 1

Generarea și vizualizarea semnalelor

Scop: Familiarizarea cu funcțiile de bază ale unui osciloscop și generator de semnal. Reglarea și măsurarea parametrilor specifici ai semnalelor de test.

Breviar teoretic

Osciloscopul este un aparat care permite vizualizarea valorii instantanee a unei tensiuni electrice $u(t)$ în funcție de timp și măsurători cantitative de tensiune și timp pe această formă de undă. În lucrare se utilizează osciloscopul digital Tektronix TDS1001, particularitățile care urmează fiind legate de acest model.

Pentru vizualizarea semnalelor, generatorul va fi conectat la osciloscop printr-un cablu cu conectori de tip BNC.

În Figura 1 se poate vedea un exemplu de cablu cu conector BNC la un capăt și conectori de tip crocodil la celălalt capăt. Acesta este un cablu folosit uzual în laborator. De asemenea, în Figura 2 este prezentat un conector de tip BNC. Se poate observa că acest conector are un ecran metallic (partea exterioară), care este în conexiune cu crocodilul negru, precum și un pin metallic central, care este conectat cu crocodilul de culoare roșie.



Figura 1. Cablu BNC-crocodili



Figura 2. Detaliu mufă BNC

Observație 1: Aparatele care au ieșire sau intrare cu mufă de tip BNC și care generează sau primesc un semnal de tip tensiune, au ecranul exterior conectat la masa aparatului (Ground), adică la potențialul de referință de zero volți. Crocodilul negru va avea deci potențialul electric 0 și crocodilul roșu va avea un potențial diferit de zero.

Principalii parametri ai unui semnal periodic

Așa cum s-a menționat anterior, semnalele care vor fi analizate în lucrare sunt generate de generatorul de semnal. Semnalele generate vor fi semnale periodice. Principalii parametri ai unui semnal periodic sunt (Figura 3):

- perioada și frecvența de repetiție în timp a unui semnal, $f = 1/T$
- valoarea maximă a semnalului U_{max}
- valoarea minimă a semnalului U_{min}
- valoarea vîrf-vîrf (engl. *peak-to-peak*), domeniul de variație al semnalului $U_{VV} = U_{PP} = U_{max} - U_{min}$;
- valoarea medie, componenta continuă sau *offset*-ul semnalului U_{med} sau U_{CC}
- valoarea de vîrf, sau amplitudinea semnalului $U_0 = U_{max} - U_{CC} = U_{CC} - U_{min}$

Observație 1: dacă $U_{CC} = 0$, amplitudinea, valoarea maximă și cea minimă sînt egale în modul.

Observație 2: Unitatea de măsură V_{VV} (engl. V_{PP}) nu definește „alt tip de volt” ci înseamnă limitele între care se măsoară tensiunea în volți, și anume vîrf-la-vîrf. Ea este utilizată pt a elimina orice confuzie. Unele aparate specifică amplitudinea ca valoare de vîrf, altele ca valoare vîrf-la-vîrf, distincția făcîndu-se după unitatea de măsură.

- alți parametri pentru anumite forme de semnal, de exemplu pt. **semnal dreptunghiular**:

- factorul de umplere (*duty cycle*) $\eta = \tau/T$ (τ reprezintă durata impulsului de nivel mare, iar T perioada semnalului),
- timpul de creștere / de cădere (t_{rise} , t_{fall})

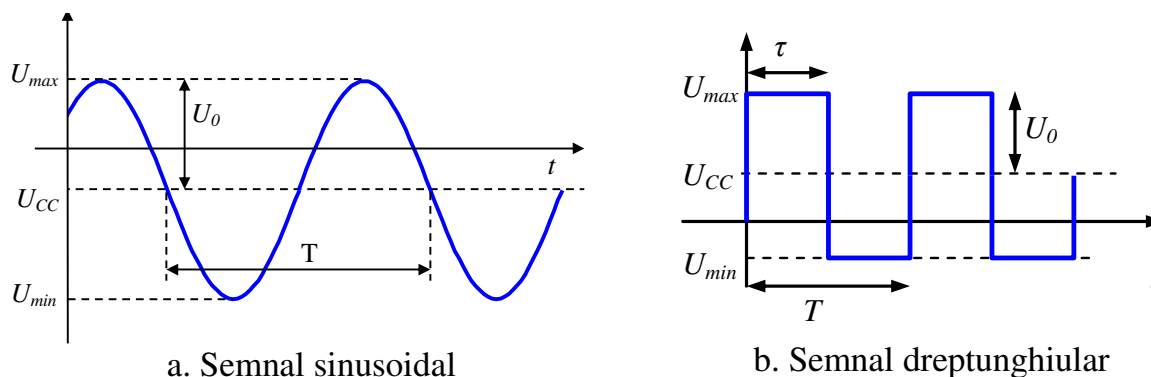


Figura 3. Semnale periodice: sinusoidal, dreptunghiular

Reglajele osciloscopului

Osciloscopul este un aparat care permite vizualizarea formei de undă în domeniul timp a semnalelor de tip tensiune, $u(t)$. Pentru afișarea formei de undă, osciloscopul dispune de un ecran care este gradat în diviziuni, Figura 4. De obicei, ecranul osciloscopului este împărțit în 8 diviziuni pe verticală și 10 diviziuni pe orizontală. Fiecare diviziune este împărțită în 5 subdiviziuni, rezultînd pentru o subdiviziune o valoare de 0,2 diviziuni.

Deoarece pe ecranul osciloscopului va fi vizualizată variația în timp a unui semnal de tip tensiune, rezultă că pe **axa verticală a ecranului** se vor măsura **valori ale semnalului** exprimate **în volți**, iar pe **axa orizontală** vor fi măsurate **durate de timp** exprimate în **secunde**.

Pe orizontală, durata corespunzătoare lungimii unei diviziuni de pe ecran este reglabilă din exterior din butonul C_x (**coeficient de deflexie pe orizontală**). Acesta este gradat în unități de timp pe diviziune [s/div]. Este valabilă următoarea relație dintre numărul de diviziuni N_x ocupate de un eveniment oarecare și durata acestuia t_x :

$$t_x = N_x \cdot C_x$$

Pe verticală se aplică tensiunea U pe borna exterioară Y . Se poate citi pe Y valoarea unei tensiuni U care ocupă N_y diviziuni verticale pe ecran cu relația:

$$U = N_y \cdot C_y$$

C_y se numește **coeficient de deflexie pe verticală** și este gradat în unități de volt pe diviziune [V/div].

Observație 1: Valorile coeficienților de deflexie, C_x , C_y , se pot regla din panoul de control al osciloscopului, Figura 5.

Observație 2: Prin modificarea coeficienților de deflexie se va modifica și imaginea semnalului vizualizat pe ecran. De exemplu, dacă se vizualizează un semnal sinusoidal cu amplitudine de 4V, amplitudinea semnalului va fi vizualizată pe două diviziuni ($N_{y1}=2 \text{ div}$) dacă se lucrează cu un coeficient de deflexie $C_{y1}=2\text{V/div}$, dar va fi afișată pe patru diviziuni ($N_{y2}=4 \text{ div}$) dacă se modifică coeficientul de deflexie la valoarea de 1V/div ($C_{y2}=1\text{V/div}$).

Observație 3: În exemplul anterior, modificarea coeficientului de deflexie conduce la modificarea modului de afișare a semnalului pe ecranul osciloscopului. Amplitudinea semnalului nu poate fi modificată decât de la generator.

Exemplu: O perioadă a sinusoidei din Figura 4 ocupă pe ecran 7 diviziuni pe orizontală, și baza de timp este pe poziția $C_x=5\text{ms/div}$ (notată **M** pe ecran). Perioada semnalului sinusoidal este deci 35ms. Pe verticală, valoarea de vîrf ocupă 3 diviziuni, ceea ce la un $C_y=2\text{V/div}$ (notat **CH1** pe ecran) înseamnă 6V.

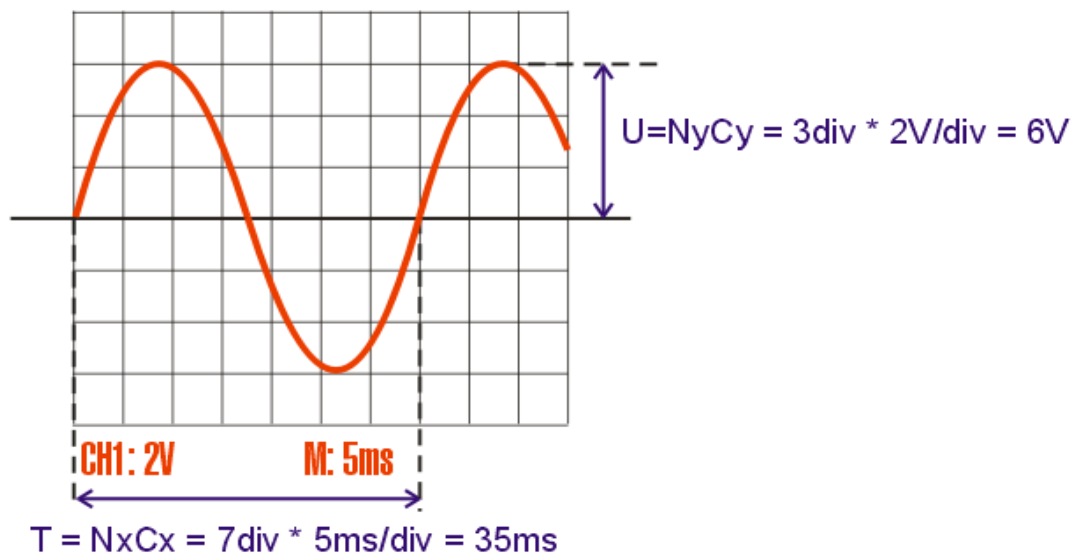


Figura 4. Coeficienții $C_x=5\text{ms/div}$, $C_y=2\text{V/div}$

Valorile C_x , C_y se numesc *calibrate* și sunt de forma standard $\{1, 2, 5\} \cdot 10^{+/-K}$ pentru C_y , și $\{1, 2.5, 5\} \cdot 10^{+/-K}$ pentru C_x . Valorile calibrate ale coeficienților de deflexie pentru osciloscopul uzual sunt următoarele:

$C_y \in \{5; 10; 20; 50; 100; 200; 500 \text{ mV/div}; 1; 2; 5 \text{ V/div}\}$

$C_x \in \{5; 10; 25; 50; 100; 250; 500 \text{ ns/div}; 1; 2.5; 5; 10; 25; 50; 100; 250; 500 \text{ } \mu\text{s/div};$

$1; 2.5; 5; 10; 25; 50; 100; 250; 500 \text{ ms/div}; 1; 2.5; 5; 10 \text{ s/div}\}$

Panoul frontal al osciloscopului

În Figura 5 este prezentată o imagine a panoului frontal al osciloscopului folosit în laborator. Se observă că, pe lângă ecran, osciloscopul dispune de intrările de semnal și de o serie de butoane de control.

Osciloscopul din familia TDS1000 are două intrări de semnal, **CH1** și **CH2**, ceea ce permite vizualizarea a două semnale simultan. Mai există și intrarea **EXT TRG**, care este folosită pentru a introduce un semnal de sincronizare externă. Acest semnal nu poate fi vizualizat pe ecran.

Butoanele de control sunt grupate în funcție de rolul lor, așa cum se observă în Figura 5. Cele mai importante grupuri de butoane sunt cele care se referă la controalele pentru axa verticală (**VERTICAL**), pentru axa orizontală (**HORIZONTAL**), respectiv pentru sincronizare, (**TRIGGER**). De asemenea, se observă că lângă ecran, în partea dreapta a acestuia, se află *side screen menu buttons*, numite uneori și *Soft Keys*, care corespund unui meniu ce este afișat în partea dreaptă a ecranului. În funcție de meniul selectat, **CH1/CH2 MENU**, **HORIZ MENU**, sau **TRIG MENU**, pe ecran vor fi afișate câmpurile de configurare corespunzătoare, ale căror valori vor putea fi controlate din *side screen menu buttons*.

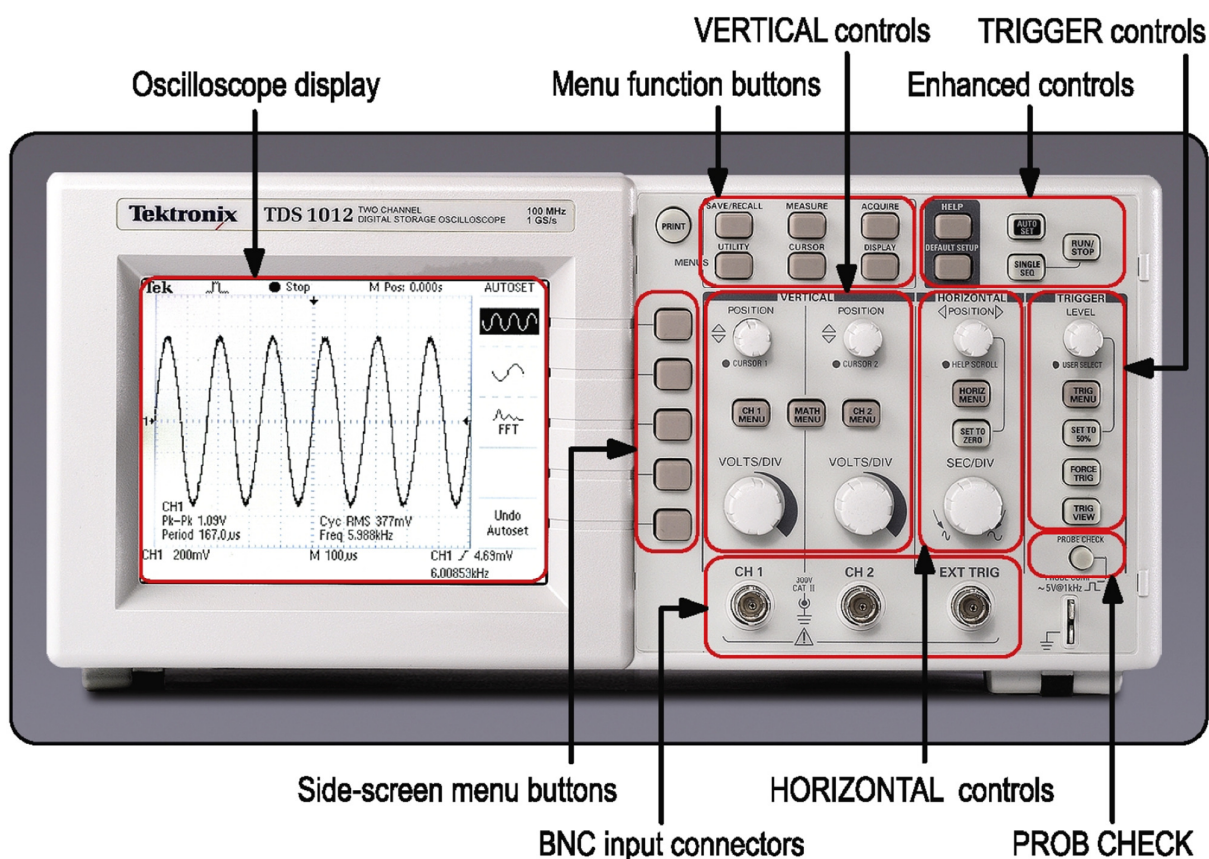


Figura 5. Panoul frontal al osciloscopului [3]

Controalele VERTICAL

Controalele pentru axa verticală sunt dublate, existând câte un set de controale pentru fiecare intrare a osciloscopului, **CH1**, respectiv **CH2**. Funcțiile controalelor sunt:

- **Butonul VOLTS/div** – buton rotativ ce permite reglarea coeficientului de deflexie pe verticală (Cy sau CH1 cum este afișat pe ecranul osciloscopului).

- **POSITION** – buton rotativ ce permite deplasarea imaginii pe verticală. Atunci când se acționează butonul **POSITION** se va deplasa și indicatorul **1>** din stînga imaginii. Acesta indică unde se află pe axa **OY** tensiunea **0V**.
- **CH1/CH2 MENU** – afișează meniul pentru reglajele verticale, Figura 6. Acest buton are și funcția de a porni sau opri (**ON/OFF**) afișarea imaginii de pe canalul respectiv, prin apăsări succesive.
 - **Coupling** – Selectarea modului de cuplaj: **AC**, **DC**, **Ground**.
 - Modul **AC** – este afișată doar partea alternativă a semnalului, fără componenta continuă, U_{CC} .
 - Modul **DC** - se afișează și componenta continuă.
 - În modul **Ground** este afișat nivelul de tensiune de 0V.
 - **BW Limit** – Se poate limita banda de frecvență
 - **Volts/Div** – Două moduri **Coarse** și **Fine**. În modul **Coarse** coeficientul de deflexie C_y poate fi reglat doar la valorile calibrate (cele menționate mai sus). Aceste valori sunt foarte precis reglate, din acest motiv pentru măsurători se preferă modul **Coarse**. În modul **Fine**, coeficientul de deflexie poate fi reglat practic la orice valoare.
 - **Probe** – Valori posibile: **1X**, **10X**, **100X**, **1000X**. Valorile **10X**, **100X**, **1000X** sunt utile când se folosește o sondă cu atenuator pentru măsurarea semnalelor mari. Pentru a compensa atenuarea cu 10, 100, 1000 introdusă de sondă se mărește artificial coeficientul de deflexie C_y de 10, 100, 1000 de ori prin selectarea valorilor **10X**, **100X**, **1000X** pentru câmpul **Probe**.
 - **Invert** – Permite inversarea semnalului vizualizat.

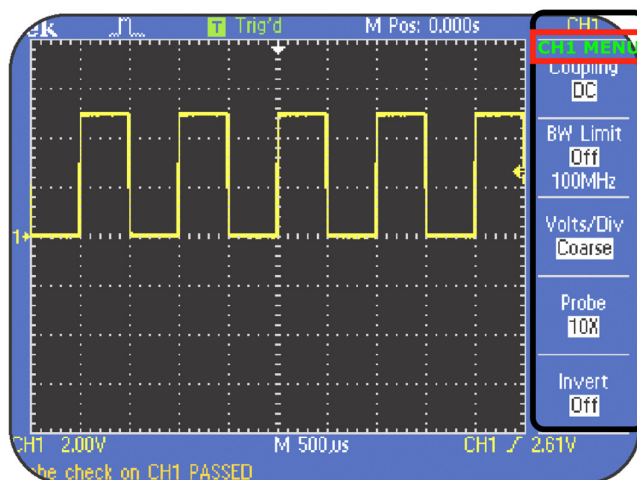


Figura 6. Meniul pentru canalul 1 (CH1 MENU) [3]

Controalele HORIZONTAL

Se referă la controalele pentru axa orizontală. Aceste controale sunt:

- **Butonul SEC/div** – buton rotativ ce permite reglarea coeficientului de deflexie pe orizontală (C_x sau **M** de la „**Main Time Base**” cum este afișat pe ecranul osciloscopului). Așa cum a fost prezentat mai sus, acest coeficient se măsoară în secunde/diviziune sau submultipli ai secunde pe diviziune.

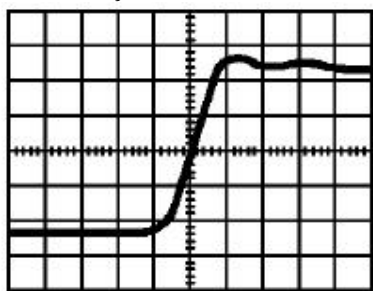
- **POSITION** – buton rotativ ce permite deplasarea imaginii pe orizontală (stînga-dreapta). Atunci cînd se acționează butonul **POSITION** se va deplasa și indicatorul **Trg'd** (↓) aflat deasupra ecranului. Acesta indică unde acționează triggerul pe axa orizontală.
- **Set to Zero** – Aduce indicatorul **Trg'd** (↓) în mijlocul axei orizontale.
- **HORIZ MENU** – afișează meniul pentru controalele axei orizontale.

Controalele TRIGGER

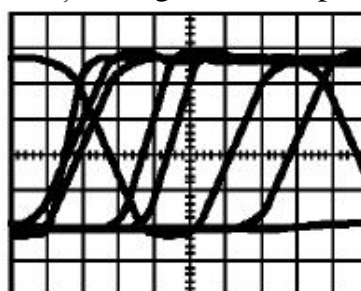
Se referă la controalele pentru sincronizarea imaginii (obținerea unei imagini stabile pe ecran)

- **Level** – reglează nivelul tensiunii de prag de sincronizare (de trigger), valoarea tensiunii pe care trebuie să o aibă semnalul de sincronizare pentru a se declanșa o nouă afișare.
- **Set to 50%** - ajustează automat valoarea tensiunii de trigger la 50% din domeniul de variație a semnalului
- **Trg View** – pentru vizualizarea tensiunii de trigger
- **TRIG MENU** – Meniul pentru reglajele de trigger.

Sincronizarea osciloscopului. O imagine stabilă pe ecranul osciloscopului se numește *sincronizată* (*triggered*). Semnificația fizică este următoarea: atunci cînd 2 sau mai multe afișări succesive ale unui semnal periodic se fac începînd de la același moment de timp (relativ la perioada semnalului), ele se vor suprapune perfect iar ochiul percepe o singură imagine stabilă, deși, de fapt, avem în permanență o imagine nouă suprapusă peste precedentă. Un exemplu în cazul afișării unui front crescător este dat în Figura 7 (a). Dacă însă fiecare afișare preia semnalul din alt moment de timp, imaginile vor diferi, și ochiul va percepe mai multe imagini diferite și suprapuse - Figura 7 (b). În acest caz imaginea se numește *nesincronizată* (*untriggered*) și este greu sau imposibil de urmărit.



a) imagine sincronizată



b) imagine nesincronizată

Figura 7: sincronizarea osciloscopului [1]

Pentru a obține o imagine sincronizată operatorul are la dispoziție *reglajele de sincronizare* dintre care cele mai importante sînt: *semnalul* după care se face sincronizarea (*Source*) – poate fi canalul 1, 2 sau altceva, *nivelul* acestuia (*level*) și o *pantă* sau *front* (*slope*) de unde se dorește să înceapă afișarea imaginii. De obicei, aceste reglaje sunt grupate într-un *meniu de sincronizare* – *Trigger Menu*.

În general, pentru ca o imagine să fie sincronizată, nivelul *Trigger Level* trebuie să fie cuprins între valorile [minimă, maximă] ale semnalului. Un nivel prea mic sau prea mare înseamnă că *Trigger Level* nu intersectează semnalul și deci nu se poate sincroniza.

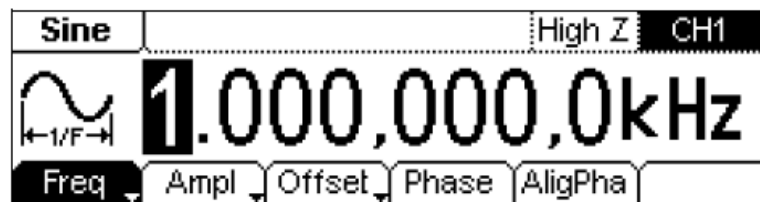
În această lucrare se vor utiliza în special reglajele de sincronizare: **Source = CH1**, **slope = Rise** (crescător), **Mode = AUTO**. Pentru ajustarea automată a nivelului *Trigger Level* la valoarea de mijloc se apasă butonul **Set To 50%**.

Reglajele generatorului

Generatorul de funcții Rigol DG1022 permite generarea a mai multe forme de undă (sinus, dreptunghi, triunghi etc) cu diverși parametri reglabili. Tipul de formă de undă se selectează cu butoanele marcate corespunzător:



Parametrii unei anumite forme de undă se selectează apăsând butoanele funcționale (fără marcaj), ale căror funcții corespund indicațiilor de pe afișaj, de deasupra acestora:

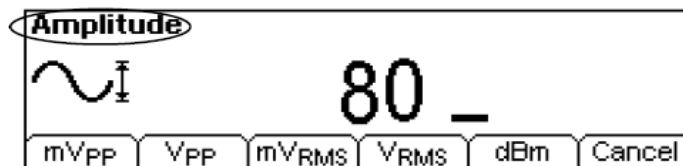


De exemplu, în cazul în care se apasă butonul funcțional **Freq** funcția respectivă (reglajul frecvenței) devine selectată, și valoarea se poate introduce fie de la tastatura numerică, fie se poate modifica din reglajul rotativ.

La butoanele funcționale care au o mică săgeată desenată (cum este **Freq** mai sus) apăsări succesive permit setarea unor parametri în mai multe variante.

De exemplu, în afară de setarea amplitudinii (**Ampl**) se poate seta și valoarea **HiLevel** care corespunde cu U_{max} de pe figura 1a).

După introducerea valorii numerice, se alege unitatea de măsură dorită apăsând butonul funcțional de dedesubtul acesteia.




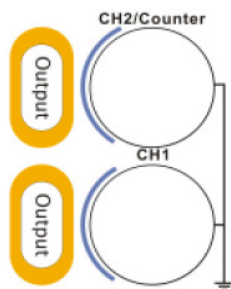
Atenție! Conform figurii 1a), amplitudinea U_0 și valoarea U_{max} sînt egale numai dacă $U_{cc} = 0$ (componenta medie nulă). Pentru a elimina posibilele confuzii, la acest generator amplitudinea se poate seta în valori V_{PP} (*peak-to-peak*) ceea ce înseamnă că, de fapt, alegînd această unitate de măsură, butonul funcțional **Ampl** setează valoarea vîrf la vîrf, care este dublul amplitudinii pentru semnale cu componentă medie nulă. Un semnal simetric de 2V e sinonim cu un semnal de 4V_{PP}

Pentru semnale asimetrice (cu U_{cc} nenul), valoarea vîrf la vîrf se conservă, în timp ce U_{max} și U_{min} se modifică (vezi tot figura 1a).

Observație: prescurtarea V_{RMS} se referă la valoarea efectivă care va fi studiată în lucrarea „măsurarea tensiunilor”.

Generatorul are 2 canale, pe care se pot genera forme de undă diferite. Butoanele

de mai sus au efect asupra canalului selectat cu butonul , pe afișaj apărînd **CH1** sau **CH2** după caz. În plus, ieșirea canalului respectiv este activă atunci cînd se apasă butonul **Output** corespunzător, și acesta devine iluminat.



Măsurarea componentei continue a unui semnal

În Figura 8 sunt prezentate două semnale sinusoidale, primul fără componentă continuă, iar cel de-al doilea avînd și componentă continuă. Se observă că semnalul fără componentă continuă este simetric față de 0V. Considerăm un semnal sinusoidal cu valoare de vîrf $U_V = 2V$, cu și fără o valoare constantă $U_{CC} = -1V$ numită componentă continuă (componenta constantă, nevariabilă în timp din semnal) sau **Offset**:

$$u(t) = U_V \sin \omega t \text{ [V]} \quad \rightarrow \quad u(t) \in [-2V, +2V] \quad [1]$$

$$u(t) = U_{CC} + U_V \sin \omega t \text{ [V]} \quad \rightarrow \quad u(t) \in [-2-1V, +2-1V] = [-3V, +1V] \quad [2]$$

Cele 2 situații sînt ilustrate în Figura 8. Săgeata din stînga marchează nivelul de 0V:

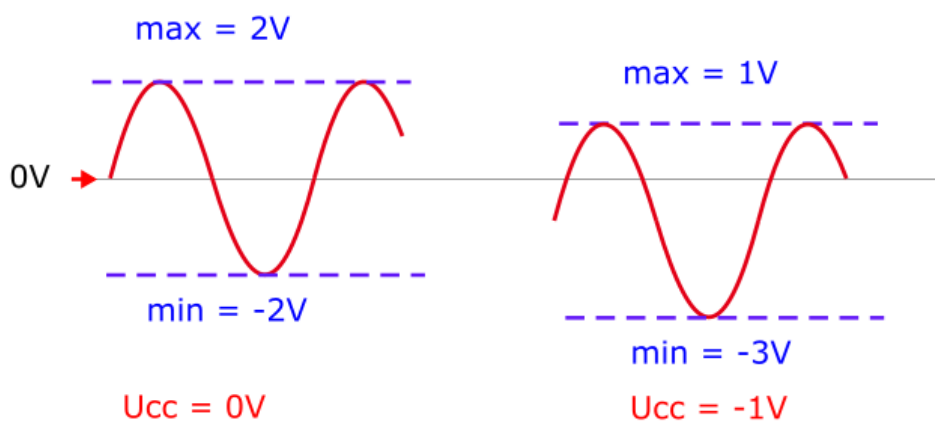


Figura 8. Semnal $u(t) = U_{CC} + U_V \sin \omega t$ cu $U_{CC} = 0$ (stînga) și cu $U_{CC} = -1V$ (dreapta)

Se observă că cele două semnale sunt decalate unul față de celălalt pe verticală cu o valoare egală cu valoarea componentei continue. Al doilea semnal este mai jos pentru că U_{CC} este negativ.

Dacă se vizualizează semnalul sinusoidal cu componentă continuă dat de ecuația [2] la un osciloscop care are selectat modul de cuplaj **DC**, atunci imaginea va fi vizualizată pe osciloscop ca în Figura 8 dreapta. Dacă este selectat modul de cuplaj **AC**, în care semnalul este afișat pe ecran fără componentă continuă, atunci semnalul sinusoidal va fi vizualizat pe ecranul osciloscopului ca în Figura 8 stînga.

Pe baza acestor observații se obține metoda de măsură a componentei continue a unui semnal folosind osciloscopul:



Măsurarea cu osciloscopul a componentei continue a semnalului: Se vizualizează semnalul pe osciloscop în modul de cuplaj **AC** și se reține poziția unei părți a imaginii (de exemplu, un vîrf). Se comută apoi în modul de cuplaj **DC** și se măsoară cu cît s-a deplasat partea aleasă pe verticală. Valoarea acestei deplasări exprimată în volți reprezintă componenta continuă sau valoarea medie a semnalului. Semnul componentei continue este dat de direcția deplasării la comutarea din modul **AC** în modul **DC**. Dacă se deplasează în sus, semnul este pozitiv, dacă se deplasează în jos, semnul este negativ.

Observație: componenta continuă se numește și *valoare medie* a semnalului, întrucît este egală cu media pe o perioadă a lui $u(t)$. Observați în ecuațiile [1] și [2] de mai sus că integrarea pe o perioadă (echivalentă cu medierea) ne dă respectiv valorile 0 și U_{CC} .

Desfășurarea lucrării

1. Vizualizarea semnalului sinusoidal

Se generează cu ajutorul generatorului de funcții un semnal cu următorii parametri:

- canalul 1 din butonul  (să apară **CH1** în dreapta sus pe afișaj)
- butonul  – formă sinusoidală
- frecvența **Freq** – valoarea f_I scrisă pe tablă, în funcție de numărul mesei
- amplitudine **AMPL** – valoarea A_I scrisă pe tablă, în funcție de numărul mesei (atenție la unitatea de măsură! o amplitudine de 2V este echivalentă cu 4V_{PP} ! unitatea de măsură elimină orice dubiu asupra limitelor între care se specifică tensiunea).
- fără componentă continuă (**OFFSET** = 0V)

Se apasă **Output** din dreptul ieșirii CH1 a.î. să fie aprins; se conectează ieșirea CH1 a generatorului la canalul 1 al osciloscopului folosind un cablu coaxial (sau 2 cabluri cu crocodili, legate între ele).

La osciloscop se apasă **CH1 MENU** pentru a afișa reglajele canalului 1 (la apăsări repetate, canalul 1 este succesiv oprit și pornit). Întrucît se folosește un cablu simplu, se apasă *softkey*-ul **Probe** pînă cînd indicația este **1x**

a) Setări la osciloscop valorile C_{X1} , C_{Y1} (scrise pe tablă).

Observație: revedeți figura 2; osciloscopul afișează C_Y al canalului 1 cu notația **CH1**, iar valoarea C_X este notată **M** (*main time base*).

Observați că *pe ecran se vede o singură perioadă a semnalului*. Măsurați perioada numărând numărul de diviziuni, N_{X1} , ale unei perioade, aplicând apoi formula $T_{m\acute{a}s1} = N_{X1}C_{X1}$. Calculați frecvența $f_{m\acute{a}s1} = 1/T_{m\acute{a}s1}$ și comparați cu valoarea indicată la generator.

b) Fără a umbla la generator, reglați $C_{X2} = 2C_{X1}$. Observați că acum se văd 2 perioade pe ecran.

Măsurați noul N_{X2} pt. o perioadă, calculați $T_{m\acute{a}s2} = N_{X2}C_{X2}$.

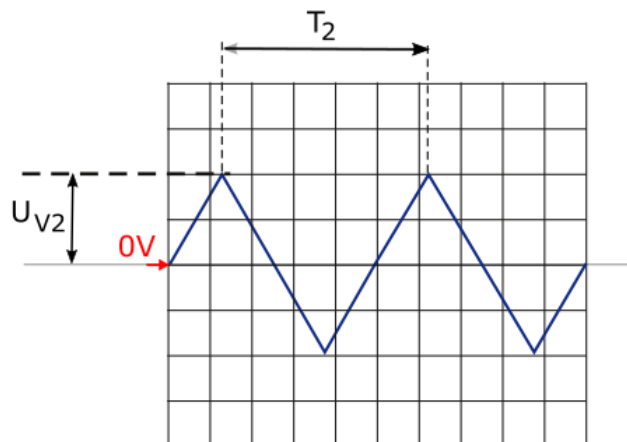
Întrucât nu s-a modificat frecvența/perioada de la generator, vă așteptați la vreo schimbare între $T_{m\acute{a}s1}$ și $T_{m\acute{a}s2}$? *Observație:* C_X are semnificația unui factor de *zoom* pe orizontală. Similar cu situația unui aparat foto, modificând *zoom*-ul se modifică dimensiunea relativă a imaginii, dar *nu* înseamnă că dimensiunea reală a obiectului fotografiat se modifică!

c) Pe verticală, numărând diviziunile pe verticală N_{Y1} corespunzătoare *valorii de vârf* și aplicând formula $U_V = N_{Y1} \cdot C_{Y1}$, măsurați U_V (valoarea de vârf) și comparați cu valoarea de vârf setată la generator. În același mod măsurați câte diviziuni N_{Y2} ocupă valoarea vârf-la-vârf U_{VV} . Calculați raportul dintre U_V și U_{VV} (valori măsurate). Cît este acest raport teoretic?

Observație: pentru identificarea reglajelor și indicațiilor osciloscopului se poate folosi Anexa A.

2. Setarea unui semnal triunghiular de la generator

a) Se setează de la generator un semnal **triunghiular** (butonul **Ramp**), fără componentă continuă (**OFFSET 0V**), simetrie 50%, de frecvență f_2 și amplitudine U_{V2} (scrise pe tablă, în funcție de numărul mesei). Se dorește vizualizarea sa pe osciloscop ca mai jos (pentru a avea momentul de început ca în figură apăsați la osciloscop butonul **SET TO 50%** de sub butonul de **Trigger**)



a1. Cît este perioada semnalului (T_2)? Calculați C_X necesar pentru a observa *exact 2 perioade pe ecran*. Setati această valoare C_X la osciloscop. Cîte diviziuni ocupă *o perioadă* pe ecranul osciloscopului (N_X) ?

a2. Calculați C_Y necesar pentru ca val. de vârf U_{V2} să ocupe exact $N_Y = 2$ div. Setati această valoare C_Y .


b) Influența C_Y asupra imaginii osciloscopului

Se modifică C_Y la valoarea $C_Y' = C_Y / 2$. Câte diviziuni N_Y' ocupă acum val. de vîrf ? Se calculează val. de vîrf pe baza noii imagini: $U_V' = N_Y' C_Y'$ se compară cu U_{V2} . Explicați relația dintre U_V' și U_{V2} .

c) Influența C_X asupra imaginii osciloscopului

Se modifică C_X la valoarea $C_X' = 5C_X$. Câte diviziuni N_X' ocupă acum o perioadă ? Se calculează perioada pe baza noii imagini: $T' = N_X' C_X'$ și se compară cu T_2 . Explicați relația dintre T' și T_2 .

3. Setarea și măsurarea unui semnal sinusoidal cu componentă continuă

a) Se va genera un semnal sinusoidal (butonul  de la generator), cu frecvența $f_I = 20\text{kHz}$, amplitudinea $U_V = 2\text{V}$ și componentă continuă $U_{CC1} = -1\text{V}$. Pentru reglarea componentei continue la generator se folosește butonul funcțional **OFFSET** = -1V. La osciloscop se vor folosi coeficienții de deflexie $C_{X1} = 25\mu\text{s/div}$ și $C_{Y1} = 1\text{V/div}$. Utilizînd reglajul **Vertical Position**, se ajustează nivelul de 0V (Ground – marcat printr-o săgeată cu numărul canalului, în stînga imaginii) la mijlocul ecranului.

a1. Să se deseneze imaginea obținută pe osciloscop *notînd pe desen* poziția nivelului 0V (săgeata din stînga ecranului) și selectînd modul de cuplaj **CH1 MENU->Coupling ->DC**. Acest mod de cuplaj înseamnă că semnalul este aplicat direct, fără alterarea eventualei componente continue existente în semnal. Se notează pe grafic poziția săgeții corespunzătoare nivelului de 0V (Ground) și valorile C_x și C_y .

a2. Să se deseneze imaginea obținută prin trecerea la modul de cuplaj **AC (CH1 MENU->Coupling ->AC)**. Acest mod de cuplaj înseamnă că se înscriează un condensator în interiorul osciloscopului pe calea de semnal; după cum se știe, condensatoarele nu lasă să treacă semnalele continue, ci doar cele alternative. Se notează pe grafic poziția săgeții de 0V (Ground), C_x și C_y .

b) Cum se măsoară, folosind osciloscopul, componenta continuă a unui semnal dat ?

- se setează la osciloscop cuplaj AC: (**CH1 MENU->Coupling ->AC**); componenta continuă *nu este lăsată să treacă*, deci semnalul este simetric pe ecran (ca și cînd nu s-ar fi setat **OFFSET** de la generator)

- se setează **CH1 MENU->Coupling ->DC**. În acest moment semnalul va urca sau va coborî cu un număr de diviziuni N_Y . Luînd ca referință un punct de pe semnal (tipic, maximul sau minimul), se numără cu câte diviziuni urcă sau coboară semnalul cînd se trece de pe AC pe DC. Dacă urcă, offsetul este pozitiv, dacă coboară, este negativ.

Numărînd câte diviziuni N_Y , cu tot cu semn, corespund valorii U_{CC} , și se calculează $U_{CC} = N_Y C_Y$. Această valoare trebuie să fie aceeași cu **OFFSET**-ul setat la generator.

Observație: La nevoie, se ajustează triggerul (**SET TO 50%**) pentru ca imaginea să fie sincronizată (este posibil ca atunci cînd semnalul urcă sau coboară din cauza offsetului, să nu mai intersecteze nivelul de trigger).

b1. Se va lucra în echipă, astfel:

- se setează la osciloscop **CH1 MENU->Coupling ->AC** pentru a ascunde componenta continuă. Se păstrează setarea de $C_Y = 1V/div$.
- unul din membrii echipei va seta la generator din butonul funcțional **Offset** o componentă continuă U_{CC1set} de valoare nenulă între (-2V, 2V) la alegere, fără a-i comunica valoarea colegului. Amplitudinea rămîne 2V.
- celălalt membru al echipei va comuta de la **CH1 MENU->Coupling ->AC**, la **DC**. Se ajustează triggerul (**SET TO 50%**) pentru ca imaginea să fie sincronizată. Se va număra cu câte diviziuni N_{Y1} urcă/coboară vârful semnalului, și se va calcula U_{CC1} (valoare și semn): $U_{CC1} = N_{Y1} C_Y$. Se va compara (pentru verificare) cu valoarea setată de coleg.
- se va desena imaginea în modul de afișare **CH1 MENU->Coupling ->DC** pentru a vedea inclusiv componenta continuă (desenați săgeata nivelului de 0).

b2. Inversînd membrii echipei, se va repeta procedura pentru altă valoare de offset.

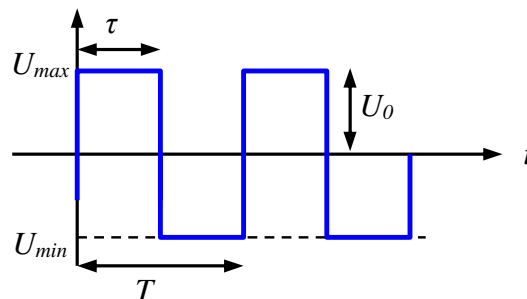
Explicați de ce măsurarea c.c. se face comutînd de la cuplaj AC la cuplaj DC și nu invers!

4. Setarea unui semnal dreptunghiular; factorul de umplere

Se va genera un semnal dreptunghiular (butonul **Square** de la generator), fără componentă continuă (**OFFSET 0V**), cu amplitudinea U_{V4} , frecvența f_4 (scrise pe tablă, în funcție de numărul mesei). Calculați perioada T_4 .

Calculați C_X , C_Y a.î. să se vadă *exact două perioade pe ecran*, respectiv valoarea de vîrf să ocupe 2 diviziuni.

Vizualizați semnalul pe osciloscop cu valorile calculate C_Y , C_X și cuplaj **CH1 MENU->Coupling ->DC** pentru semnal.



Se reglează *factorul de umplere* η al semnalului dreptunghiular folosind butonul funcțional *duty cycle* prescurtat **DtyCyc**, apoi unitatea de măsură care va fi implicit %, pe rînd la valorile $\eta_1=20\%$, $\eta_2=50\%$

- Se măsoară (în diviziuni) valorile T și τ de pe figură, pentru ambele cazuri.
- Se calculează raportul τ/T (valoarea măsurată a factorului de umplere η ; observați că, întrucît se cere raportul, este suficient să măsurăm cele 2 mărimi în diviziuni).
- Se desenează cele 2 semnale.

Observație importantă: factorul de umplere este un parametru care se definește **numai** la semnalul dreptunghiular, conform fig. 1b. Nu există factor de umplere pentru semnalul sinusoidal sau triunghiular (pentru triunghi se poate seta simetria, mai precis se consideră că un triunghi este un semnal rampă cu simetrie 50%).

Exerciții rezolvate

1. Cu ajutorul unui osciloscop se vizualizează un semnal sinusoidal cu frecvență $f=2\text{kHz}$ și amplitudine $U_V=4\text{V}$. Reglajele osciloscopului sunt: $C_Y=1\text{V/div}$, $C_X=250\ \mu\text{s/div}$. Să se determine pe câte diviziuni sunt afișate pe ecranul osciloscopului amplitudinea și perioada semnalului.

Rezolvare:

Amplitudinea semnalului afișată pe ecranul osciloscopului se poate determina cu relația

$$U_V = N_Y \cdot C_Y \Rightarrow N_Y = U_V / C_Y = 4 [\text{V}] / 1 [\text{V/div}] = 4 \text{ div}$$

Perioada semnalului este $T = 1/f = 1/2000\text{Hz} = 500\ \mu\text{s}$

Perioada semnalului afișată pe ecranul osciloscopului este

$$T = N_X \cdot C_X \Rightarrow N_X = T / C_X = 500 \cdot 10^{-6} [\text{s}] / 250 \cdot 10^{-6} [\text{s/div}] = 4 \text{ div}$$

2. Cu ajutorul unui osciloscop se vizualizează un semnal sinusoidal cu frecvență $f=2\text{MHz}$ și amplitudine $U_V=6\text{V}$. Să se determine C_X și C_Y astfel amplitudinea să fie afișată pe trei diviziuni ($N_Y=3\text{ div}$), iar perioada să fie afișată pe două diviziuni ($N_X=2\text{ div}$).

Rezolvare:

Se folosesc relațiile de la exercițiul 1:

Perioada semnalului este $T = 1/f = 1/2 \cdot 10^6\text{s} = 0,5\ \mu\text{s}$.

$$C_Y = U_V / N_Y = 6\text{V} / 3 \text{ div} = 2 \text{ V/div}$$

$$C_X = T / N_X = 0,5\ \mu\text{s} / 2 \text{ div} = 0,25\ \mu\text{s/div}$$

3. 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 jos cu $N_Y = 2\text{ div}$. Coeficientul de deflexie pe verticală $C_Y=5\text{V/div}$. Să se determine componenta continuă a semnalului.

Rezolvare:

Componenta continuă determină deplasarea pe verticală a imaginii semnalului cu o valoare egală cu valoarea componentei continue (valabil pentru modul de afișare DC). Sensul de deplasare determină semnul componentei continue: în sus - valoare pozitivă; în jos - valoare negativă.

Pe baza acestor observații se determină componenta continuă:

$$U_{CC} = - N_Y \cdot C_Y = -10\text{V}$$

4. Se vizualizează cu osciloscopul un semnal sinusoidal. Când butonul de cuplaj este trecut de pe poziția DC pe poziția AC, semnalul sinusoidal se deplasează pe verticală în sus cu $N_Y = 4\text{ div}$. Coeficientul de deflexie pe verticală $C_Y=1\text{V/div}$. Să se determine componenta continuă a semnalului

Rezolvare:

Diferența față de problema 3 constă în faptul că acum trecerea se face de pe modul DC (afișare cu componentă continuă) pe poziția AC (afișare fără componentă continuă). Deoarece, după dispariția componentei continue (modul AC), semnalul se deplasează în sus, înseamnă că aceasta (componenta continuă) "trăgea" semnalul în jos (pe modul DC). Rezultă că valoarea componentei continue este negativă.

$$U_{CC} = - N_Y \cdot C_Y = -4\text{V}$$

Exerciții facultative

1. Să se calculeze pe câte diviziuni, N_X și N_Y , vor fi afișate amplitudinea și perioada pe ecranul osciloscopului pentru semnalele și reglajele de mai jos:

a) semnal sinusoidal cu amplitudinea $U_V 1=4V$ și frecvența $f1=20kHz$. Reglaje osciloscop: $C_{X1}=10\mu s/div$ și $C_{Y1}=1V/div$.

b) semnal sinusoidal cu amplitudinea $U_V 2=6V$ și frecvența $f2=8kHz$. Reglaje osciloscop: $C_{X2}=25\mu s/div$ și $C_{Y2}=2V/div$.

2. Calculați coeficienții de deflexie (C_{Xcalc} , C_{Ycalc}) ce trebuie folosiți la osciloscop pentru vizualizarea unui semnal sinusoidal cu frecvență $f3=1kHz$ și amplitudine $U_{V3} =2V$, astfel încât amplitudinea să fie afișată pe două diviziuni, iar perioada pe patru diviziuni.

3. Un osciloscop este reglat pe $C_y=0,5V/div$. Amplitudinea unui semnal măsurată pe ecranul osciloscopului este de 3,8div. Care este amplitudinea semnalului în volți?

4. Un osciloscop este reglat pe $C_x=20ms/div$. Perioada unui semnal sinusoidal măsurată pe ecranul osciloscopului este de 5 div. Să se determine frecvența semnalului sinusoidal.

5. Se dă un semnal sinusoidal de frecvență 10kHz și amplitudine 4V. Să se determine valorile pentru coeficienții de deflexie pe verticală, respectiv orizontală astfel încât pe ecran să se poată măsura cu precizie maximă amplitudinea și perioada semnalului.

6. 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 jos cu 3 diviziuni. $C_y=1V/div$. Să se determine componenta continuă a semnalului.

Bibliografie

1. *Manual osciloscop TDS 1010*, <https://download.tek.com/manual/071107602.pdf>
2. https://en.wikipedia.org/wiki/BNC_connector
3. [http://www.ae.utexas.edu/courses/ase369k/labs/Manuals/TDS%202014/Users_Manual\(TDS%202014\).pdf](http://www.ae.utexas.edu/courses/ase369k/labs/Manuals/TDS%202014/Users_Manual(TDS%202014).pdf)